



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

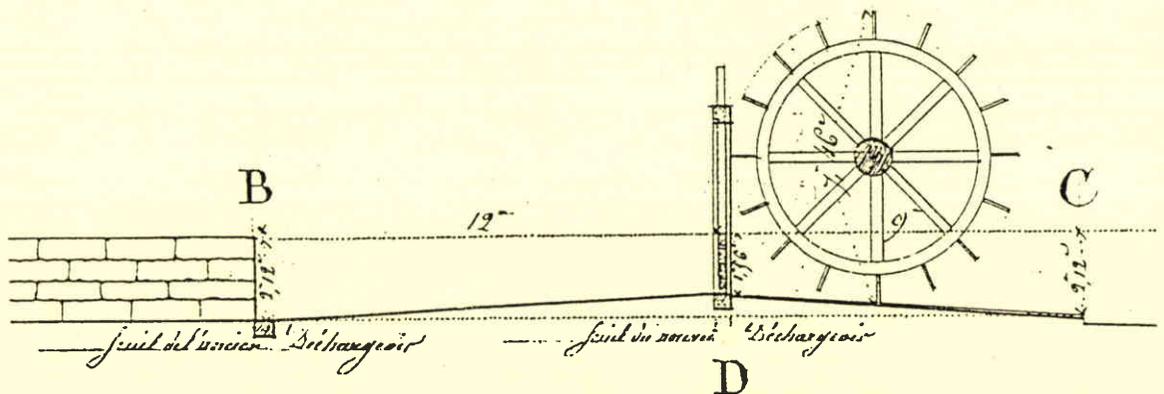
<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Centre d'Etudes Géographiques
de l'Université de Metz

**HYDROLOGIE ET AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES
DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN
(LORRAINE)**

Alain DEVOS

Thèse de Doctorat de l'Université de Metz
Mention Géographie



Université de METZ, novembre 1996

**Centre d'Etudes Géographiques
de l'Université de Metz**

**HYDROLOGIE ET AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES
DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN
(LORRAINE)**

Alain DEVOS

Thèse de Doctorat de l'Université de Metz
Mention Géographie

JURY :

F. REITEL : Directeur de thèse
F. PETIT : Rapporteur
J. N. SALOMON : Rapporteur
J. HUMBERT : Examineur
J. F. ZUMSTEIN : Examineur

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE LETTRES - METZ -	
N° Inv.	U996 034 L
Cote	L/M3 96/7
Loc.	Magasin

Université de METZ, novembre 1996

AVANT-PROPOS

L'étude des écoulements de la Saulx et de l'Ornain et de leurs aménagements hydrauliques s'intègre dans les recherches menées par le Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz (CEGUM) dont la direction était remarquablement assurée par M. le Professeur F. Reitel lors de la réalisation de ces travaux.

C'est donc d'abord à F. Reitel, directeur de Thèse que nos remerciements s'adressent puis à l'ensemble du personnel du CEGUM.

L'appui financier a longtemps été assuré par contrats d'études entre le CEGUM et la Direction Départementale de l'Équipement de la Meuse dont les services de M. Charroy, responsable de la cellule "police de l'eau". Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

L'appui logistique est marqué par la pluridisciplinarité des intervenants.

Le CEGUM a fourni l'essentiel du matériel de mesures dont le transport, l'installation et la gestion furent assurés par R. Poinsaint que nous remercions pour son admirable disponibilité et son dévouement.

La DIREN Lorraine nous a aimablement fourni les données hydrométriques des stations de Couvonges-Mognéville et de Fains-les-Sources et a également participé aux campagnes de mesures de débit de basses-eaux. Nous adressons nos sincères remerciements à l'ensemble du personnel de la DIREN.

L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse nous a communiqué la majeure partie des données climatologiques et nous a ouvert son service de documentation. Nos remerciements s'adressent plus particulièrement à MM. J.F. Zumstein, J.C. Auer et P. Bombarde.

Les subdivisions du service de la navigation de Bar-le-Duc et de Void-Vacon nous ont également fourni bon nombre de renseignements. Nous les remercions de leur collaboration.

Le GEREEA dirigé par J.P. Decloux ainsi que le groupe AREA représenté par P. Parisse nous ont constamment proposé leur aide matérielle et scientifique; qu'ils reçoivent l'expression de nos profondes salutations.

Les membres actifs de Los-Fouyant (club spéléologique de Bar-le-Duc) essentiellement représentés par J.P. Depaquis, J.C. Herbillon, J.P. Beaudoin, C. Tailliez et S. Jaillet nous ont initié à la spéléologie et ont fourni la quasi-totalité du matériel d'exploration souterraine.

Remercions également le personnel enseignant-chercheur du CEGUM, Mme J. Corbonnois, MM P. Gamez, E. Gille et M. Sary pour leurs conseils scientifiques et leur aimable participation aux recherches.

Trois personnes ont plus particulièrement marqué par leur présence et leur soutien les recherches:

- tout d'abord, M. J.F. Zumstein, hydrologue à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et chargé de cours en hydrologie à l'Université de Metz, pour ses conseils scientifiques voire philosophiques et sa participation au jury;

- M. D. François, ingénieur d'étude au CEGUM pour son dévouement, sa disponibilité exemplaire et son amitié sincère;

- M. S. Jaillet, étudiant, spéléologue, karstologue baroudeur et néanmoins ami pour avoir partagé sa passion du terrain exo et endokarstique du Barrois.

Merci, également aux étudiants du CEGUM qui ont pendant plus d'un lustre partagé mes sentiments et supporté mes humeurs.

Enfin, comment oublier ceux qui m'ont constamment supporté moralement pour la poursuite des études; merci encore à ma famille à qui je dédie ce travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : LE BASSIN-VERSANT DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN DANS SON CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL ET CLIMATIQUE.....	3
INTRODUCTION	4
PREMIER CHAPITRE: LE CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL ET LES RESSOURCES EN EAU.....	8
I. LE HAUT-PAYS: LE BASSIN DE LA MALDITE ET DE L'OGNON.....	8
A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU HAUT-PAYS.....	8
a. Topographie et paysages.....	8
b. Contexte litho-stratigraphique.....	10
c. La tectonique du Haut-Pays dans le bassin-versant de l'Ornain.....	11
B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	13
a. Les ressources en eau.....	13
b. Les écoulements karstiques dans le Haut-Pays.....	14
1. Le karst oxfordien (s.l.).....	14
2. Le karst du Haut-Pays.....	16
c. Un réseau hydrographique indigent et mal organisé.....	27
II. L'ORNOIS.....	28
A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DE L'ORNOIS.....	29
a. Topographie et paysages.....	29
b. Contexte litho-stratigraphique.....	29
c. Une tectonique cassante: le fossé de Gondrecourt-le-Château.....	31
B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	32
a. Les ressources en eau.....	32
1. Les aquifères.....	32
2. Le rôle du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château.....	33
b. Le réseau hydrographique.....	35
III. LE BARROIS.....	36
A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU BARROIS.....	37
a. Topographie et paysages.....	37
b. Contexte litho-stratigraphique.....	40
1. Le Portlandien.....	40
2. La couverture crétacée en bordure du Barrois.....	43
3. Les alluvions.....	45
c. La tectonique du Barrois.....	47
1. La tectonique souple.....	47
2. La tectonique cassante.....	49
B. LES RESSOURCES EN EAU.....	51

a. Les aquifères du Barrois.....	51
b. La circulation de l'eau dans le Barrois (fig.I.17).	54
1. En rive droite de l'Ornain.....	54
2. Sur l'interfluve Saulx-Ornain.....	54
3. Sur l'interfluve Saulx-Marne.	56
C. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET SON	
ALIMENTATION.....	61
a. Profils en long de l'Ornain et de la Saulx (fig.I.20, 21).	61
b. Le réseau hydrographique de la Saulx et de l'Ornain dans le Barrois.....	64
IV. LE PERTHOIS.....	65
A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU PERTHOIS.....	66
a. Topographie et paysages.	66
b. Contexte litho-stratigraphique.....	66
c. La tectonique du Perthois.	68
B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU	
HYDROGRAPHIQUE.....	68
a. Les ressources en eau.	68
b. Le réseau hydrographique.....	69
1. Les densités de drainage.	69
2. L'originalité du tracé des cours d'eau.....	69
Conclusion du premier chapitre	72
SECOND CHAPITRE : LE CONTEXTE CLIMATIQUE.....	74
INTRODUCTION.....	74
I. LE CONTEXTE CLIMATIQUE GENERAL.....	74
A. MASSES D'AIR ET TYPES DE TEMPS.	74
a. Les masses d'air.	76
b. Les flux et les centres d'action.....	76
c. Les types de temps.	79
B. LES CARACTERISTIQUES DU "CLIMAT LORRAIN".	81
a. Les données annuelles.....	82
1. Les précipitations.	82
2. Les températures et l'ensoleillement.	85
b. Les régimes climatiques.	86
2. Les régimes et les climats régionaux (fig. I.31).	88
c. Conclusion: le climat lorrain.....	90
II. ANALYSE DU CLIMAT DU BASSIN-VERSANT.	91
A. EQUIPEMENT CLIMATOLOGIQUE ET CRITIQUE DES	
DONNEES.	92
a. Equipement du bassin.	92
b. Critique, homogénéisation et comblement des lacunes.	94
1. Critique des données	94
2. Comblement des lacunes et extension des séries.	96
B. LES PRECIPITATIONS DANS LE BASSIN-VERSANT.....	97
a. Les pluies à l'échelle annuelle.....	97
1. Représentativité de la période 1969-90.	97
2. Définition de régions pluviométriquement	

homogènes.	100
3. Répartition spatiale des pluies.....	105
4. Estimation de la pluie moyenne des bassins- versants.	111
b. Les pluies à l'échelle saisonnière et mensuelle.	113
1. Les régimes pluviométriques saisonniers.	113
2. Les régimes pluviométriques mensuels.	115
C. LES TEMPERATURES ET LE BILAN HYDRIQUE.....	122
a. L'insolation.	124
b. Les températures.	124
1. Les températures moyennes annuelles.	126
2. Les températures moyennes mensuelles.....	128
c. L'évapotranspiration.	130
1. L'évapotranspiration annuelle.....	130
2. Le bilan hydrique mensuel.....	130
CONCLUSION DU SECOND CHAPITRE	135
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	137
SECONDE PARTIE : ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN.....	141
INTRODUCTION	142
PREMIER CHAPITRE : EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BASSIN- VERSANT DE LA SAULX-ORNAIN - LE PROBLEME DU DEPLACEMENT DE LA STATION DE COUVONGES.	144
I. EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE.....	144
A. Caractéristiques globales.	144
B. Les stations hydrométriques.	146
a. Station de Rancourt/Ornain.....	146
b. Stations de Couvonges, Mognéville, Pancey et Fains- les-Sources	146
c. Les stations du BRGM et de la DDA de la Meuse.....	148
d. Les stations de Nançois/Ornain.	150
e. La station de Tronville-en-Barrois.....	150
f. Les stations du CEGUM.....	150
g. Les stations d'annonce de crue.	151
II. LE PROBLEME DU DEPLACEMENT DE LA STATION DE COUVONGES.	152
A. Mesures ponctuelles de débits en basses-eaux.	152
B. Corrélation des hauteurs d'eau relevées simultanément aux deux stations.	152
C. Méthode des doubles cumuls des modules.....	152

SECOND CHAPITRE : ETUDE HYDROLOGIQUE AUX STATIONS DE MOGNEVILLE ET DE FAINS-LES-SOURCES..... 155

I. LES MODULES. 155

- A. Module interannuel. 155
- B. Variabilité interannuelle des modules. 159
 - a. Variabilité globale. 159
 - b. Caractérisation de la période 1969-90. 160
- C. Etude statistique des modules annuels. 164

II. LES DEBITS MENSUELS..... 165

- A. Régimes hydrologiques mensuels. 165
 - a. Un régime pluvio-évaporal. 165
 - b. Le régime des années sèches et des années humides. 169
 - c. Régime des débits mensuels fréquentiels. 171
- B. Débits mensuels classés. 174

III. LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS..... 176

- A. Distribution des débits moyens journaliers. 176
- B. Courbe des débits moyens journaliers classés. 179

IV. LES BASSES-EAUX ET LES ETIAGES. 182

- A. Dates de l'étiage. 185
- B. La profondeur de l'étiage. 185

V. LES HAUTES-EAUX ET LES CRUES. 189

- A. Les débits caractéristiques de crue aux deux stations. 189
 - a. Les débits de pointe de crue. 191
 - 1. Les débits de pointe de crue annuelle. 191
 - 2. les débits de pointe de crue mensuelle. 193
 - b. Les débits journaliers maximums. 196
 - 1. Les débits moyens journaliers maximums annuels. 196
 - 2. Les débits moyens journaliers maximums mensuels. 196
- B. Typologie des crues aux stations hydrométriques de référence. 200
 - a. Les crues d'hiver. 200
 - b. Les crues d'été. 201
 - c. Les crues de printemps. 201
 - d. Les crues d'automne. 202
- C. Evolution des crues dans le bassin-versant. 203
 - a. Analyse des hydrogrammes. 203
 - 1. Les épisodes de février et mars 1992. 203
 - 2. Les épisodes de novembre et janvier. 205
 - 3. La crue de décembre 1994. 205
 - b. Profils hydrologiques de crue. 208
 - 1. Les profils hydrologiques des pointes de crue. 208
 - 2. Les profils hydrologiques de volumes de crue. 209
 - 3. Interprétation des profils hydrologiques de crue. 209

TROISIEME CHAPITRE : BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN-VERSANT. 213

I. LES TERMES DU BILAN DE L'EAU ET LES METHODES

UTILISEES.....	213
A. Les termes du bilan.....	213
B. Les méthodes de détermination du débit de base.....	216
a. Méthodes de l'hydrogramme.....	216
b. Méthode de la loi de tarissement de Maillet.....	216
c. Méthode du bilan hydrologique.....	218
d. Méthode de séparation des écoulements (CEGUM).....	218
e. Méthode de l'indice d'écoulement de base.....	220
II. RESULTATS OBTENUS PAR LES METHODES DE SEPARATION DES ECOULEMENTS.....	221
A. Les tarissements.....	221
B. Les régimes mensuels.....	225
a. La Saulx à Mognéville.....	225
b. L'Ornain à Fains-les-Sources.....	227
c. Comparaison du régime des débits de base aux deux stations hydrométriques.....	229
C. Bilan global.....	231
QUATRIEME CHAPITRE : SPATIALISATION DES DEBITS D'ETIAGE DU BASSIN-VERSANT.....	234
I. LES CAMPAGNES D'ETIAGE.....	234
A. Généralités.....	234
B. Situations hydrologiques des campagnes d'étiage.....	236
a. Fluctuations des hauteurs d'eau.....	236
b. Indices de sévérité et fréquences.....	236
c. Classement par rang des débits.....	238
C. Critique des résultats.....	239
II. LES PROFILS DE DEBIT, DE CONDUCTIVITE ET DE TEMPERATURES.....	241
A. Les profils hydrologiques.....	242
a. Profils des débits bruts et spécifiques.....	242
1. Les profils hydrologiques de la Saulx.....	242
2. Les profils hydrologiques de l'Ornain.....	246
b. Profils hydrologiques lissés.....	250
1. Méthode utilisée.....	251
2. Application à la Saulx.....	251
3. Application à l'Ornain.....	255
B. Profils de températures et de conductivités.....	257
a. Généralités.....	257
b. Les profils de températures.....	257
c. Les profils de conductivités.....	262
III. CARTOGRAPHIE DES DEBITS D'ETIAGE.....	263
A. Le schéma hydrographique d'étiage moyen.....	263
B. Les rendements hydrologiques au sein des bassins- versants.....	265
C. Les captures actives sur l'interfluve Marne-Meuse.....	268
CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE.....	271

TROISIEME PARTIE : LES OUVRAGES HYDRAULIQUES DANS LE BASSIN-VERSANT DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN	273
INTRODUCTION.....	274
PREMIER CHAPITRE : LE MOULIN A EAU	277
I.HISTORIQUE.....	277
A. Une invention antique mais une origine géographique controversée.....	277
B. L'expansion du moulin à eau au Moyen-Age.....	279
a. De l'expansion au Xème siècle à l'explosion du moulin à fer au XVIème siècle.....	279
b. Les raisons de l'expansion médiévale.....	281
1. Les facteurs économiques.....	281
2. Les facteurs politiques : féodalité et banalité.....	283
3. Les facteurs religieux.....	283
C. Le développement des moulins et l'époque pré-industrielle.....	284
D. Le moulin à eau, précurseur de la révolution industrielle du XIXème siècle.....	284
E. L'exemple du moulin de Fains-les-Sources.....	286
II. LES USAGES ANCIENS DU MOULIN A EAU SUR LA SAULX ET L'ORNAIN.....	287
A. Les usages industriels.....	287
a. Le travail du fer.....	287
1. Des conditions favorables.....	287
2. Le moulin à fer.....	290
3. Les industries sidérurgiques et métallurgiques sur la Saulx et l'Ornain.....	295
b. Le moulin à papier.....	302
c. Le moulin dans l'industrie textile.....	305
B. Les usages agricoles.....	307
a. Moulins à céréales et à huiles.....	308
b. Le travail du bois.....	309
c. Le moulin, l'irrigation et l'alimentation de pièces d'eau.....	311
CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE.....	311

SECOND CHAPITRE : PRESENTATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.	314
I. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.	314
A. Le barrage de prise d'eau.	316
B. Le canal usinier ou canal d'amenée.	316
C. Le moulin au sens strict.	317
D. Les vannes.	319
E. Le dispositif de contrôle du niveau légal de retenue .	319
a. Une côte en centimètres, en contrebas d'un élément architectural de l'ouvrage.	319
b. Une borne ou pierre saillante.	321
c. Echelle limnimétrique.	321
II. ETAT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES EN 1994.	322
A. Des destructions totales.	322
B. Des ouvrages en partie détruits.	323
C. Des ouvrages mal entretenus.	323
a. Des barrages de prise d'eau vétustes et dégradés.	323
b. Des vannes détruites et condamnées.	326
III. LOCALISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.	327
A. Situation des moulins à eau.	327
a. Le Haut-Pays.	327
b. L'Ornois.	327
c. Le Barrois.	329
1. Sur la Saulx.	329
2. Sur l'Ornain.	330
d. Le Perthois.	330
B. Site des moulins à eau sur la Saulx et l'Ornain.	332
a. Les facteurs hydrographiques.	335
b. Les facteurs hydro-dynamiques (fig.III.23).	335
c. Les facteurs humains.	337
IV. LES USAGES DE MOULINS EN 1994.	337
A. Les usages traditionnels.	337
B. Les reconversions énergétiques.	339
a. Caractéristiques techniques des microcentrales.	339
b. Usage de l'énergie produite.	341
C. Les reconversions en piscicultures.	343
a. Les piscicultures intensives.	343
b. La pisciculture extensive de Gondrecourt-le-Château.	344
c. La pisciculture de loisirs d'Andernay.	344
D. Une désaffectation dominante.	345
a. Des zones de pêche.	345
b. Des réserves incendies.	346
c. L'alimentation de pièces d'eau.	346
d. Les activités sportives.	346
e. L'assainissement.	347
f. Le tourisme.	347
E. Répartition spatiale des usages.	348
a. Sur la Saulx.	348
b. Sur l'Ornain.	348

CONCLUSION DU SECOND CHAPITRE.....	349
TROISIEME CHAPITRE : FONCTIONNEMENT ET PROBLEMES DE GESTION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.	350
I. FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.	350
A. Un fonctionnement conditionné par le statut juridique de l'ouvrage.	350
a. Des ouvrages fondés en titre.....	350
b. Des ouvrages réglementés.....	351
B. Les fonctionnements légaux et observés à différentes situations hydrologiques.	354
a. Fonctionnement légal	354
b. Fonctionnement actuel.	356
II. TYPOLOGIE ET REGIONALISATION DES PROBLEMES ET DES LITIGES ENTRE USINIERS.	356
A. Typologie des problèmes et des litiges.	357
a. Le manque de coordination entre usiniers et riverains.....	357
b. Les éclusées.....	358
c. Les situations hydrologiques.	359
1. Situation en crues et lors des débordements.	359
2. Situation en étiage.....	360
B. Régionalisation des problèmes et litiges.....	361
a. Sur la Saulx.	361
b. Sur l'Ornain.....	361
III. LES MOULINS A EAU ET LA VIE PISCICOLE DES COURS D'EAU.	362
A. Le débit minimal.	362
a. Méthodes de détermination des débits minimums.....	363
1. Les méthodes hydrobiologiques.....	363
2. Les méthodes hydrologiques.....	363
b. Un débit caractéristique d'étiage.	364
1. Le choix du débit de référence.	364
2. L'extrapolation du débit de référence au droit des ouvrages hydrauliques.	365
c. Le débit minimum modulable.	366
B. Effets du moulin à eau sur la migration du poisson.....	368
a. Les potentialités de franchissement sur la Saulx et l'Ornain.	368
b. Les classements de cours d'eau.....	372
c. Les types de franchissement.	372
CONCLUSION DU TROISIEME CHAPITRE.	375
QUATRIEME CHAPITRE : LE CANAL DE LA MARNE AU RHIN.	377
I. HISTORIQUE ET PRESENTATION DU CANAL.....	377
A. Historique: une construction difficile.....	379
a. Les facteurs politico-économiques.	379
b. Les problèmes techniques liés au substratum calcaire.	382
B. Présentation générale du canal dans les vallées de la Saulx	

et de l'Ornain.....	384
a. Le bief de partage de Mauvages.....	384
b. Le canal de la Marne au Rhin.....	387
1. Un canal essentiellement en rive gauche de l'Ornain.....	387
2. "Le canal-escalier".....	387
3. Un petit gabarit de type Freycinet.....	388
II. LES INTERACTIONS HYDROLOGIQUES AVEC LES COURS D'EAU.....	388
A. L'alimentation du canal.....	389
a. Un bief de partage sans retenue.....	389
1. L'alimentation du bief de Mauvages.....	389
2. Les besoins en eau du bief.....	395
3. Les transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages.....	396
b. L'alimentation du canal à l'aval du bief de partage.....	398
1. Les prises d'eau.....	398
2. Les sources d'alimentation secondaires.....	401
B. Les rejets du canal de la Marne au Rhin.....	402
C. Essai de bilan des échanges hydrologiques entre l'Ornain et le canal.....	403
a. Les termes du bilan.....	403
b. Interprétation des résultats (fig.III.40).....	404
1. Généralités.....	404
2. Evaluation des pertes par infiltration.....	404
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE.....	407
CONCLUSION GENERALE.....	408
LISTE DES FIGURES.....	411
LISTE DES TABLEAUX.....	418
BIBLIOGRAPHIE.....	425
GLOSSAIRE.....	441

INTRODUCTION GENERALE

Le Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz mène depuis plusieurs années ses recherches sur l'hydrologie lorraine par l'intermédiaire du laboratoire de géographie physique.

Si les contrats pour le compte de divers organismes (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, DIREN Lorraine, DDE et DDAF) ont largement orienté les zones d'études, les thèmes de recherches portent essentiellement sur l'écoulement des cours d'eau et leurs aménagements. Ces sujets répondent aux préoccupations actuelles de la Région Lorraine qui a placé la "Filière Eau" dans ses priorités.

C'est dans ce contexte, qu'en 1988 "L'étude hydrologique et hydraulique de la Saulx" (DDE de la Meuse, CEGUM, 1993) inaugure les premières recherches hydrologiques du CEGUM dans le Barrois. Auparavant, seul le Rupt-du-Puits, plus long réseau karstique souterrain au monde exploré en 1971 derrière siphon, attirait l'attention du CEGUM.

C'est donc assez tardivement que les recherches en hydrologie furent entreprises sur la Saulx. A la demande de la Direction Départementale de la Meuse, le CEGUM entreprend en 1988 un inventaire des sources bibliographiques portant sur l'hydrogéologie de la Saulx et plusieurs campagnes de mesures de débit en période d'étiage de 1988 à 1993 (première phase). L'étude est suivie d'une enquête sur les ouvrages hydrauliques (seconde phase) en 1993 et sur les écoulements en période de crue. Un rapport de synthèse (troisième phase) clôture les recherches sur la Saulx et permet à la DDE, responsable de la police de l'eau de proposer un règlement d'eau général en concertation avec les services compétents, les usiniers et les riverains. De 1993 à 1995, la DDE de la Meuse confie la même étude sur l'Ornain dans le souci d'améliorer les connaissances de l'ensemble des problèmes liés à l'eau et au canal de la Marne au Rhin.

Les recherches entreprises de 1988 à 1996 sur la Saulx et l'Ornain s'intègrent donc bien dans l'espace lorrain puisque le bassin-versant des deux cours d'eau s'inscrit essentiellement dans le Barrois dont la nature calcaire du substratum confère à l'étude un intérêt majeur. En effet, l'étude hydrologique et hydraulique de la Saulx et de l'Ornain permet de mieux connaître les modalités d'écoulement en pays calcaire et leurs influences sur l'aménagement des cours d'eau.

L'esprit de l'étude s'est volontairement attaché à l'aspect géographique des phénomènes en insistant sur la spatialisation et la régionalisation du contexte morpho-structural, climatique, hydrologique et hydraulique de la Saulx et de l'Ornain. Cet attachement amoindrit l'aspect analytique aux dépens de la modélisation reproductible à d'autres massifs calcaires. L'étude n'a pas la prétention d'être exhaustive mais essaie tant bien que mal d'apporter sa pierre à l'édifice de la géographie lorraine.

Conformément à l'esprit géographique, nous nous sommes attachés à l'étude des interfaces en privilégiant les relations entre le contexte morpho-

structural, les aquifères, le climat, les écoulements et les influences anthropiques.

La première partie situe le bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain dans son contexte morpho-structural, hydrogéologique et climatique. La Saulx et son affluent majeur, l'Ornain appartiennent au bassin-versant de la Seine par l'intermédiaire de la Marne alors que la majeure partie du réseau hydrographique lorrain est rhénan ou mosan. Sur leur partie lorraine, ils drainent plusieurs entités spatiales ou Pays caractérisés chacun par des potentialités hydrologiques et des modalités de circulation de l'eau qui lui sont propres. La présentation du contexte géographique du bassin passe par un plan régional, Pays par Pays de manière à régionaliser la zone d'étude.

L'étude hydrologique de la Saulx et de l'Ornain, dans la seconde partie permet de quantifier, de caractériser les écoulements dans le temps et dans l'espace et de préciser les conditions d'alimentation du réseau hydrographique. Elle présente ainsi les potentialités hydrauliques offertes à l'homme. Malgré l'insuffisance du réseau hydrométrique, nous nous efforçons de régionaliser ces potentialités.

La troisième et dernière partie porte sur les aménagements hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain essentiellement représentés par d'anciens moulins à eau et un canal de navigation (canal de la Marne au Rhin) dans la vallée de l'Ornain. Elle présente leur évolution et leur répartition spatiale en fonction des potentialités hydrauliques définies auparavant dans les parties précédentes.

Cette partie souligne la spécificité de l'aménagement des cours d'eau en pays calcaire face à l'hétérogénéité spatiale des ressources en eau. Elle étudie l'évolution des relations homme-cours d'eau et les problèmes qui en découlent.

PREMIERE PARTIE:

**LE BASSIN-VERSANT DE LA SAULX ET DE
L'ORNAIN DANS SON CONTEXTE MORPHO-
STRUCTURAL ET CLIMATIQUE.**

INTRODUCTION

Le bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain en amont d'Etrepy est inscrit dans le relief de côtes lorrain qui caractérise la partie orientale du Bassin Parisien (fig.I.1).

Le cours cataclinal de la Saulx et de l'Ornain confère aux bassins-versants une diversité de milieux naturels individualisés en Pays.

Le relief de côte détermine trois grands ensembles morphologiques et paysagers bien distincts (plateau de revers, front de côte et plaine) qui constituent des Pays plus ou moins bien délimités. *"Le relief (...) des plateaux et des plaines n'est dépourvu ni de diversités ni de surprises réjouissantes pour le voyageur; tous les dix kilomètres, elles surgissent, toutes les fois que change la nature du sol ou l'exposition des coteaux ou le tracé de la rivière suivie..."* (Gérard C. et al., 1983).

Le terme de Pays *"est utilisé (...) pour désigner une petite unité géographique homogène par ses caractères naturels ou son peuplement (...)"* (P. George, 1970). Il englobe donc la notion de terroir qui repose uniquement sur des caractères agronomiques (Lebeau R., 1986, Derruau M., 1961). La notion de Pays est le fruit d'une pratique ancestrale, implicitement admise par tous, à l'échelle humaine (taille d'un canton) et peut remplir parfaitement son rôle de repérage des unités bio-morpho-structurales, qui sont fondamentales dans la compréhension des écoulements. La carte des Pays des côtes du nord-est de la France (fig.I.1) témoigne de la mosaïque territoriale qui caractérise l'est du Bassin-Parisien et le contexte morpho-structural du bassin-versant de la Saulx-Ornain.

La diversité des Pays traversés par les deux cours d'eau proscrit toute présentation générale des conditions qui régissent les écoulements. Une étude hydrologique classique limitée au bassin-versant poserait le problème de représentativité à un milieu géographique et serait hasardeuse en pays calcaire (dominance des écoulements souterrains).

C'est pourquoi, il convient de situer le bassin-versant dans son contexte géographique et de respecter les disparités spatiales qui caractérisent l'espace étudié.

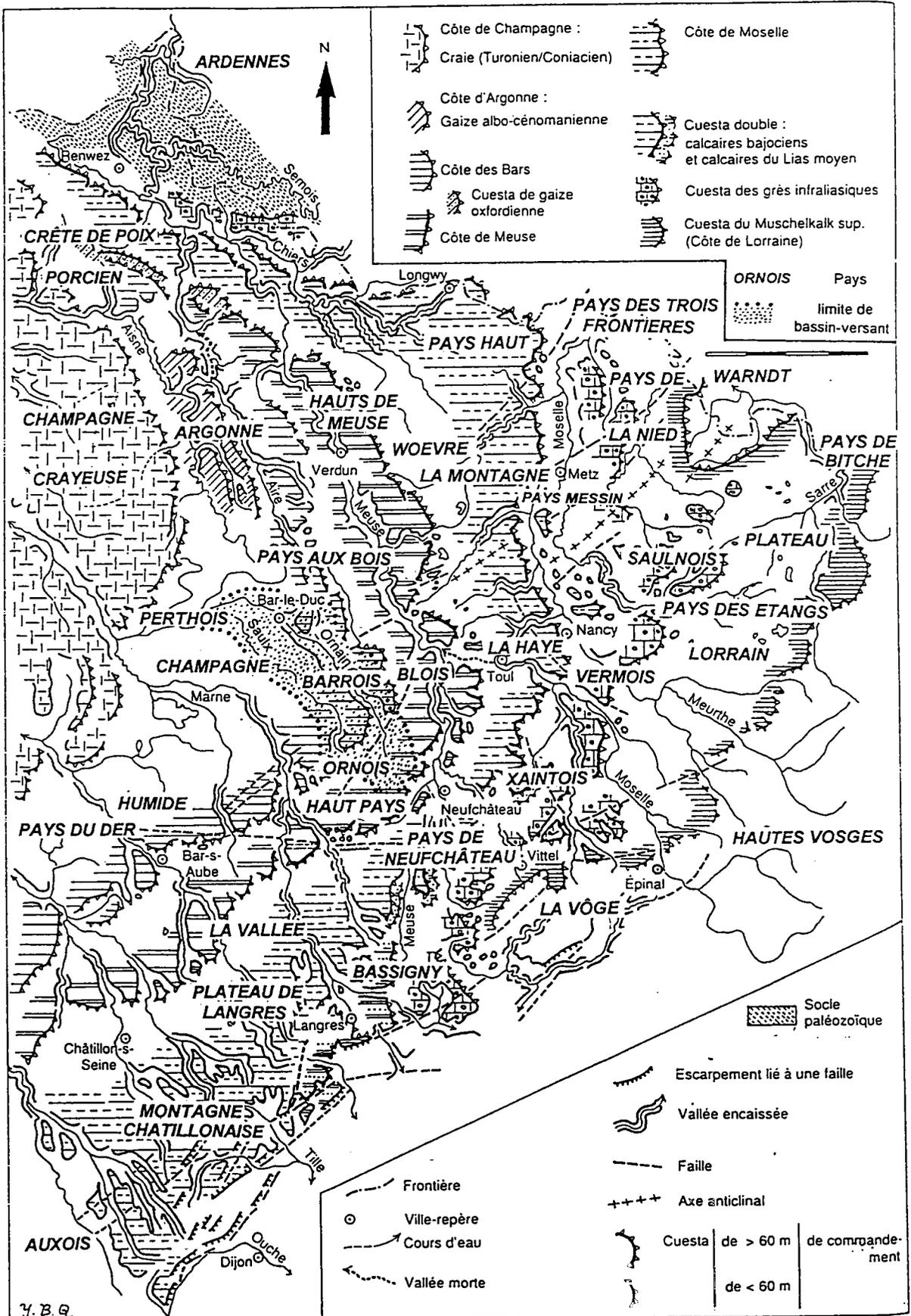
L'extrême amont de l'Ornain représenté par le bassin-versant de la Maldite et de l'Ognon draine le revers calcaire de la côte de Meuse (annexe I.1).

Bien que rarement désigné sous l'appellation de pays, *"par l'étendue et la régularité de son plateau, la région de Grand mériterait cependant de constituer une région spéciale située entre le Barrois et le Bassigny à l'extrémité sud du plateau corallien et astartien"* (Joly H., 1912).

Ce plateau des "Hauts-Pays" est représenté par les calcaires oxfordiens du Jurassique (annexe I.2) limités au sud par la côte de Meuse et au nord par l'Ornois. Il constitue 17% de la surface totale du bassin-versant de la Saulx-Ornain à Etrepy.

L'Ornois constitue la dépression subséquente de la côte des Bars dégagée dans les formations marno-calcaires du Kimméridgien et de

fig. I.1 LES PAYS DES COTES DU NORD-EST DE LA FRANCE



l'Oxfordien supérieur (Séquanien). Il représente une faible part de la surface du bassin-versant (11%).

En fait, l'Ornois appartient aux "Collines de la Meuse" (J. Venet, 1977, M. de la Torre, 1990) qui se divisent elles-mêmes en plusieurs Pays. Il se prolonge au nord-est par le Blois (ou "la Voide") et le "Pays aux Bois" dans la vallée de l'Aire.

Ce Pays se caractérise par la naissance de la Saulx (Germay) et de l'Ornain par la confluence Maldite-Ognon.

Ces deux cours d'eau traversent la côte des Bars par des percées cataclinales pour drainer le Barrois.

Le Barrois représente 61% de la surface du bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain. Il correspond aux affleurements géologiques du Portlandien calcaire.

Ses limites franches à l'est (côte des Bars) sont incertaines à l'ouest et au nord.

L'auréole géologique des calcaires du Portlandien se rétrécit considérablement à l'ouest de la Marne pour former le Chatillonnais, l'Auxerrois et le Tonnerrois. Au nord de la Chée, le plateau calcaire de Barrois s'estompe (diminution d'épaisseur) pour disparaître près de Montfaucon, au pied de la côte d'Argonne.

Ce Pays est limité à l'ouest par les formations argilo-sableuses du Perthois.

Les paysages du Perthois (11% de la surface du bassin-versant) contrastent fortement avec ceux du Barrois. La vue s'élargit sur une large plaine ouverte sur la Champagne humide constituée par les formations argilo-sableuses du Crétacé inférieur.

On distingue le Perthois alluvial du Perthois crétacé (Pays du Der).

Le Perthois alluvial concentre les coudes de captures de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain (tributaires de la Meuse au Riss) dans un véritable couloir alluvial dominé au nord par des mamelons de gaize des Pays d'Argonne.

Le Pays du Der représenté par le Perthois crétacé drapé de ses argiles et sables, les calcaires du Barrois en rive gauche de la Saulx. Il est marqué, à sa périphérie par le fossé tectonique de la Marne.

Compte tenu de la diversité des milieux traversés par la Saulx et l'Ornain, le bassin-versant de ces deux cours d'eau ne peut pas être étudié dans son intégralité; il n'est pas représentatif d'un seul complexe morpho-structural.

Les conditions qui régissent les écoulements diffèrent selon les Pays traversés. Cependant à Etrepv, le bassin-versant topographique de la Saulx et de l'Ornain est essentiellement calcaire, plus particulièrement pour la Saulx majoritairement barroise.

Outre la présentation spatiale du contexte morpho-structural du bassin-versant, l'étude conjointe et comparative de la Saulx et de l'Ornain permet de relativiser les influences des aménagements humains sur l'écoulement des cours d'eau.

En effet, si les deux cours d'eau drainent globalement les mêmes milieux, ils s'opposent par leur occupation humaine.

La Saulx draine un bassin-versant rural, faiblement peuplé où les aménagements hydrauliques sont représentés par d'anciens moulins à eau en partie reconvertis.

A l'inverse, l'Ornain draine une vallée plus large, plus urbanisée, caractérisée par une forte densité de voies de communication (chemin de fer, canal de la Marne au Rhin, route nationale). Les aménagements hydrauliques sont non seulement représentés par d'anciens moulins à eau mais également par le canal de la Marne au Rhin qui est en relation hydrologique constante avec l'Ornain.

Tout au long de nos recherches nous nous sommes efforcés de présenter les écoulements et les aménagements hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain en respectant d'une part la spatialisation des phénomènes et d'autre part l'opposition conjointe des deux cours d'eau.

Dans le premier chapitre, nous présenterons les données morpho-structurales, hydrogéologiques et hydrographiques qui définissent les potentialités en eau et les conditions d'écoulement de chaque Pays drainé par les deux cours d'eau.

Le second chapitre présente le contexte climatique en dégageant des régions pluviométriques homogènes fidèles à la notion de Pays.

PREMIER CHAPITRE: LE CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL ET LES RESSOURCES EN EAU

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit dans quatre Pays du sud au nord ou de l'amont vers l'aval: le Haut-Pays, l'Ornois, le Barrois et le Perthois. Chaque Pays correspond à une entité morpho-structurale où les conditions d'écoulement et les potentialités en eau sont homogènes.

I. LE HAUT-PAYS: LE BASSIN DE LA MALDITE ET DE L'OGNON.

Le Haut-Pays correspond au revers calcaire de la côte de l'Oxfordien à l'ouest de la Meuse. Il représente 30% de la surface du bassin-versant de l'Ornain avec les bassins de la Maldite et de l'Ognon alors qu'il n'est pas représenté dans le bassin de la Saulx.

Il est limité au sud par la côte dominant "la Vallée" callovienne, à l'est par la vallée de la Meuse et les "Hauts de Meuse" et au nord par les affleurements kimméridgiens de l'Ornois et du Blois (fig.I.1).

La côte de Meuse présente un front orienté vers le sud-est, incisé par les percées conséquentes de la Marne, du Rognon et de la Meuse à Neufchâteau. Au nord de cette ville, elle s'incurve pour prendre une direction subméridienne. Les saillants et rentrants de la côte sont tributaires des grands axes tectoniques lorrains.

Dans le Haut-Pays, ce gradin a la particularité de dominer la vallée de la Meuse qui entaille le plateau de revers de Neufchâteau à Stenay.

Le Haut-Pays oxfordien est donc assimilé au plateau corallien et astartien de Joly H. (1912). "*Nous comprenons dans le plateau corallien et astartien (...) les affleurements de l'étage kimméridgien partout où il n'est pas directement surmonté par les calcaires du Barrois; le plateau corallien et astartien ainsi considéré présentera une surface très ondulée, à ressauts fréquents*" (Joly H., 1912). Joly H. annexe à tort l'Ornois au Haut-Pays, donnant à ce dernier une allure moins monotone que les autres plateaux de revers. En outre, le Kimméridgien de Joly n'a plus le sens stratigraphique d'aujourd'hui.

A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU HAUT-PAYS.

a. Topographie et paysages.

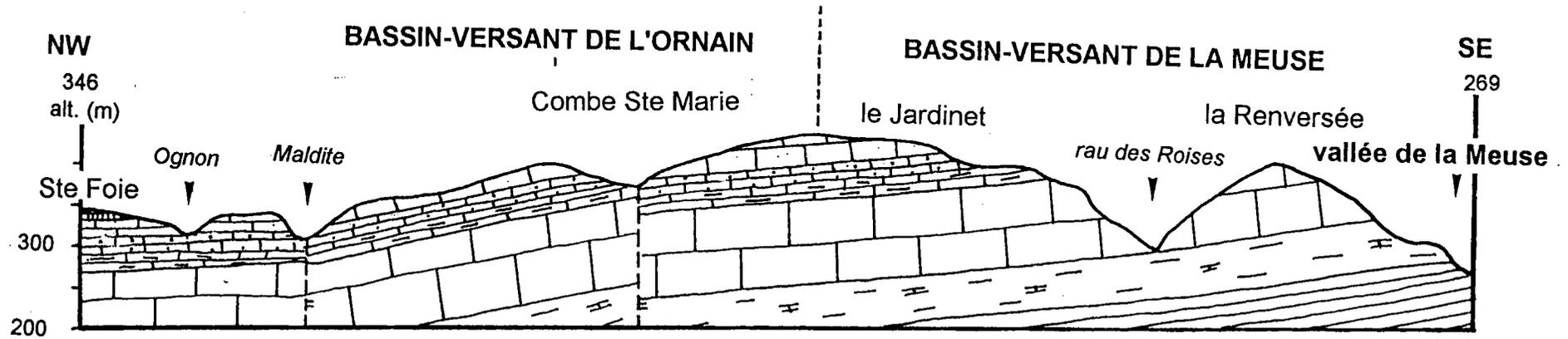
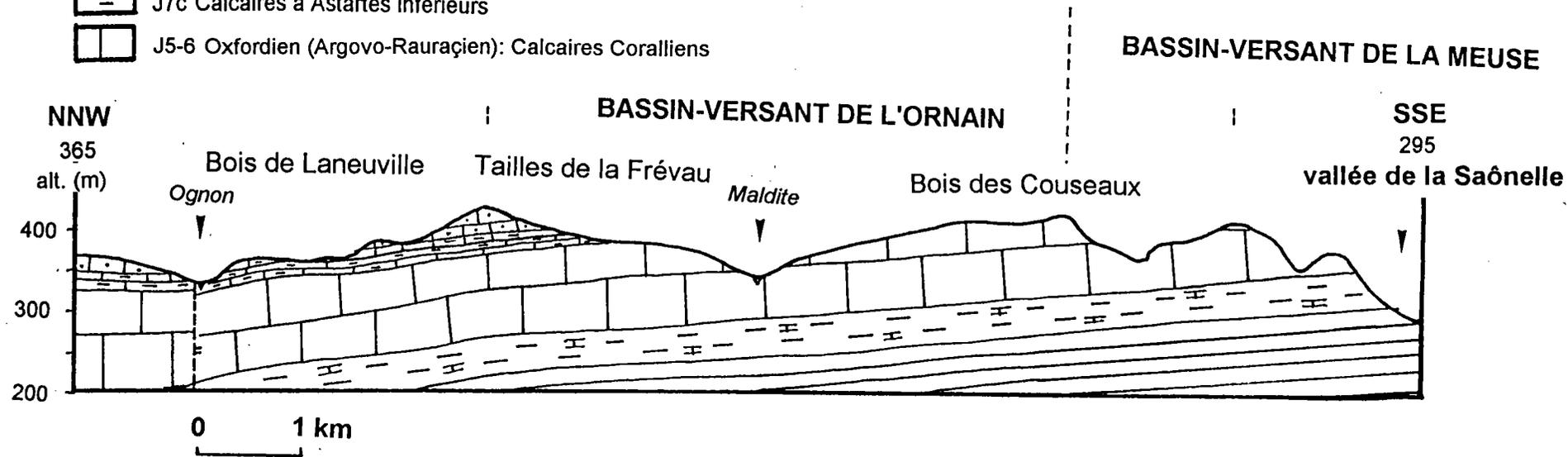
Le Haut-Pays se traduit dans le paysage par un plateau calcaire, monotone et incliné vers le nord-ouest. Ses altitudes fluctuent entre 420 m. en périphérie du plateau et 340 m en bordure de l'Ornois (fig.I.2).

"Point de grandes vallées ni de rivières importantes qui descendent à la Meuse. Le plateau de calcaires coralliens reste entier, ou presque" (Wadier R.,

fig. I.2 COUPES GEOLOGIQUES DANS LE HAUT-PAYS

- | | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|
| | J8 Kimméridgien: marnes et calcaires | | J4b Oxfordien: Terrain à Chailles |
| | j7a Calcaires à Astartes supérieurs | | J3-4 Callovien: argiles |
| | J7b Oolithe de la Mothe | | |
| | J7c Calcaires à Astartes inférieurs | | |
| | J5-6 Oxfordien (Argovo-Rauraçien): Calcaires Coralliens | | |

Oxfordien (Séquanien):



1987). La massivité du Haut-Pays entre Marne et Meuse s'explique par des vallées faiblement incisées d'une vingtaine de mètres avec des versants fuyants.

La monotonie du paysage est à peine perturbée par de molles croupes et des vallons secs appelés "combes" majoritairement disposés selon une orientation générale Nord 40° (Albouy M., Delétie P., Haguenaer B., 1993). Par contre en bordure du plateau, d'importantes reculées (Cul du Cerf) encaissées de plus de 70 m ainsi que les vallées du Rognon et de la Saônelle découpent la côte de Meuse en buttes-témoins.

L'occupation du sol est dominée par la forêt omniprésente (hêtres, chênes, charmes) qui s'accommode de sols pauvres (sols bruns calciques superficiels). La forêt est interrompue localement par des champs rocaillieux ou par des "villages clairières" (Wadier R., 1987) à la faveur de placages de limons.

Ces villages groupés présentent un bâti à base de moellons calcaires qui fournissent les lauzes, appelées "laves" ou "lavottes" utilisées pour la couverture des toits (chapelle Sainte Libaire de Grand).

La densité humaine reste faible avec six habitants par km² en 1982 et ne résulte pas de la désertification des campagnes puisqu'au début du siècle, le plateau frappait déjà par son isolement. *"Entre l'Ornain et la Meuse, de Gondrecourt à Vouthon-Bas, on fait 12 kilomètres sans rencontrer une maison"* (Vidal de la Blache P., 1903).

b. Contexte litho-stratigraphique.

Le Haut-Pays est constitué par les formations de l'Oxfordien qui arment la côte de Meuse. Leur puissance importante (250m) confère à la côte un profil massif et bien dessiné (annexe I.2).

Depuis le colloque du Jurassique de Luxembourg en 1962, les pseudo-étages Argovien, Rauracien, Séquanien et Lusitanien furent abandonnés pour adopter le "grand Oxfordien" d'Orbigny.

Pourtant l'ancienne division avait le mérite de différencier les formations en fonction des données litho-stratigraphiques.

L'Oxfordien inférieur (Oxfordien sensus-stricto) est représenté par une cinquantaine de mètres d'argiles à chailles alternant avec des bancs calcaires. Cette formation assure la transition avec les argiles de la plaine de la Woëvre, rétrécie en une mince bande et désignée sous le nom de "La Vallée".

L'Oxfordien moyen regroupe l'ancien Argovo-Rauracien essentiellement calcaire. L'homogénéité lithologique de ces calcaires (calcaires récifaux, oolithiques, à polypiers, et sub-lithographiques) et leur puissance importante (environ 160 m.) expliquent la massivité et la monotonie du plateau.

L'Oxfordien supérieur correspond à l'ancien Séquanien représenté du bas vers le haut par les Calcaires à Astartes inférieurs marneux à la base, l'Oolithe de la Mothe (calcaire blanc oolithique) et enfin, les Calcaires à

Astartes supérieurs (calcaires sub-oolithiques).

Les puissantes formations calcaires de l'Argovo-Rauracien constituent l'armature du plateau alors que les couches séquanienues plus hétérogènes lithologiquement rompent la monotonie du paysage en formant des croupes dégagées dans l'Oolithe de la Mothe (croupes du Télégraphe, de la Haie Charmoie, fig.1.2).

Lorsque la "Masse argileuse" du Séquanien dépasse 25 mètres de puissance, les contrastes de dureté avec l'Oolithe de la Mothe sont suffisants pour former localement une côte de faible commandement (40 mètres). Cependant dans le Haut-Pays, cette côte est intensesment découpée par les "combes" annexées aux vallées intermittentes de l'Ognon et de la Maldite. Par contre en rive gauche de la Meuse, dans le bassin-versant de l'Aire, la côte séquanienne est mieux dégagée et forme "la côte de Meuse occidentale" (Le Roux J., 1969).

Le Séquanien inférieur étant lithologiquement comparable au Kimméridgien (marno-calcaires) assure la transition du Haut-Pays avec l'Ornois moins monotone.

c. La tectonique du Haut-Pays dans le bassin-versant de l'Ornain.

Le Haut-Pays appartient au compartiment Nancéen de Steiner P. (1980) limité au nord par l'anticlinal de Bar-le-Duc-Levoncourt (prolongement occidental de l'anticlinal de Lorraine) et au sud par la faille est-ouest de Vittel (annexe 1.3). Ce compartiment est caractérisé par une tectonique cassante d'orientation nord 135° (faille de Neufchateau, d'Ambracourt).

L'originalité de la tectonique du Haut-Pays tient à sa position charnière entre le style tectonique lorrain (axes de déformation primaires d'orientation NE-SO) et morvano-vosgien du plateau de Langres (failles nombreuses d'orientation E-O à OSO-ENE). Cette position charnière se traduit par une tectonique modérée sans véritable ondulation et faille importante.

Les couches oxfordiennes présentent un pendage général de 1 à 2% vers l'ouest-nord-ouest.

Tricart J. (1952) distingue néanmoins des ondulations secondaires d'orientation SE-NO qui conditionnent les affleurements séquaniens.

La faible extension des argiles séquaniennes dans la région de Grand (bassin de la Maldite) s'expliquerait par une plus grande exposition à l'érosion sur un axe anticlinal. Par contre la région du bois de Trampot, située au sein d'un axe synclinal présente une "dépression" argileuse mieux dégagée (5 km d'extension).

Les coupes géologiques réalisées dans ce Pays (fig.1.2) confirment les ondulations citées par Tricart J., mais militent davantage en faveur d'une tectonique plus brisante fixant les combes (combe Sainte-Marie) et les vallées de l'Ognon et de la Maldite.

Cependant les problèmes de raccordement des affleurements des cartes

fig. I.3

DIAGRAMMES DES DIRECTIONS DE FRACTURATION

Carrières de Gondrecourt-le-Château

(dans les Calcaires à Astartes Supérieurs du Séquanien)

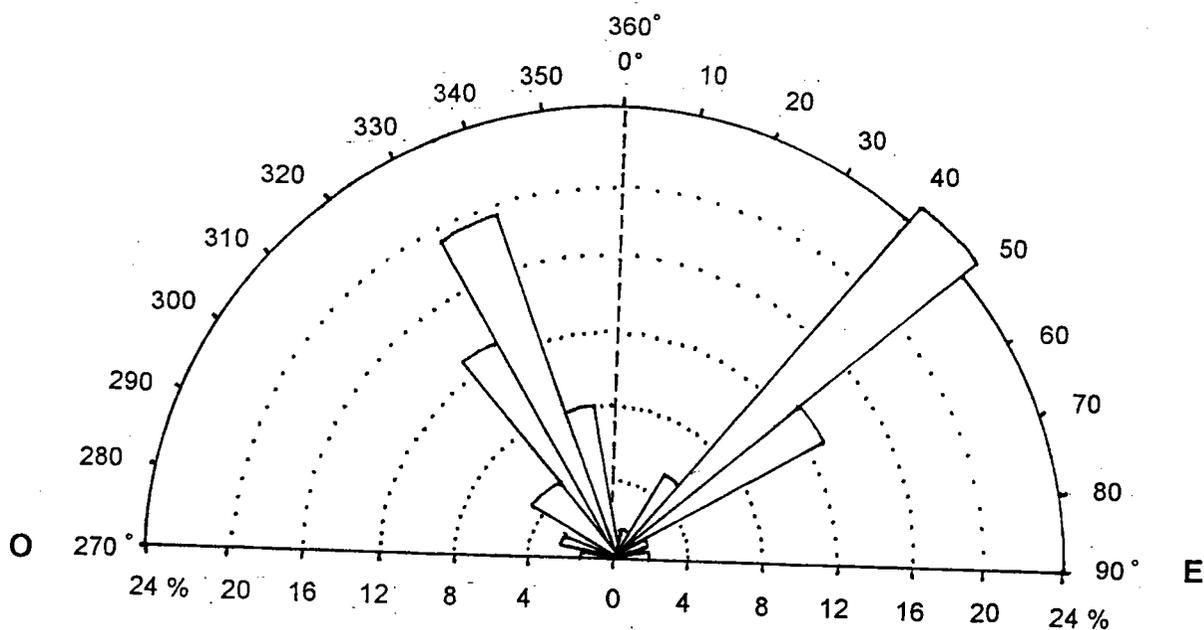


diagramme réalisé à partir de 75 relevés de fracturations
(relevés A. DEVOS)

géologiques de Neufchâteau (Maubeuges P.I., 1974) et de Doulaincourt (Stchépinsky V., 1965) appellent à une grande vigilance quant à leur interprétation.

Si les cartes géologiques ne signalent aucune fracture importante, "*les orientations tectoniques majeures correspondent aux directions conjuguées nord 40° est et nord 340° ouest et à tout un réseau secondaire de diaclases*" (Albouy M., Delétie P., Haguenauer B., 1993). Le diagramme de direction des fracturations relevées dans les carrières de Gondrecourt-le-Château confirment ces observations (fig.1.3).

L'orientation générale des "combes" et du réseau hydrographique régional intermittent (tracé de l'Ognon, de la Saônelle, de la Méholle) obéit donc à la tectonique qui guide l'érosion.

La direction sub-méridienne des grandes vallées (Maldite, Meuse, Marne) "*rassemble la majorité des écoulements de surface*" (Haguenauer B., Delétie P., 1991).

La monotonie du Haut-Pays repose donc essentiellement sur des facteurs morpho-structuraux. L'homogénéité lithologique calcaire, et la tectonique "modérée" du plateau confère une massivité singulière au plateau de revers.

La Marne et la Meuse qui conditionnent le travail de l'érosion (niveau de base) sont situées respectivement à 240 m et 150 m plus bas que le Haut-Pays. La Maldite et l'Ognon qui incisent à peine le plateau calcaire sont donc perchés par rapport aux grands axes hydrographiques.

B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

a. Les ressources en eau.

Les perméabilités des formations géologiques déterminent les potentialités des ressources en eau et le comportement hydrologique du substratum.

Nous utiliserons les classes de perméabilité (annexe I.5) proposées par l'Agence de l'Eau Rhin Meuse (AERM, 1989) afin d'harmoniser notre approche hydrogéologique avec les études menées dans d'autres régions.

La nature calcaire de l'Oxfordien moyen (Argovo-Rauracien) définit une perméabilité de fissure dominante (P12). Les argiles à Chailles de l'Oxfordien inférieur et les argiles calloviennes sont imperméables et constituent donc le mur de l'aquifère oxfordien.

Cet aquifère, discontinu et anisotrope est un "*immense réservoir d'eau souterraine*" (Zumstein J.F., 1976) qui se vidange par d'importantes exurgences en périphérie du plateau (Cul du Cerf, Maxey/Vaise) et par déversement dans les alluvions récentes de la Meuse entre Commercy et

Stenay (CEGUM, FUL Arlon., 1992).

Cependant cet aquifère ne profite qu'aux cours d'eau suffisamment bas (Marne, Rognon, Meuse). La Maldite et l'Ognon perchés au dessus de la surface piézométrique discontinue de la nappe oxfordienne ne peuvent bénéficier d'éventuels apports hydrologiques (fig. 1.4).

Les eaux précipitées sur le Haut-Pays s'infiltrent dans les calcaires pour alimenter cet aquifère à surface libre, les ruissellements de la Maldite et de l'Ognon étant affectés par de nombreuses pertes.

Par contre les formations de la base du Séquanien sont semi-perméables (P2). Elles sont effectivement constituées de roches à perméabilité de fissures dominantes (calcaires) alternant avec une roche imperméable (argiles).

Le Séquanien principalement calcaire est un aquifère secondaire d'intérêt local dont le mur est assuré par la "Masse argileuse".

L'aquifère oxfordien, à surface libre en périphérie du plateau, s'ennoie progressivement sous le Séquanien pour être captif au nord de Grand.

L'hétérogénéité lithologique de la base du Séquanien (niveaux argilo-marneux et calcaires en plaquettes, Dr Péquart, 1927) multiplie le nombre de sources (aquifère multicouche) mais limite considérablement leur débit.

Toutes les sources issues du Séquanien inférieur se perdent rapidement dans les calcaires de l'Argovo-Rauracien.

Les nappes perchées séquaniennes alimentent également l'aquifère oxfordien par drainance.

La médiocrité des ressources en eau caractérise donc le Haut-Pays. La majorité des villages est installée sur la base du Séquanien (Grand, Trampot, Ailliainville, Chermissey) et est alimentée en eau par des puits de faible profondeur (moins de 10 mètres). Les pratiques culturelles et plus particulièrement l'élevage ont longtemps souffert du manque d'eau. "*L'élevage (...) devait se contenter des prairies exigües de la Maldite alternativement trop sèches en été ou ennoyées en hiver, au point que l'on envoyait en été paître les bestiaux dans les bois, perpétuant ainsi une coutume médiévale*" (Bertaux J.P., C., Guillaume J., Roussel F., 1990).

Les écoulements de surfaces restent indigents et temporaires au profit de circulations souterraines mal connues.

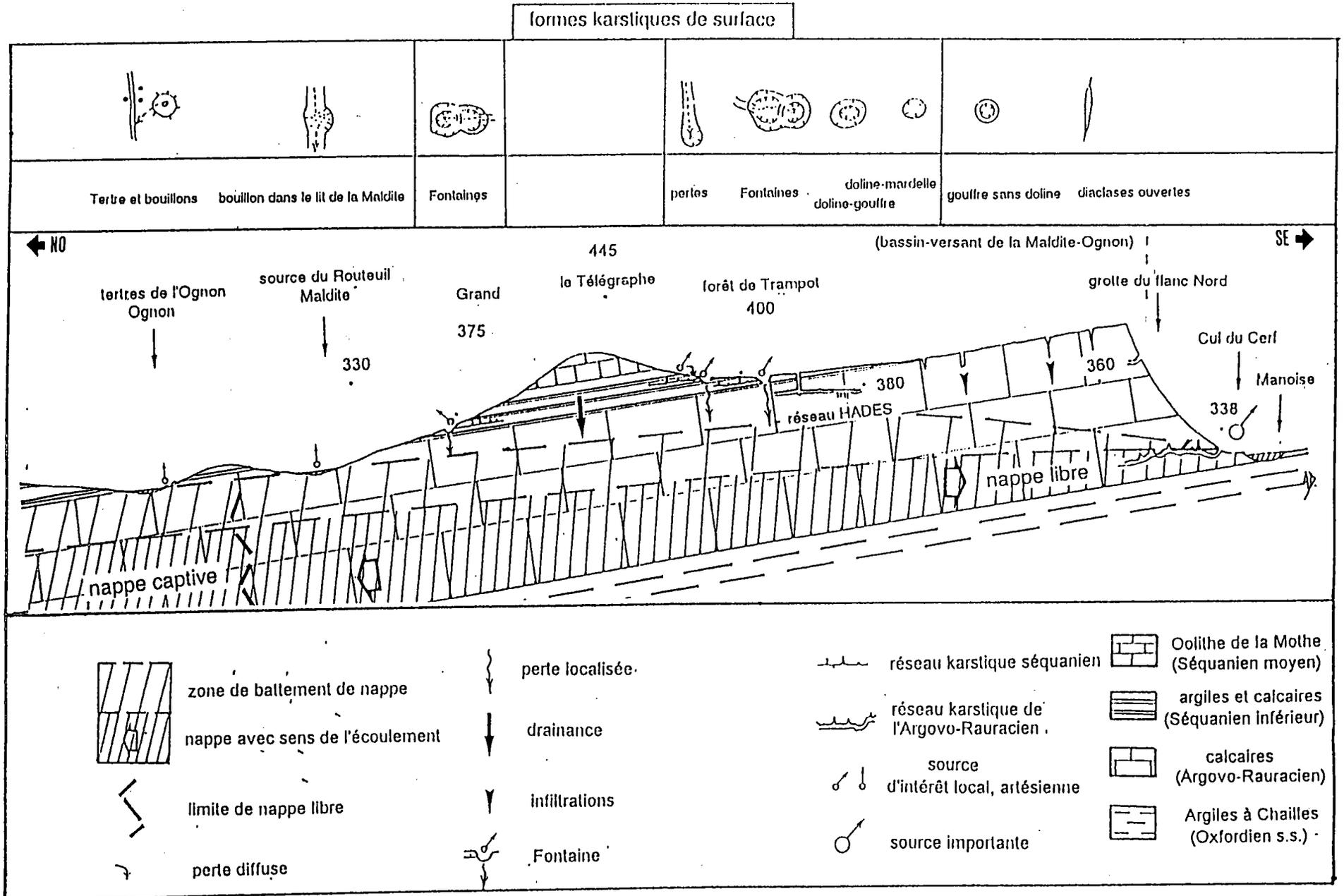
b. Les écoulements karstiques dans le Haut-Pays.

1. Le karst oxfordien (s.l.).

Les karsts lorrains sont essentiellement des "*karsts de contact litho-stratigraphiques, sous couverture argileuse*" (Nicod J., 1992).

Que ce soit sur le Portlandien du Barrois (Beaudoin J.P., 1974, 1989,

fig. 1.4 SCHEMA DE CIRCULATION DE L'EAU DANS LE HAUT-PAYS
(bassin-versant de la Maldite-Ognon)



Gamez P., 1992, Jaillot S., 1995), ou d'Argonne (Durup de Baleine A., 1989), sur le Bathonien de la Woëvre septentrionale (Gamez P., Sary M., 1979, Gamez P., 1992), et sur le Bajocien du Pays-Haut (Devos A., 1991) tous les phénomènes karstiques sont tributaires de couvertures semi-perméables anciennes ou actuelles.

Les écoulements sur l'Oxfordien du Haut-Pays se font préférentiellement par des circulations souterraines.

"Pourtant, des grands massifs calcaires lorrains, cet étage fait figure de parent pauvre de la karstologie, à l'exception de la région de Neufchâteau" (Gamez P., 1985).

Le Haut-Pays présente l'originalité d'avoir l'unique karst de couverture connu sur l'Oxfordien. Certes des phénomènes karstiques furent découverts sur cet étage, mais ils sont isolés et ponctuels.

Le gouffre de Sauvoy (vallée de la Méholle), la "diaclyse de Taillancourt" (bassin d'alimentation de la Vaise) sont vraisemblablement davantage liés à des phénomènes de décompression qu'à des circulations de type karstique...

Les affluents de rive gauche de la Meuse, dans la traversée du plateau oxfordien, naissent de l'aquifère séquanien mais se perdent rapidement dans les calcaires de l'Argovo-Rauracien, en période d'étiage et de basses-eaux. Les pertes souvent importantes (CEGUM, AREM, 1992) affectent ces rivières sans formes karstiques majeures, l'absorption reste diffuse. Par contre d'importantes exurgences (Vaise à Maxey/Vaise, Doyezotte à Vacon, Deuille à Cousances-aux-Bois) en rive gauche témoignent de circulations souterraines caractéristiques d'écoulements karstiques.

On retrouve également de nombreuses exurgences dans l'Oxfordien situées dans la vallée de la Manoise (Cul du Cerf, Mouillère) et de la Joux (Bouillon) tributaires de la Marne par le Rognon (fig.1.5).

Le plateau calcaire du Haut-Pays est donc représentatif de l'interfluve Marne-Meuse. Les eaux d'infiltration directe ou retardée nourrissent l'aquifère oxfordien qui se vidange par d'importantes exurgences en périphérie.

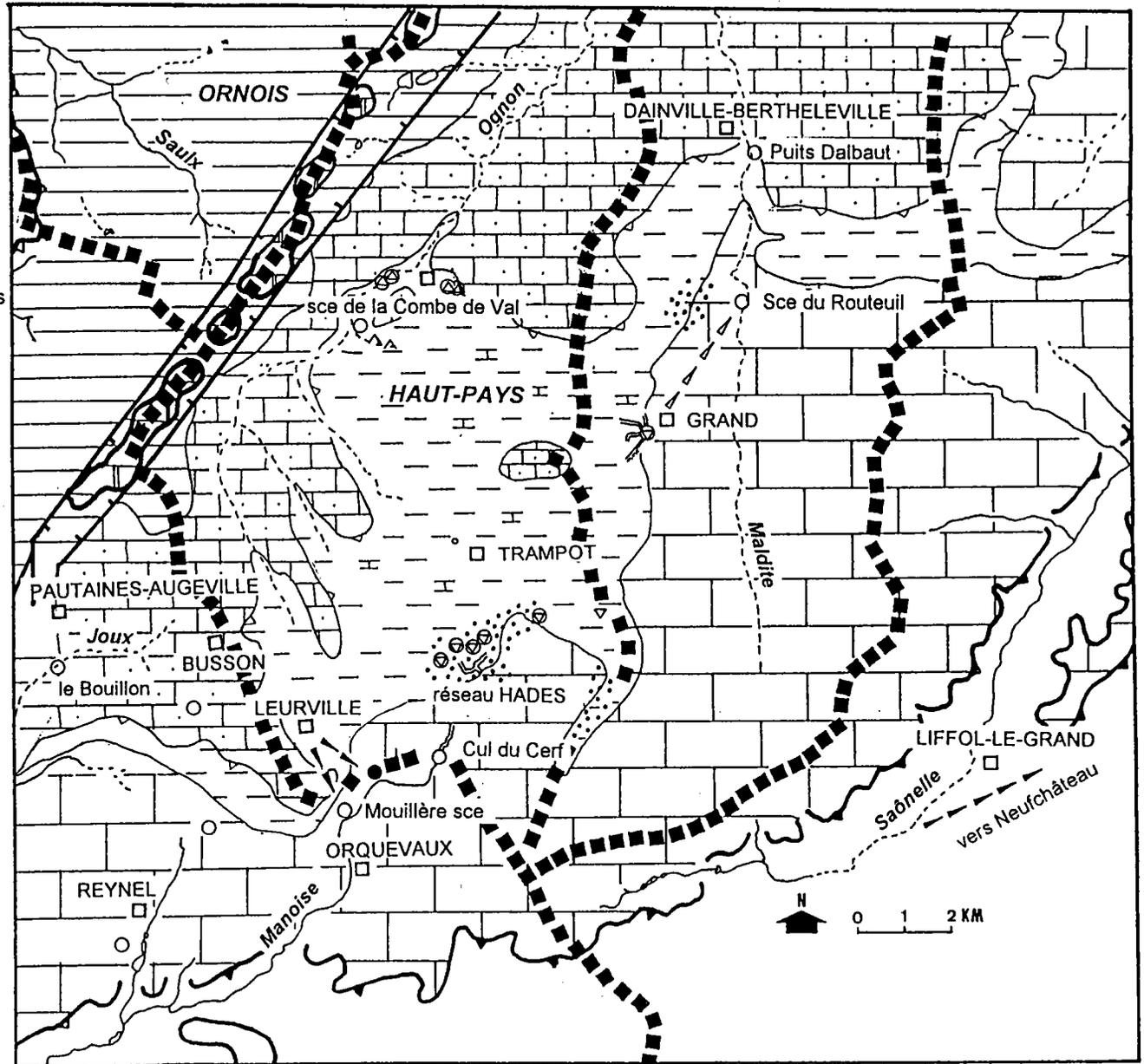
2. Le karst du Haut-Pays.

Les phénomènes karstiques du Haut-Pays dans le bassin-versant de l'Ormain sont exclusivement localisés en limite d'affleurement du Séquanien. Lorsqu'il dépasse 5 m de puissance, aucune forme karstique n'apparaît.

Le karst du Haut-Pays est vraisemblablement un karst couvert et étagé (développé dans le Séquanien) qui alimente une zone d'infiltration dans l'Argovo-Rauracien. L'alternance de bancs calcaires et marneux dans le Séquanien détermine un étagement des formes karstiques. La couverture séquanienne favorise les infiltrations concentrées et rapides vers le karst sous-jacent de l'Argovo-Rauracien. Celui-ci alimente la zone saturée en permanence qui se vidange par des émergences de débordement (vallée de la Saônelle) et

fig. 1.5 LE KARST DU HAUT-PAYS

- localité repère
-  Portlandien: calcaires
-  Kimméridgien: marnes et calcaires
-  Oxfordien (Séquanien inférieur): calcaires et marnes
-  Oxfordien (Séquanien): calcaires
-  Oxfordien (Argovo-Rauracien): calcaires
-  faille avec regard
-  côte de l'Oxfordien (de Meuse)
-  côte du Séquanien (de Meuse occidentale)
-  côte du Portlandien (des Bars)
-  limite de bassin-versant
-  cours d'eau pérenne, intermittent
-  zone fortement karstifiée
-  exurgence pérenne, intermittente
-  émergence pérenne, intermittente
-  réseau karstique pénétrable connu
-  perte
-  Fontaine (exurgence-perte)
-  tertre émissif
-  écoulement souterrain reconnu par traçage
-  écoulement souterrain probable



d'importantes exurgences en périphérie du plateau (Cul du Cerf, Source de la Vaise).

*** Le karst perché du Séquanien.**

Le rôle de la couverture séquanienne semi-perméable est fondamental.

Les eaux précipitées s'infiltrent dans les calcaires à Astartes Supérieurs et l'Oolithe de la Mothe pour constituer un aquifère karstique dont le mur est représenté par les marno-calcaires du Séquanien inférieur (Calcaires à Astartes inférieurs).

Cet aquifère s'égoutte à la verticale par drainance dans les couches sous-jacentes: il sert de "compresse humide" (Gamez P., 1992). La couverture séquanienne concentre également les circulations souterraines vers le karst d'infiltration argovo-rauracien.

La concentration des écoulements se traduit en surface par de petites exurgences impénétrables sur joint de stratification qui forment des écoulements endoréïques sur les bancs argileux. Mais leur épaisseur est si faible (<1m) que les ruissellements se perdent rapidement sur les calcaires sous-jacents.

Les infiltrations dans l'Argovo-Rauracien sont donc diffuses (drainance) et concentrées (pertes, Fontaines).

A l'image des karsts couverts lorrains, la répartition spatiale et la typologie des formes exokarstiques sont essentiellement facteurs de l'épaisseur de la couverture, en l'occurrence, ici le Séquanien.

Lorsque sa puissance dépasse 5 m aucune forme n'apparaît. Entre 5 m et 1 m, des pertes simples et des dolines-pertes (Fontaines) jalonnent la base des croupes séquaniennes. Entre 1 m et 0 m la majorité des formes karstiques est représentée par des dolines, mardelles et de rares gouffres (fig.1.4).

Sur l'Argovo-Rauracien, proche de l'affleurement séquanien des gouffres étroits à flancs raides mais sans doline témoignent de l'ancienne extension de la "compresse humide".

- Les "Fontaines" et les pertes.

L'aquifère multi-couche du Séquanien inférieur "s'auto-alimente" par de nombreuses pertes étagées.

L'exurgence sourd dans une doline emboîtée, affectée par une perte.

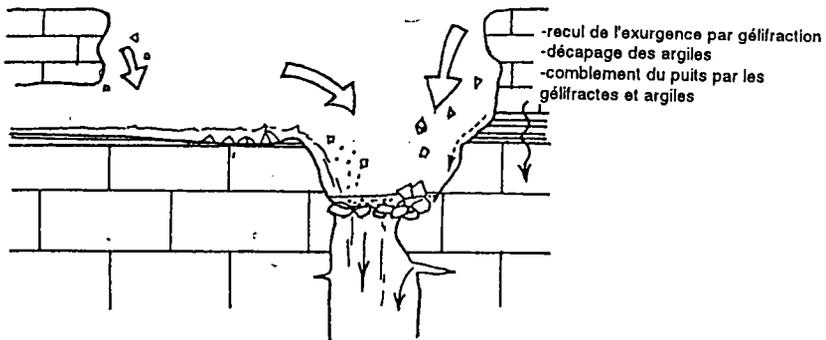
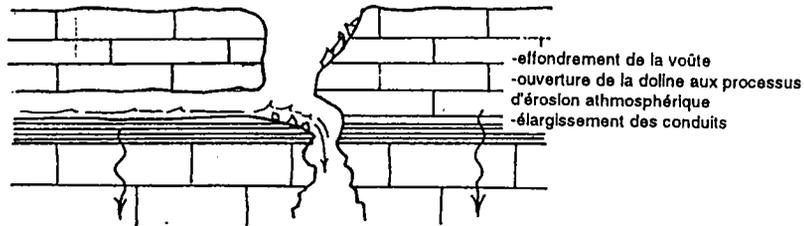
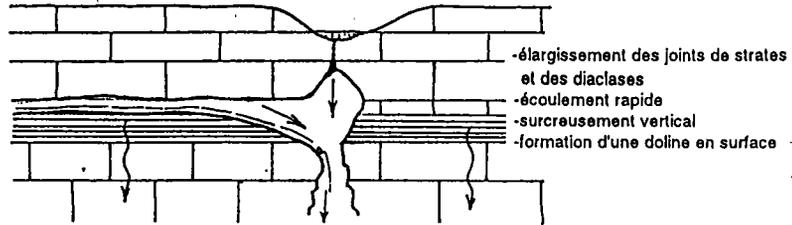
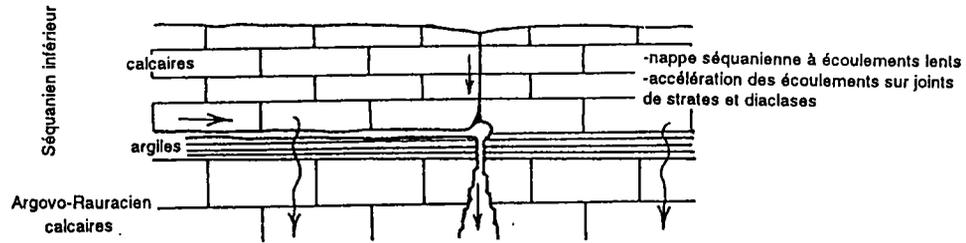
Ces formes singulières de "dolines-pertes" sont désignées sous le nom de "Fontaine", "*phénomènes particuliers dont cinq ou six exemples ont été inventoriés à ce jour*" (Jacquemin D., 1994) dans la forêt de Trampot.

La "Fontaine" la plus célèbre est localisée sous l'église de Grand.

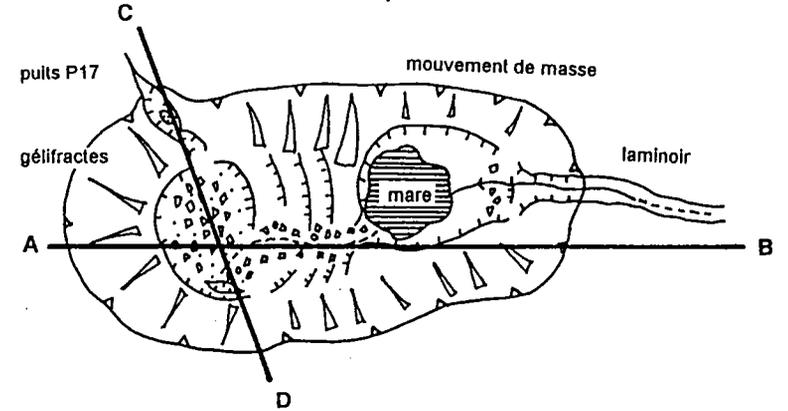
Le manque d'eau sur les calcaires du Haut-Pays fait des Fontaines des sites privilégiés pour l'emplacement des villages. La "Fontaine" de Grand vraisemblablement la plus importante a fait l'objet d'un culte dédié à Apollon dans l'antiquité.

Les Chrétiens ont partiellement remblayé la doline-perte et construit l'église paroissiale afin d'occulter ce lieu de paganisme.

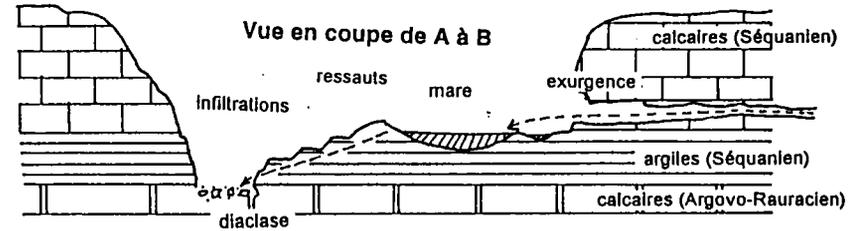
"C'est sans doute pour lui assurer un débit plus régulier que les Romains ont gréffé, sur le réseau karstique, des galeries aménagées par leurs soins, afin de disposer de réserves d'eau en période d'étiage et assurer le fonctionnement



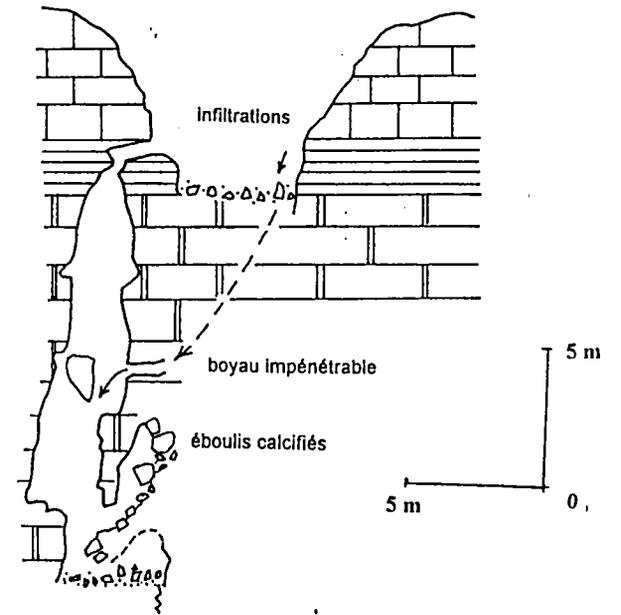
Vue en plan



Vue en coupe de A à B



Vue en coupe de C à D



de la source" (Albouy M., Bertaux J.P., Delétie P., 1995).

Ces aménagements hydrauliques témoignent de l'indigence des débits des Fontaines.

Si celle de Grand est aujourd'hui couverte, sa forme ressemble vraisemblablement à celles observées dans le bois de Trampot. Les travaux réalisés dans le cadre du Mécénat Technologique et Scientifique (MTS) d'Electricité de France ont effectivement permis de montrer que la "Fontaine" de Grand était une doline-perte emboîtée. Les eaux des réseaux karstiques naturels et aménagés sourdaient par une exsurgence proche de l'église actuelle et formaient une mare avant de se perdre dans une diaclase au fond d'une doline adjacente à la mare.

Les "Fontaines" du bois de Trampot présentent globalement la même disposition (fig.1.6). La "Grande Fontaine" située dans le bois de Trampot est incontestablement la plus importante.

Elle se présente sous la forme d'une doline-perte dont le fond est étagé. En amont une exsurgence sourd d'une galerie rampante pénétrable sur une dizaine de mètres. Elle donne naissance à un ruisseau sur un banc argileux qui se perd 5 m à l'aval dans un puits comblé développé dans les calcaires de l'Argovo-Rauracien. Un gouffre d'une profondeur de 20 m s'ouvre sur le flanc nord de la doline.

A la différence des autres karsts couverts lorrains (Gamez P., 1992, Jaillet S., 1994), les mouvements de masse (solifluxion, gélifluxion) n'affectent que très peu les formes de surface. La puissance des argiles du Séquanien est trop faible pour procurer les matériaux de comblement. Par contre les gélifractes calcaires tapissent partout le fond des Fontaines et obstruent les puits ouverts sur l'Argovo-Rauracien.

La formation des Fontaines résulte essentiellement de processus érosifs (corrosion, évorsion) assistés par la fracturation (fig.1.6).

Dans un premier temps, les écoulements dans l'aquifère séquanien sont lents, l'élargissement des fissures et des joints de stratification s'effectue par corrosion. Cet élargissement se traduit par l'accélération des écoulements privilégiant le surcreusement mécanique. Les galeries dégagées dans le Séquanien gagnent en compétence (drainage de la nappe) et nourrissent le karst d'infiltration de l'Argovo-Rauracien calé sur des diaclases. La galerie se développe vers le haut par décompression (coupoles) et gélifraction provoquant l'effondrement de la voûte après formation d'une doline en surface (suffosion).

L'ouverture de la "perte" accentue les processus érosifs mécaniques (gélifraction intense, décapage des argiles) ce qui se traduit par le recul de l'exsurgence et le comblement de l'entrée du puits dégagé dans l'Argovo-Rauracien.

A terme, le recul de l'exsurgence et le décapage des argiles provoquent un étagement et un emboîtement des formes dans la doline.

Les pertes d'eau affectent essentiellement des exsurgences mais rarement de véritables ruisseaux. Les bancs argileux trop réduits en épaisseur sont rapidement percés par suffosion empêchant toute organisation hiérarchisée du réseau hydrographique de surface. Ce n'est que lors d'épisodes

pluvieux durables et intenses (saturation des sols) que des ruisseaux intermittents se perdent.

- Les écoulements horizontaux dans le Séquanien.

Les formes de drainage horizontales ne sont malheureusement pas connues dans le Séquanien.

Seules les galeries de Grand aménagées par les Romains dans l'Antiquité sont pénétrables (multiplication des puits d'entrée).

Les galeries de Grand s'organisent en un réseau naturel central et deux réseaux capturés latéraux d'orientation nord 40° qui convergent dans la doline-perte située sous l'église (fig. 7).

Le réseau latéral sud se dirigeait vraisemblablement vers la combe "La Roche" alors que le réseau latéral nord alimentait le lavoir de la combe des "Roises". Ces deux réseaux ont été capturés et aménagés par les Romains (détournement des eaux vers la "Fontaine") afin d'augmenter les débits de l'exurgence.

Le tracé caractéristique en baïonnette des réseaux amont illustre le rôle majeur de la fracturation organisée en schéma de Daubrée (fracturation oblique nord 40° et subméridienne).

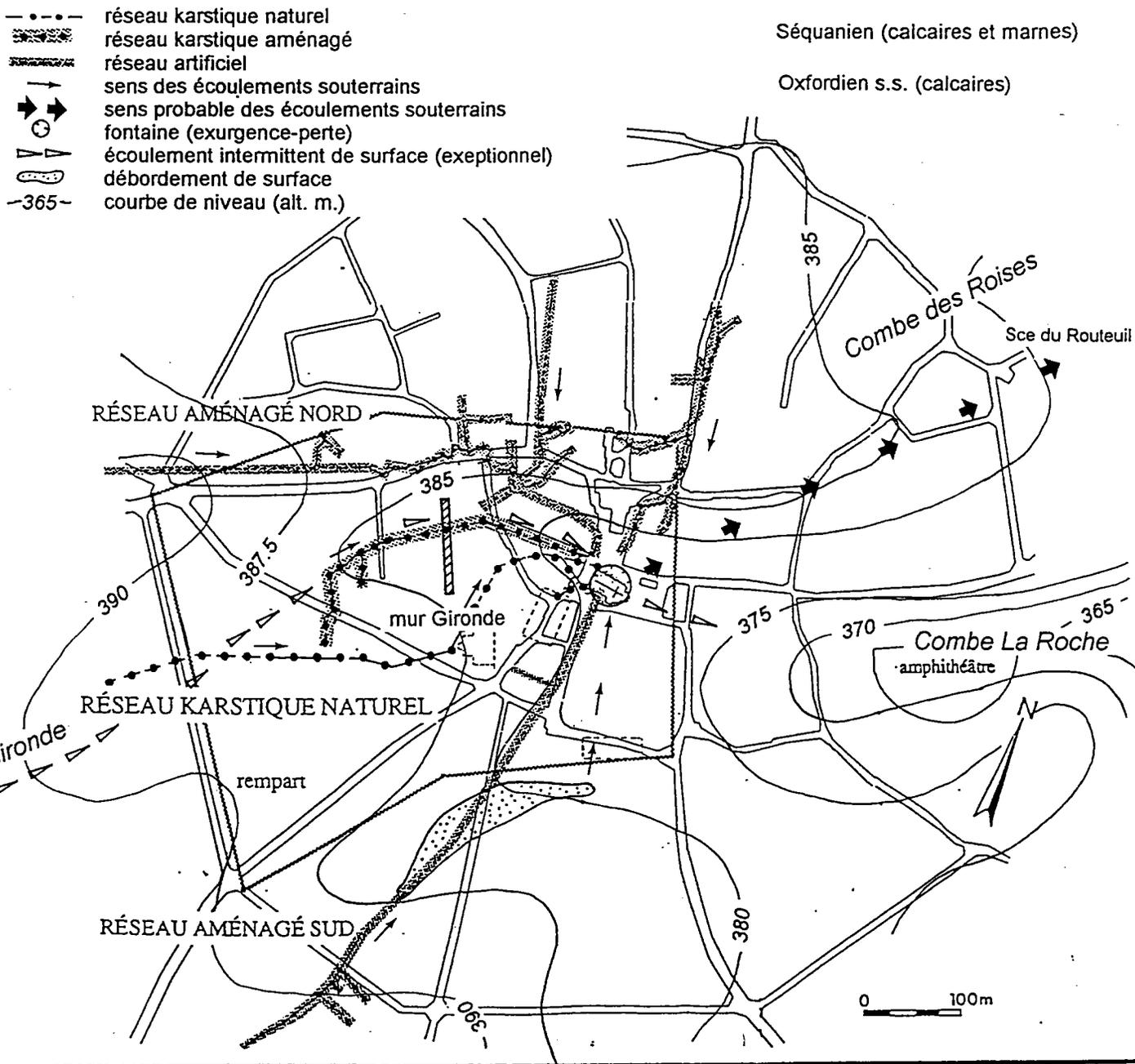
Les galeries dégagées dans les calcaires mais calées à leur base sur les bancs marneux présentent un étagement. Cependant, les travaux d'aménagement antiques ont fortement modifié la morphologie naturelle des galeries. En effet les galeries sont dallées, voûtées ou taillées dans la roche.

Le colmatage des galeries par des éléments fins (désobstruction nécessaire pour une pénétration) témoignent d'un important lessivage. A la différence du secteur de Trampot, le bassin d'alimentation de la "Fontaine" de Grand est entièrement sous l'emprise agricole. Les pratiques culturales et l'occupation des sols modifient considérablement les processus d'érosion. La forêt privilégie les écoulements de surface concentrés vers des pertes localisées alors que l'emprise agricole favorise les infiltrations diffuses nourries par le lessivage des sols. L'absence de formes karstiques de surface à Grand confirme le rôle majeur de l'occupation du sol dans les processus érosifs (Gamez P., Sary M., 1979).

Ces galeries drainant l'aquifère séquanien sont alimentées par de nombreux griffons. Le comportement hydrogéologique du réseau est essentiellement tributaire de la pluviométrie (fig.1.7). Les relevés piézométriques montrent que *"le réseau karstique se met en charge une demi-heure après le début de chaque pluie ou orage, occasionnant ainsi de brusques variations de débits"* (Albouy M., Bertaux J.P., Delétie P., 1995) et qu'il se vidange également très rapidement. Lors de fortes pluies, la saturation du réseau se traduit par la mise en charge d'exurgences de trop-plein en amont de la "Fontaine" (source temporaire de la "Gironde") qui inondent les combes en surface. Mais l'écoulement s'infiltré rapidement ce qui illustre l'étagement des formes endokarstiques. Afin de limiter et de contenir ces débordements dans le village, les Romains ont barré le thalweg d'un mur, le "mur Gironde".

Les réseaux du Séquanien présentent donc toutes les caractéristiques d'un karst perché qui concentre rapidement les écoulements vers le karst

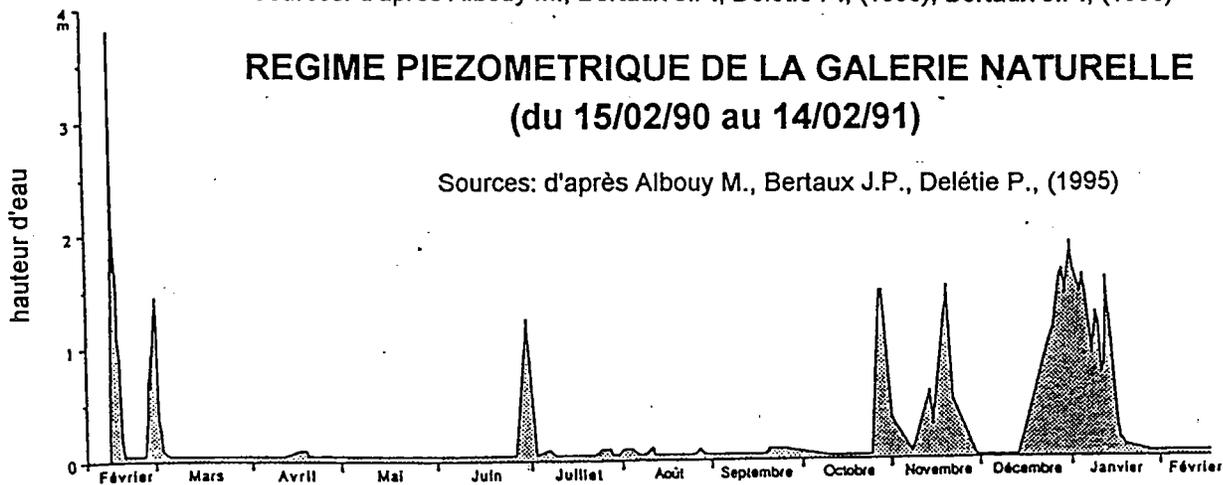
fig. 1.7 RESEAU KARSTIQUE DE GRAND



Sources: d'après Albouy M., Bertaux J.P., Delétie P., (1995), Bertaux J.P., (1990)

**REGIME PIEZOMETRIQUE DE LA GALERIE NATURELLE
(du 15/02/90 au 14/02/91)**

Sources: d'après Albouy M., Bertaux J.P., Delétie P., (1995)



d'infiltration de l'Oxfordien (Argovo-Rauracien) sous-jacent. Ils ne peuvent être assimilés à un épi-karst qui donne plutôt des écoulements lents et retardés (Mangin A., 1974).

* Le karst de l'Argovo-Rauracien.

- La zone d'infiltration.

Le karst d'infiltration alimente la zone noyée qui se vidange par d'importantes exurgences et de nombreuses émergences de débordement.

Très mal connu, car impénétrable, ce karst est majoritairement représenté par des diaclases ouvertes en surface.

Néanmoins, dans le bois de Trampot quelques gouffres importants (gouffre du Veaux, P33) mais surtout un réseau inactif, fossile perché d'une cinquantaine de mètres (réseau HADES) au dessus des principales exurgences témoignent d'un karst oxfordien de grande taille.

Le réseau HADES (fig.I.8) présente un développement connu de 1379 mètres en baïonette de direction nord 40° et nord 340° conforme aux orientations tectoniques majeures. Le réseau s'organise en une galerie principale en baïonettes avec deux "affluents" de rive gauche (les "Trémies", affluent 77) d'orientation nord 340°.

La galerie principale calée sur un joint de stratification et une diaclase de voûte a un profil transversal fortement perturbé par la décompression. L'exploration de la galerie s'effectue alternativement sous et sur d'énormes blocs de calcaires liés à la décompression des parois et de la voûte.

En faisant abstraction des blocs, le profil transversal type de la galerie principale est en "trou de serrure". La partie supérieure correspond à une conduite forcée légèrement en soucoupe (élargissement du joint de strate) dont la voûte s'effondre par décompression. Sur les banquettes, aucun dépôt fin n'apparaît à l'exception de petites dalles calcaires détachées du plafond.

Cette galerie syngénétique correspond vraisemblablement à un stade d'écoulement en régime noyé, sous pression (absence de sédimentation).

La partie inférieure de la galerie principale témoigne d'un surcreusement rapide vers le bas en régime vadose. La décompression détruit la banquette et décolle les parois. Dans la partie aval, le fond de la galerie, tapissée d'argiles et de blocs non roulés est perforé par des micro-puits (marmitage) corrélatifs à un nouveau surcreusement. Ces puits malheureusement impénétrables sont percés par des arrivées d'eau temporaires qui se perdent au fond.

Les indices de genèse du réseau HADES témoignent d'écoulements en régime noyé (nappe captive) exploitant des joints de stratification, puis d'un double surcreusement étagé en régime vadose, caractéristique d'abaissement progressif (par pallier) du niveau de base. Il est tentant d'associer la galerie HADES à la "grotte du flanc nord" située dans l'entonnoir du Cul du Cerf. En effet, la galerie principale du réseau et la grotte du flanc nord se situent approximativement à 380 mètres d'altitude et sont distants de moins de 1.9 km (fig.I.9).

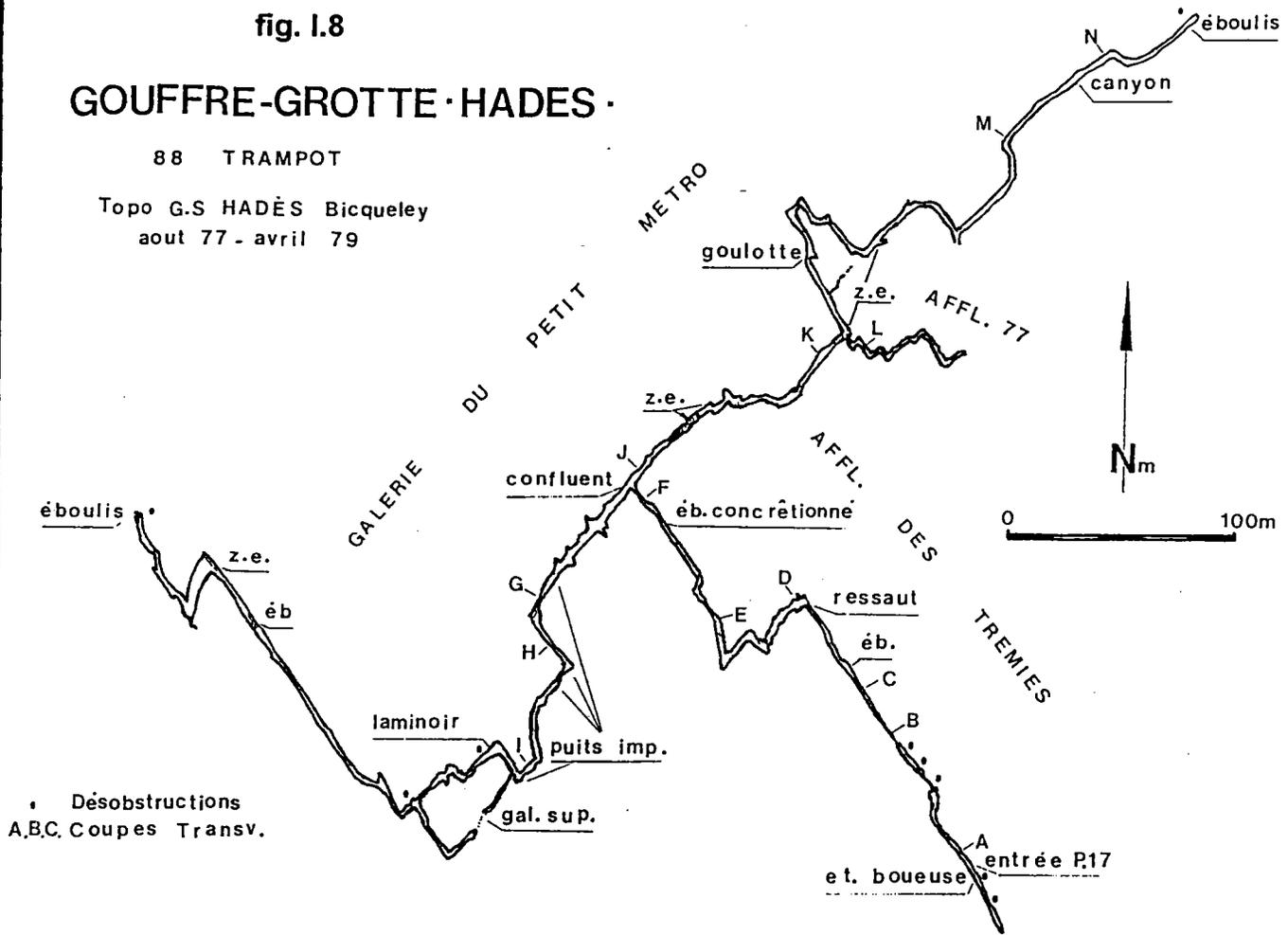
- La zone noyée dans l'Argovo-Rauracien.

fig. I.8

GOUFFRE-GROTTE · HADES ·

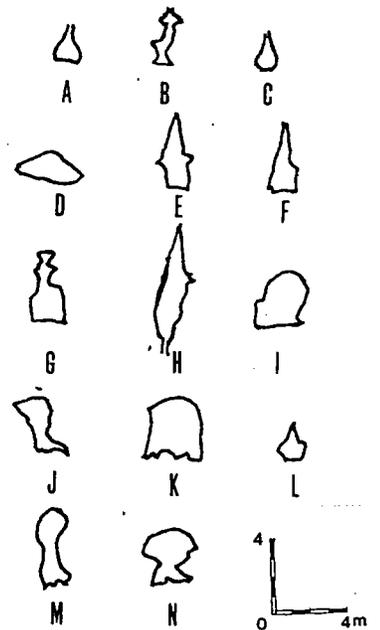
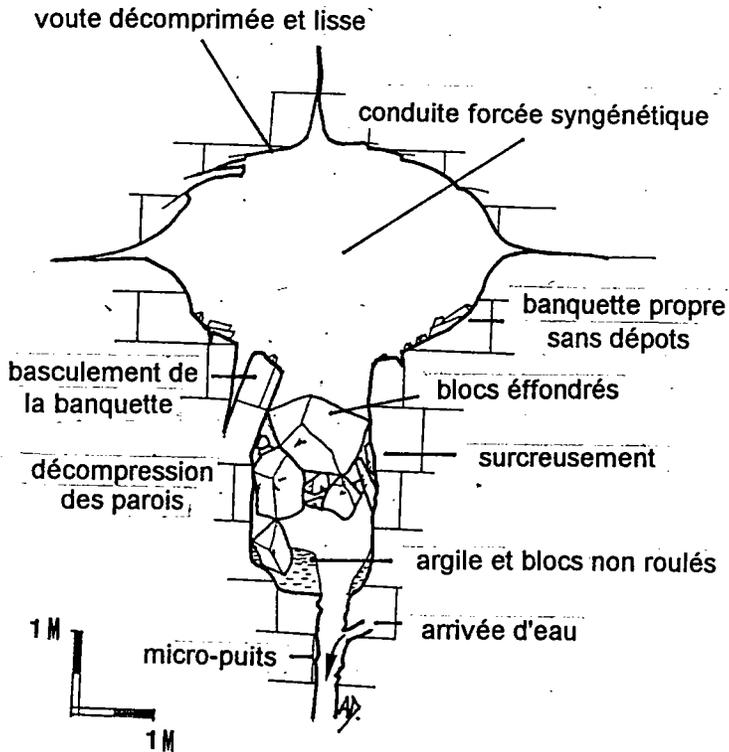
88 TRAMPOT

Topo G.S HADÈS Bicqueley
aout 77 - avril 79



• Désobstructions
A,B,C Coupes Transv.

PROFIL TYPE D'UNE GALERIE DU RESEAU HADES



La zone noyée de l'Argovo-Rauracien constitue une nappe libre en bordure du plateau (absence de couverture imperméable), semi-captive en limite d'affleurement du Séquanien et captive sous le complexe Séquanien-Kimméridgien.

La nappe libre est alimentée par les infiltrations diffuses dans les calcaires. Les traçages colorimétriques réalisés à la limite méridionale du bassin-versant topographique de l'Ornain (plus précisément à Leurville dans des diaclases), témoignent de vitesses de circulations rapides de l'ordre de 22 m/h à 43 m/h (SRAE CA, 1980, annexe I.7). Ces colorations ont mis en évidence des circulations souterraines importantes vers la vallée de la Manoise (Cul du Cerf) à contre pendage. Les affluents de rive droite du Rognon découpent le plateau et provoquent un rabattement piézométrique d'environ 40 mètres par rapport aux émergences de débordements dans la vallée de la Saônelle (alignées sur l'altitude de 400 mètres).

En rive droite du Rognon, la vidange accélérée de la nappe oxfordienne s'effectue par d'importantes exurgences karstiques dont celle du Cul du Cerf.

La vallée de la Manoise est un véritable couloir d'érosion régressif se terminant en bout du monde par le Cul du Cerf. Le bedrock calcaire affleurant dans le lit du cours d'eau témoigne d'une érosion régressive encore active dans la partie supérieure de la Manoise. A la différence des reculées jurassiennes, les flancs sont tapissés de gélifractes calcaires rapidement évacués à l'aval par le cours d'eau. Le caractère gélif des calcaires oxfordiens et les processus périglaciaires confèrent au Cul du Cerf une forme d'amphithéâtre, ou d'entonnoir. Au fond de ce cirque, la source de la Manoise sourd des eaux claires et limpides.

Ses débits bien que non mesurés, paraissent importants et variables. La Manoise supérieure draine les calcaires oxfordiens puis recoupe dans sa partie médiane le mur de l'aquifère représenté par les Argiles à Chailles. Le rabattement saisonnier de la nappe oxfordienne provoque l'assèchement du Cul du cerf en période d'étiage alors qu'en crue il débite plusieurs mètres cubes par seconde. Les émergences de nappe situées au contact du mur aquifère sont pérennes et présentent des débits réguliers. L'exurgence pénétrable s'ouvre sur un réseau karstique de grande taille exondé en basses-eaux.

Forte de ses 200 m de développement (arrêt sur une trémie), la "Manoise souterraine" est le plus grand réseau connu développé dans l'Oxfordien (s.l.) dans l'est de la France. La morphologie du réseau se caractérise par deux siphons, de nombreuses cheminées d'une quinzaine de mètres de hauteur et des coupes transversales de galerie essentiellement ovoïde (voûte). Le tracé général de la galerie (nord 40°) est une fois de plus conforme à l'orientation de la tectonique locale observée dans le Haut-Pays (fig.I.9).

Sur l'autre versant de l'interfluve Marne-Meuse, l'exurgence de la Vaise à Maxey/Vaise vidange la nappe libre oxfordienne vers la Meuse. Les colorations effectuées mettent en évidence d'importantes circulations souterraines à contre pendage avec des vitesses de transit fortes comprises entre 18 et 275 m/h (J. Le Roux, J. Salado, 1980). La source de la Vaise est vraisemblablement alimentée par les pertes des cours d'eau nés de l'aquifère perché du Séquanien (rau d'Amanty, rau du Cauroy).

N ←

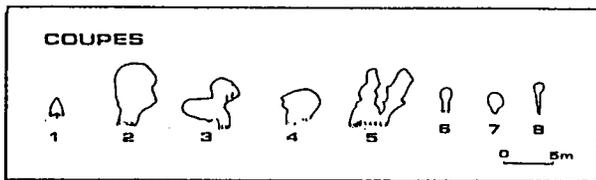
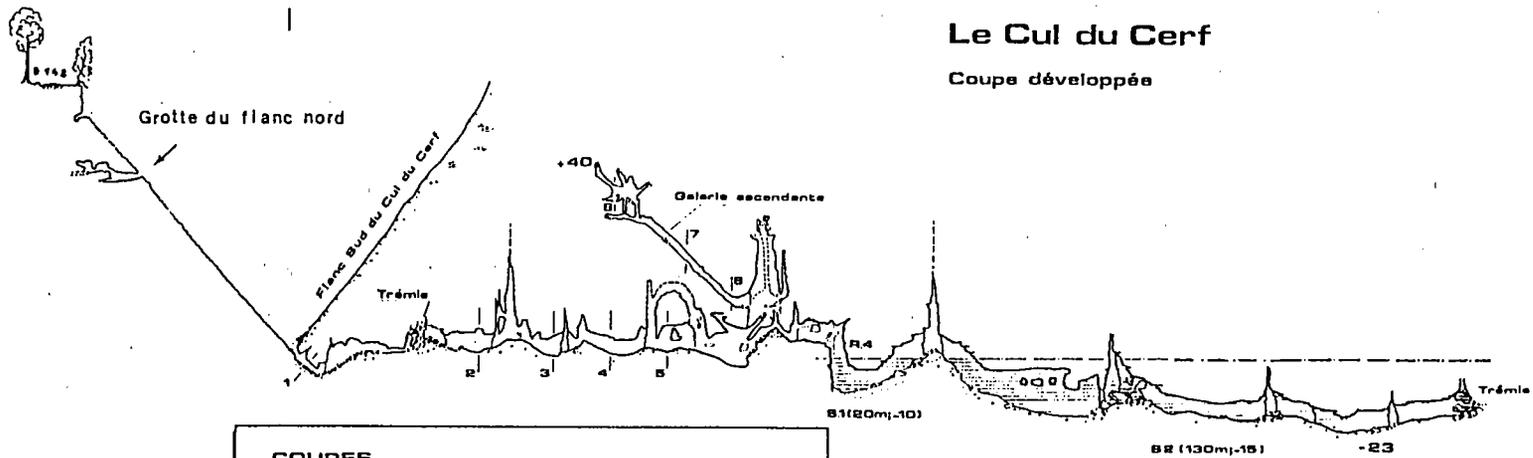
→ S SO ←

fig. I.9

→ NE

Le Cul du Cerf

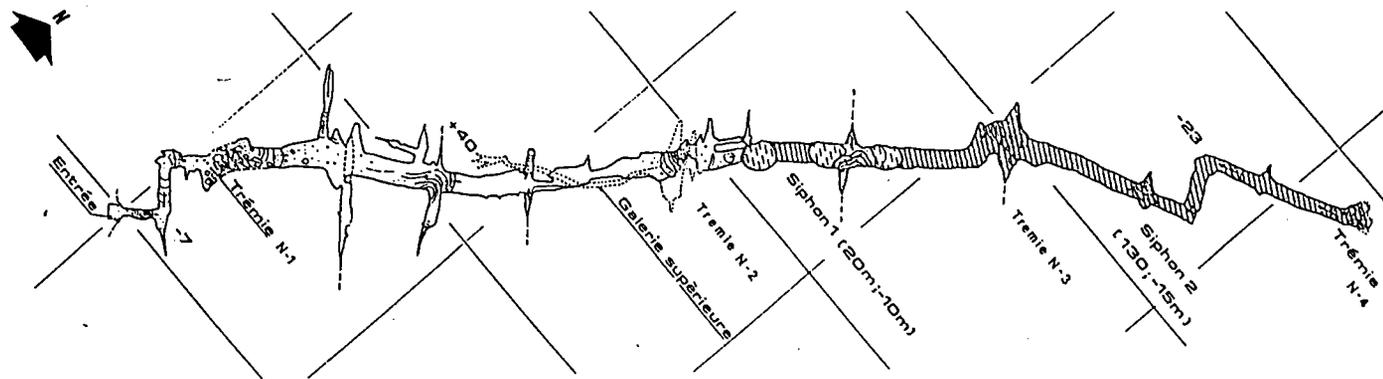
Coupe développée



0 ————— 50m

ML CLRS SCD

1988



Une partie des eaux de la nappe libre oxfordienne s'échappe donc vers la Marne via le Rognon et vers la Meuse via la Vaise et la Saônelle. Le rabattement de la nappe en périphérie du plateau accentue la divergence des écoulements aux dépens de l'Ornain.

La nappe libre s'écoule également dans le sens du pendage vers l'Ornain. Mais le rabattement de la nappe provoque l'assèchement de l'Ognon et de la Maldite, faiblement encaissés et perchés sur le plateau.

Au nord, la nappe oxfordienne devient captive sous les formations séquano-kimméridgiennes et crée un "front d'imperméabilisation" qui bloque les écoulements souterrains vers l'aval pendage. C'est pourquoi les points d'émergence de la nappe oxfordienne dans le bassin-versant de l'Ornain sont essentiellement localisés au contact du recouvrement séquanien (nappe semi-captive).

Ces émergences temporaires sont représentées par des sources artésiennes dans le lit de la Maldite (source du Routeuil), des tertres émissifs et des bouillons dans la vallée de l'Ognon. Ces types d'exutoire de nappe sont caractéristiques d'artésianisme lié aux fluctuations piézométriques de fond de vallée relativement plat (fig.1.4).

Les tertres émissifs se présentent sous la forme de petits monticules de limons de 5 à 6 m de diamètres sur 1.5 m de hauteur troués au sommet par une vasque circulaire. La granulométrie fine du terte et l'eau claire et limpide de la vasque témoignent de l'alimentation de nappe.

Les bouillons sont des petites émergences de nappe qui bouillonnent à cause de la pression piézométrique. Ils sont de petite taille (10 cm de diamètre) et affectent les fonds de vallées dénuées de chenal d'écoulement. Leur localisation est aléatoire car ils migrent dans la vallée en fonction du battement piézométrique de la nappe.

La source du Routeuil se présente sous la forme d'une vasque qui s'ouvre dans le lit de la Maldite, utilisée comme abreuvoir sauvage pour le bétail. Les circulations karstiques entre la Fontaine de Grand et la source du Routeuil (Albouy M., Bertaux J.P., Delétie P., 1995) restent hypothétiques (absence de traçage).

Les formes exokarstiques de fond de vallée dans le Haut-Pays sont davantage caractéristiques d'émergences de nappe subaffleurante de l'aquifère oxfordien. Le rabattement piézométrique est tel que ces émergences ne fonctionnent qu'épisodiquement 3 mois par an (crues, hautes-eaux).

En période de basses-eaux voire de hautes-eaux, l'Ognon et la Maldite sont à sec; le Haut-Pays correspond à une zone d'infiltration privilégiant les écoulements souterrains vers les bassins voisins (Marne, Meuse). Ceci se traduit dans l'organisation du réseau hydrographique.

c. Un réseau hydrographique indigent et mal organisé.

Le réseau hydrographique du Haut-Pays dans le bassin-versant de l'Ornain est uniquement représenté par la Maldite et l'Ognon de la confluence desquels naît l'Ornain.

Ils sont intermittents sur la totalité de leur cours. La sécheresse du plateau calcaire se traduit par une densité de drainage intermittent extrêmement faible (0.15 km/km²).

Ces deux cours d'eau n'ont pas d'affluent majeur. A l'aval, l'Ognon plus proche de l'Ornois bénéficie d'affluents de petites tailles (rau de Chassey, de l'Etang et de Naillemont) issus de l'aquifère multicouche du Kimméridgien. Cependant, ces cours d'eau se perdent rapidement dans les calcaires du Séquanien et ne confluent que rarement avec l'Ognon (hautes-eaux). Leur cours pénéséquent et rectiligne d'orientation nord 40° pour l'Ognon et subméridien pour la Maldite est adapté à la tectonique du Haut-Pays.

Le bassin amont de l'Ornain est donc représentatif du Haut-Pays. Celui-ci est représenté par un plateau de revers sec et monotone, dont les ressources en eau sont faibles. La nature calcaire du substratum privilégie les écoulements souterrains vers les bassins-versants voisins (Marne-Meuse) aux dépens du ruissellement. On peut donc considérer le Haut-Pays comme une zone d'infiltration généralisée.

II. L'ORNOIS.

L'Ornois appartient à un ensemble beaucoup plus vaste ("les Collines de la Meuse") subdivisé en plusieurs Pays. "*Les annexes situées au sud-est du Barrois proprement dit, l'Ornois et le Blois sont constitués par les affleurements marneux du Virgulien*" (Auerbach B., 1893) réactualisé en Kimméridgien (fig. I.1).

Les "Collines de la Meuse" correspondent grosso modo aux affleurements du Kimméridgien représentés par une mince bande en arc qui constitue la dépression orthoclinale de la côte des Bars. Cette bande se rétrécit au droit du saillant de la côte, entre Delouze et Ménilla-Horgne pour former le Blois. Elle s'élargit au Nord dans le "Pays aux Bois" pour s'amincir progressivement dans l'Argonne (annexe I.1).

L'Ornois correspond à l'espace de cette bande compris entre la Meuse et la Marne, drainé par la Saulx et l'Ornain et traversé longitudinalement par le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château. Il est représenté par le bassin-versant de la Saulx en amont de Pancey et de l'Ornain de Gondrecourt-Le-Château à Demanges-aux-Eaux. Mais il ne représente respectivement que 7% (38 km²) et 10% (89 km²) de la surface du bassin-versant (annexe I.1).

L'exiguïté des affleurements kimméridgiens par rapports aux grands plateaux calcaires (Barrois, Haut-Pays) pousse les auteurs à les regrouper dans des Pays plus vastes.

Joly H. (1912), confond l'Ornois au plateau corallien et astartien qui regroupe les pays calcaires à l'ouest de la vallée de la Meuse de Neufchâteau à Dun/Meuse.

L'Ornois est régulièrement englobé dans le Barrois (Vidal de la Blache 1903, 1908; Reitel F., 1982) le Bassigny, ou les Pays de Neufchâteau

(Cabourdin G., Gérard C., 1987).

Bien qu'il ne représente que 11% de la surface du bassin-versant topographique de la Saulx-Ornois, l'Ornois présente certaines particularités remarquables.

A.CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DE L'ORNOIS.

a. Topographie et paysages.

Du Haut-Pays à l'Ornois, le paysage change radicalement. A un morne plateau sec succèdent des croupes et des collines verdoyantes dominées d'une cinquantaine de mètres par les contreforts du Barrois (fig.I.10).

En sortant du Haut-Pays forestier et couvert, la vue s'élargit sur un paysage de prairies qui habillent le flanc des collines dont le sommet est chapeauté par la forêt. Les sols bruns calciques hydromorphes contrastent avec la sécheresse du Haut-Pays.

Les collines remarquablement alignées sur un axe SO-NE ou nord 40° culminent à une altitude moyenne de 400 mètres. Elles dominent les percées conséquentes de la Saulx et de l'Ornois d'environ cinquante mètres. A la monotonie du Haut-Pays s'oppose la diversité des formes. Les "Côtes" (croupes) et les "Vallées" ou les "Fonds" (vallons) rythment le paysage.

b. Contexte litho-stratigraphique.

Au pied des côtes des Bars, les marnes et calcaires du Kimméridgien donnent aux Pays de l'Ornois "*une topographie plus molle et une hydrographie mieux nourrie*" (Géographie Lorraine, 1937).

L'Ornois est effectivement représenté par les formations du Kimméridgien (dépression subséquente de la côte des Bars) mais également par quelques buttes-témoins portlandiennes piégées dans le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château (annexe I.2). Cette micro-dépression subséquente effectue la transition entre le revers de la côte séquanienne et le Barrois.

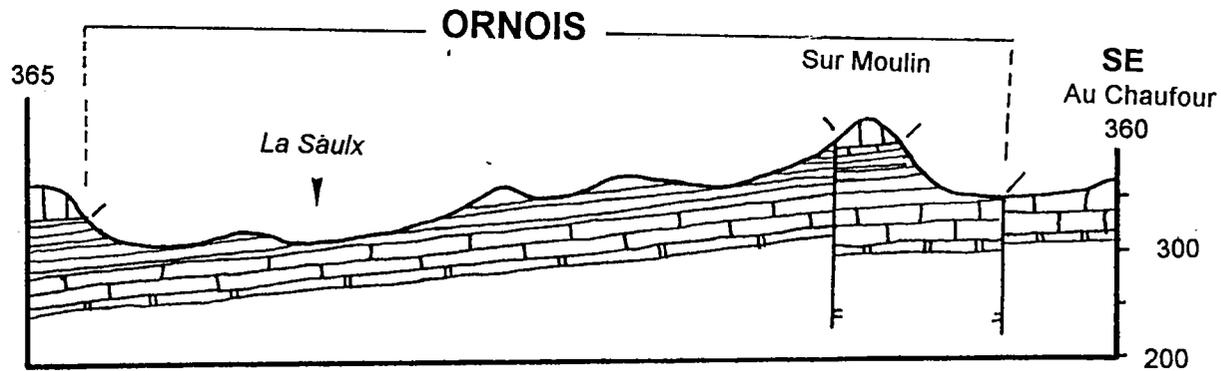
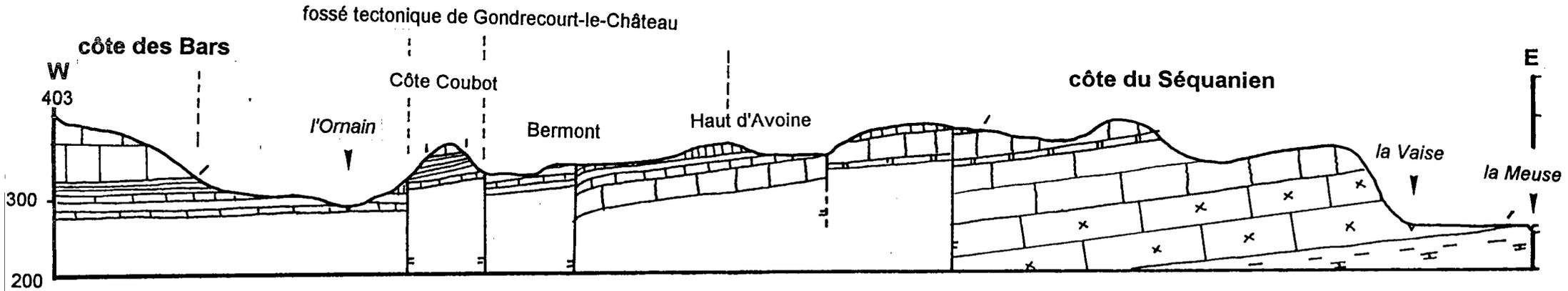
Le Kimméridgien épais d'une centaine de mètres est constitué d'alternances de niveaux calcaires et de marnes d'une douzaine de mètres de puissance.

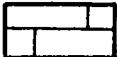
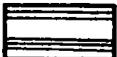
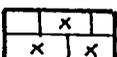
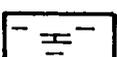
Le Kimméridgien inférieur (ancien Ptérocène) est représenté par les Calcaires Rocailleux à pâte fine, sublithographiques.

Le Kimméridgien supérieur correspond à l'ancien Virgulien (Laugier R., 1957, Durand A., 1932). Il est constitué de bas en haut par les Marnes inférieures, les Calcaires blancs inférieurs, les Marnes moyennes, et les Calcaires blancs supérieurs. La série se termine par 20 à 40 m de Marnes supérieures recouvertes par les calcaires du Barrois (Portlandien). Elles constituent la base du front des côtes des Bars.

Les niveaux marneux et plus particulièrement les Marnes supérieures

fig. I.10 COUPES GEOLOGIQUES DANS L'ORNOIS



-  J9 Portlandien: calcaires
-  J8 Kimméridgien: calcaires et marnes
-  J7 Séquanien: calcaires à base marneuse
-  J5-6 Argovo-Rauracien: calcaires
-  J4 Oxfordien: Terrain à Chailles

sont sujets aux mouvements de masse. Les niveaux bitumineux remarquables par Buvignier A. (1852) n'ont pas été vérifiés par Clermonté J. (1966). Néanmoins le fluage des couches est une constante quels que soient les auteurs.

Le nombre important de binômes de dureté détermine un paysage ondulé mais faiblement incisé. *"Cette formation plastique donne lieu à des surfaces souvent très irrégulières et ondulées qui contrastent avec la régularité des surfaces du Portlandien"* (Arouze J., Clermonté J., Demassieux L., Le Roux J., 1969). Les buttes témoins alignées dans le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château sont armées par les calcaires du Portlandien.

c. Une tectonique cassante: le fossé de Gondrecourt-le-Château.

Le fossé de Gondrecourt-le-château est limité par deux failles d'orientation nord 40° (annexe I.4). Le fossé assez étroit dans le bassin-versant de la Saulx (moins de 2 km de large) s'élargit légèrement dans la vallée de l'Ornain (3 km de large). Son prolongement oriental s'effectue par un système de failles complexe. La faille transverse de Mauvages d'orientation nord 330° ferme le fossé de Gondrecourt-le-Château. Dans la vallée de la Méholle, le fossé de Void-Vacon d'orientation nord 15° se raccorde à la faille nord du fossé de Gondrecourt-le-Château.

Les rejets sont en moyenne relativement faibles. Ils diminuent du sud-ouest (35 m) dans la vallée de la Saulx au nord-est (5 m dans la vallée de l'Ornain). Selon Clermonté J.(1966), le système de double faille de Gondrecourt-le-Château n'est pas un véritable fossé au sens tectonique. *"Il s'agit plutôt d'un rejeu successif de deux failles distinctes et parallèles, lors de la tectonique tertiaire"* (Clermonté J., 1966).

Le pendage général des couches est d'environ 2° vers le nord-ouest, mais il augmente au contact des failles où il peut atteindre 40°.

La nature plastique des bancs marneux confère un étirage des couches dans les régions charnières, qui se traduit par d'importantes variations de puissances. Ainsi *"l'ensemble constitué par les Marnes inférieures et les Calcaires inférieurs passe de trente mètres, épaisseur moyenne, à vingt mètres au NE de Ménil-La-Horgne et à trente-cinq ou quarante au SE"* (Arouze J., Clermonté J., Demassieux L., Le Roux J., 1969).

Les axes majeurs de fracturation relevés dans une carrière à Gondrecourt-le-Château (fig.I.3) présentent une double direction nord 45° et nord 335° correspondant à celles des failles du fossé tectonique (nord 40°) et du réseau hydrographique (nord 45° pour l'Ognon, nord 335° pour la Maldite).

Si le rôle morphologique du fossé tectonique est important (buttes-témoins portlandiens), le rôle hydrogéologique l'est encore plus.

B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

a. Les ressources en eau.

1. Les aquifères.

Les potentialités aquifères de l'Ornois sont plus importantes que dans le Haut-Pays. Trois aquifères majeurs alimentent un réseau hydrographique mieux organisé riche en sources (fig. I.11, annexe I.6).

La base du Kimméridgien constitué par les Calcaires rocailloux et les Marnes inférieures est pauvre en eau. Il est hydrogéologiquement rattaché au Séquanien supérieur (calcaires à Astartes supérieurs).

L'absence de véritable mur (niveaux argileux fins et discontinus) empêche la formation d'une nappe bien individualisée. Les seuls points d'eau sont représentés par des mardelles noyées désignées localement sous le noms de "Mare" (Mare Fouillot, Mare la Bonne).

Les Marnes inférieures constituent le mur aquifère de la nappe des Calcaires inférieurs qui présentent une perméabilité de fissures dominantes. Mais cette nappe reste d'intérêt local (puits, éoliennes) et se vidange par de nombreuses sources de faible débit

Les Calcaires supérieurs forment également un aquifère dont le mur est constitué par les Marnes moyennes.

Cet aquifère est drainé par de nombreux affluents de l'Ornain (rau de Richecourt, rau des Machères) et de l'Ognon (rau de Naillemont, rau de Chassey). Il alimente de nombreux étangs artificiels dans les bassins de la Saulx (étangs Bassigny, Canée, Neuf), de l'Orge (étang de Guillaumé) et de l'Ognon (étangs du Fourneau, du Petit Moulin, de Chevilloncourt).

Les buttes-témoins résiduelles piégées dans le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château, et coiffées des calcaires fissurés du Portlandien déterminent des niveaux de nappe perchée.

Le mur de l'aquifère portlandien (calcaires sublithographiques) est représenté par les Marnes supérieures.

L'aquifère portlandien donne naissance à la Saulx à Germary et aux affluents de rive gauche de l'Ognon. Il se vidange par des émergences de trop-plein et de débordement sur la côte des Bars et par déversement pour les cours d'eau conséquents.

Le caractère multicouche de l'aquifère du Kimméridgien confère à l'Ornois un nombre important de sources (annexe I.6) qui donnent naissance à des cours d'eau intermittents. Cés derniers se perdent progressivement, en période d'étiage, dans les bancs calcaires. L'alimentation des aquifères

s'effectue alors par drainance aux dépens du réseau hydrographique de surface. En hautes-eaux, la saturation des nappes captives et l'imperméabilisation des sols se traduit par un ruissellement prédominant.

Dans l'Ornois, les alluvions sont suffisamment épaisses pour constituer une nappe phréatique.

La largeur du lit alluvial passe de 50 m en amont de Gondrecourt-le-Château à 300 m. en aval immédiat du fossé. Les alluvions quasi inexistantes sur l'Ognon et la Maldite (épaisseur inférieure à un mètre) sont bien représentées dans la vallée de l'Ornain avec des épaisseurs comprises entre 3 et 5 m (Clermonté J., 1966).

Sur la Saulx, la percée conséquente dans la côte des Bars se caractérise également par un élargissement du lit majeur.

La nappe alluviale de l'Ornain et de la Saulx est alimentée par les différents aquifères traversés. Elle fournit en eau potable Gondrecourt-le-Château et les villages environnants.

2. Le rôle du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château.

A la différence de la Saulx, l'Ornain traverse perpendiculairement le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château (fig. I.11).

Celui-ci, en mettant en contact des couches de perméabilités différentes "*amène les eaux séquaniennes à être captives sous les marnes inférieures qui sont dans le fossé*" (Clermonté J., 1966).

Le fossé crée un barrage hydraulique aux écoulements souterrains provoquant la mise en charge de l'aquifère séquanien à l'amont immédiat du fossé. Cela se traduit en surface par la naissance du cours pérenne de l'Ornain dans l'étang des Moines.

Dans le fossé tectonique, la nappe captive saturée cherche à remonter à la surface à travers les marnes inférieures à la faveur de fissures. Les émergences de nappe captive sont représentées par des sources artésiennes (sources du Vaucheron) et des effluences sous-alluviales dans le lit de l'Ornain.

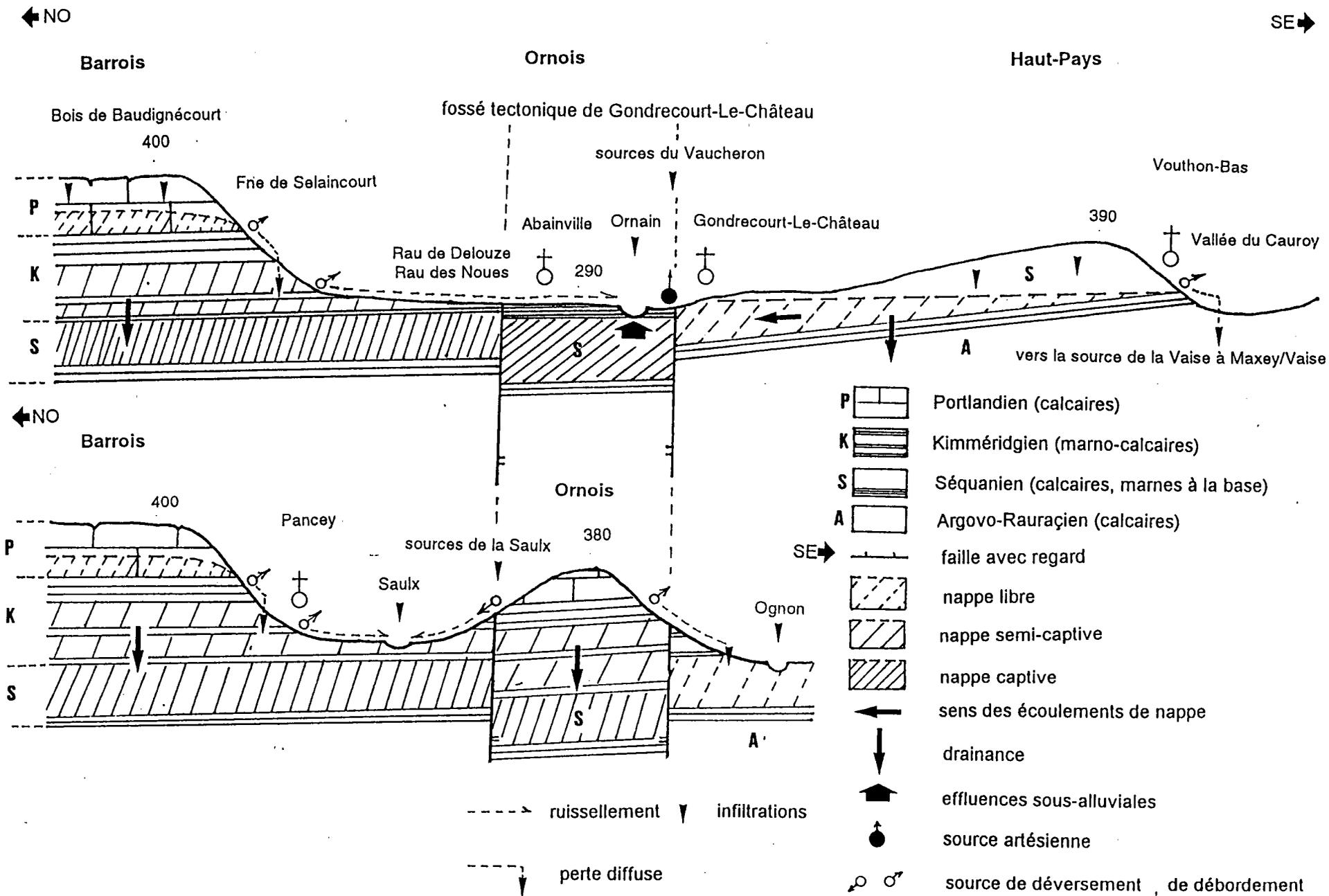
"Les failles ne constituent pas des plans de fracture parfaits" (Collignon B., 1988) mais sont associées à des fissures annexes propices aux circulations souterraines rapides.

Le fossé de Vacon, prolongement oriental du fossé de Gondrecourt-le-Château (annexe I.3), provoque également la captivité de la nappe séquanienne. Une faille transverse ferme le fossé de Vacon. A son intersection, deux sources importantes (source du Moulin, Doyezotte) tributaires du bassin-versant de la Meuse (bassin de la Méholle) sont vraisemblablement en relation avec le bassin de l'Ornain (annexes I.4, 6, 7).

"De véritables chenaux se sont développés suivant les failles bordières dont les intersections joueraient le rôle de confluence" (Clermonté J., 1966).

Le rôle du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château serait donc

fig. 1.11 SCHEMA DE CIRCULATION DE L'EAU DANS L'ORNOIS
 (bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain)



double: il draine les eaux captives du Séquanien calcaire et participe également à des "circulations d'eau souterraines vers le bassin-versant de la Meuse au détriment de celui de l'Ornain, qui superficiellement, dépend de l'ensemble hydrographique de la Marne" (Hilly J., Haguenaeur B., 1979).

Ainsi, une partie des eaux précipitées et infiltrées sur la partie septentrionale du Haut-Pays est drainée vers le bassin de la Meuse via le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château.

Les ressources en eau de l'Ornois sont plus importantes que dans le Haut-Pays. Cependant, si les sources sont nombreuses, leurs débits restent relativement faibles. Le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château par sa fracturation provoque la remontée des eaux captives au seul bénéfice de l'Ornain qui le traverse. Les ressources en eau déterminent les potentialités hydrogéologiques du réseau hydrographique.

b. Le réseau hydrographique.

L'Ornois se caractérise par un réseau hydrographique organisé et bien fourni en sources (0.65 sources/km² sur la Saulx et 0.28 sources/km² sur l'Ornain) à la différence du Haut-Pays.

L'aquifère multicouche du Kimméridgien détermine de nombreux niveaux étagés d'émergences de nappes alors que le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château concentre un nombre non négligeable de sources artésiennes.

Ces sources alimentent un réseau hydrographique à dominante pérenne (72%) relativement dense (0.30 km/km² sur l'Ornain et 0.33 km/km² sur la Saulx) qui draine les bancs marneux du Kimméridgien propices au ruissellement. Dans le bassin-versant supérieur de la Saulx et en rive gauche de l'Ognon, de nombreux étangs artificiels concentrent les eaux de zones humides en tête de vallon.

Cependant, dans la partie médiane des vallons, l'écoulement devient souvent intermittent sur les bancs calcaires.

Les buttes portlandiennes piégées dans le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château déterminent un axe de divergence du réseau hydrographique. Sur leur flanc nord, les émergences de déversement de l'aquifère portlandien donnent naissance à la Saulx, l'Orge et l'Ormançon ainsi qu'aux affluents de l'Ornain qui présentent une orientation SSE-NNO. Sur leur flanc sud, les émergences de débordement du même aquifère alimentent les affluents de rive gauche de l'Ognon (d'orientation NNO-SSE) qui se perdent à l'aval dans les niveaux calcaires du Kimméridgien et du Séquanien.

Les fonds de vallée de la Saulx et surtout de l'Ornain sont humides avec un réseau hydrographique pérenne relativement dense (bras de décharge) et de nombreux étangs.

Le contexte morpho-structural, le réseau hydrographique et les modalités de circulation de l'eau font de l'Ornois une zone propice à la concentration rapide des eaux et au ruissellement. En traversant le fossé

tectonique de Gondrecourt-le-Château, l'Ornain bénéficie d'importantes ressources en eau constituées par les infiltrations du Haut-Pays.

La Saulx et l'Ornain quittent l'Ornois par des percées cataclinales pour drainer la Barrois.

III. LE BARROIS.

Le Barrois constitue la principale unité morphologique drainée par la Saulx et l'Ornain puisqu'il représente respectivement 81% (440 km²) et 52% (460 km²) de la surface des bassins-versants.

Le Barrois correspond aux affleurements géologiques du Portlandien calcaire limité à l'est par la côte des Bars et à l'ouest par les formations argilo-sableuses du Perthois.

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit dans la convexité de l'auréole concentrique portlandienne tournée vers l'Est dont l'extension maximale se trouve à Mauvages (annexe I.1).

Au sud de ce "saillant", la côte des Bars d'orientation générale SO-NE est festonnée par les percées conséquentes de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain. Elle domine l'Ornois de 60 à 70 mètres.

De Mauvages à Ménil-la-Horgne, la côte des Bars d'orientation subméridienne est plus massive; elle domine le Blois.

Au nord de Ménil-la-Horgne, elle s'incurve vers le NNO en perdant de sa vigueur. Découpée par les affluents de rive droite de l'Ornain, la côte des Bars domine le Pays aux Bois.

Au nord de la vallée de la Chée, les affleurements portlandiens se rétrécissent progressivement, la côte des Bars s'abaisse pour disparaître au pied de l'Argonne crétacée au nord de Clermont-en-Argonne.

La côte des Bars constitue donc une limite franche aux confins orientaux du Barrois.

A l'ouest, les calcaires du Barrois s'effondrent progressivement sous les formations argilo-sableuses du Perthois crétacé. Les affleurements du Crétacé ne sont pas réguliers mais découpés en lambeaux notamment dans le synclinal de Treveray. L'irrégularité de la couverture crétacée confère au Barrois des limites occidentales mal définies. Néanmoins, les placages résiduels de Crétacé dans le synclinal de Treveray ne sont représentés que par une infime partie de la série (Valanginien). On peut donc fixer les limites occidentales du Barrois aux affleurements crétacés post-valanginiens. Cette limite correspond grosso modo à l'interfluve Saulx-Marne.

La Saulx et l'Ornain quittent respectivement le Barrois à Mognéville et à Fains-Sources.

Par contre les limites septentrionales et méridionales du Barrois restent

moins précises.

Selon Joly H. (1912), *"les calcaires du Portlandien, forment depuis la Meuse jusque dans l'Aube, une région naturelle appelée Barrois"* (Joly H., 1912).

Les toponymes en "Bar" annexent au Barrois les tronçons portlandiens des vallées de la Seine (Bar-sur-Seine), et de l'Aube (Bar-sur-Aube). A l'ouest de la vallée de la Seine, le Tonnerrois, l'Auxerrois et le Châtillonnais sont le prolongement occidental du Barrois. Mais dans ce secteur, il est très rétréci (4 à 5 km d'extension).

Au nord de la vallée de la Chée, le plateau portlandien est trop exigu (4 à 5 km d'extension) pour constituer une région naturelle individualisée. Il effectue la transition entre l'Argonne et les "Collines de la Meuse" dégagées dans les marno-calcaires séquanais et kimméridgiens.

Le Barrois sensu-stricto correspond donc à l'extension maximale du revers calcaire de la côte des Bars principalement développée dans les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain.

A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU BARROIS.

a. Topographie et paysages.

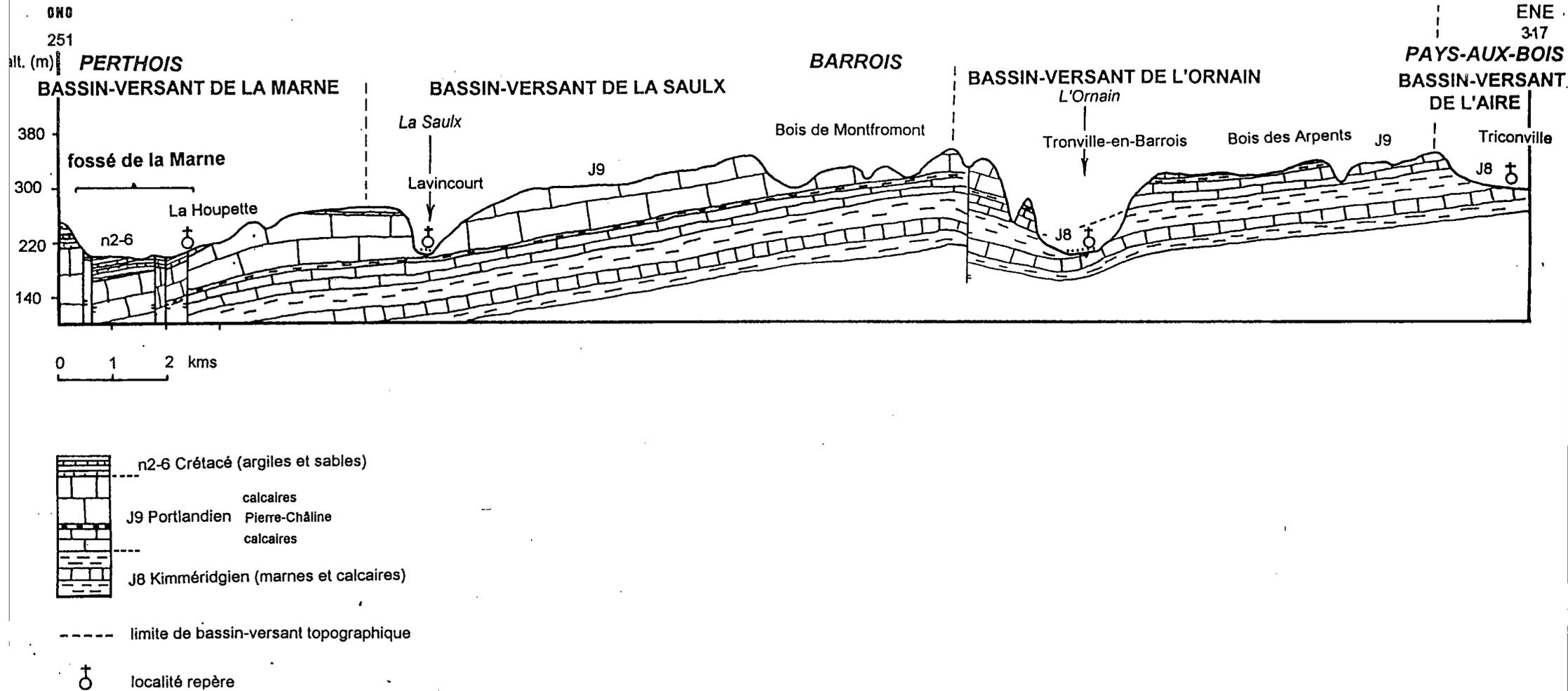
"Le sommet du plateau portlandien étant constitué par l'affleurement de calcaires sans intercalations de marnes, présente une inclinaison plus constante, sujette à moins de ressauts topographiques" (Joly H., 1912). L'homogénéité lithologique du Portlandien et le caractère perméable des calcaires font du Barrois une région monotone. *"Nulle part peut-être, le paysage lorrain n'apparaît dépouillé, virilisé par son renoncement aux vies des eaux courantes et aux enchantements de la forêt"* (Géographie Lorraine, 1937).

Le Barrois se traduit dans le paysage par un plateau sec, dépouillé et incliné vers le NO (fig.1.12). Ses altitudes sont comprises entre 420 m, en bordure du plateau et 220 m, en limite du Perthois. Le plateau est plus massif dans le bassin-versant de la Saulx, pauvre en affluents. Dans celui de l'Ornain, il est fortement découpé par les affluents de rive droite.

Le dépouillement du plateau est amplifié par les sols bruns calcaïques superficiels voire localement des rendzines dont *"la surface d'herbe rase fait parfois évoquer les Causses, avec des vallées sèches et des trous de dissolution"* (Cabourdin G., Gérard C., 1987).

Les nombreux vallons secs désignés par les "Vallées" ou les "Ravins" ondule la surface du plateau et ont donné à la partie méridionale du Barrois, le nom évocateur de "Pays des Vaux". Autrefois terre de prédilection de la vigne et du mouton, ces vallons sont aujourd'hui abandonnés à la friche. La forêt relativement clairsemée, occupe la surface du plateau (33%) avec la céréaliculture.

fig. I.12 COUPE GEOLOGIQUE DANS LE BARROIS



A la surface des plateaux monotones s'opposent les vallées encaissées et riantes de la Saulx et de l'Ornain.

La vallée de la Saulx est la plus étroite avec une largeur moyenne de 250 m. En amont de Stainville, ses versants fuyants se raccordent au fond de vallée étroit (inférieur à 100 m) encaissé d'une cinquantaine de mètres. A l'inverse, en aval, les versants sont raides voire "*coiffés au sommet d'une corniche verticale de roche nue*" (Beaudoin J.P., 1989) comme à Rupt-aux-Nonains et Haironville. Cependant, certaines de ces corniches correspondent à d'anciennes carrières de pierre de taille (Rupt-aux-Nonains).

Le talweg s'aplanit et s'élargit brutalement pour divaguer dans une vallée sinueuse en baïonnette entre Stainville et Saudrupt. En aval, la vallée décrit de nombreux méandres et voit son commandement progressivement diminuer jusqu'aux portes du Perthois; celui-ci passe de 70 m à Saudrupt à 40 m à Mognéville. Le tronçon aval est incontestablement la partie la plus riante de la vallée. Le paysage bucolique et verdoyant contraste avec le dépouillement du plateau.

"La rivière sillonne d'un ruban tortueux le plateau du Barrois, cache les prairies et les labours de sa vallée dans un écrin boisé, tresse au fil de l'eau un collier de villages où abbayes, arches de pont, châteaux et maisons rurales, mais aussi usines et ateliers, égrènent les legs d'un riche patrimoine" (Amat J.P., 1991). La richesse du patrimoine castral sur le cours d'eau a donné à la vallée le nom insolite de "petit Val-de-Loire de Lorraine" (F. Reitel, 1980, M.T. Bastien, 1988).

La vallée de la Saulx apparaît comme un oasis de verdure, aux méandres pittoresques dans un monde calcaire et monotone. Ses charmes sont chantées par des écrivains célèbres dont Louis Madelin, André Theuriet, Edmond Huot et Jules de Goncourt. Ses richesses reposent essentiellement sur la présence de l'eau, absente du plateau et abondante dans la vallée. Les toponymes locaux font souvent référence à une végétation de zone humide (Saulx de "salix", saule) et à l'eau (hydronymes) tels les "Rupt" (ruisseau) comme Rupt-aux-Nonains et les "Lisle" (île) comme Lisle-en-Rigault.

La vallée de l'Ornain présente également un cours d'orientation SE-NO. Le tronçon amont entre Houdelaincourt et Naix-aux-Forges, se caractérise par de nombreux méandres dans les calcaires portlandiens. La vallée y est resserrée (moins d'un kilomètre de largeur) et encaissée d'une centaine de mètres.

Par contre à l'aval de Ménaucourt (même parallèle que Stainville), la vallée de l'Ornain présente un cours rectiligne et s'élargit sur les marnes du Kimméridgien (largeur moyenne de 2 km). Le talweg plat et large est dominé par des versants dissymétriques. Le versant de rive gauche est abrupt et raide. Il constitue la côte des Bars occidentale dédoublée par le cours conséquent de l'Ornain. Le versant opposé est fuyant mais fortement découpé par les nombreux affluents de rive droite de l'Ornain. Aux portes du Perthois la vallée se rétrécit dans les calcaires portlandiens entre Bar-le-Duc et Fains-les-Sources; son commandement diminue progressivement (70 m en moyenne). A l'aval de Fains-les-Sources, la vallée s'élargit, s'évase, la vue se perd sur une plaine alluviale: c'est le Perthois.

La vallée de l'Ornain, plus large et plus ouverte que la Saulx est plus

urbanisée et industrialisée. C'est un couloir ouvert sur les pays champenois. Ses caractéristiques font du rétrécissement aval de la vallée de l'Ornain un site privilégié de défense à l'entrée du Barrois. Bar-le-Duc devenue le "portier de la Lorraine" (Cabourdin G., Gérard C., 1987) contrôle ce couloir grâce à son château ducal sur un promontoire.

Le paysage de la vallée de l'Ornain contraste avec celui de la Saulx. La vallée utilisée par les axes de communication (chemin de fer, canal de la Marne-au-Rhin, route RN135) est urbanisée (Bar-le-Duc, Ligny-en-Barrois) et industrialisée (lunetterie, textiles, montage de cars, industrie du bois). Au paysage bucolique et rural de la Saulx s'oppose le couloir industriel et de communication de l'Ornain.

b. Contexte litho-stratigraphique.

Le Barrois correspond au revers de la côte des Bars, armé par les calcaires du Portlandien. Ces calcaires s'ensuivent progressivement sous le Crétacé discordant du Perthois.

1. Le Portlandien.

*** Généralités.**

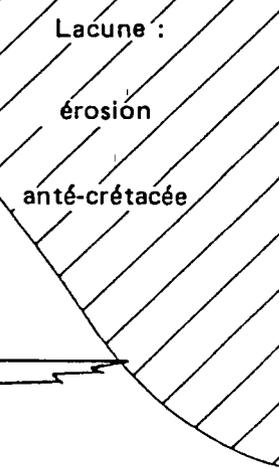
La définition de l'étage Portlandien a longtemps fait l'objet de querelles. Deux concepts s'opposent: la nomenclature anglaise basée sur les strato-types est plus restrictive. Elle ne regroupe que la partie supérieure du Portlandien français. Celui-ci, depuis les colloques du Luxembourg en 1962 et 1967 est basé sur des concepts bio-lithostratigraphiques et regroupe la partie supérieure du Kimméridgien anglais. Nous utiliserons la nomenclature française adoptée en 1971 par le Groupe Français d'Etude du Jurassique.

Le Portlandien termine les grandes périodes de sédimentation calcaire marine du Jurassique caractéristique d'un mouvement de subsidence lent et régulier du Bassin-Parisien. Il caractérise la migration du pôle de subsidence vers l'ouest. Le Portlandien supérieur témoigne déjà de milieux peu profonds (estuaire, lagune) à sédimentation plus terrigène (faciès "Purbéckien").

Il est marqué à son sommet par une surface d'érosion polygénique infra-crétacée recouverte par les formations du Crétacé discordant. Cette émergence de plus de 6 millions d'années s'effectue sous climat tropical propice à l'érosion chimique. "*Là les calcaires Portlandiens sont arasés par une surface d'une platitude remarquable*" (Tricart J., 1952). L'ablation des calcaires nivelle les reliefs aux bords du golfe infra-crétacé relevé au nord, sur les bords de l'Ardenne. L'érosion "périphérique" nourrit la sédimentation plus en aval et fossilise déjà la surface polygénique affaissée. La karstification des calcaires commence donc à l'infra-Crétacé. "*Ce karst fut ensuite fossilisé par des dépôts wealdiens (argiles, sables, nodules de fer...) avant la grande transgression marine du Crétacé moyen et supérieur qui débuta avec les sables verts*

fig. I.13 SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DES CALCAIRES DU BARROIS

Etage	Région du fossé de la Marne P. de Bretizel (1962)	Région de Bar-le-Duc L Demassieux (1966-1971)	Région de Clermont-en-Argonne
	Portlandien	supérieur	Calcaires gris-verdâtres supérieurs
Oolithe vacuolaire		Oolithe vacuolaire (ou portlandienne ou Pierre de Savonnières, etc...)	
Calcaires gris verdâtre inférieurs			
inférieur		Calcaires tubuleux	
Calcaires tachetés		Calcaires cariés	
Calcaires cariés		Ool. d'Arrentières	Oolithe de Bure
de Dommartin		Calcaires argileux à débris	
Calcarénites boueuses		Marnes à <i>Hemicidaris purbeckiensis</i>	Pierre chaline
Barre lithographique		Calcaires lithographiques	



Sources: Debrand-Passard S., Demassieux L., Rioult M., 1980.

glaucosieux de l'Albien" (Battiau-Queney Y., 1993).

La surface d'érosion infra-crétacée tronque le Portlandien au nord du Barrois. Elle induit des variations d'épaisseur importantes du sud au nord. En effet, la puissance des calcaires portlandiens est de 150 m au sud (bassins de la Saulx et de l'Ornain) alors que dans la vallée de la Chée elle ne dépasse pas 50 mètres (absence du Portlandien supérieur) pour s'annuler à Montfaucon d'Argonne. Ce tronquage permet la karstification totale de l'étage portlandien du sud au nord.

* Les calcaires du Portlandien.

Le Portlandien inférieur constitue la majeure partie des calcaires du Barrois "méridional" (annexe I.2).

Il commence par les Calcaires lithographiques épais d'une trentaine de mètres. Ils sont constitués de calcaires durs à grains fins, lithographiques (utilisés par Jacques Callot en 1630) et lumachelliques. Leur base comprend de minces lits de marnes intercalés. Ils reposent sur les Marnes Supérieures du Kimméridgien et sont recouverts par la Pierre Châline.

La Pierre Châline est "*représentée par une alternance de bancs calcaires ne dépassant pas quelques décimètres et de niveaux marneux*" (BRGM, DDA, 1971). Puissante d'une quinzaine de mètres, la Pierre Châline constitue le principal horizon semi-perméable du Portlandien. Elle se reconnaît par ses bancs lumachelliques.

Les calcaires de Dommartin d'une trentaine de mètres en moyenne, correspondent pour partie aux calcaires à débris de Demassieux L. (1969). Ils sont désignés ainsi par De Bretzel depuis le colloque du Jurassique de 1962 et ont été définis à Dommartin-le-Saint-Père en Haute-Marne. Ils sont essentiellement constitués de calcaires lithographiques à micro-débris de fossiles dont les tâches arrondies les diffèrent difficilement des Calcaires Tâchetés.

L'Oolithe de Bure ou Oolithe d'Arrentières délimite la partie supérieure des Calcaires de Dommartin. Très massif et puissant de deux mètres seulement, cet horizon calcaire fut l'objet d'une exploitation intensive au XIX^{ème} siècle (pierre de taille). L'homogénéité et la dureté de l'Oolithe de Bure (ciment calcaire) font de ce banc calcaire un niveau repère souvent utilisé.

Les Calcaires Cariés surmontent l'Oolithe de Bure. Ils sont représentés par des calcaires lithographiques perforés de tubes creux anastomosés "*fréquemment tapissés de limons rouges, ou d'un encroûtement de calcite déposée par les eaux circulantes*" (Demassieux L., 1969). La cavitation observée résulte de "*l'action abrasive d'un milieu agité*" (Demassieux L., 1969), d'une redistribution de la calcite et du magnésium remaniée par l'activité d'organismes fousseurs.

Les Calcaires Tâchetés sont des calcaires argileux, lithographiques

marqués par des tâches bleuâtres et rougeâtres (oxydes de fer).

Les Calcaires tubuleux, sus-jacents sont représentés par un calcaire lithographique à pâte fine contenant des tubulures remplies d'oolithes et de débris. Leur puissance ne dépasse pas 2 mètres. Ils terminent le Portlandien inférieur.

Le Portlandien supérieur est peu représenté dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (lacune de sédimentation et érosion infra-crétacée). Il a été divisé en trois unités par Cornuel en 1841.

La Dolomie inférieure ou Dolomie verdâtre constitue la base de la formation avec une vingtaine de mètres de dolomies friables à l'eau. Mais l'épaisseur des bancs est extrêmement variable. A Ancerville, au gouffre de Vannerchel, le Portlandien supérieur est complètement érodé.

L'Oolithe vacuolaire ou Oolithe de Savonnières s'intercale entre les deux niveaux dolomitiques du portlandien supérieur. C'est un calcaire à oolithes vidées par dissolution exploité dans les carrières souterraines à Savonnières-en-Perthois (pierre de taille). Son épaisseur est réduite à deux mètres par la surface d'érosion infra-crétacée.

Elle est surmontée par la Dolomie supérieure ou Dolomie verdâtre supérieure constituée de calcaires dolomitiques gréseux. Mais l'érosion infra-crétacée l'a totalement supprimée sur l'interfluve Saulx-Marne (forêt de Trois-Fontaines).

Cette litho-stratigraphie type rassemble la totalité des calcaires portlandiens. En réalité, ils sont rarement superposés de cette manière (fig.I.13). Des passages latéraux de faciès entre les Calcaires Cariés (bassin de l'Ornain) et les Calcaires Tâchetés (bassin de la Saulx) caractérisent l'interfluve Saulx-Ornain (Demassieux L., 1969). La totalité de la série s'observe uniquement près du fossé tectonique de la Marne. La Pierre Châline puissante d'une quinzaine de mètres dans la vallée de la Saulx s'amincit au nord de la Chée (5 m).

En limite du Barrois et du Perthois, des lambeaux de Crétacé recouvrent les calcaires portlandiens.

2. La couverture crétacée en bordure du Barrois.

L'émersion infra-crétacée des calcaires portlandiens, sous climat chaud et humide pendant plus de 6 millions d'années est corrélative à une surface d'érosion, qui s'effectue sur une table jurassique basculée vers le sud et appuyée sur l'Ardenne. Elle taraude les couches relevées au nord provoquant l'amincissement progressif du Portlandien du sud au nord. Cependant, la surface taraudée et aplanie a fortement été perturbée par la karstification des

calcaires.

Les dépôts corrélatifs à la surface d'érosion désignés sous le nom de "faciès Wealdien" "*fossilisent tout un relief avec des vallées et des formes karstiques, peut-être développées*" (Tricart J.L., 1952). Les recherches minières de Buvignier A. à Biencourt/Orge et Ribeaucourt témoignent de "*fentes du calcaires qui ont quelquefois de 10 à 20 m et même 25 m de profondeur sur une largeur qui varie de 5 à 10 ou 15 m*" (Buvignier A., 1852). L'observation de karst portlandien sous couverture, sans affecter les formations discordantes du Crétacé dans les carrières souterraines de Savonnières-en-Perthois, témoignerait également d'une karstification anté-crétacée.

Les dépôts corrélatifs sont représentés par une argile noire (paléosol ?) recouverte du Fer géodique piégé dans les formes karstiques de surface. Corroy G. (1925) l'assimile au Valanginien mais distingue le faciès lagunaire contenant marnes et minerai de fer du faciès continental essentiellement sableux. La proximité du niveau de base (rivage) lors de l'émersion expliquerait les formations de sables dunaires valanginiens.

La transgression crétacée se traduit par une discordance nette sur le Portlandien, Kimméridgien, et Oxfordien au nord (feuilles de Clermont-en-Argonne, Renwez). Elle s'effectue en plusieurs stades: dans les zones en creux (synclinaux), la progression de la mer étant plus rapide, la fossilisation des formations continentales dans le karst anté-crétacé peut s'effectuer alors qu'ailleurs (zones élevées) l'érosion prédomine.

Le Crétacé présente une lacune au Berriasien. Il commence avec le Valanginien.

Le Valanginien recouvre en discordance et fossilise le paléo-relief karstique des calcaires portlandiens. Le faciès lagunaire ou saumâtre caractérise les zones en creux (synclinal de Treveray). Il est constitué de plaquettes, rognons et nodules de fer ("fer géodique") contenus dans une matrice marneuse (Marne Noire de Cornuel). Il remplit les dolines, puits et lapiez à la surface des calcaires. "*Là, dans une minière où le fer géodique néocomien n'a pas moins de 8 à 10 m d'épaisseur, on voit les dernières assises portlandiennes ravinées et comme rongées jusqu'au dessous de l'oolithe vacuolaire qui n'existe plus que par lambeaux ou sous forme de dents isolées; et c'est au milieu de ces anfractuosités, quelquefois très profondes que gît le fer néocomien*" (Tombek).

Les analyses effectuées par Sauvage (1841) montrent que la teneur en fer dépassait 40% (46% à Morley, 49% à Biencourt/Orge) et que 52% du minerai était composé de peroxyde de fer. Le fer géodique est donc un minerai de fer fort appelé également "mine de gazon" observé également sur le revers calcaire de la côte de Moselle (région d'Aumetz, de Longwy, forêt de Haye). Ce type de minerai fut intensivement exploité du XVI^{ème} siècle à la première moitié du XIX^{ème} siècle.

Le faciès continental du Valanginien est représenté par des sables dunaires, blancs parfois ferrugineux avec des intercalations marneuses. Il est essentiellement observé dans le nord du bassin de la Saulx et de l'Ornain (Véel-Combles) sur l'anticlinal de Bar. Son épaisseur est variable, de 12 m en Haute-Marne à 1 m dans la forêt de Trois-Fontaines voire nulle. Au Nord de Robert-Espagne, il disparaît; le Portlandien est directement recouvert par

l'Hauterivien (Stchépinsky V., 1962). Le Valanginien est le seul étage crétacé véritablement présent (surtout dans le synclinal de Treveray) dans le bassin-versant topographique de la Saulx-Ornain. Les autres étages ne sont localisés que sur l'interfluve Saulx-Marne et dans le fossé tectonique de la Marne.

L'Hauterivien a la particularité de présenter l'unique horizon calcaire du Crétacé inférieur. Il est constitué de calcaires jaunes plus ou moins gréseux d'une puissance moyenne de 10 m.

Le Barrémien est transgressif sur l'Hauterivien. Il recouvre même le Portlandien au nord de l'Ornain (bassin de la Chée). Essentiellement argileux à la base (argiles à huîtres), il est marno-sableux et ferrugineux (minerai de fer oolithique d'un mètre de puissance) au sommet. Intensément exploitées en Haute-Marne, les assises à grains de fer oolithiques sont moins riches en Meuse. On l'a exploité uniquement à Nancy (bassin de la Cousances) et à Sermaize-les-Bains au XIX^{ème} siècle. Mais l'épaisseur de la formation reste faible avec une dizaine de mètres de puissance.

L'Aptien est représenté par des sables sur des argiles grises à oolites ferrugineuses remaniées à la base. Sa puissance ne dépasse pas 15 m.

L'Albien sableux à la base est franchement argileux au sommet avec les "Argiles du Gault" (argiles à tuiles). A la différence des autres couches du Crétacé inférieur, l'Albien n'est pas présent au contact du Barrois. Il est représentatif des formations du Perthois.

L'émersion post-crétacée, et la surface d'érosion oligo-miocène ont démantelé et remanié non seulement la couverture crétacée mais aussi les formes et formations karstiques anté-crétacées.

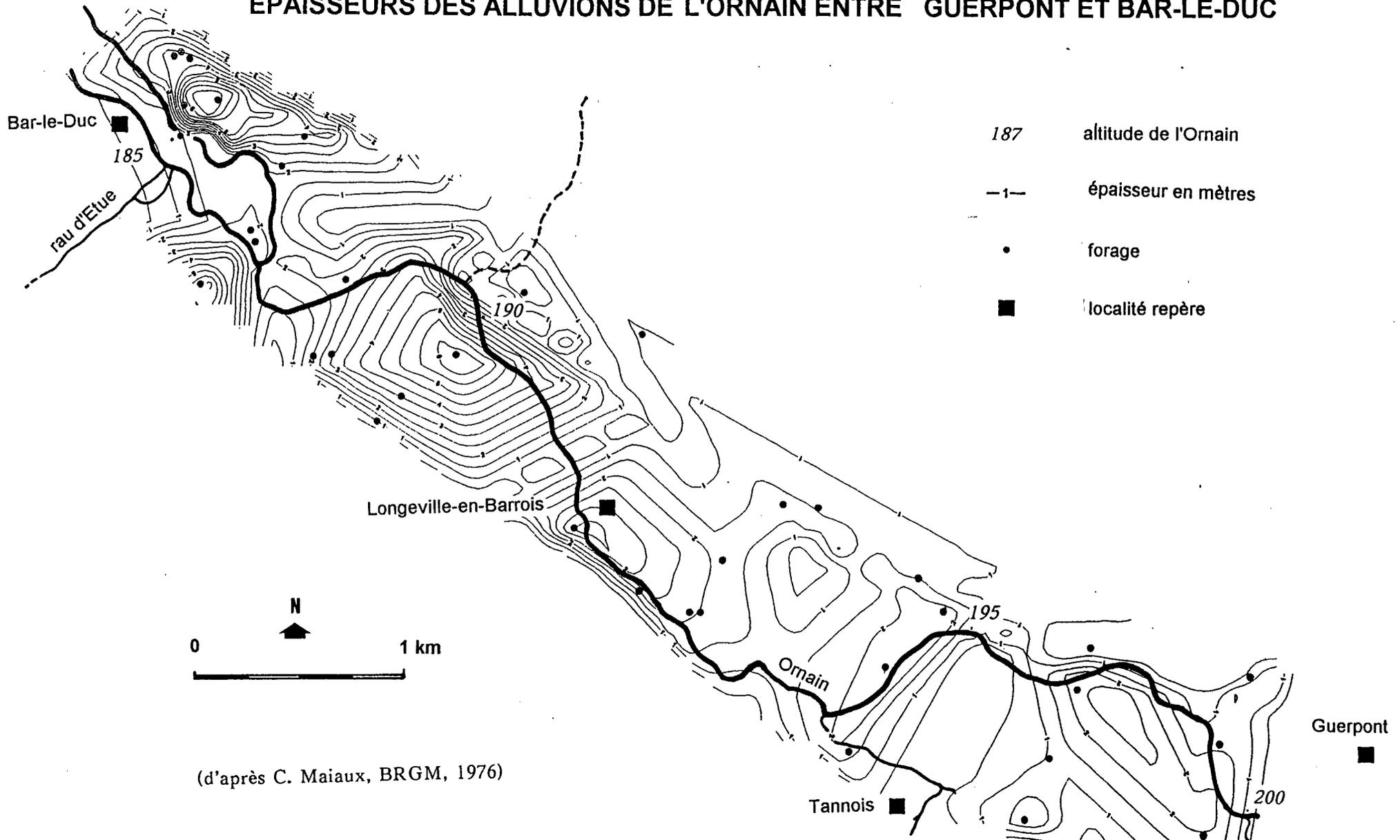
3. Les alluvions.

Dans la traversée du Barrois, la Saulx et l'Ornain drainent un fond de vallée tapissé par des alluvions calcaires dont l'extension et l'épaisseur varient en fonction des contraintes structurales.

Sur la Saulx, la largeur du remblaiement de fond de vallée, varie entre 100 et 200 m seulement dans le synclinal de Treveray. Les alluvions ne s'étalent que sur 100 m au niveau de Ménil/Saulx. A la sortie du synclinal, entre Ménil/Saulx et Lavincourt (remontée de la Pierre Châline) la largeur de la plaine alluviale augmente pour se stabiliser entre 300 et 400 m sur l'anticlinal de Bar-le-Duc. Les sondages effectués (DDA Meuse, 1989) témoignent de variations d'épaisseur longitudinales et latérales importantes (de 1 à 11 m) sur de faibles distances et plus particulièrement sur le tronçon aval. La présence de fosses dans le lit de la Saulx (annexes I.9, 10, 11) à l'aval de Rupt-aux-Nonains, profondes de 5 à 6 m témoigne de recoupements d'axes de surcreusement caractéristiques d'un paléo-chenal d'écoulement fossilisé par les alluvions.

fig. I.14

EPAISSEURS DES ALLUVIONS DE L'ORNAIN ENTRE GUERPONT ET BAR-LE-DUC



Sur l'Ornain, les alluvions s'étalent dans un cône alluvial de près de 600 m d'extension au niveau de la percée cataclinale de l'Ornois. Dans la traversée des calcaires portlandiens (synclinal de Treveray), la largeur du remblaiement diminue et se stabilise à 200 m. seulement alors que l'épaisseur ne dépasse pas 2 m. A la sortie des calcaires, en aval de Naix-aux-Forges (anticlinal de Bar-le-Duc), la plaine alluviale s'élargit entre 800 m et 1000 m dans une vallée évasée qui entaille les marno-calcaires kimméridgiens. L'épaisseur du remblaiement varie longitudinalement et latéralement entre 2 et 6 m. La topographie du bed rock entre Guerpont et Bar-le-Duc (fig. I.14) présente des axes et des points de surcreusement caractéristiques de niveaux de bases anciens (paléo-chenal).

A l'aval de Bar-le-Duc, dans la traversée des calcaires portlandiens (flanc nord de l'anticlinal), la largeur du remblaiement diminue (600 m) avant de croître brutalement dans la plaine alluviale du Perthois.

Le Crétacé lithologiquement hétérogène, donne des reliefs mous à sols lourds, imperméables caractéristiques du Perthois alors que le Portlandien calcaire constitue le plateau sec et perméable du Barrois. Ces différences font du contact Crétacé-Portlandien un secteur privilégié de karstification. Ce contact fondamental est fortement tributaire de la tectonique souple et cassante.

c. La tectonique du Barrois.

Le Barrois sensus-stricto se situe dans la convexité de l'auréole portlandienne de l'est du Bassin Parisien. Les couches calcaires sont donc conformément inclinées vers l'ouest avec un pendage de 1% à 2%.

Cette structure générale est en fait perturbée par des ondulations et des fracturations de natures différentes.

"Le Portlandien (...) est un ensemble compétent, ce qui se traduit (...) soit par une tendance aux déformations à vastes rayons de courbure, très régulières, soit par des cassures brutales lorsque les efforts tectoniques deviennent trop considérables" (Aurouze J., Clermonté J., Demassieux L., Le Roux J., 1969).

1. La tectonique souple.

Deux grands axes ondulatoires d'orientation SO-NE traversent perpendiculairement la Saulx et l'Ornain (annexe I.4).

Le synclinal de Treveray correspond au synclinal de Vaucouleurs de Buvignier A. (1852) et Laugier R., (1957). Cet axe est le prolongement occidental du synclinal de Sarreguemines; il disparaît vers Savonnières-en-Perthois. Le synclinal de Treveray perturbe fortement le pendage général vers l'ouest. En effet, il est dissymétrique non seulement transversalement (flanc

sud plus pentu) mais aussi longitudinalement (allongé à l'est). Dans la partie amont du bassin de la Saulx et de l'Ornain, le pendage est important (1.5%) et franchement SSE-NNO. Par contre sur son flanc nord, le pendage ne dépasse pas 0.5%.

La Pierre Châline affleure dans la vallée de la Saulx à l'aval immédiat de la percée conséquente de Pancey à l'altitude 290 m. Dans le synclinal de Treveray, elle n'apparaît plus, puisqu'elle plonge rapidement pour se maintenir à l'altitude de 200 m entre Morley et Lavincourt.

La tectonique souple conditionne les affleurements et la nature des couches géologiques. Dans le synclinal de Treveray, la côte des Bars décrit un saillant; les calcaires portlandiens affleurent dans la vallée de l'Ornain entre Baudignécourt et Naix-aux-Forges. Le Valanginien est conservé sous forme de lambeaux et présente le faciès saumâtre riche en fer.

Le synclinal de Treveray est limité au nord par l'anticlinal de Bar-le-Duc.

L'anticlinal de Bar-le-Duc, de Levoncourt ou de Commercy est le prolongement occidental de l'anticlinal Sarro-Lorrain ou de Pont-à-Mousson. D'orientation générale SO-NE, il coupe perpendiculairement les cours de la Saulx et de l'Ornain. Il est moins souple que le synclinal de Treveray car découpé par les failles d'Haironville, de Véel-Combles et le système faillé de la Marne.

L'anticlinal de Bar-le-Duc est non seulement faillé mais aussi irrégulier. Il est affecté de plusieurs enlèvements et culminations structurales. Comme le synclinal de Treveray, il conditionne les affleurements géologiques avec le rentrant de la côte des Bars (au niveau de la vallée du Malval) et ravive le travail de l'érosion. Cet anticlinal se traduit effectivement dans l'espace par un découpage important du plateau du Barrois et par l'élargissement de la vallée de l'Ornain dans les marno-calcaires du Kimméridgien.

L'anticlinal de Bar-le-Duc est limité au nord par le synclinal de Revigny/Ornain inscrit dans le Perthois alluvial.

Ces grandes déformations résultent du rejeu d'accidents du tréfond hercynien. Elles appartiennent "à la série des mouvements posthumes sporadiques" (Tricart J.L., 1952) actifs à chaque crise orogénique.

Outre ces déformations à grands rayons de courbure, le Portlandien est également affecté de nombreuses ondulations locales de natures et d'âges différents (mouvements post-jurassiques).

Les vallées de la Saulx et de l'Ornain sont calées sur des flexures. Le versant de rive gauche de l'Ornain constitue une fausse cuesta dont le front est marqué par une flexure faillée (fig.1.12). La vallée de la Saulx borde un anticlinal allongé en rive gauche d'orientation SE-NO. Celui-ci localisé sur l'interfluve Saulx-Marne est découpé au nord dans la forêt de Trois Fontaines par le système faillé du fossé tectonique de la Marne. A l'Infra-Crétacé, cette région était vraisemblablement inscrite dans un synclinal qui a conditionné la sédimentation au Crétacé inférieur. Celui-ci est bien représenté du Valanginien à l'Aptien. Les mouvements vracroniens provoquent une inversion tectonique. La région se bombe et se fracture en un anticlinal faillé dont le cœur s'effondre. L'inversion tectonique influence la sédimentation du Crétacé supérieur. Le Cénomaniien affecte davantage l'Argonne méridionale (gaize) et

délaisse cette région soulevée. La tectonique tertiaire accentue les mouvements vraciens avec le fossé tectonique de la Marne.

2. La tectonique cassante.

* Le Fossé tectonique de la Marne.

Le fossé tectonique de la Marne naît à Joinville au droit de la confluence Marne-Rongeant. Il présente une orientation générale subméridienne (fig.1.15).

De Joinville à Fontaines/Marne, il se confond avec la vallée de la Marne qui le draine. Le graben large de deux kilomètres se rétrécit au niveau de Fontaines/Marne avec une largeur de moins de 500 mètres. Le terme usuel de "double faille de la Marne" convient vraisemblablement mieux à cette partie méridionale. A l'aval, la Marne quitte le fossé pour décrire un coude de capture au niveau de Saint-Dizier.

De Fontaines/Marnes à Cousances-aux-Forges, le graben reste étroit (1 kilomètre de largeur). Cependant, à la différence de l'amont, il est mieux marqué dans le paysage et les formations du Crétacé le recouvrent. Le rejet de la faille occidentale est plus important (80 m) ce qui se traduit par un escarpement de faille (la "Côte Noire") exposée à l'est. Le Portlandien recouvert par le Crétacé n'affleure que dans la vallée de la Cousance à Cousances-aux-Forges.

Au nord, le fossé s'élargit considérablement en un faisceau de failles de faible rejet (inférieur à 20 m) délimitant des grabens et des horsts pour atteindre 6 kilomètres de largeur dans la forêt de Trois-Fontaines. Il découpe l'interfluve Saulx-Marne en compartiments tectoniques sans marquer véritablement le paysage mais multiplie les contacts de lithologie différenciée. Le Portlandien apparaît au droit des horsts alors que les grabens concentrent les formations du Crétacé. Sur ce tronçon, d'importantes sources (sources de l'Usine, Bézerne, Lonne) jalonnent la faille orientale pour donner naissance à la Cousance et à l'Ornel. Du fossé, rayonnent plusieurs failles vers la Marne et la Saulx.

* Les failles annexes.

La faille de Ménil/Saulx ou d'Aulnois-Saint-Amand (Stchépinsky V., 1962) présente un faible rejet (10 m) et regarde vers le nord. D'orientation est-ouest, elle traverse la Saulx dans le synclinal de Treveray et se perd dans la vallée de l'Ornain au niveau de Saint-Amand/Ornain. Cette faille accentue le plongement des couches dans le synclinal de Treveray.

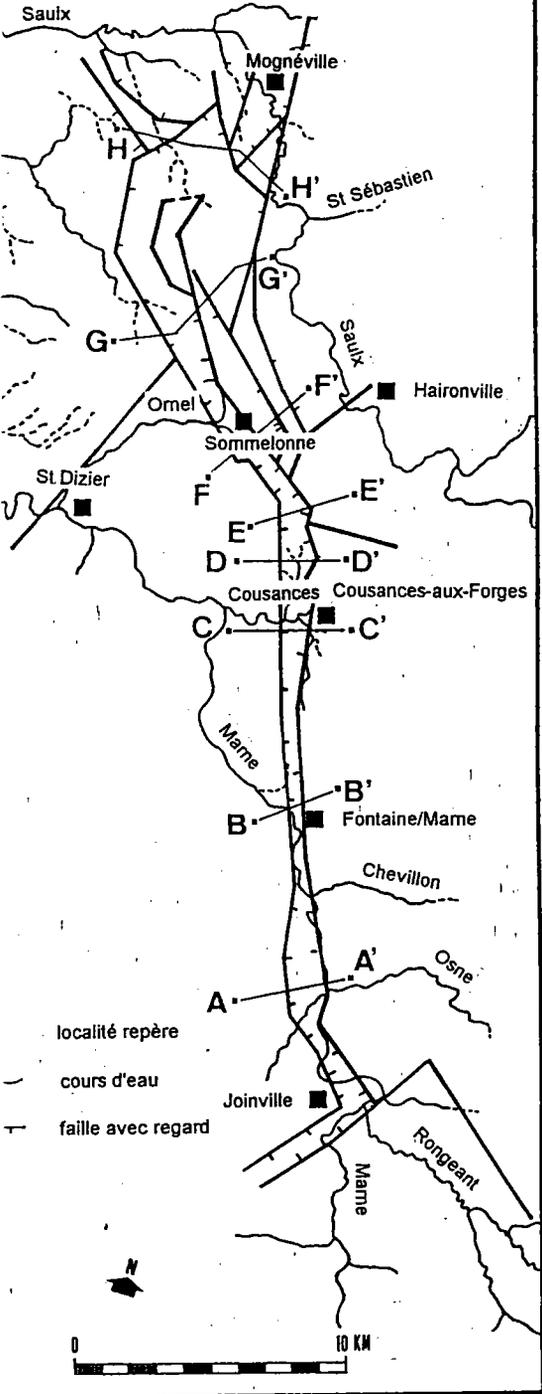
La faille d'Haironville d'orientation NE-SW naît du champ de faille de la Marne. Comme celle de Ménil/Saulx, elle présente un faible rejet (15 m) et coupe le Saulx; mais son rejet diminue progressivement vers le nord-est.

La faille de Couvonges appartient également au système faillé de la Marne. De faible rejet (moins de 10 m), elle longe et coupe la Saulx pour manifestement se raccorder au fossé tectonique de Laimont dans la vallée de l'Ornain. Elle est jalonnée de nombreuses sources lorsqu'elle longe la Saulx entre Beurey/Saulx et Couvonges.

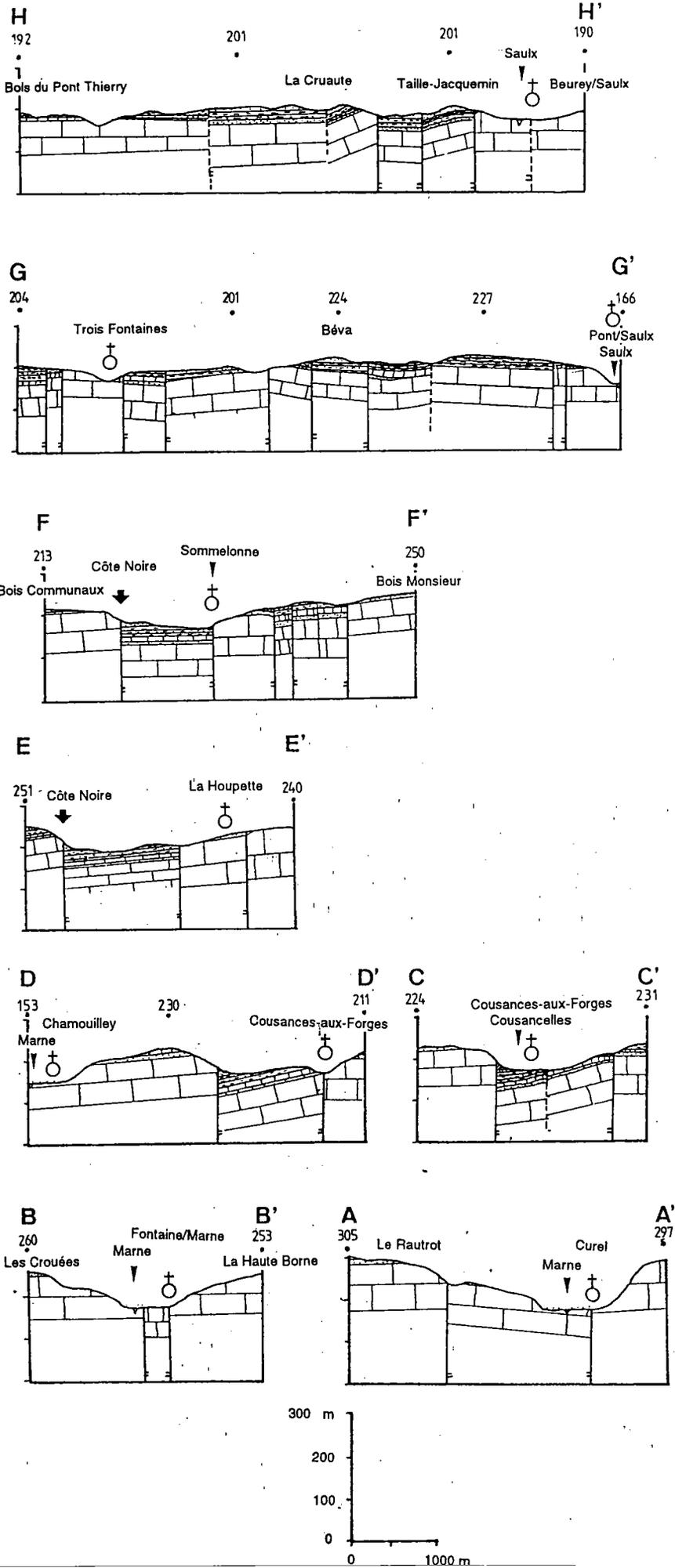
fig. I.15 COUPES GEOLOGIQUES A TRAVERS LE FOSSE

TECTONIQUE DE LA MARNE

LOCALISATION DES COUPES



- sables (Crétacé)
- argiles (Crétacé)
- argiles et sables (Crétacé)
- calcaires Hauteriviens
- calcaires Portlandien
- faille avec regard



La faille de Véel-Combles signalée par Nicklès R. (1911), Joly H. (1912) et Stchépinsky V. (1962) est sub-méridienne. Elle signale en réalité une flexure faillée avec un rejet de 20 m. Cette faille qui affecte la bordure de la cuesta portlandienne est également jalonnée d'importantes sources à Fains-les-Sources (source Mourot, source de la faille) qui donnent naissance au ruisseau de Fains.

Le fossé tectonique de Laimont bien que localisé dans le Perthois affecte les calcaires Portlandien sous-jacents. Révélé par Demassieux L. (1965, 1966, 1972) ce fossé met en contact les argiles du Gault (Albien) avec les calcaires du Portlandien.

La faille de Saint-Dizier d'orientation SW-NE est raccordée au fossé tectonique de la Marne. L'Ornel exploite cette zone fragilisée pour rejoindre la Marne.

Le rôle de la tectonique sur l'hydrographie paraît fondamental. La faille orientale du fossé de la Marne fixe d'importantes sources qui alimentent les affluents de rive droite de la Marne (Cousance, Ornel). Les failles sont des zones fragilisées, utilisées par les cours d'eau (Ornel, Marne, Saulx entre Beurey/Saulx et Couvonges). Tricart J.L. (1952) va plus loin, en expliquant chaque coude de la Saulx par un réseau de failles probables. Le tracé en baïonnettes du cours d'eau milite effectivement en faveur d'une adaptation locale du réseau hydrographique à la tectonique cassante. Néanmoins le tracé général des cours d'eau du Barrois ne répond pas à la structure tectonique globale. Il est conforme à l'inclinaison de la surface d'érosion oligo-miocène basculée vers le NNO. Cependant, la tectonique souple commande les échanges nappes-rivières. Les aquifères sont définis non seulement par les perméabilités du substratum mais aussi par l'allure de la couche aquifère sous la commande de la tectonique.

B. LES RESSOURCES EN EAU.

a. Les aquifères du Barrois.

Nous appliquerons la classification de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM, 1989) qui retient 3 grands types de perméabilités afin de définir les potentialités aquifères du Barrois (annexe I.5).

Les alluvions calcaires de l'Ornain et de la Saulx sont "*des formations superficielles dans lesquelles les échanges eaux de surface-eaux souterraines sont possibles (S11)*" (AERM, 1989). Elles contiennent une nappe phréatique en contact avec les aquifères portlandiens et kimméridgiens.

L'existence de paléo-chenaux d'écoulement (fig.I.14) témoigne de niveaux de bases anciens, en contrebas du niveau actuel. Les paléo-exurgences des aquifères aujourd'hui noyées sont en communication avec la nappe alluviale de la Saulx et de l'Ornain et peuvent ainsi alimenter ces deux cours d'eau par des effluences sous-alluviales.

Les formations argilo-sableuses du Crétacé recouvrent la bordure occidentale du Barrois. Elles sont mieux conservées dans le fossé tectonique de la Marne qui constitue l'interfluve Saulx-Marne. Essentiellement semi-perméable, le Crétacé contient de petits aquifères d'intérêt local.

Les argiles du Cénomaniens et de l'Albien supérieur (argiles du Gault) sont franchement imperméables (P31) alors que les sables de l'Albien inférieur et de l'Aptien présentent une perméabilité d'interstice dominante (P11). Les argiles sous-jacentes et imperméables (P31) du Barrémien constituent donc un écran à l'infiltration. Elles forment le mur d'un aquifère de faible étendue (moins de 20 m de puissance) qui se vidange par de petits sourcins intermittents.

Le calcaire hauterivien par sa perméabilité de fissure dominante (P12) constitue un aquifère karstique dont le mur est représenté par les formations semi-perméables (P23) mais discontinues du Valanginien.

Les calcaires du Portlandien présentent essentiellement une perméabilité de fissure dominante de "type réseau souterrain" (P12). Ils constituent un aquifère karstique, discontinu, et multicouche à surface libre en rive droite de la Saulx et captif, sous couverture crétacée en rive gauche. Certains niveaux repères, par leur plus grande résistance ou leur lithologie, sont semi-perméables voire imperméables.

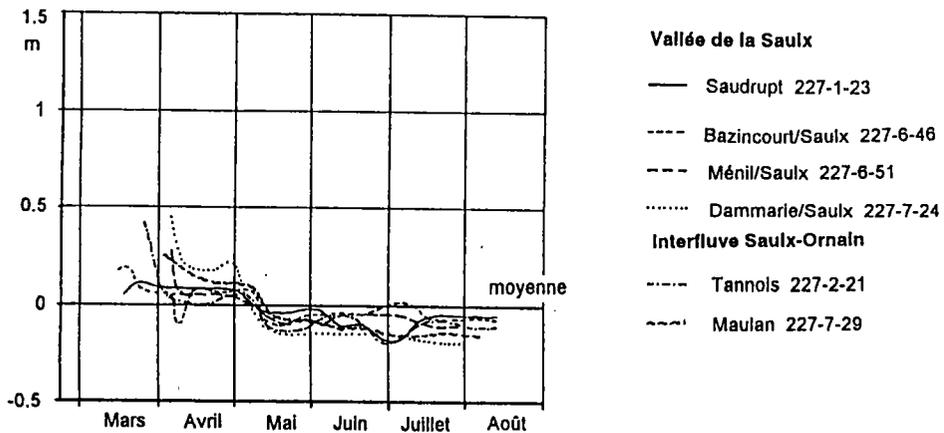
L'Oolithe de Bure, plus indurée, bien que mince (2 m) peut constituer un écran à l'infiltration lorsqu'elle est peu fracturée. Elle constitue alors le mur d'une nappe dégagée dans les Calcaires Cariés ou Tâchetés. Cette aquifère karstique quantitativement médiocre se vidange par de petites sources intermittentes, notamment dans le bassin de l'Orge (Fontaine de Ribeaucourt). Au nord du bassin-versant de la Saulx-Ornain, l'érosion infra-crétacée a fortement diminué cet aquifère. Sa piézométrie étudiée, à partir de trois puits à Morley, Nantois et Haironville (fig.I.16) présente d'importantes variations, de l'ordre de 1.5 m, voire 3 m dans la vallée de la Saulx (puits de Morley) ainsi que de rapides réponses aux précipitations (Maiaux C., Personnet P., 1975). Ce comportement piézométrique s'explique par la discontinuité et la faible épaisseur de l'Oolithe de Bure.

La Pierre Châline composée de marno-calcaires et de marnes est franchement semi-perméable (P22). Elle constitue le mur de la nappe des Calcaires de Dommartin qui est la principale ressource hydrogéologique du bassin de la Saulx. Cet aquifère karstique se vidange par d'importantes exurgences disposées en chapelets (réseau de drainage souterrain deltaïque à l'exutoire) en rive gauche de la Saulx en amont de la faille d'Haironville (sources de Lavincourt, Rupt-aux-Nonains), et en rive droite à l'aval (Fontaine à Vaux, source de Sichelat, sources de Couvonges) (annexes I.6,10). Les quatorze puits ou forages dégagés dans les Calcaires de Dommartin présentent deux comportements piézométriques bien distincts (fig.I.16): six connaissent de faibles amplitudes piézométriques (moins de 0.5 m) alors que les autres présentent de fortes amplitudes de l'ordre de 2.5 m qui témoignent de vidanges et de circulations souterraines rapides. Ces deux comportements piézométriques ne s'organisent pas dans l'espace, puisqu'ils s'observent dans les vallées de la Saulx et de l'Orge, ainsi que sur les interfluvés Saulx-Marne et

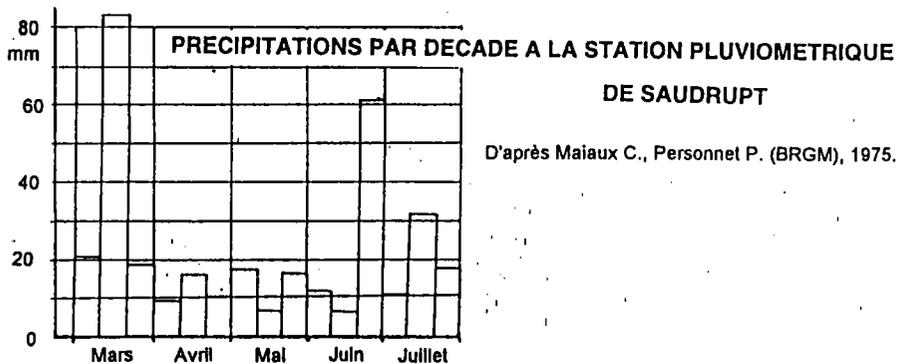
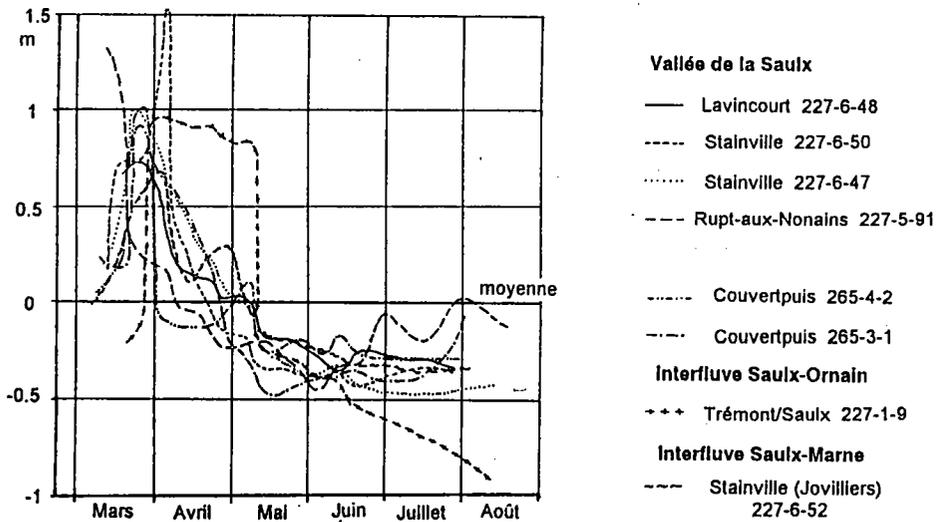
fig. I.16

PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DES CALCAIRES CARIÉS ET TACHETES

PUITS OU FORAGES DE FAIBLE AMPLITUDE PIEZOMETRIQUE

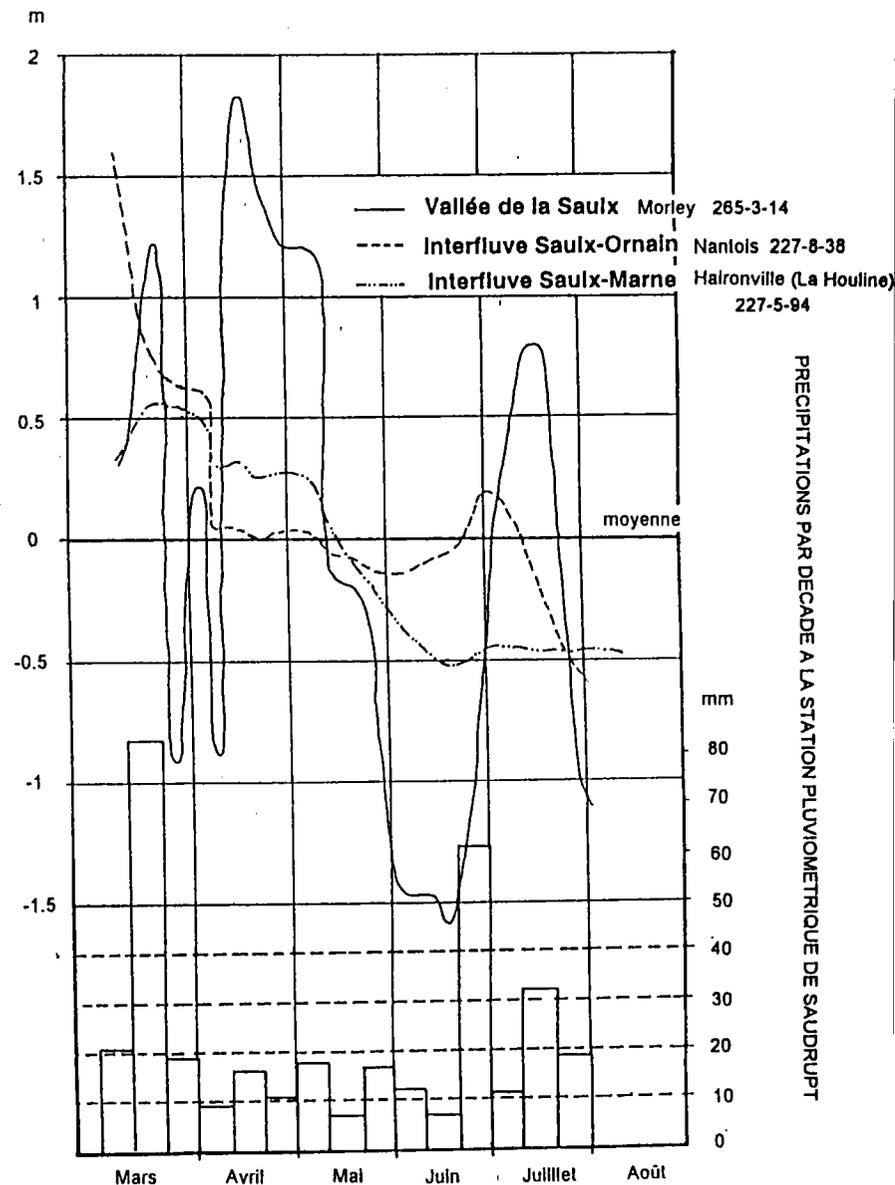


PUITS OU FORAGES DE FORTE AMPLITUDE PIEZOMETRIQUE



D'après Maiaux C., Personnet P. (BRGM), 1975.

VARIATIONS PIEZOMETRIQUES PAR RAPPORT A LA MOYENNE EN METRES



D'après Maiaux C., Personnet P. (BRGM), 1975.

PRECIPITATIONS PAR DECADE A LA STATION PLUVIOMETRIQUE DE SAUDRUPT

Saulx-Ornain mais sont tributaires de circulations souterraines karstiques de grande ampleur.

Le Kimméridgien est constitué d'une alternance de roches à perméabilité de fissures dominante et de roches imperméables (P22). Néanmoins les Marnes Supérieures par leur imperméabilité constituent le mur de la nappe des Calcaires Lithographiques peu fissurés. Cet aquifère peu karstifié, alimente essentiellement les sources du front de la côte des Bars (émergences de débordement) et les têtes de vallées de rive droite de l'Ornain (émergences de déversement). Bien que quantitativement médiocres, ces sources sont exploitées pour l'alimentation en eau potable dans la vallée de l'Ornain (Tannois, Savonnières-devant-Bar). L'aquifère multi-couche du Kimméridgien se vidange par de petites sources intermittentes dans la vallée de l'Ornain.

Les aquifères sont soit directement alimentés par les précipitations (rive droite de la Saulx) soit par infiltration retardée (drainance) ou rapide (interfluve Saulx-Marne).

b. La circulation de l'eau dans le Barrois (fig.I.17).

1. En rive droite de l'Ornain.

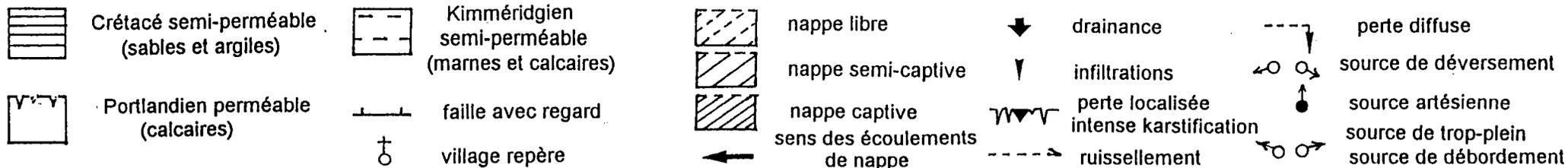
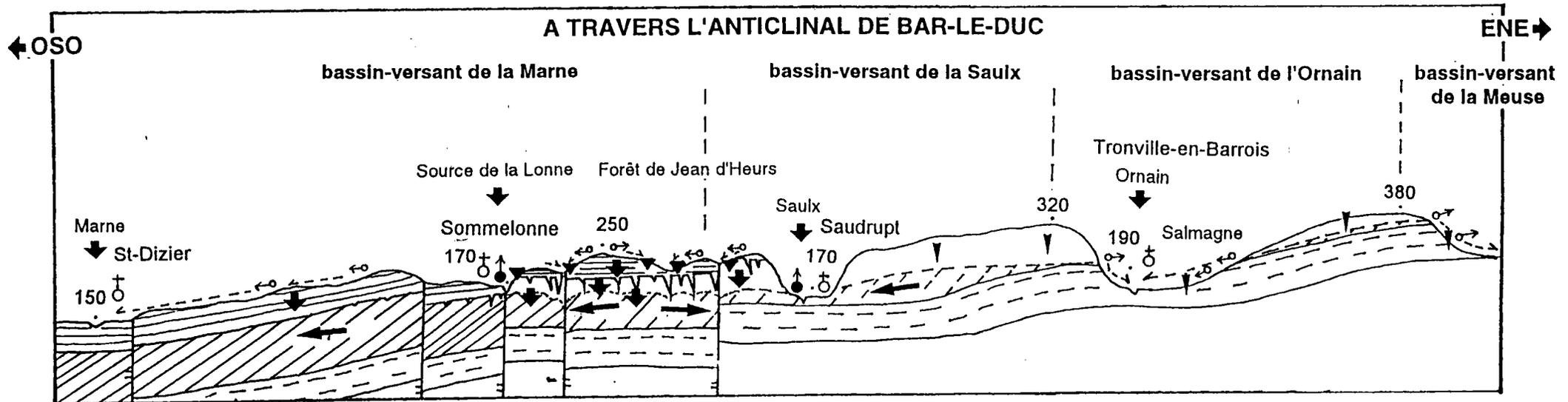
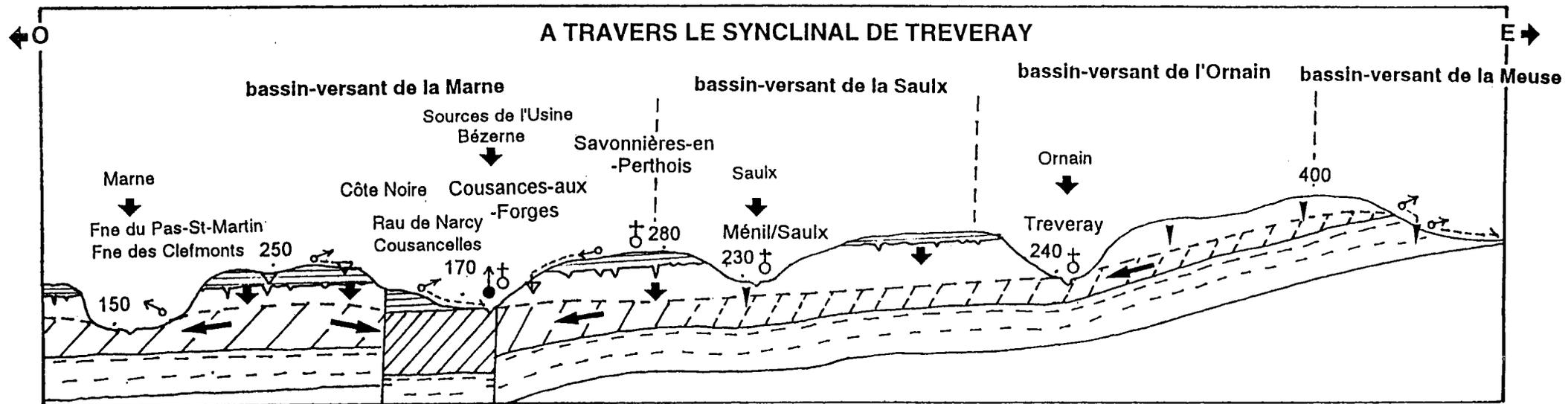
En rive droite de l'Ornain (absence de couverture crétacée), les eaux précipitées s'infiltrent dans les calcaires fissurés du Portlandien. Ces derniers ne sont représentés que par la Pierre Châline et les calcaires lithographiques. En bordure de la cuesta des Bars, l'ablation du Portlandien est plus accentuée. Les marno-calcaires de la Pierre Châline érodés et démantelés en surface ne font plus obstacle à l'infiltration des eaux. L'aquifère des calcaires lithographiques est donc directement alimenté par les infiltrations diffuses. Cependant, le découpage du plateau par les affluents de rive droite de l'Ornain amoindrit considérablement les potentialités aquifères. En outre les émergences de déversement dominant d'une cinquantaine de mètres les affluents, ce qui accélère la vidange de l'aquifère. Les sources tarissent alors rapidement ce qui explique l'intermittence des affluents de rive droite de l'Ornain en tête de bassin-versant.

L'hétérogénéité de l'aquifère kimméridgien détermine plusieurs niveaux de sources (au contact des bancs marneux) mais également des niveaux de pertes (infiltrations dans les bancs calcaires).

2. Sur l'interfluve Saulx-Ornain.

L'interfluve Saulx-Ornain, drainé uniquement par de rares affluents de la Saulx (Orge, Nant, Montplonne, Trémont) est essentiellement dégagé dans les

fig. I.17 SCHEMA DE CIRCULATION DE L'EAU DANS LE BARROIS



Calcaires Tâchetés et Cariés ainsi que dans les Calcaires de Dommartin.

Dans le synclinal de Treveray, des lambeaux de Valanginien subsistent ainsi qu'à proximité des failles de Véel-Combles et d'Haironville. Ces formations semi-perméables ne constituent pas un aquifère car leur épaisseur est trop faible (moins de 2 m.). Néanmoins elles imbibent les calcaires sous-jacents et sculptent le paléo-relief karstique infra-crétacé par crypto-corrosion.

L'infiltration diffuse et généralisée sur cet interfluve nourrit des circulations karstiques importantes prouvées par traçages.

Dans le synclinal de Treveray, les expériences de traçage dans les puits de Couvertpuis, et de Ménil/Saulx témoignent d'écoulements souterrains vers la Saulx (exutoires en rive gauche entre Lavincourt et la faille d'Haironville, et en rive droite à l'aval), ou vers l'Ornain (exurgences de Fains-les-Sources) par le réseau de failles de Véel-Haironville qui draine également les eaux précipitées sur le massif karstifié de Combles-en-Barrois (Devos A., Jaillot S., 1996, annexes I.7, 8).

Ces écoulements souterrains de grande ampleur expliquent les fortes amplitudes piézométriques observées dans les puits ou forages (fig. I.16).

Par contre, sur le flanc méridional de l'anticlinal de Bar-le-Duc, les puits ou forages de Maulan et de Tannois (bassins-versants du Nant et du Montplonne) présentent de faibles variations piézométriques caractéristiques d'une vidange lente et régulière. Le traçage du puits de Tannois met en évidence des écoulements souterrains vers la Saulx (exurgences de Bazincourt/Saulx) et le Montplonne.

La synthèse des traçages réalisés sur l'interfluve Saulx-Ornain (Devos A., Jaillot S., 1996) fait apparaître plusieurs contradictions (puits de Tannois et de Maulan) voire quelques aberrations (exurgences du Rupt-du-Puits colorées par le traçage de Ménil/Saulx) qui appellent à une grande prudence quant à leurs interprétations.

3. Sur l'interfluve Saulx-Marne.

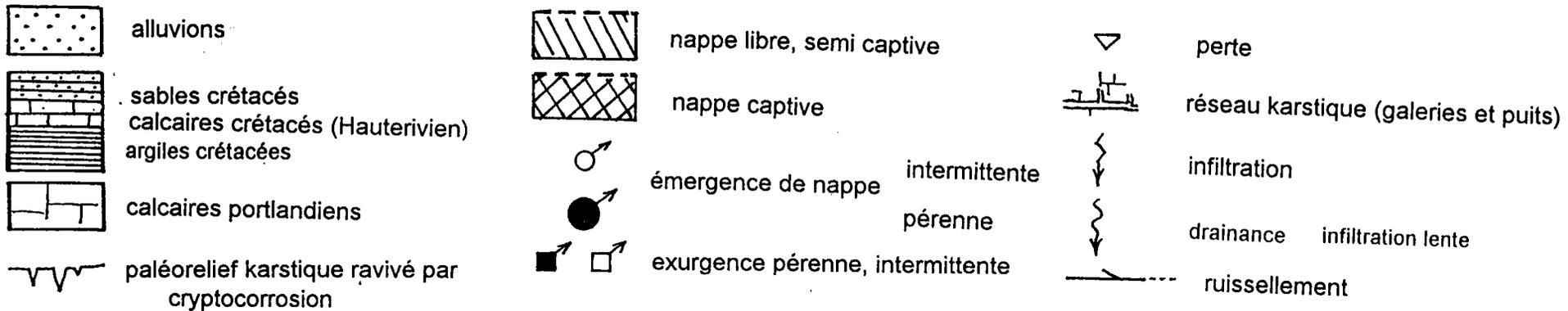
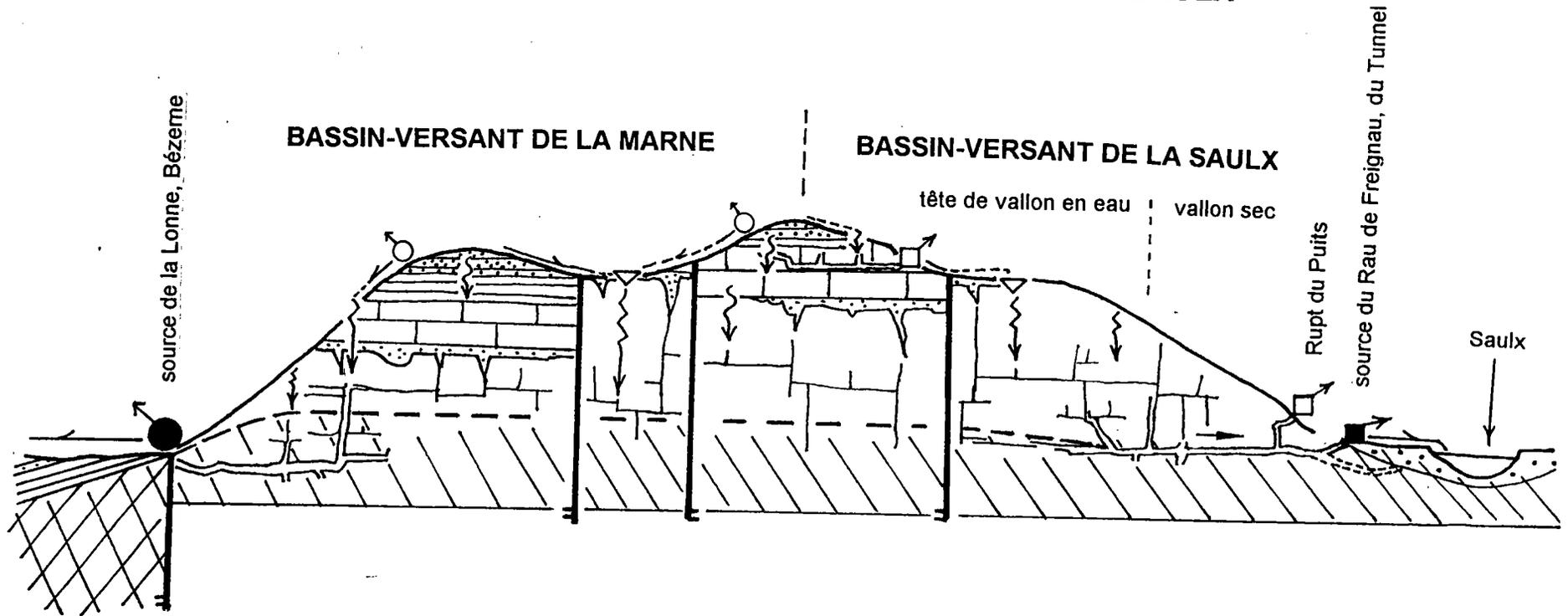
Sur l'interfluve Saulx-Marne, la circulation de l'eau est inféodée à un karst non seulement couvert, de contact lithostratigraphique (Nicod J., 1992) mais également étagé (karstification de l'Hauterivien et du Portlandien sous-jacent). "*Entre Saulx et Marne, en forêt de Trois Fontaines, apparaissent les phénomènes karstiques parmi les plus spectaculaires du Bassin Parisien tout entier*" (Jaillot S., 1995).

* Les conditions favorables à la karstification.

Cet interfluve réunit effectivement des conditions favorables à la karstification.

Le fossé tectonique de la Marne et plus particulièrement sa partie septentrionale (champs de faille de la forêt de Trois Fontaines) multiplie

fig. I.18 CIRCULATION DE L'EAU SUR L'INTERFLUVE MARNE-SAULX



considérablement les contacts anormaux (horsts et grabens) entre des formations de perméabilité différente ainsi que les fractures secondaires favorables à la karstification.

La couverture crétacée joue le double rôle de concentration des écoulements de surface et de distribution diffuse et retardée de l'eau tel un "cataplasme humide" (Gamez P., Sary M., 1979, Gamez P., 1992.).

La couverture forestière fournit CO₂, acides humiques et entretient un milieu humide en surface tout en préservant les phénomènes karstiques de l'emprise agricole qui, à terme les stérilise (karst du Haut-Pays).

Le commandement de l'interfluve (80 m. en moyenne) garantit à la karstification un gradient hydraulique suffisant pour développer des formes de drainage verticales (zone d'infiltration) et horizontales (zone noyée et endokarst).

Les altitudes (350 m.) et la massivité du plateau du Barrois confère à l'interfluve Saulx-Marne d'importantes précipitations (1050 mm) réparties uniformément sur l'année (cf seconde partie).

* Le karst et les écoulements de surface (fig.1.18).

Le rôle de la couverture crétacée est fondamental. Les pluies nourrissent un ruissellement en surface sur les argiles du Gault (Albien Supérieur) qui se perd dans les sables de l'Albien Inférieur et de l'Aptien. Les argiles barrémiennes sous-jacentes constituent alors le mur d'une nappe perchée qui se vidange par un grand nombre de sourcins et par drainance dans les calcaires hauteriviens. Les sourcins donnent naissance à des ruisseaux endoréïques (sur les argiles barrémiennes) qui se perdent au contact des calcaires hauteriviens ou portlandiens.

Systématiquement, toutes les pertes ainsi que la majeure partie des phénomènes karstiques de surface sont alignées sur ce contact lithostratigraphique et sont localisées en tête de vallon sec (rupture de pente), affluent de la Saulx et de la Marne.

Localement, lorsque le Valanginien est conservé, les calcaires hauteriviens karstifiés déterminent une nappe qui se vidange par de petites exurgences localisées dans des dolines-pertes (au contact du Portlandien) de même type que les "Fontaines" du Haut-Pays mais plus importantes.

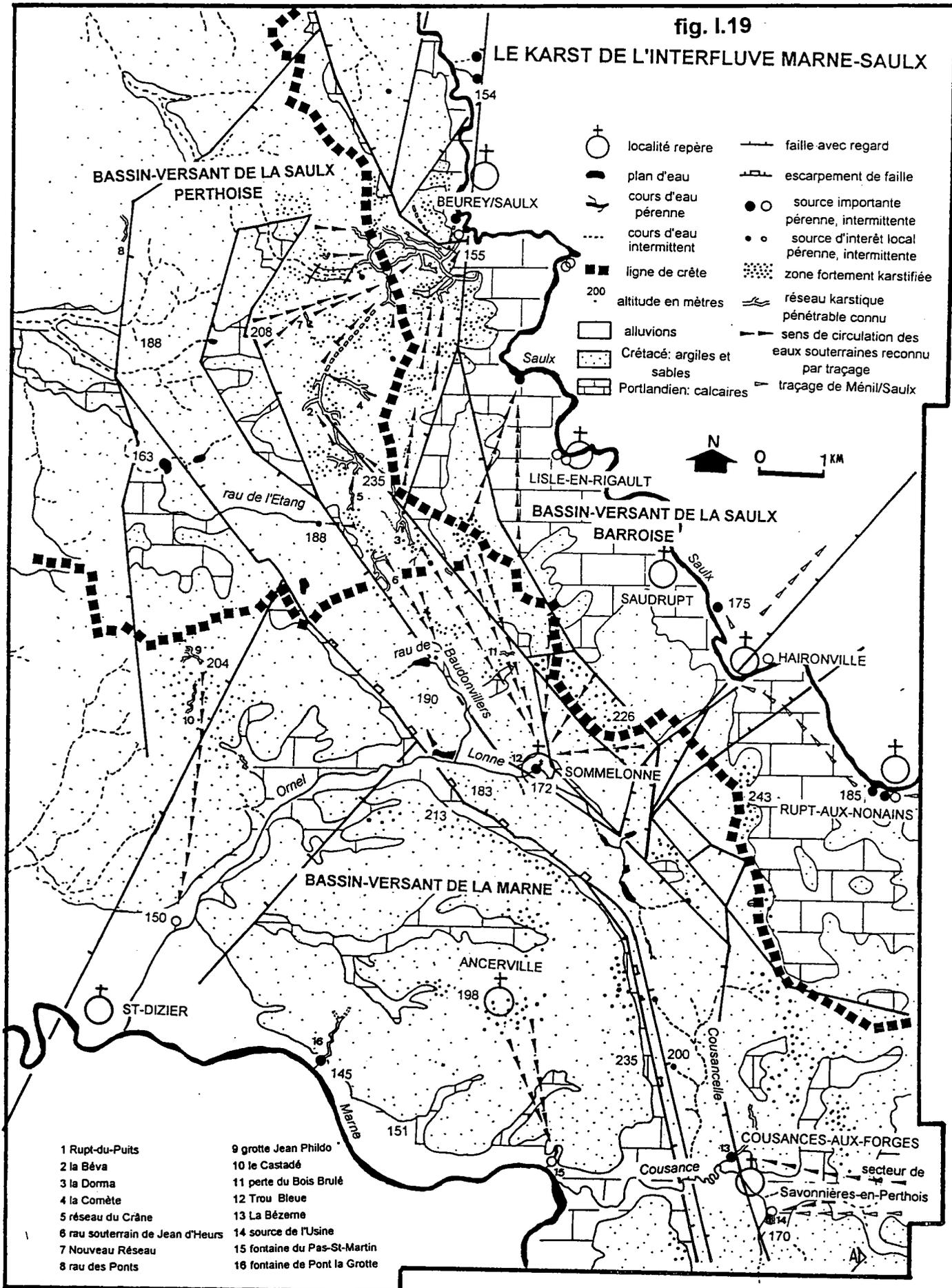
L'interfluve Saulx-Marne est donc drainé par de nombreux ruisseaux temporaires dans sa partie supérieure. C'est un milieu humide, où les sourcins abondent, qui s'égoutte à la verticale pour alimenter l'aquifère portlandien (infiltration retardée). Par contre, la partie inférieure de l'interfluve, bien que découpée par de nombreux vallons est quasiment dépourvue d'écoulements de surface (infiltration rapide).

* Les écoulements karstiques de l'aquifère portlandien (fig.1.19).

L'aquifère portlandien est constitué d'une part par un karst d'infiltration alimenté par la surface (pertes et drainance) et d'autre part par une zone noyée sous-jacente. Celle-ci se vidange par la Saulx (nappe phréatique

fig. I.19

LE KARST DE L'INTERFLUVE MARNE-SAULX



- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 Rupt-du-Puits | 9 grotte Jean Philido |
| 2 la Béva | 10 le Castadé |
| 3 la Dorma | 11 perte du Bois Brulé |
| 4 la Comète | 12 Trou Bleue |
| 5 réseau du Crâne | 13 La Bézème |
| 6 rau souterrain de Jean d'Heurs | 14 source de l'Usine |
| 7 Nouveau Réseau | 15 fontaine du Pas-St-Martin |
| 8 rau des Ponts | 16 fontaine de Pont la Grotte |

alluviale) et ses exurgences de rive gauche (Rupt-du-Puits, Rupt-aux-Nonains, Lavincourt, annexe I.12). La vidange de l'aquifère s'effectue également par les sources (fontaines du Pas St-Martin, de Pont de la Grotte) et affluents de rive droite de la Marne (Ornel, Cousance).

Le drainage de la nappe portlandienne par la Saulx détermine des écoulements souterrains mal connus sous les formations alluviales. La mise en évidence de paléo-chenaux d'écoulement fossilisés par les alluvions témoignent de niveaux de base anciens situés une dizaine de mètres en contrebas du niveau actuel. Des circulations de type karstique dans la zone noyée (conduites forcées) ayant comme exutoire ces paléo-chenaux sont plus que probables. Le drainage de la nappe portlandienne s'effectuerait alors par l'intermédiaire de la nappe phréatique (effluences sous alluviales).

En rive gauche de la Saulx, les exurgences du Rupt du Puits (Rupt-du-Puits, ruisseau de Freignau) sont les exutoires d'un réseau "*des plus important du Bassin Parisien: un système exploré sur plus de 20 kilomètres*" (Jaillet S., 1994). Les nombreux traçages réalisés (essentiellement par des spéléologues) permettent de définir un bassin réel de l'ordre de 13 km² (Devos A., Jaillet S., 1996) dont la partie supérieure (réseaux de la Dorma et de la Béva) empiète largement sur le bassin-versant de la Saulx perthoise (capture des écoulements de surface en tête de vallons).

Les écoulements du Rupt-du-Puits se caractérisent par une succession de zones noyées et de zones exondées.

L'amont du réseau, perché d'une quinzaine de mètres par rapport à ses exutoires présente une orientation subméridienne conforme à la fracturation du massif. La partie médiane correspond à une zone noyée en permanence (siphons).

La partie inférieure, de direction ouest-est, exondée et vraisemblablement dégagée dans la Pierre Châline (couches de marnes observées au fond) se raccorde à la zone médiane par des cascades (marmites). Les importantes amplitudes limnimétriques observées sur le collecteur (Devos A. et al., 1996) témoignent de réponses quasi instantanées aux précipitations et de vidanges rapides. Les conditions d'alimentation du collecteur sont complexes car celui-ci se situe dans la frange capillaire (Collignon B. 1988) ou épinoyée (Maire R., 1980), c'est à dire la zone de battement piézométrique où il est difficile de distinguer les eaux de nappe (zone noyée) des eaux de ruissellement (zone d'infiltration).

La morphologie des galeries du Rupt-du-Puits fait apparaître la marque de captures successives (Jaillet S., 1994, 1995, 1996) en relation avec les variations du niveau de base, représenté par la Saulx.

En rive droite de la Marne, les exurgences de Sommelonne (bassin-versant de l'Ornel) et de Cousances-aux-Forges (bassin-versant de la Cousance) sont les exutoires de réseaux karstiques à base noyée en permanence (Maire R., 1980), explorée en plongées (Funcken L, Pauwels M., 1991). Situées sur les failles orientales du fossé de la Marne, ces exurgences de karst barré témoignent de modifications des conditions d'écoulement de la nappe portlandienne. Les infiltrations sur l'interfluve nourrissent la nappe qui devient captive dans le fossé tectonique de la Marne sous les formations argilo-sableuses du Crétacé. Le barrage hydraulique constitué par le plan de

faille et la mise en charge de la nappe captive provoquent un artésianisme au niveau de l'accident tectonique. Ce jaillissement s'effectue dans des vasques (Bézerne, Trou bleu) ou par des effluences sous-alluviales (Cousance, Lonne).

Les traçages et les plongées effectués montrent que ces sources drainent les écoulements de nombreuses pertes situées à proximité de la ligne de crête Saulx-Marne (forêt de Trois Fontaines, secteur de Savonnières-en-Perthois).

A l'ouest du fossé tectonique, la couverture crétacée est moins épaisse que dans le graben ce qui profite à la karstification en tête de vallon sec (contact litho-stratigraphique). De nombreuses pertes alimentent l'aquifère portlandien qui se vidange par plusieurs exurgences (fontaine de Pont la Grotte, fontaine du Pas Saint Martin) proches de la Marne située une vingtaine de mètres en contrebas de la Saulx. Cette vidange s'effectue probablement, aussi dans les alluvions de la Marne en limite de recouvrement crétacé... .

C. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET SON ALIMENTATION.

Le plateau du Barrois est incisé par les vallées de l'Ornain et de la Saulx qui drainent les grands ensembles structuraux décrits plus haut. Ces deux cours d'eau présentent un cours d'orientation SSE-NNO conforme à l'inclinaison de la surface d'érosion oligo-miocène. L'Ornain est réséqueute car elle recoupe la côte des Bars, qu'elle débouche, à l'entrée (Demanges-aux-Eaux) puis à la sortie (Naix-aux-Forges) du synclinal de Treveray.

a. Profils en long de l'Ornain et de la Saulx (fig.I.20, 21).

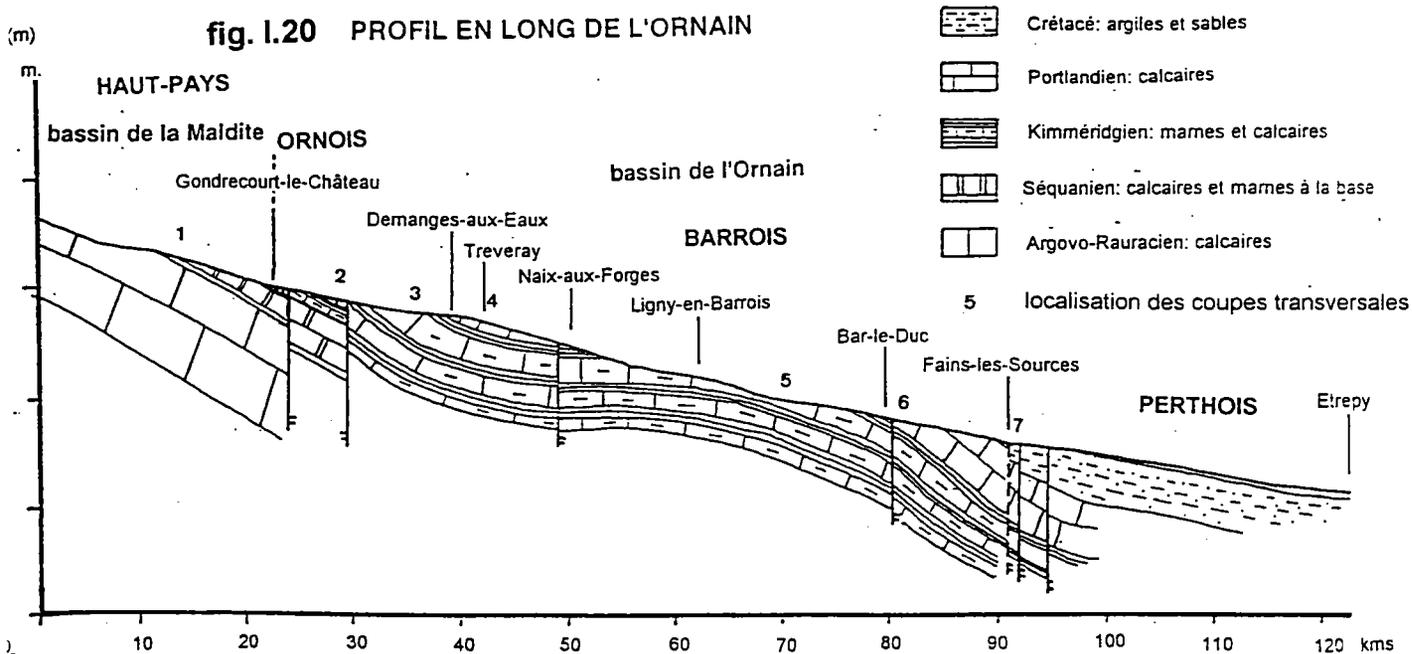
La Saulx présente un profil en long plus pentu que l'Ornain avec des pentes respectives de 0.266% et 0.185%.

En général, le profil en long d'un cours d'eau "*est en pente décroissante vers l'aval et de forme concave vers le haut*" (Loup J., 1974). Cependant, la pente du lit est tributaire des conditions structurales locales et des variations du niveau de base (marque des captures) qui déterminent des ruptures de pentes et des tronçons où la pente est régulière.

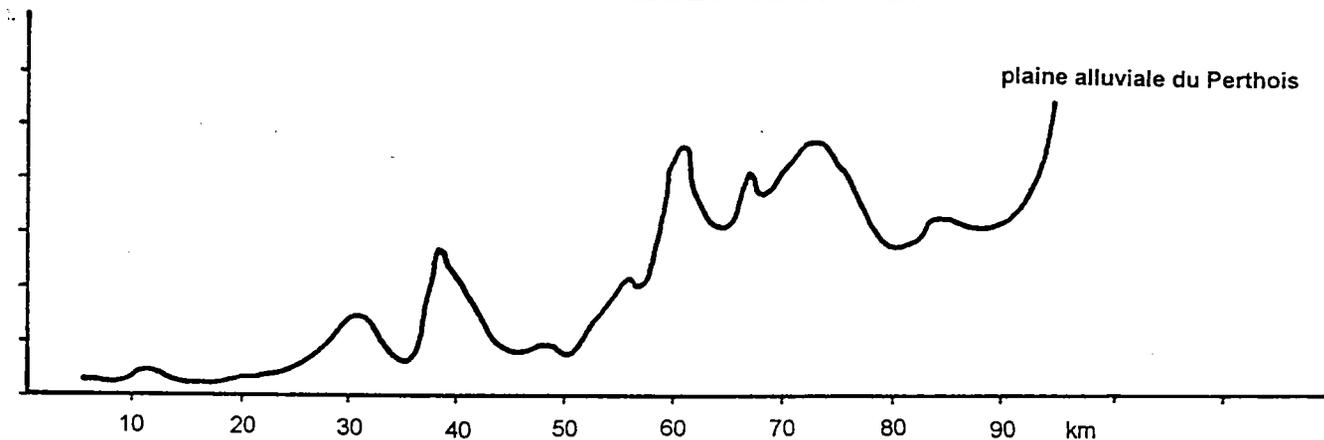
Le profil en long de l'Ornain (fig.I.20) peut être découpé en quatre tronçons caractéristiques:

- dans l'Ornois kimméridgien (percée conséqueute), la pente de l'Ornain est faible (de l'ordre de 0.14%) alors qu'elle draine la tête du bassin-versant; l'Ornain est alimenté par des effluences sous-alluviales et par des émergences de nappe captive (Séquanien) dans le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château.

fig. I.20 PROFIL EN LONG DE L'ORNAIN



LARGEUR DU LIT MAJEUR DE L'ORNAIN



COUPES TRANSVERSALES DE LA VALLEE DE L'ORNAIN

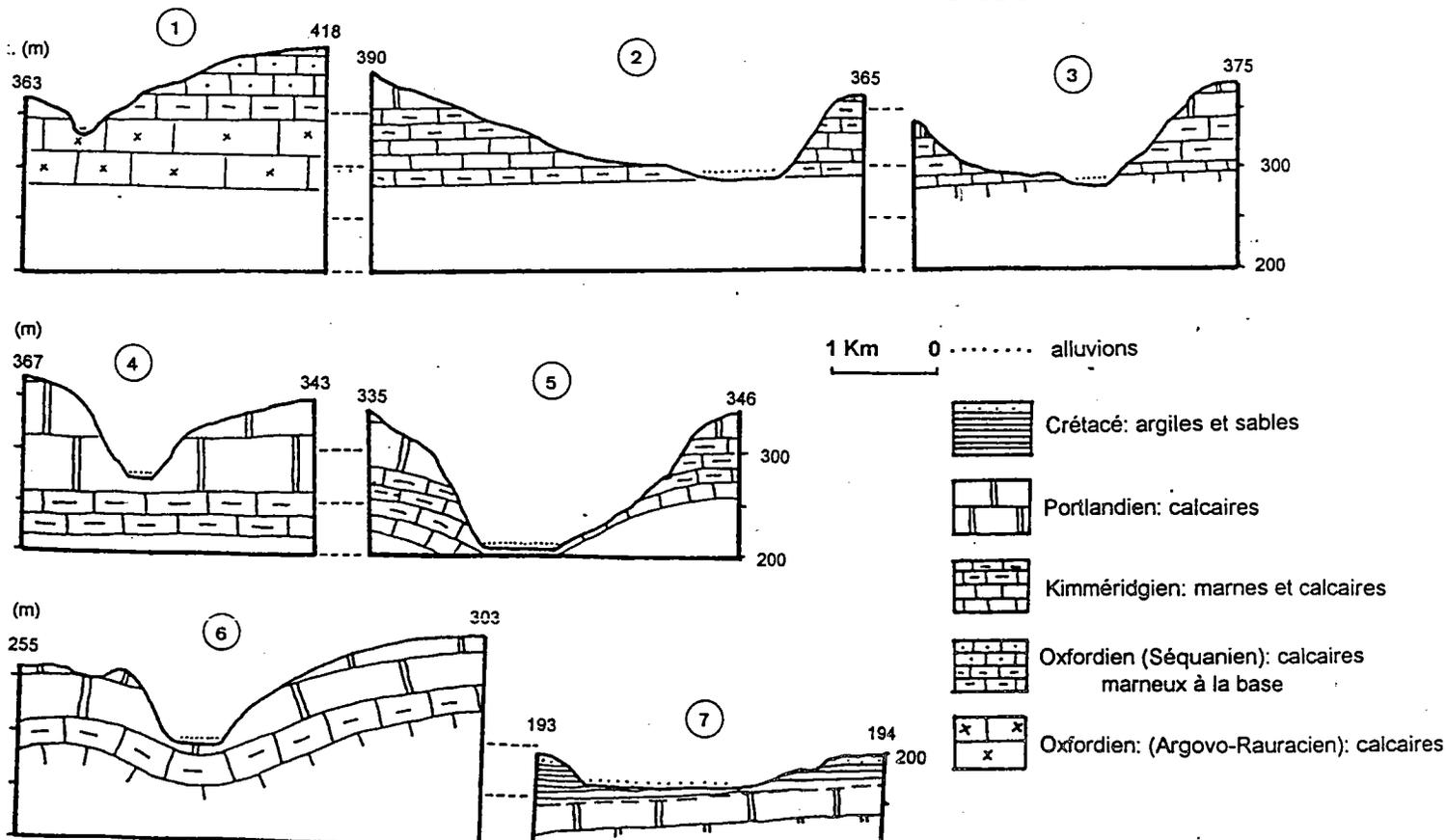
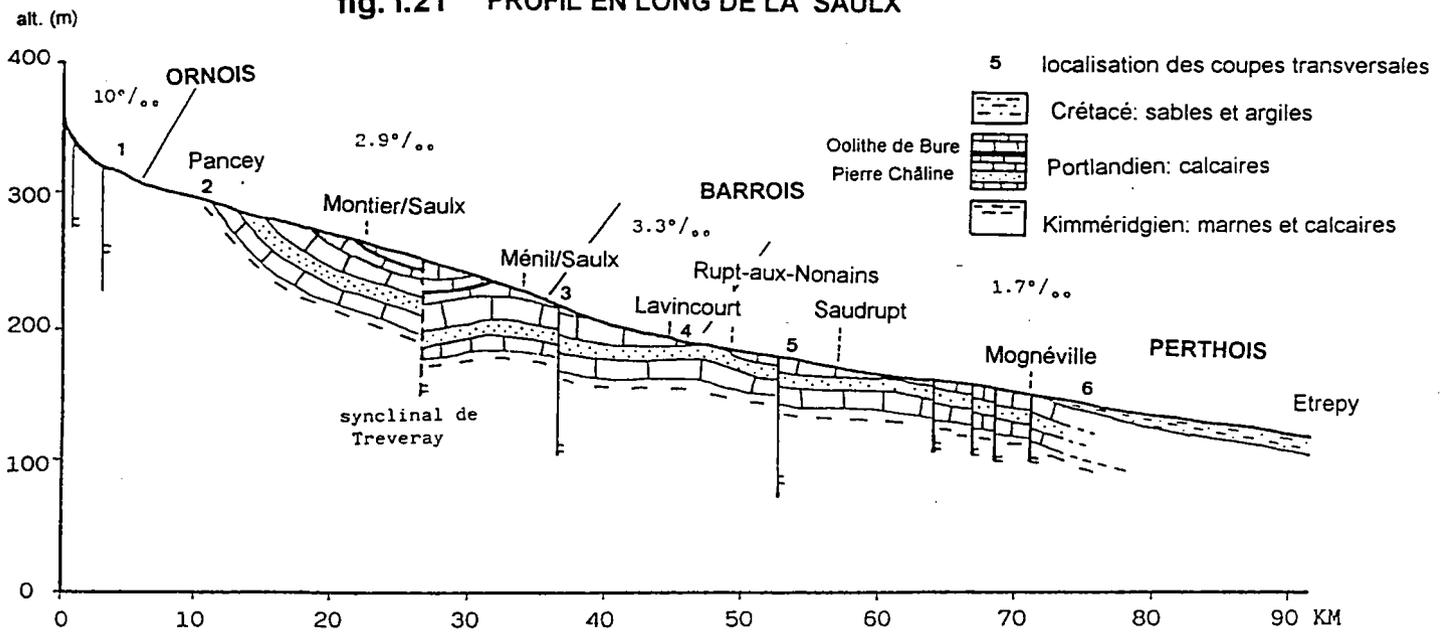
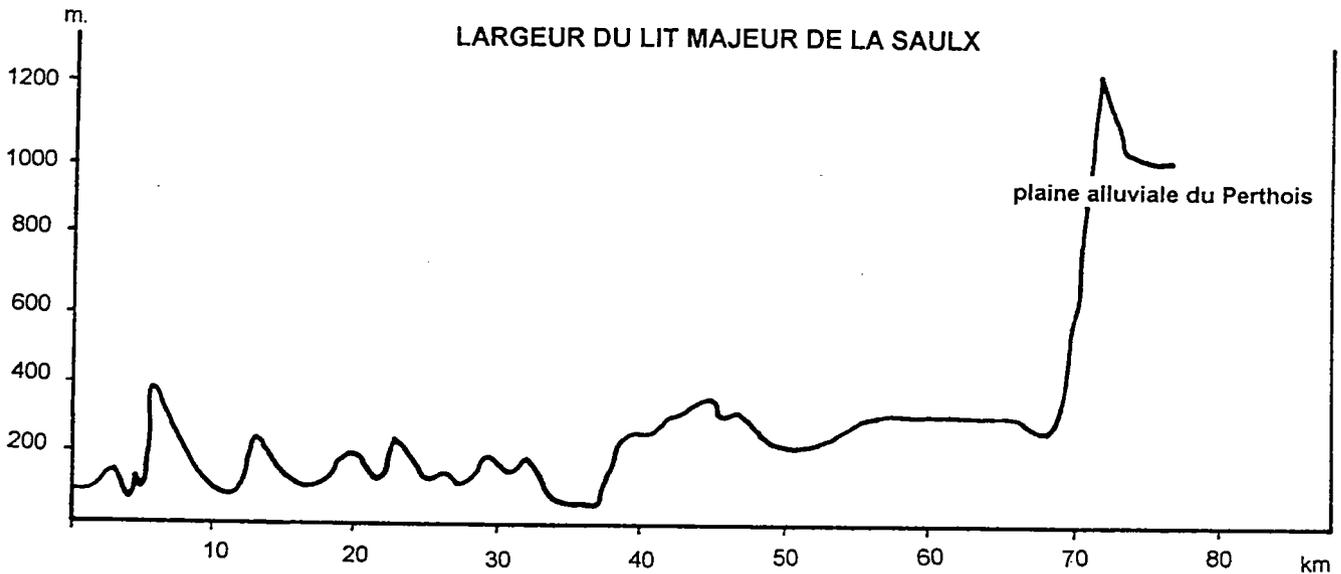


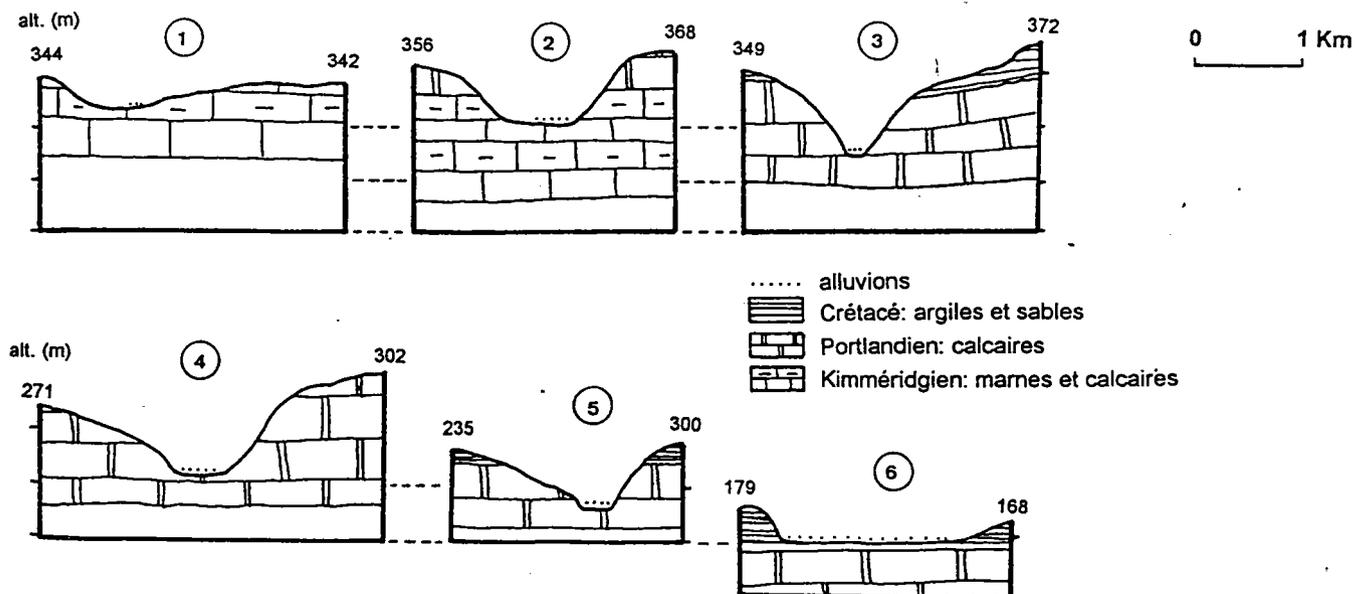
fig. I.21 PROFIL EN LONG DE LA SAULX



LARGEUR DU LIT MAJEUR DE LA SAULX



COUPES TRANSVERSALES DE LA VALLEE DE LA SAULX



- dans le Barrois, sa pente s'accélère fortement (0.27%) dans la traversée des Calcaires Lithographiques portlandiens au niveau du synclinal de Treveray alors qu'à l'aval, sur l'anticlinal de Bar-le-Duc sa pente diminue (0.20%) et sa vallée s'évase dans les formations marno-calcaires du Kimméridgien; l'Ornain est alimenté par de nombreuses sources quantitativement médiocres, situées au contact des bancs calcaires.

- dans le Perthois crétacé et alluvial, sa pente est faible (0.14%), l'Ornain divague dans une vallée large et humide.

Le profil de la Saulx (fig.I.21) présente également quatre tronçons caractéristiques:

- dans sa partie supérieure (Ornois), la pente très forte (1%) correspond au recoupement de failles secondaires du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château. La Saulx est alimentée par de nombreuses émergences à faibles débits situées au niveau des bancs calcaires du Kimméridgien

- dans le Barrois et plus particulièrement dans le synclinal de Treveray, la pente du cours d'eau diminue (0.29%). La Saulx est suspendue sur l'Oolithe de Bure au-dessus de la nappe des Calcaires de Dommartin ce qui se traduit par une tendance générale à l'infiltration. Par contre, sur le flanc sud de l'anticlinal de Bar-le-Duc, entre Ménil/Saulx et Rupt-aux-Nonains la pente s'accélère (0.33%). Le recoupement de la nappe des Calcaires de Dommartin dont le mur (Pierre Châline) affleure entre Lavincourt et Rupt-aux-Nonains se traduit par de nombreuses exurgences en rive gauche mises en charge par les pertes dans le synclinal de Treveray (traçages)

- à l'aval, la pente est faible (0.17%), le passage du Barrois au Perthois ne se traduit pas par une rupture de pente comme sur l'Ornain. Le drainage de la nappe des Calcaires de Dommartin, l'apport de sources de rive gauche alimentées par le karst de l'interfluve Saulx-marne et les affluents de rive droite (Montplonne, Trémont) confèrent à la Saulx des écoulements abondants. A l'aval de Mognéville dans le Perthois, l'aquifère portlandien est captif sous les formations argilo-sableuses du Crétacé.

b. Le réseau hydrographique de la Saulx et de l'Ornain dans le Barrois.

Du fait de la nature essentiellement calcaire du substratum, la densité de drainage pérenne est particulièrement faible (0.24 km/km²). Cependant celle-ci est plus importante sur l'Ornain (0.33 km/km²) que sur la Saulx (0.16 km/km²) où la majeure partie (85%) du réseau hydrographique est représentée par le drain principal.

En drainant la bordure orientale du Barrois, l'Ornain entaille non

seulement les calcaires portlandiens dans le synclinal de Treveray mais également les marno-calcaires du Kimméridgien sous-jacents qui affleurent dans l'anticlinal de Bar-le-Duc.

Dans le synclinal de Treveray, l'Ornain reçoit son seul affluent majeur de rive gauche, l'Ormaçon. Sur l'anticlinal de Bar-le-Duc, il recrute beaucoup d'affluents de rive droite bien hiérarchisés (Barboure, Noitel, Malval, Salmagne, Culey, Resson, Naveton) et alimentés par de nombreuses émergences de déversement (0.2 sources/km²) des aquifères portlandiens et kimméridgiens. Les affluents constituent 60% du réseau hydrographique de l'Ornain barrois.

Dans le Barrois, la Saulx draine uniquement l'aquifère portlandien, en aval-pendage de l'Ornain. Ses affluents sont situés essentiellement en rive droite. Dans le synclinal de Treveray, l'Orge (surface de bassin-versant: 114 km²) présente un cours alternativement pérenne et intermittent; ce n'est qu'en période de crue importante, liée au gonflement de la nappe des Calcaires de Dommartin qu'elle conflue avec la Saulx. Sur l'anticlinal de Bar-le-Duc, la Saulx recrute les ruisseaux de Nant, de Montplonne et de Trémont qui deviennent pérennes lorsqu'ils recoupent la nappe des calcaires de Dommartin. Comme l'Ornain, les affluents de rive gauche sont rares, systématiquement cours (moins d'un kilomètre) et alimentés par des exurgences importantes.

Le Barrois qui constitue la principale unité morphostructurale du bassin-versant de la Saulx-Ornain se caractérise par des écoulements conditionnés par le contact litho-stratigraphique Portlandien-Crétacé et la tectonique. La nature perméable et karstique des calcaires portlandiens détermine des circulations souterraines prédominantes aux dépens des écoulements de surface.

La Saulx et l'Ornain quittent le Barrois pour drainer le Perthois où ils confluent à la hauteur d'Étrepy.

IV. LE PERTHOIS.

La Saulx et l'Ornain drainent le Perthois respectivement à l'aval de Mognéville et de Fains-les-Sources. Cependant, celui-ci ne constitue que 11% de la surface du bassin-versant (annexe I.1).

Le Perthois est inféodé à la Champagne humide, inscrite dans les formations argilo-sableuses (essentiellement imperméables) du Crétacé inférieur. Il se distingue de cette auréole argileuse par l'étendue de ses "*alluvions étalées en vastes nappes*" (Vidal de la Blache P., 1903) propices à la culture.

C'est un petit Pays limité:

- au sud par les Pays du Der, dégagés dans les terrains du Crétacé inférieur (Barrémien, Aptien, Albien)

- au nord par l'Argonne, plateau forestier armé de la gaize albienne (A. Blondeau, 1991)

- à l'ouest par la Champagne crayeuse ou sèche dite pouilleuse, bordée par la cuesta du Turonien

-à l'est, par le Barrois portlandien.

A. CONTEXTE MORPHO-STRUCTURAL DU PERTHOIS.

a. Topographie et paysages.

Au sortir du Barrois, la vue s'élargit sur une plaine alluviale de 120 à 140 m d'altitude où les vallées de la Saulx, de l'Ornain et de la Marne sont à peine dessinées. De molles croupes qui culminent à 190m. sont couvertes par la forêt et encadrent la plaine essentiellement cultivée (maïs, betterave). Les sols lourds hydromorphes à pseudo-gley contrastent avec les sols bruns superficiels du Barrois.

Les vallées humides plantées en peupliers et aulnes voient leurs cours d'eau divaguer en décrivant de nombreux méandres. La dynamique fluviale y est active (Maire G., 1977).

Le paysage change radicalement; le contraste entre le Barrois lorrain et le Perthois champenois est frappant. Le torchis, la brique ou la tuile remplacent la pierre de taille du Barrois, comme matériaux de construction traditionnels. "*Les villages n'ont déjà plus l'aspect lorrain*" (Géographie Lorraine, 1937). Les voies de communication (canal de la Marne au Rhin, chemin de fer Paris-Strasbourg) empruntent ce couloir pour sortir de la Lorraine.

b. Contexte litho-stratigraphique.

Le substrat du Perthois est représenté par des alluvions calcaires récentes de la Saulx, de l'Ornain, de la Marne et de la Chée qui proviennent du démantèlement des formations du Portlandien et du Kimméridgien. Elles sont argilo-sableuses ou limoneuses en surface (limons de débordement) et sablo-graveleuses en profondeur. Leur épaisseur varie fortement (de 6 à 18 m) sur de faibles distances (secteur de Neuville/Ornain). Elles tapissent les formations imperméables du Crétacé qui recouvrent en discordance les calcaires portlandiens sous-jacents.

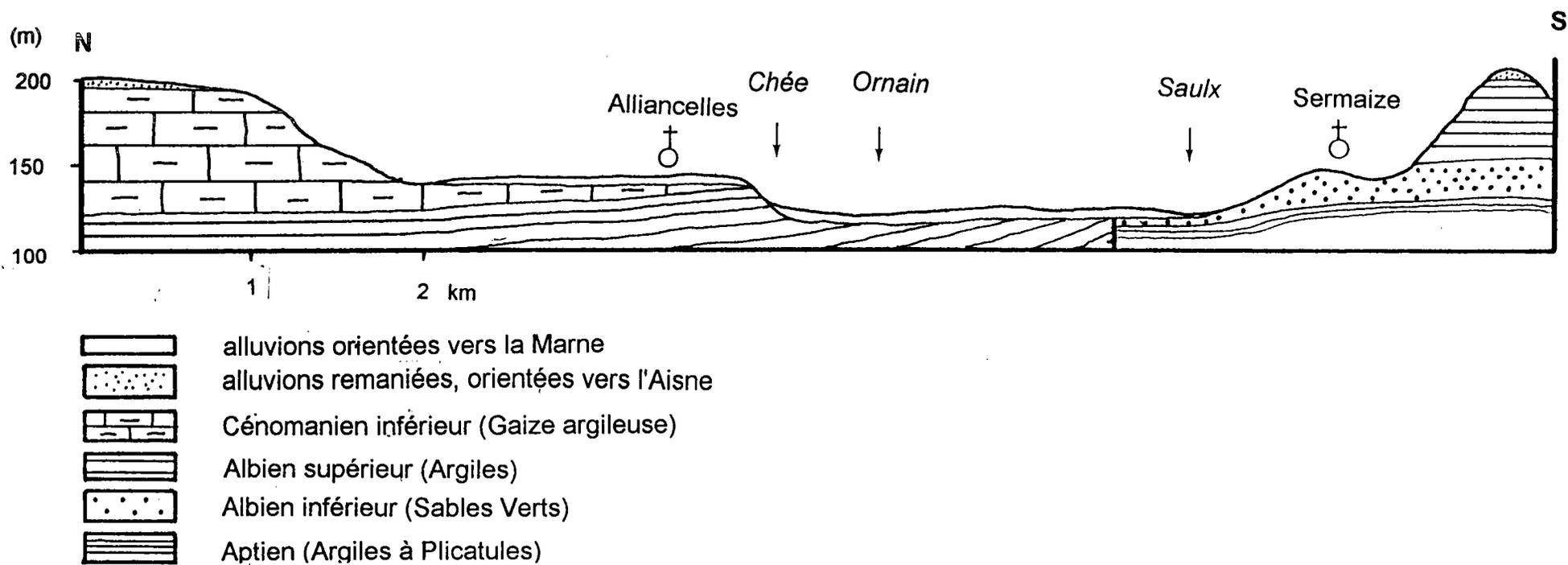
Au niveau de Revigny/Ornain, en rive droite de l'Ornain (Vassincourt), des lambeaux de terrasse d'alluvions anciennes ont été datés approximativement de l'Eémien à partir de l'industrie lithique et de la faune (Blondeau A., 1987, Harmand D., 1992).

La plaine alluviale large de 11 km se resserre au niveau

fig. I.22

LE PERTHOIS AU NIVEAU DE L'ETRANGLEMENT D'ALLIANCELLES- SERMAIZE

(d'après Tricart J., 1952)



d'Alliancelles-Sermaize-les-Bains où elle ne fait plus que 6 km de large (fig.1.22).

Les croupes bordières sont dégagées au sud, dans les argiles et les sables de l'Albien et au nord dans la gaize albienne argileuse qui devient gréseuse dans l'Argonne.

c. La tectonique du Perthois.

Le Perthois est inscrit dans le synclinal de Revigny/Ornain (Tricart J., 1952, Demassieux, 1966), de Thérain ou de Metz (Corroy, 1925, R. Laugier, 1957), de direction est-ouest. Ce synclinal à vaste rayon de courbure est fracturé par le horst de Sermaize (vallée de la Saulx) et le fossé tectonique de Laimont (vallée de l'Ornain) qui terminent le réseau de fracture de la Marne (annexe 1.4). Le fossé de Laimont met en contact les argiles de l'Albien supérieur (Argiles du Gault) avec les Calcaires Cariés du Portandien inférieur. Le horst de Sermaize d'orientation nord 340° présente un rejet important de l'ordre de 30 m. et met en contact les sables de l'Albien inférieur avec les argiles de l'Aptien. Ce horst explique le rétrécissement de la plaine alluviale au niveau d'Alliancelles-Sermaize.

B. LES RESSOURCES EN EAU ET LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

a. Les ressources en eau.

Les principaux niveaux aquifères du Perthois sont représentés par:

- la nappe phréatique des alluvions de la Chée, de l'Ornain et de la Saulx

- les sables de l'Albien inférieur dont le mur est constitué par les Argiles à Plicatules de l'Aptien.

L'aquifère de l'Albien, quantitativement médiocre, se vidange par de très nombreuses émergences temporaires à faible débit. Au sud du horst de Sermaize, il est à surface libre et en communication avec la nappe phréatique de la Saulx alors qu'au nord il est captif sous les argiles de l'Albien moyen (Gault).

Les alluvions calcaires de la Saulx, de l'Ornain et de la Chée sont "*des formations superficielles dans lesquelles les échanges eaux de surface-eaux souterraines sont possibles*" (AERM, 1989). Elles contiennent une nappe phréatique en interconnexion avec les écoulements de surface. L'apparition de ruisseaux phréatiques (rau des Grands Prés) témoignent effectivement de ces

échanges. Cependant, la nappe phréatique présente une alimentation différenciée. En effet, au nord du horst de Sermaize (vallées de la Chée et de l'Ornain), seules les pertes partielles ou totales de ruisseaux issus du Crétacé alimentent la nappe, alors qu'au sud (vallée de la Saulx), celle-ci est en contact avec la nappe de l'Albien inférieur (fig.1.22).

A l'est, en limite de recouvrement crétacé, le fossé tectonique de Laimont bloque l'écoulement progressif de la nappe portlandienne qui devient captive vers l'ouest. Le synclinal de Révigny/Ornain favorise le drainage des eaux vers ce fossé qui constitue ainsi un véritable "piège aquifère" (Demassieux L., 1966).

b. Le réseau hydrographique.

1. Les densités de drainage.

La nature essentiellement imperméable du substratum (Crétacé), les écoulements alluviaux et la forte sinuosité de la Saulx et de l'Ornain confèrent au Perthois la densité de drainage pérenne la plus importante du bassin-versant (0.54 km/km²).

En drainant la bordure méridionale du Perthois, la Saulx reçoit de nombreux affluents de rive gauche, nés dans la forêt de Trois-Fontaine (rau de Beuse) d'où une forte densité de drainage (0.36 km/km²). Ces affluents se perdent dans les alluvions ce qui explique la forte densité de drainage intermittent (0.13 km/km²) constatée. Sur ce tronçon, la Saulx présente une pente faible, de l'ordre de 0.17%.

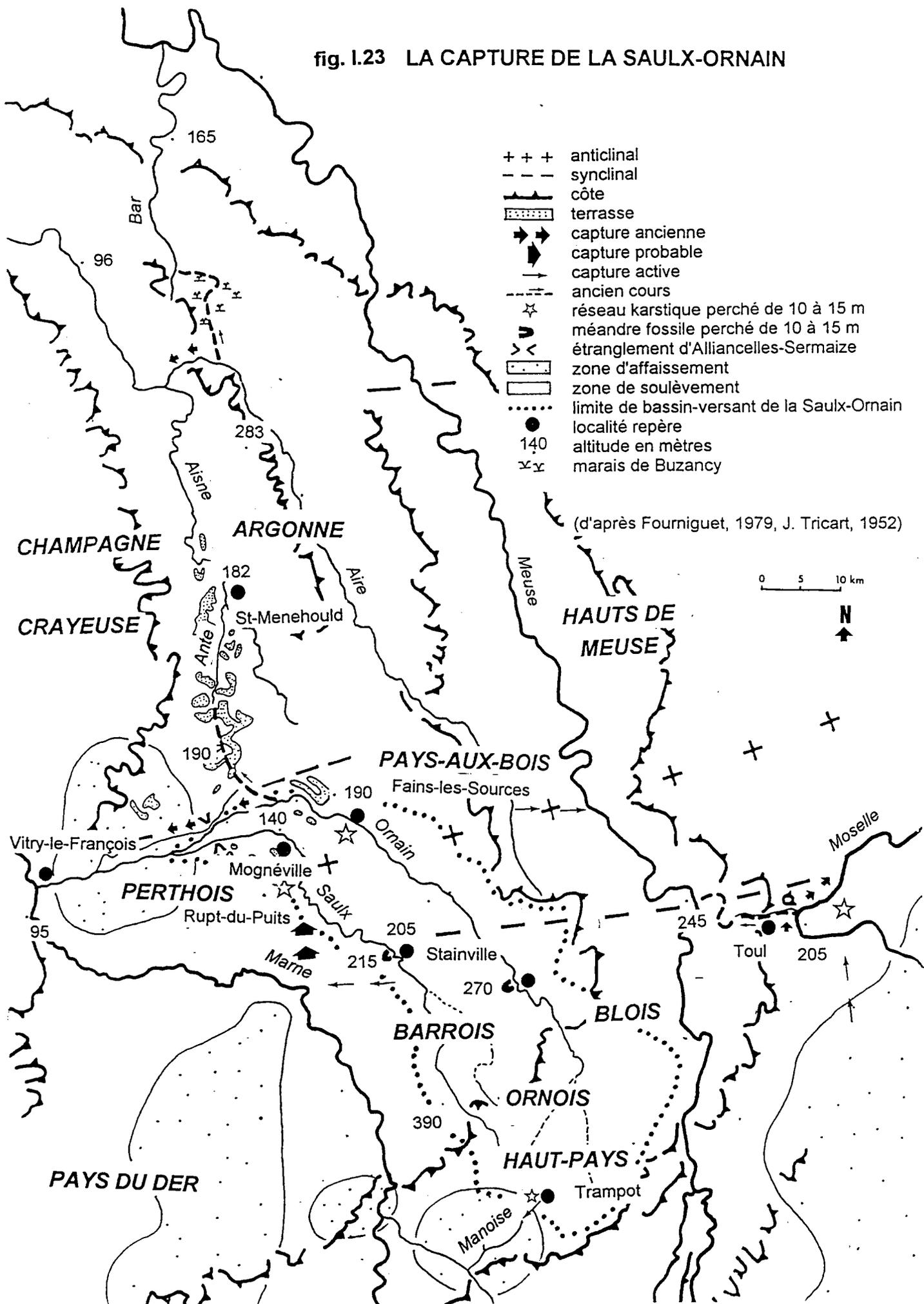
A la différence de la Chée et de la Saulx, l'Ornain draine le centre de la plaine alluviale du Perthois avec une pente plus faible (0.13%). La forte densité de drainage (0.66 km/km²) s'explique davantage par la sinuosité du cours d'eau que par le chevelu hydrographique qui est assez pauvre.

2. L'originalité du tracé des cours d'eau.

La Saulx et l'Ornain barroises présentent un cours d'orientation générale SSE-NNW conforme à l'inclinaison de la surface d'érosion oligo-miocène. Au sortir du Barrois, dans le Perthois, ces deux cours d'eau s'infléchissent brutalement vers l'ouest pour rejoindre la Marne à Vitry-le-François (fig.1.23). Ce changement de direction est la marque d'une capture ancienne de la Saulx-Ornain vers la Marne conquérante aux dépens de l'Aisne et vraisemblablement de la Meuse (Harmand D., 1992).

L'existence de cette capture s'affirme par:

fig. I.23 LA CAPTURE DE LA SAULX-ORNAIN



- les coudes de la Saulx et de l'Ornain au sortir du Barrois
- les niveaux de terrasse (+15 à +95 m.) de la vallée de l'Ante en direction de l'Aisne

- l'étranglement d'Alliancelles-Sermaize, ancien interfluve Saulx-Marne (Tricart J., 1952)

- les méandres perchés (+10 à 15 m.) de Treveray et de Stainville qui témoignent d'un abaissement brutal du niveau de base (annexe I.15)

- les réseaux karstiques perchés (+10 à 15 m.) de Fains-les-Sources, du Rupt-du-Puits et du bois de Trampot (+50 m.).

Cette capture a été datée approximativement de l'interglaciaire Riss-Würm (Éémien) à partir des vestiges préhistoriques (industrie lithique, faune) de la terrasse anté-capture de l'Ornain à Vassincourt (Guillaume Ch., 1982, Harmand, D., 1992). Les alluvions anciennes des vallées de l'Aisne et de l'Ante (anté-capture) sont vraisemblablement d'âge Pleistocène moyen (Mindel à Riss) selon les restes d'animaux (Blondeau A., Pomerol B., 1988).

La réorganisation des écoulements de surface répond à des facteurs tectoniques:

- le bassin-versant de la Marne conquérante connaît un affaissement généralisé dans le Perthois, les Pays du Der et le bassin de la Manoise, situés une centaine de mètres en contrebas de la Saulx-Ornain (Fourniguet J., 1980)

- le bassin-versant de la Meuse s'élève en individualisant un bassin Rhénan à l'est (Haguenauer B., Hilly J., 1987).

- la capture s'effectue dans le synclinal de Révigny/Ornain à l'image de celle de la Moselle dans le synclinal de Treveray-Dieulouard.

Tricart J. (1952) reconstitue le mécanisme de la capture par "soutirement de type classique" d'un affluent de la Vière qui par érosion régressive perce l'interfluve argileux Saulx-Marne (étranglement d'Alliancelles-Sermaize) pour tronçonner la Saulx-Ornain-Aisne. La gaize albienne plus résistante que les argiles et sables de l'Albien a ralenti le creusement vers le nord du paléo-cours d'eau subséquent, capturé par un affluent pénécouséquent de la Marne.

Les études récentes (Gamez P., 1995, Devos A., Sary M., 1995, Losson B., 1995) ont montré le rôle fondamental des écoulements souterrains et notamment karstiques dans le façonnement des captures. Il est tentant d'associer les circulations karstiques de l'interfluve Saulx-Marne à la préparation de la capture. Le réseau amont du Rupt du Puits perché d'une quinzaine de mètres (galerie paragenétique) pouvait-il couler d'est en ouest, et alimenter l'affluent pénécouséquent de rive droite de la Marne ? Peut-on imaginer des pertes de la Saulx alimenter ce réseau ? (Jaillet S., 1995). C'est

peu probable, car:

- l'affluent conquérant drainait déjà le Perthois caractérisé par les formations argilo-sableuses du Crétacé

- la couverture crétacée devait être trop épaisse à l'Eémien pour catalyser la karstification

- le réseau supérieur du Rupt du Puits se situe une vingtaine de mètres en contrebas du paléo-cours d'eau Saulx-Ornain. Cependant, ces écoulements hypothétiques pouvaient effectivement s'effectuer en régime noyé (coupes et lapiaz de voûte) sous le niveau de la Saulx, de la même manière que pour la capture de la Moselle (Gamez, 1995).

Les mécanismes de la capture de la Saulx-Ornain sont d'autant plus complexes qu'il faut les lier avec les captures de la Marne supérieure (Tricart J., 1952), de l'Aire-Bar et de la Moselle.

CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE

Le contexte morpho-structural du Perthois souligne le caractère frontalier et l'originalité du bassin-versant de la Saulx-Ornain. En effet, la traversée du Barrois et le cours subméridien de la Saulx et de l'Ornain rattachent les deux cours d'eau à la Lorraine jurassique. A l'inverse, le contexte morpho-structural et l'orientation du réseau hydrographique du Perthois rattachent le cours inférieur de la Saulx et de l'Ornain au domaine séquanien du Bassin-Parisien.

En amont de la limite Crétacé-Portlandien, c'est le domaine des côtes lorraines, de l'alternance litho-stratigraphique qui engendre une mosaïque de Pays.

En aval, c'est l'homogénéité morpho-structurale. Les Pays sont plus vastes et sont déjà dans la mouvance du pôle de subsidence du Bassin-Parisien.

La diversité des milieux traversés par la Saulx et l'Ornain confère aux cours d'eau des modalités de circulation de l'eau contrastées dans l'espace.

Le Haut-Pays (bassin supérieur de l'Ornain) correspond à une zone d'infiltration diffuse et localisée (karst de contact litho-stratigraphique Séquanien/Argovo-Rauracien).

L'Ornois se caractérise par une mince bande marno-calcaire propice au ruissellement et à la multiplication des niveaux de nappe (forte densité de sources). La traversée du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château par l'Ornain confère au cours d'eau des apports d'eau souterraine importants.

Le Barrois qui constitue la principale unité morpho-structurale du bassin-versant correspond également à une zone d'infiltration diffuse et localisée en rive gauche de la Saulx (karst de contact Crétacé/Portlandien) privilégiant les écoulements souterrains aux dépens du réseau hydrographique de surface. Cependant la tectonique souple et cassante détermine des compartiments

structuraux étagés qui commandent les échanges nappes-rivières et les écoulements souterrains.

Le Perthois constitue la partie inférieure du bassin-versant. Il est représenté par une plaine alluviale où les écoulements hypodermiques prédominent. L'originalité du tracé du réseau hydrographique est la marque d'une capture quaternaire par la Marne conquérante, aux dépens de la Meuse.

Le premier chapitre présente les potentialités et les modalités de circulation de l'eau. Le régime des cours d'eau de plaine et de plateau de l'espace français étant principalement pluvial, il convient d'étudier le contexte climatique afin de mieux caractériser les ressources en eau du bassin-versant.

SECOND CHAPITRE : LE CONTEXTE CLIMATIQUE

INTRODUCTION

Le premier chapitre de la première partie avait pour objet de présenter les potentialités aquifères et les modalités de circulation de l'eau du bassin-versant de la Saulx-Ornain et de ses environs immédiats. Celles-ci dépendent du contexte climatologique qui détermine l'apport fondamental du cycle de l'eau, en l'occurrence le surplus hydrique.

La présentation du contexte climatologique du bassin-versant est indissociable de l'étude hydrologique car les précipitations, les températures et l'évapotranspiration sont "*les facteurs conditionnels les plus importants*" (Roche M., 1963) dans l'explication des écoulements.

Avant de caractériser les principaux termes climatologiques du bilan de l'eau dans l'impluvium (précipitations, évapotranspiration) une présentation du contexte climatique général s'impose.

I. LE CONTEXTE CLIMATIQUE GENERAL

Le climat du bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit dans le contexte climatique général de la France de l'est. C'est un climat de type tempéré océanique de façade occidentale à nuance lorraine (selon Köppen).

La position de la France à l'extrémité occidentale de l'isthme européen aux latitudes moyennes (48° de latitude nord), place la région étudiée au cœur de la circulation atmosphérique zonale (flux d'ouest) et méridienne (balancement ondulatoire des masses d'air). Cette double circulation explique la multiplicité des masses d'air et des types de temps.

"Cette variabilité résulte d'abord de la prédominance des types cycloniques qui affectent 58% des jours, soit quatre jours par semaine en moyenne" (P. Pédélaborde, 1957).

Les perturbations qui caractérisent la circulation atmosphérique de la région résultent de la confrontation de masses d'air d'origines différentes et allogènes; l'est de la France n'étant pas générateur de masses d'air.

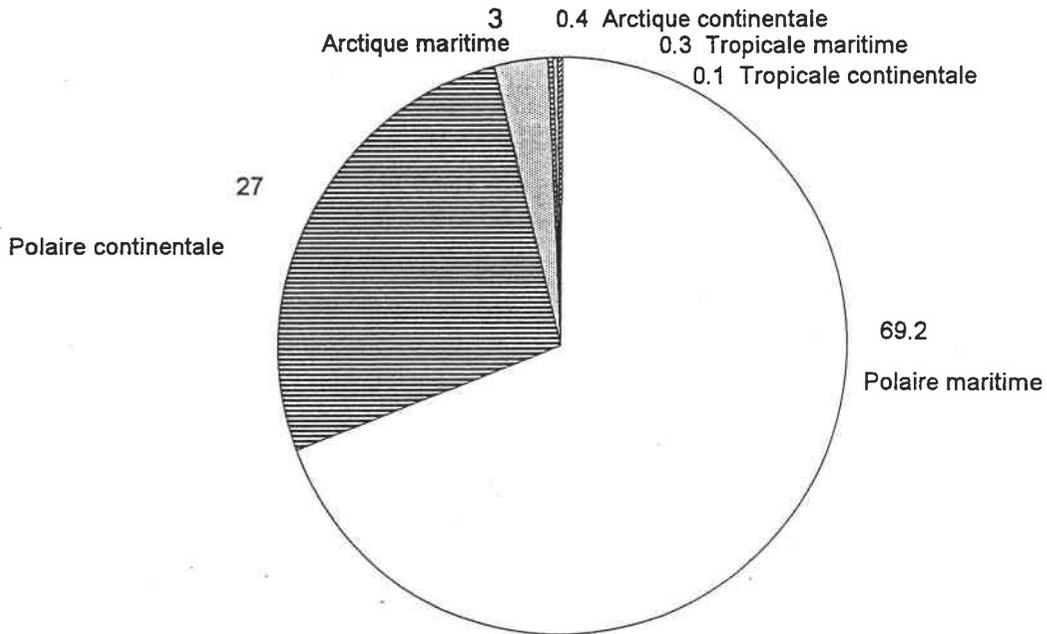
L'appartenance à ce contexte nous permet d'étudier les masses d'air et les types de temps du bassin de la Saulx-Ornain à partir d'études générales (P. Pédélaborde, 1957, F. Shamsi, 1968, G. Meyer, 1992).

A. MASSES D'AIR ET TYPES DE TEMPS.

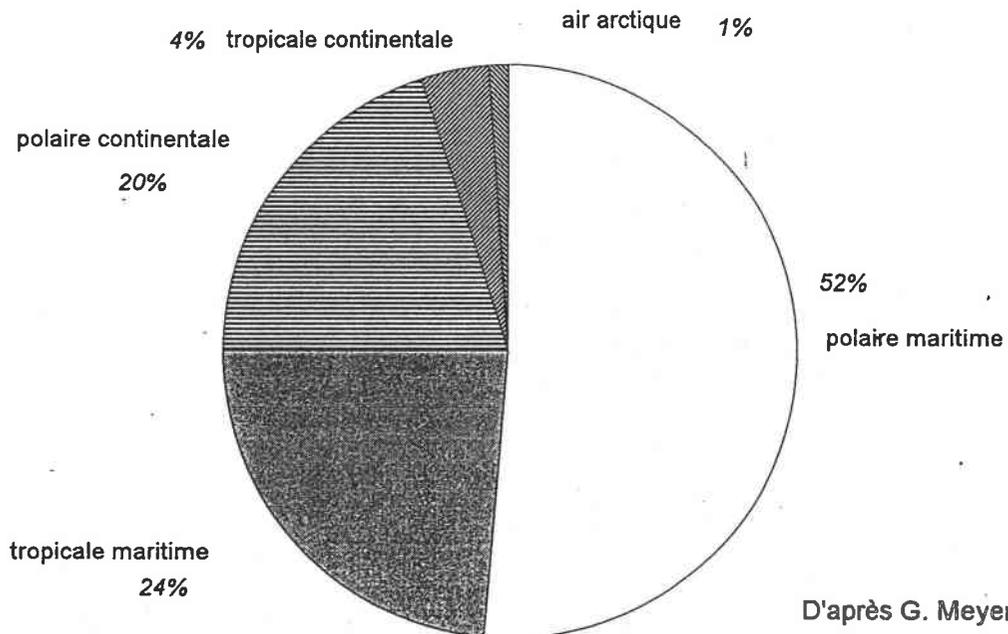
En climat océanique, les circulations atmosphériques sont commandées par les masses d'air et les centres d'action qui déterminent les types de temps.

fig. I.24

FREQUENCES DES MASSES D'AIR DU BASSIN PARISIEN, EN %, DE 1899 A 1939 D'APRES PEDELABORDE P. (1958)



FREQUENCE DES MASSES D'AIR A METZ-FRESCATY, EN %, DE 1986 A 1991



D'après G. Meyer, 1992

A. LES MASSES D'AIR.

Les fréquences des masses d'air du Bassin Parisien de 1899 à 1939, d'après P. Pédélaborde (1957) et de Metz-Frescaty de 1986 à 1991 d'après G. Meyer (1992) témoignent de la prédominance des masses d'air maritimes qui représentent plus de 70% de la répartition annuelle (fig. I.24). Ces masses d'air maritimes essentiellement polaires (69 à 52%) sont canalisées par le Minimum d'Islande (renforcé par la dérive Nord-Atlantique) et les hautes pressions subtropicales. Elles se traduisent par des vents d'ouest dominants (station de Saint-Mihiel, fig.I.25).

Les masses continentales sont non seulement plus rares (moins de 30%) mais majoritairement indigènes et thermiques (63% des masses continentales) formées par subsidence de l'air polaire.

L'air arctique et tropical continental sont très peu représentés (moins de 5%) ce qui confère au Bassin Parisien un climat tempéré et doux. "*Les masses désagréables, très chaudes ou très froides ne visitent donc presque jamais le Bassin Parisien*" (P. Pédélaborde, 1957).

Ces fréquences d'année moyenne cachent de faibles disparités mensuelles. En effet, les fréquences mensuelles des masses d'air sur le Bassin de Paris de 1946 à 1950 (annexe I.16) témoignent de l'importance de l'océanisme des mois tout le long de l'année (plus de 50% des masses d'air maritimes pendant 12 mois). Néanmoins, la saison chaude est plus maritime (70% des masses d'air) alors que la saison froide est la plus continentale avec des masses d'air continentales à dominante allogène (anticyclones d'Europe centrale essentiellement).

Les inter-saisons s'opposent: le printemps est plus troublé avec des descentes fréquentes d'air froid instable (air arctique) et peu de masses allogènes. Il ne se raccorde que tardivement à l'été (qu'à partir de mai). A l'inverse l'automne est plus stable avec des masses d'air essentiellement continentales, surtout en octobre (temps ensoleillé) et des incursions tropicales (temps doux).

Les fréquences des masses d'air à Metz entre 1986 et 1991 confirment la prédominance de l'air maritime notamment en été, mais accentuent le poids des masses tropicales (fig.I.26).

La circulation de ces masses d'air est sous la commande de centres d'action anticycloniques ou dépressionnaires qui déterminent les directions des flux dominants et les types de temps.

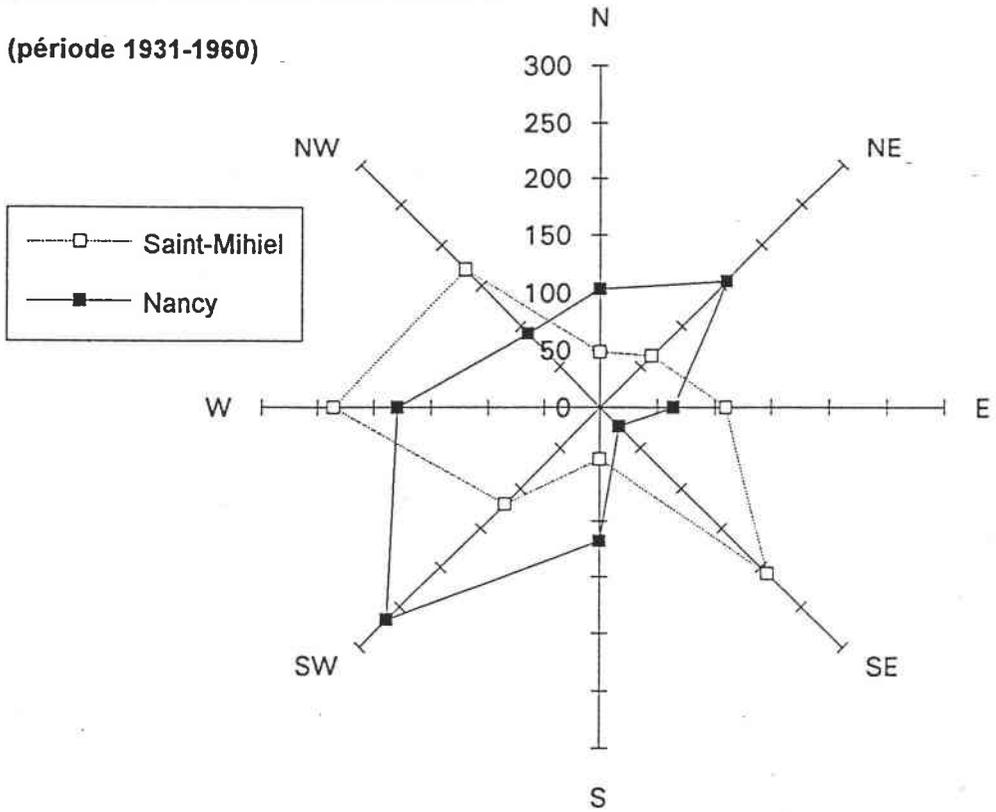
b. Les flux et les centres d'action.

Les fréquences des centres d'action, en % à Metz de 1986 à 1991 (fig.I.27) témoignent de la prédominance des anticyclones et des dépressions

fig. I.25

FREQUENCE POUR 1000 DES VENTS

(période 1931-1960)



COURBE OMBRO-THERMIQUE
STATION DE LOXEVILLE-ERNEVILLE (période 1969-90)

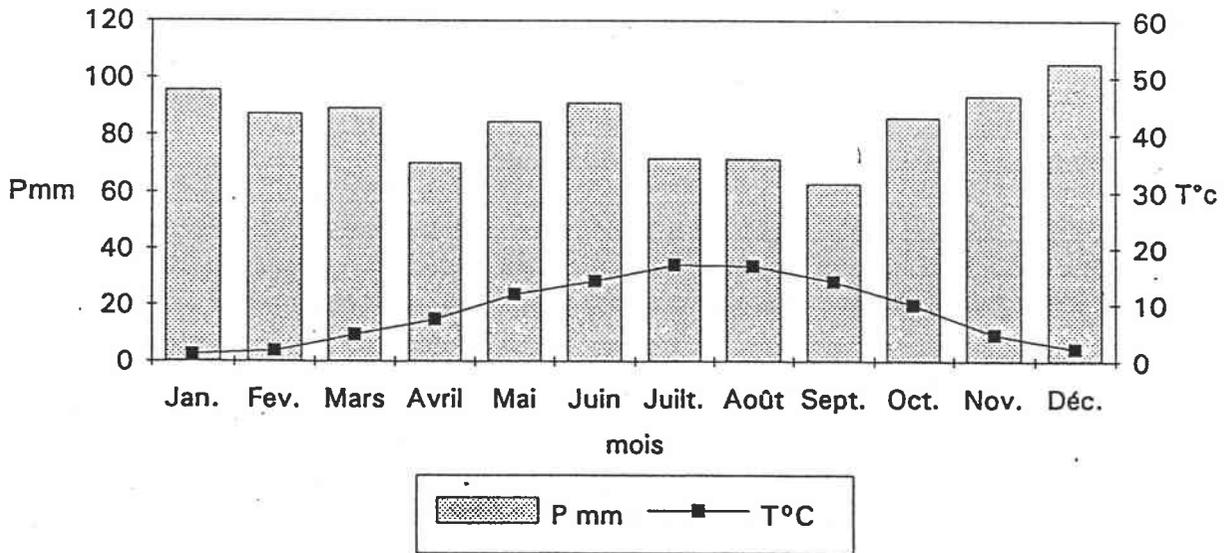
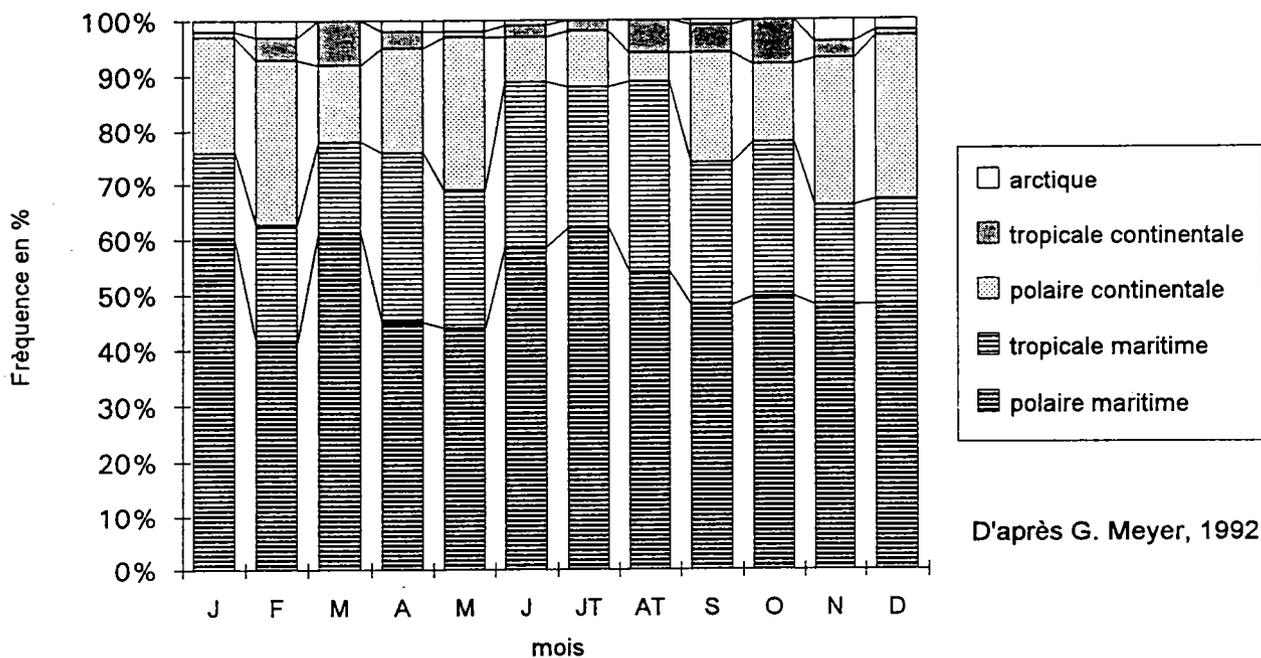
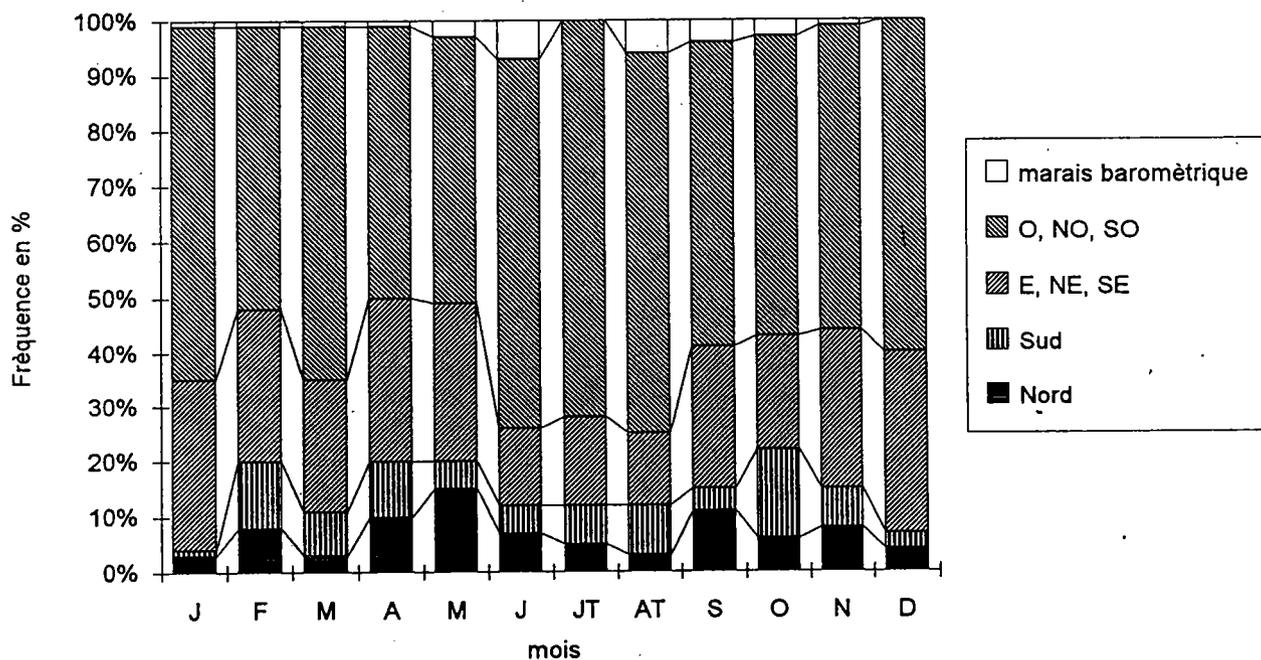


fig. I.26

FREQUENCES DES MASSES D'AIR A METZ ENTRE 1986 ET 1991



FREQUENCE DES FLUX A METZ ENTRE 1986 ET 1991



océaniques (qui génèrent des flux d'ouest). Ces flux zonaux véhiculent de l'air maritime et des perturbations pluviogènes qui forment le front polaire.

A la station de Saint-Mihiel et de Nancy, ces flux représentent près de 25% des vents observés.

Lorsque la trajectoire des perturbations est décalée vers le nord par la remontée des hautes pressions subtropicales, les flux de nord-ouest balayent le nord-est de la France qui devient alors "*la seule région à recevoir des précipitations*" (G. Escourou, 1982).

Les anticyclones continentaux constituent 14% des centres d'action à Metz. Lorsqu'ils sont raccordés aux hautes pressions océaniques, les flux océaniques de sud-ouest à forte capacité pluviale dominant.

En fonction de la trajectoire ondulatoire du front polaire, les circulations cycloniques déterminent préférentiellement des flux de secteur ouest d'origine océanique qui constituent plus de 50% des vents à Saint-Mihiel et à Nancy. Les circulations méridiennes et continentales de secteur est "*se produisent principalement en régime anticyclonique (fréquence de 80%) contre 20% pour le régime perturbé*" (G. Meyer, 1992). Cependant, la comparaison des flux à Saint-Mihiel et Nancy montre l'importance des reliefs (canalisation des flux dans les vallées, position d'abri de pied de côte) ce qui perturbe l'appréhension de la circulation atmosphérique zonale.

A l'image des masses d'air, les fréquences mensuelles des flux à Metz entre 1986 et 1991 présentent de faibles disparités. Les flux zonaux de secteur ouest restent prédominants (plus de 50%) toute l'année surtout en été. Par contre en hiver, les flux continentaux de secteur est représentent près de 30% des vents. Les inter-saisons connaissent une accentuation des flux méridiens particulièrement en avril, mai et octobre.

c. Les types de temps.

"La connaissance des types de temps est capitale sur le plan du découpage climatique, puisque c'est leur fréquence qui commande en définitive les oppositions entre climats régionaux" A. Godard, M. Tabeaud, 1993.

Les fréquences des types de temps du Bassin Parisien de 1926 à 1950 (fig.I.27) soulignent:

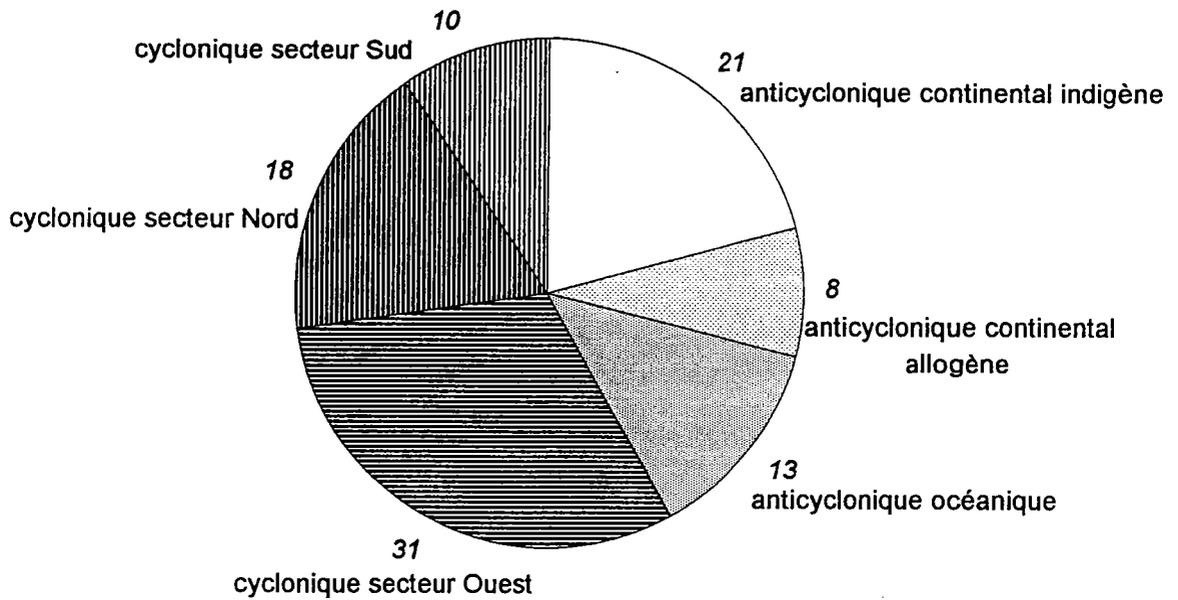
-la multiplicité des types de temps liée à la double circulation zonale et méridienne

-la prédominance des types cycloniques (59%) qui engendrent une forte variabilité de temps. "*La durée moyenne de chaque type de temps (anticyclones mis à part) est brève: un à trois jours en moyenne*" G. Escourou, 1982;

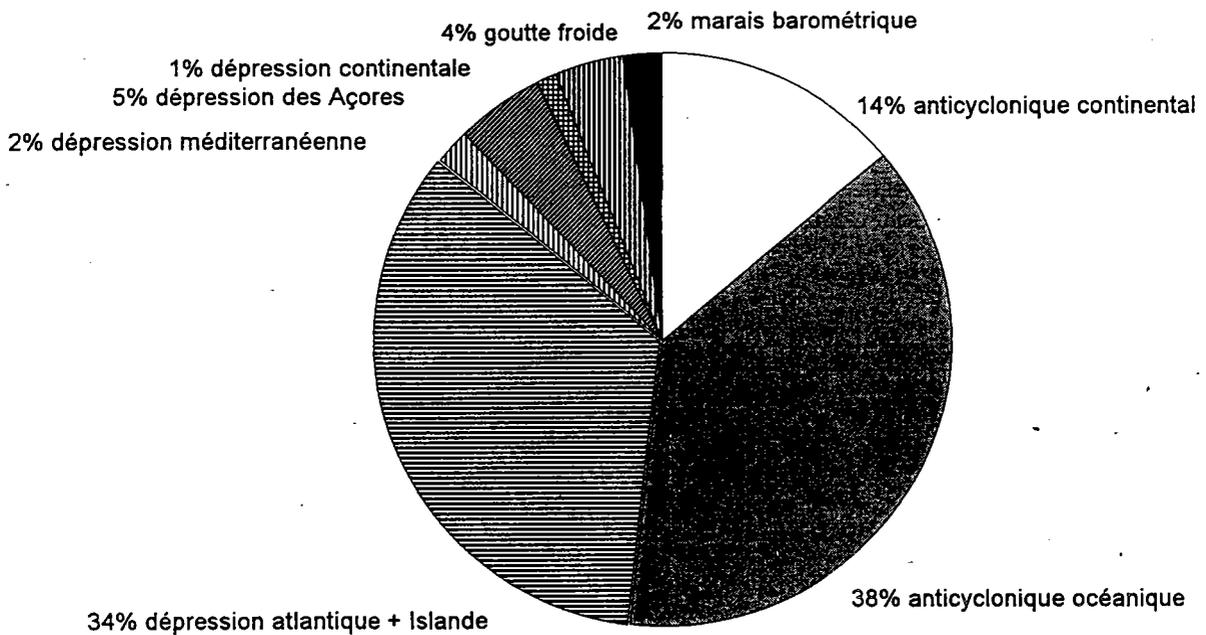
-l'océanisme prépondérant du climat (3/4 des types

fig. I.27

**FREQUENCES DES TYPES DE TEMPS DU BASSIN PARISIEN, EN
%, DE 1926 A 1950 D'APRES PEDELABORDE P. (1958)**



**FREQUENCES DES CENTRES D'ACTION , EN %, A METZ-
FRESCATY DE 1986 A 1991**



D'après G. Meyer, 1992

de temps)

-la rareté des types de temps anticycloniques allogènes (8%) soulignant le caractère franchement océanique et tempéré du climat.

Les types de temps anticycloniques continentaux sont représentés aux 3/4 par des temps indigènes qui "*se forment sur notre région même à partir de l'air océanique*" (P. Pédelaborde, 1957).

La répartition des types de temps dans l'année est représentée par les fréquences saisonnières et mensuelles (annexe I.16).

La saison chaude s'oppose à la saison froide par sa dominante maritime (70% des types de temps) et sa stabilité (surtout en été). En effet, la saison froide est la plus continentalisée et la plus troublée (notamment en hiver) avec de nombreux cyclones de secteur nord et ouest qui véhiculent des masses d'air continental froid.

Les inter-saisons s'opposent également. Le printemps présente des types de temps variés caractérisés par des circulations perturbées méridiennes qui accentuent les contrastes climatiques (descentes d'air arctique). L'automne est troublé par des types de temps de secteur ouest mais reste agréable avec des masses d'air continentales indigènes voire des incursions tropicales (douceur des températures).

Les masses d'air, les flux et les types de temps observés dans le Bassin Parisien et plus particulièrement à Metz soulignent le caractère franchement océanique du climat. "*En Lorraine, les temps continentaux les plus caractéristiques (secs, froids et clairs en hiver, orageux en été) ne représentent qu'un pourcentage limité, même si on le rapporte à la saison considérée*" (P. Pagney, 1988).

L'étude de certains paramètres climatiques (précipitations, températures, insolation) permet d'expliquer les influences dites continentales qui sont en fait le reflet du relief (rugosité, exposition et altitude). La caractérisation d'une nuance climatique entre le Bassin-Parisien et la Lorraine peut s'effectuer à partir de l'analyse de certains paramètres climatologiques de plusieurs postes.

B. LES CARACTERISTIQUES DU "CLIMAT LORRAIN".

Les types de temps sont caractérisés chacun par des conditions météorologiques précises pendant un laps de temps court qui, cumulées constituent la marche des températures, des précipitations et de l'insolation durant l'année.

Afin de mieux replacer le climat lorrain dans son contexte climatique général nous étudions les principaux paramètres climatiques (températures, précipitations, insolation) de la station de Loxéville (située dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain) comparés à celles de Brest, Paris et Strasbourg.

Ces stations se rattachent au climat tempéré océanique de façade occidentale de la France du nord où les influences océaniques et continentales s'opposent.

La station de Brest est représentative d'un climat océanique pur, alors que celles de Loxéville et Paris correspondent à un climat dit de transition avec un climat plus continentalisé, illustré avec la station de Strasbourg.

a. Les données annuelles.

1. Les précipitations.

Les précipitations aux quatre stations sont sensiblement différentes puisqu'elles s'échelonnent de 607 mm (à Paris) à 1122 mm (à Brest). La station de Loxéville est la seconde station la plus arrosée avec 1008 mm avant celle de Strasbourg avec 692 mm (annexe I.17).

Ces totaux pluviométriques reflètent l'éloignement à la mer mais surtout l'effet du relief par "rugosité" (G. Escourou, 1982) ou "frottement des masses d'air" (P. Pédelaborde, 1957).

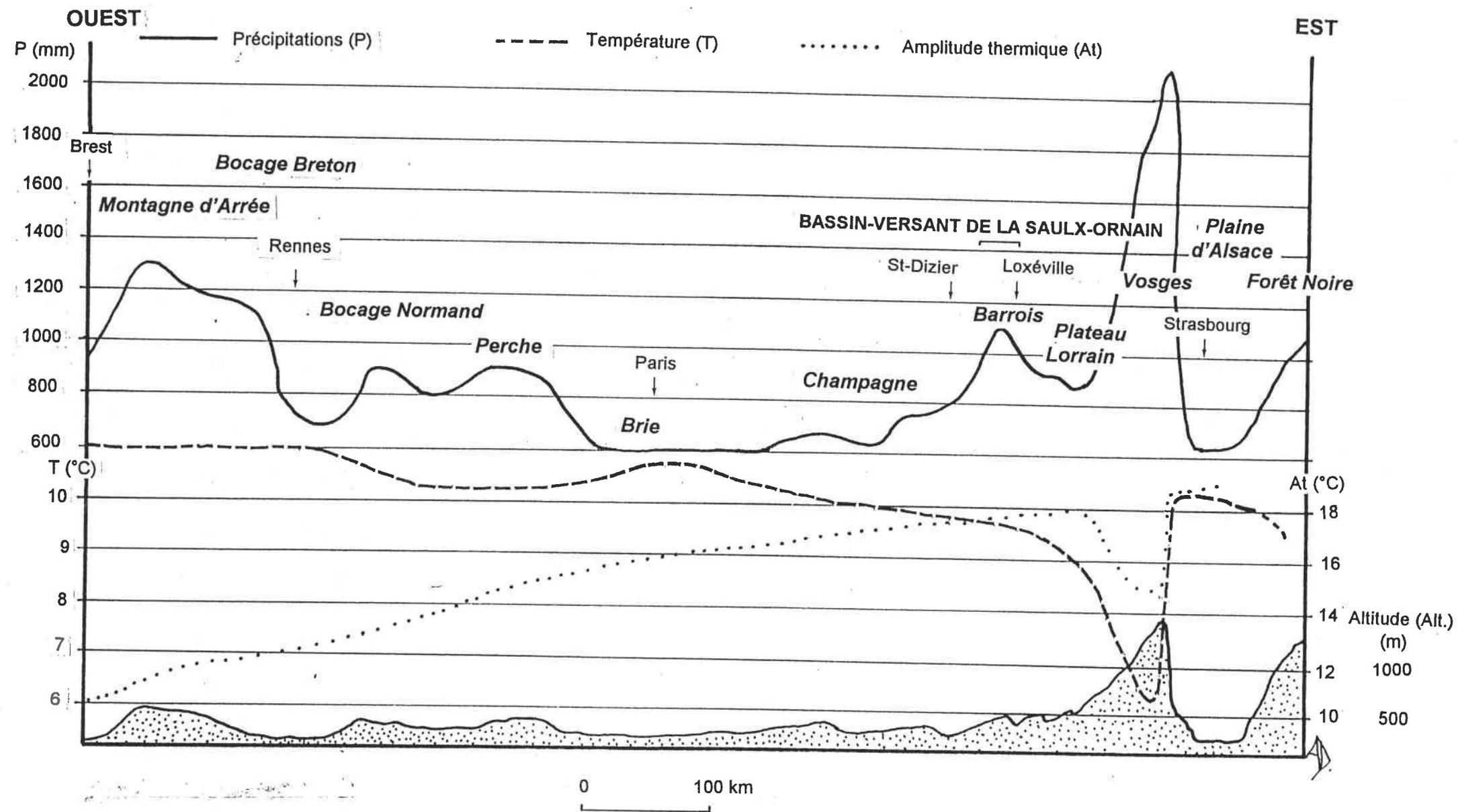
"La hauteur de la lame d'eau qui tombe sur une région est beaucoup moins liée à la proximité de la mer; elle dépend surtout de la rugosité (passage de plateaux à des collines, par exemple) et de l'altitude" (G. Escourou, 1978). En effet, lorsque les masses d'air océaniques venant d'ouest abordent la Bretagne, le contraste de rugosité entre l'océan et le continent provoque le ralentissement et la condensation de l'air ce qui se traduit par d'importantes précipitations à Brest (fig.I.28).

Plus à l'est, en situation d'abri, le centre du Bassin Parisien présente des plateaux dénudés où les pluies sont faibles (station de Paris). Aux plateaux monotones d'Ile de France et de Champagne succède l'alternance des côtes lorraines augmentant la rugosité et les précipitations. Ce contraste de rugosité est accompagné d'une augmentation significative des altitudes à partir de l'Argonne-Barrois.

"Le plateau du Barrois, vers l'Est, constitue aux portes de la Lorraine, la seconde barrière orographique (420 m) et les précipitations annuelles atteignent 900-1000 mm" (E. Gille, 1985). On constate en effet des précipitations importantes à Loxéville (1008 mm). Cet effet d'altitude et de rugosité s'accompagne d'une influence dynamique des reliefs. Aux môles pluviométriques (Bretagne, Argonne-Barrois, Vosges) succèdent généralement des "diagonales" et "vallées" sèches (plateaux d'Ile de France, val de Meuse, Woëvre, vallée de la Seille, plaine d'Alsace) qui bénéficient de positions d'abri (pluies faibles à Strasbourg). L'examen des hauteurs des pluies dans le bassin Rhin-Meuse et ses régions limitrophes (J.F. Zumstein, AERM, 1995) montre le rôle fondamental des reliefs, plus contrastés dans le nord-est de la France que dans le centre du Bassin Parisien (fig.I.29).

Cette observation s'explique par l'affaiblissement progressif des fronts d'ouest lorsqu'ils abordent le Bassin Parisien. *"la plupart des dépressions (...) sont âgées. Les structures pluvieuses de ces dépressions manquent donc de vigueur et sont sensibles à des reliefs modestes"* (P. Pagney, 1988).

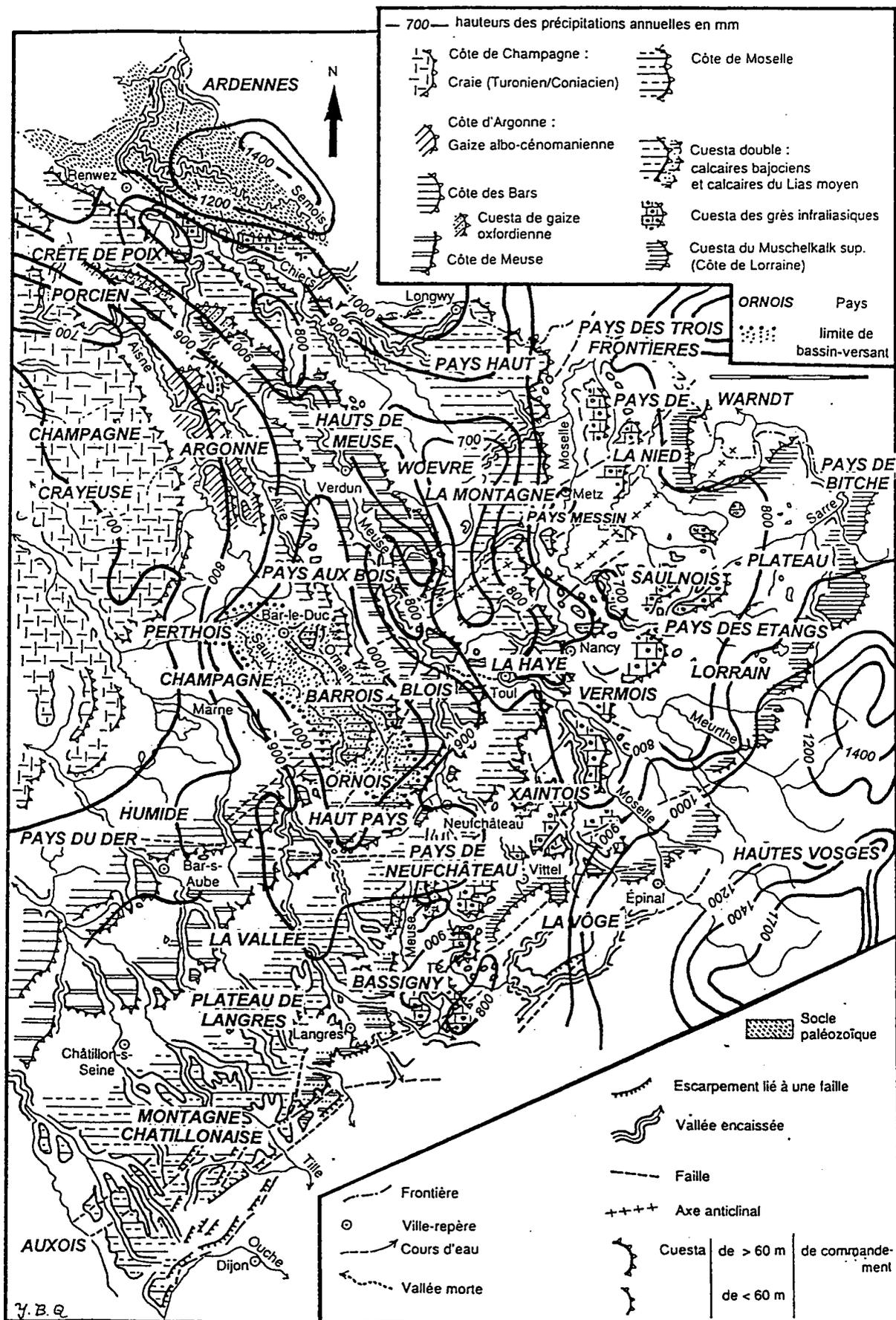
fig. I.28 PROFILS PLUVIO-THERMIQUES DU NORD DE LA FRANCE



Sources: profil pluviométrique amélioré d'après De Martonne E., (1955).

fig. 1.29

PAYS DES COTES ET STRUCTURE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES DU NORD-EST DE LA FRANCE



Fond de carte: Battiau-Queney Y., 1993

Structure des précipitations: Zumstein J.F., A.E.R.M., 1995

Ainsi, le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit dans le rôle pluviométrique de l'Argonne-Barrois en position de frontière limitée à l'ouest par la Champagne, et à l'est par la vallée de la Meuse plus sèches. En effet, la Champagne (Perthois) se caractérise par une structure des précipitations relativement homogène alors que l'espace lorrain correspond à une mosaïque pluviométrique où l'influence du relief est fondamentale (dégagement de Pays pluviométriquement homogènes).

2. Les températures et l'ensoleillement.

*** L'ensoleillement annuel.**

Situées approximativement à la même latitude, les stations ne diffèrent que de très peu pour l'insolation à l'exception de Strasbourg faiblement ensoleillée. L'ensoleillement reste faible (de l'ordre de 1750 heures/an) à l'échelle de l'espace français où il est compris entre 1700 et 2800 heures d'insolation annuelle (R. Arléry, 1961) ce qui souligne l'intense couverture du ciel et l'océanisme du climat

*** La température annuelle.**

Les stations climatologiques présentent des températures moyennes annuelles contrastées. Elles s'échelonnent de 8.8°C à Loxéville à 10°9 C à Brest. Strasbourg et Paris enregistrent des moyennes respectivement de 10°3 C et 10° 7 C. Brest est la plus océanique (température la plus douce), alors que la station la plus continentale (Strasbourg) ne présente pas la température moyenne annuelle la plus basse détenue par Loxéville. C'est donc la station la plus élevée en altitude (313 m) qui est la plus froide. Cependant, les problèmes de sites des stations thermométriques (agglomération pour Paris, pied de la côte des Bars pour Loxéville) perturbent l'analyse comparée des données moyennes annuelles. Néanmoins, les reliefs plus élevés de la Lorraine lui valent des températures moyennes annuelles plus fraîches.

La coupe thermique (fig.1.28) montre l'évolution spatiale de la température moyenne annuelle de Brest à Strasbourg. Celle-ci n'est non seulement pas régulière (cuvettes et dômes thermiques) et ne semble pas liée fondamentalement à l'éloignement de la mer (effet de continentalisation thermique). Les températures douces (11°C) de Bretagne sont davantage liées à l'effet de la dérive nord-atlantique qu'à la proximité de l'océan car le Bocage Normand pourtant situé à proximité immédiate présente des températures sensiblement plus faibles (10.2°C). Plus à l'est, dans la cuvette topographique du Bassin-Parisien les températures restent douces pour diminuer corrélativement à l'altitude à partir du Barrois (bassin-versant de la Saulx-Ornain). Les températures moyennes annuelles minimales (6.5 °c) se situent aux sommets des Vosges alors que dans la plaine d'Alsace elles croissent fortement pour atteindre la douceur du Bocage Normand. L'évolution des

températures ne témoigne donc pas d'une continentalisation du climat d'ouest en est. Seule l'amplitude thermique peut se prévaloir de caractériser l'éloignement à la mer. En effet, elle augmente régulièrement de Brest (10°C) à Strasbourg (19°C), à l'exception du massif vosgien où elle diminue (océanisme orographique). Dans le Barrois, elle est de l'ordre de 18°C.

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain se situe proche d'une frontière climatique davantage liée au relief qu'à l'effet de continentalisation. Il s'inscrit dans le climat lorrain caractérisé par un océanisme pluviométrique d'origine orographique et affecté de nombreux Pays climatiques où l'exposition et les positions d'abri sont fondamentaux.

b. Les régimes climatiques.

La marche des précipitations, des températures et de l'insolation permet de mieux dégager les contrastes climatiques régionaux gommés par les données annuelles moyennes.

*** Les climogrammes et les indices climatiques.**

Les climogrammes de Brest, Paris, Loxéville et Strasbourg permettent de caractériser chaque station par un climat régional. Nous avons également représenté le climogramme de la station de Sewen-lac d'Alfeld de manière à caractériser un climat océanique de moyenne montagne (versant alsacien des Vosges) (fig. I.30). Les indices climatologiques de Péguy, Coutagne, Conrad, Kerner et Köppen sont présentés en annexe I.17.

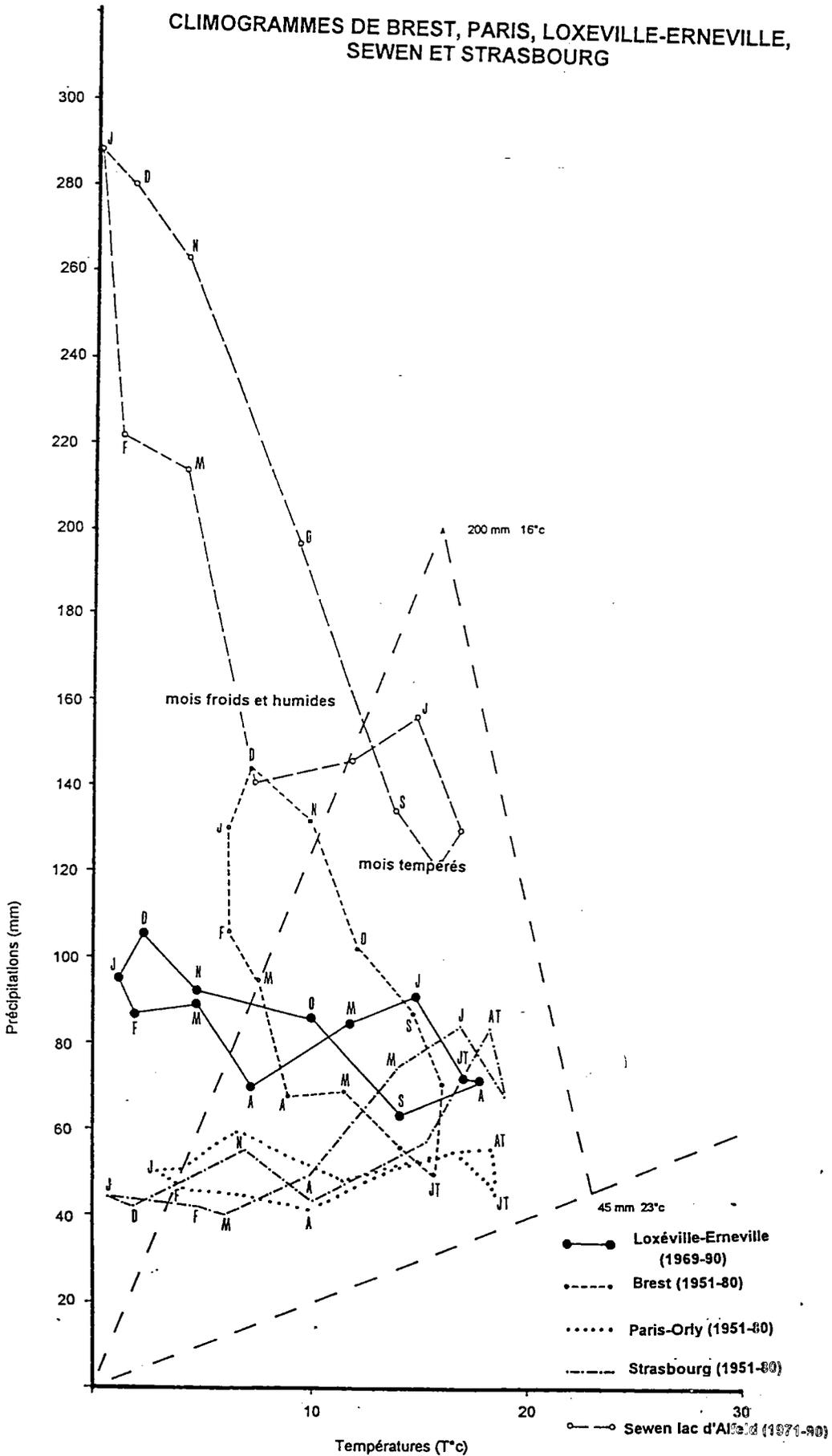
Le climogramme de Brest est allongé sur l'axe des précipitations témoignant davantage d'un régime pluvial que thermique. Avec une amplitude thermique faible (9.9°C) qui lui confère un indice de continentalité thermique de Conrad très faible (5.78), des précipitations hivernales prédominantes (faibles indices de Coutagne et de Conrad) et abondantes toute l'année, Brest est bien représentative d'un climat océanique pur de façade occidentale.

Le climogramme de Paris est allongé sur l'axe des températures. Il témoigne d'un régime thermique prédominant avec une amplitude thermique (15.5°C) et un indice de Conrad (17) plus élevés qu'à Brest ce qui témoigne d'une légère continentalisation thermique. Les précipitations sont régulières toute l'année; il pleut autant en saison chaude qu'en saison froide (indice de Coutagne supérieur ou égal à 1). C'est un climat océanique dégradé.

Malgré la position plus orientale de Loxéville, son climogramme présente un type de transition entre celui de Brest et de Paris avec deux régimes thermiques et pluviométriques. Ce dernier, bien que peu contrasté présente néanmoins des précipitations de saison froide légèrement plus importantes illustrées par les indices de Coutagne (0.86) et de Péguy (1.23). Le régime et l'importance des précipitations de Loxéville confèrent au Barrois

fig. I.30

CLIMOGRAMMES DE BREST, PARIS, LOXEVILLE-ERNEVILLE, SEWEN ET STRASBOURG



un océanisme marquant.

Les températures plus basses toute l'année et l'amplitude thermique proche de celle de Paris (15°9) sont davantage liées à l'altitude plus élevée du poste (313 m) qu'à une continentalisation. L'indice de continentalité thermique de Conrad est trois fois plus élevé qu'à Brest mais est comparable à celui de Paris. La station de Loxéville est donc représentative d'un climat océanique dégradé de plateau exposé aux précipitations.

Le climogramme de Sewen-lac d'Alfeld se caractérise par un remarquable allongement sur l'axe des précipitations (abondance hivernale) et une amplitude thermique proche de celles de Paris et Loxéville. L'abondance pluviale (plus de deux mètres de hauteur d'eau annuelle) et l'amplitude thermique moyenne témoignent d'un hyper-océanisme d'origine orographique caractéristique des moyennes montagnes de façade occidentale. Bien que située à l'est de Loxéville, la station de Sewen-lac d'Alfeld ne présente pas de traces des effets de la continentalisation liée à l'éloignement à la mer.

Le climogramme de Strasbourg est allongé sur l'axe des températures témoignant d'une forte amplitude thermique (18°1 C). L'indice thermo-isodromique de Kerner proche de zéro (3.03%) et les précipitations estivales dominantes, sont la marque de l'influence continentale. Pourtant, les précipitations de saison froide, proches de celles de Paris, et les pluies abondantes sur la Forêt Noire (plus de 1000 mm) empêchent de taxer le climat de Strasbourg de continental. L'effet du relief paraît ici fondamental. La plaine d'Alsace se situe effectivement en position d'abri, au pied du dôme pluviométrique vosgien. Le poste de Strasbourg connaît donc un climat océanique dégradé de position d'abri.

La comparaison des climogrammes et des indices climatiques de Brest, Paris, Loxéville, Sewen et Strasbourg place le Barrois dans un contexte climatique de transition marqué par un océanisme pluvial, orographique de plateau et une légère continentalisation thermique (amplitude thermique proche de 18°C).

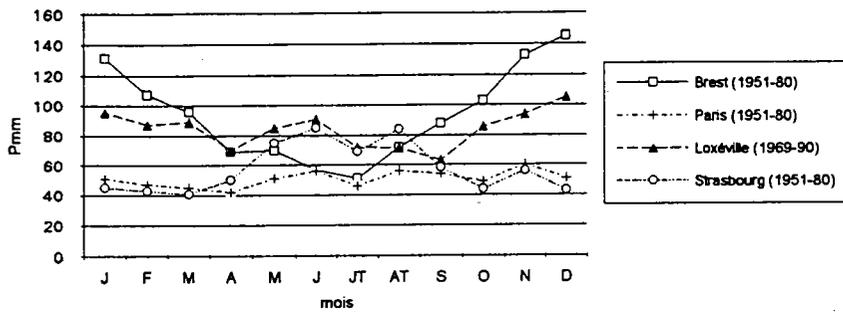
2. Les régimes et les climats régionaux (fig. I.31).

Si on applique la méthode de Musset (1943) en classant par ordre décroissant les totaux pluviométriques saisonniers des quatre stations, les régimes de Brest (HAPE) et de Strasbourg (EPAH) s'opposent. Ils présentent des pluies saisonnières bien contrastées à la différence de Paris (AEHP) et de Loxéville (HAPE) où les précipitations sont régulières toute l'année avec des variations qui ne sont pas significatives de régimes pluviométriques différents.

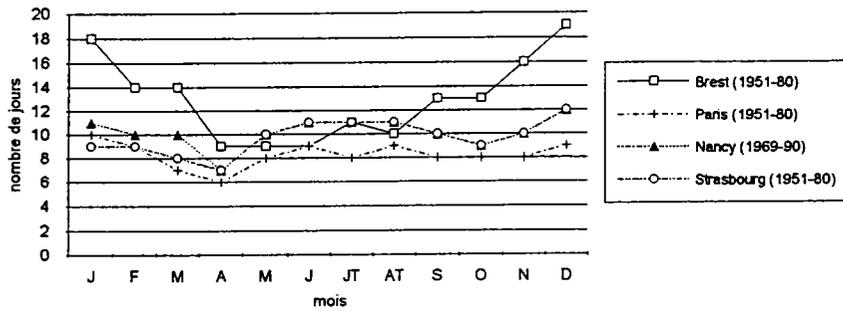
En effet, les variations de type de régime à chaque poste pluviométrique lorrain observé en fonction de la série chronologique considérée (Musset R., 1943, Godard A., 1951, Pédelaborde P., 1957, Shamsi F., 1968, François D., CEGUM, AERM, 1995) montrent non seulement les limites de cette méthode mais également la répartition homogène des pluies sur l'année.

fig. I.31

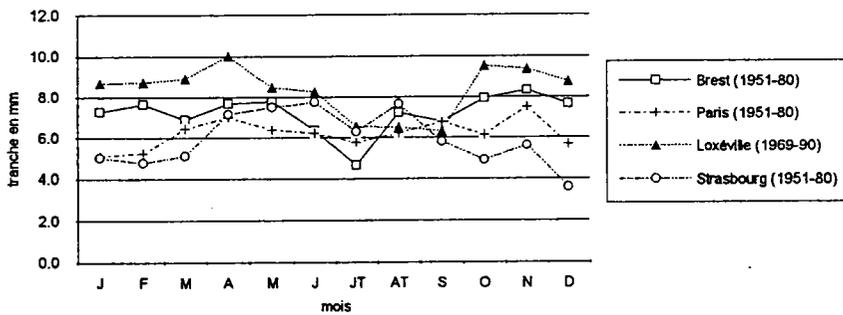
REGIMES DES PRECIPITATIONS



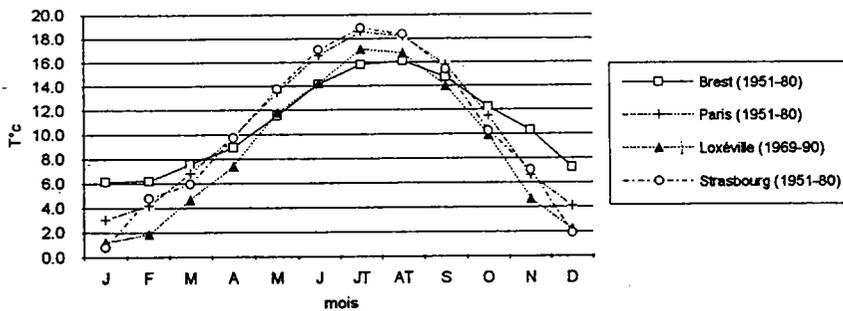
NOMBRE DE JOURS DE PLUIE



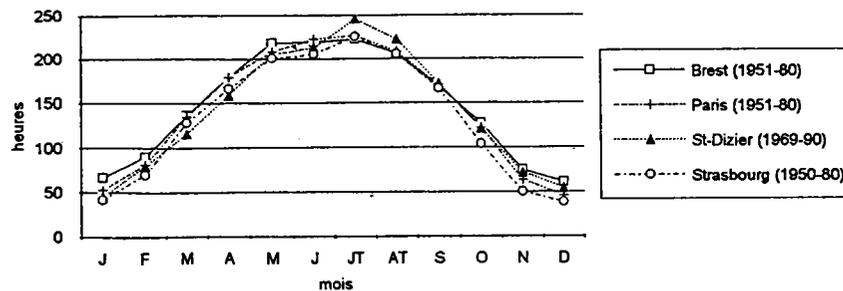
TRANCHE PLUVIOMETRIQUE QUOTIDIENNE



TEMPERATURES



ENSOLEILLEMENT EN HEURES



Les régimes des tranches pluviométriques quotidiennes montrent que les stations à pluie d'été prédominante (Strasbourg) connaissent des tranches pluviométriques estivales comparables aux autres stations (6 à 8 mm/jour). En outre à Loxéville et à Brest, les tranches quotidiennes maximales ne sont pas concentrées en été mais en saison froide. L'influence continentale "orageuse" d'été est donc à peine perceptible. Les différences de régimes pluviométriques tiennent plus aux déficits de pluies hivernales liés aux reliefs (position d'abri) qu'à la continentalisation.

"Les régions les plus arrosées, en juillet, ne sont pas les cuvettes surchauffées mais au contraire les secteurs qui apparaissent les plus frais, soit en raison de l'altitude, soit en raison de leur proximité de la mer" (Pédelaborde P., 1957). L'effet de rugosité joue davantage en saison chaude, lorsque la circulation atmosphérique zonale est ralentie (plus grande sensibilité des masses d'air aux reliefs) ce qui souligne le caractère cyclonique et océanique des précipitations.

Les régimes des températures révèlent deux saisons thermiques bien dessinées:

- une saison chaude de mai à octobre (température moyenne mensuelle supérieure à 10°C) avec un maximum en juillet (supérieur à 16° C) ou en août pour Brest.

- une saison froide de novembre à avril avec un minimum en janvier et des températures moyennes mensuelles inférieures à 10°C.

L'amplitude thermique est à Loxéville (15°9 C) très proche de celle de Paris (15.5° C). L'écart entre les deux régimes réside dans des températures toujours plus fraîches de 2° C environ (moins en automne) à Loxéville ce qui est lié à l'altitude élevée du poste. Ces différences de températures confrontées aux structures des précipitations entraînent un accroissement des jours de neige vers l'est à partir du Barrois (plus de 20 jours par an). *"Presque toujours, lorsqu'on arrive de Paris, la campagne apparaît toute blanche à partir de Saint-Dizier."* (Pédelaborde P., 1957). L'effet du relief s'observe également avec l'isotherme +18°C du mois de juillet qui délimite le Bassin Parisien plus chaud de la Lorraine plus fraîche.

c. Conclusion: le climat lorrain.

Les masses d'air, les types de temps donnent au climat un caractère franchement océanique. Les précipitations et les températures obéissent essentiellement à la trame du relief qui détermine la spécificité du climat lorrain. C'est un climat tempéré océanique où le relief accélère ou retarde la transition vers des climats plus continentaux. Seule l'amplitude thermique, en dépassant 18°C permet de caractériser l'effet d'éloignement à la mer ou la continentalisation qui reste progressive et relative. On peut alors caractériser le climat lorrain par un océanisme pluviométrique et une légère continentalisation thermique.

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain se situe donc non seulement proche d'une frontière pluviométrique mais également thermique. Il est inscrit dans une frange limitrophe entre "le climat océanique plus ou moins altéré" et "le climat à influences continentales sensibles" d'après l'atlas climatique de la France (Météo France). Il sert de transition entre le climat "séquanien" et le climat "vosgien", "*moins tempéré que le premier, son climat est moins froid que le second*" (Joanne P., 1905). Les zones de végétation du Bassin Parisien confirment les divisions climatiques. La limite entre les secteurs séquanien et lorrain passe approximativement entre le Perthois et le Barrois. Ces grandes régions climatologiquement homogènes reflètent une fois de plus les Pays.

Le bassin-versant, par ses altitudes élevées (200 à 450 m) par rapport aux plateaux et plaine champenois, sa forte rugosité de relief (vallées encaissées, découpage du plateau en rive droite de l'Ornain) et son exposition au flux d'ouest océanique se rattache au dôme pluviométrique d'Argonne-Barrois. Les précipitations d'origine cyclonique y sont importantes toute l'année avec une légère prédominance hivernale. Cet océanisme orographique s'accompagne d'une baisse des températures moyennes comparées au centre du Bassin Parisien. Les jours de neige et de gel y sont plus fréquents.

La structure méridienne des lignes de relief (cuesta, vallées) multiplie non seulement les sites d'abri (trou pluviométrique) mais également les secteurs exposés aux fronts pluvieux (dômes pluviométriques); la structure des précipitations est alors marquée par de nombreuses nuances climatiques régionales et locales qui ne reflètent ni la circulation atmosphérique zonale, ni la continentalité.

L'examen des pluies et des températures à partir des stations climatologiques du bassin-versant et de ses pourtours immédiats permettra non seulement de mieux dégager ces nuances régionales au sein de la frange climatique, entre le climat séquanien et le climat lorrain mais également de connaître la pluie utile du bassin qui détermine avant tout l'abondance des cours d'eau.

II. ANALYSE DU CLIMAT DU BASSIN-VERSANT.

L'étude du contexte climatique général et régional n'est pas une fin en soi, mais permet de répondre aux observations hydrologiques faites à partir de l'étude des débits aux stations limnimétriques de Mognéville (Saulx) et de Fains-les-Sources (Ornain). La période de référence choisie commune aux deux stations (1969-1990) servira donc de "normale" climatique aux postes thermo-pluviométriques du bassin-versant et de ses pourtours immédiats. C'est d'abord en fonction de cette période d'observation que les postes ont été choisis. La période de référence correspond grosso modo à celle choisie par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse dans le cadre des catalogues de débits d'étiage de fréquences caractéristiques.

Nous avons donc, dans un premier temps, effectué un inventaire de l'équipement climatologique du bassin-versant afin de procéder à une sélection des postes en fonction de la période retenue. A l'issue de la sélection, nous avons procédé au comblement des lacunes et à la critique des données rendue indispensable par l'hétérogénéité des conditions opératoires de la mesure et

des sites d'observation.

L'homogénéisation des données n'est pas systématique, mais "réfléchie" afin de ne pas gommer les disparités spatiales caractéristiques de nuances climatiques.

La critique et l'homogénéisation des données permettront de caractériser les nuances climatiques du bassin-versant à partir de l'étude des précipitations, des températures et de l'évapotranspiration.

A. EQUIPEMENT CLIMATOLOGIQUE ET CRITIQUE DES DONNEES.

a. Equipement du bassin.

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain est bien équipé en stations thermo-pluviométriques avec un poste pour 70 km² (17 stations pour 1400 km²) soit plus du double de la moyenne nationale (1 poste pour 180 km²). Il s'inscrit dans un espace plus vaste, de 3300 km² (interfluve Marne-Meuse) où la densité de poste est identique.

Si la répartition spatiale est homogène dans le bassin-versant (fig.I.32), elle l'est moins dans ses pourtours immédiats. En effet, l'interfluve Aire-Meuse (Pays-aux-Bois) est peu équipé alors que le Perthois concentre une dizaine de stations. En définitive, seul le Pays-aux-Bois fait figure de parent pauvre vis à vis des autres Pays de l'interfluve Marne-Meuse.

Cependant, la forte densité et la bonne répartition spatiale des stations cachent un bilan d'équipement bien moyen. Les périodes d'observations sont soit trop courtes ou lacunaires soit antérieures à la série hydrologique (annexe I.18). Les abandons de postes anciens installés au XIX^{ème} siècle sont fréquents (Cheminon, Sermaize, Demanges-aux-Eaux). Sur les 46 postes pluviométriques inventoriés, seulement 29 ont été retenus. Cette sélection repose essentiellement sur la comparaison des périodes d'observation des postes avec la chronique hydrologique (1969-90). Les postes qui présentent des lacunes n'excédant pas 5 années (soit 23% de la chronique) ont également été retenus et ont fait l'objet d'un comblement ou d'une extension de la série.

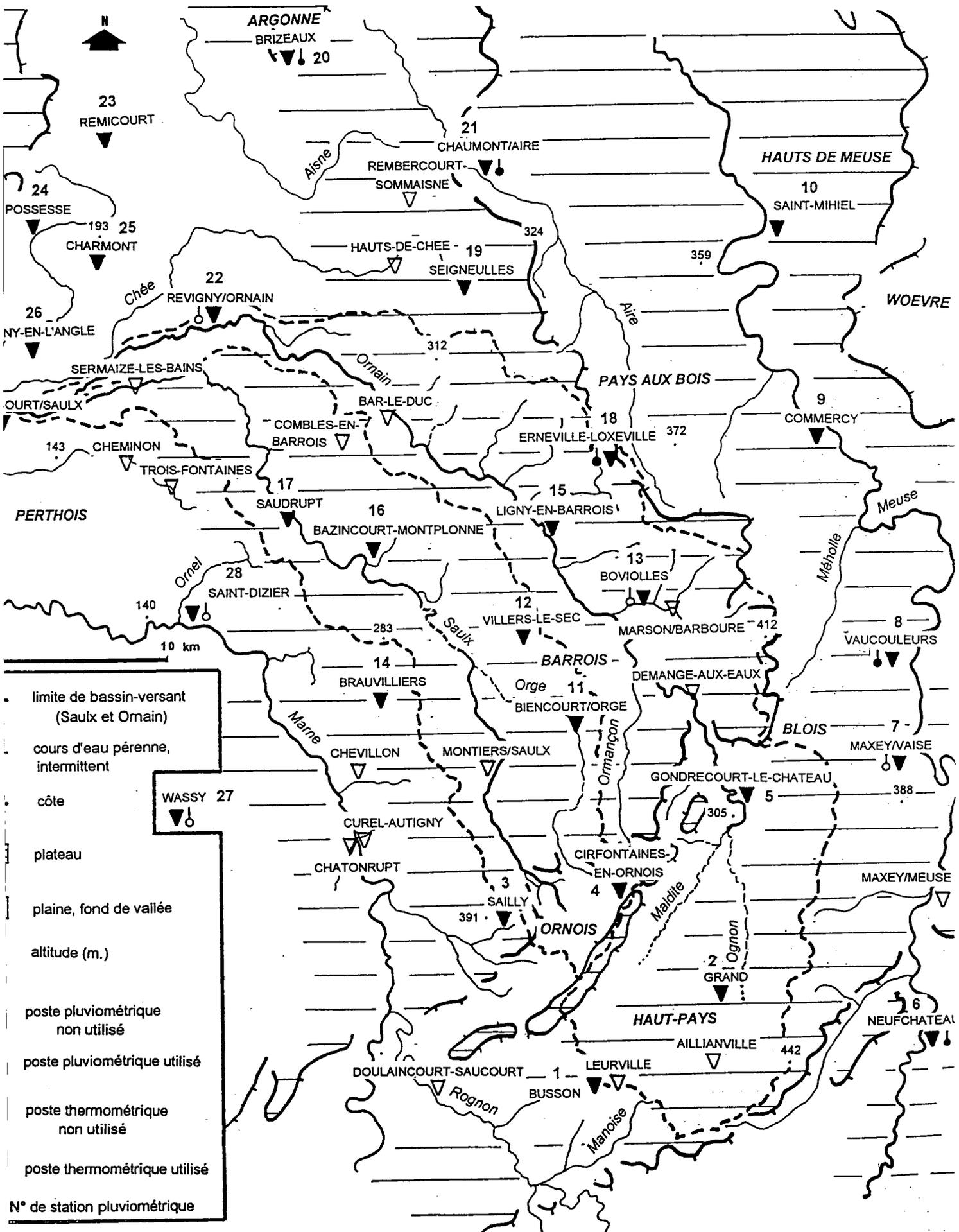
Le déficit de postes thermométriques est marquant. On dénombre effectivement 9 postes seulement, pour 46 postes pluviométriques. Le bassin-versant de l'Ornain concentre à lui seul la totalité des postes thermométriques de l'impluvium Saulx-Ornain.

L'hétérogénéité touche également les conditions opératoires des mesures. Les observations sur le terrain de plusieurs postes pluviométriques montrent une majorité de pluviomètres, de surface réceptrice (200, 400 et 2000 cm²) et de hauteur variées (0.9 à 1.7 m) et peu de pluviographes. L'automatisation des postes est encore balbutiante.

Les services gestionnaires et les observateurs des postes

fig. I.32 EQUIPEMENT THERMO-PLUVIOMETRIQUE DU

BASSIN-VERSANT DE LA SAULX-ORNAIN ET DE SES ENVIRONS



climatologiques sont très diversifiés: DDE, DDA, Gendarmeries, particuliers et enfin, Météo-France, participent à la récolte des données.

Compte tenu du bilan moyen de l'équipement climatologique du bassin-versant, nous utiliserons 29 postes pluviométriques (parmis les 46) et 5 postes thermométriques (parmis les 9). Les stations retenues s'organisent relativement bien dans l'espace, à l'exception du bassin inférieur de l'Ornain barroise dépourvue de poste climatologique. Chaque Pays est représenté par plusieurs postes pluviométriques. Le Haut-Pays, l'Ornois, le Barrois, le Perthois et la vallée de la Meuse comptent respectivement , 3, 3, 12, 8, et 3 postes pluviométriques.

Les données de ces postes retenus ont fait l'objet d'une critique, d'une homogénéisation et d'un comblement des lacunes.

b. Critique, homogénéisation et comblement des lacunes.

"L'hétérogénéité d'une série chronologique peut être comprise comme étant une rupture brusque dans la continuité d'une série due à un changement, soit des méthodes ou des conditions opératoires de la mesure, soit du milieu observé, soit des caractéristiques de la série (par exemple, succession d'années sèches et d'années humides)" (D. François, E. Gille, J.F. Zumstein, 1993). En somme, les données climatologiques sont marquées par des discontinuités liées à des facteurs humains ou naturels. L'hétérogénéité du matériel de mesure, des services gestionnaires ou centralisateurs, de la nature et de la qualité des données nécessite une critique des valeurs.

1. Critique des données

Les méthodes d'homogénéisation des données sont nombreuses:

- la méthode des simples cumuls (Dubreuil P., 1974) ne permet pas de distinguer les dérives naturelles des dérives humaines;

- la méthode des doubles cumuls (Brunet-Moret Y., 1971, Bois Ph., 1970, Dubreuil P., 1974) révèle les dérives humaines mais gomme les diversités climatiques régionales (notion de vecteur régional, Hiez, 1977) car elle repose sur une présomption d'appartenance à une même région climatique (problème de représentativité et de choix de la station de référence)

- la méthode du cusum (Lettenmayer, 1976) permet de mieux dégager les ruptures observées avec celle des simples cumuls et caractérise la période par des tendances sèches et humides

- la méthode du cusum avec rail d'homogénéité (François D., E. Gille, J.F. Zumstein, 1993) permet non seulement d'améliorer la méthode

de détection des séries sèches et humides et également d'automatiser l'extraction des sous-séries (variations climatiques).

Si ces méthodes dégagent des dérives naturelles ou humaines, elles ne permettent pas de révéler une anomalie répartie sur l'ensemble de la période (surestimation ou sous-estimation des pluies liées au site de la station).

On appliquera la méthode du cusum ramené à la moyenne de chaque poste afin de comparer l'évolution des pluies sur la période 1969-90 et de détecter les erreurs humaines.

La fonction C_j ou cusum représente l'écart du cumul des valeurs avec la droite moyenne. En regroupant les cusums ramenés à la moyenne des stations par groupe de Pays, on peut alors déceler des dérives naturelles observées sur l'ensemble des stations mais également des anomalies inhérentes aux conditions de mesures de chaque poste. Lorsque les cassures entre chaque sous-période sont concomitantes et que les pentes sont identiques, les valeurs sont considérées comme homogènes. Sinon, elles sont affectées d'erreurs imputables à la mesure ou au site de la station. La correction s'effectue en multipliant les valeurs erronées par un coefficient correcteur égal au rapport des moyennes qui correspond au rapport des pentes de chaque sous-série.

Pour faciliter la critique et le comblement des lacunes nous avons regroupé les cusums des stations pluviométriques de chaque Pays. Le regroupement a été défini en fonction des corrélations des précipitations annuelles entre toutes les stations qui déterminent des régions pluviométriquement homogènes (annexe I.19).

Pour l'ensemble des stations, les cusums réagissent de manière identique à l'exception de certains postes affectés de discontinuités liées à l'erreur humaine.

L'examen des C_j /moyenne des stations pluviométriques du Haut-Pays et de l'Ornois montre non seulement des cassures concomitantes mais également des pentes identiques témoignant de l'homogénéité des données.

A l'inverse le C_j /moyenne de Boviolles s'écarte des courbes des stations du Barrois à partir de 1969. Boviolles adhère ainsi aux stations de Ligny-en-Barrois, Révigny/Ornain et Commercy.

Sur 29 stations retenues, seules 4 ont donc fait l'objet d'une homogénéisation. Ce faible nombre témoigne d'une volonté de ne pas gommer les nuances pluviométriques régionales et nous permet d'effectuer une tournée sur le terrain afin d'expliquer le disfonctionnement de ces stations.

Le poste de Révigny/Ornain se situe dans la station d'épuration de la ville. Elle est équipée d'un pluviomètre automatique de 400 cm² (de surface réceptrice) à 0.9 m du sol, située à 4.3 m d'une rangée de cyprès de 3 m de hauteur. Le poste thermométrique, plus proche des cyprès (1.8 m) est à 9 m des bassins et des boues chaudes de la station d'épuration. Le site du poste est vraisemblablement contestable... (annexe I.20).

Le poste de Ligny-en-Barrois se situe dans la gendarmerie, accolé au grillage du bâtiment en bordure de la route. C'est un pluviomètre de 200 cm² de

surface réceptrice à 0.95 m du sol (annexe I.20).

Le poste de Commercy se situe également dans une gendarmerie et plus exactement dans la cour intérieure. C'est un pluviomètre de 200 cm² perché à 1.65 m du sol entouré de bâtiments (de plus de 8 m de haut) et d'arbres (sapins de 6 m de hauteur) distants de 7 m au minimum de l'appareil (annexe I.20).

Le poste de Boviolles se situait vraisemblablement au niveau du moulin du village. Nous ne l'avons malheureusement pas repéré sur le terrain.

Le site des stations ayant fait l'objet de corrections est effectivement loin d'être optimum. L'homogénéisation des données se doit de connaître avec précision les conditions d'enregistrement de chaque station climatologique. Sans tournée systématique sur le terrain, nous ne pouvons pas prétendre homogénéiser les données, c'est pourquoi notre critique des valeurs reste volontairement réfléchie. En outre, les méthodes utilisées ne permettent pas de déceler les dysfonctionnements continus des stations mais révèlent uniquement les dérives dans le temps. Seul l'examen des pluies et des températures annuelles corrigées et comparées sera significatif de ces dysfonctionnements continus.

Outre les anomalies constatées dans les sous-séries, les données sont affectées de lacunes ou de périodes trop courtes qu'il faut combler afin d'homogénéiser les observations.

2. Comblement des lacunes et extension des séries.

Les lacunes ont été comblées et les séries complétées par régression avec la station la plus proche qui présente le coefficient de corrélation le plus satisfaisant. Les régressions ont été effectuées à partir des données arithmétiques pour les données annuelles, ou de leurs logarithmes ou leurs racines pour les données mensuelles de manière à normaliser les distributions correspondantes. Le nombre de données ainsi calculées est relativement faible du fait de la période choisie (1969-90) et de la première sélection de poste qui a éliminé 37% des stations inventoriées. Pour quelques postes le comblement des lacunes a été effectué par les services gestionnaires ou centralisateurs (Météo-France, Agence de l'Eau Rhin-Meuse).

A l'issue de la présentation de l'équipement climatologique du bassin-versant et de la critique des données, il apparaît que:

- sur 46 stations inventoriées, 29 postes pluviométriques et seulement 5 postes thermométriques ont été retenus, en fonction de leur période d'observation; ceci souligne les difficultés d'homogénéisation des températures compte tenu de l'hétérogénéité du matériel de mesure

- les données des stations retenues sont lacunaires et de qualité hétérogène

- l'homogénéisation des données n'a que supprimé les dérives significatives de déplacement de poste ou de modifications des conditions de mesure, sans pour autant déceler les dysfonctionnements continus inhérents à chaque poste (problème de site)

- les données utilisées ne concernent que les précipitations et températures à défaut de poste synoptique dans le bassin-versant suffisamment ancien et susceptible de fournir d'autres paramètres climatiques tout aussi fondamentaux (hygrométrie, insolation).

B. LES PRÉCIPITATIONS DANS LE BASSIN-VERSANT.

A l'image des cours d'eau de plaines et de plateaux du Bassin Parisien, la Saulx et l'Ormain ont des régimes d'écoulement pluvio-évaporal qui nécessitent l'étude des précipitations. Le rôle de la neige est infime alors que celui de la glace est inexistant.

Il convient donc d'étudier les précipitations dans le bassin-versant afin de reconstituer le bilan de l'eau de la Saulx et de l'Ormain.

a. Les pluies à l'échelle annuelle.

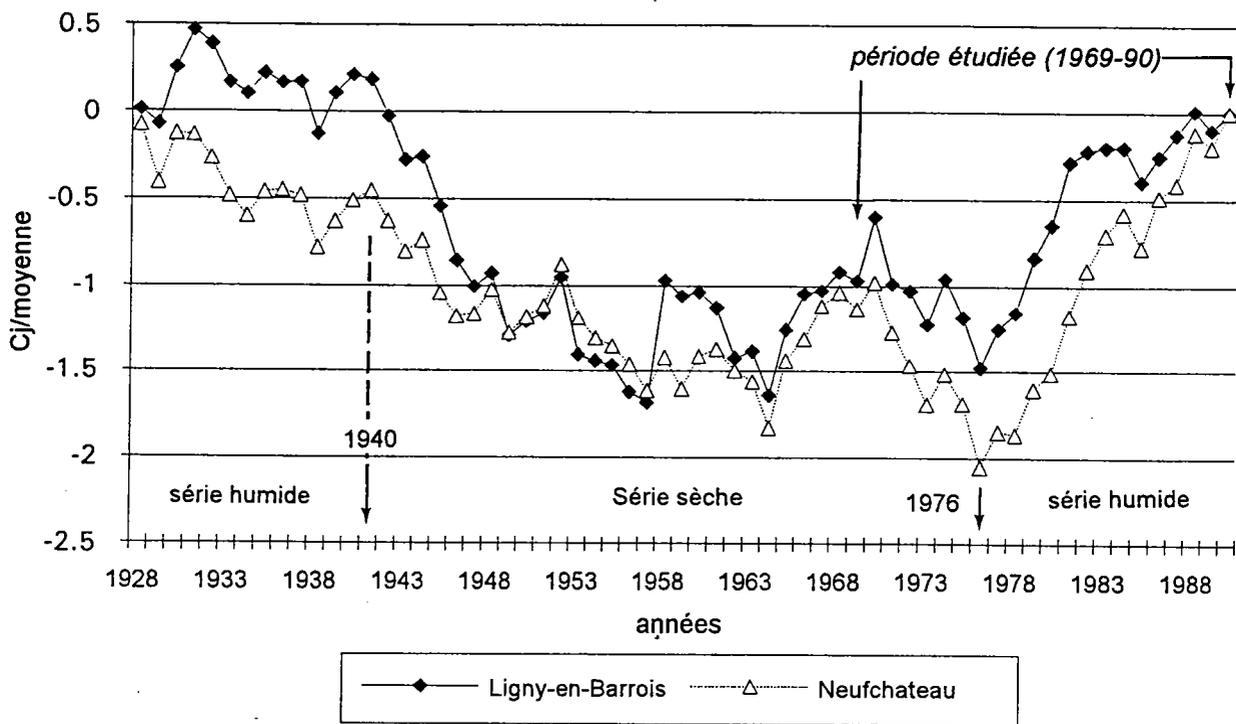
Les pluies sont étudiées à partir de la période d'observation commune (1969-90) aux stations hydrométriques et caractérisées par des valeurs de position et de dispersion. Cependant, la versatilité et les variations climatiques à l'échelle du globe illustrées par E. Le Roy Ladurie, 1967, G. Petit-Renaud, 1990, et S. Joussaume 1993, relativisent ces paramètres. Il faut donc dans un premier temps, replacer la période étudiée dans un contexte plus vaste afin de souligner sa représentativité.

1. Représentativité de la période 1969-90.

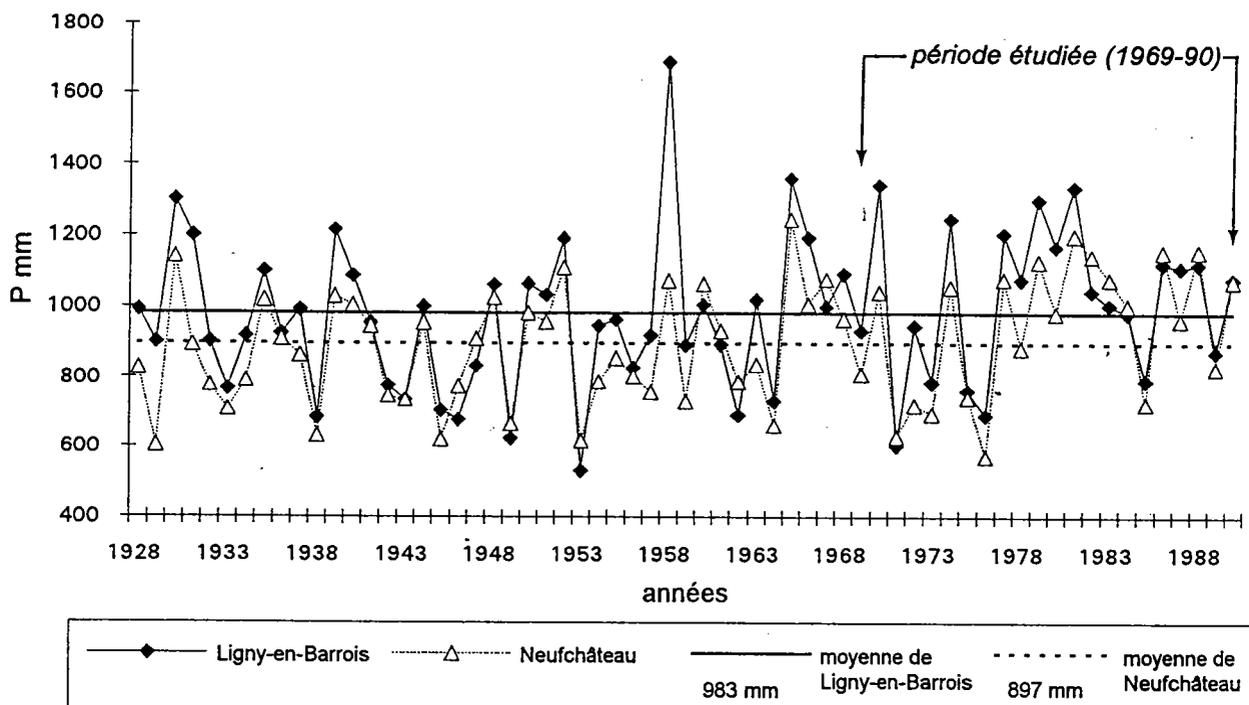
On peut caractériser la représentativité de la période 1969-90 en comparant les cusums des stations pluviométriques de Neufchâteau et de Ligny-en-Barrois (fig.1.33) sur une longue période commune (1928-90). La période 1969-90 s'inscrit dans la fin d'une série sèche (1928-1976) et le début d'une tendance ou d'un accident plus humide (1977-1990). Cependant, les études portant sur des séries chronologiques plus longues (François D., 1991, Marochini E., 1995, Warin F., 1994) montrent que la période 1928-1940 est annexée à une série humide; la série sèche 1941-1976 peut être affectée d'une

fig. I.33

CUSUM DE LIGNY-EN-BARROIS ET DE NEUFCHATEAU (1928-90)



PLUIES ANNUELLES A LIGNY-EN-BARROIS ET NEUFCHATEAU (1928-90)



tab. I.1

**PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES
A NEUCHATEAU ET LIGNY-EN-BARROIS (mm)**

1928-90	moyenne	écart-type	cv%
Neuchâteau	897	172	19
Ligny-en-Barrois	983	215	24

1969-90	moyenne	écart-type	cv%
Neuchâteau	939	189	20
Ligny-en-Barrois	1024	204	20
série sèche	moyenne	écart-type	cv%
Neuchâteau	736	154	21
Ligny-en-Barrois	839	210	25
série humide	moyenne	écart-type	cv%
Neuchâteau	1016	136	13
Ligny-en-Barrois	1093	153	14

sous-série humide de 1965 à 1970. Sur la série hydrologique les années des séries humides sont donc majoritairement représentées (16 sur 22 années). La moyenne des totaux pluviométriques annuels à Ligny-en-Barrois et Neufchâteau est effectivement plus importante (+4%) pour la période 1969-90 (respectivement 1024 et 939 mm) que pour l'ensemble de la longue période commune (respectivement 893 et 897 mm) mais cet écart n'est pas significativement et statistiquement différent. Si la série hydrologique est plus humide, elle n'est pas plus contrastée. Les coefficients de variation aux deux stations témoignent de fortes disparités interannuelles (CV proche de 20% voire 24% à Ligny-en-Barrois) pour les deux périodes ce qui souligne néanmoins une irrégularité du climat (tab.I.1).

A Neufchâteau, la période hydrologique est à peine plus contrastée (CV= 20%) que la période 1928-90 (CV= 19%). Par contre à Ligny-en-Barrois, elle est au contraire moins contrastée (CV= 20%) ce qui s'explique par la valeur exceptionnelle de l'année 1958 (1690 mm).

Néanmoins, si les cusums soulignent les tendances ou les oscillations pluviométriques, l'évolution des pluies annuelles aux deux stations entre 1928 et 1990 témoignent d'années exceptionnelles au sein des tendances. Ainsi, l'année 1974 rangée dans une série sèche, enregistre un total pluviométrique important à Ligny-en-Barrois (1247 mm soit près de 27% de plus que la moyenne). Il en est de même avec l'année 1985 qui est franchement sèche (791 mm) alors qu'elle s'inscrit dans une tendance humide (1977-90) ce qui n'est pas statistiquement contradictoire.

Les grandes tendances sont par ailleurs affectées de groupes d'années sèches ou humides (1930-31, 1950-52, 1965-70).

La période retenue (1969-90) est donc majoritairement humide (16 années sur 22) mais contient une série d'années sèches (1970-76) qui comprend elle même l'année la plus sèche (1976) de la série complète (1928-1990) à Ligny-en-Barrois. Compte tenu de cette hétérogénéité, la notion de moyenne est toute relative. "*Un découpage en séries homogènes sèches et humides permet de relativiser la représentativité d'une moyenne*" (D. François, E. Gille, J.F. Zumstein, 1993). L'étude des pluies aux 29 stations retenues relativisera les moyennes par un découpage en une série sèche (1971-76) et une série humide (1969-70 et 1977-90).

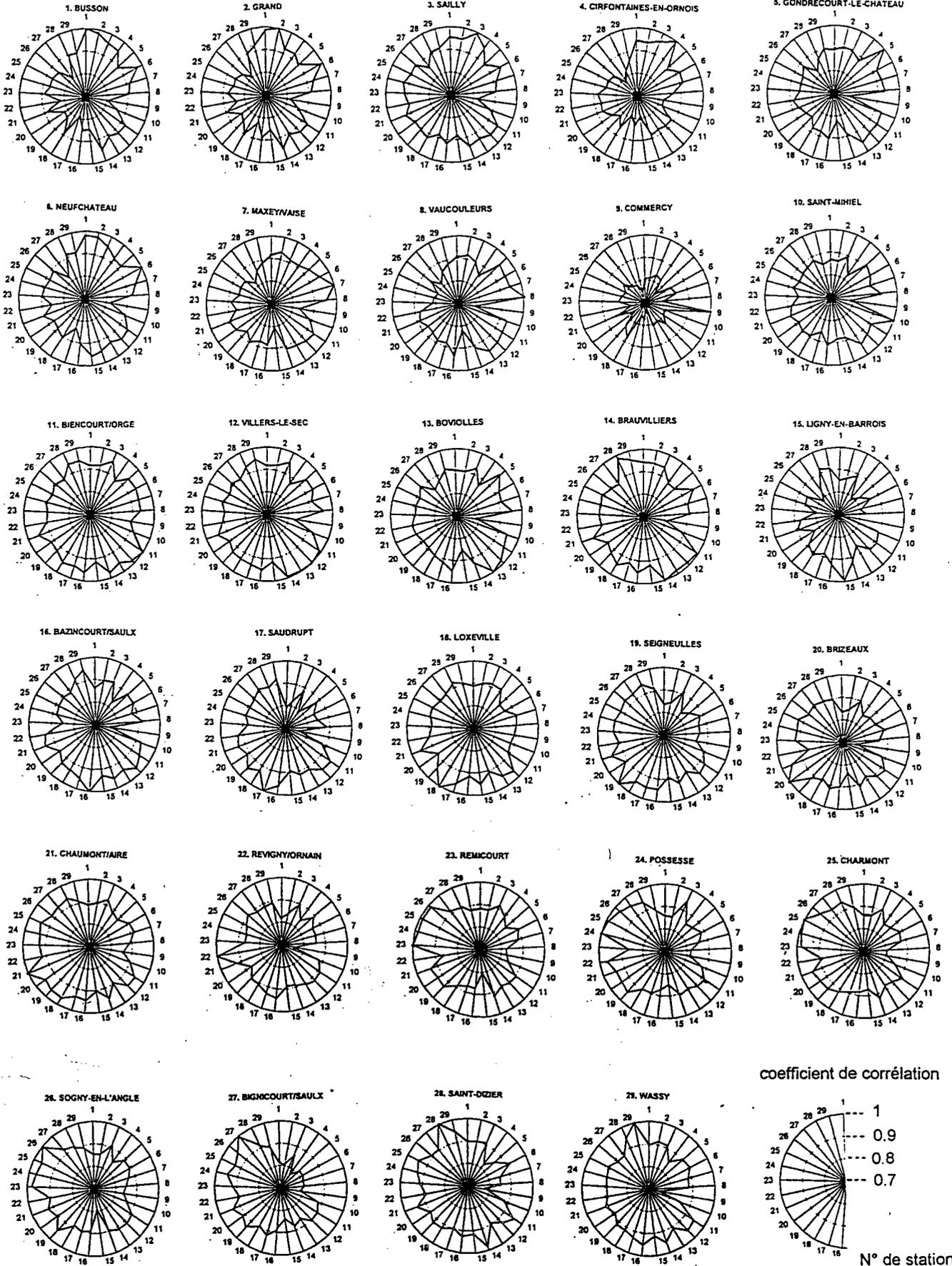
2. Définition de régions pluviométriquement homogènes.

Les précipitations annuelles de 1969 à 1990, aux 29 stations présentent la même évolution qu'à Ligny-en-Barrois et Neufchâteau: elles s'organisent en une tendance sèche (1969-76) et une tendance humide (1969-70, 1977-90). Cependant, l'amplitude des fluctuations interannuelles par rapport à la moyenne varie en fonction des postes.

* Typologie proposée.

fig. I.34

DIAGRAMMES DE CORRELATION ENTRE STATIONS PLUVIOMETRIQUES
(pluie annuelle de 1969 à 1990)



En corrélant les pluies annuelles de chaque poste avec celles des autres postes, nous avons réalisé une matrice (annexes I.21) et des diagrammes de corrélation (fig.I.34) qui montrent que les variations identiques s'organisent en groupes de stations. Chaque groupe est représentatif d'une région pluviométriquement homogène (notion de vecteur régional appliqué au *cusum*) à l'échelle annuelle (fig.I.35).

* Les régions pluviométriques.

Les stations de Commercy et de Ligny-en-Barrois par leurs faibles coefficients de corrélation sont soit représentatives d'une nuance pluviométrique locale soit victimes de conditions de mesures médiocres... .

Les stations du Haut-Pays se corrélaient bien avec celles de l'Ornois à l'exception de celle de Gondrecourt-le-Château qui se rapproche des postes de la vallée de la Meuse (Neufchâteau, Maxey/Vaise, Vaucouleurs, St-Mihiel) et de certains postes du Barrois (Biencourt/Orge, Villers-le-Sec, Boviolles).

Les stations du Barrois constituent également un groupe bien distinct à l'exception du poste de Ligny-en-Barrois qui se corréla mal avec pratiquement toutes les stations. Les conditions de mesures médiocres (pluviomètre mal emplanté) peuvent expliquer cette spécificité.

Les postes pluviométriques du Perthois alluvial s'individualisent relativement bien alors que ceux de St-Dizier et Wassy (Perthois crétacé) semblent assurer la transition entre le Barrois et le Perthois alluvial.

Les autres postes, soit se corrélaient avec plusieurs groupes de stations, soit n'appartiennent à aucune région pluviométrique (Commercy). Les premiers s'inscrivent vraisemblablement dans une "frange limitrophe" effectuant la transition entre deux régions pluviométriques. Ils sont effectivement localisés:

- entre le Barrois *sensus-stricto*, l'Argonne et le Perthois alluvial (Seigneulles, Révigny/Ornain, Brizeaux, Chaumont/Aire)

- entre le Barrois (dôme pluviométrique) et le vallum pluviométrique de la Woëvre (Gondrecourt-le-Château, Maxey/Vaise, Vaucouleurs, St-Mihiel)

- entre le Barrois (climat lorrain) et le Perthois crétacé qui s'inscrit dans la limite orientale du climat séquanien (St-Dizier, Wassy).

Ce découpage correspond *grosso modo* aux régions pluviométriques déjà observées par de nombreux auteurs (A. Godard, 1951, C. Lecarpentier, F. Shamsi, 1972, G. Meyer, 1994, D. François, E. Gille, J.F. Zumstein, 1995) à partir des variations interannuelles et des régimes des pluies dans l'est de la France.

La position de frontière climatique (nuances climatiques régionales) et la petite taille du bassin-versant nous empêchent d'utiliser les méthodes

fig. I.35

REGIONALISATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES EN FONCTION DES CORRELATIONS ENTRE LES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1969-90)

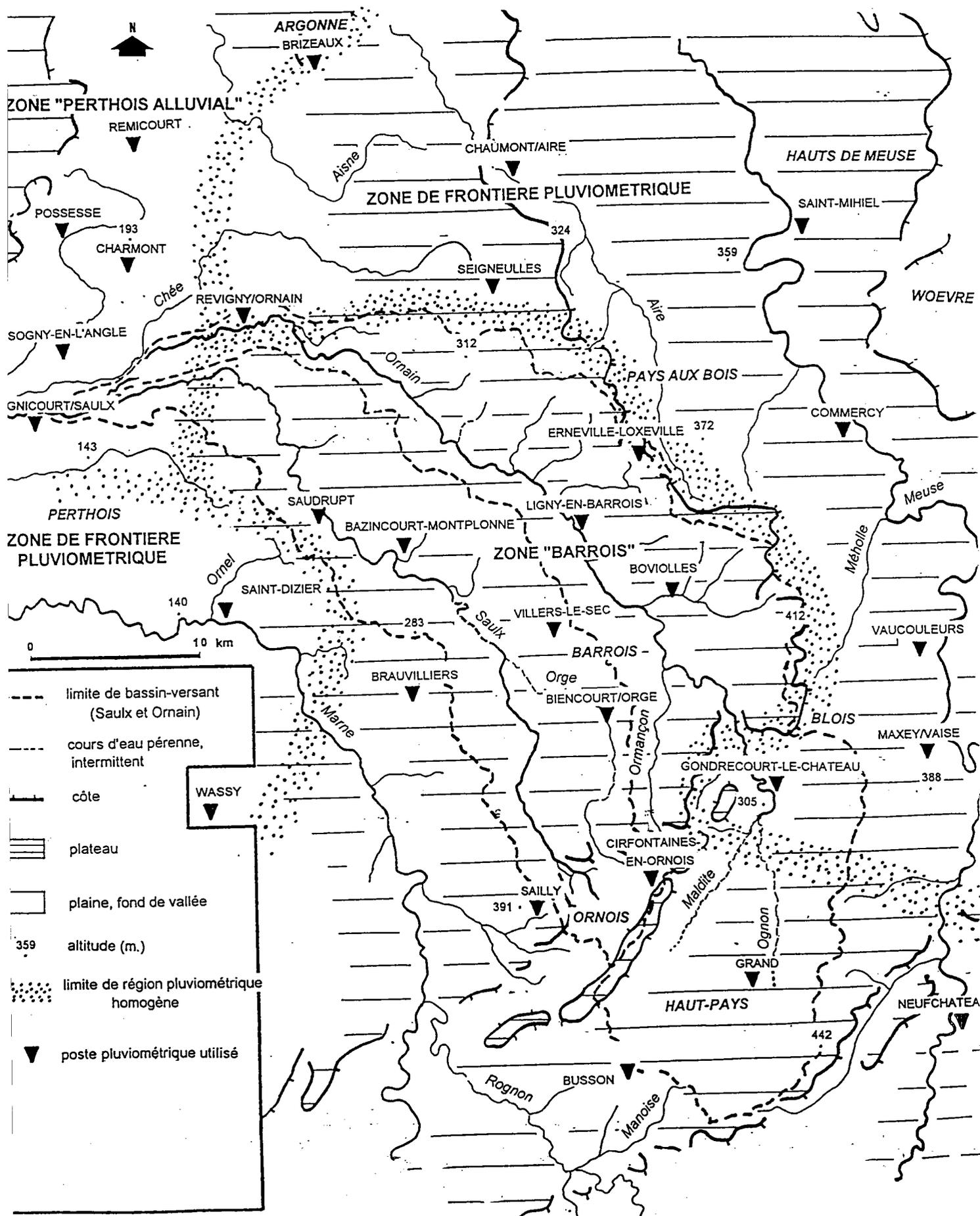
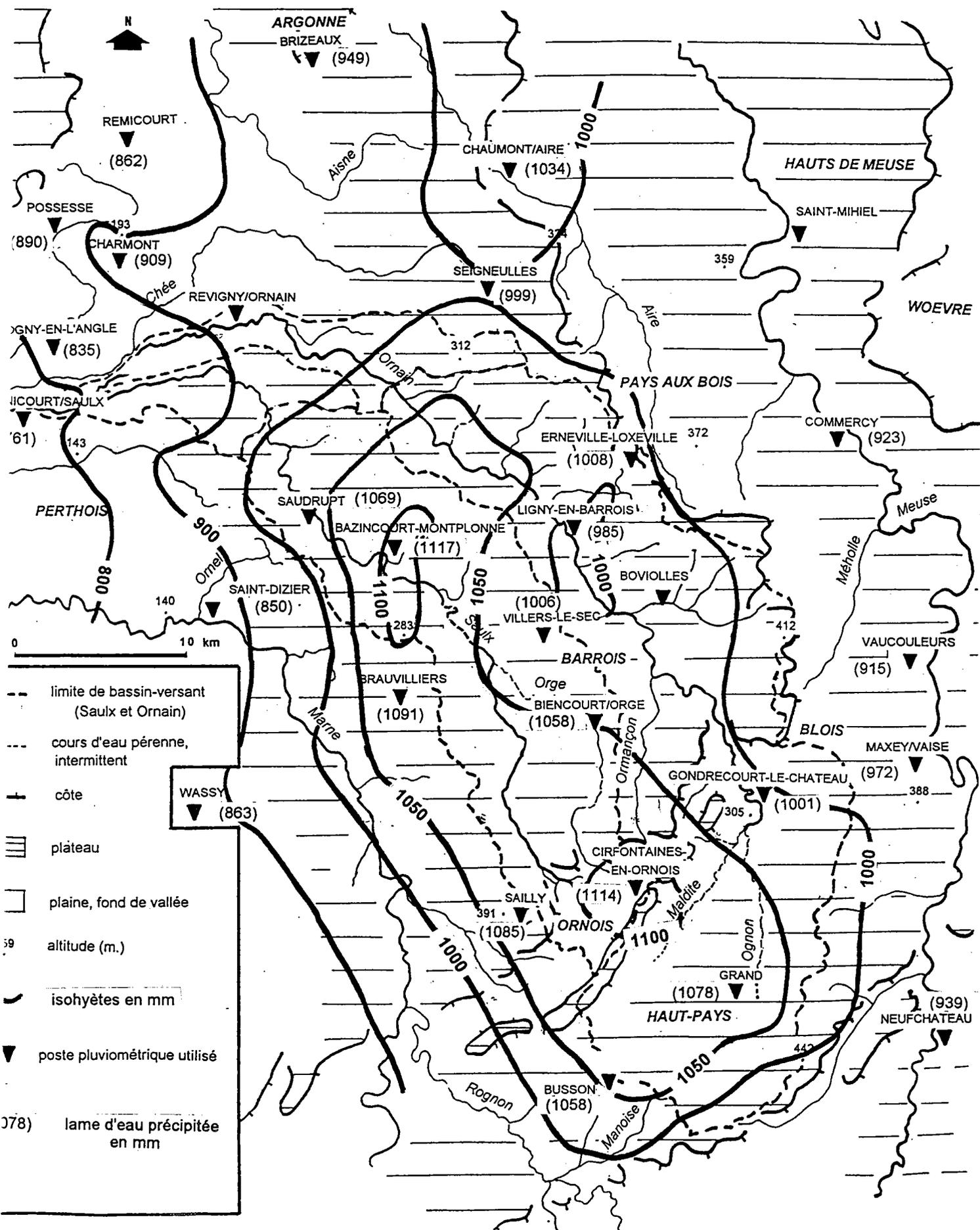


fig. I.36

STRUCTURE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1969-90)



statistiques habituelles (analyse en composante principale, classification automatique ascendante) afin de révéler les disparités pluviométriques.

3. Répartition spatiale des pluies.

La carte d'isohyètes interannuelles réalisée à partir de la méthode classique (fig.I.36), représente la répartition spatiale des précipitations sur la période 1969-90 (annexe I.22). Elle fait apparaître:

- des pluies contrastées entre 800 et 1100 mm réparties autour d'un dôme pluviométrique sur le Barrois, l'Ornois et le Haut-Pays avec des précipitations comprises entre 1000 et 1100 mm

- des précipitations plus faibles dans le Perthois (800-900 mm) qui se raccordent vraisemblablement au "marais" pluviométrique du centre du Bassin Parisien

- la partie occidentale d'un vallum pluviométrique (800-900 mm) situé dans la vallée de la Meuse, aux pieds du môle du Barrois

- un col pluviométrique de faible ampleur entre le Barrois et l'Argonne (bassin de la Chée supérieure) correspondant à un secteur déprimé.

Le dôme pluviométrique du Barrois présente une double dissymétrie:

- il est légèrement orienté sur un axe SE-NO correspondant à l'inclinaison des plateaux du Barrois et du Haut-Pays

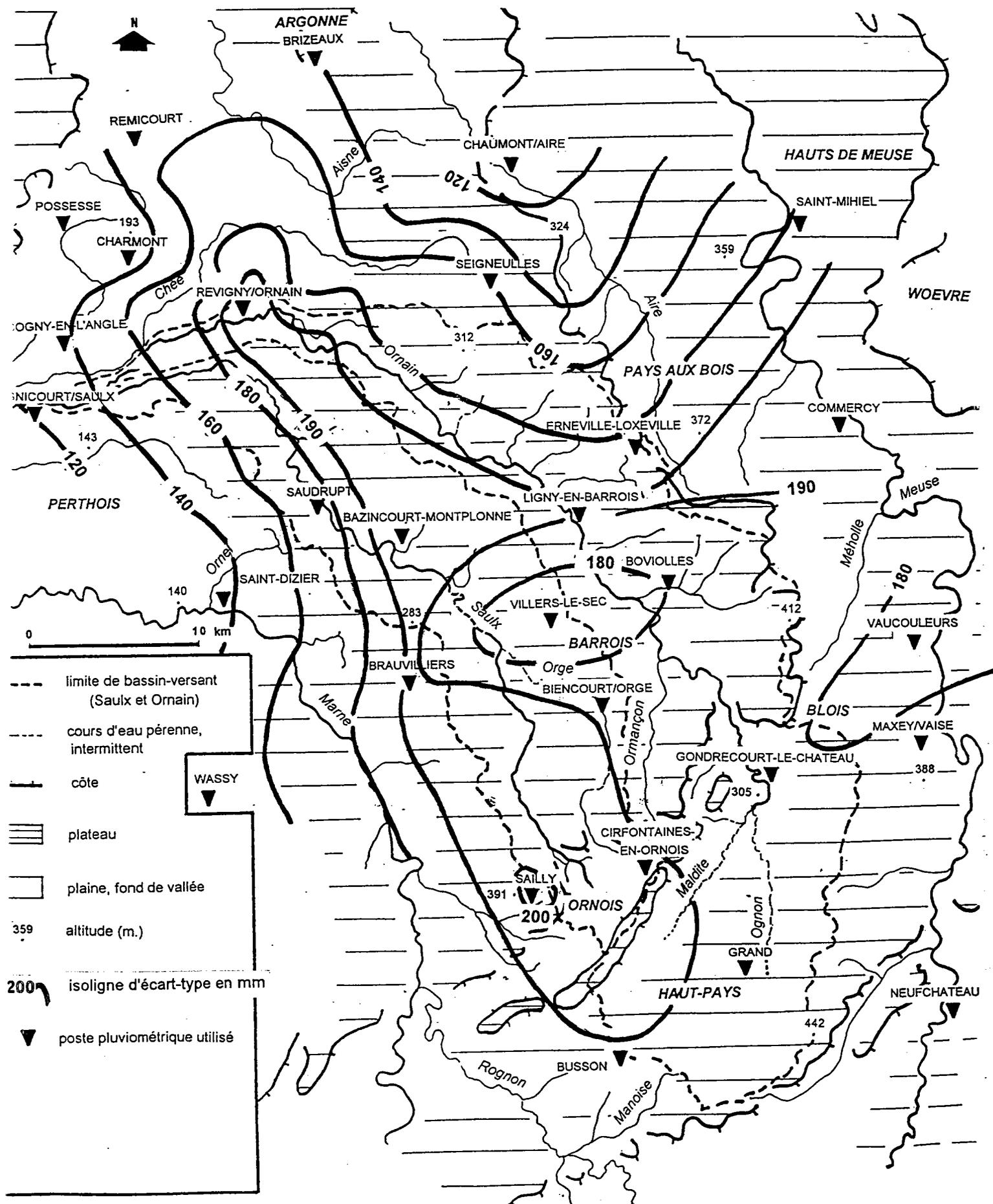
- l'augmentation des précipitations est plus brutale à l'ouest qu'à l'est. En effet du Perthois au Barrois, le gradient longitudinal est de l'ordre de 100 mm pour 7 km alors qu'il est de 100 mm pour 12 km à l'est du môle, vers la vallée de la Meuse. Cette dissymétrie s'explique par de plus grands contrastes de rugosité de relief entre la Champagne et le Barrois.

La structure des précipitations des sous-séries (sèches et humides) est identique, plus particulièrement en série humide où le col pluviométrique de la Chée supérieure se dégage mieux (annexes I.23, 24). La comparaison des cartes des isohyètes des différentes séries souligne le poids des années humides dans la période 1969-90.

La répartition spatiale des variations interannuelles des précipitations est illustrée par la carte des écart-types (fig.I.37). Celle-ci ressemble à celle des isohyètes et souligne les nuances régionales: le Barrois, l'Ornois et le Haut-Pays diffèrent du Perthois par des précipitations et des variations interannuelles plus élevées. Le Pays-aux-Bois et la partie méridionale de l'Argonne connaissent des pluies abondantes (1000 mm) mais moins contrastées sur la période 1969-90. La carte des coefficients de variation (fig.

fig. I.37

ECART-TYPE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1969-90)



I.38) permet de relativiser ces contrastes par rapport aux précipitations moyennes annuelles. Les variations interannuelles augmentent d'ouest en est en fonction de la rugosité et de la massivité du relief. En effet, dans la plaine du Perthois, les coefficients de variation sont faibles (16%) alors que sur les plateaux calcaires, ils sont de l'ordre de 18%, voire supérieurs à 20% dans la vallée de la Meuse. Cette augmentation n'est pas régulière, les coefficients de variation s'organisent en dômes (Révigny/Ornain, Ligny-en-Barrois) et en cuvettes (Villers-le-Sec, Seigneulles). Les contrastes interannuels sont vraisemblablement liés à la versatilité des types de temps.

En définitive, la répartition spatiale des précipitations est fonction du relief: le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit donc bien dans le climat lorrain.

La corrélation entre les altitudes des postes pluviométriques et les précipitations moyennes annuelles calculées sur la période 1969-90 souligne la nature orographique des pluies (fig.I.39). En effet, cette corrélation présente un coefficient de 0.79 avec un gradient pluviométrique de l'ordre de 90 mm pour 100 m. Si on ne considère pas dans la corrélation certains postes du Haut-Pays et de l'Ornois (Grand, Busson, Cirfontaines-en-Ornois, Gondrecourt-le-Château) et de la vallée de la Meuse (Neufchâteau, Vaucouleurs, Commercy), le coefficient de corrélation est plus satisfaisant ($r=0.91$) avec un gradient de 142 mm/100 m, proche de ceux observés en Lorraine (tab.I.2): 157 mm/100 m dans le bassin du Loison (P. Gamez, 1992), 150 mm/100 m dans le bassin de la Meuse (A. Mentré-Hildebrand, 1986) et 180 mm/100 m dans le bassin de la Moselle (F. Shamsi, 1968). Ces gradients hyétométriques moyens sont relativement importants puisqu'ils sont comparables à ceux observés sur les chaînons occidentaux des Préalpes et sur le Massif du Mont Blanc (G. Réménieras, 1986).

L'élimination de certains postes dans la corrélation témoigne d'une autre influence que l'altitude.

L'exposition et les contrastes de rugosité sont fondamentaux dans l'explication des pluies. Les précipitations mesurées sur le rebord de la cuesta oxfordienne (Busson, Grand) sont inférieures d'environ 100 mm aux valeurs calculées. Les précipitations moyennes annuelles maximales ne dépassent pas 1200 mm ce qui milite davantage en faveur d'une augmentation non linéaire des pluies corrélativement à l'altitude (avec une asymptote à 1200 mm) à l'image de la structure des pluies dans les bassins-versants de la Moselle et de la Meuse (E. Gille, 1985) où le gradient hyétométrique est de l'ordre de +8% pour 100 mètres. Ceci illustre un phénomène d'abri du fait de la configuration générale du relief du Bassin-Parisien qui détermine plusieurs gradients hyétométriques en fonction des zones pluviométriquement homogènes.

Le Haut-Pays se raccorde au Bassigny et au Barrois (plateaux compacts, peu de contrastes de rugosité) et ne constitue pas le premier obstacle aux flux d'ouest. Il est situé en position d'abri relatif derrière les plateaux du Barrois.

Les précipitations mesurées dans la vallée de la Meuse (Commercy, Vaucouleurs, St-Mihiel) sont également inférieures aux valeurs calculées. Elles illustrent l'effet d'abri, à "l'ombre" du dôme pluviométrique du Barrois.

Une double loi régit la répartition des pluies: un paramètre statique,

tab. I.2

GRADIENTS PLUVIOMETRIQUES EN FRANCE

région	gradient pluviométrique	sources
Eiffel-Hunsrück	200 mm/100 m	D. Pfeifer, H.W. Quitzov, 1955
Woèvre septentrionale	157 mm/100 m	P. Gamez, 1992
Vosges-Alsace	360 mm/100 m	F. Shamsi, 1968
bassin de la Moselle	180 mm/100 m	F. Shamsi, 1968
bassin de la Meurthe	200 mm/100 m	F. Shamsi, 1968
bassins de la Moselle & Meurthe	"+8%/100 m"	E. Gille, 1985
Chainons occidentaux des Préalpes	150 mm/100 m	G. Réménieras, 1986
Massif du Mont-Blanc	160 mm/100 m	G. Réménieras, 1986
interfluve Marne-Meuse	142 mm/100 m	

fig. I.38

COEFFICIENT DE VARIATION DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (1969-90)

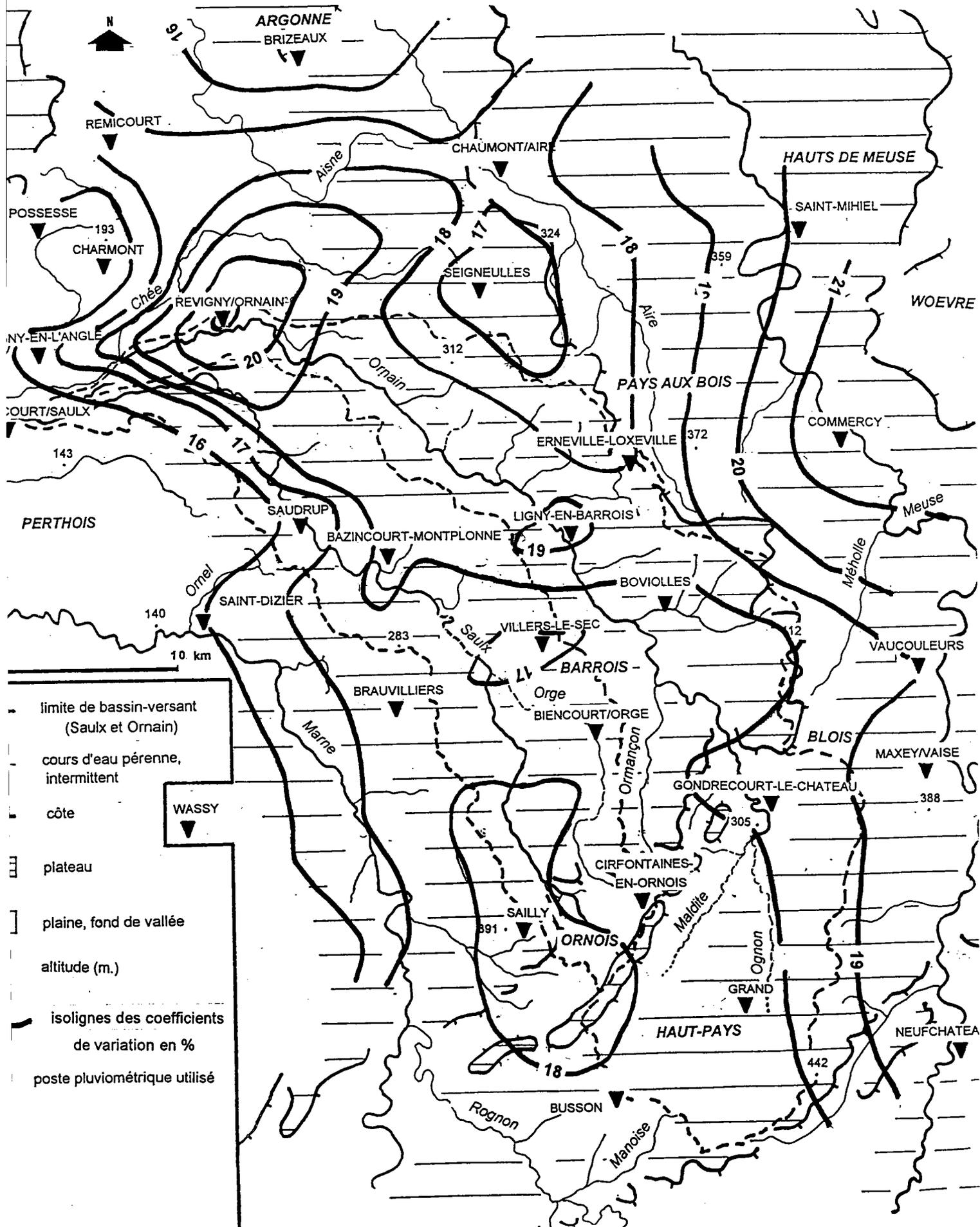
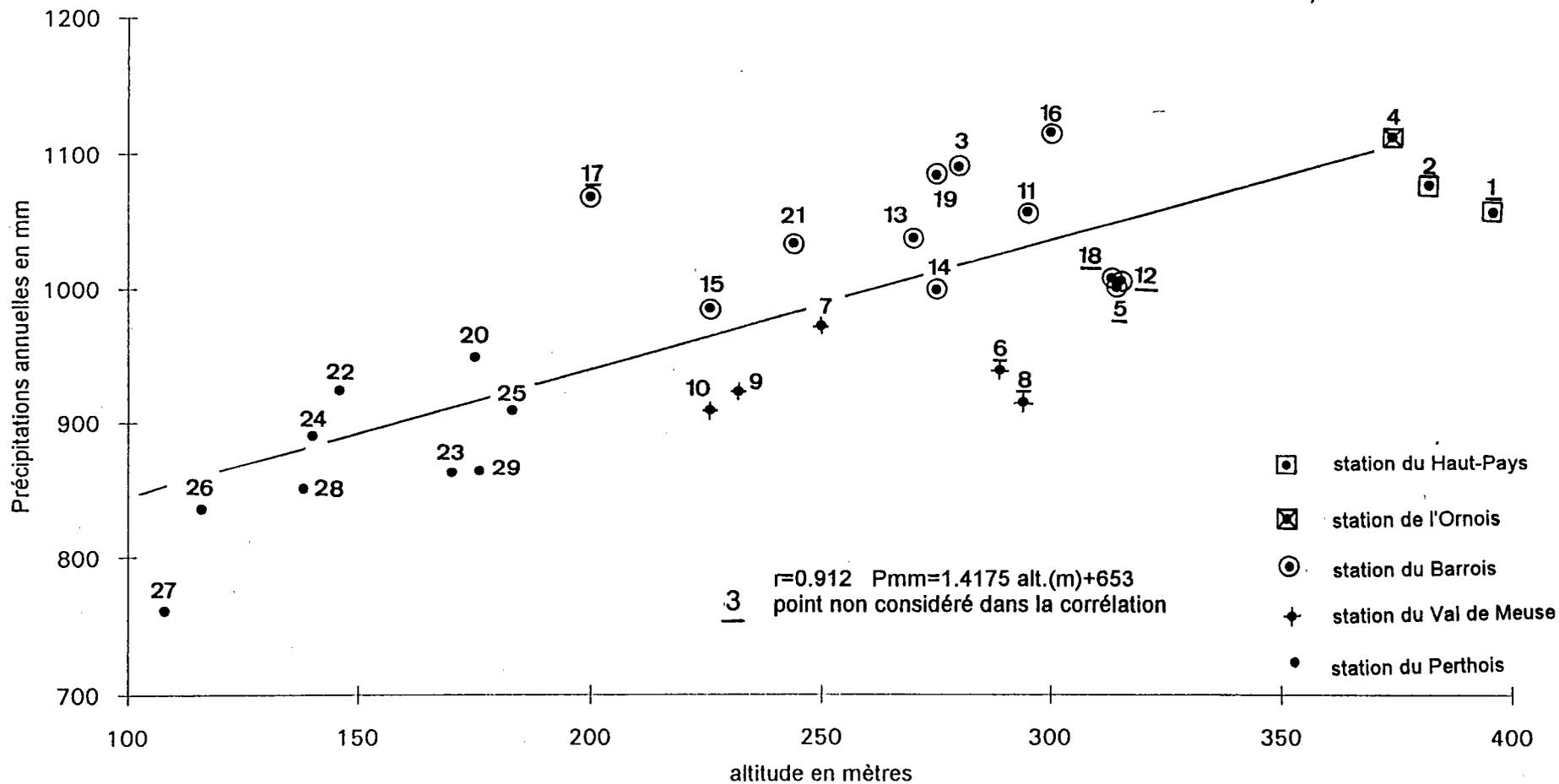


fig. I.39

CORRELATION ENTRE LES ALTITUDES DES POSTES PLUVIOMETRIQUES ET LES
PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES



l'altitude et l'influence dynamique de l'exposition aux flux d'ouest.

Les postes de Loxéville, Gondrecourt-le-Château et Villers-le-Sec présentent les mêmes caractéristiques altitudinales (315 m) et pluviométriques (1000 mm, pluie mesurée plus faible que la pluie calculée). Les deux premières stations bénéficient d'une situation d'abri, au pied de la côte des Bars (Loxéville), dans un entonnoir de percée conséquente (Gondrecourt-le-Château). Le cas de Villers-le-Sec, situé sur le plateau de revers portlandien est plus problématique. Les pluies manifestement plus faibles, déterminent un trou pluviométrique au sein du dôme du Barrois, ouvert sur le vallum de Commercy. Cette spécificité est soit le fruit de conditions de mesures médiocres, soit liée à des influences locales. La seconde hypothèse semble la plus probable: Villers-le-Sec est un "village clairière", en lisière de la forêt domaniale de Ligny-en-Barrois, et dominé à l'est par les altitudes plus élevées (350 m) du revers de la côte des Bars, c'est à dire en position d'abri.

Le poste de Saudrupt présente, à l'inverse, des précipitations mesurées légèrement supérieures aux précipitations calculées. Situé dans la vallée étroite de la Saulx (500 m), il "*reçoit donc un volume d'eau précipité de même ordre que celui des sommets environnants*" (C. Marand, J.F. Zumstein, 1988). L'altitude réelle du poste fausse en quelque sorte la corrélation pluie/altitude qui permet de déterminer le gradient pluviométrique. Les auteurs ont proposé plusieurs méthodes de lissage des altitudes pour résoudre ce type de problème (J.C. Scherer, 1977, J.P Laborde, 1982, C. Marand, J.F. Zumstein, 1988, P. Gamez, 1992). P. Gamez (1992) propose de centrer un carré de 5 km de côté sur le poste pluviométrique, de retenir comme altitude lissée l'altitude maximale du carré, mais de ne retenir que l'altitude réelle lorsque le poste est situé en pied de revers de côte. En appliquant cette méthode, le poste de Saudrupt s'aligne sur la droite de corrélation. Nous n'avons pas lissé systématiquement toutes les altitudes car l'effet dynamique du relief dans la répartition spatiale des pluies perturbe la relation précipitations/altitudes.

Les corrélations altitudes/précipitations ont également été effectuées à partir des sous-séries sèches et humides (annexe I.25). Le coefficient plus satisfaisant en série humide ($r=0.81$) qu'en série sèche ($r=0.70$) illustre le poids des années humides sur la période 1969-90 et la prédominance de la nature orographique des pluies en série humide, alors qu'en série sèche les paramètres dynamiques (expositions, contrastes de rugosité, érosion des masses d'air) sont davantage perceptibles.

4. Estimation de la pluie moyenne des bassins-versants.

La détermination de la lame d'eau tombée sur les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain soulève le problème de la représentativité de chaque poste pluviométrique. En effet, la lame d'eau tombée sur la surface réceptrice du pluviomètre (de 200 à 2000 cm²) est extrapolée sur des surfaces beaucoup plus importantes, de l'ordre de plusieurs dizaines de km². Plusieurs méthodes sont proposées par les auteurs:

- la méthode de Thiessen (M. Roche, 1963) consiste à "pondérer les relevés de chaque station en admettant que chacun d'eux représente la précipitation moyenne sur une fraction du bassin délimitée" (G. Réménieras, 1986) par un polygone construit à partir de médiatrices (annexe I.26). Cette méthode née en Allemagne du Nord (R. Lambert, 1996) c'est à dire en plaine, et peu utilisée par les géographes (car uniquement basée sur la répartition spatiale des postes) est malgré tout facile d'emploi et fiable en relief homogène

- la méthode des isohyètes consiste à pondérer la médiane des deux isohyètes consécutives par la surface de chaque tranche pluviométrique. Cette méthode qui s'appuie également sur la répartition spatiale des postes peut être "corrigée" en soulignant les principales lignes de relief par les isohyètes.

- la méthode du modèle pluviométrique (Mentré-Hildebrand A., 1986, Humbert J., Perrin J.L., Perron L, 1993, François D., Gille E., Zumstein J.F., 1993) est basée sur des paramètres topographiques et géographiques facilement quantifiables. Elle s'applique aisément dans des régions au relief contrasté (montagne), mais pose le problème des régions pluviométriquement homogènes (modèle spécifique) et de l'influence dynamique des reliefs sur les masses d'air. La position de frontière climatique, la structure des précipitations, le relief homogène et la petite taille du bassin-versant de la Saulx-Ornain nous empêchent de recourir au modèle pluviométrique.

En comparant les lames d'eau précipitées sur les bassins-versants de la Saulx à Mognéville et de l'Ornain à Fains-les-Sources, calculées à partir des méthodes de Thiessen et des isohyètes (annexe I.27), il apparaît que les lames d'eau diffèrent de très peu (de 0.3 à 4.7%) en fonction des méthodes utilisées. L'impluvium de la Saulx est à peine plus arrosé (+ 3%) que celui de l'Ornain quelle que soit la série considérée. Cependant, les lames d'eau précipitées diffèrent sensiblement (plus ou moins 20%) en fonction des sous-séries (sèches ou humides).

Compte tenu, du faible écart entre les lames d'eaux précipitées, calculées à partir des deux méthodes, celle de Thiessen sera également utilisée pour le calcul des pluies moyennes mensuelles (facilité d'emploi).

Les pluies moyennes annuelles des deux impluviums ont été ajustées à une loi de Gauss afin de déterminer des valeurs de précipitations de fréquences caractéristiques pour la période 1969-90 (annexes I.28, 29).

Malgré la qualité satisfaisante de l'ajustement, les valeurs comprises entre les fréquences 40% et 70% sont supérieures à celles de la droite de Henri. A l'inverse, les années extrêmes (sèches et humides) présentent des valeurs observées inférieures à celles calculées. Les points s'organisent en deux segments de droite séparés par une cassure au niveau de la moyenne de la série. Cette organisation inhérente à l'hétérogénéité de la série d'observation (séries sèches et humides) nous amène à ajuster les deux sous-séries afin de relativiser les valeurs obtenues sur la totalité de la période.

Les valeurs des pluies de fréquences caractéristiques du bassin de la Saulx sont légèrement supérieures à celles de l'Ornain, à l'exception de la série sèche où les pluies sont quasi-identiques. Cette observation tient à la variabilité des pluies annuelles, illustrée par le rapport des deux précipitations de fréquences caractéristiques extrêmes ($F 0.9/F 0.1$) correspondant à la pente de la droite théorique d'ajustement. Dans le bassin de la Saulx, pour la série sèche, ce rapport est effectivement plus important (1.76) que dans celui de l'Ornain (1.68). Ces rapports révèlent un autre déséquilibre entre les sous-séries. La série sèche est incontestablement la plus contrastée avec des rapports de l'ordre de 1.8 alors que pour la série humide ils ne dépassent pas 1.3.

Compte tenu de l'ajustement choisi, les années extrêmes 1976, et 1981 présentent des durées de retour respectives de 60 et 12 ans.

b. Les pluies à l'échelle saisonnière et mensuelle.

Le régime des écoulements d'un cours d'eau est non seulement commandé par l'abondance des précipitations annuelles dans le bassin-versant mais surtout, par la répartition des pluies dans l'année. "*Le rythme saisonnier ou répartition intra-annuelle des différents types de précipitations constitue la troisième donnée importante du régime hyétométrique*" (R. Lambert, 1996).

1. Les régimes pluviométriques saisonniers.

La répartition saisonnière des pluies est illustrée par les cartes des isohyètes des saisons chaudes et froides et par l'indice de continentalité de Coutagne (rapport des précipitations de saison chaude avec celles de saison froide).

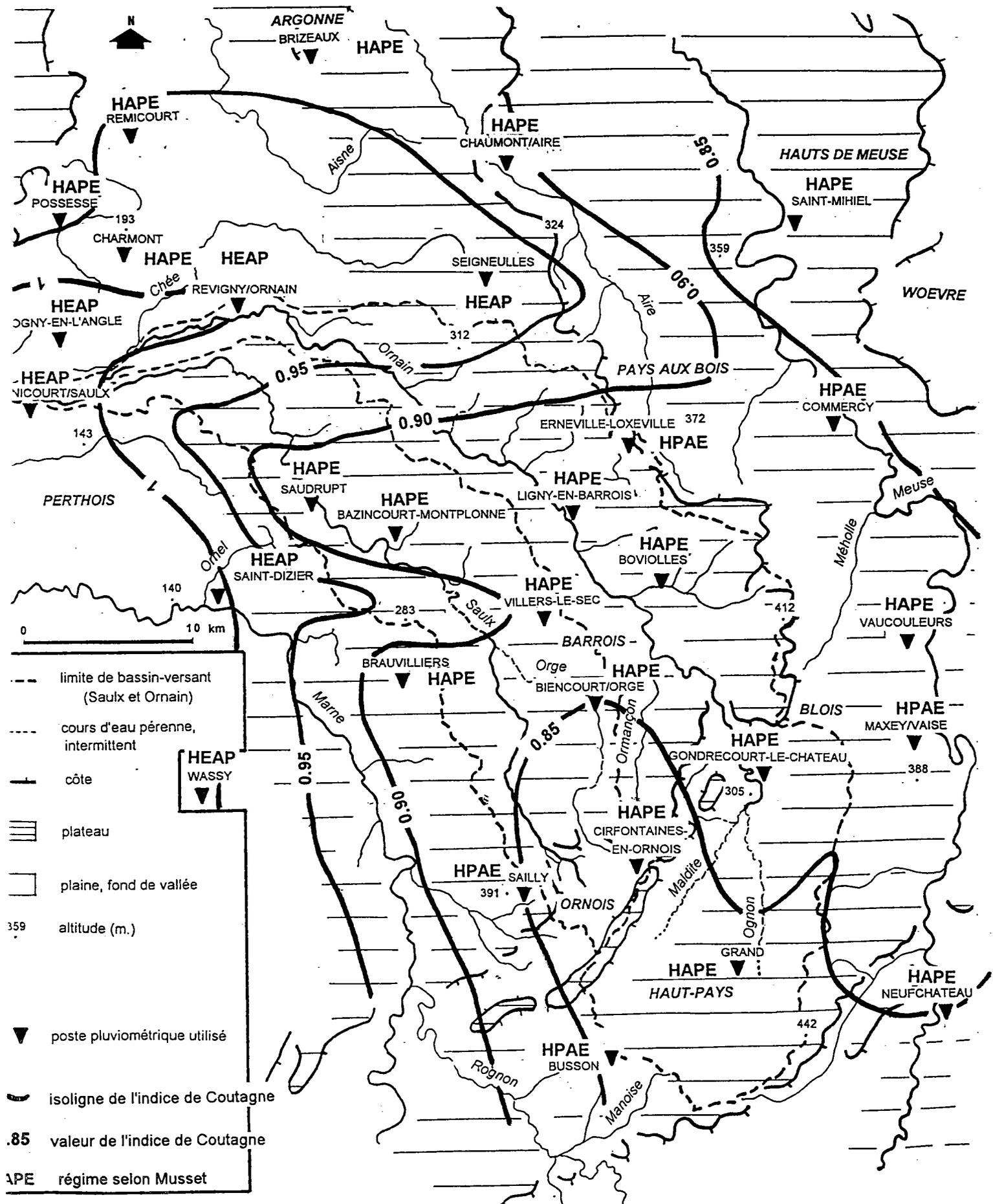
La répartition spatiale des précipitations saisonnières (annexes I.23, 24) est sensiblement la même que pour les pluies annuelles. Néanmoins, les pluies de saison froide sont plus contrastées dans l'espace: le dôme pluviométrique du Haut-Pays-Barrois et le col de la haute Chée sont mieux dessinés. La typologie des régimes pluviométriques repose donc essentiellement sur les disparités spatiales des pluies de saison froide. En effet, en saison chaude, les précipitations sont grosso modo identiques, quelque-soit les Pays concernés.

La carte des isolignes de l'indice de Coutagne (fig.I.40) révèle une répartition inégale des pluies dans l'année selon les Pays et le relief:

- le Perthois se caractérise par des pluies de saison chaude comparables, voire légèrement supérieures à celles de saison froide, ce qui rattache le bassin de la Saulx perthoise au climat séquanien;

fig. I.40

INDICE DE CONTINENTALISATION DE COUTAGNE ET REGIME PLUVIOMETRIQUE SELON MUSSET (1969-90)



- à l'inverse, le Barrois, l'Ornois et surtout le Haut-Pays connaissent des précipitations de saison froide prédominantes (indice compris entre 0.8 et 0.9);

- les bassins supérieurs de la Chée et de l'Aisne effectuent la transition entre l'Argonne, le Perthois et le Barrois avec des pluies mieux réparties sur l'année (indice compris entre 0.95 et 1).

On constate donc un "océanisme orographique" plus prédominant en saison froide qu'en saison chaude sur le Barrois, l'Ornois et le Haut-Pays. La première, bien que plus continentale concentre un plus grand nombre de types de temps perturbés pluvio-gènes. La saison chaude, plus maritime est également plus stable est moins sensible aux contrastes de rugosité de relief.

L'indice de concentration saisonnière des précipitations de Péguy confirme ces observations avec des valeurs proches de 1 dans le Perthois et comprises entre 0.8 et 0.9 dans le Barrois et le Haut-Pays (annexe I.30).

Musset R. (1943) classe par ordre décroissant les totaux pluviométriques saisonniers et effectue une typologie des régimes pluviométriques en dégagant des régimes à tendance océanique (HAPE ou AHEP) et continentale (EAPH). En appliquant cette méthode aux postes concernés, le régime de type HAPE est prédominant avec 18 stations sur 29, réparties pour la plupart, dans le Barrois, l'Ornois et le Haut-Pays. A l'inverse, les régimes de type HEAP ou HEPA sont concentrés dans le Perthois. Cependant, les régimes ne sont pas assez contrastés et présentent souvent plusieurs maxima. Les différents types de régimes selon Musset sont donc ici non significatifs. Cette observation souligne l'extrême irrégularité interannuelle des régimes pluviométriques saisonniers qui est la marque de l'océanisme cyclonique du climat.

On retrouve donc le découpage pluviométrique à l'échelle annuelle de l'interfluve Marne-Meuse. L'abondance des précipitations du Haut-Pays au Barrois s'accompagne d'une prédominance des pluies de saison froide, ce qui souligne l'océanisme pluviométrique. A l'inverse, dans le Perthois, les précipitations plus faibles et mieux réparties sur l'ensemble de l'année caractérisent l'influence continentale.

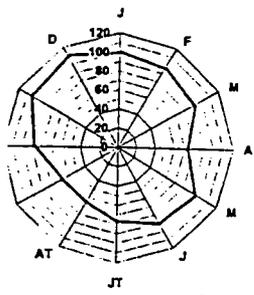
2. Les régimes pluviométriques mensuels.

* Les régimes aux stations pluviométriques.

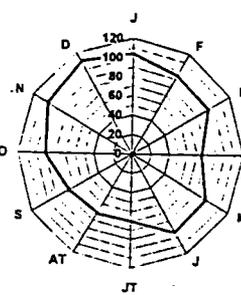
Les régimes pluviométriques mensuels (annexe I.30, 31) sont caractérisés par l'abondance mais également par la variabilité des précipitations. Les régimes des précipitations mensuelles ont été réalisés sur des graphes polaires en mm (fig. I.40) et en % du total annuel (fig. I.41) de manière à représenter le poids de chaque mois dans l'abondance annuelle. Ils

fig. I.41 REGIMES DES PRECIPITATIONS (PERIODE 1969-90)
(en mm.)

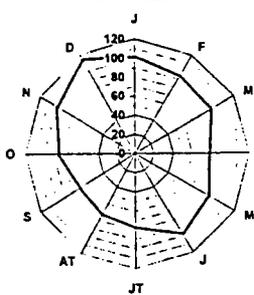
1 BUSSON



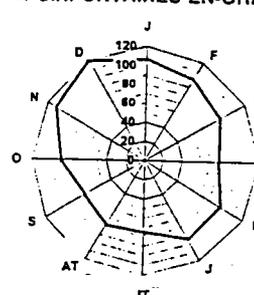
2 GRAND



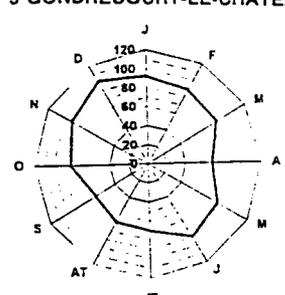
3 SAILLY



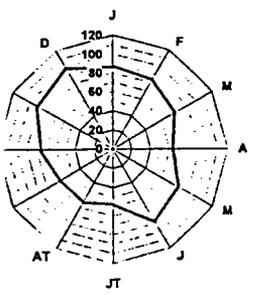
4 CIRFONTAINES-EN-ORNOIS



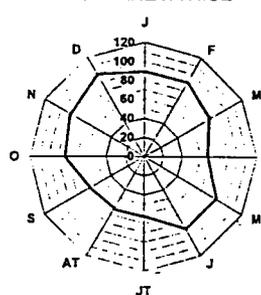
5 GONDRECOURT-LE-CHATEAU



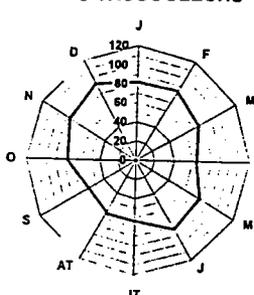
6 NEUFCHATEAU



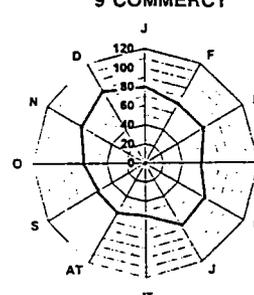
7 MAXEY/VAISE



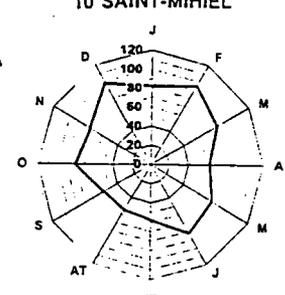
8 VAUCOULEURS



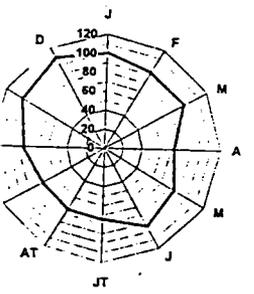
9 COMMERCY



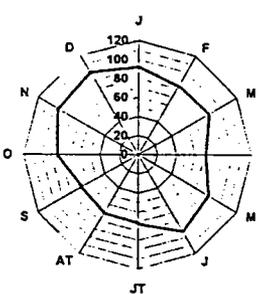
10 SAINT-MIHIEL



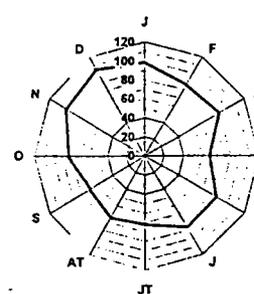
11 BIENCOURT/ORGE



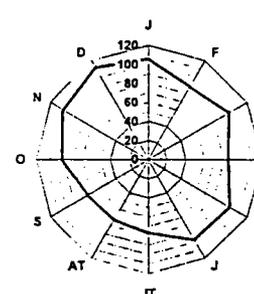
12 VILLERS-LE-SEC



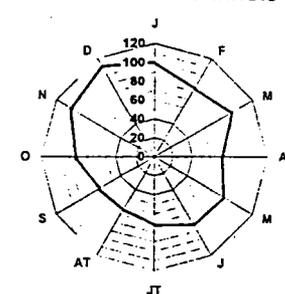
13 BOVIOLLES



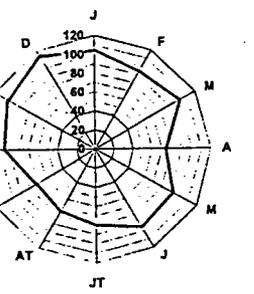
14 BRAUVILLIERS



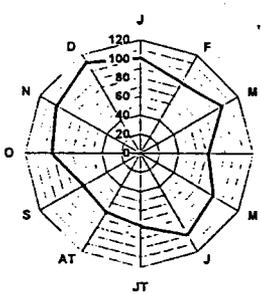
15 LIGNY-EN-BARROIS



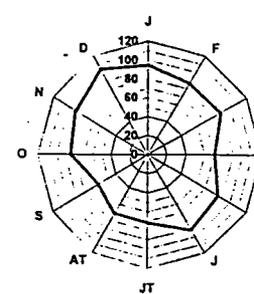
16 BAZINCOURT



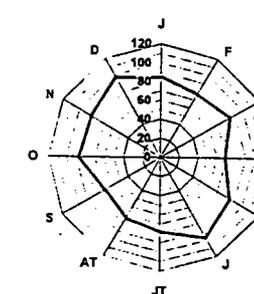
17 SAUDRUPT



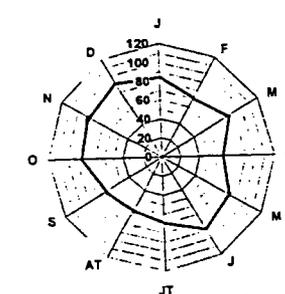
18 LOXEVILLE



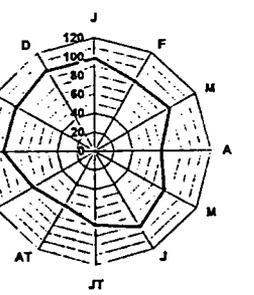
19 SEIGNEULLES



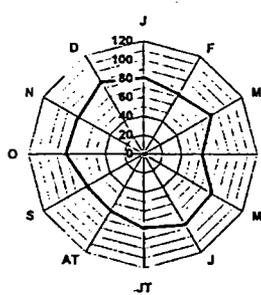
20 BRIZEAUX



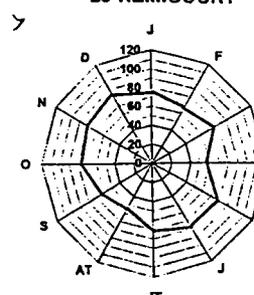
21 CHAUMONT/AIRE



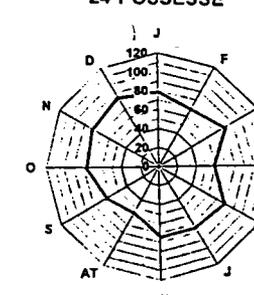
22 REVIGNY/ORNAIN



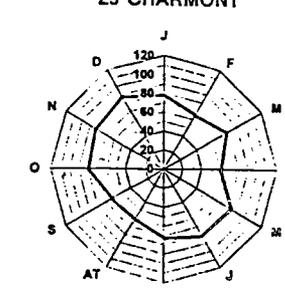
23 REMICOURT



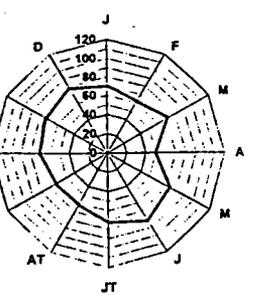
24 POSSESE



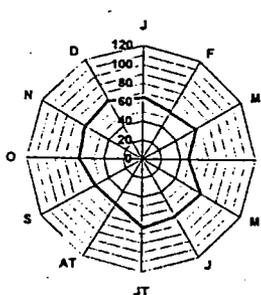
25 CHARMONT



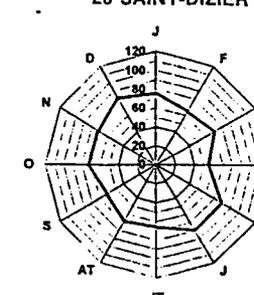
26 SOGNY-EN-L'ANGLE



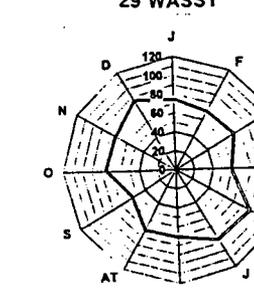
27 BIGNICOURT



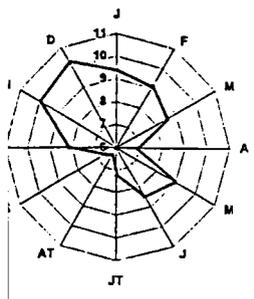
28 SAINT-DIZIER



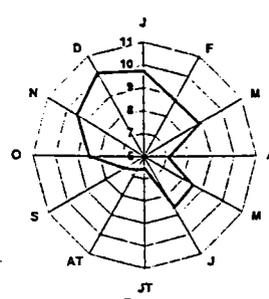
29 WASSY



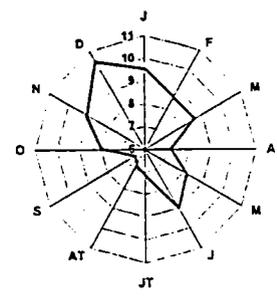
1 BUSSON



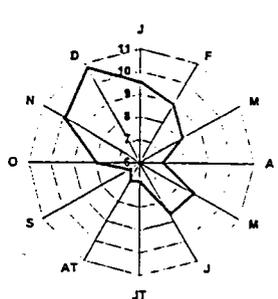
2 GRAND



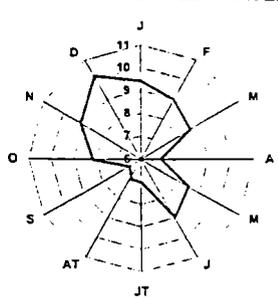
3 SAILLY



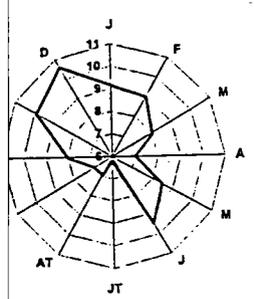
4 CIRFONTAINES-EN-ORNOIS



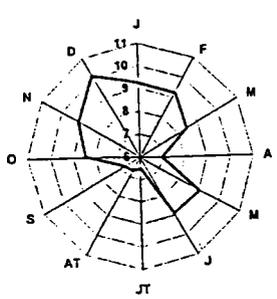
5 GONDRECOURT-LE-CHATEAU



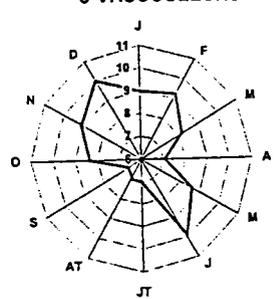
6 NEUFCHATEAU



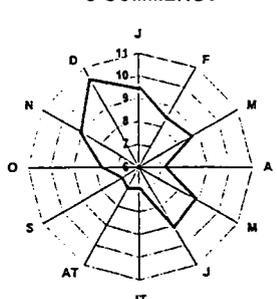
7 MAXEY/VAISE



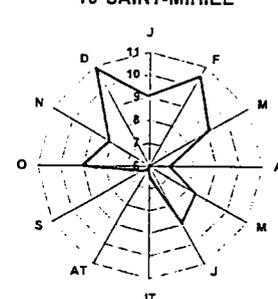
8 VAUCOULEURS



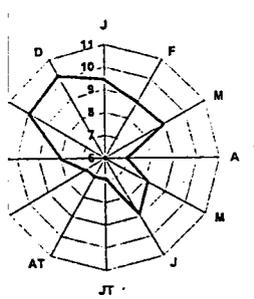
9 COMMERCY



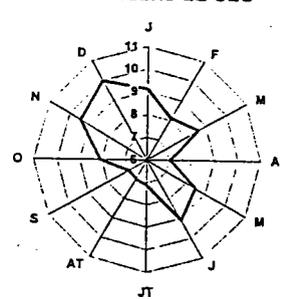
10 SAINT-MIHIEL



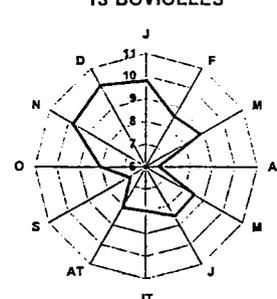
11 BIENCOURT/ORGE



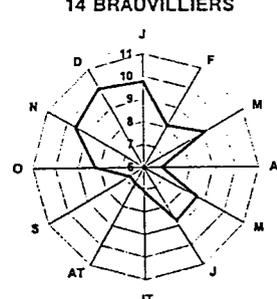
12 VILLERS-LE-SEC



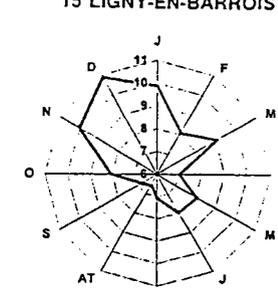
13 BOVIOLLES



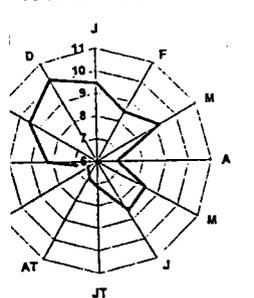
14 BRAUVILLIERS



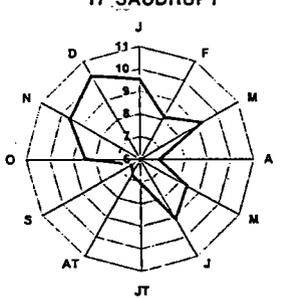
15 LIGNY-EN-BARROIS



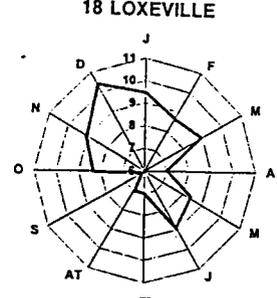
16 BAZINCOURT



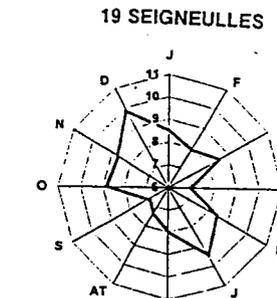
17 SAUDRUPT



18 LOXEVILLE



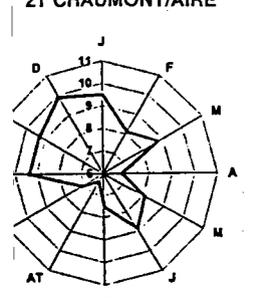
19 SEIGNEULLES



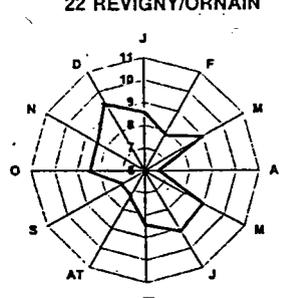
20 BRIZEAUX



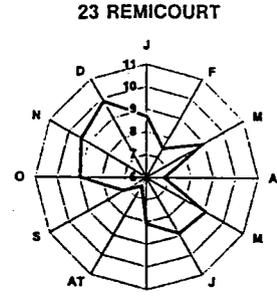
21 CHAUMONT/AIRE



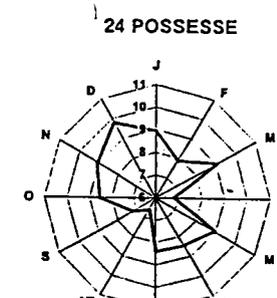
22 REVIGNY/ORNAIN



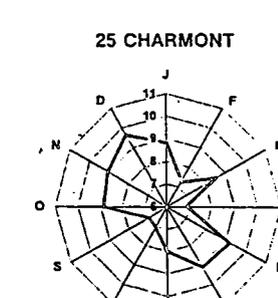
23 REMICOURT



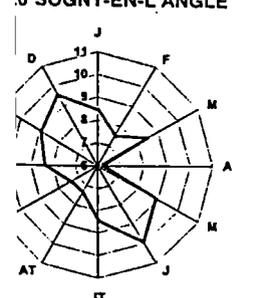
24 POSSESSE



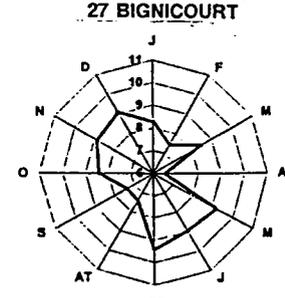
25 CHARMONT



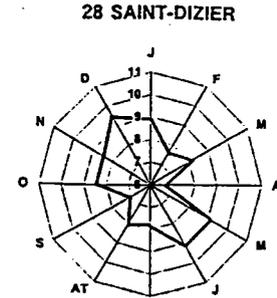
26 SOGNY-EN-L'ANGLE



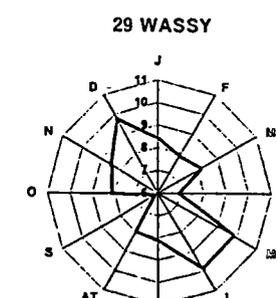
27 BIGNICOURT



28 SAINT-DIZIER



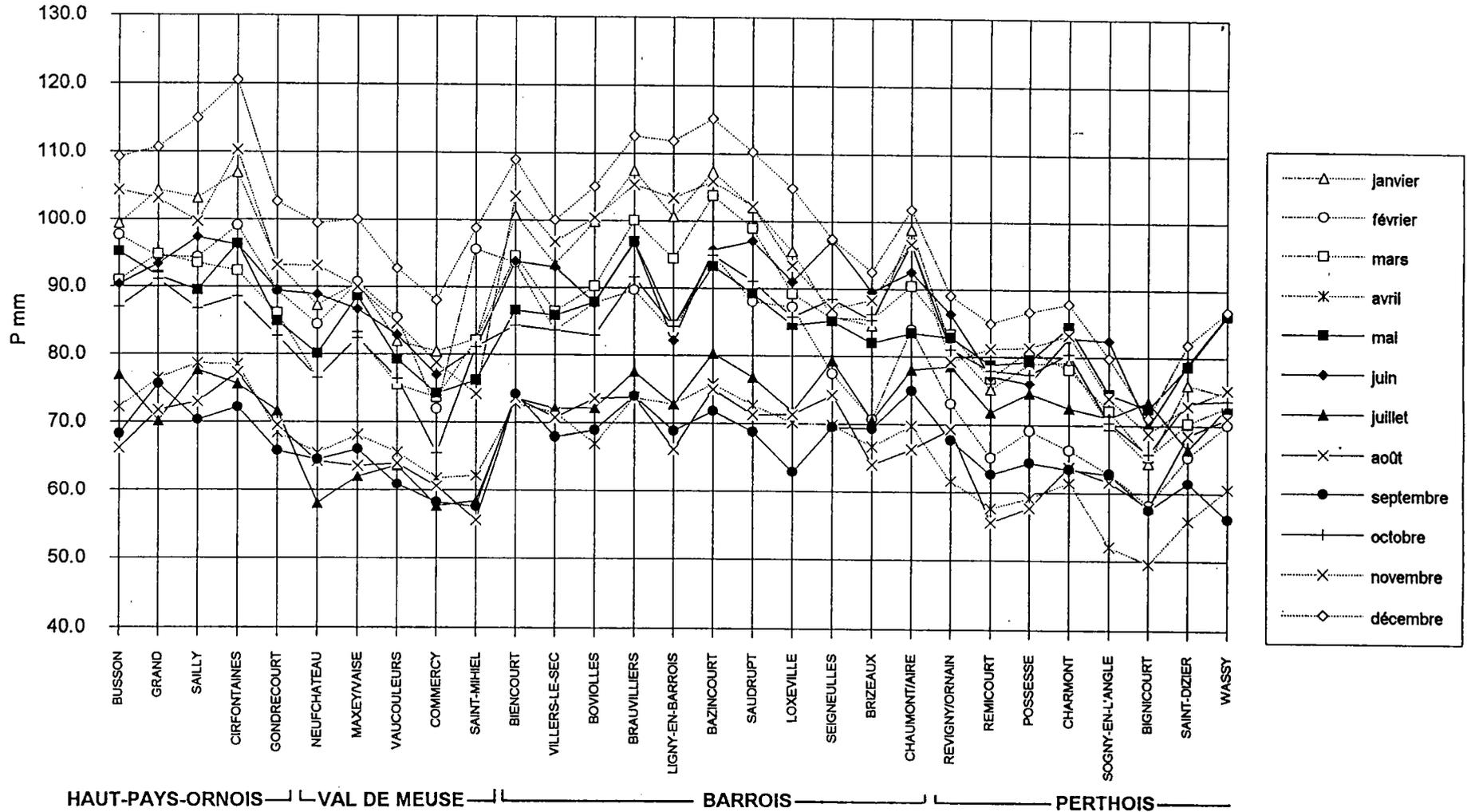
29 WASSY



SE

fig. I.43 REGIMES PLUVIOMETRIQUES (1969-90)

NO



ont également été représentés à partir de courbes mensuelles visualisant la répartition spatiale de la lame d'eau précipitée (fig.I.42) et du coefficient de variation des précipitations mensuelles (fig.I.43) du sud-est (Haut-Pays) au nord-ouest (Perthois) de l'interfluve Marne-Meuse.

L'observation des graphes réalisés montre que les régimes pluviométriques mensuels s'organisent en pays où les pluies sont homogènes.

Les stations du Haut-Pays, de l'Ornois et du Barrois présentent des précipitations de saison froide prédominantes avec un maximum en décembre. La saison chaude, moins pluvieuse concentre les mois d'été les plus secs (juillet, août et septembre) mais connaît un maximum au mois de mai. Les mois des inter-saisons (printemps, automne) sont les plus contrastés ($CV > 50\%$) à l'exception de novembre qui est le plus stable notamment dans le Haut-Pays (CV proche de 30%).

Les stations du Perthois ont des régimes pluviométriques peu contrastés avec des précipitations moyennes mensuelles comprises entre 50 et 80 mm toute l'année. Les pluies de saison froide sont plus faibles que dans le Barrois ce qui donne à la saison chaude un poids plus important, avec un maximum en mai ou juin. L'irrégularité des pluies mensuelles est l'apanage des inter-saisons, voire de l'été (Sogny-en-l'Angle, Bignicourt/Saulx). Le mois de novembre reste le plus régulier avec un coefficient de variation proche de 30% .

Les autres stations de la vallée de la Meuse, et du contact Argonne-Barrois présentent des régimes intermédiaires, de transition entre un océanisme orographique d'hiver et un équilibre saisonnier des pluies.

Pour l'ensemble des stations pluviométriques, c'est la saison froide et plus particulièrement le mois de février qui présente la plus grande hétérogénéité spatiale. En effet, dans le Haut-Pays, le Barrois et l'Ornois, il correspond au maximum mensuel (il représente plus de 8% du total annuel) alors que dans le Perthois, le mois de février connaît pratiquement les plus faibles précipitations mensuelles de l'année (il concentre moins de 8% du total annuel). A l'inverse, les mois d'été présentent de faibles disparités spatiales ce qui témoigne d'un océanisme pluviométrique hivernal dans le Barrois.

* Les régimes des pluies moyennes des bassins-versants.

Les régimes pluviométriques des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain ont été déterminés à partir de la méthode de Thiessen qui s'appuie sur des calculs simples et systématiques. Nous avons réalisé des régimes pluviométriques de fréquences caractéristiques à partir de la loi log-normale (annexes I.32) qui est la mieux adaptée aux données pluviométriques mensuelles (Dubreuil P., 1974). L'absence de mois sans pluie confirme l'utilisation de la loi logarithmique pour normaliser la distribution des précipitations mensuelles.

Ces données seront comparées aux régimes hydrologiques de fréquences caractéristiques de la Saulx à Mognéville et de l'Ornain à Fains-les-

fig. I.44

SE

REGIMES DU COEFFICIENT DE VARIATION PLUVIOMETRIQUE (1969-90)

NO

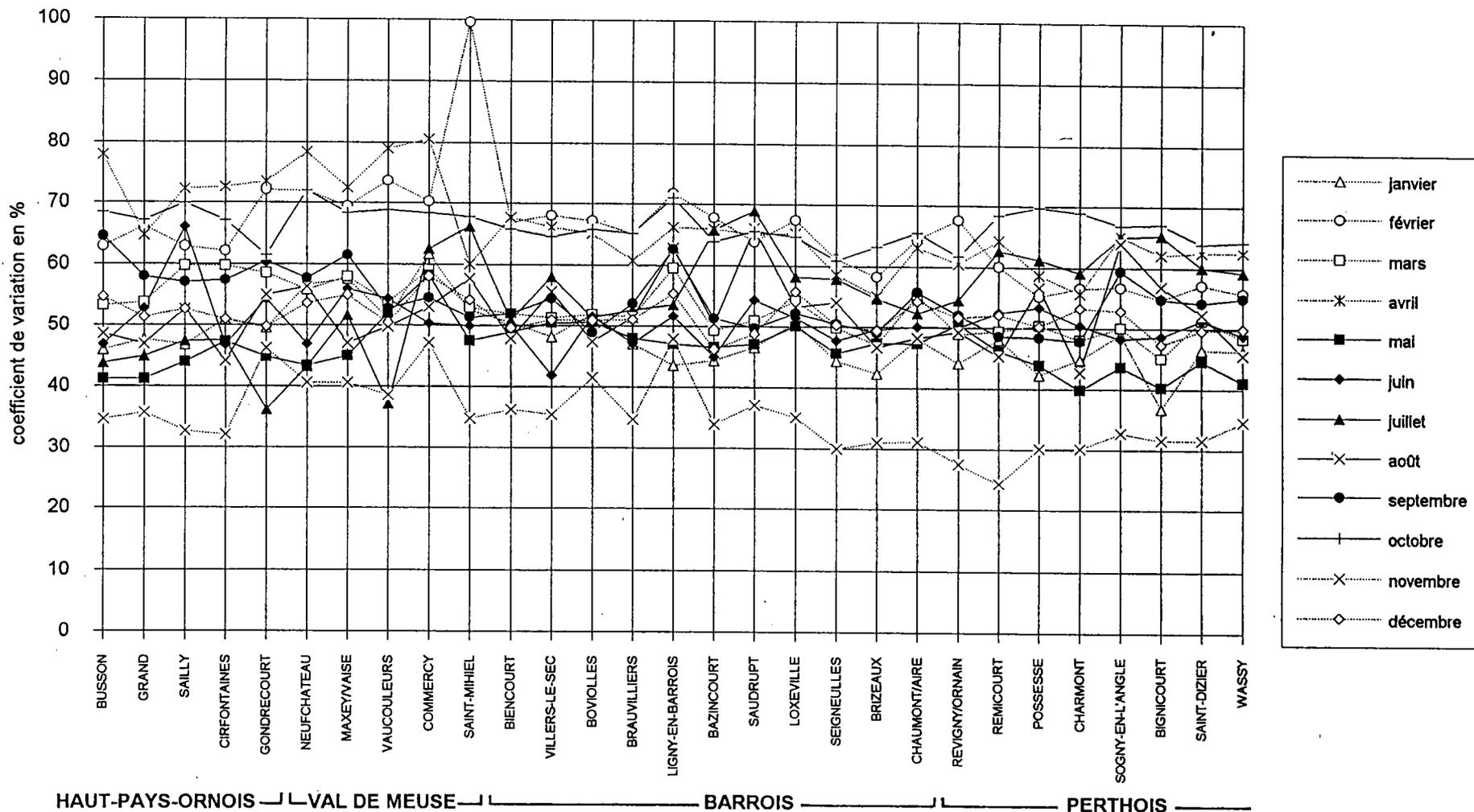
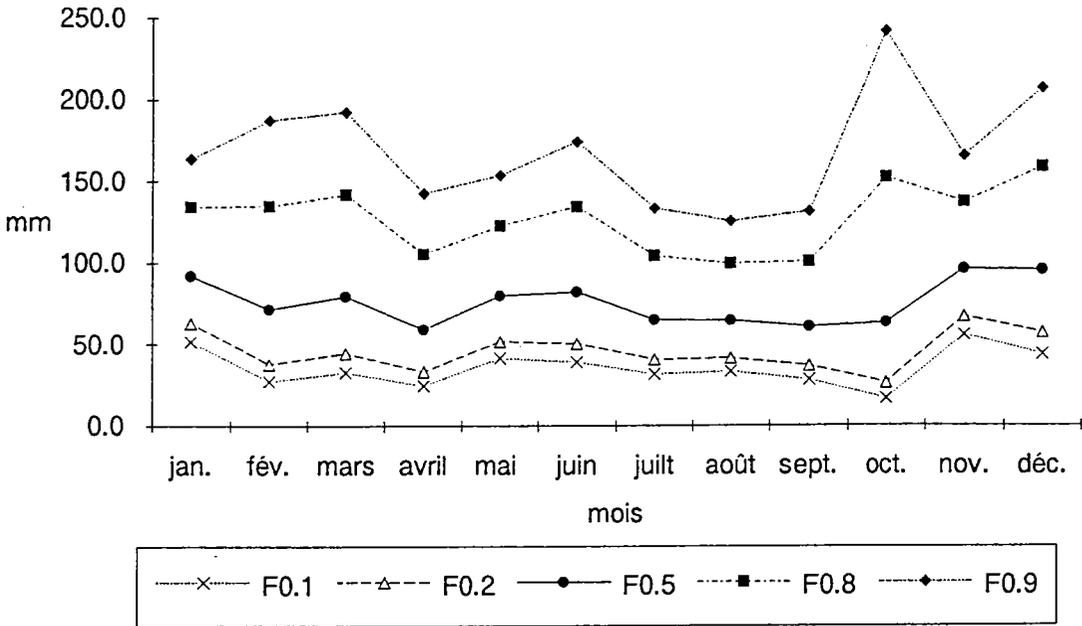
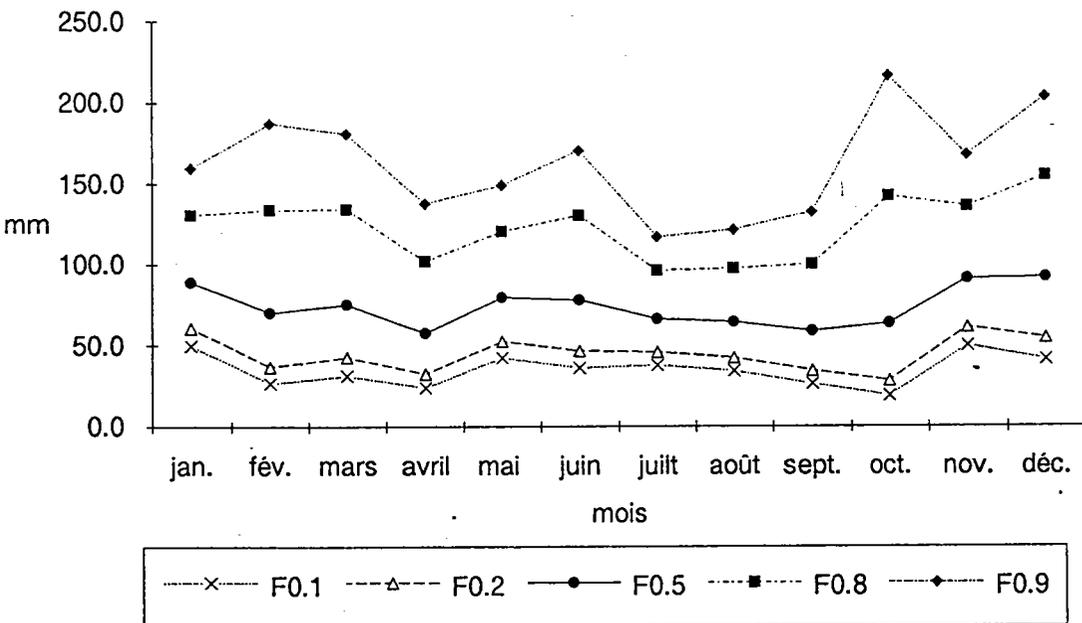


fig. I.45

**REGIMES PLUVIOMETRIQUES DE FREQUENCES
CARACTERISTIQUES
(bassin de la Saulx à Mognèville)**



**REGIMES PLUVIOMETRIQUES DE FREQUENCES
CARACTERISTIQUES
(bassin de l'Ornain à Fains-les-Source)**



Sources.

Les régimes pluviométriques de fréquences caractéristiques à Mognéville et Fains-les-Sources (fig.1.45) témoignent de la variabilité des précipitations mensuelles.

Les mois d'avril et d'octobre correspondent à des mois charnières d'inter-saison. Le mois d'avril présente une très faible variabilité qui contraste avec l'importante disparité des précipitations du mois d'octobre. Ce dernier comprend effectivement des pluies de fin d'été relativement sec (pluies occultes) et des passages cycloniques pluvio-gènes ce qui détermine une recharge des aquifères soumise à une grande variabilité.

La concomitance de deux mois secs en avril et octobre dans une même année induit une diminution notable du surplus hydrique aux dépens du ruissellement et de la recharge des aquifères. Le mois d'octobre est donc un mois de charnière climatique qui commande la reconstitution des réserves aquifères après la période d'étiage.

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit donc dans le dôme pluviométrique du Barrois qui recouvre également l'Ornois et le Haut-Pays. La disposition du relief, en arc de cercle exposé à l'ouest favorise la pénétration des masses d'air d'origine océanique. Les contrastes importants de rugosité de relief entre la Champagne et les plateaux du Barrois et du Haut-Pays participent également à l'accroissement des précipitations. Le bassin de la Saulx-Ornain "bénéficie" de sa position occidentale, aux portes de la Lorraine garantissant ainsi une alimentation pluviale non seulement abondante (plus de 1000 mm) mais globalement bien répartie sur l'année. Si les précipitations de saison froide sont prédominantes, celles de saison chaude restent importantes. Les précipitations sont dans l'année, à l'image des types de temps variables et d'origine océanique essentiellement. L'océanisme orographique caractérise les pluies du bassin-versant, pourtant situé tout proche du Perthois marqué par un régime pluviométrique de type océanique dégradé à influence continentale (pluies de saison chaude légèrement prédominantes).

Les aquifères discontinus et karstiques des plateaux calcaires fissurés du Barrois et du Haut-Pays constituent ainsi des réservoirs d'eau importants susceptibles de soutenir les cours d'eau en période d'étiage.

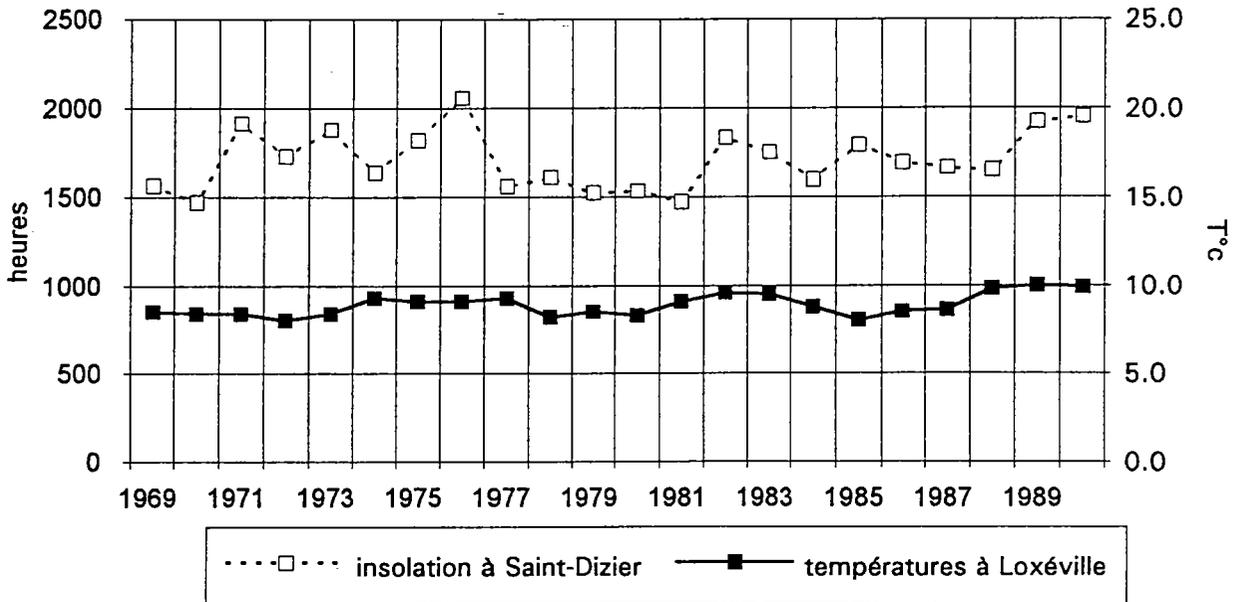
Cependant, toute l'eau précipitée dans l'atmosphère n'alimente pas les cours d'eau. En effet, les prélèvements évaporatoires, et la transpiration des végétaux participent au bilan hydrique du bassin-versant. Ces facteurs sont étroitement liés aux températures.

C. LES TEMPERATURES ET LE BILAN HYDRIQUE.

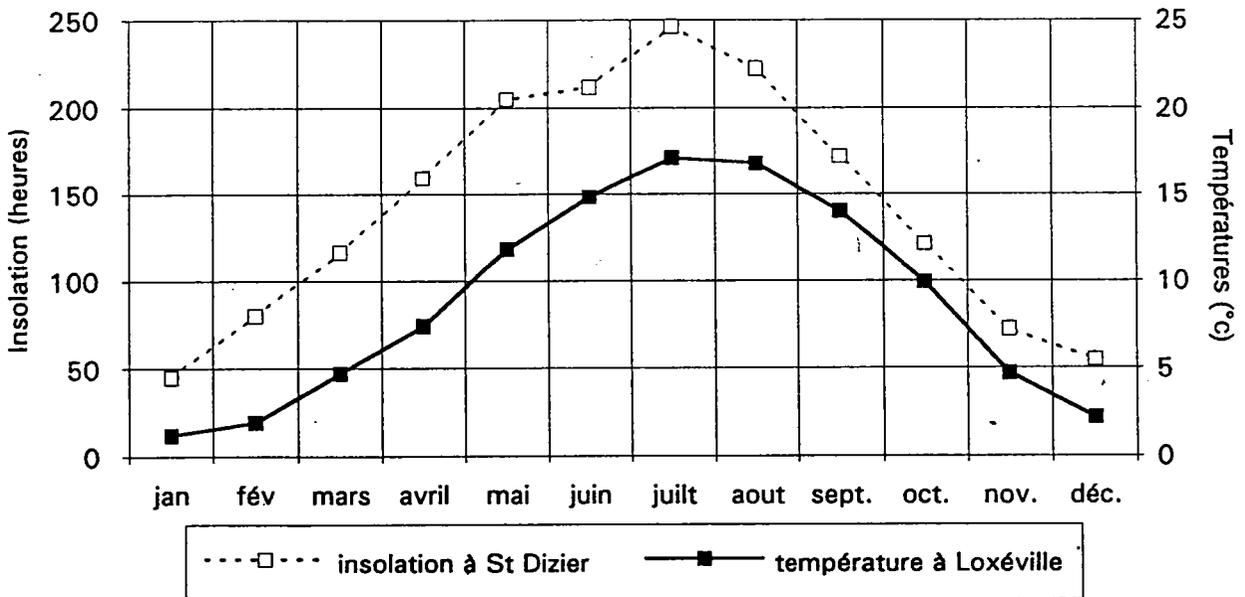
Les prélèvements évapotranspiratoires dépendent de multiples facteurs conditionnels: la température de l'air et de l'eau, l'insolation, le vent, l'état hygrométrique de l'air, la nature et la répartition des végétaux, etc... . Devant, la médiocrité de l'équipement climatique du bassin-versant et la multiplicité des

fig. I.46

**INSOLATION ANNUELLE EN HEURES A SAINT-DIZIER ET
TEMPERATURE ANNUELLE A LOXEVILLE (1969-90)**



**REGIMES DE L'INSOLATION A SAINT-DIZIER ET DES
TEMPERATURES A LOXEVILLE (1969-90)**



facteurs, nous n'utiliserons que la température et l'insolation car elles sont mesurées facilement et permettent de cerner grossièrement l'évapotranspiration à partir de formules.

a. L'insolation.

Sur la période 1969-90, la durée annuelle moyenne d'ensoleillement à Saint-Dizier est de 1711 heures alors que la moyenne nationale est comprise entre 2800 et 1700 heures. La faible insolation s'explique par la position septentrionale du bassin-versant dans l'espace français. Néanmoins, pour une même latitude, Saint-Dizier est plus ensoleillée que Metz (1660 heures). L'évolution de l'insolation de 1969 à 1990 à Saint-Dizier (fig.1.45), montre une succession d'années plus ensoleillées correspondant à la série sèche pluviométrique qui comprend le maximum observé (2060 heures). Elle est suivie d'années franchement peu ensoleillées de 1977 à 1981 (1500 heures) puis d'années moyennes de 1982 à 1990.

"L'insolation moyenne annuelle est fortement tributaire des dispositions estivales" (P. Pagney, 1988). En effet, 69% de l'ensoleillement est concentré dans la saison chaude à Saint-Dizier (effet de latitude de l'hémisphère nord). L'été comprend le maximum en juillet (246 heures), et l'hiver le minimum au mois de janvier (45 heures).

Le minimum pluviométrique de juillet, août et septembre correspond donc à la période la plus ensoleillée de l'année où les prélèvements évaporatoires et l'activité chlorophyllienne des végétaux est à son optimum. Les mois de mai et de juin, bien ensoleillés sont également bien arrosés. Les pluies hivernales seront vraisemblablement plus efficaces car les prélèvements évapotranspiratoires sont beaucoup plus faibles. La saison froide et plus précisément, l'hiver est la période de constitution des réserves aquifères et de ruissellement.

Mais, l'insolation en heures n'exprime pas l'intensité du rayonnement solaire. *"La durée d'insolation est fonction de la durée du jour, de l'état du ciel, de la nébulosité, donc des types de temps"* (Frécault R., 1972). Les régimes de l'insolation à Saint-Dizier et de la température à Loxéville (fig.1.45) présentent effectivement un décalage important, notamment en saison froide (faible incidence des rayons solaires). A défaut de données calorifiques, nous utiliserons les températures pour cerner l'évapotranspiration dans le bassin-versant à partir de formules théoriques.

b. Les températures.

Compte tenu de la médiocrité de l'équipement thermométrique du bassin-versant de la Saulx-Ornain (station de Loxéville), nous utiliserons également les postes situés à proximité du bassin (stations de Chaumont/Aire, Vaucouleurs, Neufchâteau et Brizeaux).

1. Les températures moyennes annuelles.

Les températures moyennes annuelles calculées sur la période hydrologique de référence (1969-90) varient sensiblement selon les postes choisis (tab.1.3). En effet, elles s'échelonnent de 8.9°C (Loxéville) à 10°C (Brizeaux) mais sont majoritairement de l'ordre de 9.1°C. Ces variations obéissent à l'altitude, car "*en Europe occidentale, la température moyenne annuelle - calculée sur une assez longue période - varie de 0.5 à 0.6°C par 100 mètres de différence d'altitude*" (G.Réméniéras, 1986). La corrélation altitude/température moyenne annuelle (fig.1.48) est satisfaisante ($r=0.91$) avec un gradient de l'ordre de 0.7°/100 m soit largement supérieur aux gradients observés en Lorraine. Cependant, le faible nombre de données et les problèmes de sites propres à chaque station nous empêchent de proposer un modèle de détermination de la température moyenne des bassins-versants.

En Lorraine, le gradient thermique est défini par l'équation (J.F. Zumstein):

$$T^{\circ}m = -0.00533.Hm + T^{\circ}0 \text{ avec}$$

$T^{\circ}m$: température moyenne annuelle

Hm : altitude en mètre

$T^{\circ}0$: température moyenne annuelle réduite au niveau de la mer.

En général pour des stations de même latitude, la température réduite au niveau de la mer est quasi-identique. Une variation de $T^{\circ}0$ traduit une continentalisation ou un effet d'abri lié au relief.

En prenant la station de Neufchâteau comme station de référence, la température moyenne annuelle de Loxéville est très légèrement sous-estimée (-1.1%) alors que celles de Vaucouleurs et Brizeaux sont surestimées. On obtient une température réduite de 10.65°C alors qu'à Brest, Paris et Strasbourg, elle est respectivement de 11.41, 11.17 et 11.10°C ce qui témoigne d'une légère continentalisation thermique.

Compte tenu de ce gradient, on peut déterminer la température moyenne des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain à partir des altitudes moyennes respectives (293 et 340 m). On obtient ainsi une température moyenne légèrement plus faible sur l'Ornain (8.8°C) que sur la Saulx (9.1°C) correspondant à celle observée à Loxéville que nous considérons comme station de référence.

Cependant, ces moyennes aux stations cachent des disparités spatiales liées aux différents Pays traversés par la Saulx et l'Ornain. Les températures moyennes annuelles de chaque Pays calculées à partir de l'altitude moyenne (tab.1.5) diminuent du sud-est (Haut-Pays) au nord-ouest (Perthois).

Les températures moyennes annuelles sont homogènes avec des coefficients de variation compris entre 5.6% (Brizeaux) et 7% (Loxéville) qui

fig. I.47 TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES DE 1969 A 1990

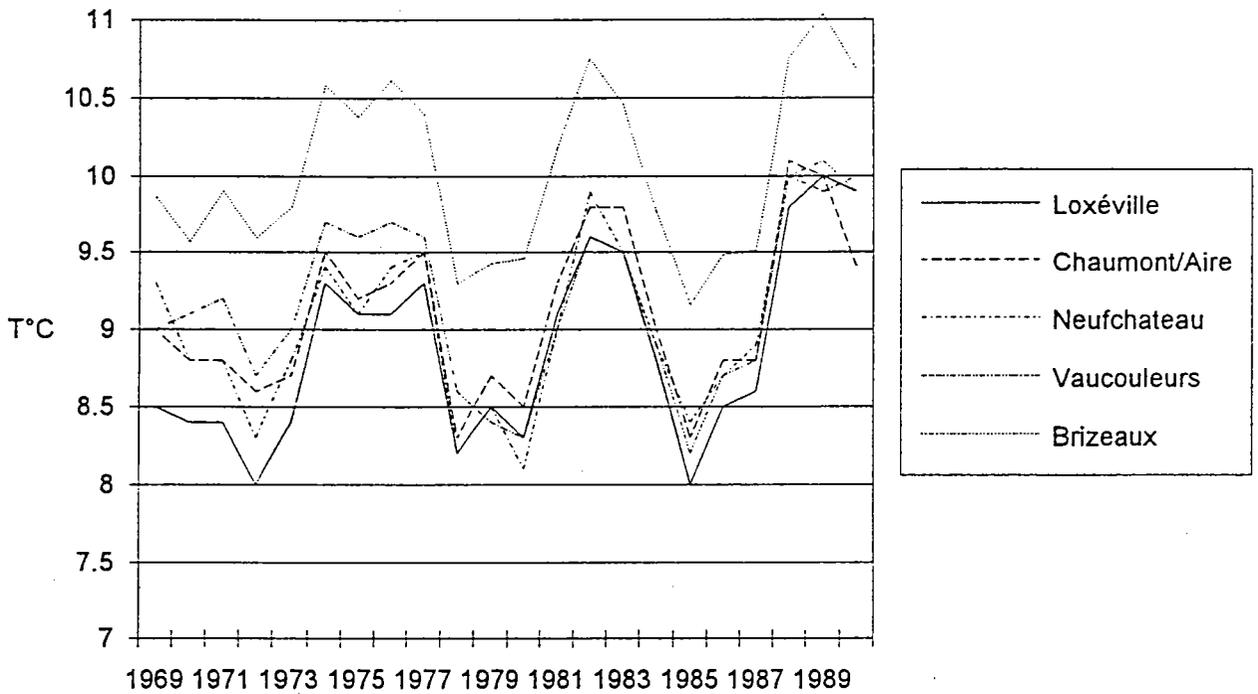
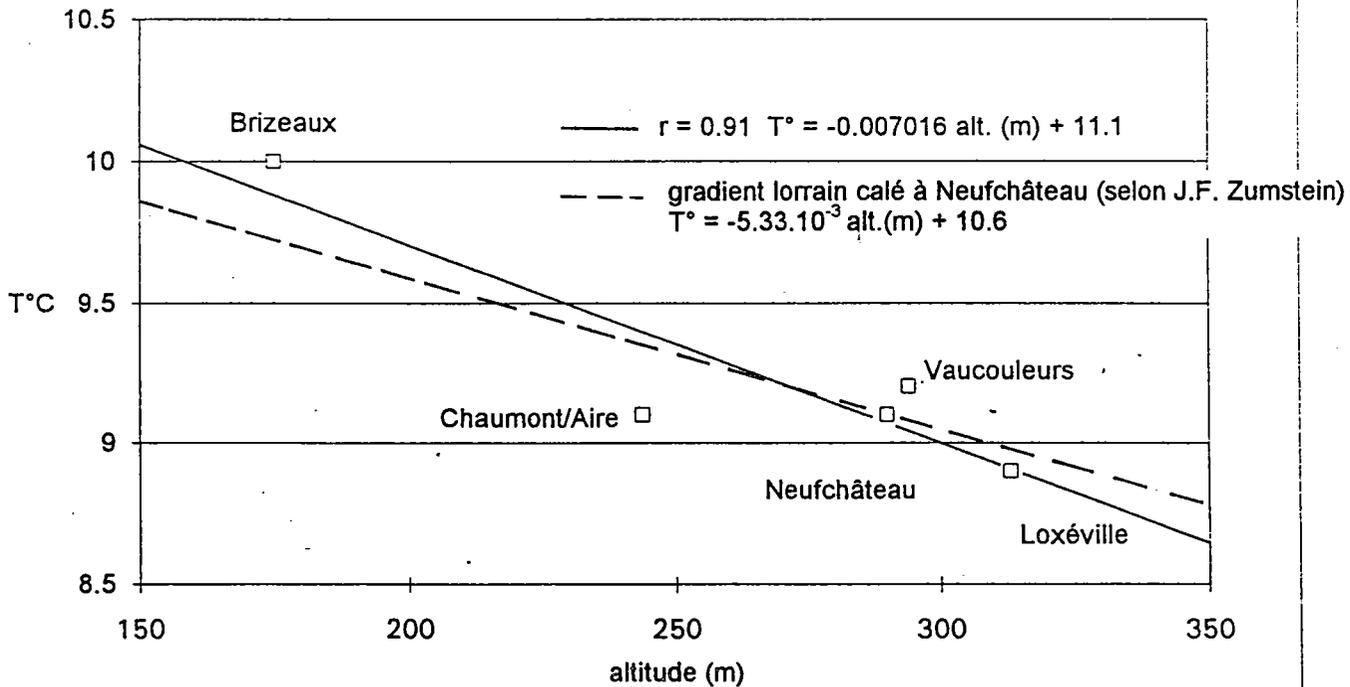


fig. I.48 CORRELATION ALTITUDES DES POSTES/TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES (1969-90)



augmentent corrélativement à l'altitude ($r=0.88$). L'évolution des températures moyennes annuelles de 1969 à 1990 (fig.1.46) montre des séries d'année chaudes (1974-77, 1982-83, 1988-90) séparées par des séries d'années plus froides.

L'amplitude thermique est moins contrastée que les températures moyennes annuelles. Elle s'échelonne entre 15.7°C (Chaumont/Aire) et 16.4°C (Neufchâteau). Elle correspond aux variations thermiques enregistrées en climat océanique dégradé où la tendance continentale s'affirme d'ouest en est. Néanmoins elle reste inférieure à 18°C, limite thermique d'un effet de continentalisation marqué. L'océanisme de nature orographique observé dans le Barrois au niveau des précipitations ne se caractérise donc pas par le régime thermique qui témoigne d'une légère continentalisation.

2. Les températures moyennes mensuelles.

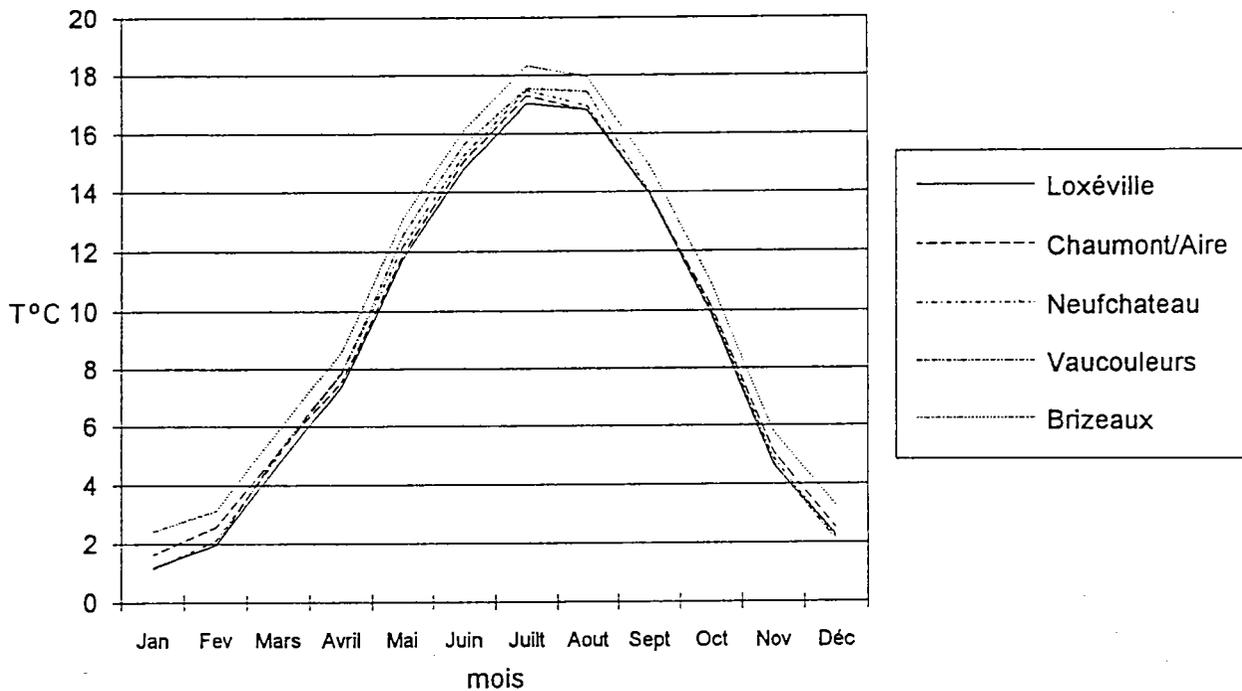
Le régime des températures mensuelles (fig.1.48) présente une saison chaude (température supérieure à 10°C) de mai à octobre, un maximum en juillet (17°C) et une saison froide de novembre à avril qui comprend le minimum en janvier (1.5°C). Le régime des coefficients de variation est aussi tranché avec des températures hivernales très contrastées (CV compris entre 90 et 250%), un été et des intersaisons d'une remarquable stabilité (CV de l'ordre de 10%). Ce régime est la marque d'une plus grande variabilité des types de temps et des masses d'air en hiver. Cette saison connaît effectivement des types de temps anticycloniques froids mais aussi des situations dépressionnaires océaniques douces (front polaire). A l'inverse, l'été se caractérise par des masses d'air à dominante maritime et des types de temps stables.

A la différence des précipitations, les températures présentent donc un régime bien contrasté qui souligne les variations importantes du pouvoir évapotranspiratoire durant l'année. La saison chaude, et plus particulièrement l'été correspond à l'optimum de l'activité chlorophyllienne des végétaux qui coïncide avec le maximum des prélèvements évaporatoires. La saison froide, et plus particulièrement le mois de janvier connaissent des températures épisodiquement inférieures à 0°C. Le gel sporadique et les précipitations nivales limitent ou retardent les infiltrations qui sont fondamentales dans les modalités de circulation de l'eau sur les plateaux calcaires du Haut-Pays et du Barrois. L'importance du gel peut être illustrée par la fréquence mensuelle des mois (annexe 1.4) où la température moyenne est inférieure à 0°C (janvier, février et décembre). La fréquence est plus élevée à Loxéville (27%) en janvier alors qu'elle reste basse dans le Perthois au poste de Brizeaux (14%).

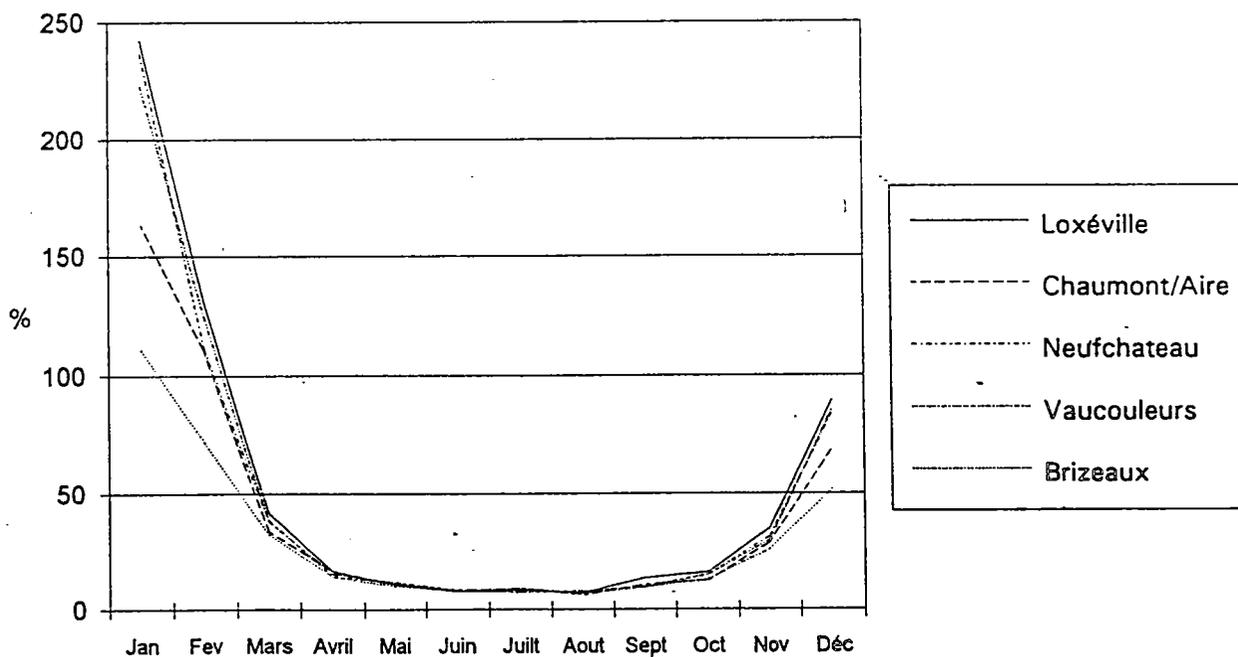
Les températures déterminent le potentiel évapotranspiratoire qui prélève une partie importante des précipitations aux dépens du ruissellement et de l'infiltration.

fig. I.49

REGIME DES TEMPERATURES 1969-90



REGIME DES COEFFICIENTS DE VARIATION DES TEMPERATURES MENSUELLES (1969-90)



c. L'évapotranspiration.

L'évapotranspiration est "*la somme de toutes les pertes d'eau liquide par transformation en vapeur*" (Lambert R., 1996). Elle regroupe l'évaporation et la transpiration par les plantes qui prélèvent une partie de l'eau précipitée.

A défaut de mesures directes (évaporomètre, bac d'évaporation, lysimètre), nous nous rabattons sur les nombreuses formules empiriques à un ou plusieurs paramètres pour déterminer l'évapotranspiration. En l'absence de données intégrant l'état de l'air (hygrométrie, vent), du sol (humidité) et de la végétation, nous utiliserons les formules de Thornthwaite (1948), de Turc (1961) et de Coutagne qui utilisent les températures et les précipitations.

La formule de Thornthwaite permet de déterminer l'évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle qui représente le pouvoir évapotranspirant de l'atmosphère. Par contre, les formules de Turc et de Coutagne déterminent l'évapotranspiration réelle (ETR) annuelle qui exprime non plus un pouvoir mais une lame d'eau effective. Sur le bassin-versant de la Saulx-Ornain, la lame d'eau évapotranspirée selon Thornthwaite est surestimée de 40% par rapport à celles obtenues avec les formules de Turc et de Coutagne qui sont identiques.

1. L'évapotranspiration annuelle.

Sur la période 1969-90, l'évapotranspiration réelle prélève environ 500 mm soit 46% des précipitations tombées dans les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain à Mognéville et à Fains-les-Sources (fig.I.49). Ces prélèvements peuvent atteindre près de 80% en série sèche (1971 et 1976) laissant aux cours d'eau un surplus hydrique relativement faible de l'ordre de 200 mm (fig.I.50). A l'inverse, en série humide (1970, 1981), les prélèvements évapotranspiratoires sont en proportion beaucoup plus faibles (20% des précipitations) garantissant un surplus hydrique important (800 mm).

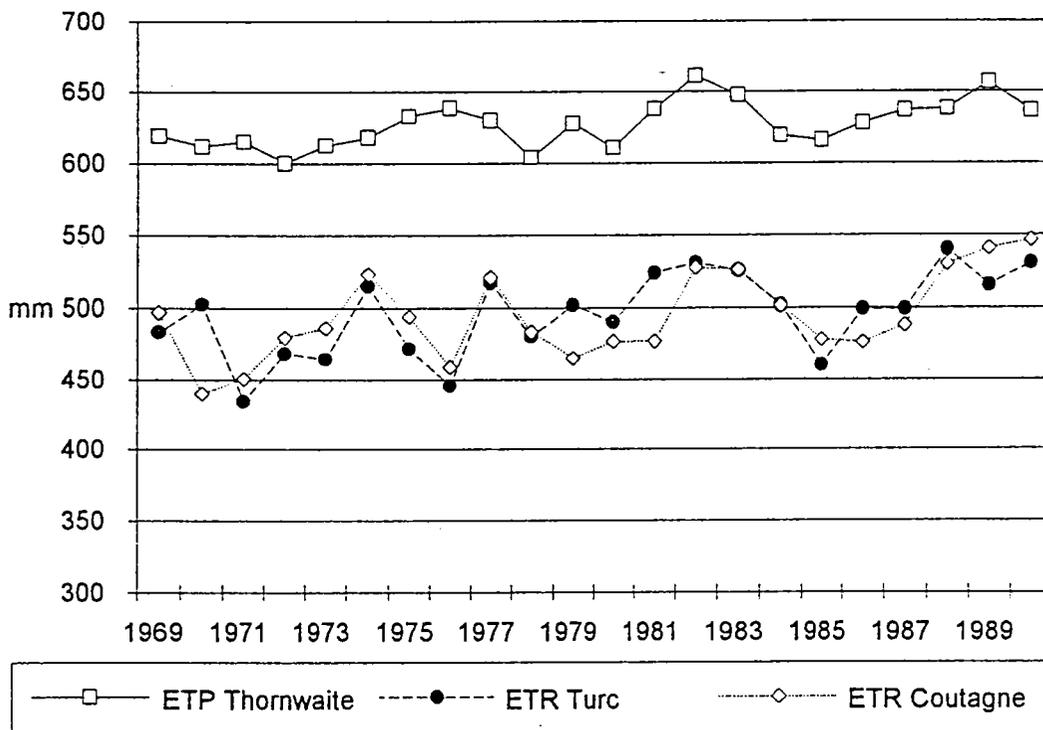
A l'image des températures, mais contrairement aux précipitations, les prélèvements évapotranspiratoires sont peu contrastés, à l'échelle annuelle (coefficient de variation de 6%) ce qui explique l'hétérogénéité des surplus hydriques (coefficient de variation de 28%). La lame d'eau offerte à l'écoulement et à l'infiltration sera donc d'année en année très variable. Cette forte variabilité est tempérée au niveau des écoulements par la vidange des aquifères.

2. Le bilan hydrique mensuel.

A l'échelle mensuelle, seule la formule de l'ETP de Thornthwaite permet de calculer les prélèvements évapotranspiratoires uniquement à partir des

fig. I.50

**EVAPOTRANSPIRATION DE 1969 A 1990
BASSIN DE LA SAULX A MOGNEVILLE**



**EVAPOTRANSPIRATION DE 1969 A 1990
BASSIN DE L'ORNAIN A FAINS-LES-SOURCES**

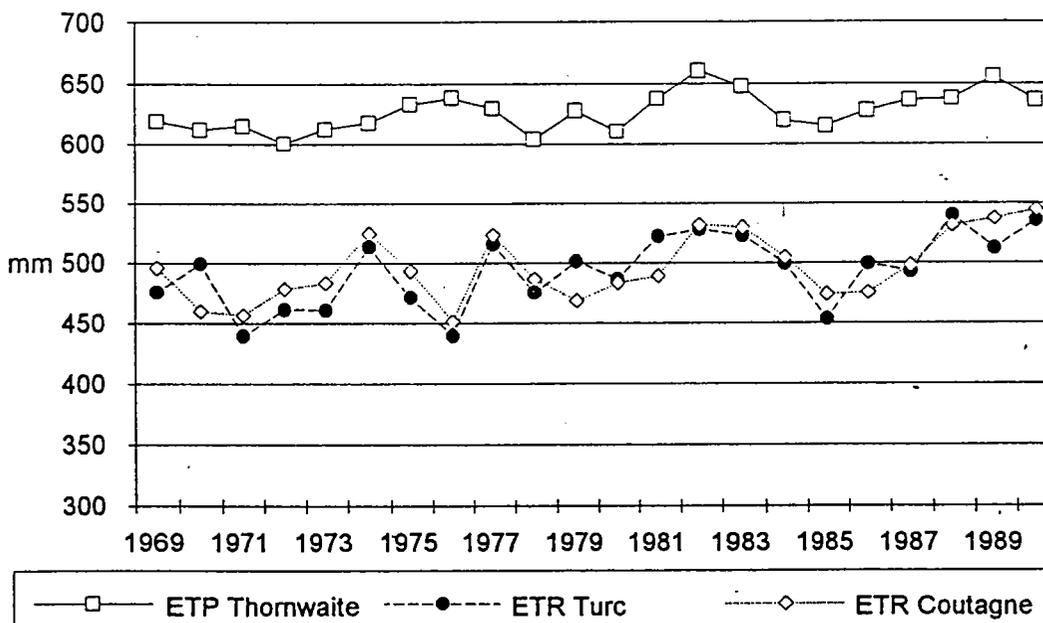
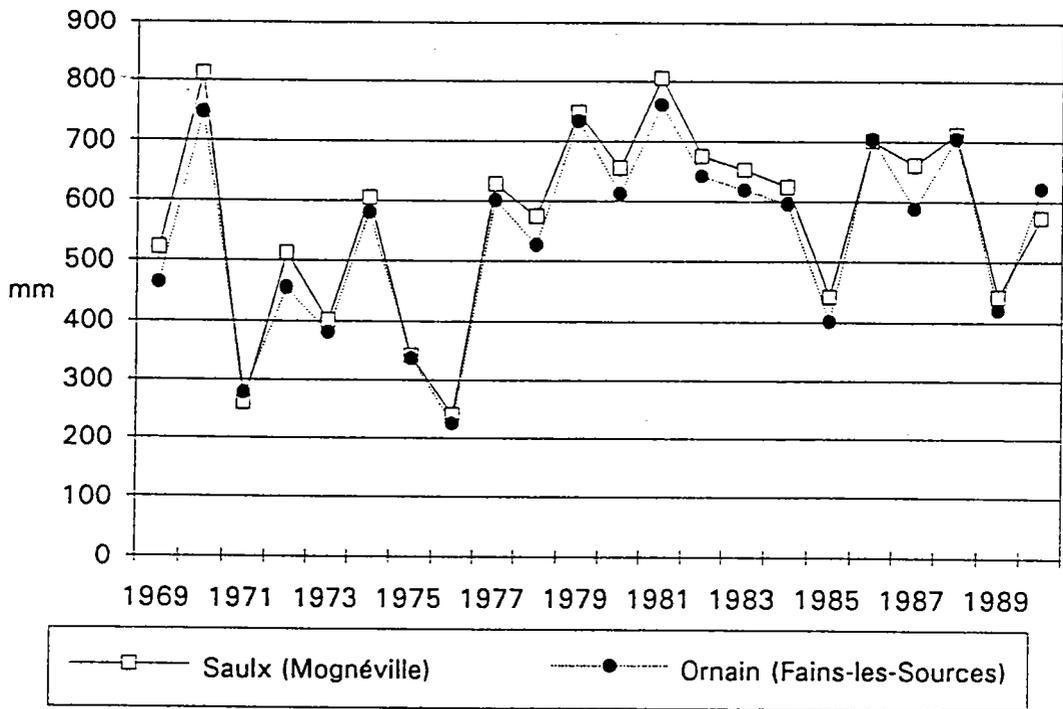
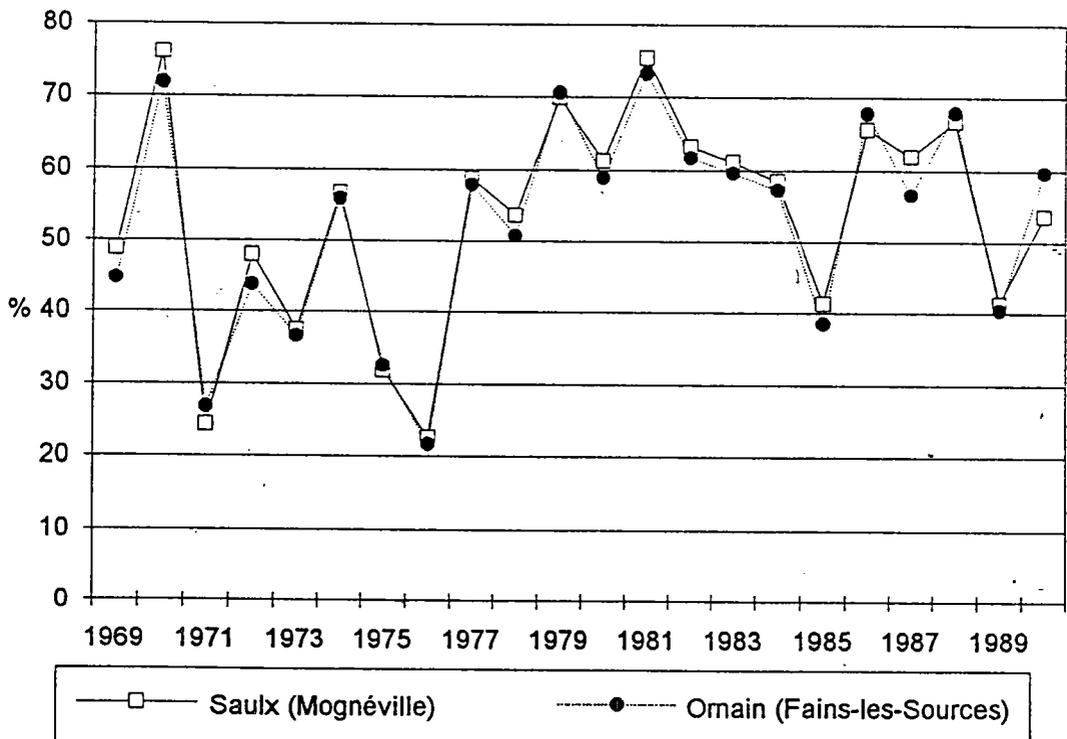


fig. I.51

SURPLUS HYDRIQUE EN MM (1969-90)



SURPLUS HYDRIQUE EN % DES PRECIPITATIONS



températures. Le régime de l'ETP est donc calqué sur celui des températures.

Le bilan hydrique (annexe I.33) intègre les précipitations (P), l'ETP, le déficit pluviométrique brut (PD), cumulé (DPC), et la réserve facilement utilisable par les plantes (RFU). La variation de la RFU, fixée à 50 mm, s'effectue selon une loi logarithmique car la tension osmotique des végétaux augmente de manière exponentielle en fonction de la diminution de la RFU. Le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) repose sur l'état de la RFU, des précipitations et de l'ETP. Lorsque l'ETP est inférieure aux précipitations, $ETR=ETP$. Sinon, le complément aux pluies est fournie par les prélèvements dans la RFU (dr) et $ETR= P+dr$. Lorsque la RFU est épuisée, l'activité végétative diminue (seuil de flétrissement) et $ETR=P$.

Le surplus (S) correspond à la lame d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration ($P-ETR$ -reconstitution de la RFU).

Les bilans hydriques sur la Saulx et l'Ornain (fig.I.51) révèlent l'existence de deux saisons:

- d'octobre à mai, les surplus sont positifs (509 mm) et particulièrement importants en hiver (276 mm); le mois d'octobre correspond à la reconstitution de la RFU

- de juin à août, la totalité des précipitations et des prélèvements dans la RFU est légèrement inférieure à l'ETP; les besoins non satisfaits ($B=ETP-ETR$) restent relativement faibles et sont maximaux en septembre (9 mm).

Ces deux saisons hydriques devraient vraisemblablement correspondre aux saisons hydrologiques. La saison froide, avec une forte pluviosité mais de faibles prélèvements évapotranspiratoires garantit aux cours d'eau l'abondance (hautes-eaux). A l'inverse, en saison chaude, caractérisée par une plus faible pluviosité mais surtout un important pouvoir évapotranspirant, les cours d'eau sont alimentés par de faibles surplus (basses-eaux) ou par la vidange des aquifères (étiage).

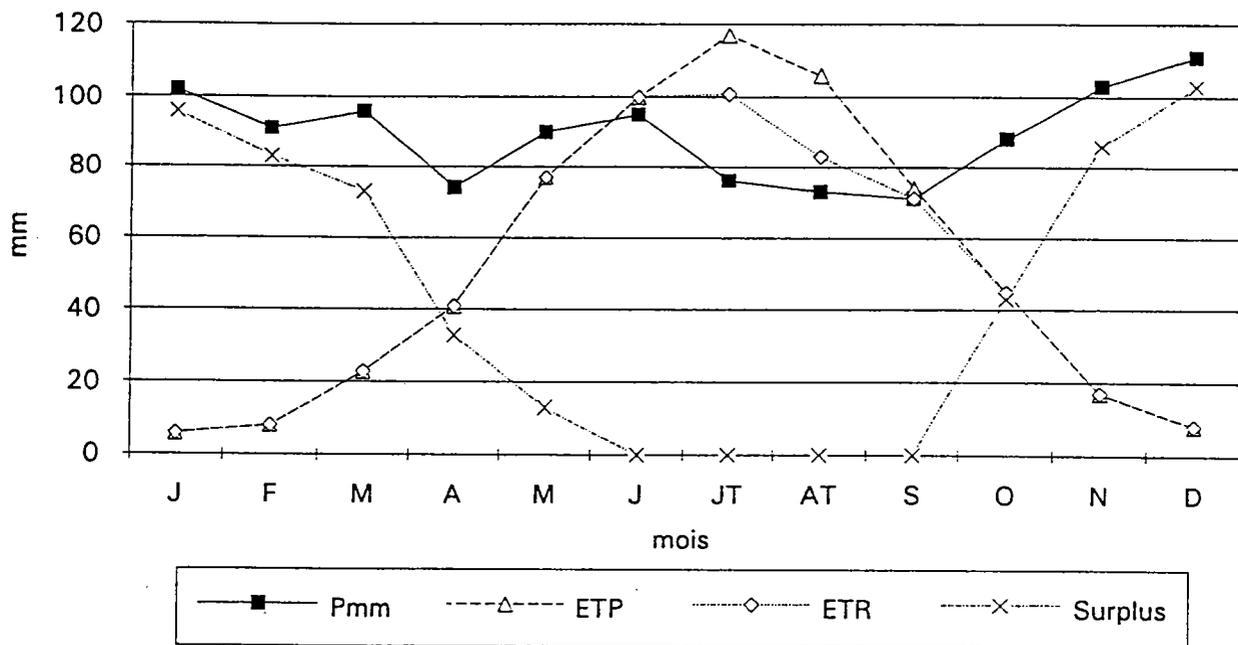
Les surplus, aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources sont largement supérieurs aux lames d'eau écoulées, respectivement +11% et +34%. L'Ornain se caractérise alors par un déficit d'écoulement plus important (632 mm) que sur la Saulx (554 mm). Ces différences s'expliquent par de nombreux facteurs:

- la nature calcaire du substratum et les modalités de circulation de l'eau ne garantissent pas une adéquation complète entre le débit potentiel ou climatique et les lames d'eau écoulées (écoulements souterrains intra-bassins)

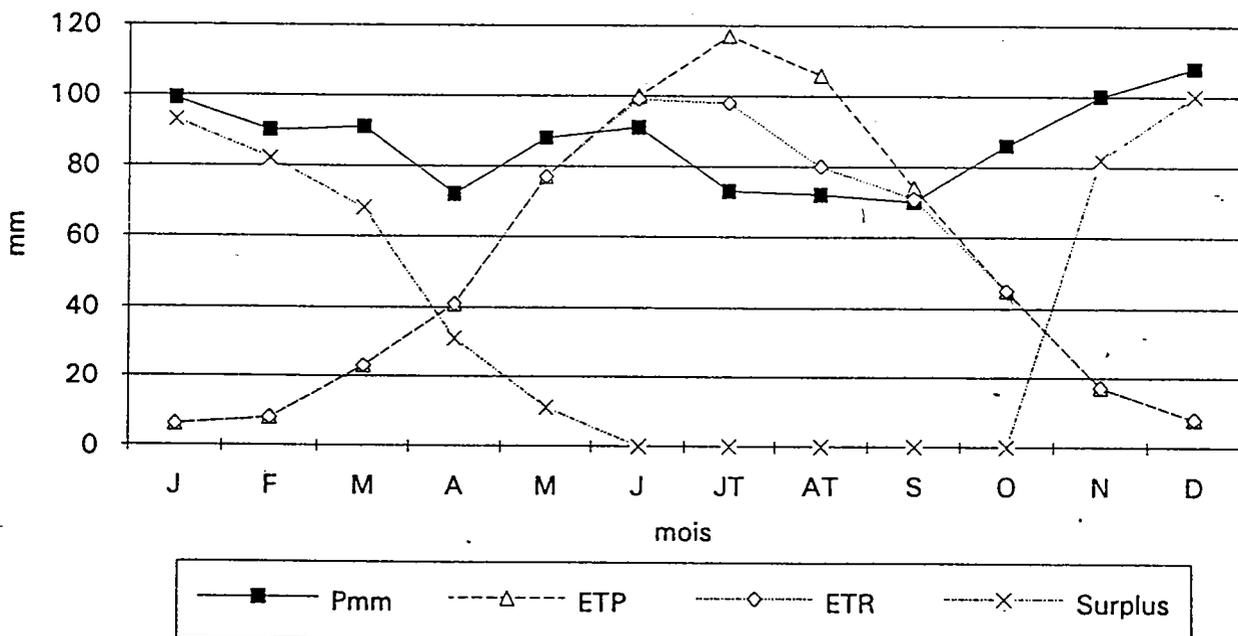
- le calcul de la pluie moyenne souligne le problème de représentativité des stations pluviométriques et repose sur la notion de bassin-versant topographique qui, en milieu calcaire, ne correspond pas systématiquement à l'aire d'alimentation totale du cours d'eau

fig. I.52

BILAN HYDRIQUE DU BASSIN DE LA SAULX A MOGNEVILLE (1969-90)



BILAN HYDRIQUE DU BASSIN DE L'ORNAIN A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



- le bilan hydrique n'intègre pas la nature et le stade de croissance de la couverture végétale, essentiellement représentée par la forêt de hêtraie-chênaie dans le Haut-Pays et le Barrois. Pourtant, *"il est généralement admis que la forêt, comparée à un autre type de végétation, réduit l'écoulement annuel"* (Cosandey C., 1995). En effet, les auteurs s'accordent à fixer la réduction de l'écoulement liée à la transpiration des forêts de plateaux calcaires sur une valeur de 400 mm/an

- les activités humaines ne sont pas prises en compte dans le bilan hydrique alors que les prise d'eau du canal de la Marne au Rhin pourraient expliquer, en partie, le déséquilibre important entre la lame d'eau écoulee et le débit climatique (+34%) de l'Ornain.

Le bilan hydrique calculé à partir des régimes moyens sur la période 1969-90, n'est pas représentatif des années exceptionnelles. Si le régime des températures est globalement stable d'année en année, celui des précipitations l'est beaucoup moins, ce qui souligne la marque de l'océanisme du climat. La comparaison des lames d'eau écoulees avec les débits climatiques à différentes situations hydrologiques permettra de mieux cerner le comportement du bassin.

CONCLUSION DU SECOND CHAPITRE

La trame climatique des pays traversés par la Saulx et l'Ornain est marquée par:

- l'océanisme orographique des précipitations dans le Haut-Pays, l'Ornois et le Barrois, caractérisé par des pluies abondantes, de saison froide prédominante mais irrégulières

- une continentalité plus marquée dans le Perthois (précipitations plus faibles avec une légère prédominance estivale)

- un régime thermique à deux saisons bien contrastées.

Ces conditions climatiques déterminent deux saisons hydriques où les potentialités génératrices du débit des cours d'eau diffèrent.

La saison froide, avec ses pluies abondantes et ses faibles prélèvements évapotranspiratoires est la saison de l'abondance, propice au ruissellement et à l'alimentation des aquifères karstiques. Mais, elle connaît les contrastes climatiques les plus importants. Les précipitations neigeuses, les froids secs anticycloniques et les pluies océaniques de secteur ouest déterminent des conditions d'alimentation variées et différées des cours d'eau.

La saison chaude, caractérisée par d'importants prélèvements évapotranspiratoires est la saison de pénurie hydrique. Les pluies ne profitent pas aux écoulements, essentiellement constitués par la vidange des aquifères.

C'est donc de la saison froide que dépendent les écoulements de la saison chaude. Un hiver déficitaire entraîne une diminution des réserves aquifères préjudiciable en saison chaude (1971, 1976).

Les mois d'intersaisons présentent des conditions climatiques contrastées. Si avril se caractérise par des précipitations globalement homogènes, octobre est marqué par une importante versatilité des types de temps alors qu'il correspond à la recharge des aquifères. La concomitance d'un hiver sec avec une recharge tardive des nappes en automne engendre des situations hydrologiques critiques.

Si les contrastes saisonniers sont importants, les disparités spatiales sont faibles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources. La totalité de l'impluvium s'inscrit dans le dôme pluviométrique d'Argonne-Barrois.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Le bassin-versant de la Saulx-Ornain s'inscrit dans les auréoles jurassiques du Bassin Parisien caractérisées par l'alternance de plateaux calcaires et de plaines argileuses individualisés en Pays où les caractères morpho-structuraux, hydrogéologiques et climatiques sont homogènes (tab.1.5).

Les Pays traversés par les deux cours d'eau sont de l'amont vers l'aval, le Haut-Pays (revers calcaire de la cuesta oxfordienne), l'Ornois (dépression subséquente de la côte des Bars), le Barrois (revers calcaire de la cuesta portlandienne) et le Perthois (Champagne humide, dépression subséquente de la côte turonnaise).

Le Haut-Pays dégagé dans les calcaires oxfordiens, correspond à une zone d'infiltration généralisée, directe (Oxfordien) ou retardée (karst étagé au contact lithostratigraphique Séquanien/Oxfordien), perchée d'une cinquantaine de mètres par rapport à la Meuse à l'est et à la Marne à l'ouest.

L'Ornois est représenté par une dépression inscrite dans les formations marno-calcaires du Kimméridgien qui recouvrent les calcaires oxfordiens du Haut-Pays. Il est traversé par le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château qui permet à l'Ornain de recouper la nappe captive séquanienne. Les écoulements mieux hiérarchisés dans un chevelu hydrographique plus dense sont nourris par l'aquifère multicouche kimméridgien quantitativement médiocre.

Le Barrois constitue la principale unité morpho-structurale du bassin. Il correspond au revers calcaire de la côte des Bars, perturbé par une tectonique souple (synclinal de Treveray, anticlinal de Bar-le-Duc) et cassante (fossé de la Marne, nombreuses failles) qui conditionnent les échanges entre les cours d'eau et l'aquifère karstique du Portlandien (nappe de la Pierre Châline). Les écoulements souterrains prédominants déterminent un réseau hydrographique mal hiérarchisé cantonné dans les grandes vallées de la Saulx et de l'Ornain qui présentent toutes deux un cours perché par rapport à la Marne et à la Meuse.

Le Perthois est faiblement représenté dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain. Il correspond à une plaine dégagée dans les formations argilo-sableuses du Crétacé qui recouvrent en discordance les calcaires taraudés du Portlandien. Les cours d'eau drainent une plaine alluviale piégée dans le synclinal de Révigny/Ornain et divaguent sur la surface piézométrique de la nappe, ondulée par les horsts et grabens du réseau de fracture de la Marne. La capture de l'Ornain-Saulx-Aisne par la Marne a provoqué un abaissement brutal du niveau de base et une réorganisation des écoulements de surface (Perthois) et souterrains. L'originalité du bassin de la Saulx-Ornain réside dans sa position de frontière géologique et hydrographique entre les bassins séquanien et mosan. Cette notion de frontière se retrouve également dans le contexte climatique.

Les disparités spatiales s'effacent ou se simplifient au niveau du

tab. I.5

PARAMETRES DE DEFINITION DES PAYS DU BASSIN-VERSANT DE LA SAULX-ORNAIN

PARAMETRES	HAUT-PAYS	ORNOIS	BARROIS	PERTHOIS
aire (km ²)	248	161	879	154
aire %	17	11	61	11
altitude (m)	420-340	380-300	380-180	180-110
topographie	plateau incliné	depression et buttes	plateau incliné	plaine
pédologie	sols bruns calciques superficiels	sols bruns calciques hydromorphes	sols bruns calciques superficiels	sols hydromorphes à pseudo-gley
végétation	hêtraie-chênaie	pelouse, bosquet	hêtraie-chênaie, pelouse	saulaie, aulnaie
occupation du sol	céréaliculture	prairie	céréaliculture	prairies, cultures, peuplerale
densité d'habitant (hab/km ²)	6	22	56	76
matériaux de construction traditionnelle	moellon, pierre de taille lauze, tuile	moellon, pierre de taille tuile	moellon, pierre de taille tuile, lauze	torchis, colombage tuile
stratigraphie	Oxfordien	Kimméridgien	Portlandien	Crétacé
lithologie	calcaires	marnes et calcaires	calcaires	argiles, sables, alluvions
tectonique	pendage monoclinal	fossé tectonique	synclinal, anticlinal, fosé tectonique	synclinal, graben, horst
forme de relief	revers côte de Meuse	depression côte des Bars, butte-témoin	revers côte des Bars	depression côte de Champagne
aquifère	karstique	multicouche	karstique	nappe alluviale, aquifères locaux
réseau hydrographique	sec, intermittent endoréique	pérenne, dense hiérarchisé	pérenne, intermittent	dense, zone humide
densité pérenne (km/km ²)	0	0.306	0.244	0.169
densité temporaire (km/km ²)	0.15	0.117	0.054	0.539
densité de source (nb/km ²)	0.1	0.37	0.15	zone humide
toponyme orographique	Combe	Vallée, Vaux	Vallée, Ravin	Fossé
climat	lorrain	lorrain	lorrain	séquanien
précipitations moyennes (mm)	>1000	>1000	>1000	700-900
Ic Coutagne	<0.85	0.85	0.9-0.85	1.05-0.9
régime pluviométrique (Musset)	HAPE	HAPE	HAPE	HEAP
température moyenne (°C)	8.6	8.8	9.2	9.8

contexte climatique. Le Barrois, l'Ornois et le Haut-Pays se caractérisent par un océanisme orographique garantissant de bonnes ressources en eau dans un substratum perméable. A l'image du climat lorrain, les contrastes climatiques locaux de nature orographique sont importants (exposition, effet d'ombre pluviométrique). A l'inverse, le Perthois appartient au climat séquanien plus continental, et plus homogène, avec des précipitations plus faibles, de saison chaude légèrement prédominante. Les potentialités en eaux données par le climat résultent essentiellement du régime thermique qui définit deux saisons bien tranchées. La saison froide correspond à l'abondance propice au ruissellement et à l'alimentation des aquifères calcaires. La saison chaude, marquée par d'importants prélèvements évapotranspiratoires correspond à la vidange des réserves constituées durant la saison froide; les écoulements sont donc étroitement liés aux conditions de circulation souterraine de l'eau et à l'état des réserves aquifères.

L'étude du contexte général a permis également d'opposer la Saulx et l'Ornain.

La Saulx par sa position occidentale, est au coeur du Barrois. Elle naît dans l'Ornois, mais draine dès Pancey les calcaires portlandiens pour les quitter à Mognéville. Cette homogénéité lithologique est perturbée par la tectonique souple qui individualise deux tronçons où les conditions hydrogéologiques diffèrent. Dans le synclinal de Treveray, elle est perchée au dessus de l'aquifère portlandien, alors que sur l'anticlinal fracturé de Bar-le-Duc, elle draine la nappe des Calcaires de Dommartin.

Dans le bassin de l'Ornain, le contexte morpho-structural est plus contrasté. A la différence de la Saulx, elle traverse le Haut-Pays et coupe le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château dans l'Ornois. Par sa position orientale, l'Ornain entaille le rebord du revers portlandien (synclinal de Treveray) et dédouble la côte des Bars pour drainer les marno-calcaires du Kimméridgien (anticlinal de Bar-le-Duc). Cette hétérogénéité morphostructurale détermine une disparité spatiale des ressources en eau (multiplicité des échanges nappe - rivière) et des modalités d'écoulement (perméabilité contrastée). L'opposition Saulx-Ornain apparaît également par les activités humaines: la vallée de la Saulx, plus étroite, reste de facture agricole, alors que la vallée de l'Ornain, plus large est un véritable couloir exploité par les voies de communication (chemin de fer, canal de la Marne au Rhin) et plus industrialisé notamment entre Ligny-en-Barrois et Bar-le-Duc. Les besoins en eau sont donc plus importants dans la vallée de l'Ornain notamment avec le canal de la Marne au Rhin qui est alimenté par de nombreuses prises d'eau sur l'Ornain.

Le contexte morpho-structural, hydrogéologique et climatique est marqué par le sceau de la disparité spatiale. L'étude des données hydrologiques nous permettra de confronter les écoulements aux potentialités et de caractériser les ressources en eau disponibles à l'homme dans le temps et dans l'espace.

SECONDE PARTIE :

**ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA SAULX ET DE
L'ORNAIN**

INTRODUCTION

L'étude morpho-climatique et hydrogéologique de l'interfluve Marne-Meuse a placé le bassin-versant de la Saulx-Ornain dans son contexte géographique. Elle a défini d'une part, les ressources en eau qui dépendent des conditions morpho-structurales et climatiques et d'autre part les modalités de circulation de l'eau. Ainsi, la connaissance du contexte général passe par un aspect - certes à la fois statique (ressources en eau) et dynamique (circulation de l'eau)- mais surtout qualitatif. Pour passer de cet état descriptif et visuel à une connaissance objective de la Saulx et de l'Ornain, il faut quantifier et donc mesurer les écoulements.

Des deux notions fondamentales qui servent à définir l'importance des écoulements (hauteur d'eau et débit), nous utilisons les débits.

Mais la mesure des débits en continu est longue et lourde car elle nécessite la mobilisation de moyens en personnel et matériels importants. De ces contraintes résulte le problème de la qualité et de la représentativité du réseau de mesures hydrométriques pour l'étude des débits. C'est pourquoi, nous présentons, dans un premier temps l'équipement hydrométrique des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain afin de déterminer les stations hydrométriques de référence (chapitre premier).

L'étude des débits aux stations hydrométriques de référence (chapitre second) passe d'abord par les données annuelles et mensuelles de manière à définir le comportement global des cours d'eau .

Cependant, ce comportement global ne correspond pas aux réalités hydrologiques qui sont essentiellement représentées par les étiages et les crues.

Le comportement fluvial aux stations hydrométriques de référence est déterminé par les conditions d'alimentation et d'écoulement des cours d'eau en amont des stations. Le bilan de l'eau (chapitre troisième) rend compte des relations entre ces conditions et le comportement hydrologique du cours d'eau.

Cependant, l'étude hydrologique aux stations pose le problème de la représentativité des écoulements mesurés, surtout en pays calcaire caractérisé par l'hétérogénéité des ressources en eau (aquifère karstique anisotrope). L'étude spatiale des débits d'étiage (chapitre quatrième) à partir des profils hydrologiques et de la cartographie des débits spécifiques montre l'organisation des écoulement liés à la vidange des aquifères et caractérise ainsi la diversité des ressources en eau. Elle définit surtout les potentialités hydrauliques offertes à l'homme.

Comparée aux étiages, l'étude des écoulements de crue est moins approfondie car les conditions de mesures sont non seulement plus difficiles et les facteurs qui participent à leur genèse sont multiples et complexes. En outre, à la différence des étiages, les crues reflètent moins les caractères morpho-structuraux et sont davantage liées aux paramètres climatiques et morphométriques. Ne disposant pas d'un réseau de mesures suffisamment dense sur l'Ornain, nous nous contenterons de déterminer les débits de pointe de crue de fréquences caractéristiques ainsi que les volumes de crue de

quelques épisodes. On s'intéressera donc davantage aux écoulements de basses-eaux.

L'étude hydrologique de la Saulx et de l'Ornain est menée à partir des données acquises grâce à un équipement hydrométrique qui présente certaines caractéristiques.

PREMIER CHAPITRE : EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BASSIN-VERSANT DE LA SAULX-ORNAIN - LE PROBLEME DU DEPLACEMENT DE LA STATION DE COUVONGES.

I. EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

L'équipement hydrométrique du bassin-versant de la Saulx-Ornain frappe par sa forte densité et son hétérogénéité spatiale.

A. CARACTERISTIQUES GLOBALES.

On recense, en effet, 24 stations hydrométriques installées, dont 17 abandonnées et 7 en fonctionnement (fig.II.1).

Ces chiffres cachent pourtant un équipement insuffisant et disparate dans l'espace.

Le bassin-versant de la Saulx compte à lui seul plus de 3/4 des stations avec 15 limnigraphes dont 5 en fonctionnement. Le bassin de l'Ornain fait figure de parent pauvre avec seulement 3 stations sur le drain principal dont 2 en fonctionnement.

Si les limnigraphes sont régulièrement répartis sur la Saulx, à l'inverse sur l'Ornain, ils sont pour la plupart concentrés dans la partie aval. Ainsi, sur ce cours d'eau, les écoulements du Haut-Pays et de l'Ornois ne sont pas contrôlés.

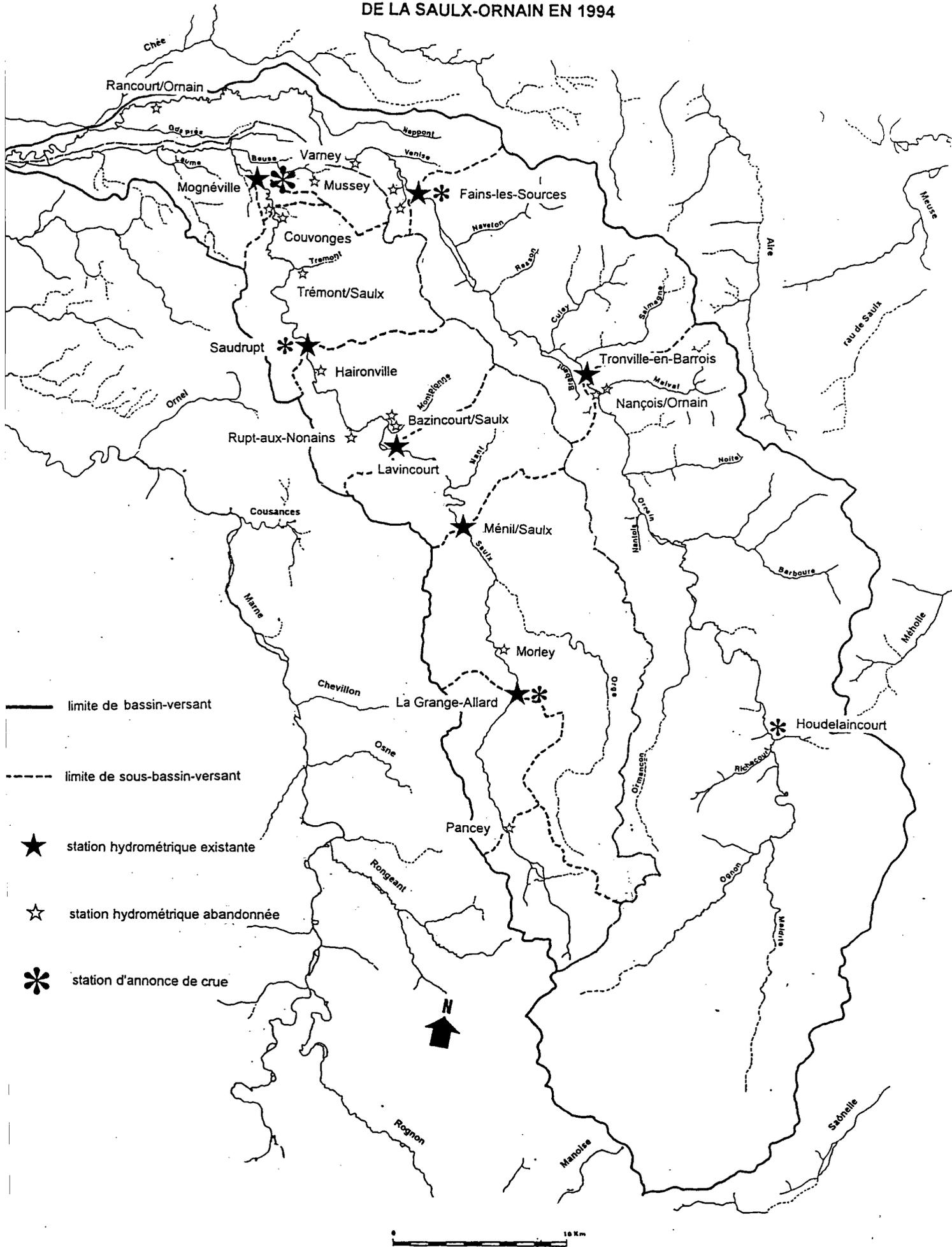
Cette disparité spatiale découle de la multiplicité des services gestionnaires qui exploitent ces stations pour des finalités différentes.

Les services d'annonce de crue nées au XIXème siècle s'intéressent davantage aux hauteurs d'eau qu'aux débits.

Les circonscriptions électriques (Nord et Paris sur la Saulx et l'Ornain), contemporaines à la reconstruction d'après guerre travaillent essentiellement sur les potentialités hydroélectriques des cours d'eau domaniaux. L'abandon du chauffage au bois induit un manque d'entretien des cours d'eau non domaniaux entraînant des problèmes de débordements. Les communes se substituent alors aux propriétaires pour l'entretien des cours d'eau en se regroupant en syndicats. Les services d'aménagement des eaux (SRAE) créés pour aider les collectivités locales gèrent un nombre important de stations hydrométriques (Mognéville, Fains-les-Sources, Tronville-en-Barrois).

L'après guerre se caractérise également par l'abandon progressif des puits (domestiques et communaux) et l'établissement de réseaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement nécessitant une connaissance approfondie des ressources en eau (naissance du BRGM). Le Bureau de Recherche Géologique et Minière s'intéresse alors aux sources de la vallée de la Saulx pour répondre aux besoins croissants du secteur industriel de Bar-le-Duc-

fig. II.1 EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BASSIN-VERSANT DE LA SAULX-ORNAIN EN 1994



Ligny-en-Barrois (équipement hydrométrique des principales exurgences, explorations du Rupt-du-Puits).

Avec le "tout nucléaire" les circonscriptions électriques disparaissent et sont remplacées par le SRAE restructuré en DIREN qui gère les stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources.

Enfin, les Centres d'Etudes Universitaires (CEGUM) participent également à la gestion d'un réseau de mesures dans le cadre de la recherche ou de contrats d'études.

B. LES STATIONS HYDROMETRIQUES.

a. Station de Rancourt/Ornain

La station hydrométrique de Rancourt/Ornain installée en 1967, fut exploitée par la Circonscription Electrique Nord et Paris.

Composée d'un limnigraphe à flotteur (OTTX) et d'une échelle limnimétrique, elle permettait, certes de contrôler la totalité du bassin-versant de l'Ornain (885 km²) mais n'était pas représentative des écoulements du Barrois.

En effet, située dans la plaine alluviale du Perthois, cette station souffrait des écoulements hypodermiques dans les alluvions du complexe Saulx-Ornain-Chée et d'une dynamique fluviale très active (modification rapide du profil en travers). L'Ornain, à Rancourt/Ornain connaît des assèchements périodiques en étiage suite aux infiltrations dans les alluvions.

N'étant pas représentative des écoulements du bassin-versant et peu surveillée (7 jaugeages par an) elle fut abandonnée en 1980.

b. Stations de Couvonges, Mognéville, Pancey et Fains-les-Sources

Les limnigraphes de Couvonges, Pancey et Fains-les-Sources furent installés en 1968 et gérés par la Circonscription Electrique Nord et Paris (avant 1976) puis par le Service de la Navigation de la Seine (1976-86) et enfin par le Service Régional d'Aménagement des Eaux de Lorraine (actuel DIREN). Ces stations présentent des séries d'observations particulièrement longues (plus de 20 ans) pour des stations hydrométriques.

Les stations de Couvonges et de Fains-les-Sources situées à la limite d'affleurement du Crétacé contrôlent respectivement 88% (475 km²) et 90% (820 km²) de la surface du bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain.

Les débits enregistrés sont donc représentatifs des écoulements du Barrois et sont facilement comparables.

La station de Couvonges souffrait d'une section de mesure instable

(sapement de berge en rive droite, alluvionnement en rive gauche) et de débordements fréquents. En étiage, l'échelle souvent hors d'eau obligeait le service gestionnaire à extrapoler les données ou à creuser une saignée dans le sol afin de lire la hauteur d'eau. Les débits de crue et d'étiage sévères sont donc moins fiables.

C'est pourquoi, elle fut supprimée en 1986 et remplacée par celle de Mognéville en 1987.

Située à 3 kilomètres à l'aval de celle de Couvonges, la station hydrométrique de Mognéville contrôle une surface sensiblement identique (477 km², soit 0.48% en plus).

Le service gestionnaire considère que la station de Mognéville présente les mêmes conditions d'écoulement que celle de Couvonges.

Les jaugeages effectués pour la courbe de tarage sont réalisés en basses-eaux au droit de la station de Mognéville alors qu'en hautes-eaux les mesures sont faites à la station de Couvonges qui bénéficie du pont de la départementale D197.

Les jaugeages, relativement nombreux (plus de 50 à ce jour) sont assez mal répartis bien qu'ils aient été effectués à des situations hydrologiques différentes (de 0.8 à 50 m³/s). La plupart se situe en basses-eaux, alors que très peu ont été mesurés entre 22 et 40 m³/s (annexes II.2).

Malgré tout, les bonnes conditions de mesures définissent une courbe de tarage plus que satisfaisante (alignement régulier des points) qui permet d'extrapoler ou d'interpoler facilement les hauteurs manquantes. Située à l'aval d'une pisciculture, la station de Mognéville témoigne de nombreuses variations de hauteurs d'eau, notamment en période d'étiage.

A priori, la station hydrométrique de Mognéville peut être considérée comme la continuité de celle de Couvonges.

Le gain de surface du bassin-versant paraît insignifiant. Néanmoins la nature calcaire du substratum présage de phénomènes karstiques importants sur de faibles distances notamment dans le lit même de la Saulx (proximité immédiate du Rupt-du-Puits).

Seule la critique des données nous permettra de vérifier si le déplacement de la station a entraîné une modification significative des conditions de mesure des débits.

La station de Fains-les-Sources installée sur l'Ornain présente des résultats fiables mais n'est pas représentative des écoulements naturels du cours d'eau en période d'étiage.

En effet, 5 prises d'eau sur l'Ornain alimentent en continue la canal de la Marne au Rhin en amont de Fains-les-Sources. L'absence de mesure de débits sur ces prises d'eau entraîne une méconnaissance totale des prélèvements dans l'Ornain. Des mesures ponctuelles à chaque prise d'eau nous ont permis de fixer très approximativement les prélèvements de l'ordre de 800 à 1000 l/s.

Néanmoins une partie de l'eau prélevée retourne à l'Ornain via les dispositifs de trop-plein du canal (déversoirs) et les pertes diffuses.

Si l'effet des prises d'eau est lissé ou atténué en hautes-eaux, il reste important en étiage.

Le recalibrage du cours d'eau en 1992 a entraîné l'élaboration d'une

nouvelle courbe de tarage. Suite au recalibrage, les vitesses de circulation de l'eau observées en période de crue sont particulièrement élevées ce qui amoindrit la fiabilité des résultats (mauvaises conditions de mesures).

La station hydrométrique de Pancey, située sur la Saulx amont, dans la percée cataclinale de la côte des Bars contrôle les écoulements de l'Ornois essentiellement dégagé dans les formations kimméridgiennes. La petitesse du bassin-versant (38 km²) et la situation à l'extrême amont du cours d'eau proscrivent toute comparaison des résultats de la station avec ceux de Mognéville ou de Fains-les-Sources.

L'instabilité de la section de mesure et la forte influence de la végétation estivale poussent le SRAEL à abandonner la station hydrométrique en 1987.

c. Les stations du BRGM et de la DDA de la Meuse.

En 1974, la Direction Départementale de la Meuse confie au BRGM l'étude des ressources en eau du secteur de Bar-le-Duc à Ligny-en-Barrois, afin de faire face aux besoins en eau croissants de ce secteur à dominante industrielle.

L'étude hydrologique a été menée dans la vallée de la Saulx, "*vallée riche en résurgences karstiques*" (Martin J., 1974) où un réseau hydrométrique assez dense a été implanté.

Deux stations de mesure ont été installées sur la Saulx à Lavincourt et à Saudrupt. Mais c'est davantage sur les exurgences qui caractérisent la partie aval de la Saulx que l'effort a été porté.

En effet sur les 12 stations de mesures installées, 8 le sont sur des sources, et 2 sur des affluents.

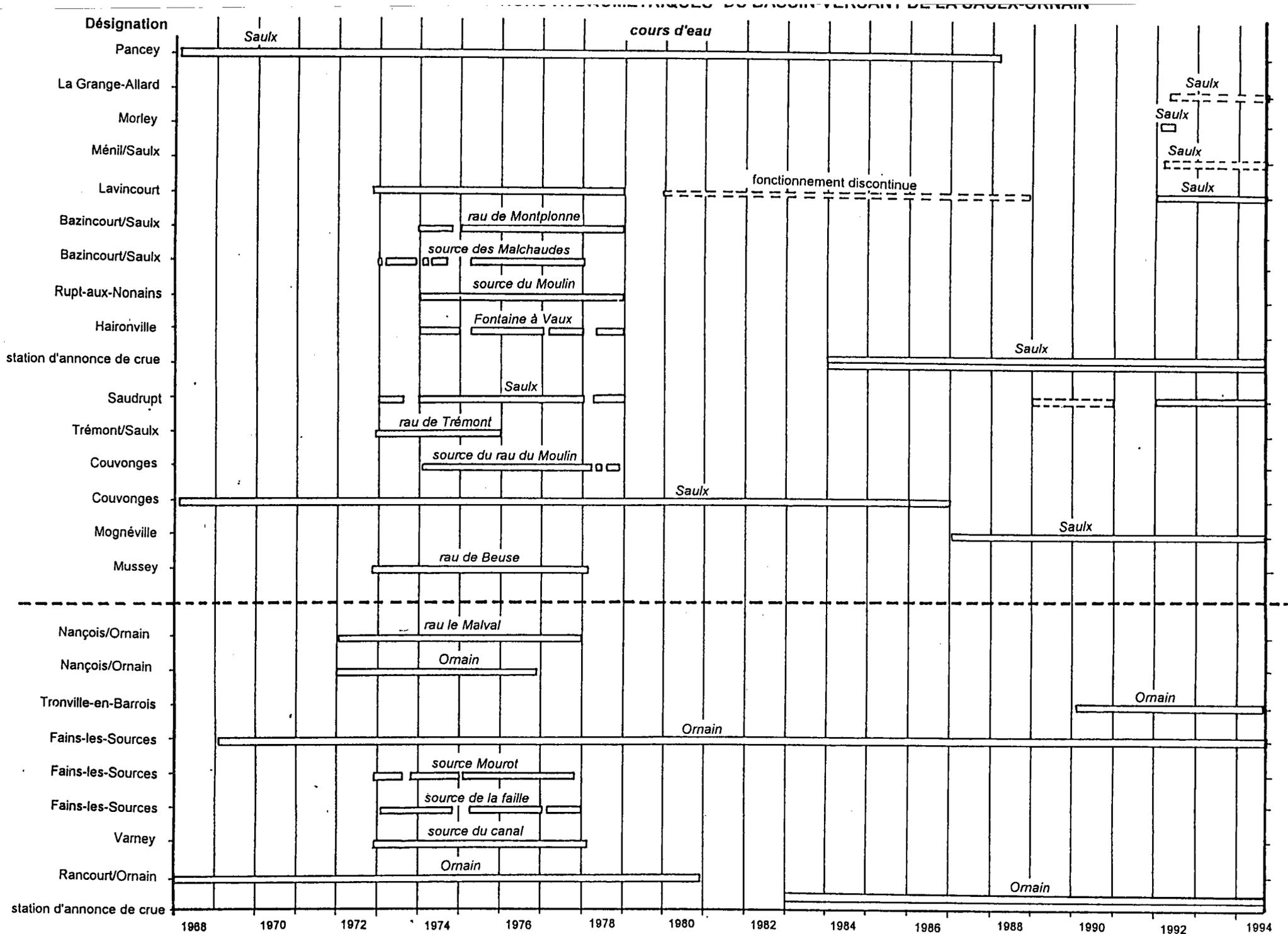
Ces stations sont constituées pour la plupart par des seuils Neypric ou des lames rectangles en béton avec un limnigraphe de type OTT R16.

Toutefois, certaines souffrent de l'influence de la Saulx toute proche en période de crue (ennoyement du seuil et de l'échelle). C'est le cas des stations de Bazincourt/Saulx et de la Fontaine à Vaux.

En outre, la station de la source Mourot ne contrôle que le trop-plein du prélèvement en eau potable de la ville de Bar-le-Duc estimé à 40 l/s en moyenne.

Cet apparent suréquipement hydrométrique cache en réalité des séries d'observation relativement courtes (1974-1978) affectées de nombreuses lacunes (fig.II.2).

Le faible nombre de jaugeages réalisés pour la courbe de tarage et la gestion peu rigoureuse voire rocambolesque de ces stations hydrométriques appellent à une grande vigilance quant à l'interprétation des résultats. Les stations furent progressivement abandonnées après 1978 et les hauteurs n'ont pas été traduites en débits après cette date.



d. Les stations de Nançois/Ornain.

Les deux stations de Nançois/Ornain, situées sur le Malval (affluent de rive droite de l'Ornain) et sur l'Ornain, bien que fiables, présentent une série d'observation courte (1972-1977).

Caractérisées par une section de contrôle naturelle, ces stations étaient équipées d'un limnigraphe de type OTT-X et gérées par le SRAEL. Ces stations furent abandonnées en 1978.

e. La station de Tronville-en-Barrois.

Installée en 1990, la station de Tronville-en-Barrois permet de contrôler les écoulements en amont de la zone industrielle de Ligny-en-Barrois.

Trop récente, et proche de celle de Nançois/Ornain la station de Tronville n'a pas été considérée dans notre étude.

f. Les stations du CEGUM.

En 1991, suite aux problèmes de police de l'eau sur la Saulx (litiges, contentieux entre usiniers), la DDE de la Meuse a confié au CEGUM (avec l'accord de la DIREN et de la DDA de la Meuse) la gestion des stations de Lavincourt et de Saudrupt, abandonnées depuis 1978.

Afin de préciser les écoulements en période de crue dans le synclinal de Treveray, le CEGUM a installé 3 nouvelles stations hydrométriques à la Grange-Allard, Morley et Ménil/Saulx.

La station de Morley influencée par les vannages du moulin communal fut rapidement supprimée en 1992 et transférée à la Grange-Allard (commune de Montiers/Saulx).

Les stations de la Grange-Allard et de Ménil/Saulx sont équipées de limnigraphes de type OTT R16.

En étiage, suite au désamorçage du pied de pression du limnigraphe (hauteurs inférieures à 14 cm à la Grange-Allard et à 3.5 cm à Ménil/Saulx), les stations ne fonctionnent plus (lacune estivale)

Le pont qui supporte la station de la Grange-Allard se met en charge pour des débits supérieurs à 15 m³/s.

Par contre, à Saudrupt la section de mesure est moins régulière. Installée dans une mouille, elle est sensible à l'ensablement et le détarage en étiage peut être important. Un désablage de la station s'avère nécessaire chaque année. Les débordements s'opèrent pour des hauteurs supérieures à 2.20 m alors que l'échelle limnimétrique ne dépasse pas 2 mètres.

Pour des hauteurs d'eau supérieures, le tarage de la station s'effectue

par corrélation avec la station d'annonce de crue de Saudrupt située 300 m en amont, sur le pont de la RN35 (annexe II.2).

Cependant à la différence des autres stations gérées par le CEGUM, celle de Saudrupt présente une courbe de tarage de qualité moyenne. La plupart des jaugeages a été effectuée en période de basses-eaux alors qu'aucun n' a été réalisé entre 12 et 38 m³/s (annexe II.1).

La station de Lavincourt présente une section de mesure régulière (berges aménagées) mais sensible aux débordements. Installée contre une passerelle dégradée, considérée dangereuse, elle fut détruite en 1995 alors qu'elle était représentative des écoulements de la partie amont de la Saulx et choisie comme station de référence (SIVOM du Perthois, 1995).

Ces stations réparties régulièrement sur la Saulx permettent de connaître avec précision l'évolution des débits du cours d'eau de l'amont vers l'aval, notamment en crue.

g. Les stations d'annonce de crue.

Les services d'annonce de crue assurés par la DDE de Haute-Marne gèrent les stations automatiques de Saudrupt, la Grange-Allard, Houdelaincourt et Fains-les-Sources.

Des côtes à l'échelle limnimétrique définissent les états de vigilance, de pré-alerte, d'alerte-débordement, d'alerte-habitation et d'alerte-danger. Malheureusement, les hauteurs relevées ne sont pas traduites en débits.

Si la densité de l'équipement hydrométrique paraît satisfaisante avec une station pour 60 km², elle cache en réalité une hétérogénéité spatiale et un grand nombre de stations abandonnées qui présentent des séries d'observation lacunaires et courtes.

Les écoulements des Pays traversés par les cours d'eau ne sont pas contrôlés. Faute de station hydrométrique, le comportement hydrologique global du Haut-Pays ainsi que celui de l'Ornois ne pourra être appréhendé sur l'Ornain. Les stations de longue série sont peu nombreuses mais heureusement localisées à la sortie immédiate du Barrois (Mognéville-Couvonges, Fains-les-Sources).

Nonobstant, les stations de Mognéville-Couvonges et de Fains-les-Sources, les autres stations limnigraphiques ne peuvent être utilisées pour l'étude statistique des débits de la Saulx et de l'Ornain.

L'étude du comportement hydrologique global du Barrois peut donc être illustrée par les stations de Mognéville-Couvonges sur la Saulx et de Fains-les-Sources sur l'Ornain.

II. LE PROBLEME DU DEPLACEMENT DE LA STATION DE COUVONGES.

Le déplacement de la station limnigraphique de Couvonges (474.8 km²) 3 km à l'aval, à Mognéville (477.1km²) se traduit par une augmentation de surface presque insignifiante (0.48%).

Cependant, la nature karstique des écoulements dans ce secteur, proche du bassin du Rupt du Puits, nous appelle à vérifier si le déplacement de la station a entraîné une modification significative des conditions de mesure. La présence de phénomènes karstiques dans le lit même de la Saulx ("fosses") en amont de Beurey/Saulx milite en faveur d'apports hydrologiques importants sur de faibles distances, sans affluent.

A. MESURES PONCTUELLES DE DEBITS EN BASSES-EAUX.

Les changements des conditions de mesure imputables au déplacement de la station sont a priori décelables en période de basses-eaux et plus particulièrement en étiage. Les eaux de ruissellement lissent considérablement les éventuels apports. Des mesures ponctuelles de débits au droit des deux stations hydrométriques en période de basses-eaux (tab.II.1) montrent que l'apport de débit est négligeable. Cependant, dans ce secteur, l'analyse est aléatoire du fait des nombreuses fluctuations de hauteurs d'eau liées aux ouvrages hydrauliques (pisciculture de Mognéville, fonderie de Beurey/Saulx).

B. CORRELATION DES HAUTEURS D'EAU RELEVÉES SIMULTANEMENT AUX DEUX STATIONS.

La corrélation (coefficient de corrélation égal à 0.99) des hauteurs d'eau relevées simultanément au droit des échelles limnimétriques des deux stations à différentes situations hydrologiques (de l'étiage aux crues) montre que les deux sites réagissent de façon identique (annexe II.3).

L'alignement moins satisfaisant des points en période de basses-eaux est tributaire des fluctuations de hauteurs d'eau d'origine anthropique (ouvrages hydrauliques).

C. METHODE DES DOUBLES CUMULS DES MODULES.

La série constituée des modules de Couvonges et de Mognéville (1969-90) a été comparée avec celle de Fains-les-Sources par la méthode des doubles cumuls (annexe II.4).

L'année 1985 n'a pas été considérée car les données pour Couvonges-Mognéville sont manquantes.

tab. II.1

Débits à Couvonges et Mognéville lors des campagnes de mesures en basses-eaux.

Campagne	1	2	3	4	5	6	Moyenne
Débit à Couvonges en m ³ /s	1.905	3.848	3.25	2.002	1.238	1.621	2.25
Débit à Mognéville en m ³ /s	1.962	3.445	2.642	2.141	1.289	1.559	2.17
Différence en m ³ /s	+0.057	-0.039	-0.586	+0.139	+0.051	-0.062	-0.077
Différence en %	+2.99	-1.12	-18	+6.94	+4.11	-3.82	-3.42

tab. II.2

Modules à Couvonges-Mognéville (Saulx) et à Fains-les-Sources (Ormain) sur la période 1969-90

	Saulx à Couvonges-Mognéville	Ormain à Fains-les-Sources
module : - en m ³ /s	7.78	10.5
- en l/s/km ²	16	13
module minimum en m ³ /s	3.52	3.96
module maximum en m ³ /s	11.6	15.2
écart-type	2.42	3.51
coefficient de variation en %	31	33

tab. II.3

Débits annuels fréquents à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (Période 1969-1990)

Débits en m ³ /s	Couvonges - Mognéville	Fains-les-Sources
F 0.9	10.89	15.08
F 0.8	9.82	13.53
F 0.5	7.78	10.57
F 0.2	5.73	7.61
F 0.1	4.67	6.07
F 0.9 / F 0.1	2.33	2.48

La méthode des doubles cumuls ne permet pas de déceler un changement de pente significatif dans l'alignement des points après le déplacement de la station à Mognéville (1986 à 1990).

Compte tenu de ces observations, la station de Mognéville peut donc être considérée comme la continuation de celle de Couvonges. On peut donc considérer que le bassin-versant de la Saulx est contrôlé par une seule station depuis 1969. Désormais nous désignerons la stations de Couvonges-Mognéville par sa dernière appellation (Mognéville) de manière à simplifier la lecture du texte.

SECOND CHAPITRE : ETUDE HYDROLOGIQUE AUX STATIONS DE MOGNEVILLE ET DE FAINS-LES-SOURCES.

Les stations hydrométriques de Couvonges-Mognéville et de Fains-les-Sources, situées au niveau de l'affleurement Crétacé/Portlandien permettent de contrôler la totalité des écoulements de la Saulx et de l'Ornain dans la partie barroise. L'étude hydrologique de la Saulx et de l'Ornain aux deux stations a été réalisée sur la période commune 1969-90 qui présente un nombre d'observations satisfaisant (22 années) et correspond grosso modo à la période 1971-90 retenue par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse dans le cadre des catalogues des débits d'étiage. Cependant, cette chronique présente une lacune en 1985 à Couvonges, qui a été comblée par corrélations avec Fains-les-Sources.

L'emplacement identique (sortie du Barrois) et les périodes d'observation communes des deux stations nous permettent de comparer les écoulements de la Saulx et de l'Ornain tout au long de l'étude hydrologique. Celle-ci porte sur les modules, les débits moyens mensuels (régimes hydrologiques), les débits moyens journaliers et les débits extrêmes (étiages et crues).

I. LES MODULES.

"On a pris l'habitude d'appeler, assez improprement, module annuel le débit moyen de l'année" (M.Roche, 1963). Le module interannuel exprime l'abondance qui *"offre parmi tous les éléments du régime le plus de signification géographique, car son étude exige de prendre en considération l'ensemble des facteurs géophysiques"* (R. Frécault, 1972). Cependant, les modules dépendent étroitement du nombre et de la puissance des crues dans l'année et ne représentent pas systématiquement une réalité hydrologique (à la différence du débit modal).

A. MODULE INTERANNUEL.

Sur la période considérée (1969-90), les modules à Mognéville et à Fains-les-Sources sont respectivement de 7.78 et 10.5 m³/s. Les débits spécifiques, respectivement de 16 et 13 l/s/km², rattachent le bassin-versant de la Saulx-Ornain au domaine océanique de plaine (P. Pagney, 1988) qui se caractérise par d'importants prélèvements évapotranspiratoires. L'abondance spécifique élevée de la Saulx et de l'Ornain, comparée aux cours d'eau océaniques de plaines et de plateaux du Bassin-Parisien et de Lorraine (M. Pardé, 1933, R. Frécault, 1971) souligne la forte pluviosité du Barrois.

Le module de la Saulx est particulièrement élevé (16 l/s/km²) comparé à

celui de l'Ornain (13 l/s/km²) alors que la pluie moyenne est quasi-identique sur les deux bassins.

Cette différence reflète les conditions d'écoulement hétérogènes dans le bassin de la Saulx-Ornain:

- le bassin de la Saulx est dans sa globalité, inscrit dans les calcaires portlandiens (aquifère des calcaires de Dommartin) et est à dominante rurale

- le bassin supérieur de l'Ornain s'inscrit dans le Haut-Pays marqué par la prédominance des écoulements souterrains (infiltrations généralisées) vers la Marne (par la Manoise et le Rognon) et la Meuse (par le fossé de Gondrecourt-le-Château et la Méholle). Dans le Barrois, à la différence de la Saulx, l'Ornain draine les formations marno-calcaires du Kimméridgien pauvres en eau. Mais le soutirage (démonstré par traçage) d'une partie des eaux de la Saulx vers l'Ornain (exurgences de Fains-les-Sources), amoindrit ce déficit. Les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin expliquent également le plus faible module observé sur l'Ornain.

Les déficits d'écoulements élevés sur la Saulx (554 mm) et sur l'Ornain (632 mm) soulignent non seulement, la forte perméabilité mais aussi l'importance du substratum calcaire dans le bassin.

Arléry, Garnier et Langlois (1954) déterminent un déficit d'écoulement, représentatif de l'évapotranspiration réelle, de l'ordre de 550 à 600 mm en Lorraine. *"Toutefois, les déficits ainsi calculés semblent généralement supérieurs - de 50 à 100 mm suivant les régions - à ceux déduits de la comparaison des précipitations et des débits d'un même bassin"*(G. Réméniéras, 1986).

Les déficits d'écoulement varient en fonction de l'état thermique (qui est identique sur la Saulx et l'Ornain) et du contexte morfo-structural.

Lorsque la totalité des infiltrations du bassin-versant profitent au cours d'eau, le déficit d'écoulement est faible (<550 mm) car l'infiltration préserve de l'évapotranspiration. Lorsqu'une partie des écoulements souterrains échappe au bassin-versant, le déficit d'écoulement est important (>550 mm).

La corrélation entre les précipitations moyennes annuelles et les déficits d'écoulement de plusieurs bassins-versants lorrains et liguriens montre que la relation est quasi linéaire entre 750 mm et 1100 mm (fig.II.3). En éliminant certains points (n°1, 29, 25, 3, 4, 8, 28 et 10) caractéristiques d'autres états thermiques (Allier), de soutirages karstiques importants (Aroffe) ou d'influences humaines (exhaures minières de l'Alzette), la corrélation est plus satisfaisante (r=0.63).

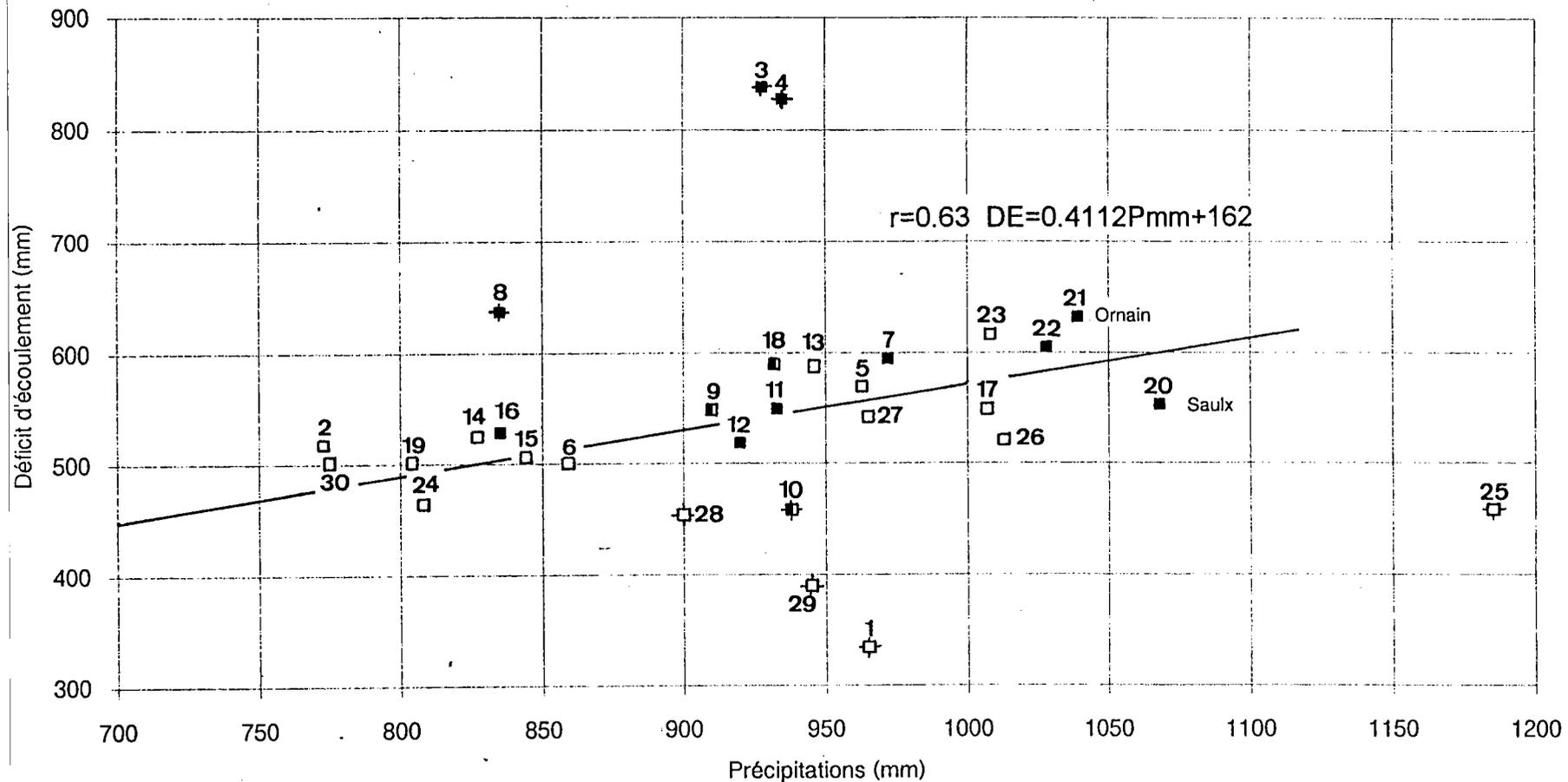
La Saulx présente un déficit d'écoulement sous-estimé (-47 mm) par rapport à la droite théorique à la différence de l'Ornain marquée par un déficit d'écoulement élevé (+43 mm/ à la droite théorique).

Ainsi, malgré une pluviométrie et un état hydrique quasi identiques, le déficit d'écoulement est fortement contrasté entre les deux bassins (tab.II.4). Compte tenu des modalités d'alimentation des cours d'eau (première partie), le déficit d'écoulement de la Saulx peut s'expliquer par la dominance des écoulements souterrains préservant les précipitations de l'évapotranspiration. La quasi totalité des eaux infiltrées dans le bassin profite au cours d'eau.

fig. II.3

Corrélation précipitations/déficits d'écoulement de plusieurs bassins-versants lorrains et de la Loire

D'après D. François, 1996, et M. Dacharry, 1974



N°	cours d'eau	station
1	Alzette	Audun-le-Tiche
2	Amezule	Lay-St-Christophe
3	Aroffe	Rigny-St-Martin
4	Aroffe	Vannes-le-Châtel
5	Bar	Cheveuges
6	Loison	Han-les-Juvigny
7	Crusnes	Pierrepont
8	Esch	Jezainville
9	Meuse	Goncourt
10	Meuse	Domrémy
11	Meuse	Chalaines
12	Meuse	Stenay
13	Mouzon	Villars
14	Orne	Boncourt
15	Othain	Othe
16	Rupt-de-Mad	Onville
17	Sormone	Belval
18	Vair	Soulosse
19	Yron	La Cartoucherie
20	Saulx	Couvonges
21	Ornain	Fains-les-Sources
22	Aire	Amblaincourt
23	Mortagne	Gerbéviller
24	Moselle	Cochem
25	Allier	Lavalette
26	Allier	Alleyras
27	Dore	Giroux
28	Bresbe	Dompierre
29	Lignon	Pont de Lignon
30	Borne	Chadrac
31	Chée	Vilotte-devant-Louppy
32	Chée	Bettancourt-la-Longue

- bassin à dominante non calcaire
- bassin à dominante calcaire
- ⊠ point non considéré dans la corrélation

tab.II.4 DEFICIT D'ECOULEMENT A MOGNEVILLE ET FAINS-LES-SOURCES

cours d'eau	station	surface (km ²)	module (1969-90)			précipitations (mm)	DE mesuré	DE théorique	suplus hydrique
			Q m ³ /s	l/s/km ²	mm				
Saulx	Mognéville	477	7.78	16	514	1068	554	601	572
Ornain	Fains-les-Sources	820	10.5	13	407	1039	632	589	546

A l'inverse, l'Ornain se caractérise par un déficit d'écoulement excédentaire de 43 mm (1.12 m³/s) que l'on peut attribuer aux bassins supérieurs de la Maldite et de l'Ognon (surface de bassin-versant: 250 km²). En traversant le synclinal de Treveray, l'Ornain draine la nappe des calcaires portlandiens en amont pendage par rapport à la Saulx. On peut également supposer des écoulements souterrains de l'Ornain vers la Saulx ce qui expliquerait les contrastes de déficits observés entre les deux cours d'eau.

L'Ornain se distingue par son déficit d'écoulement anormalement élevé, supérieur à celui de l'Aire (bassin voisin, 605 mm) dont le bassin supérieur est drainé vers la Meuse (J. Le Roux, 1969, C. Taillez, 1994) ce qui reflète d'importants prélèvements de nature artificielle (canal de la Marne au Rhin) et surtout naturelle (écoulements souterrains inter-bassins). Ces prélèvements et pertes peuvent être appréhendés par la formule suivante:

$$I = P - ETR - E \text{ avec}$$

I prélèvements en mm
P pluie moyenne en mm
ETR de Turc en mm
E lame écoulée en mm

Les prélèvements ainsi calculés témoignent de pertes de l'ordre de 0.877 m³/s (58 mm) sur la Saulx et de 3.614 m³/s (139 mm) soit 34% du module sur l'Ornain. Cependant, l'ETR de Turc tend à sous-estimer l'évapotranspiration réelle ce qui explique l'importance des pertes ou prélèvements.

En supposant un rendement hydrologique identique à la Saulx (16 l/s/km²), l'Ornain présente un déficit de 2.62 m³/s correspondant à une surface de 164 km² soit 20% de la surface totale du bassin-versant à Fains-les-Sources.

L'abondance se caractérise non seulement par sa moyenne interannuelle mais également par sa variabilité sur la période 1969-90.

B. VARIABILITE INTERANNUELLE DES MODULES.

a. Variabilité globale.

La variabilité globale des modules est illustrée par le coefficient de variation et le coefficient d'immodération ou d'irrégularité (rapport des modules extrêmes).

Les coefficients d'immodération de la Saulx (3.3) et de l'Ornain (3.8) sont "modérés" et caractérisent le régime pluvial des deux cours d'eau

(coefficients compris entre 3 et 4) selon la terminologie de M. Pardé (1935, 1964). En effet, ils sont beaucoup plus faibles que ceux observés habituellement sur les cours d'eau océaniques de plateaux, compris entre 5 et 10 (M. Pardé, 1933, R. Frécault, 1971, P. Gamez, 1992).

Les coefficients de variation confirment la modération des régimes interannuels avec des valeurs faibles (31% sur la Saulx et 33% sur l'Ornain).

La pondération de la variabilité moyenne des modules peut être attribuée au comportement hydrogéologique du substratum calcaire qui amoindrit les effets de l'irrégularité des précipitations (ruissellement faible, infiltrations généralisées, drainage des nappes).

La plus faible variabilité observée sur la Saulx s'explique par l'homogénéité du substratum (calcaires portlandiens) et le drainage de la nappe des calcaires de Dommartin.

b. Caractérisation de la période 1969-90.

Afin de relativiser la représentativité de l'abondance globale, il convient de présenter l'évolution des modules de 1969 à 1990.

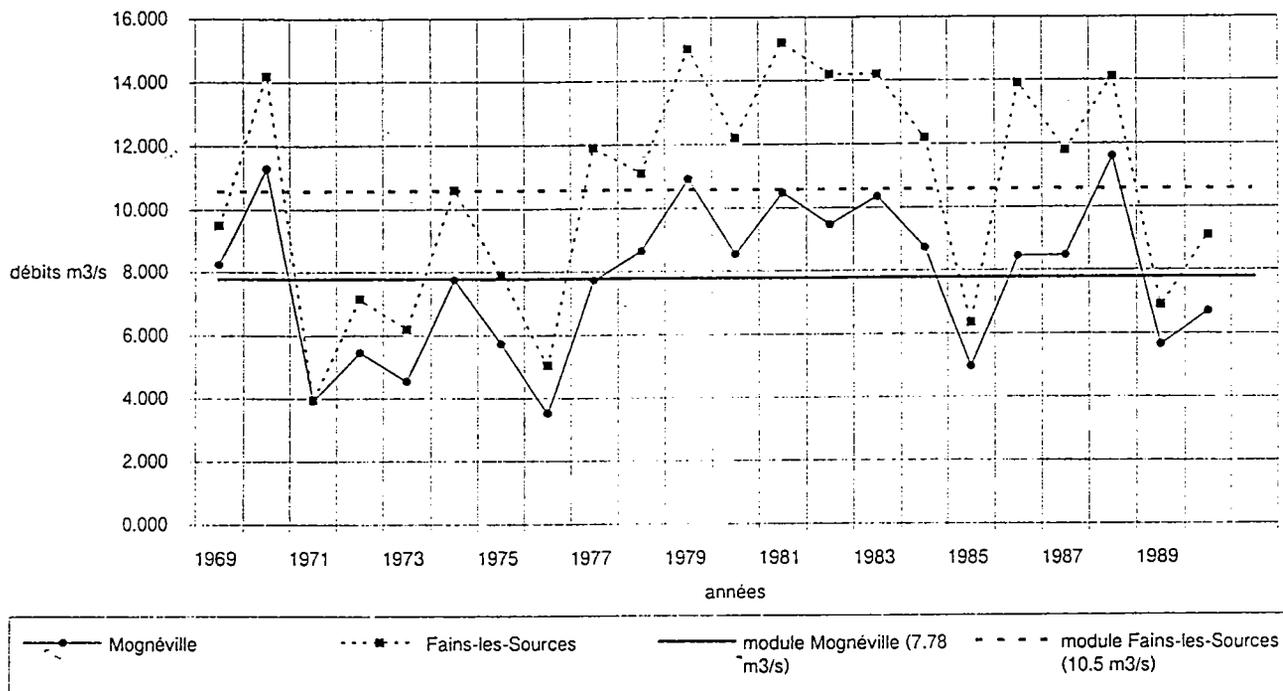
Le régime interannuel des modules de la Saulx et de l'Ornain (fig.II.4) présente la même évolution que celle des précipitations. Les coefficients de corrélation pluie/lame d'eau écoulée sont satisfaisants (respectivement 0.968 et 0.964) ce qui souligne la nature pluviale des écoulements (annexe II.6). Les résidus des corrélations inhérents aux comportements des bassins-versants (infiltrations, ruissellement, vidange des aquifères) et légèrement plus élevés à Fains-les-Sources soulignent la plus grande hétérogénéité des modalités de circulation de l'eau sur l'Ornain (diversité des aquifères, des perméabilités et des influences anthropiques).

Afin d'apprécier l'adéquation des écoulements aux précipitations, nous avons déterminé le coefficient de corrélation de rang de Spearman entre les précipitations moyennes des bassins-versants respectifs et la lame d'eau écoulée. Celui-ci, légèrement plus élevé sur la Saulx ($r=0.909$) que sur l'Ornain ($r=0.901$) témoigne d'un comportement hydrologique plus complexe à Fains-les-Sources.

A la différence de la Saulx, l'année 1976 pluviométriquement la plus sèche n'est pas celle qui présente le module minimal sur l'Ornain (1971). Sur la Saulx, les années de disparités de rang entre les précipitations et les écoulements suivent une période sèche (1977, 1978) ou une année sèche au sein d'une série humide (1986) témoignant d'une reconstitution des réserves aquifères.

Les variations interannuelles de l'écoulement sont étudiées selon la méthode des CUSUM (D. François, E. Gille, J.F. Zumstein, 1993) et de l'hydraulicité (annexe II.7). En divisant les CUSUM par le module interannuel, on peut comparer les stations de Mognéville et de Fains-les-Sources.

MODULES ANNUELS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



DEBITS SPECIFIQUES ANNUELS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)

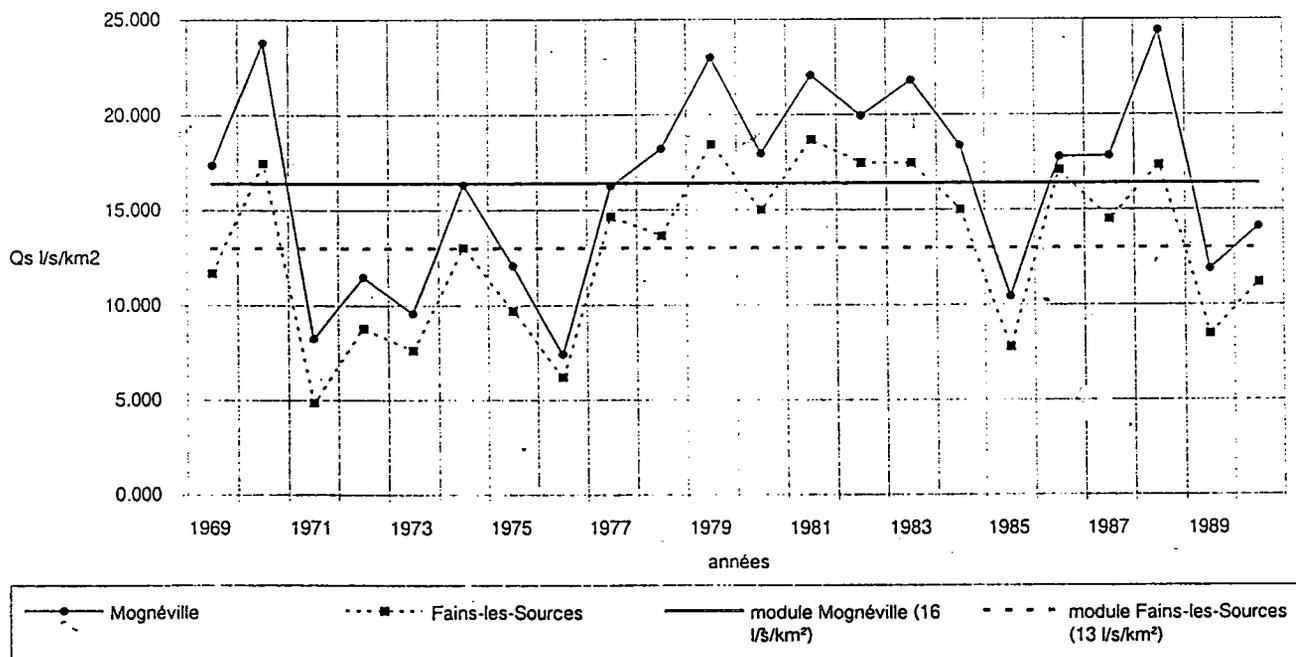
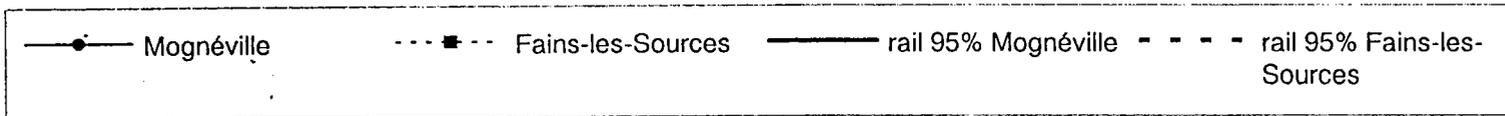
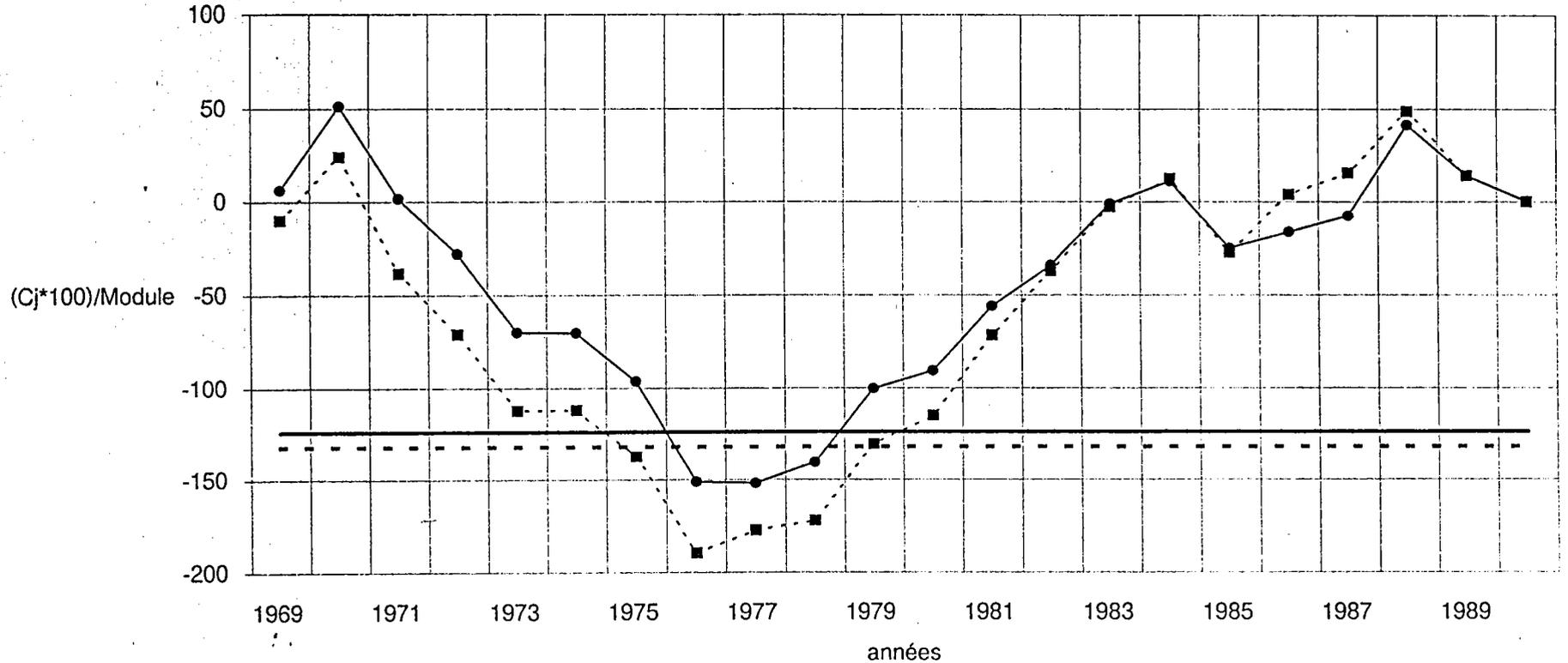


fig. II.5

CUSUM DES MODULES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



A l'image des précipitations, les CUSUM de Mognéville et de Fains-les-Sources révèlent l'hétérogénéité de la chronique hydrologique. En effet, les courbes du CUSUM (fig.II.5) dépassent les valeurs négatives de la bande passante optimisée (rail d'homogénéité fixé à 95%) et dégagent une série sèche de 1971 à 1976 et une série humide de 1977 à 1988. Les années 1969 et 1970 appartiennent à une période humide antérieure, démarrant en 1965 alors que les années 1989 et 1990 constituent vraisemblablement le début d'une nouvelle série sèche.

La série sèche se caractérise par une hydraulicité faible (comprise entre 1 et 0.4) à l'exception de l'année 1974 qui apparaît comme une année moyenne. Les coefficients d'écoulement sont compris entre 30 et 50% sur la Saulx ou entre 20 et 40% sur l'Ornain.

La série humide se caractérise par une forte hydraulicité comprise entre 1 et 1.5 à l'exception de 1985 (année sèche). Les débits spécifiques et les coefficients d'écoulements sont sensiblement plus élevés que pour la série sèche.

En fonction des séries considérées, les modules varient considérablement (du simple au double) alors que la variabilité (écarts-types) est quasi-identique d'où des coefficients de variation contrastés. Le rapport des moyennes des deux séries est légèrement plus élevé sur l'Ornain (1.77) ce qui rappelle la plus faible variabilité des modules sur la Saulx (rapport de 1.70). Cette pondération relative du régime des modules s'affirme en série sèche avec des coefficients de variation contrastés entre la Saulx (24%) et l'Ornain (28%) alors qu'en série humide la variabilité des modules est identique (18%) sur les deux cours d'eau.

Lors des années humides qui suivent une série ou une année sèche (1977 et 1986), l'Ornain présente une plus forte hydraulicité et des débits spécifiques annuels comparables à ceux de la Saulx. Le rapport de l'abondance spécifique des deux cours d'eau (annexe II.10) compris entre 1 et 1.2 ainsi que les coefficients d'écoulement confirment cette observation qui témoigne d'une reconstitution des aquifères dans le bassin de la Saulx et d'un ruissellement plus important dans le bassin de l'Ornain. La vidange de ces aquifères reconstitués garantit à la Saulx, lors d'années sèches qui succèdent à une année ou une période humide (1971 et 1985) des débits spécifiques soutenus (le rapport de l'abondance spécifique des deux cours d'eau s'éloigne de 1) et une hydraulicité plus faible que l'Ornain.

La comparaison de l'évolution des précipitations, des surplus hydriques et des lames d'eau écoulées (annexe II.9) montre que les écoulements sont quasi identiques aux surplus hydriques sur la Saulx alors que sur l'Ornain ils sont toujours inférieurs. Ceci se traduit par des pertes et des prélèvements importants et constants sur l'Ornain à l'inverse de la Saulx qui connaît périodiquement des apports (annexe II.11). Mais gardons nous d'interprétations fâcheuses car:

- les valeurs du surplus hydrique dépendent du calcul de l'ETR

- la méthode de détermination de la pluie moyenne des bassins-versants (Thiessen) est peut-être impropre aux années particulières

- les prélèvements du canal de la Marne au Rhin perturbent les écoulements de l'Ornain.

L'hétérogénéité de la période 1969-90 liée à la versatilité des types de temps fausse la notion d'abondance moyenne et perturbe la détermination des débits annuels fréquentiels par des lois statistiques dont le principe est basé sur des séries homogènes.

C. ETUDE STATISTIQUE DES MODULES ANNUELS.

Les modules annuels de Mognéville et de Fains-les-Sources ont été classés par ordre croissant et soumis à des tests statistiques (test du Khi-2 et d'Anderson) déterminant au mieux l'ajustement à une loi. La loi normale qui est vraisemblablement la plus satisfaisante (P. Dubreuil, 1974), nous permet de calculer les débits de fréquences caractéristiques (tab.II.3).

La pente des deux droites de Henri (Annexe II.12) et le rapport des modules décennaux plus élevé à Fains-les-Sources témoignent encore de la plus grande variabilité du régime de l'Ornain (rapport de 2.48) comparée à la Saulx (rapport de 2.33).

Mais l'ajustement des modules est influencé par l'hétérogénéité de la période d'observation. Les points ne s'alignent pas le long de la droite de Henri mais décrivent plusieurs alignements caractéristiques des séries sèches et humides (distribution bimodale). Ceci s'observe particulièrement bien à Fains-les-Sources.

Néanmoins, on peut considérer l'ajustement satisfaisant à l'exception des années les plus humides.

Malgré l'homogénéité spatiale des précipitations sur le bassin-versant de la Saulx-Ornain, les modules de certaines années (1977, 1981, 1986 1988), ne présentent pas systématiquement les mêmes fréquences ou durées de retour à Mognéville et à Fains-les-Sources, ce qui souligne une fois de plus les différences de modalités de circulation de l'eau entre les deux bassins. Ces années correspondent soit à des années sèches ou humides (1977 et 1986) succédant à une série de nature différente (humide ou sèche) soit aux années les plus humides (1981 ou 1988).

L'abondance, bien que sous la dominante climatique et surtout pluviométrique caractérise néanmoins déjà les comportements des bassins-versants. Les facteurs conditionnels tels que le substratum, les aquifères et l'occupation du sol participent à la construction des débits en influençant les effets de l'irrégularité des précipitations. La nature essentiellement calcaire du substratum perturbe la réponse hydrologique aux précipitations dans le temps et dans l'espace, par son caractère perméable, karstique et anisotrope.

L'étude des modules a non seulement souligné le rôle fondamental des précipitations et du substratum mais a opposé également le bassin de la Saulx à celui de l'Ornain. L'homogénéité morphostructurale du bassin de la Saulx se traduit par une abondance spécifique élevée et relativement stable soutenue par l'aquifère portlandien. A l'inverse, le bassin de l'Ornain, inscrit dans trois Pays à Fains-les-Sources (Haut-Pays, Ornois, Barrois) présente des débits certes plus importants (bassin-versant de plus grande taille) mais une abondance spécifique plus faible et plus contrastée par l'hétérogénéité morphostructurale et les prélèvements anthropiques.

Il convient de vérifier si ces différences s'observent au niveau du régime hydrologique mensuel des deux cours d'eau.

II. LES DEBITS MENSUELS.

L'étude des débits mensuels définit le type de régime hydrologique (sur la période 1969-90) qui dégage un comportement moyen faisant abstraction "*des caprices changeants des cours d'eau pour ne tenir compte que de leurs caractères permanents*" (M. Rochefort 1963). Elle présente également une courbe des débits mensuels classés.

A. REGIMES HYDROLOGIQUES MENSUELS.

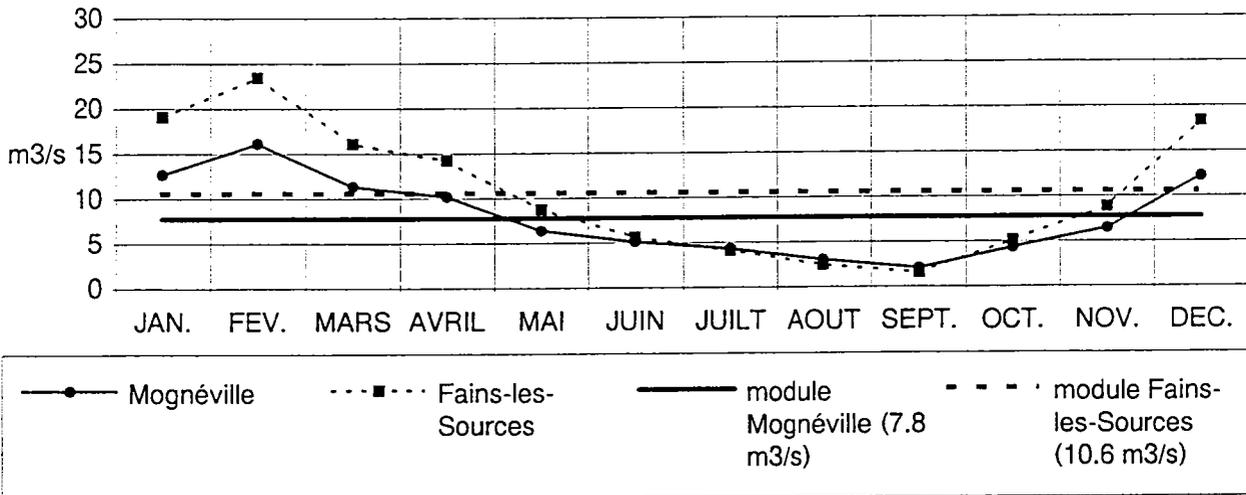
a. Un régime pluvio-évaporal.

Les régimes hydrologiques mensuels de la Saulx et de l'Ornain (fig.II.6) réalisés à partir des débits, des lames d'eau et des coefficients mensuels de débits sont de type simple, évaporal (M. Pardé, 1933) pluvio-évaporal océanique (J. Loup, 1974), pluvio-thermal ou ombro-thermique (R. Lambert, 1996). Ils se caractérisent par deux saisons hydrologiques :

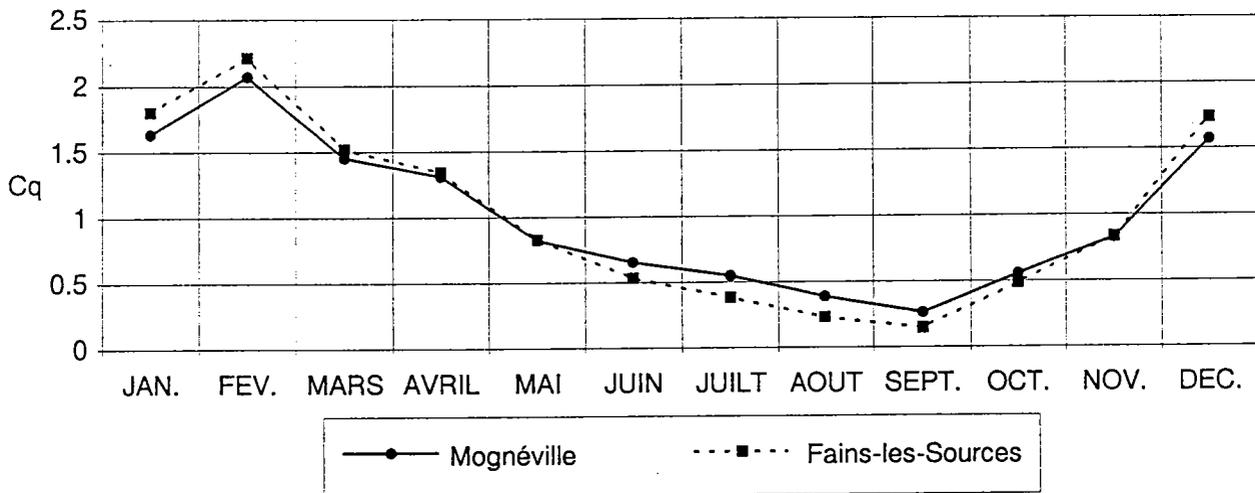
- les hautes-eaux de décembre à avril (5 mois) avec un maximum en février

- les basses-eaux de mai à novembre (7 mois) avec un minimum en septembre.

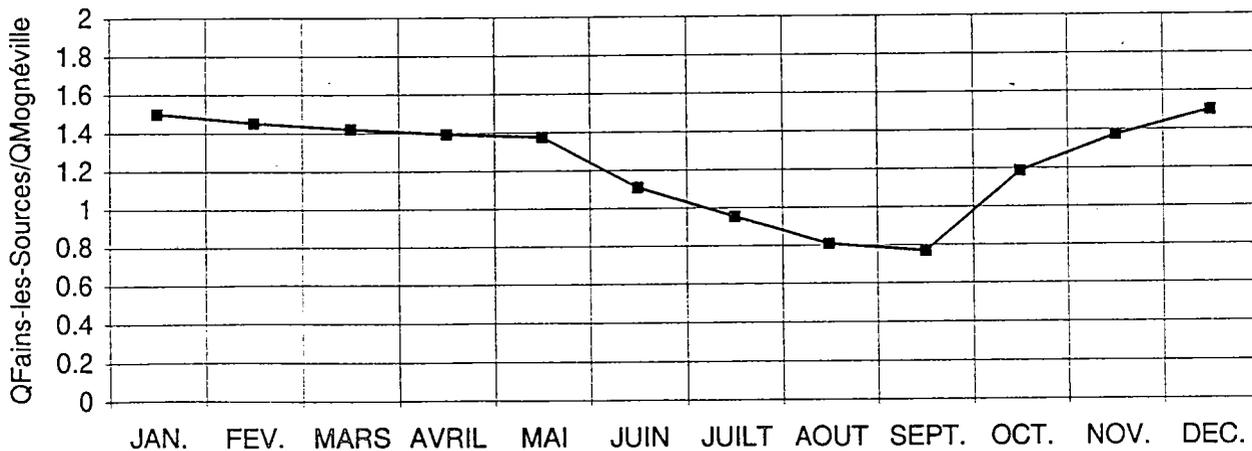
REGIMES HYDROLOGIQUES: DEBITS MOYENS MENSUELS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



REGIMES HYDROLOGIQUES: COEFFICIENTS MENSUELS DE DEBIT A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



RAPPORT DES DEBITS MOYENS MENSUELS DE FAINS-LES-SOURCES ET DE MOGNEVILLE



Ce type de régime n'obéit pas à la répartition des pluies mais aux variations thermiques qui commandent les prélèvements évapotranspiratoires. Les écoulements évoluent inversement à l'ETR qui présente un régime contrasté à deux saisons alors que les précipitations sont globalement bien réparties toute l'année avec, toutefois, une légère prédominance de saison froide.

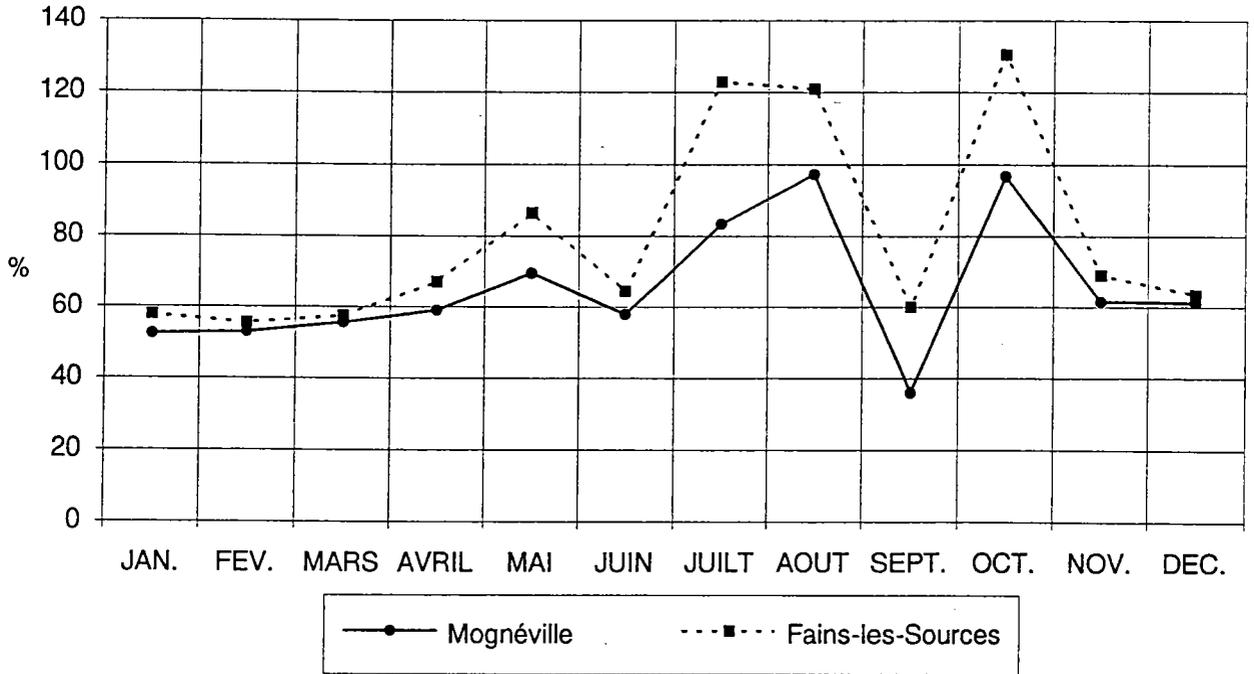
Les hautes-eaux s'inscrivent en saison froide lorsque les prélèvements évapotranspiratoires sont faibles et les précipitations les plus importantes. C'est la saison propice au ruissellement et à la reconstitution des nappes. De décembre à janvier, les surplus hydriques sont plus importants que les lames d'eau écoulées garantissant aux aquifères une recharge hivernale. Par contre de février à mars ils s'équilibrent; la quasi-totalité des surplus hydriques est efficace aux cours d'eau. Le maximum de février ne coïncide pas avec celui des précipitations (décembre) car il est alimenté par les sources des aquifères saturés (minimum du déficit d'écoulement). Malgré la baisse pluviométrique et l'augmentation de l'ETR au mois d'avril, les lames d'eau écoulées restent soutenues par le ressuyage et la vidange des nappes.

Les basses-eaux correspondent à la saison chaude caractérisée par des besoins importants de juin à septembre. L'essentiel de l'écoulement est alors assuré par la vidange des nappes et la totalité des précipitations est évapotranspirée. D'octobre à novembre, l'augmentation sensible des précipitations mais surtout la baisse brutale des températures permettent la reconstitution des réserves aquifères et ne profitent donc que très peu aux cours d'eau (surplus hydrique largement plus important que les écoulements, déficit d'écoulement élevé).

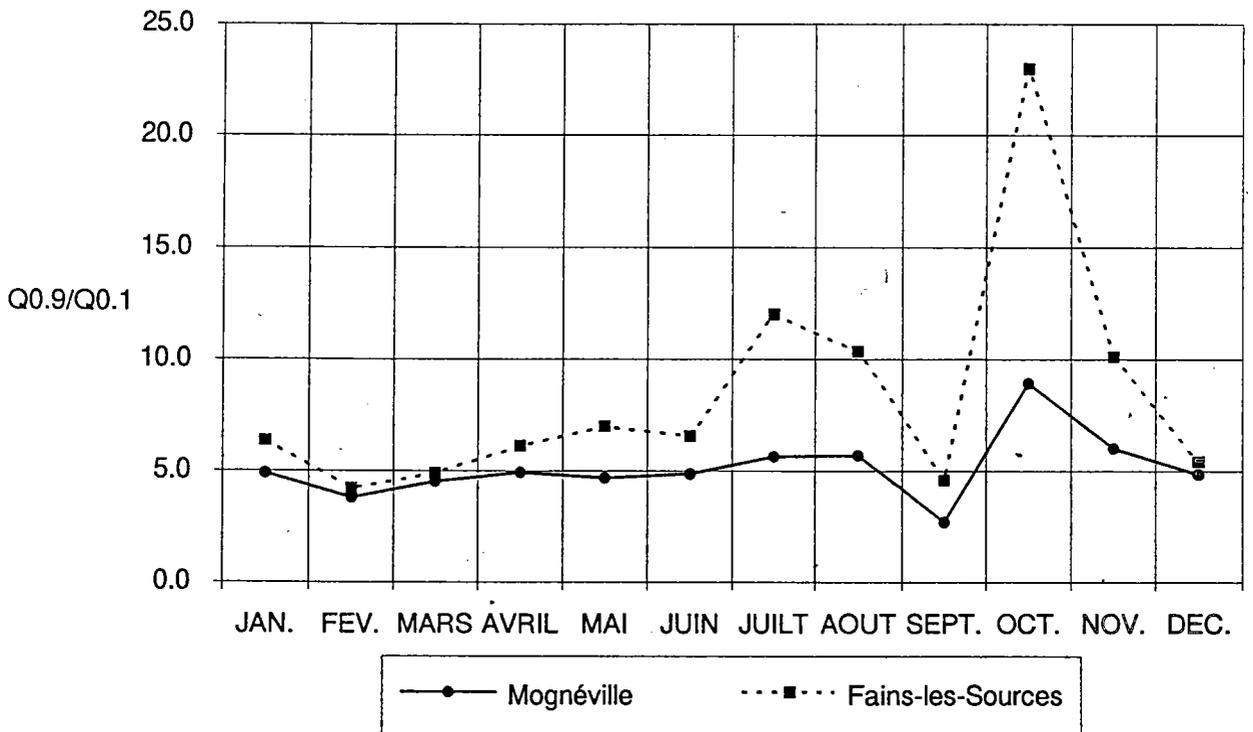
Le régime de l'Ornain est le plus contrasté. Le rapport des débits mensuels extrêmes qui illustre bien l'immodération du régime est de 14.7, c'est-à-dire proche de ceux observés sur des cours d'eau drainant des bassins-versants à dominante imperméable, tel le Loison (P. Gamez, 1992) ou les bassins supérieurs de la Loire (M. Dacharry, 1974). A l'inverse, la Saulx présente un régime très peu contrasté mais encore peu pondéré (M. Pardé, 1933) avec un coefficient d'immodération de 7.8 qui se rapproche de ceux observés sur des bassins-versants de grande taille (la Meuse à Stenay). En basses-eaux, à Fains-les-Sources, les débits bruts sont inférieurs à ceux de Mognéville alors que l'aire du bassin-versant est plus importante (+42%). Les coefficients mensuels de débit soulignent également la pondération relative du régime de la Saulx. Les précipitations homogènes sur l'impluvium n'expliquent pas ces différences sensibles du comportement global de chaque bassin-versant. La pondération du régime de la Saulx résulte de l'homogénéité du substratum calcaire qui amoindrit les irrégularités climatiques. La recharge hivernale et la vidange estivale de la nappe portlandienne garantissent à la Saulx des débits peu contrastés. L'immodération des débits de l'Ornain est le fait de la plus grande hétérogénéité morpho-structurale et hydrogéologique. Les aquifères oxfordiens et portlandiens sont dans l'ensemble perchés par rapport au réseau hydrographique (sauf dans le synclinal de Treveray) et se vidangent rapidement. Si les marno-calcaires kimméridgiens semi-perméables sont plus efficaces aux précipitations, ils sont néanmoins peu pourvoyeurs d'eau et ne déterminent que des niveaux de nappes d'intérêt local

fig. II.7

REGIMES DES COEFFICIENTS DE VARIATION DES DEBITS MENSUELS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



RAPPORT DES DEBITS MENSUELS DECENNAUX SECS ET HUMIDES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



quantitativement médiocres.

Si l'abondance moyenne mensuelle obéit au régime thermique, sa variabilité importante est la marque de l'irrégularité pluviométrique. Les régimes des coefficients de variation interannuelle des pluies et des débits mensuels traduisent une grande variabilité en toutes saisons (CV supérieur à 40%) ce qui s'explique par le régime constant des températures et la forte variabilité des précipitations d'année en année.

Les irrégularités pluviométriques et hydrologiques sont identiques en saison froide, notamment de janvier à avril, mais différent sensiblement en saison chaude. En effet, les basses-eaux ont une plus grande variabilité avec deux maxima en août et octobre (CV proche de 100%). Le mois de septembre fait exception à la règle en constituant le minimum de variabilité de l'année.

Le régime de la variabilité des débits mensuels de la Saulx et de l'Ornain est donc inverse de celui observé sur les cours d'eau de la zone tempérée océanique de plaine et de plateau (variabilité de hautes-eaux) telles la Moselle (R. Frécault, 1972) et la Seine (M. Rochefort, 1963).

En situation de hautes-eaux, les débits des deux cours d'eau ont une alimentation pluviale irrégulière mais efficace du fait de la saturation des aquifères garantissant une abondance régulière des débits. Par contre, en basses-eaux, l'irrégularité des débits s'explique par la variabilité pluviométrique hivernale dont dépend l'état des réserves aquifères et les écoulements de saison chaude. Les influences continentales estivales qui provoquent des précipitations irrégulières et contrastées (orages) sont non seulement à peine perceptibles (faible variabilité des précipitations) mais sont également "effacées" par le substratum calcaire (infiltration généralisée). Le mois de septembre, caractérisé par le plus faible coefficient de variation peut être considéré comme représentatif d'une situation d'étiage.

b. Le régime des années sèches et des années humides.

Les régimes hydrologiques de la Saulx et de l'Ornain en série sèche et humide sont similaires à celui de la série 1969-90; la répartition des hautes-eaux et des basses-eaux est identique (fig.II.8).

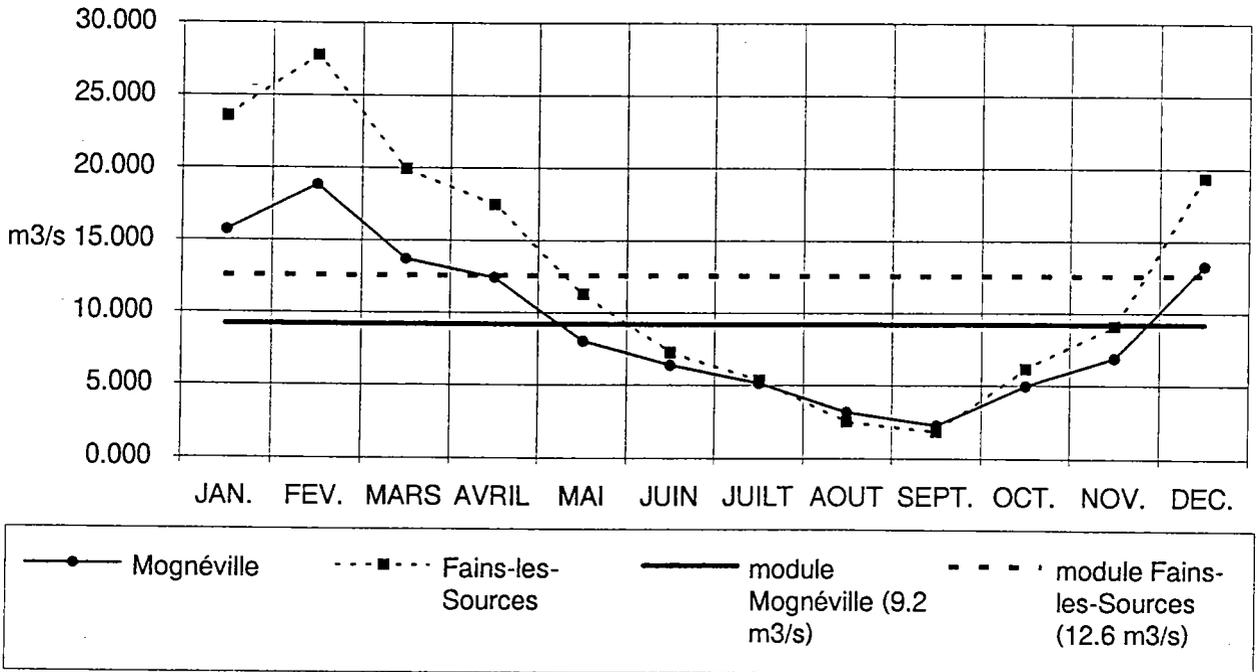
C'est dans la période des hautes-eaux que les différences entre les deux régimes apparaissent. En série sèche, la saison froide est affectée d'un creux hivernal en janvier, qui caractérise des types de temps froids et anticycloniques.

En basses-eaux, les écarts entre les deux séries (annexe II.13) diminuent et sont particulièrement faibles voire nuls pendant les mois d'étiage (août et septembre).

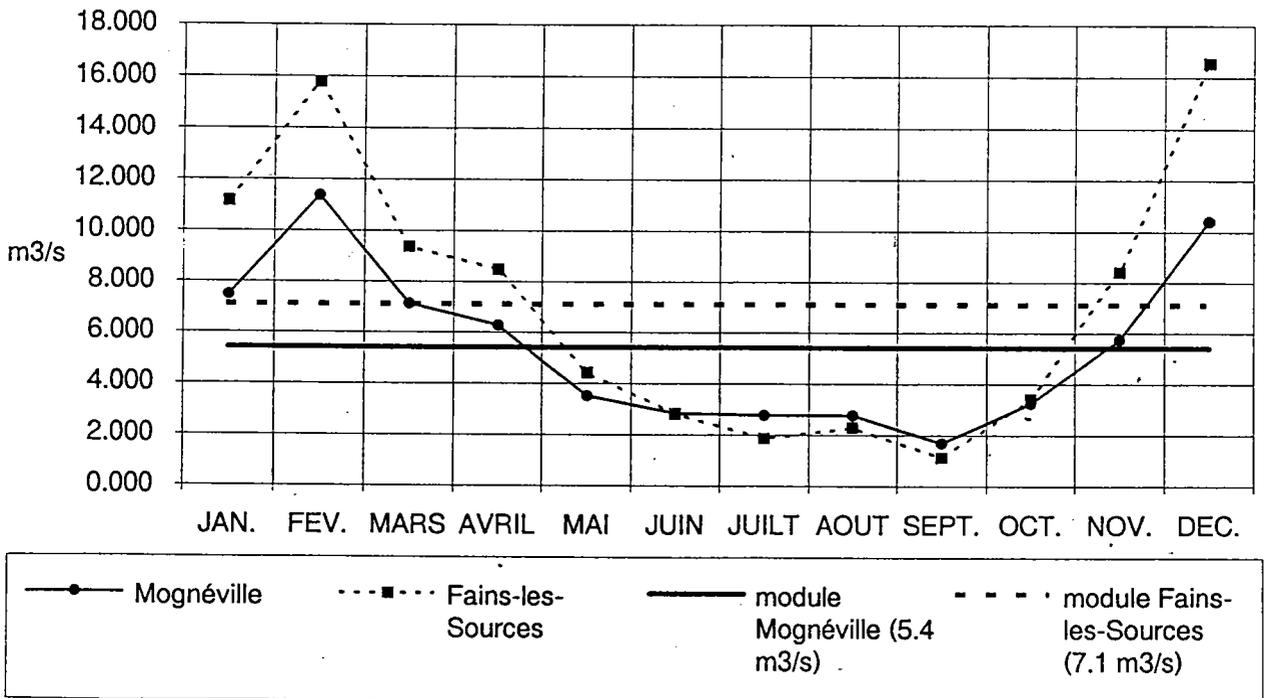
L'opposition entre les années sèches et humides trouve donc son origine dans l'alimentation des cours d'eau en saison froide. Les types de temps anticycloniques, froids et secs déterminent des années sèches alors que les hivers pluvieux à types de temps cycloniques s'intègrent dans des années humides. Le contraste est plus marqué à Fains-les-Sources qu'à Mognéville.

fig. II.8

**REGIMES HYDROLOGIQUES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES
(SERIE HUMIDE)**



**REGIMES HYDROLOGIQUES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES
(SERIE SECHE)**



Le régime de la variabilité interannuelle des débits mensuels diffère en fonction des séries considérées (fig.II.9).

En année sèche moyenne, les mois d'août et d'octobre s'individualisent nettement par leur forte variabilité (CV=170%) qui contraste avec la régularité des autres mois de l'année (CV compris entre 40 et 60%). Le mois d'août peut être sec ou orageux alors que le mois d'octobre est un mois de transition entre la période sèche estivale et la période humide hivernale. La plus grande variabilité du mois d'avril (CV=65%) est liée à la crue de 1971.

En année humide moyenne, de novembre à mai, la variabilité est identique à celle observée en année sèche moyenne. Mais les mois d'octobre et d'août auxquels s'ajoute le mois de juillet restent irréguliers (CV compris entre 130 et 170%). Le mois de juillet correspond au maximum des températures et comme le mois d'août, peut être sec ou orageux. La variabilité élevée du mois de mai est liée à la crue de 1981.

La variabilité des débits mensuels pour chaque sous-série est plus importante sur l'Ornain que sur la Saulx à l'exception de février à mars où elle est identique. Ces deux mois correspondent à l'abondance maximale de l'année pendant laquelle l'effet tampon des calcaires portlandiens est moins marqué (ruissellement, saturation des nappes).

Cependant, du fait de la distribution biaisée des débits mensuels (distribution de Galton), "*la variabilité ne peut être définie correctement par le seul coefficient de variation*" (M. Dacharry, 1974). Le régime des débits mensuels fréquentiels témoigne plus justement de leur variabilité.

c. Régime des débits mensuels fréquentiels.

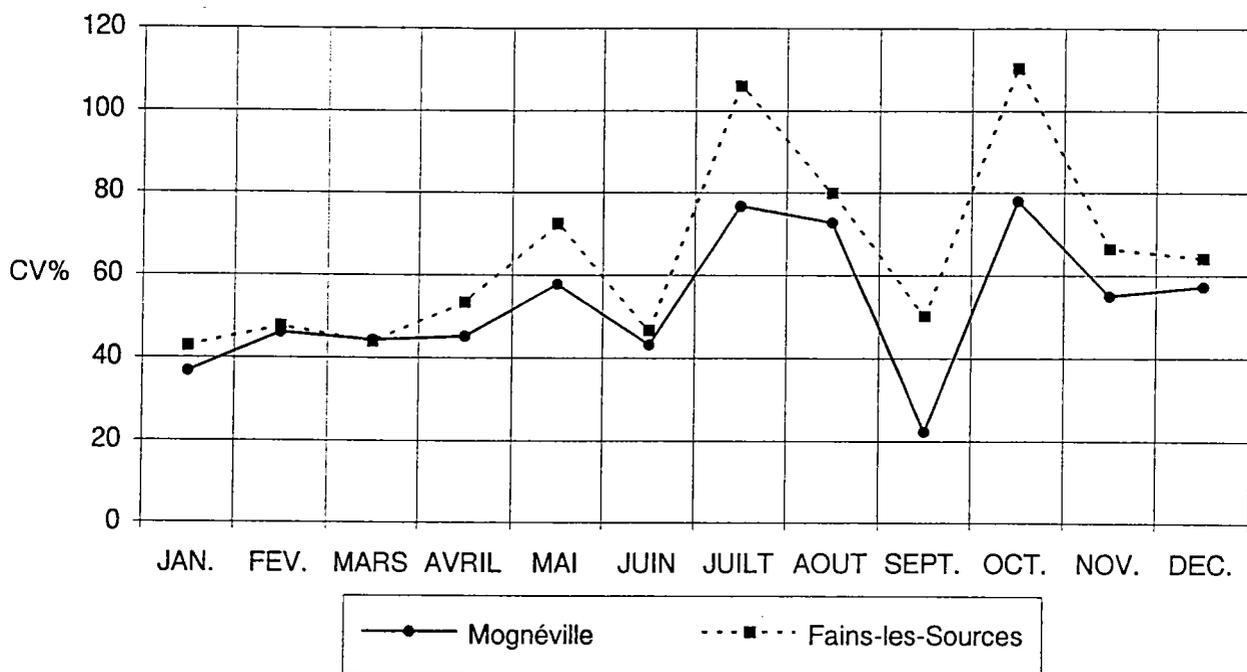
Les débits mensuels ont été ajustés à une loi log-normale et calculés pour des fréquences caractéristiques décennales, quinquennales et biennales (fig.II.10).

Le rapport maximum des débits fréquentiels décennaux secs et humides à Mognéville et à Fains-les-Sources est respectivement de 9 et 23 ce qui illustre la modération de la variabilité du régime. En effet, sur les cours d'eau drainant des bassins-versants imperméables (Moselle, Loire), ce rapport peut atteindre 20 en saison froide, voire 100 en climat méditerranéen.

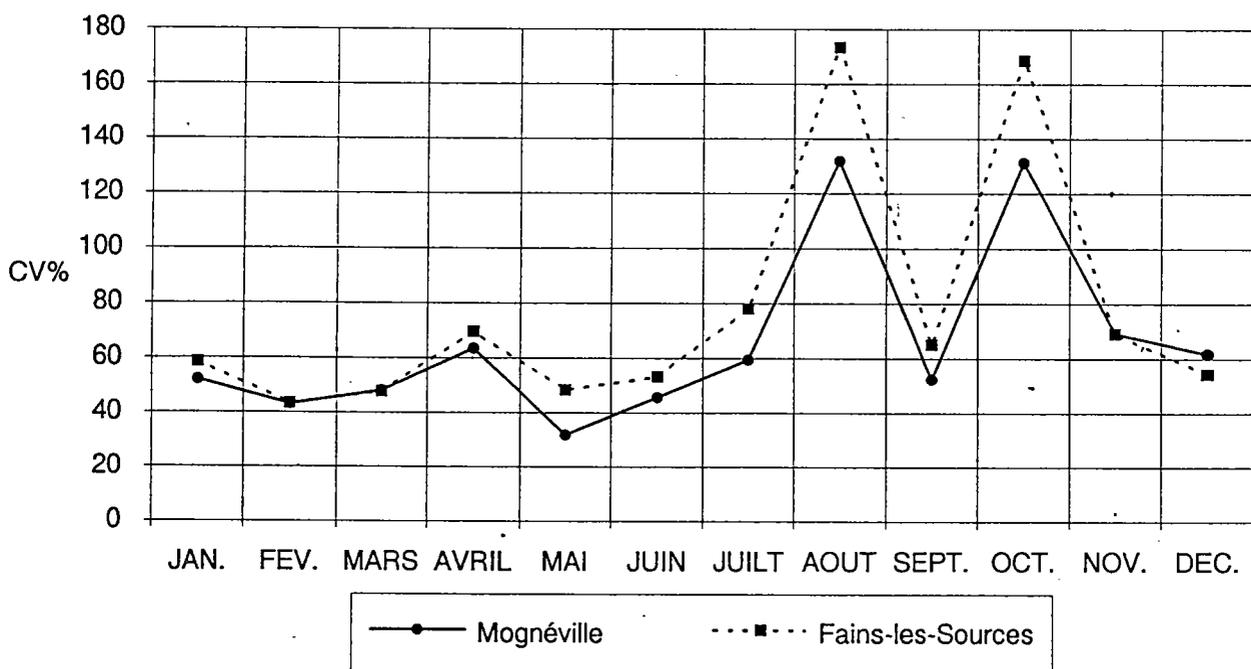
Cette pondération s'explique par la perméabilité du substratum qui tempère les irrégularités pluviométriques. Le rapport des débits mensuels décennaux secs et humides de la Saulx est stable (rapport stabilisé à 5) toute l'année à l'exception des mois de septembre (étiage) et d'octobre (mois charnière entre hautes et basses-eaux). Par contre sur l'Ornain, le rapport est plus important en basses-eaux de juillet à novembre, à l'exception du mois de septembre. La nature calcaire du substratum et la forte évapotranspiration

fig. II.9

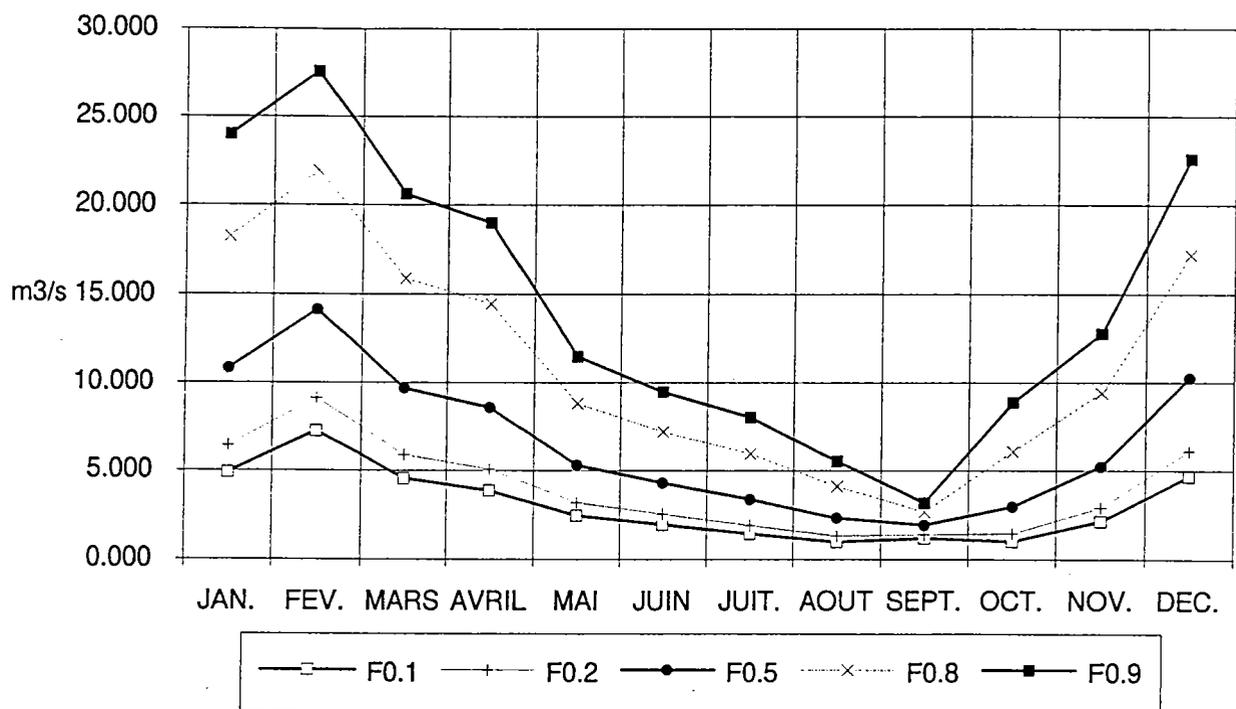
**REGIME DES COEFFICIENTS DE VARIATION A MOGNEVILLE ET
A FAINS-LES-SOURCES
(SERIE HUMIDE)**



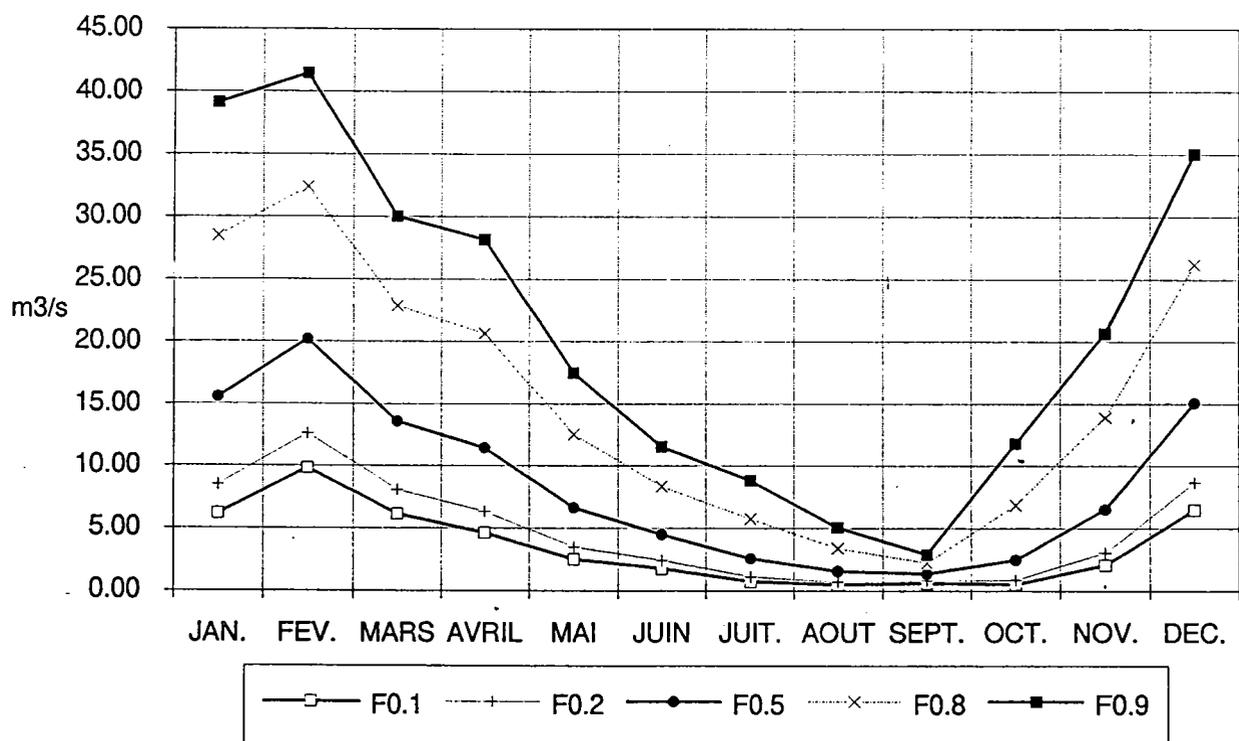
**REGIME DES COEFFICIENTS DE VARIATION A MOGNEVILLE ET
A FAINS-LES-SOURCES
(SERIE SECHE)**



**REGIMES HYDROLOGIQUES EN FREQUENCES
CARACTERISTIQUES A MOGNEVILLE (1969-90)**



**REGIMES HYDROLOGIQUES EN FREQUENCES
CARACTERISTIQUES A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)**



estivale amoindrissent considérablement l'effet des précipitations orageuses. La plus forte variabilité estivale peut s'expliquer également par la plus grande hétérogénéité aquifère du bassin de l'Ornain. Les modalités d'écoulement dépendent étroitement de l'état des réserves. Les aquifères multicouche du Kimméridgien et du Séquanien se comportent différemment selon la situation hydrologique. En période d'abondance, les niveaux marneux facilitent le ruissellement et les bancs calcaires déterminent des nappes perchées qui se vidangent par de nombreuses sources. A l'inverse, en période de pénurie, le tarissement rapide des sources et la reconstitution des réserves limitent le ruissellement et l'efficacité des précipitations voire accentuent l'indigence des écoulements (pertes de cours d'eau au niveau des bancs calcaires).

Malgré la variabilité importante des débits mensuels, les régimes hydrologiques moyens permettent de caractériser le comportement global des bassins-versants. Si le régime reste fondamentalement pluvial, les différences observées entre la Saulx et l'Ornain inhérentes au contexte morpho-structural et hydrogéologique témoignent de modalités de circulation de l'eau différentes. Le classement des débits mensuels nous permettra de mieux caractériser ces différences structurelles.

B. DEBITS MENSUELS CLASSES.

La courbe des débits mensuels classés par ordre croissant, sur la période 1969-90 (264 valeurs) décrit, sur papier semi-logarithmique (fig.II.11), une succession de segments de droite caractéristiques d'un type de régime hydrologique issu de modalités d'alimentation différentes.

L'Ornain présente de nombreux segments de droite bien distincts, séparés par des cassures déterminant des changements de condition d'alimentation du cours d'eau. A l'inverse, sur la Saulx, les cassures sont à peine perceptibles si ce n'est en étiage sévère ($Q < 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$) et en très hautes-eaux ($Q > 14.8 \text{ m}^3/\text{s}$), ce qui témoigne une fois de plus de la pondération du régime et de l'homogénéité structurale du bassin-versant.

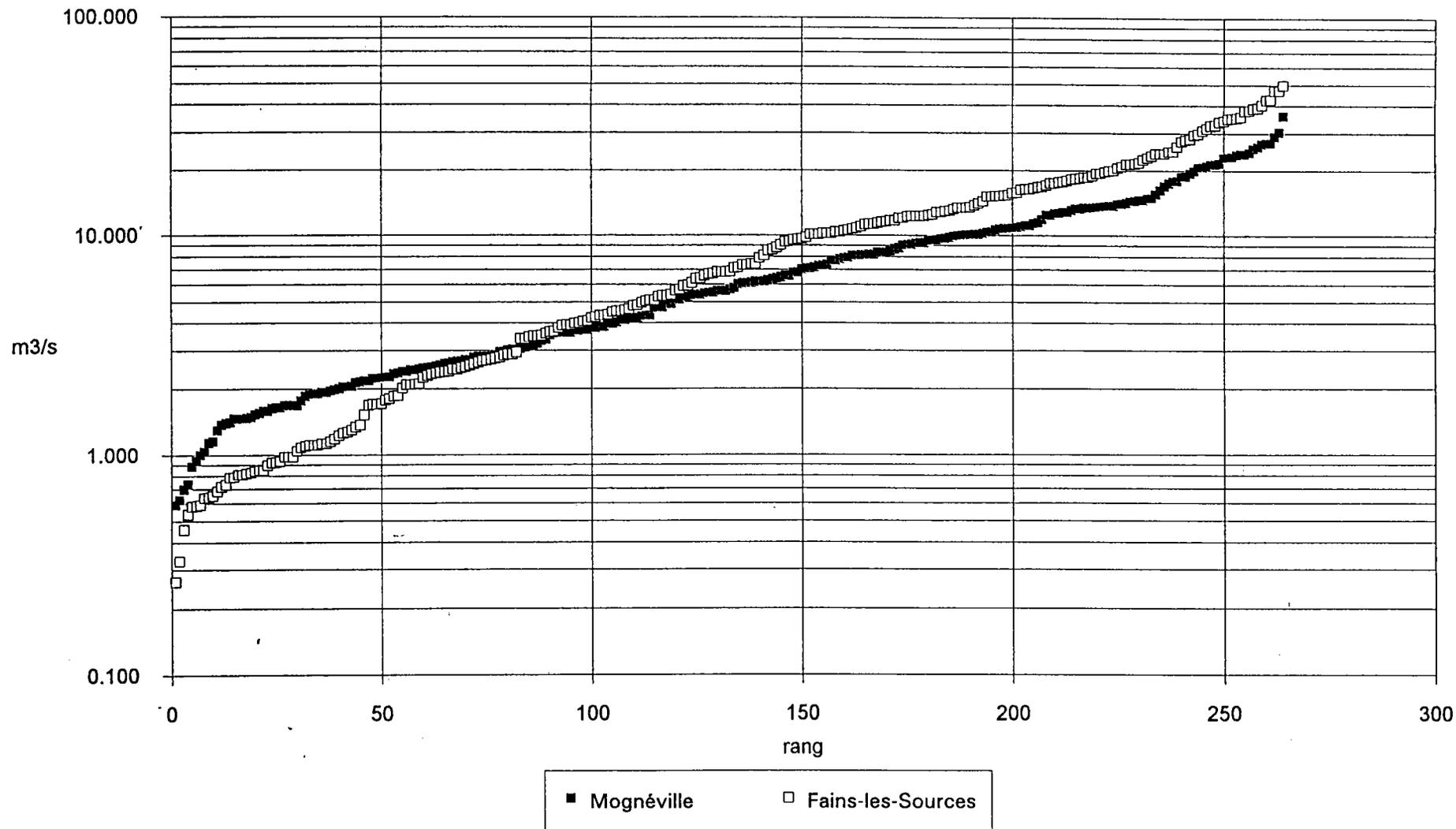
La comparaison des tronçons montre:

- qu'ils sont presque parallèles en situation de hautes-eaux (débits supérieurs au module);

- que le segment de droite caractéristique d'un régime de basses-eaux sur l'Ornain, présente une pente plus forte provoquant le fléchissement et l'intersection des deux segments à $3 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui illustre le soutien de la nappe portlandienne dans le bassin de la Saulx;

- qu'en moyenne, les débits mensuels de l'Ornain sont inférieurs à ceux de la Saulx dans presque 30% des cas (80 mois sur 264);

fig. II.11
COURBES DES DEBITS MENSUELS CLASSES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES
(1969-90)



- que la cassure observée sur l'Ornain en situation de basses-eaux à 2 m³/s, est représentative d'un changement des modalités de circulation de l'eau que l'on peut associer au tarissement de la nappe perchée portlandienne relayée par l'aquifère multicouche du Kimméridgien (vidange conjointe de deux aquifères).

L'étude des débits annuels et mensuels permet de cerner le comportement global des cours d'eau. Mais ces débits ne correspondent pas à une réalité hydrologique. En effet, ils sont le fruit d'une construction mathématique à partir des hydrogrammes dont l'analyse montre qu'ils sont formés par l'alternance d'épisodes de crues et d'étiage. L'étude des débits extrêmes aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources permet de révéler les comportements vivants des cours d'eau. L'étude des débits moyens journaliers qui correspondent le mieux à une réalité hydrologique permet de définir un débit modal caractéristique de l'écoulement réel des cours d'eau.

III. LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS.

A. DISTRIBUTION DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS.

Nous avons réalisé les courbes de distribution des débits moyens journaliers à Mognéville et à Fains-les-Sources pour la période de référence 1969-90 (fig.II.12). Ces courbes ont été construites à partir de la médiane des classes de débits de 500 l/s d'amplitude et de l'effectif de chaque classe (fréquence).

L'observation des courbes de densité montre que la distribution des débits moyens journaliers est unimodale et fortement biaisée à droite avec des débits modaux relativement faibles.

La distribution unimodale témoigne du régime hydrologique simple pluvial. Le biais est nettement plus marqué sur l'Ornain avec un débit modal (0.857 m³/s) 2.25 fois plus faible que celui de la Saulx (1.93 m³/s). Le mode à Mognéville se rapproche du mode de Fréchet alors que celui de l'Ornain s'en éloigne fortement (tab.II.5).

Traduites en débits spécifiques, ces valeurs sont respectivement de 1 l/s/km² et de 4 l/s/km² ce qui témoigne une fois de plus des meilleures conditions d'alimentation de la Saulx.

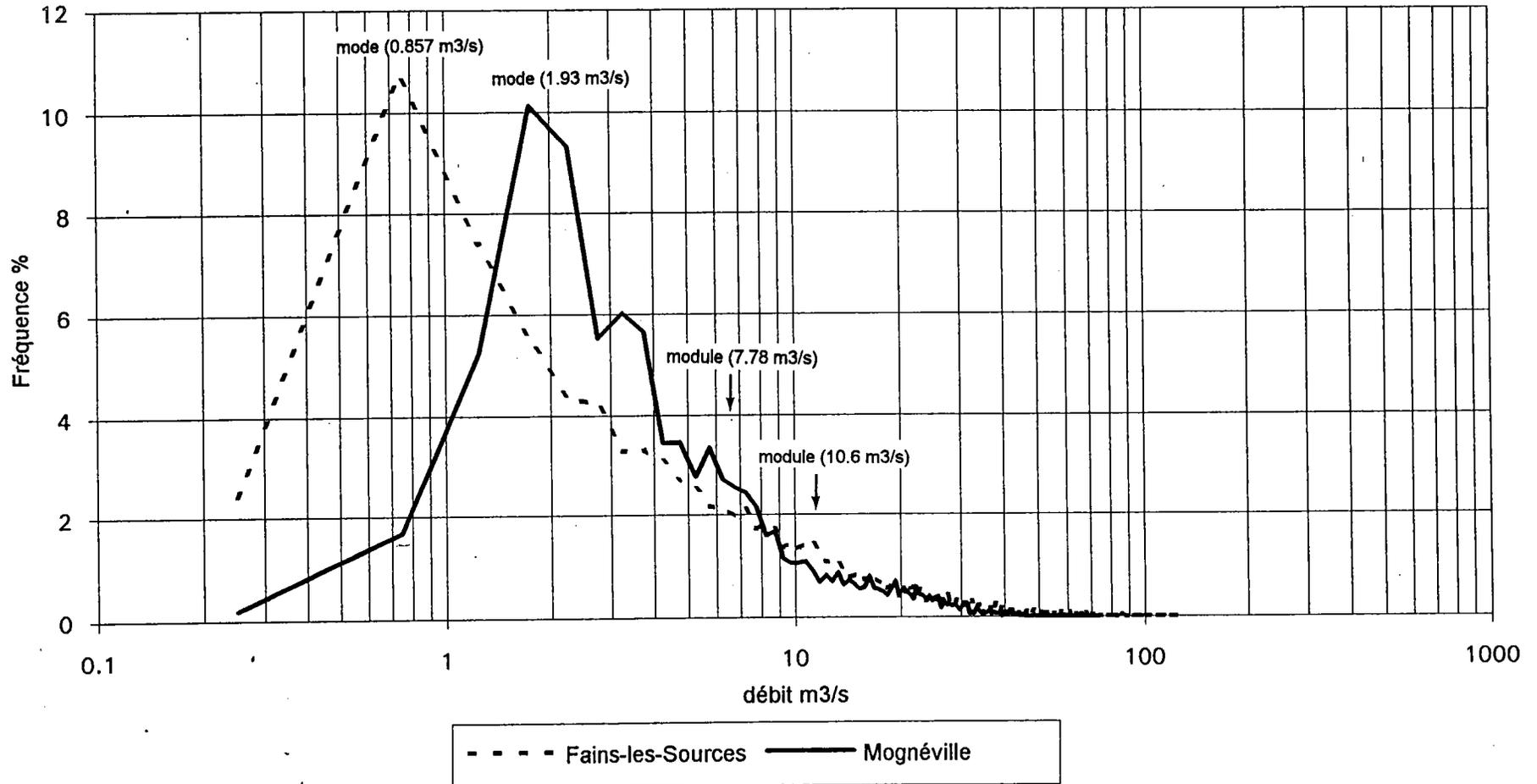
Le débit modal est fondamentalement la valeur caractéristique de référence puisqu'il rend compte de l'écoulement réel d'un cours d'eau. A la différence du module et des débits moyens mensuels, il ne résulte pas d'une construction mathématique mais correspond effectivement au débit le plus observé dans le cours d'eau.

Tab. II.5
Débits moyens journaliers à Mognéville et à Fains-les-Sources

Station		Saulx Mognéville	Ornain Fains-les-Sources
Nbre valeurs		7473	8035
Q moyen	en m ³ /s	7.95	10.67
	en l/s	16.6	13
Ecart-type (m ³ /s)		8.53	14.39
Coefficient de Variation %		107	135
Mode graphique	en m ³ /s	1.93	0.857
	en l/s/km ²	4.046	1.045
Mode Gumbel	en m ³ /s	4.1115	4.195
	en l/s/km ²	8.63	5.115
Mode Fréchet	en m ³ /s	1.668	1.5834
	en l/s/km ²	3.4969	1.93

fig. II.12

DISTRIBUTION DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



B. COURBE DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS CLASSES.

Les débits moyens journaliers ont fait l'objet d'un classement par ordre croissant et ont été affectés d'une fréquence.

La courbe des débits journaliers classés à Mognéville et à Fains-les-Sources permet non seulement de comparer les débits aux deux stations mais aussi de montrer la représentativité des débits moyens.

Sur un graphe à coordonnées semi-logarithmiques (fig.II.13), les courbes de débits moyens journaliers s'organisent en segments de droite significatifs de conditions d'alimentation différentes. Celles-ci semblent plus homogènes sur la Saulx car la courbe décrit seulement 4 segments alors que sur l'Ornain on en dénombre 5 voire 6.

A Mognéville, le premier segment de droite correspond à des débits d'étiages sévères inférieurs à 1.3 m³/s (soit approximativement le QMNA de fréquence 1/5). Le second segment, qui comprend la valeur modale, est le plus important puisqu'il correspond grosso modo aux écoulements de basses-eaux et d'étiage (de 1.3 à 9 m³/s). Le passage des basses-eaux au régime d'étiage ne se traduit donc pas par une cassure ce qui souligne le soutien de l'aquifère portlandien. Le troisième segment peut être assimilé aux écoulements de hautes-eaux avec des débits moyens journaliers compris entre 9 et 26 m³/s. Les débits supérieurs décrivent une courbe qui caractérise les écoulements de crue.

A Fains-les-Sources, le premier segment correspond également aux écoulements d'étiage sévère avec des débits inférieurs au QMNA de fréquence 1/5 (0.6 m³/s). Par contre, à l'inverse de la Saulx, le second segment est moins important mais comprend la valeur modale; les valeurs qui s'échelonnent entre 0.6 et 3 m³/s sont représentatives d'écoulements d'étiage et de faibles basses-eaux. De 3 à 16 m³/s, les débits moyens journaliers s'alignent également sur un segment de droite regroupant basses et hautes-eaux. Le quatrième segment (de 16 à 30 m³/s) est représentatif des hautes-eaux alors que le dernier est significatif de situation de crue.

Ces courbes permettent également de montrer la représentativité du module. Aux deux stations hydrométriques, le module correspond à une valeur relativement élevée (fréquence de l'ordre de 65%). A Mognéville et à Fains-les-Sources, il est respectivement quatre et douze fois plus élevé que le mode ce qui souligne l'hétérogénéité des écoulements de l'Ornain.

Le rapport des débits moyens journaliers classés à Fains-les-Sources et à Mognéville (fig.II.14) permet d'appréhender rapidement la disparité des écoulements entre la Saulx et l'Ornain.

Pour des débits inférieurs aux modules (basses-eaux), les segments de droite présentent des pentes différentes (le rapport croît corrélativement aux débits) alors qu'au-delà, elles sont identiques (le rapport se stabilise à 1.4). Les modules sont donc significatifs d'un changement des conditions d'alimentation.

Au-delà du module, soit pour des débits élevés, le comportement de la

fig. II.13
**COURBES DES DEBITS JOURNALIERS CLASSES A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES
 (1969-90)**

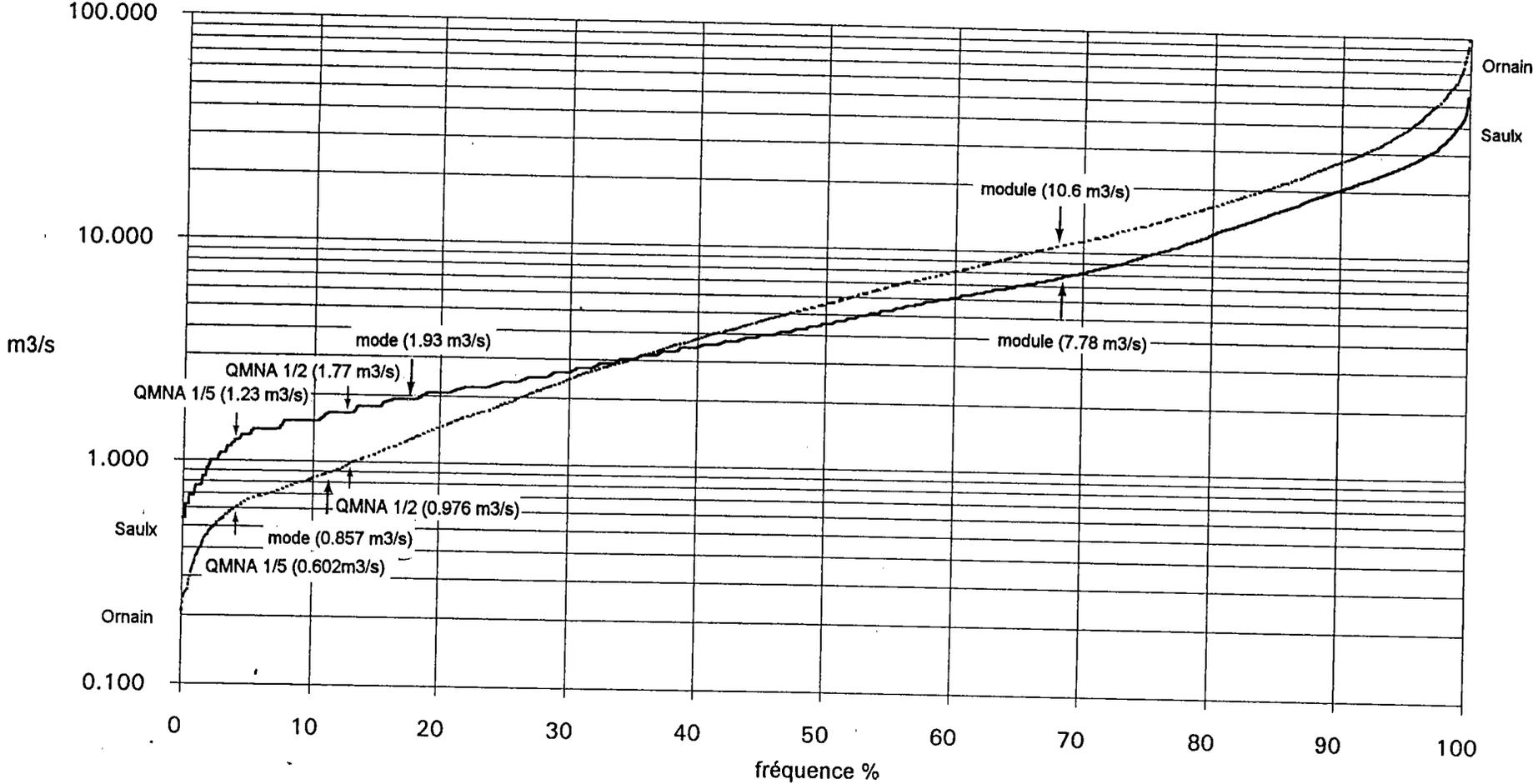
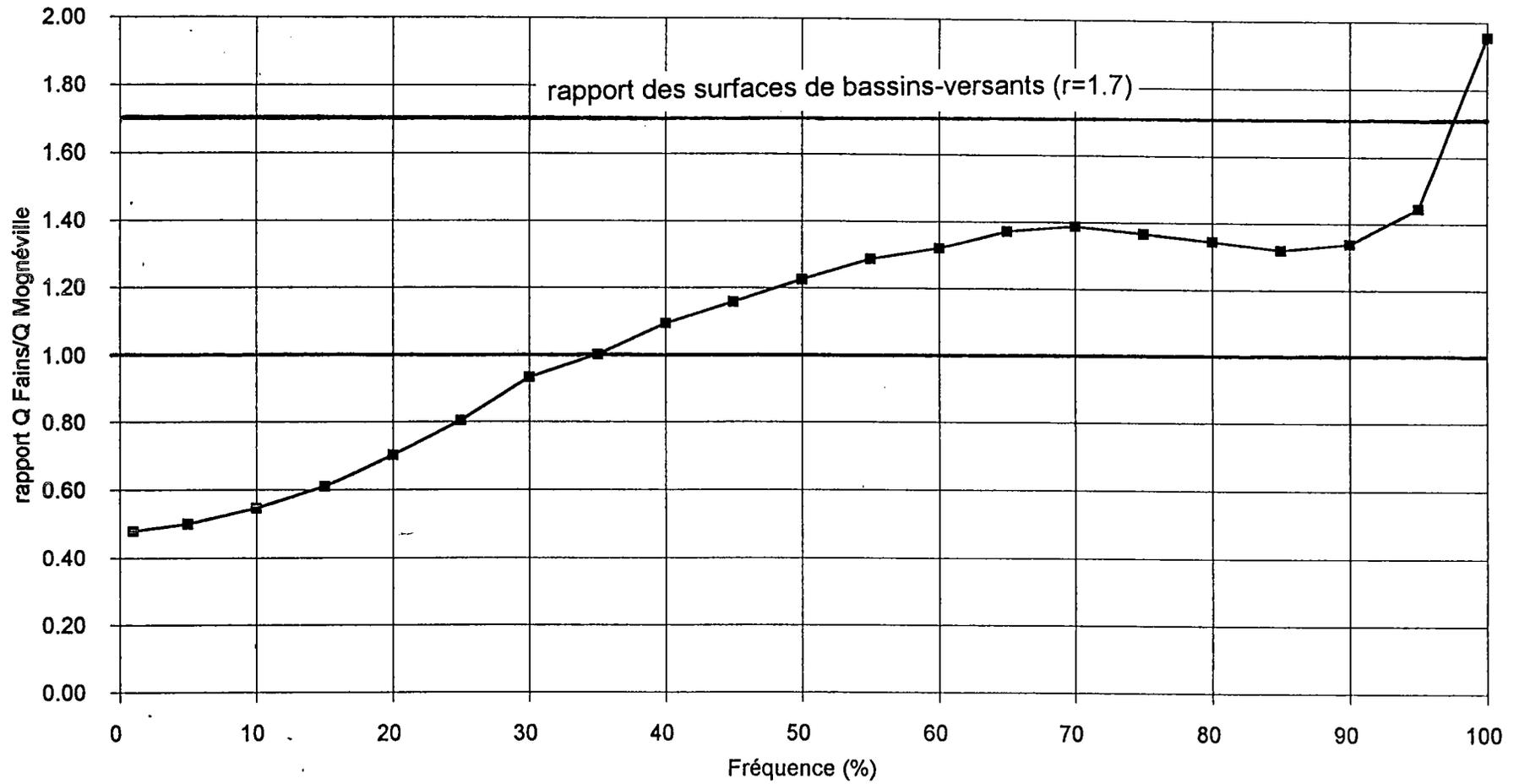


fig. II.14

RAPPORT DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS DE FAINS-LES-SOURCES ET DE MOGNEVILLE



Saulx et de l'Ornain semble identique; les débits de l'Ornain sont constamment 1.4 fois supérieurs à ceux de la Saulx. Pourtant, le rapport des surfaces aux stations hydrométriques est de 1.7 ce qui témoigne, une fois encore, du déficit d'écoulement élevé de l'Ornain.

Le ruissellement domine, les sols sont saturés, les facteurs morphométriques et hypsométriques sont alors prédominants. Cependant, en période de crue (fréquences supérieures à 95%), l'augmentation importante du rapport des débits moyens journalier témoigne d'une meilleure aptitude au ruissellement dans le bassin de l'Ornain.

Pour des débits inférieurs au module, le comportement des deux cours d'eau diffère. Les facteurs structuraux et notamment lithologiques sont les plus importants. Entre le module et 3 m³/s (rapport égal à 1), les écoulements de l'Ornain restent plus abondants mais se rapprochent de ceux de la Saulx. En deçà de 3 m³/s (fréquence de 35%) la Saulx présente des écoulements plus importants car soutenus par l'aquifère portlandien.

Ainsi, l'analyse succincte des débits moyens journaliers permet de relativiser les valeurs moyennes (module, régime mensuel) et d'opposer les comportements hydrologiques des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain. Ceux-ci diffèrent plus particulièrement lors des situations hydrologiques extrêmes (étiages et crues).

L'analyse des débits d'étiage et de crue à Mognéville et à Fains-les-Sources permettra donc de mieux caractériser les différences de régime d'écoulement.

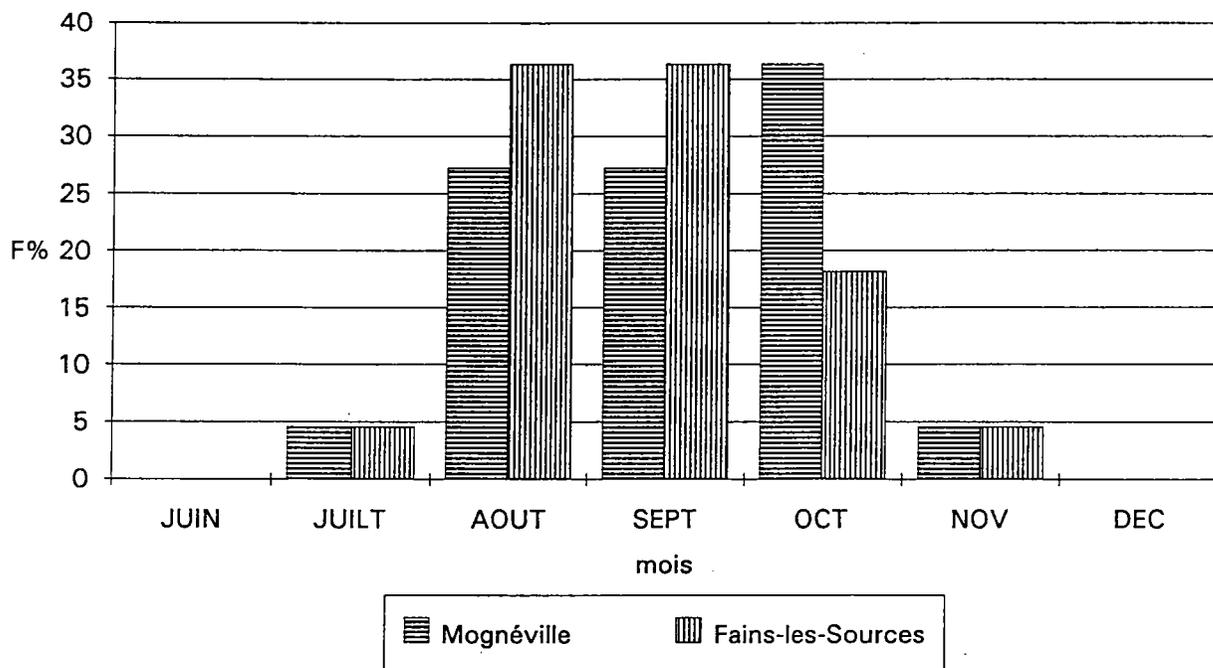
IV. LES BASSES-EAUX ET LES ETIAGES.

En période d'étiage, l'alimentation des cours d'eau est uniquement assurée par la vidange des aquifères. Les précipitations et le ruissellement n'interviennent pas dans le soutien des débits. Les étiages se caractérisent par leur date, leur durée, et leur sévérité (ou profondeur). Ils "*ne peuvent être complètement analysés et caractérisés que s'ils sont examinés dans leur ensemble et dans leur succession chronologique*" (P. Dubreuil, 1974). L'étude à partir des données aux stations hydrométriques pose le problème de la représentativité des débits à la situation hydrologique d'étiage. Les débits instantanés minimums voire les débits journaliers minimums sont souvent liés aux perturbations anthropiques; c'est pourquoi on utilisera les débits mensuels d'étiage (QMNA) et les débits moyens journaliers non dépassés pendant 10 jours consécutifs (QCN10) pour caractériser les étiages de la Saulx et de l'Ornain (annexe II.17).

Les débits mensuels d'étiage et les débits moyens journaliers non dépassés pendant 10 jours consécutifs déterminent la sévérité et la date de l'étiage. La lacune de 1985 à Mognéville a été comblée par corrélation avec Fains-les-Sources.

fig. II.15

FREQUENCES DES DEBITS MOYENS MENSUELS D'ETIAGE
A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



DISTRIBUTION DES DEBITS MOYENS MENSUELS D'ETIAGE A
MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)

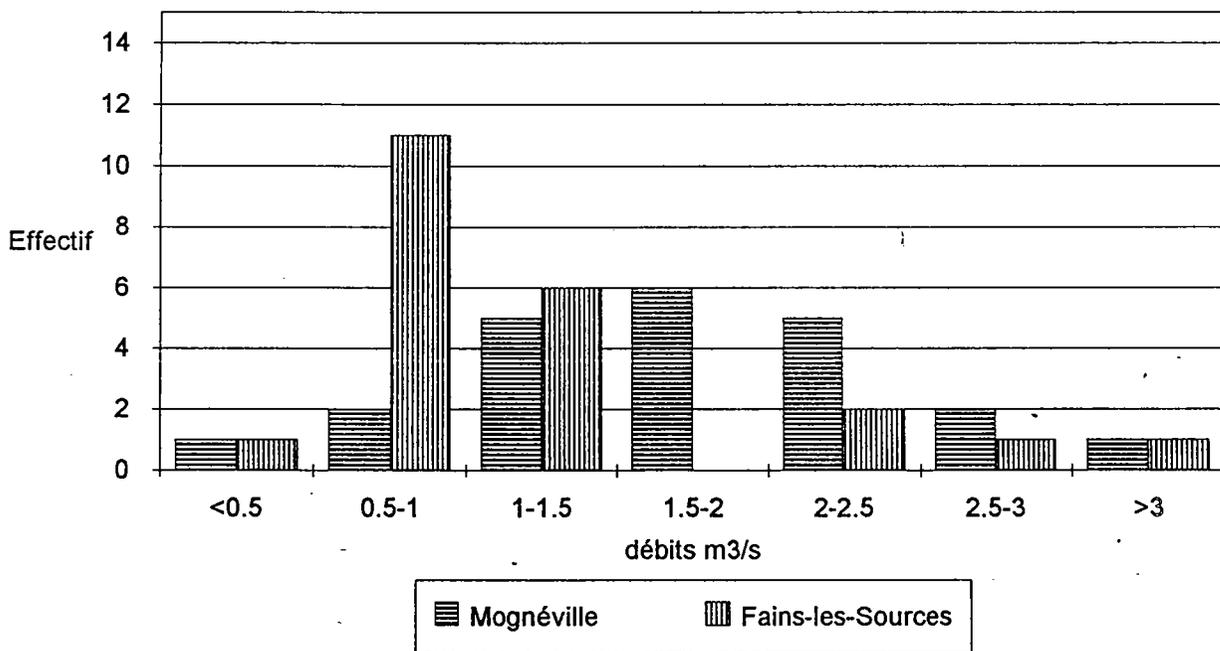
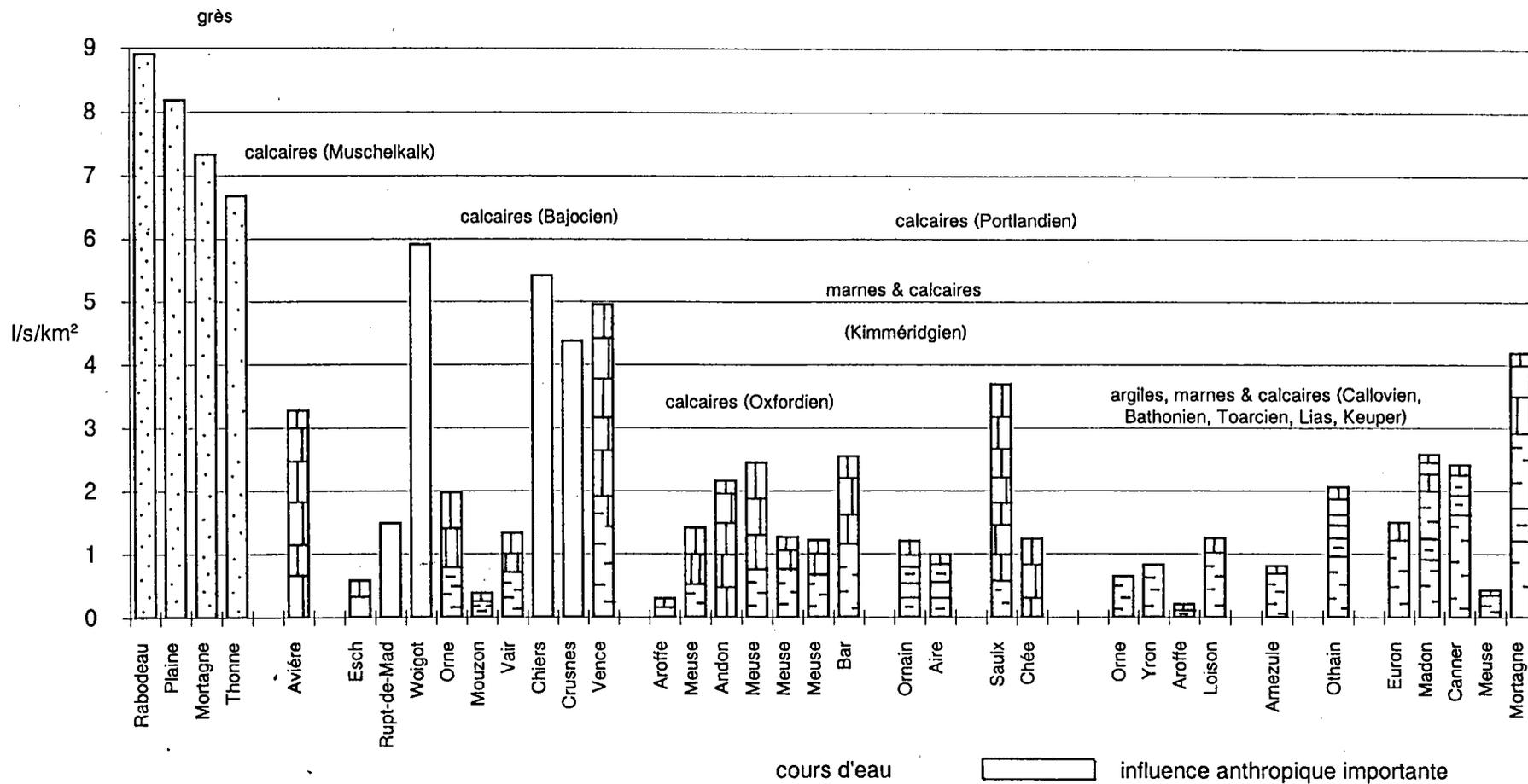


fig. II.16

DEBITS SPECIFIQUES MENSUELS D'ETIAGE DE FREQUENCE 1/2 DE QUELQUES COURS D'EAU LORRAINS
(débits l/s/km²)



A. DATES DE L'ÉTIAGE.

Les fréquences du débit mensuel d'étiage (fig.II.15a) permettent de dater approximativement les étiages à Mognéville et à Fains-les-Sources. Compte tenu du régime hydrologique des deux cours d'eau, les étiages appartiennent aux basses-eaux. Cependant, ils paraissent plus tardifs sur la Saulx que sur l'Ornain. En effet, août et septembre sont les mois d'étiage les plus fréquents à Fains-les-Sources alors qu'il faut attendre septembre et surtout octobre à Mognéville. Ces différences témoignent d'un tarissement plus lent et de formations hydrogéologiques plus capacitives sur la Saulx (aquifère portlandien). L'étiage apparaît non seulement moins tardif sur l'Ornain mais également plus sensible aux précipitations des mois ou des années précédents. Les années d'étiage précoce (1977) succèdent aux années les plus sèches. A l'inverse, les années d'étiage tardif (1985) suivent des mois ou des années humides. Sur la Saulx, la période d'étiage apparaît moins attachée à la pluviosité.

B. LA PROFONDEUR DE L'ÉTIAGE.

Les débits moyens mensuels d'étiage globaux à Mognéville et à Fains-les-Sources (tab.II.6) montrent l'abondance et la régularité des étiages de la Saulx par rapport à ceux de l'Ornain. La moyenne élevée (3.74 l/s/km²) et le faible coefficient de variation (36%) témoignent d'un soutien important de l'aquifère portlandien. Par contre, l'Ornain connaît des étiages plus sévères (1.4 l/s/km²) avec des débits plus irréguliers (coefficient de variation de 62%). Les débits d'étiage de l'Ornain se rapprochent des rendements moyens de l'aquifère multicouche du Kimméridgien (1.25 l/s/km²) observés également sur l'Aire (C. Tailliez, 1994).

Des grandes formations calcaires, c'est le Portlandien, représenté par le bassin de la Saulx qui présente les meilleurs rendements (fig.II.16, annexe II.18). Les débits spécifiques élevés de certains cours d'eau drainant les calcaires du Bajocien (Woigot, Crusnes, Chiers) témoignent d'importantes influences anthropiques liées à l'exploitation de la Minette dans le bassin ferrifère (exhaures). La forte pluviosité, la perméabilité importante des Calcaires de Dommartin et les couches semi-perméables sous-jacentes de la Pierre-Châline font du Portlandien un réservoir aquifère de premier ordre. La partie inférieure de cet aquifère, constituée d'une zone noyée de type "annexe" (A. Mangin, 1974) garantit à la Saulx des débits abondants et réguliers.

Les bassins calcaires présentent des rendements beaucoup plus élevés que les bassins imperméables (Orne à Boncourt, Loison). Cependant, ces rendements restent largement inférieurs à ceux observés dans les grès des Vosges (plus de 7 l/skm²) ce qui souligne la plus grande perméabilité du karst. En outre, ils sont très variables selon les cours d'eau. Le bassin-versant de la Chée à Vilotte-devant-Louppy, bien qu'inscrit dans les calcaires du Portlandien (calcaires lithographiques) présente des rendements faibles (1.23 l/s/km²).

tab. II.6

Débits mensuels d'été à
Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (Période 1969-90)

	Débit moyen mensuel d'été	
	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
moyenne en m ³ /s	1.77	1.15
l/s/Km ²	3.74	1.40
écart-type en m ³ /s	0.644	0.720
Coefficient de variation en %	36.2	62.5
débit minimum en m ³ /s	0.591	0.264
débit maximum en m ³ /s	3.02	3.08
1/10 ^{ème} du module	0.778	1.057

tab. II.7

Débits mensuels d'été de fréquences caractéristiques à
Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources (Période 1969-90)

Fréquence	Durée de retour	Débits mensuels d'été			
		Couvonges-Mognéville		Fains-les-Sources	
		Q m ³ /s	q l/s/km ²	Q m ³ /s	q l/s/km ²
F 0.1	10 ans	0.950	2.0	0.467	0.6
F 0.2	5 ans	1.23	2.6	0.602	0.7
F 0.5	2 ans	1.77	3.7	0.976	1.2
F 0.8	5 ans	2.31	4.9	1.58	1.9
F 0.9	10 ans	2.60	5.5	2.03	2.5

tab. II.8

QCN 10 à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (Période 1969-90)

	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
Moyenne : m ³ /s	1.71	0.928
l/s/km ²	3.61	1.14
Ecart-type	0.55	0.45
Coefficient de variation en %	32.5	48.5
Minimum m ³ /s	0.540	0.248
Maximum m ³ /s	2.89	2.01

L'abondance, toute relative des débits d'étiage de la Saulx, caractérise donc plus particulièrement les rendements de la nappe des Calcaires de Dommartin. Les débits moyens mensuels d'étiage extrême compris entre 0.2 et 1 l/s/km² correspondent aux cours d'eau à régime pluvial (M. Pardé, 1933).

Les débits journaliers non-dépassés pendant 10 jours consécutifs (QCN10) confirment ces observations mais exagèrent les contrastes entre la Saulx et l'Ornain (Tab.II.8). En effet, les débits spécifiques à Mognéville sont 3.16 fois supérieurs à ceux de Fains-les-Sources, alors qu'avec les débits mensuels d'étiage le rapport était de 2.67. Les écoulements de l'Ornain sont fortement influencés par les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin en période d'étiage. C'est pourquoi, les QCN10 diffèrent des débits mensuels d'étiage alors qu'ils sont identiques sur la Saulx où les perturbations anthropiques sont moins marquées. Compte tenu de ces remarques, il est préférable d'utiliser les valeurs caractéristiques des débits mensuels d'étiage.

La profondeur des étiages est très variable à Fains-les-Sources alors qu'elle est remarquablement homogène à Mognéville. L'évolution de l'indice de sévérité d'étiage (rapport du débit mensuel d'étiage et du module) de 1969 à 1990 (fig.II.17) témoigne du caractère exceptionnel de l'étiage inférieur au dixième du module sur la Saulx (deux années sur 22, 1971 et 1976) alors que sur l'Ornain, ce niveau d'étiage paraît plus fréquent (13 années) quelle que soit la série (sèche ou humide). A la différence de la Saulx, les précipitations hivernales abondantes de série humide ne garantissent pas des débits soutenus en période d'étiage estival. Ce type de comportement hydrodynamique reflète la forte perméabilité du substratum et la faible fonction régulatrice des aquifères (G. Castany, 1982). Mais gardons nous d'une interprétation hâtive du fait de l'importance des prélèvements du canal de la Marne au Rhin sur l'Ornain.

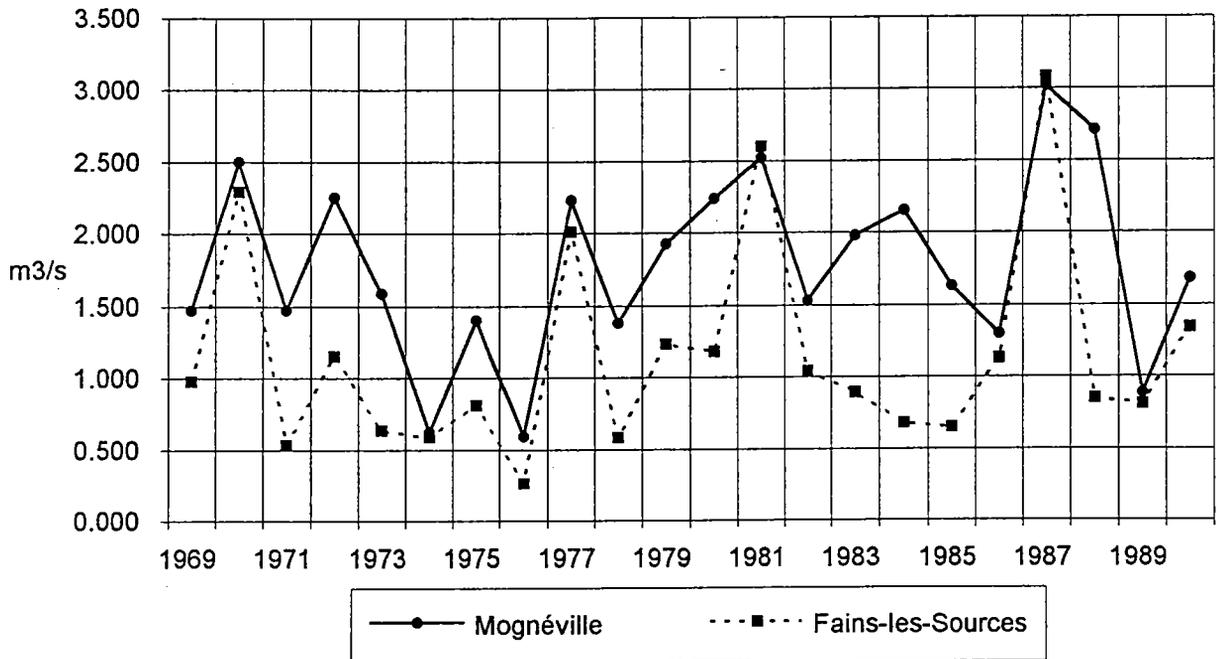
Le traitement statistique des débits mensuels d'étiage à Mognéville révèle une originalité du bassin de la Saulx. Ce type de données s'ajuste généralement à la loi Log-Normale ou loi de Galton alors que sur la Saulx la loi Normale est la plus satisfaisante (annexe II.19). En effet, sur papier gaussien-logarithmique, les valeurs les plus faibles (caractéristiques de situations d'étiages sévères) ne se placent pas dans l'alignement des points et la distribution des débits est symétrique (fig.II.15b).

Les débits mensuels d'étiage à Fains-les-Sources s'ajustent, quant à eux, à une loi Log-Normale (annexe II.19). Leur distribution est biaisée à droite avec des valeurs faibles prédominantes. Les lois d'ajustement différentes reflètent une fois de plus les différences de comportement hydrodynamique des deux cours d'eau en période d'étiage. Les débits mensuels d'étiage de fréquences caractéristiques sont présentés sur le tableau II.7.

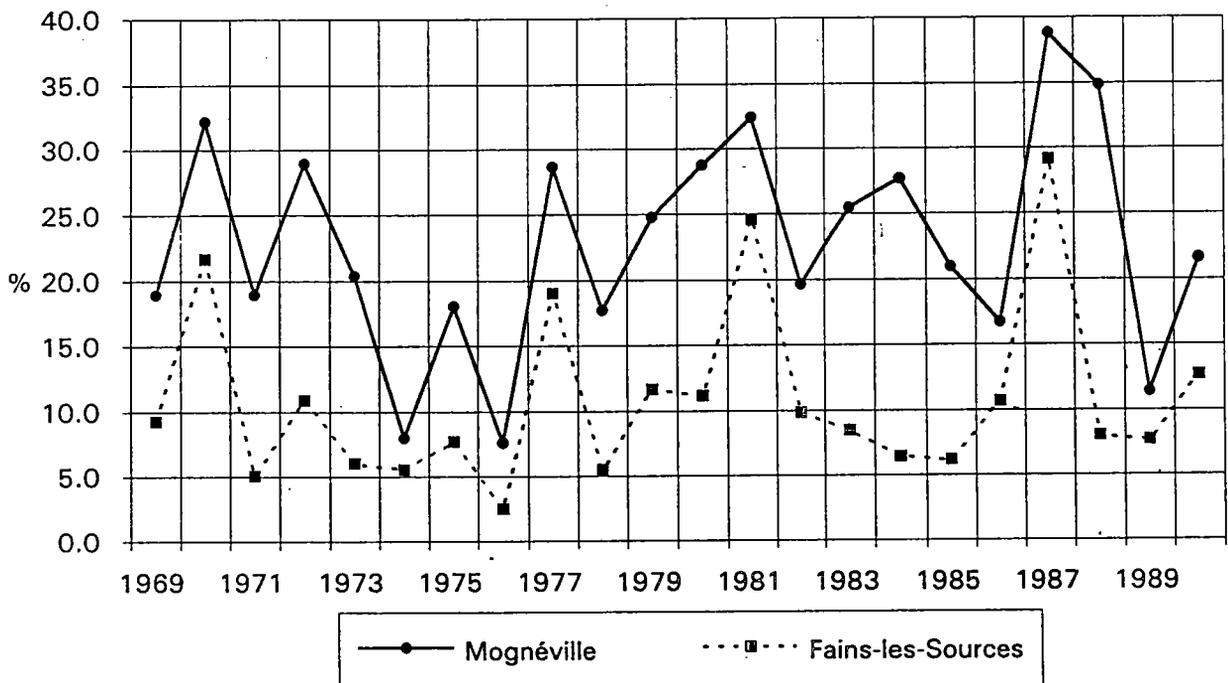
Malgré les caractéristiques identiques des aquifères (discontinus, karstiques, multicouche), les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain présentent des étiages contrastés, ce qui illustre le rôle fondamental du contexte structural dans l'organisation des écoulements souterrains. Le bassin supérieur de l'Ornain (Haut-Pays) est dénué d'écoulement pérenne et correspond à une zone d'infiltration généralisée. Ces infiltrations nourrissent l'aquifère oxfordien qui se vidange dans les bassins voisins de la Meuse et de

fig. II.17

DEBITS MOYENS MENSUELS D'ETIAGE A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES DE 1969 A 1990



INDICE DE SEVERITE DE L'ETIAGE MENSUEL A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES DE 1969 A 1990



la Marne situés en contrebas du Haut-Pays. La dénivelée importante (100 m) entre la surface du Haut-Pays et les deux cours d'eau voisins provoque un gradient hydraulique qui "ralentit" la fonction régulatrice de l'aquifère oxfordien. En accentuant la perméabilité du substratum, la nature karstique des écoulements accélère la vidange de l'aquifère mais amoindrit sa fonction capacitive, ce qui explique la sévérité des étiages sur l'Ornain. Les prélèvements du canal de la Marne au Rhin aggravent également la profondeur des étiages.

La Saulx, en drainant la nappe des Calcaires de Dommartin bénéficie de débits soutenus en période d'étiage. Située en aval pendage du Portlandien, en limite de nappe captive (sous les formations argilo-sableuses du Crétacé), elle connaît des étiages moins profonds que l'Ornain. Malgré les circulations souterraines reconnues par traçages vers l'Ornain, et son "cours suspendu" d'une centaine de mètres au dessus de la Marne, la Saulx présente des débits réguliers et abondants. L'analyse spatiale des débits d'étiage nous permettra de déterminer l'organisation des écoulements souterrains.

V. LES HAUTES-EAUX ET LES CRUES.

"Les crues sont des gonflements hydrométriques exceptionnels, débordants ou non, qui affectent, sans périodicité le plus souvent, l'écoulement" (J. Loup, 1974). Elles correspondent à une onde (masse d'eau) se déplaçant dans le lit du cours d'eau, caractérisée par sa puissance (débit de pointe, volume de crue), sa déformation (montée et descente de crue), sa durée, sa vitesse et sa gènèse (type simple, complexe).

Dans un premier temps, l'analyse des crues aux stations de Mognéville et de Fains-les-Sources porte sur la détermination statistique des débits de crues de fréquences caractéristiques.

Nous abordons, par la suite l'étude de quelque épisodes de crues aux deux stations pour enfin, caractériser l'évolution spatiale des crues dans les bassins-versants.

A. LES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE AUX DEUX STATIONS.

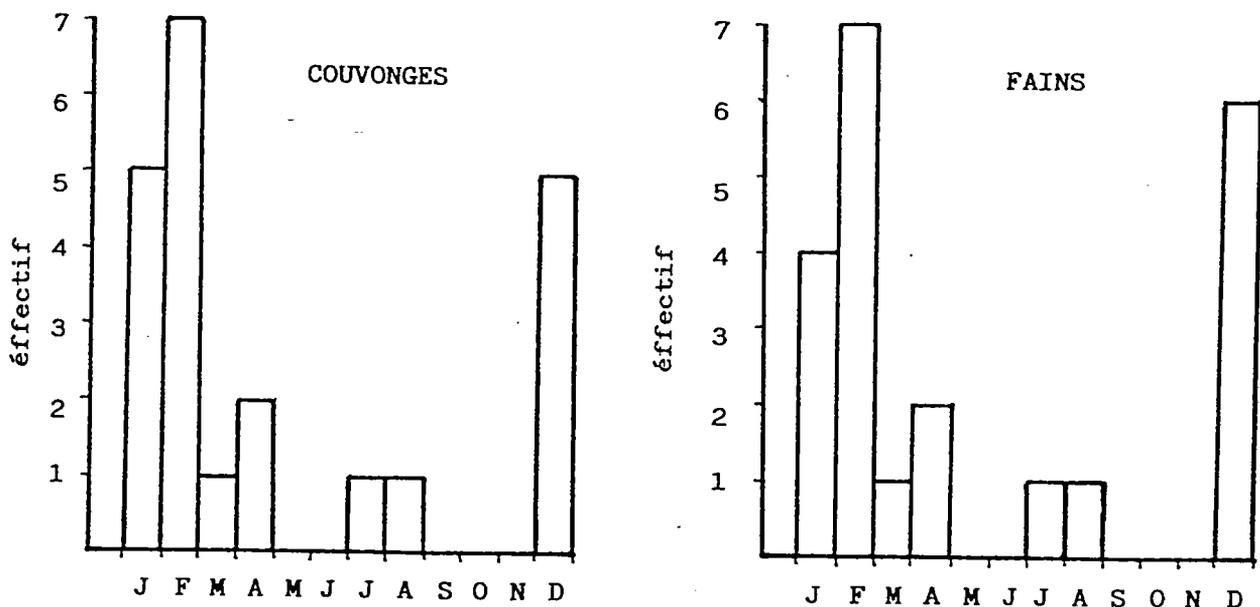
L'appréciation de la puissance des crues pose le problème du choix des débits représentatifs d'une situation hydrologique de crue aux stations hydrométriques.

Nous utiliserons les débits de pointe de crue (débits maximums instantanés) et les débits maximums journaliers annuels.

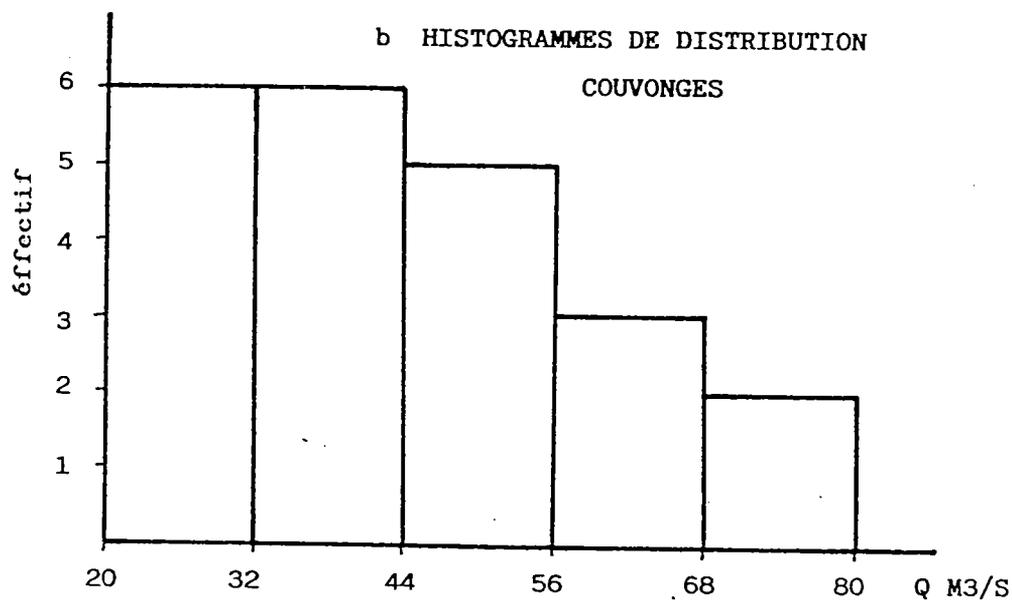
fig. II.18

Régime des fréquences d'apparition des débits maximum instantanés

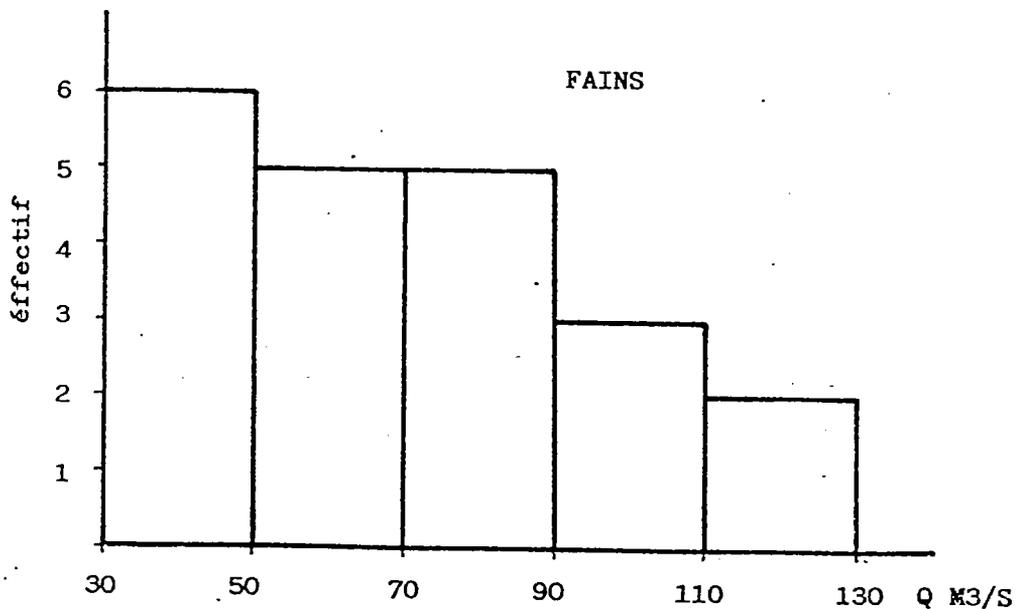
a FREQUENCES D'APPARITION



b HISTOGRAMMES DE DISTRIBUTION



FAINS



a. Les débits de pointe de crue.

1. Les débits de pointe de crue annuelle.

Nous avons extrait le débit instantané maximum à Mognéville et à Fains-les-Sources pour chaque année sur la période 1969-90 (annexe II.20). Le traitement statistique de cet échantillon (tab.II.9) montre que la moyenne est plus élevée sur l'Ornain (7 fois le module) que sur la Saulx (6 fois le module). Cependant, les débits spécifiques instantanés de pointe de crue sont légèrement supérieurs sur la Saulx. Le rapport des rendements entre la Saulx et l'Ornain évolue inversement à la puissance des crues. Pour la crue minimale, le rendement de la Saulx (58 l/s/km²) est 1.5 fois supérieur à celui de l'Ornain (39 l/s/km²) alors que pour la crue maximale le rapport n'est que de 1.1.

Comparés à "*des valeurs types approximatives de maxima déjà rares*" (M.Pardé, 1933), les débits de pointe de crue de la Saulx et de l'Ornain correspondent à ceux observés en plaines et plateaux des régions océaniques européennes.

Néanmoins, ces rendements restent relativement faibles comparés aux bassins mosans et mosellans. Les coefficients de Myer-Coutagne (rapport du débit maximum à la racine carrée de l'aire du bassin-versant) sont respectivement de 3.7 et 4.3 sur la Saulx et l'Ornain alors qu'ils sont proches de 6 sur les cours d'eau de plaines et de plateaux lorrains, voire dépassent 20 pour la Moselle (tab.II.10). On peut attribuer ces faibles rendements à la nature calcaire du substratum, à la forme allongée des bassins-versants et à l'organisation spatiale du réseau hydrographique (type "peuplier" ou "couloir").

Les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain s'intègrent bien dans la loi expérimentale valable pour les bassins ruraux de la région lorraine (F. Letouze, 1985) qui caractérise la relation débit-surface par l'équation:

$$Q = 0.37 \times S^{0.87} \text{ avec}$$

Q: débit maximum instantané (m³/s) de la crue de 1983

S: aire du bassin-versant (km²)

En effet, les écarts entre les valeurs observées et théoriques sur la Saulx et l'Ornain sont respectivement de 1.6% et 3% .

La distribution des débits maximums instantanés annuels répond à une loi Log-Normale (annexe II.21) dont l'ajustement permet de déterminer les débits de fréquences caractéristiques (tab.II.11). Les pentes des droites d'ajustement et les coefficients de variation attestent d'une plus grande variabilité des débits de pointe de crue sur l'Ornain que l'on peut attribuer à la disposition du réseau hydrographique plus favorable à la concomitance des ondes de crue des différents affluents.

Le régime des fréquences d'apparition des débits maximums instantanés (fig.II.18) montre que les crues ne présentent pas un caractère

tab. II.9

Débits de pointe de crue à Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources

	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
Moyenne : en m ³ /s en l/s/km ²	44.544 94	73.313 90
Ecart-type	13.809	27.394
Coefficient de variation en %	31	37
Maximum en m ³ /s	80.300	123.000
Minimum en m ³ /s	27.800	32.200
Coefficient d'immodération	2.8	3.8

tab. II.10Rendements de crue maximale de bassins-versants lorrains (l/s/km²)

Station	Mognéville	Fains-les-Sources	Epinal	Sarreinsming	Han-les-juvigny	Gerbéviller
Cours d'eau	Saulx	Ornain	Moselle	Sarre	Loison	Mortagne
Date	1982	1982	1983	1970	1983	1983
Surface km ² (A)	477	820	1219	1759	348	490
Q m ³ /s	80.3	123	715	598	111	132
Q l/s/km ²	168	150	587	340	318	269
Coef. Meyer-Coutagne	3.68	4.3	20.5	14.25	5.95	5.96

saisonnier puisque les débits les plus importants peuvent être enregistrés en décembre (1982), avril (1983) voire en août (1972). Néanmoins, les pointes de crues apparaissent surtout en hiver (77% des cas entre décembre et janvier) et plus rarement au printemps (moins de 10%) ou en été (10% des cas). La répartition des crues dans l'année est identique sur la Saulx et l'Ornain ce qui témoigne d'une condition pluviométrique homogène sur l'ensemble de l'impluvium.

L'étude statistique des débits de pointe de crue annuelle souffre du faible nombre de valeurs retenues sur la période d'observation (22 valeurs); c'est pourquoi, nous utilisons les débits maximums mensuels.

2. les débits de pointe de crue mensuelle.

Nous avons extrait les débits maximums instantanés de chaque mois, soit 264 valeurs pour la période 1969-90. Cependant, une partie de cet échantillon n'est pas représentative d'une situation de crue d'où la nécessité de trier les valeurs avant de les traiter.

Le classement par ordre croissant des débits instantanés maximums (fig.II.19) reporté sur graphe semi-logarithmique laisse apparaître des segments de droite de pente différente, chacune représentative d'un régime d'écoulement. Le point d'inflexion à la hauteur du double du module peut être considéré comme seuil à partir duquel tous les débits supérieurs sont représentatifs d'une situation de crue.

L'échantillon ainsi constitué compte pratiquement autant de valeurs sur la Saulx (120) que sur l'Ornain (118).

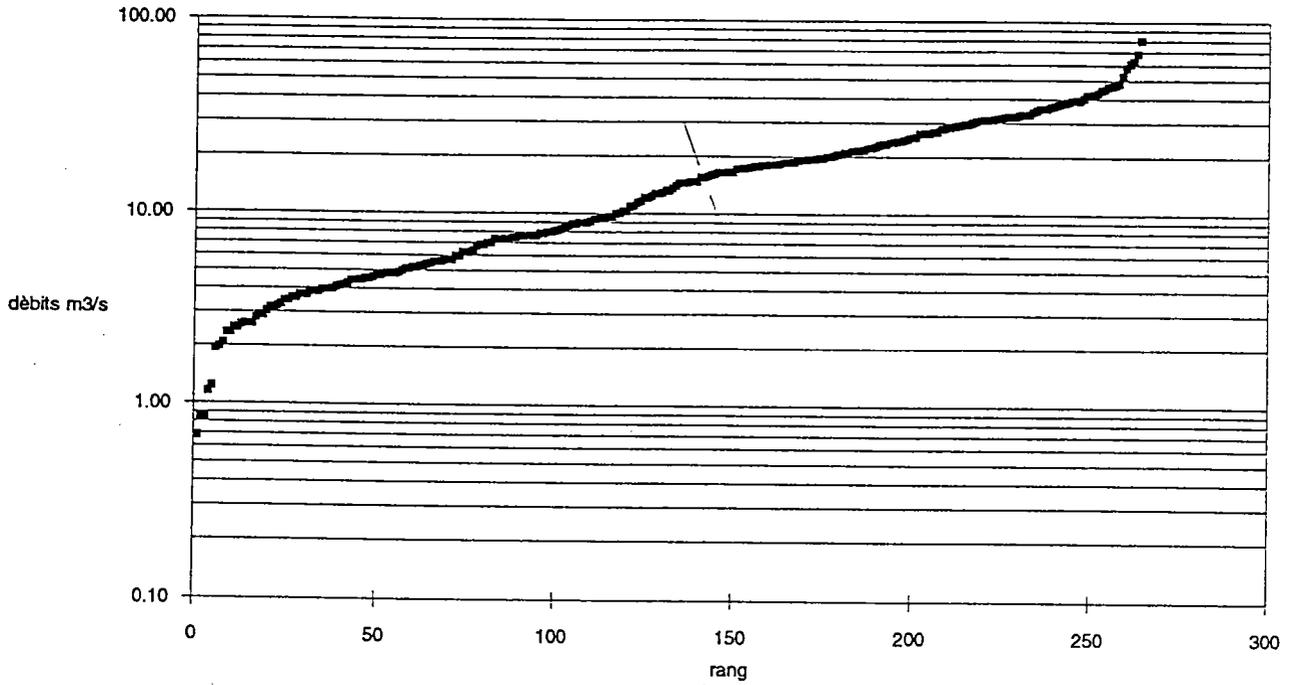
Les paramètres statistiques de l'échantillon sont donnés dans le tableau II.12.

L'ajustement avec une loi de Gumbel n'est satisfaisant qu'en effectuant une anamorphose avec la racine carrée des débits (Kim S.C., 1991). Cependant, les débits de fréquences caractéristiques (tab.II.13) sont exprimés en fonction du nombre d'événements, en l'occurrence toutes les pointes de crue de 1969 à 1990. Ils ne sont donc pas comparables avec ceux issus du traitement des pointes de crue annuelle (tab.II.11). Ainsi, on ne peut pas proposer des durées de retour exprimées en années.

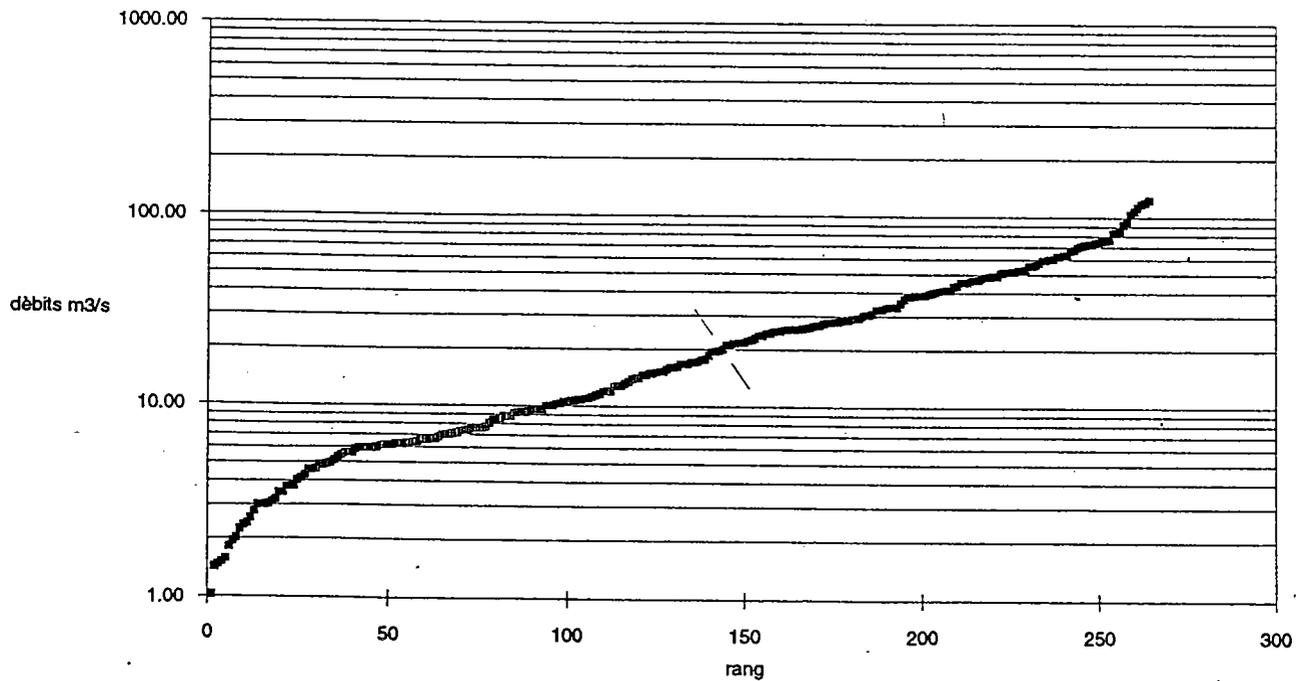
Les débits maximums instantanés sont uniquement représentatifs des pointes de crue. Leur analyse est aléatoire pour les valeurs les plus élevées car elles correspondent le plus souvent à une extrapolation de la courbe de tarage et ne rendent compte que d'un aspect d'une crue (puissance maximale exprimée par une hauteur instantanée).

fig. II.19

**COURBE DES DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES MENSUELS CLASSES A
MOGNEVILLE (1969-90)**



**COURBE DES DEBITS MAXIMUMS INSTANTANES MENSUELS CLASSES A
FAINS-LES-SOURCES (1969-90)**



tab. II.11

Débits fréquentiels de pointe de crue à Couvonges-Mognéville
et à Fains-les-Sources (1969-1990)

Fréquences	Durée de retour	Couvonges-Mognéville Q en m ³ /s	Fains-les-Sources Q en m ³ /s
F 0.99	100 ans	107.0	237.0
F 0.98	50 ans	78.6	156.2
F 0.9	10 ans	62.5	114.3
F 0.8	5 ans	54.8	95.6
F 0.5	2 ans	42.6	68.0

tab. II.12

Débits de pointe de crue mensuels triés à Couvonges-Mognéville
et à Fains-les-Sources (1969-1990)

	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
Moyenne en m ³ /s	27.760	44.58
Ecart-type	1.035	2.560
Coefficient de variation en %	3.7	5.7
Maximum en m ³ /s	80.32	123.00
Minimum en m ³ /s	15.69	21.40
Coefficient d'immodération	5.11	5.75

Débits de pointe de crue mensuels triés fréquentiels à Couvonges-Mognéville
et à Fains-les-Sources (1969-1990)

Fréquences	Couvonges-Mognéville Q en m ³ /s	Fains-les-Sources Q en m ³ /s
F 0.99	71.57	138.50
F 0.98	62.50	117.24
F 0.9	43.59	76.84
F 0.8	36.12	61.30
F 0.5	26.14	41.11

b. Les débits journaliers maximums.

Nous avons extrait les débits moyens journaliers maximums annuels et mensuels à Mognéville et Fains-les-Sources sur la période 1969-90 afin de savoir comment ils se comportent par rapport aux débits instantanés de pointe de crue.

1. Les débits moyens journaliers maximums annuels.

L'analyse statistique des débits moyens journaliers maximums annuels montre qu'ils sont comparables aux débits de pointe de crue. En effet, les moyennes sont bien sûr différentes mais les coefficients de variation sont quasi identiques (tab.II.13).

Néanmoins, la moyenne des débits moyens journaliers maximums représente une part contrastée des débits de pointe de crue selon le cours d'eau considéré. Cette part s'élève à 70% à Mognéville alors qu'elle atteint 94% à Fains-les-Sources, ce qui témoigne d'une "durée de ruissellement" (M. Roche, 1963) plus courte sur la Saulx.

Comme pour les pointes de crue, les débits moyens journaliers maximums annuels ont été ajustés à une loi Log-normale (annexe II.22). Les valeurs de fréquences caractéristiques (tab.II.14) sont proches de celles relatives aux pointes de crue. Elles représentent 85 à 92% des débits de pointe à Mognéville et 93 à 100% (crue centennale) à Fains-les-Sources. La variabilité plus importante des débits moyens journaliers maximums explique le dépassement des valeurs fréquentielles des pointes de crue au-delà de la fréquence centennale. Pour les fréquences extrêmes, il semble que l'utilisation des débits moyens journaliers n'est pas souhaitable.

2. Les débits moyens journaliers maximums mensuels.

La constitution de l'échantillon a été menée de même manière que les débits de pointe de crue (fig.II.20). Le point d'inflexion significatif d'un changement du type d'écoulement s'effectue également au niveau du double du module. Ainsi, l'étude statistique porte respectivement sur 113 et 109 valeurs à Mognéville et Fains-les-Sources.

Les paramètres statistiques (moyenne, écart-type et coefficient de variation) sont très proches de ceux des pointes de crues mensuelles triées (tab.II.15). La détermination des débits de fréquences caractéristiques pose également le problème de récurrence exprimée en année. On peut toutefois proposer la probabilité de dépassement de certains débits de crue (tab.II.16).

Il est possible d'exprimer cette probabilité en durée de récurrence en année à partir de la formule suivante:

tab. II.13 Débits moyens journaliers maximums annuels à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-1990)

	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
Moyenne : en m ³ /s en l/s/km ²	31.12 65	68.95 85
Ecart-type	12.56	27.72
Coefficient de variation en %	32	40
Maximum en m ³ /s	67.80	115.00
Minimum en m ³ /s	20.65	31.50
Coefficient d'immodération	3.28	3.65

tab. II.14 Débits moyens journaliers maximums annuels fréquentiels à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-1990)

Fréquences	Durée de retour	Couvonges-Mognéville Q en m ³ /s	Fains-les-Sources Q en m ³ /s
F 0.99	100 ans	99.02	237.43
F 0.98	50 ans	71.43	152.57
F 0.9	10 ans	55.96	109.77
F 0.8	5 ans	48.67	90.91
F 0.5	2 ans	37.29	63.42

tab. II.15 Débits moyens journaliers maximums mensuels triés à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-1990)

	Couvonges-Mognéville	Fains-les-Sources
Moyenne : en m ³ /s en l/s/km ²	26.54 56	43.48 53
Ecart-type	0.95	2.43
Coefficient de variation en %	3.6	5.6
Maximum en m ³ /s	67.800	114.999
Minimum en m ³ /s	15.600	21.199
Coefficient d'immodération	4.36	5.42

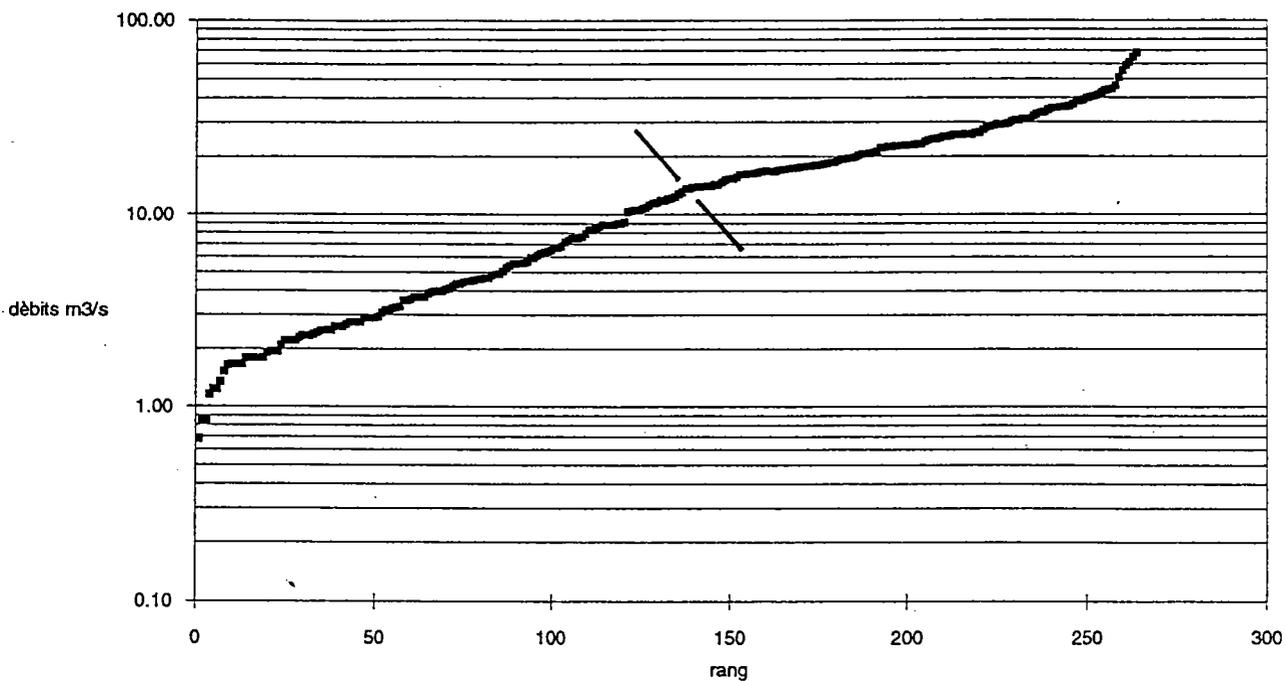
tab. II.16 Débits moyens journaliers maximums mensuels triés fréquentiels à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-1990)

Fréquences	Couvonges-Mognéville Q en m ³ /s	Fains-les-Sources Q en m ³ /s
F 0.99	67.50	160.69
F 0.98	59.04	113.02
F 0.9	41.29	74.41
F 0.8	34.27	59.51
F 0.5	24.91	40.17

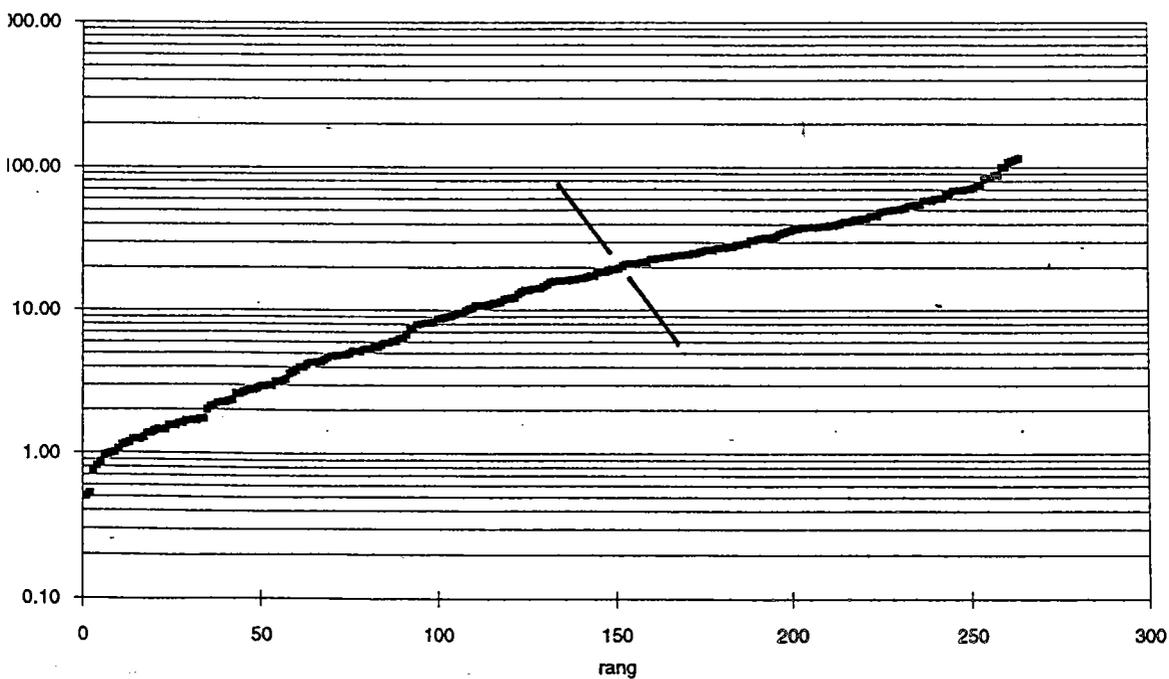
fig II.20

**Courbe des débits journaliers maximum mensuels classés
à Mognéville et à Fains les Sources**

station de Couvonges



station de Fains



$$Dr = N/(F-1)*(12n)$$

avec

Dr: durée de récurrence en année

N : effectif total

F : fréquence

n : effectif sélectionné

"Cette formule ne peut servir qu'à donner des ordres de grandeur pour les durées de retour à des fins de comparaison avec des maximums annuels" (CEGUM, DDE Meuse, 1992).

L'étude des crues à Mognéville et Fains-les-Sources à partir de données annuelles montre d'une part la "médiocrité" des crues de la Saulx et de l'Ornain (rendements faibles) et d'autre part le caractère essentiellement hivernal des épisodes de crue.

Cependant, les deux crues centennales de 1983 montrent qu'en utilisant un seul débit de crue par an, on risque de négliger un épisode de crue exceptionnel. C'est pourquoi, en sélectionnant une valeur par mois, on prend en compte tous les débits de crue, qu'il convient de trier de manière à ne conserver que les valeurs significatives d'un écoulement de crue (débits supérieurs au double du module).

Forts de données suffisamment nombreuses, nous pouvons ainsi mieux caractériser les débits de crue aux deux stations hydrométriques.

Comparée à l'Ornain, la plus grande régularité des débits de crue de la Saulx confère à celle-ci lors des crues exceptionnelles des débits spécifiques plus faibles, mais pour des crues moyennes (fréquence biennale) les débits spécifiques des deux stations sont identiques. Cette pondération illustre l'importance des "crues de nappe" sur la Saulx. Les débits enregistrés aux stations sont la résultante à la fois de l'écoulement de crue (ruissellement) et des gonflements synchrones des écoulements souterrains. Le soutien de la nappe portlandienne saturée tempère le régime des débits de crue.

Le rôle du karst apparaît fondamental dans la construction des débits de crue. Le ruissellement concentré sur les formations du Crétacé nourrit la zone d'infiltration de l'aquifère portlandien dont la plupart des exurgences présentent des exutoires de crue (annexe I.12). Ceux-ci se mettent en charge pour évacuer rapidement les eaux alors que les exutoires du système noyé diffusent les apports.

Sur l'Ornain, le ruissellement paraît plus important. La plus grande variabilité des débits de crue est le reflet de la diversité climatique. Le caractère semi-perméable du Kimméridgien (saturation rapide des niveaux calcaires, ruissellement sur les niveaux marneux) et la structure plus hiérarchisée du réseau hydrographique sont plus propices à la concentration de masses d'eau importantes lors des crues exceptionnelles (rendements plus élevés que sur la Saulx).

Les rendements identiques des débits moyens journaliers et instantanés maximums témoignent pourtant d'un étalement plus important de la crue à l'échelle d'une journée. En outre, malgré de meilleures conditions propices au

ruissellement, lors des crues fréquentes les rendements sont identiques à ceux observés sur la Saulx.

L'étude de plusieurs épisodes de crue aux stations hydrométriques nous permettra non seulement de cerner la fiabilité des observations mais également de mieux caractériser les crues de la Saulx et de l'Ornain.

B. TYPOLOGIE DES CRUES AUX STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE REFERENCE.

A défaut de limnigrammes de crues, nous nous contenterons des hydrogrammes réalisés à partir des débits moyens journaliers à Mognéville et à Fains-les-Sources (annexe II.23). La durée relativement longue des épisodes de crue (plus de 30 jours) permet effectivement d'utiliser les débits moyens journaliers sans grande distorsion par rapport aux débits instantanés.

La typologie des crues peut être basée sur plusieurs facteurs: leur cause (pluviale, glaciaire, nivale, artificielle), leur puissance (débit de pointe, volume de crue), et leur évolution (montée, pointe et descente de crue).

Le régime pluvio-évaporal et les modalités d'alimentation de la Saulx et de l'Ornain déterminent des crues d'origine pluviale.

Néanmoins, cette cause unique cache une forte disparité des crues, liée à l'instabilité des types de temps et mise en évidence par l'examen des hydrogrammes de crue (annexes II.23). Ainsi, on peut classer les types de crue selon le flux atmosphérique dominant, ce qui aboutit à la saisonnalisation des crues (E. Gille, 1993).

a. Les crues d'hiver.

Les crues d'hiver, rappelons le, sont non seulement les plus fréquentes (2/3 des cas) mais également les plus complexes.

Elles se caractérisent par plusieurs pointes de crue sur une "intumescence" hivernale des débits. La durée des ondes de crue est relativement courte (moins de 15 jours), mais leur fréquence est élevée d'où une impression générale de longueur. La montée de crue est rapide (de l'ordre de 5 jours) alors que la décrue est plus lente (une dizaine de jours) mais souvent interrompue par une nouvelle onde de crue.

Elles regroupent des crues de puissances variées dont la plus forte en 1982. Les débits de pointe maximums se réalisent préférentiellement au mois de février lorsque la saturation des nappes coïncide avec l'abondance pluviale et les minimums des prélèvements évapotranspiratoires (ruissellement prédominant).

Les crues d'hiver sont caractéristiques de types de temps cycloniques perturbés et pluvio-gènes qui sont liés à la circulation zonale d'ouest des masses d'air (fronts).

En comparant les hydrogrammes de Mognéville et de Fains-les-Sources, les crues d'hiver paraissent laminées sur la Saulx. En effet, comparés à l'Ornain, les écoulements sont moins contrastés. Les pointes de crue correspondent davantage à des gonflements des débits de base qu'à du ruissellement. En phase finale de décrue, les débits de la Saulx sont identiques, voire supérieurs à ceux de l'Ornain ce qui témoigne d'une part d'une recharge importante de la nappe portlandienne et d'autre part d'écoulements souterrains prédominants sur la Saulx. A l'inverse, les contrastes de débits de l'Ornain sont la marque de la variabilité pluviométrique.

b. Les crues d'été.

Les crues d'été sont rares (1972, 1980, 1987) et peu puissantes du fait des prélèvements évapotranspiratoires et de la recharge des aquifères.

Elles s'inscrivent entre deux périodes de tarissement (situation hydrologique d'étiage) et se caractérisent par une seule onde de crue relativement courte ce qui confère à l'hydrogramme une allure pointue.

La montée (moins de 5 jours) ainsi que la décrue (moins de 15 jours) sont rapides mais restent plus lentes que sur les bassins-versants à dominante lithologique imperméable où le retour à des conditions hydrologiques de tarissement s'effectue en 10 à 15 jours (P. Gamez, 1992).

Les contrastes de débits entre l'Ornain et la Saulx sont faibles comparés aux crues d'hiver. Le rapport des débits de pointe de crue est compris entre 1.3 et 1.5 alors qu'en hiver il est supérieur à 2. La crue est plus tardive sur la Saulx avec un décalage d'un jour comparé à l'Ornain ce qui souligne l'allongement du bassin-versant et la structure du réseau hydrographique. Dans le bassin de l'Ornain, les niveaux marneux du Kimméridgien facilitent le ruissellement et le réseau hydrographique favorise une meilleure concomitance des ondes de crue.

Les précipitations estivales largement amputées par les prélèvements évapotranspiratoires, sont peu propices au ruissellement mais nourrissent l'aquifère portlandien par infiltration directe en limite de recouvrement créacé (bassin de la Saulx).

Compte tenu de la situation hydrologique (besoins importants), les écoulements sont davantage caractéristiques d'une vidange du volume d'eau contenu dans le réseau hydrographique que d'un comportement hydrogéologique global.

c. Les crues de printemps.

Les crues de printemps sont rares (1983, 1985, 1989) et d'une forte variabilité. Elles correspondent à des types de temps de retour d'est et sud-ouest lorsque s'affrontent les circulations zonales et méridiennes (pluies d'occlusions). Elles regroupent des crues de puissances très contrastées de

fréquences décennale, biennale et moindre. Si les crues d'avril-mai 1983 sont en Lorraine et en Alsace les plus puissantes sur la période 1969-90, sur la Saulx et l'Ornain ce sont les crues d'hiver (1982, 1990) qui connaissent les débits de pointe de crue maximums. *"La crue de décembre 1982 est la plus importante principalement sur les cours d'eau de l'Ouest de la Meuse, tributaires du bassin de la Seine"* (F. Letouze, 1985). Le bassin de la Saulx-Ornain par sa position occidentale est davantage exposé aux flux d'ouest et est relativement protégé des retours d'est par le massif vosgien. En outre, l'influence de la fonte des neiges est négligeable à la différence des bassins rhénans (Moselle, Meurthe).

Les crues de 1983 sont précédées par un hiver particulièrement pluvieux qui connaît les crues les plus puissantes de la période d'observation (1982). Les nappes sont saturées garantissant de bonnes conditions au ruissellement. Ceci se traduit par des débits plus élevés sur l'Ornain pendant toute la durée de la crue. Les rapports des débits moyens journaliers maximums à Mognéville et à Fains-les-Sources sont supérieurs à 2 alors qu'ils sont compris entre 1.3 et 1.5 en période de crue estivale. Les caractéristiques de forme du bassin-versant et la structure du réseau hydrographique sont ici les facteurs prédominants dans la construction des débits de crue. Néanmoins les importants contrastes de débits observés sur l'Ornain (multiplication des débits par 4 voire 5) traduisent une fois de plus une plus forte sensibilité à l'irrégularité pluviale liée au substratum moins perméable. Sur la Saulx, les contrastes de débits sont effectivement plus faibles (multiplication des débits par 3).

d. Les crues d'automne.

Les crues d'automne affectent la fin des basses-eaux et sont caractéristiques de type de temps de secteur sud-ouest et ouest (1972, 1974, 1981, 1982). Elles ne présentent qu'une seule pointe de crue de courte durée (moins de 20 jours) et de faible puissance (fréquence biennale voire inférieure). A la différence des crues d'été, l'augmentation des débits est moins brutale avec un palier en début de montée de crue significatif de la recharge des réserves aquifères et de la réhydratation des sols. Cependant, en affectant les périodes d'étiages, les crues d'automne présentent d'importants contrastes de débits notamment sur l'Ornain (multiplication des débits par 15). Le rapport des débits moyens journaliers maximums à Mognéville et Fains-les-Sources est supérieur à 2 alors que le rapport de surface des bassins-versants est de 1.7 ce qui témoigne de meilleures conditions propices au ruissellement dans le bassin de l'Ornain.

Le débit d'avant-crue (étiage) ne se réalise qu'avec l'installation d'un type de temps anticyclonique froid (1972) en phase de décrue.

Compte tenu de la situation hydrologique globale (besoins importants) les crues d'automne sont peu puissantes et ne présentent jamais le débit moyen journalier maximum annuel.

La saisonnalisation des crues révèle quatre types d'épisodes caractéristiques de comportements différents des bassins-versants selon la

situation hydrologique. Les facteurs morpho-structuraux et hydrogéologiques sont fondamentaux dans la genèse des crues d'été et d'automne. Par contre, au printemps mais surtout en hiver, ce sont les caractéristiques de formes de l'impluvium et l'organisation spatiale du réseau hydrographique qui président à la formation des écoulements (saturation des nappes, ruissellement).

C. EVOLUTION DES CRUES DANS LE BASSIN-VERSANT.

L'étude de l'évolution des écoulements de crue dans les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain est basée sur l'observation de plusieurs épisodes de crue déroulés de janvier 1992 à mars 1995 aux stations hydrométriques.

Compte tenu de la médiocrité de l'équipement hydrométrique du bassin de l'Ornain, nous ne pouvons pas étudier l'évolution spatiale des écoulements de crue.

A l'inverse, sur la Saulx, les données provenant des stations hydrométriques du CEGUM (la Grange-Allard, Ménil/Saulx, Lavincourt, Saudrupt) ont permis de caractériser l'évolution des débits et des volumes de crue le long du cours de la Saulx.

a. Analyse des hydrogrammes.

Sur la période d'observation nous avons retenu 6 épisodes de crue qui se sont déroulés aux dates suivantes (tab.II.17).

Nous disposons non seulement d'épisodes de crue de fréquences particulièrement faibles (16/2/92, 27/3/92) mais aussi d'épisodes caractéristiques de crue biennale (24/11/92, 14/1/93 et 29/1/95) et décennale (22/12/93).

Ainsi, nous avons pu comparer l'évolution des écoulements de crues "banales" et exceptionnelles. Cependant, nous regrettons de ne pas disposer des hydrogrammes de Mognéville et de Fains-les-Sources pour chaque épisode étudié.

Chaque épisode a été caractérisé par sa fréquence (tab.II.17), la forme de son hydrogramme (annexe II.24) et sa durée.

1. Les épisodes de février et mars 1992.

Les débits de ces deux épisodes sont relativement faibles (tous inférieurs à 26 m³/s à Mognéville); mais nous les avons choisis car ils correspondent à une augmentation brutale des débits et sont significatifs par

tab. II.17**DEBITS DE POINTE ET FREQUENCES DES CRUES OBSERVES A MOGNEVILLE**

Dates	16/02/1992	27/03/1992	24/1192	14/01/1993	22/12/1993	29/01/1995
débit m3/s	18	25.4	39.4	43.3	>60	>45
débit l/s/km ²	38	53	83	91	157	112
fréquence%	0.2	3	39	52	>90	>50

DEBITS DE POINTE DES CRUES OBSERVES (m3/s)

Dates	16/02/1992	27/03/1992	24/1192	14/01/1993	22/12/1993	29/01/1995
la Grange-Allard			13.98	15.13	13.51	13.35
Ménil/Saulx	4.23	5.86	12.53	15.45	23.28	16.34
Lavincourt	6.26	8.81	17.99	24.03	45.06	25.88
Saudrupt	14.24	23.40	30.05	41.31	60.07	44.47
Mognéville	17.95	24.42	39.38	43.34		

tab. II.18**VOLUMES DE CRUE OBSERVES (hm3)**

Dates	16/02/1992	27/03/1992	24/1192	14/01/1993	22/12/1993	29/01/1995
la Grange-Allard				8.50	18.09	7.95
Ménil/Saulx	4.47	5.79			19.33	9.54
Lavincourt	5.98	9.01	20.00	12.57	36.59	15.35
Saudrupt	10.49	20.19	37.51		94.27	30.93
Mognéville	16.08	24.84	64.13	32.79		

tab. II.19**RAPPORTS DEBIT DE POINTE/VOLUME DE CRUE**

Dates	16/02/1992	27/03/1992	24/1192	14/01/1993	22/12/1993	29/01/1995
la Grange-Allard				1.78	0.75	1.68
Ménil/Saulx	0.95	1.01			1.20	1.71
Lavincourt	1.05	0.98	0.90	1.91	1.23	1.69
Saudrupt	1.36	1.16	0.80		0.64	1.44
Mognéville	1.12	1.02	0.61	1.32		

leurs apparitions fréquentes. Ces crues peuvent être qualifiées de "gonflements" des débits caractéristiques de situations de hautes-eaux.

Leurs hydrogrammes respectifs (annexe II.24) présentent la même évolution avec une pointe de crue principale qui suit un petit gonflement des débits environ dix jours avant.

La durée de ces épisodes est relativement longue (environ 30 jours) avec une montée de crue qui correspond grosso modo au tiers de la durée totale.

En comparant les hydrogrammes des différentes stations, il apparaît qu'en phase de décrue, la décroissance des débits est plus rapide dans le bassin supérieur de la Saulx (Ménil/Saulx, Lavincourt) que dans la partie inférieure (Saudrupt, Mognéville). En effet, les hydrogrammes de Mognéville et de Saudrupt sont plus étalés; on retrouve le débit d'avant-crue plus de quatre jours plus tard par rapport aux stations hydrométrique de l'amont.

2. Les épisodes de novembre et janvier.

Pour ces trois épisodes de crues, les débits de pointe sont relativement élevés puisqu'ils correspondent à des débits instantanés annuels de fréquence 0.5. Ils sont donc significatifs des écoulements de crue "modale" du bassin-versant de la Saulx.

L'allure des hydrogrammes est très différente d'une crue à l'autre (annexe II.24).

Les deux crues de janvier sont des crues simples avec une seule pointe évidente. Leur durée est relativement courte de 20 à 30 jours.

La crue de novembre est particulièrement complexe avec une durée totale très longue (63 jours). Elle débute par une petite augmentation de débit à laquelle succède la pointe principale. Pour les stations situées en amont (de la Grange-Allard à Lavincourt) les hydrogrammes sont plus complexes et décrivent une succession de pointes étalées sur une vingtaine de jours. Par contre, à Saudrupt et à Mognéville, la concentration des écoulements est plus marquée avec une phase de décrue plus lente.

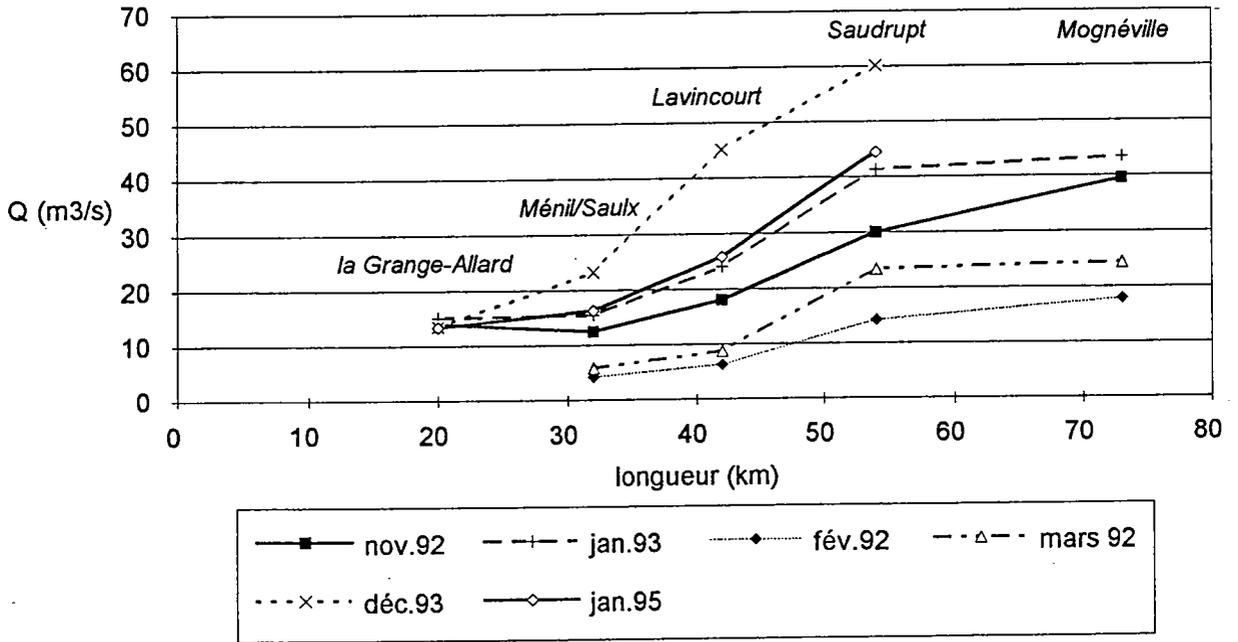
3. La crue de décembre 1994.

La crue de décembre 1994 est la plus puissante de la période d'observation avec une durée de récurrence de plus de 10 ans. A la différence des autres épisodes, cette crue détermine de nombreux débordements observés sur le terrain et voit la mise en charge de l'Orge, principal affluent intermittent de la Saulx.

Son hydrogramme présente deux pointes mieux dessinées sur le tronçon inférieur (Lavincourt, Saudrupt) qu'à la Grange-Allard et à Ménil/Saulx.

fig. II.21

**PROFILS DES DEBITS DE POINTE DE CRUE AUX STATIONS
HYDROMETRIQUES DE LA SAULX**



**PROFILS DES DEBITS DE POINTE DE CRUE AUX STATIONS
HYDROMETRIQUES DE LA SAULX**

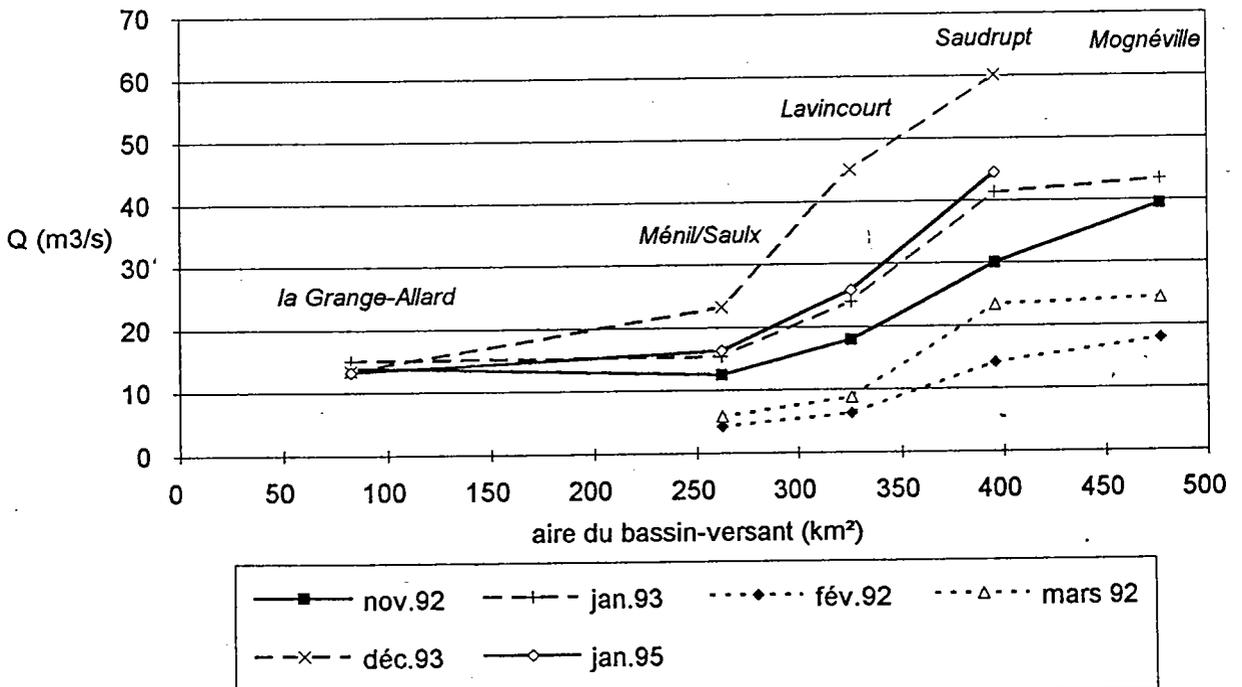
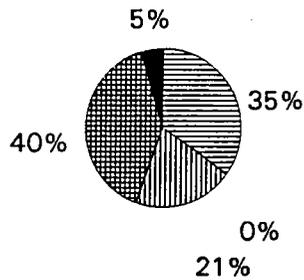
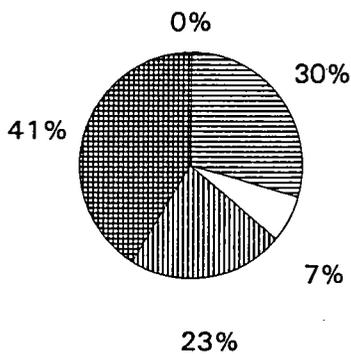


fig. II.22

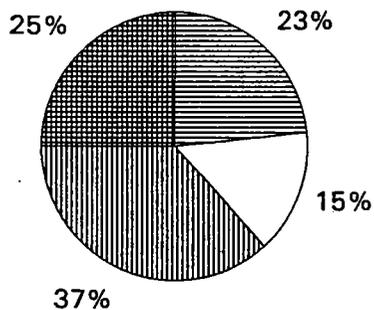
**PART DES BASSINS-VERSANTS DANS LE DEBIT DE POINTE DE
CRUE A MOGNEVILLE
CRUE DE JANVIER 1993**



CRUE DE JANVIER 1995



CRUE DE DECEMBRE 1993



En somme, à l'aval les hydrogrammes sont massifs et ramassés à la différence de l'amont où ils sont complexes avec de multiples petites pointes.

On peut associer la forme des hydrogrammes aux modalités d'alimentation du cours d'eau.

Les hydrogrammes de crue des stations hydrométriques installées le long de la Saulx témoignent d'une alimentation exclusivement pluviale dans la partie supérieure du bassin-versant. A l'inverse, à l'aval de Lavincourt l'influence des circulations souterraines est très sensible avec un gonflement remarquable des débits (crue de "nappe") que nous caractérisons avec les profils hydrologiques de pointe et de volume de crue.

b. Profils hydrologiques de crue.

Pour caractériser la variation spatiale de l'abondance des six épisodes de crue observés, nous avons représenté les profils hydrologiques des débits de pointe et des volumes de crue aux stations hydrométriques.

1. Les profils hydrologiques des pointes de crue.

En général l'augmentation des débits de pointe de crue évolue corrélativement aux surfaces de l'impluvium selon une loi de proportionnalité (Letouze F., 1985). Pourtant, quelle que soit la crue considérée, les profils hydrologiques s'organisent en trois segments, chacun étant caractéristique de conditions d'écoulement (fig.II.21).

De la Grange-Allard à Ménil/Saulx, les débits augmentent à peine, voire diminuent légèrement. Cette partie du bassin-versant participe faiblement à la construction des écoulements de crue puisqu'elle constitue moins de 7% du débit observé à Mognéville alors qu'elle correspond à 13% de la surface de l'impluvium (fig.II.22). Ceci s'observe plus particulièrement pour les crues de faible à moyenne puissance. En effet, pour la crue de décembre 1993 on observe une nette augmentation des débits de pointe de crue que l'on peut attribuer à l'Orge.

Par contre, de Ménil/Saulx à Saudrupt et plus particulièrement à l'aval de Lavincourt, les débits augmentent brutalement. Cette petite partie du bassin-versant (28% de la surface) constitue à elle seule plus de 60% des écoulements de crue observés à Mognéville.

De Saudrupt à Mognéville, les débits augmentent faiblement. Ce tronçon ne constitue que 5% du débit de pointe de la crue de janvier 1993. C'est un tronçon de transit.

Les profils hydrologiques réalisés avec les volumes de crue confirment

l'évolution des débits de pointe.

2. Les profils hydrologiques de volumes de crue.

Les volumes de crue ont été déterminés à partir de l'hydrogramme (fig.II.23). Il s'agit du volume d'eau correspondant uniquement au ruissellement soit la quantité d'eau totale à laquelle nous avons soustrait le débit de base.

Si le début de la crue est facilement identifiable par l'augmentation brutale des débits (A), la fin de la crue est plus difficile à déterminer car située entre les phases de ressuyage (B) et de décrue. La séparation des écoulements consiste à tracer une droite entre les points A et B. L'aire comprise entre cette droite et les contours de l'hydrogramme représente le volume d'eau ruisselé pendant la crue.

L'allure des profils hydrologiques des volumes rappelle celle des profils de pointes de crue avec plusieurs segments bien différenciés (fig.II.24).

Néanmoins, pour des valeurs de pointes de crue relativement proches, les volumes ruisselés diffèrent de manière importante. Il n'y a donc pas de relation directe entre les pointes de crue et les volumes, car ces derniers intègrent la durée et la forme de l'hydrogramme.

3. Interprétation des profils hydrologiques de crue.

En amont de la Grange-Allard, le bassin est constitué pour moitié des marnes et marno-calcaires kimméridgiens de l'Ornois propices au ruissellement. La pente forte du cours d'eau (4.3%) inhérente à la situation amont et l'organisation du réseau hydrographique expliquent les débits spécifiques élevés de ce tronçon. Ce dernier constitue environ 30% de l'écoulement de crue observé à Mognéville alors qu'il représente 17% de la surface de l'impluvium.

Entre la Grange-Allard et Ménil/Saulx, la Saulx draine le synclinal de Treveray qui affecte les calcaires du Portlandien. La stagnation des volumes et des débits de pointes de crue témoigne de pertes importantes de la Saulx vers la nappe des calcaires de Dommartin située en contrebas du cours d'eau. La mise en charge de l'Orge au niveau de sa confluence avec la Saulx en période de crue exceptionnelle correspond à un gonflement de la nappe des Calcaires Cariés et Tachetés dont le mur est représenté par l'Oolithe de Bure. La traversée du synclinal de Treveray correspond à une zone d'infiltration.

En aval de Ménil/Saulx, la Saulx coule sur le flanc sud de l'anticlinal de Bar-le-Duc et recoupe la nappe des calcaires portlandiens dont le mur est constitué par la Pierre Châline. La mise en charge des exurgences de trop-plein entre Lavincourt et Saudrupt participe à l'augmentation importante des débits dans ce secteur pourtant pauvre en affluents. Ceci se traduit par de forts

fig. II.23

METHODE DE SEPARATION DES ECOULEMENTS

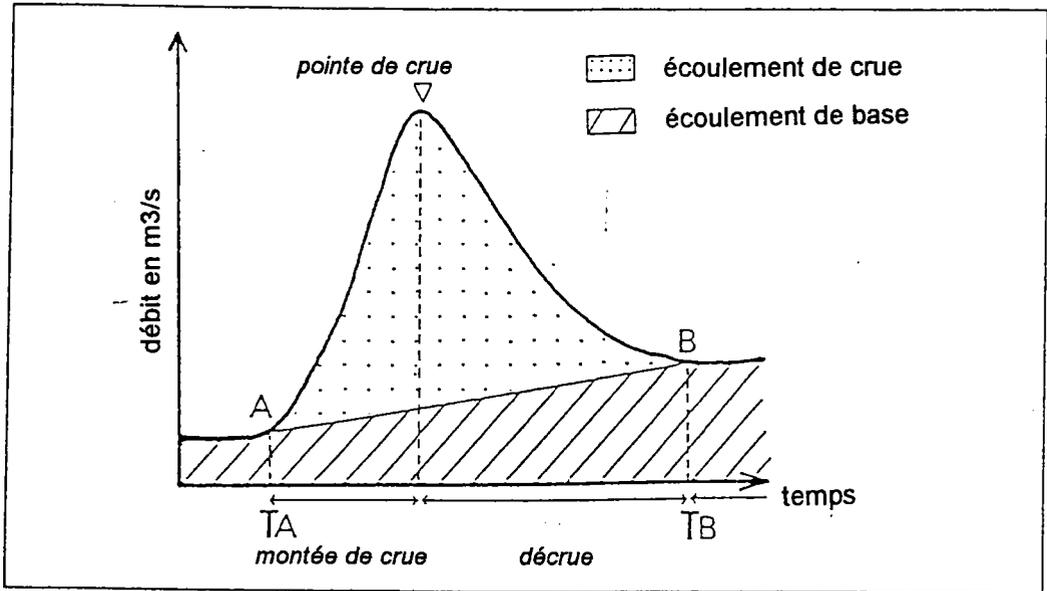
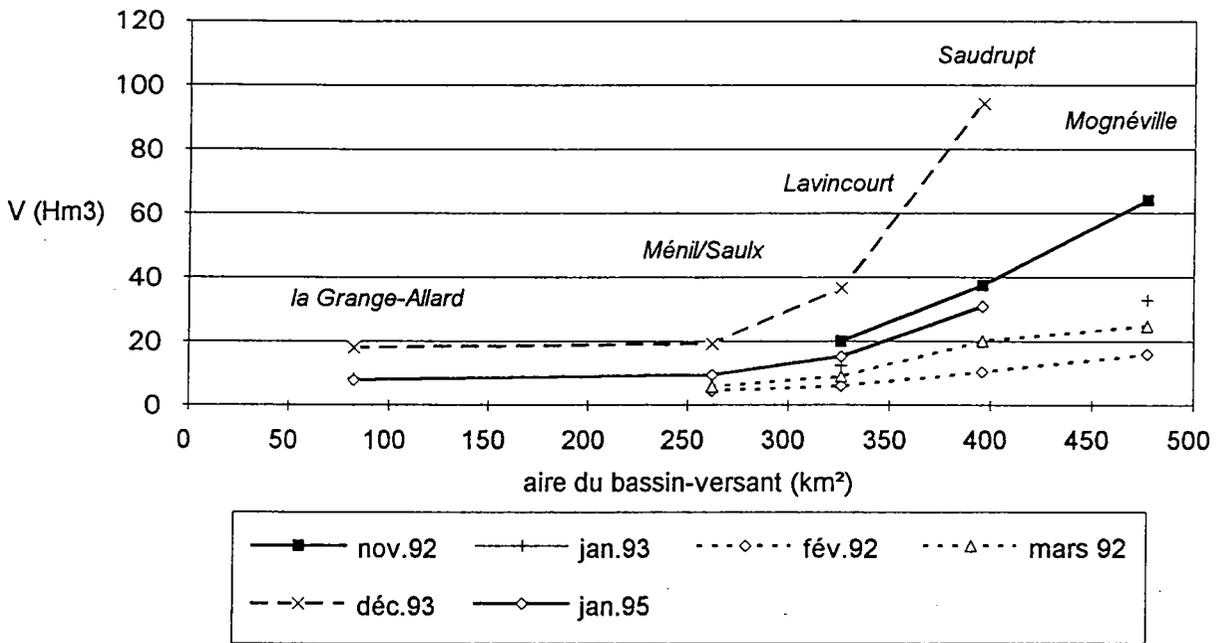
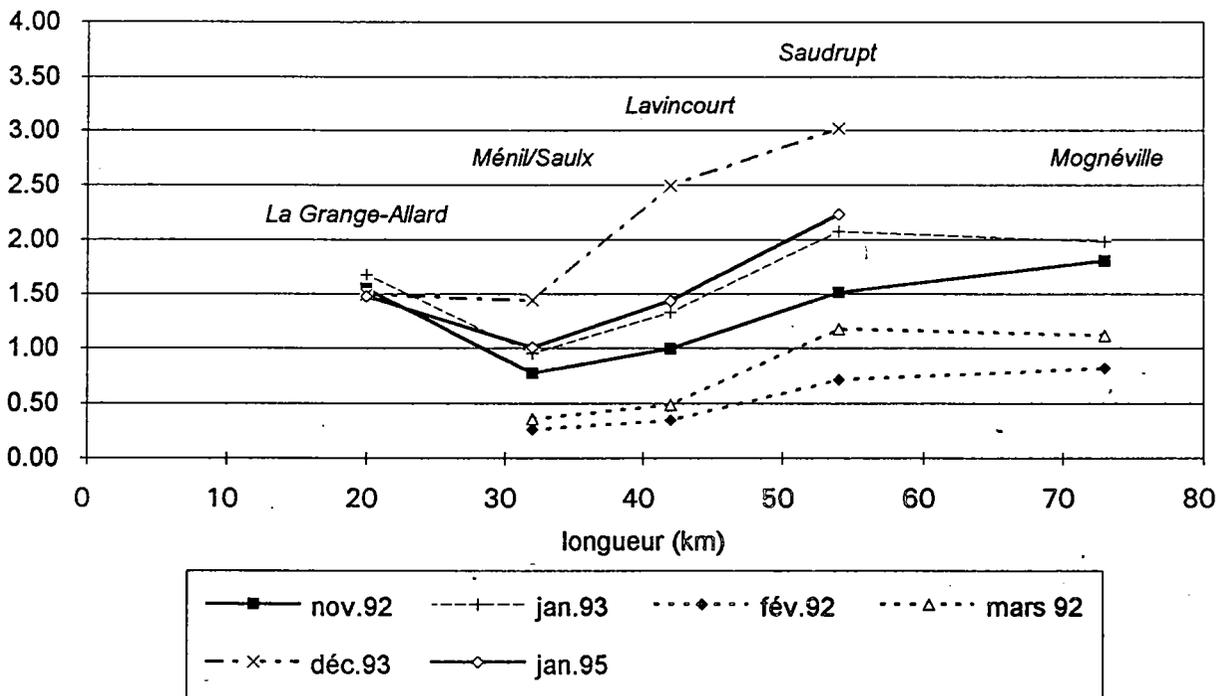


fig. II.24

PROFILS DES VOLUMES DE CRUE AUX STATIONS
HYDROMETRIQUES DE LA SAULX



EVOLUTION DU COEFFICIENT DE MYER-COUTAGNE AUX
STATIONS HYDROMETRIQUES DE LA SAULX



rendements illustrés par des coefficients de Myer-Coutagne proches de 2 (fig.II.24). Les écoulements de crue de ce secteur sont donc essentiellement représentés par un gonflement des débits (crue de nappe). La Saulx recoupe la zone noyée en permanence de l'aquifère karstique des Calcaires de Dommartin.

En aval de Saudrupt, les débits et les volumes de crue augmentent mais dans des proportions moindres. Dans cette partie du bassin-versant l'étalement de la crue témoigne du soutien des débits par la nappe portlandienne. En effet, les rapports "débit de pointe (m³/s)/volume de crue (hm³)" sont plus faibles dans la partie inférieure qu'à l'amont où les crues sont plus concentrées et plus complexes car essentiellement générées par le ruissellement (tab.II.19).

L'étude des crues aux stations hydrométriques de la Saulx montre le rôle fondamental des écoulements souterrains dans la construction des débits observés à Mognéville. Le bilan hydrologique des bassins-versants aux stations hydrométriques permet de mieux connaître ces circulations.

TROISIEME CHAPITRE : BILAN HYDROLOGIQUE DU BASSIN-VERSANT.

L'étude hydrologique de la Saulx et de l'Ornain aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources a montré le rôle important du substratum dans le cycle de l'eau. En effet, malgré des conditions climatiques identiques, les deux bassins-versants présentent des comportements hydrologiques bien différenciés. La Saulx se caractérise par des écoulements peu contrastés et soutenus par la nappe principale des calcaires portlandiens (Calcaires de Dommartin). A l'inverse, l'Ornain connaît des débits plus contrastés avec des crues puissantes et des étiages sévères. Ces comportements différents s'expliquent par les modalités de circulations de l'eau dans les bassins-versants, qui sont déterminées par les conditions structurales et hydrogéologiques. L'étude du bilan de l'eau de chaque bassin permet de quantifier chaque terme de l'équation fondamentale du cycle de l'eau (fig.II.25).

$$Q_t = Q_b + Q_r = P - ETR + ou - (Q_p + W_r)$$

avec

Qt: débit total mesuré

Qb: débit de base

Qr: débit de ruissellement

P: précipitations

ETR: évapotranspiration réelle

Qp: écoulements souterrains extra-bassins

Wr: variation des réserves aquifères.

Le bilan hydrologique schématisé et simplifié (fig.II.25) comporte donc plusieurs termes principaux.

I. LES TERMES DU BILAN DE L'EAU ET LES METHODES UTILISEES.

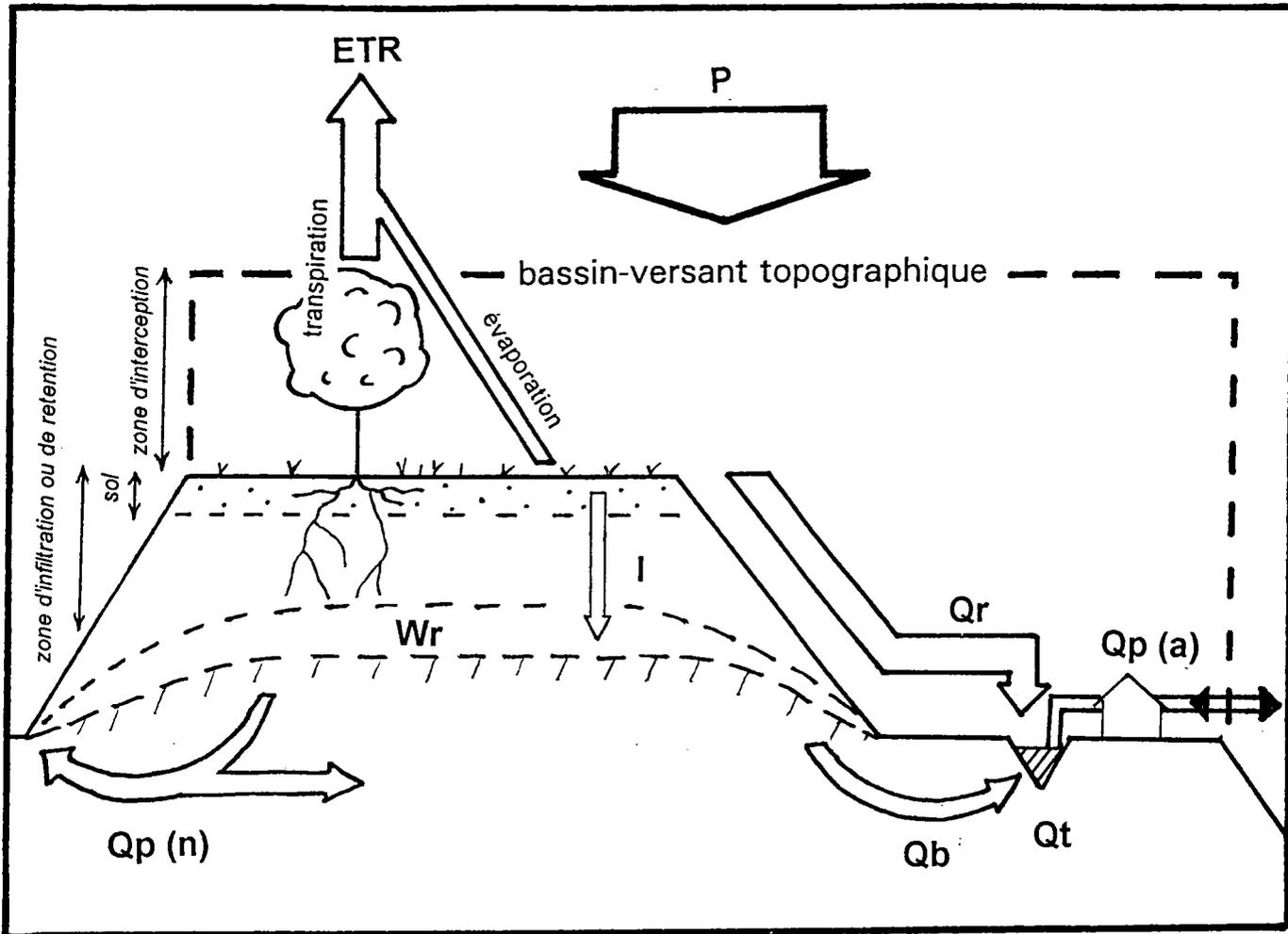
A. LES TERMES DU BILAN.

Les précipitations (P) tombées dans l'impluvium peuvent être déterminées à partir de plusieurs méthodes (Thiessen, isohyètes, modèle pluviométrique, poste représentatif). Compte tenu de l'homogénéité spatiale des précipitations dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (dôme pluviométrique du Barrois), la méthode de Thiessen a été choisie (cf 2ème partie). Les précipitations affectent dans un premier temps la zone d'interception (couvert végétal, surface du sol) soumise à l'évaporation directe.

L'évapotranspiration réelle (ETR) à défaut de mesures, peut-être calculée à partir des températures (ETR de Turc, de Coutagne) ou de

fig. II.25

SCHEMA DU BILAN DE L'EAU D'UN BASSIN-VERSANT DE TYPE KARSTIQUE



- P précipitations
- ETR évapo-transpiration
- Qb débit de base
- Qr débit de ruissellement
- Qt débit total
- Qp (n) écoulements souterrains extra-bassins
- Qp (a) débit perdu par action anthropique
- I infiltrations
- Wr variations des réserves souterraines
- frange capillaire, surface piézométrique
- ▨ zone noyée

l'évapotranspiration potentielle (ETP de Thornthwaite). Elle regroupe l'évaporation directe (de la zone d'interception et d'aération) et la transpiration par les végétaux, ici essentiellement représentés par la forêt et les céréales. Sur substratum imperméable, l'ETR est assimilée au déficit d'écoulement ($P - Q_t$) alors qu'en pays calcaire, ce dernier regroupe les prélèvements évapotranspiratoires et les infiltrations extra-bassins qui ne profitent pas au cours d'eau.

La pluie excédentaire ($P - ETR$) ou surplus hydrique participe au ruissellement et à l'alimentation en eau du sol qui contient la réserve facilement utilisable par les plantes (RFU). Une partie du ruissellement et de l'eau du sol transitent dans la zone d'infiltration ou de rétention par les pertes localisées et par égouttage vertical. Ces infiltrations nourrissent la zone noyée dont la surface piézométrique (frange capillaire) est encore affectée par les prélèvements transpiratoires. Les écoulements des cours d'eau (Q_t) sont alors assurés par vidange des aquifères (Q_b) et par ruissellement (Q_r).

Compte tenu de l'épaisseur et du type de sols rencontrés dans le bassin (cf 1ère partie) la RFU est fixée à 50 mm. La RFU correspond à la réserve d'eau superficielle (horizons pédologiques) que les plantes peuvent utiliser par tension osmotique; elle subit également les prélèvements évaporatoires. Les débits de nappe ou de base (Q_b) alimentés par les infiltrations (I) dépendent de la perméabilité du substratum et des conditions structurales (cf 1ère partie). Ils sont déterminés à partir de plusieurs méthodes explicitées ci-dessous. Les débits de ruissellement ($Q_r = Q_t - Q_b$) correspondent aux débits totaux mesurés (Q_t) auxquels ont été soustraits les débits de base (Q_b).

Les variations des volumes d'eau retenus (W_r) par les réserves souterraines ou les réservoirs sont considérées comme négligeables sur une période longue (1969-90) et dans des bassins dénués de réservoirs artificiels de grande taille.

Ailleurs que dans les pays calcaires, l'impluvium topographique est assimilé au bassin d'alimentation d'un cours d'eau et la pluie utile correspond à la lame d'eau écoulée. Mais en pays calcaire, le caractère perméable et karstique du substratum détermine des circulations souterraines extra-bassins annihilant ainsi l'adéquation entre impluvium et bassin d'alimentation. Les gains ou pertes de débit inhérents à ces circulations souterraines (Q_p) sont calculés à partir de la pluie utile (P_u) et des débits mesurés ($Q_p = P_u - Q_t$). Les activités humaines participent également au bilan de l'eau par les nombreux prélèvements et transferts d'eau vers les bassins voisins via les canaux de navigation (Q_{pa}).

La multiplicité des termes du bilan hydrologique et le nombre limité de mesures nous obligent à utiliser plusieurs méthodes de calcul afin de cerner et de quantifier les différentes composantes du bilan comme les débits de base.

B. LES METHODES DE DETERMINATION DU DEBIT DE BASE.

Le bilan de l'eau intègre les débits de base qui sont caractéristiques d'écoulement de nappe. Les méthodes classiques de séparation des écoulements sont nombreuses mais de conditions d'utilisations inégales.

a. Méthodes de l'hydrogramme.

Les techniques de séparation des diverses composantes de l'hydrogramme (H. Schoeller, 1962, P. Dubreuil, 1974, G. Rémériéras, 1986) pèchent par leur lourdeur et leurs approximations. La méthode de l'hydrogramme unitaire (Sherman, 1932) pose le problème de la caractérisation d'un hydrogramme représentatif du comportement moyen du cours d'eau (construction de l'hydrogramme unitaire à partir de plusieurs hydrogrammes). Compte tenu de ces remarques, les méthodes de l'hydrogramme n'ont pas été utilisées sur la Saulx et l'Ornain.

b. Méthode de la loi de tarissement de Maillet.

La méthode de Maillet a été utilisée sur la Loire par M. Dacharry (1974) afin de déterminer les débits de base annuels ou pluri-annuels sur des chroniques de débits moyens journaliers. Le modèle de Maillet suit la loi de Darcy qui détermine la perméabilité et la transmissivité de l'aquifère en milieux poreux "*qui se vide de son eau intersticielle par une paroi latérale perforée*" (J.Larras, 1972). La vidange d'un aquifère est, selon cette loi, de type exponentiel et proportionnelle à la charge hydraulique. Cette loi s'écrit:

$$Q = Q_0.e^{-at}$$

où Q_0 correspond au débit du cours d'eau au début du tarissement et a au coefficient de tarissement proportionnel à la transmissivité de l'aquifère mais inversement proportionnel à la capacité d'emmagasinement (B. Collignon, 1988). Le coefficient de tarissement permet non seulement de caractériser la vidange des nappes par un seul chiffre, ce qui permet la comparaison entre plusieurs cours d'eau mais permet également de déterminer le volume W_0 emmagasiné dans le réservoir à l'instant t_0 que l'on peut traduire en lame d'eau (G. Castany, 1967). On peut ainsi calculer l'état des réserves souterraines en fin de cycle hydrologique. "*Le régime est donc d'autant plus régulier, plus constant que a est petit*" (R. Lambert, 1995). La traduction pratique de ce coefficient peut s'exprimer par le temps nécessaire T_j (en jours) pour que le débit soit diminué de moitié. T_j s'écrit alors de la forme suivante:

$$T_j = 0.693/a$$

Tj illustre en fait le besoin de traduire le coefficient de tarissement par une réalité hydrologique. Le fondement de l'équation de Maillet repose sur la détermination graphique de ce coefficient.

Dans cette équation, e étant constant, on peut alors écrire:

$Q = Q_0.k$ avec k coefficient de décroissance des débits

D'après l'esprit du modèle de Maillet:

$$Q_x = (Wt_0.t_x^{-1}).k$$

et

$$Wt_0.Wt_x^{-1} = Wt_0.t_x^{-1} - Q_x$$

donc

$$Wt_0 = (1-k).t_x = Wt_0 t_x^{-1}$$

et

$$Q_x = (1-k).Q_x^{-1}$$

avec 1-k coefficient de vidange de

nappe.

Le coefficient de vidange de nappe ainsi calculé peut s'appliquer sur des pas de temps journaliers ou mensuels.

Le coefficient de tarissement de Maillet (1905) caractérise la décroissance des débits qui correspond, en régime non influencé à l'assèchement des réserves du bassin-versant. L'application stricte de la formule (loi exponentielle décroissante), originellement adaptée aux sources de nappe homogène (J. Boussinesq, 1903), aux hydrogrammes des cours d'eau pose le problème d'interprétation et de représentativité du coefficient de tarissement. En effet, celui-ci intègre non seulement la vidange de multiples aquifères mais également celle du réseau hydrographique.

L'application de cette loi en milieu calcaire soulève le problème du caractère hétérogène et anisotrope de l'aquifère karstique (J. Forkasiewicz, H. Paloc, 1967). En effet, à l'échelle de l'événement hydrologique, les écoulements ne suivent pas une loi de Darcy, théoriquement adaptée aux milieux poreux. La détermination graphique du coefficient de tarissement à l'échelle annuelle se heurte donc à la représentativité de l'événement hydrologique et à l'étagement des écoulements souterrains (A. Mangin, 1974) dans l'aquifère karstique (zone saturée, zone de battement piézométrique ou épinoyée, zone d'infiltration, zone épikarstique).

"En fait, c'est le comportement global d'un grand système karstique qui répond assez bien au modèle, en intégrant les écoulements dans toute une série de conduits" (B. Collignon, 1988). L'application du modèle de Maillet à l'échelle mensuelle sur une longue période d'observations permet de caractériser un comportement global des réserves du bassin-versant en régime non influencé. Seule l'étude du décroissement des débits moyens mensuels de base permet de caractériser le comportement hydrodynamique global des réserves du bassin-versant.

c. Méthode du bilan hydrologique.

La méthode du bilan hydrologique adaptée par E. Gille utilise le bilan hydrique de Thornthwaite et peut être explicitée par l'algorithme ci-joint (annexe II.25).

La décroissance de la RFU est de type géométrique en fonction du déficit pluviométrique cumulé, ce qui *"reflète l'effort d'autant plus important nécessaire pour assécher cette tranche hypodermique"* (S. Lebaut, 1995). Lorsque la RFU est épuisée, la végétation cesse son activité transpiratoire (seuil de flétrissement).

L'évapotranspiration potentielle est calculée par la formule de Thornthwaite. Le principe du bilan hydrologique adapté par E. Gille repose sur l'adéquation entre débits mesurés et débits calculés. Ces derniers sont fonction du coefficient mensuel de ruissellement et du coefficient de vidange de nappe qui déterminent respectivement les précipitations utiles et les débits de base. L'expérience nous conduit à utiliser des coefficients de ruissellement compris entre 5% (l'été) et 35% (l'hiver). Les coefficients de vidange de nappe de 21% sur la Saulx et de 29% sur l'Ornain ont été calculés à partir de l'équation de Maillet avec les débits moyens mensuels des 4 mois consécutifs les plus bas de l'année (de juin à septembre). Il faut, dans un premier temps, déterminer le coefficient de décroissance des débits (k) puis ensuite calculer un coefficient de vidange de nappe ($1-k$) compatible avec l'équation de Maillet.

Ce type de bilan hydrologique détermine un débit calculé, qui, comparé au débit mesuré, permet de caractériser les transferts et prélèvements d'eau naturels ou artificiels dans le bassin-versant.

d. Méthode de séparation des écoulements (CEGUM)

La méthode de séparation des écoulements du CEGUM (P. Gamez, J.F. Zumstein, 1993) repose sur l'étude des débits moyens journaliers classés au pas de temps mensuel sur une période pluriannuelle. En 1971, A. Mangin propose une méthode de répartition des débits moyens journaliers d'exutoires karstiques à partir d'une loi de Laplace (A. Mangin, 1974). Cette méthode est modifiée par C. Pasquier (C. Pasquier, 1975) et par J. Salado, J. Le Roux, F. Letouze et C. Thomas (1976) qui l'appliquent sur des cours d'eau lorrains. Ils remarquaient que *"les débits classés forts seraient plutôt liés au fonctionnement du bassin-versant superficiel, alors que les débits faibles seraient liés à l'aquifère"*. Mais ce traitement n'était encore que qualitatif et ne permettait pas de déterminer les apports des aquifères calcaires. Il faut attendre P. Gamez en 1992 pour proposer une méthode de séparation du ruissellement et de l'écoulement de base avec les débits moyens journaliers classés. Mais son application repose sur un tracé à l'estime d'une droite passant au niveau des débits les plus faibles, ce qui laissait au chercheur une grande part d'incertitude. La principale difficulté dans l'étude des courbes de débits classés est d'une part d'interpréter les cassures qui déterminent des changements des conditions d'alimentation et d'autre part, d'appuyer la

réflexion sur une méthode automatique reproductible.

La méthode de séparation des écoulements du CEGUM permet de décomposer les débits totaux d'un cours d'eau en débit de base et débit de ruissellement. Selon les auteurs, le débit de ruissellement regroupe tout écoulement lié à une précipitation (apports directs, rapides et ressuyage des formations superficielles) alors que les débits de base correspondent uniquement à la vidange des réserves du bassin-versant.

La méthode statistique s'applique sur une période d'observation suffisamment longue et repose sur les effectifs de chaque classe de débit moyen journalier classé au pas de temps mensuel. A chaque classe, on affecte la fréquence cumulée de Gumbel calculée de la manière suivante:

$$F = n/(N+1)$$

où :

n: rang cumulé de la classe

N: effectif total

On dresse pour chaque mois des courbes sur papier log-log (annexe II.26), en portant:

- en abscisse, les pourcentages cumulés de l'effectif par classe (Nj%)

- en ordonnées, les valeurs des débits moyens journaliers classés par ordre croissant.

Les débits inférieurs au mode déterminé à partir d'une loi de Gumbel ou de Fréchet s'alignent, caractérisant une courbe de vidange mensuelle. La régression linéaire $\text{Log}(Q_j)$ en fonction de $\text{Log}(N_j\%)$, pour toutes les valeurs inférieures au mode, permet d'établir une équation de droite représentative d'une vidange de nappe, permettant de déterminer les débits de base moyens ($N_j\%=50\%$) et maximums ($N_j\%=100\%$). La différence entre les débits totaux et les débits de base correspond au ruissellement.

La détermination des débits de base repose donc essentiellement sur le choix d'une valeur significative de changements de conditions d'alimentation. Cette valeur peut être déterminée graphiquement, à l'estime, à partir de la portion de courbe correspondant aux plus faibles débits (P. Gamez, 1992). Lors des mois de faible pluviosité, le mode correspond bien au débit vers lequel les écoulements tendent après chaque épisode pluviométrique. Il correspond donc ici à la séparation ruissellement-écoulement de nappe. Par contre, lors des mois à forte pluviosité, le mode est influencé par le poids des précipitations et du ressuyage, et ne correspond pas systématiquement à un changement des conditions d'alimentation. Cependant, en général, il se confond ou est proche des cassures représentatives de changements de modalités d'alimentation du cours d'eau.

La détermination statistique du mode soulève le problème du choix de l'ajustement correspondant à la distribution des débits moyens journaliers pour chaque mois. Compte tenu de sa dissymétrie fortement biaisée à droite, les débits moyens journaliers s'ajustent généralement à une loi de Gumbel ou de Fréchet (dans laquelle on substitue le débit à son logarithme). Cependant les histogrammes de distributions des débits moyens journaliers pour chaque

mois, réalisés sur la Saulx et l'Ornain, montrent que le mode réel diffère quelquefois du mode calculé (distribution plurimodale). En effet, en période de hautes-eaux les lois de Fréchet et de Gumbel surestiment le mode alors qu'en basses-eaux les deux modes se confondent (annexe II.27). Le mode réel, déterminé à partir de l'histogramme de distribution, correspond presque systématiquement à une cassure dans la courbe des débits moyens journaliers classés. C'est pourquoi, nous l'utiliserons dans la méthode afin de sélectionner toutes les valeurs significatives d'écoulements de nappe (valeurs inférieures au mode).

Cependant, les valeurs les plus basses, qui ne s'alignent pas sur la droite des débits en deçà du mode, caractérisent soit des écoulements influencés (vannage, éclusée) soit des débits douteux liés aux conditions de mesures (végétation aquatique, extrapolation sur la courbe de tarage, eaux stagnantes). Compte tenu de ces observations, nous avons éliminé ces valeurs pour la régression $\text{Log}(Q)$ en fonction de $\text{Log}(N_j\%)$ sans pour autant changer les pourcentages cumulés des autres valeurs (débits douteux mais effectivement mesurés).

La méthode CEGUM porte sur un nombre de valeurs par classe, chaque classe étant constituée par un débit différent effectivement mesuré. Le traitement relativement lourd de la méthode a été modifié par A. Wherli (1993), C. Tailliez (1994) et S. Lebaut (1995) en dressant en abscisse non plus les pourcentages cumulés des nombres de valeurs par classe mais des nombres de valeurs ($N_j\%$) définis par :

$$N_j\% = 100n/N$$

où

n: rang cumulé de la valeur classée

N: effectif total de la chronique

Les résultats obtenus par les auteurs sur les trois cours d'eau étudiés, respectivement la Chée, l'Aire et la Thonne, étaient satisfaisants et corroborent les résultats des autres méthodes.

e. Méthode de l'indice d'écoulement de base.

La méthode de l'indice d'écoulement de base (IEB) repose sur une séparation du débit de crue et du débit de base à partir d'un procédé automatique de décomposition d'un hydrogramme de débits journaliers (L'vovich, 1972, J. Humbert, U. Kaden, 1994). Ce procédé recherche et lisse les points d'inflexion minimale selon un algorithme (annexe II.28) permettant de déterminer la part respective du volume d'écoulement de base dans le volume total d'écoulement sur la période étudiée. L'indice d'écoulement de base est égal à ce rapport.

L'IEB a été calculé aux stations de Mognéville et de Fains-les-Sources sur l'ensemble de la chronique (1969-90) et à l'échelle annuelle (annexe II.29). L'IEB, les volumes de base et les volumes totaux traduits en lames d'eau

écoulées et confrontés aux précipitations nous renseignent sur les différences de comportement des deux bassins. En effet, "*au niveau spatial, les variations de l'IEB traduisent bien les différences de conditions géologiques*" (J. Humbert, U. Kaden, 1994) alors que sur un plan chronologique, elles témoignent des caractéristiques hydrodynamiques des réserves du bassin-versant en régime non influencé face aux conditions climatiques.

L'intérêt de la méthode de l'IEB réside dans sa simplicité d'utilisation (logiciel) permettant de traiter un nombre important de valeurs. Mais les résultats obtenus sur de longues périodes ne témoignent que d'un comportement global qui ne permet pas de reconstituer un régime des débits de base mensuels.

L'application des méthodes explicitées ci-dessus à Mognéville et à Fains-les-Sources a permis d'obtenir un certain nombre de résultats dont la synthèse s'avère nécessaire pour une compréhension globale du comportement des deux bassins-versants.

II. RESULTATS OBTENUS PAR LES METHODES DE SEPARATION DES ECOULEMENTS.

Nous caractérisons d'une part la vidange des aquifères par le modèle de Maillet appliqué aux méthodes de séparation des écoulements puis d'autre part, les régimes mensuels des termes du cycle de l'eau en année moyenne. Enfin, la synthèse des méthodes utilisées nous permettra de présenter le bilan global de l'eau à l'échelle annuelle afin de définir un comportement moyen des deux bassins-versants.

A. LES TARISSEMENTS.

L'application stricte du modèle de Maillet aux hydrogrammes annuels de débits moyens journaliers à Mognéville et à Fains-les-Sources passe par une détermination graphique du coefficient de tarissement (α) pour chaque année (annexe II.30).

Ce coefficient varie considérablement sur la période d'observation avec des coefficients de variation de 97% à Mognéville et 120% à Fains-les-Sources ce qui caractérise le régime de tarissement des sources et cours d'eau karstique (J. Forkasiewicz, H. Paloc, 1967). En effet, si la moyenne des coefficients est significative sur des bassins à perméabilité d'interstices, en milieux calcaires, la juxtaposition étagée de plusieurs types de porosité (A. Mangin, 1974, M. Bakalowicz, 1995) détermine des vitesses de vidange contrastées. L'exemple de l'étiage de 1976 montre que la courbe de tarissement ne suit pas une loi unique mais correspond à une somme de plusieurs courbes représentatives de vitesses de vidange contrastées. En effet,

Tab. II.20

Coefficients de tarissement mensuels
selon les méthodes du bilan hydrologique et de la séparation des écoulements

	Saulx (Mognéville)				Ornain (Fains-les-Sources)			
	Mois	Tj	%	Wo (mm)	Mois	Tj	%	Wo (mm)
Bilan hydrologique	Mars à Septembre(7)	111	17	222	Mars à Octobre(8)	75	25	159
Séparation des écoulements Q base	Mars à Septembre(7)	104	18	163	Mars à Octobre(8)	85	22	83
Q 100 %	Mars à Septembre(7)	109	18	183	Mars à Octobre(8)	85	22	94
Régime des débits totaux	Mai à Septembre(5)	95	20	168	Mai à Septembre(5)	62	29	84

tab. II.21

DEBITS DE BASE (Qb) ET DEBITS DE RUISSELLEMENT (Qr) SUR LA SAULX ET L'ORNAIN

1969-90 méthodes	La Saulx à Mognéville				l'Ornain à Fains-les-Sources			
	Qb (mm)	Qb(%)	Qr(mm)	Qr(%)	Qb (mm)	Qb(%)	Qr(mm)	Qr(%)
bilan hydrologique adapté	299	57	223	43	285	57	218	43
séparation des écoulements	277	53	242	47	189	46	221	54
indice d'écoulement de base	269	52	250	48	152	37	258	63

Les % correspondent à la part des débits dans les écoulements du cours d'eau

le début de l'étiage se caractérise à Mognéville, mais plus particulièrement à Fains-les-Sources par une vidange rapide alors que la fin est marquée par un tarissement lent. Ce comportement est soit significatif de vidanges successives de plusieurs nappes (aquifères multicouche du Kimméridgien) soit reflète le schéma fonctionnel et structural du système karstique (zone noyée, zone de battement piézométrique, zone d'infiltration).

Malgré tout, les moyennes calculées témoignent d'une vidange rapide sur l'Ornain ($T_j=68$ jours) et beaucoup plus lente sur la Saulx ($T_j=254$ jours) ce qui souligne le soutien de l'aquifère portlandien.

Les variations interannuelles des coefficients de tarissement ne dépendent pas de l'état des réserves souterraines car la corrélation entre ces deux valeurs (a en fonction de Q_0) n'est pas satisfaisante à Mognéville ($r=0.257$) et à Fains-les-Sources ($r=0.249$). Cette relation, pourtant observée par M. Dacharry (1974), ne se vérifie manifestement pas en milieux calcaires.

La moyenne des réserves souterraines en fin de cycle hydrologique (W_0) apparaît énorme sur la Saulx (352 mm) et médiocre sur l'Ornain (22 mm). Cependant, la forte variabilité interannuelle appelle à la prudence quant à l'interprétation des moyennes calculées.

Les coefficients de tarissement des débits mensuels de base, calculés avec la méthode du bilan hydrologique et la méthode de séparation des écoulements du CEGUM, permettent de mieux caractériser le comportement hydrodynamique des réserves des bassins-versants (tab.II.20). Pour les deux méthodes, la période de décroissance des débits mensuels diffèrent selon les bassins-versants.

En effet, sur la Saulx, elle s'échelonne de mars à septembre (7 mois) alors que sur l'Ornain, la période de décroissance est plus longue (8 mois de mars à octobre) ce qui témoigne d'une recharge des réserves plus tardive. Nous avons effectué des corrélations semi-logarithmiques entre les débits mensuels de base et le temps, de manière à lisser la courbe de décroissance. Pour chaque période, le coefficient de tarissement a été calculé selon la formule de Maillet-Boussinesq (tab.II.20).

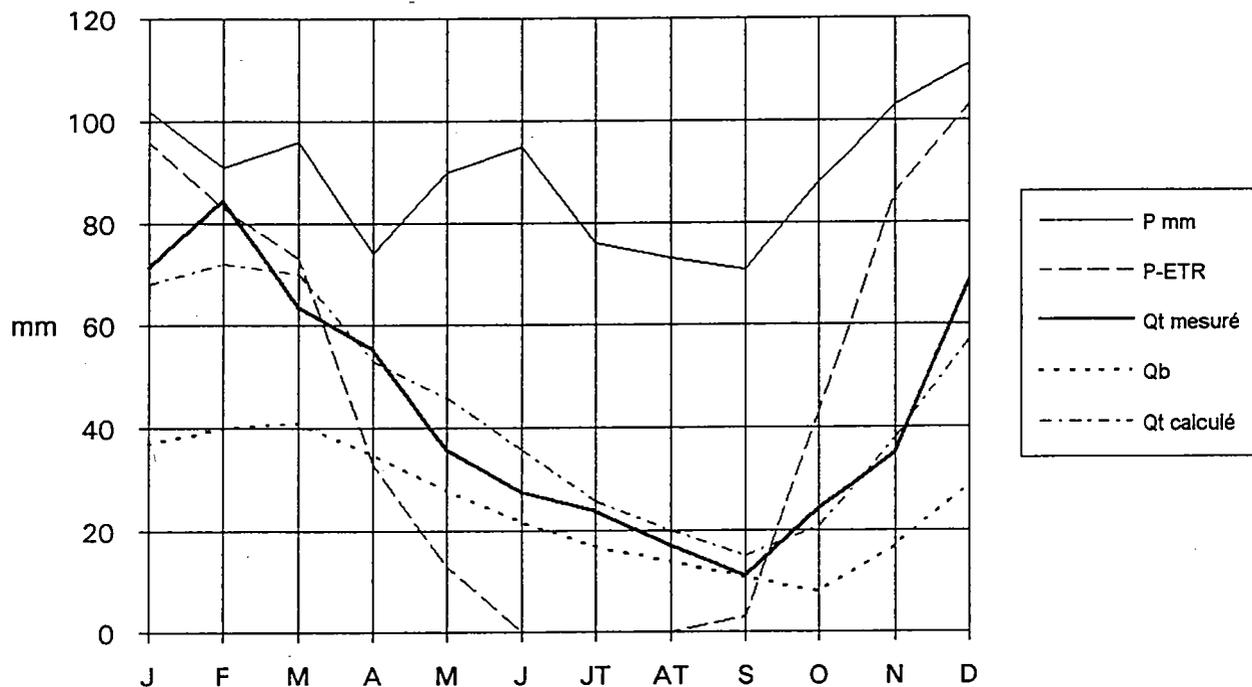
Pour toutes les méthodes utilisées, le coefficient de tarissement est légèrement plus important sur l'Ornain. Celui-ci s'échelonne entre 22 et 25% alors qu'il est de l'ordre de 18% sur la Saulx. Ces différences peu significatives témoignent d'un comportement hydrodynamique des réserves quasi-identique sur la Saulx et l'Ornain.

En guise de comparaison ces coefficients sont de l'ordre de 15% en milieux gréseux (S. Lebaut, 1995) ce qui souligne l'importante transmissivité des calcaires. Cependant, ils restent inférieurs à ceux observés en milieux imperméables où ils sont supérieurs à 30%. L'Ornain et surtout la Saulx sont donc marqués par la prédominance d'écoulements de nappe (drainage de la zone noyée).

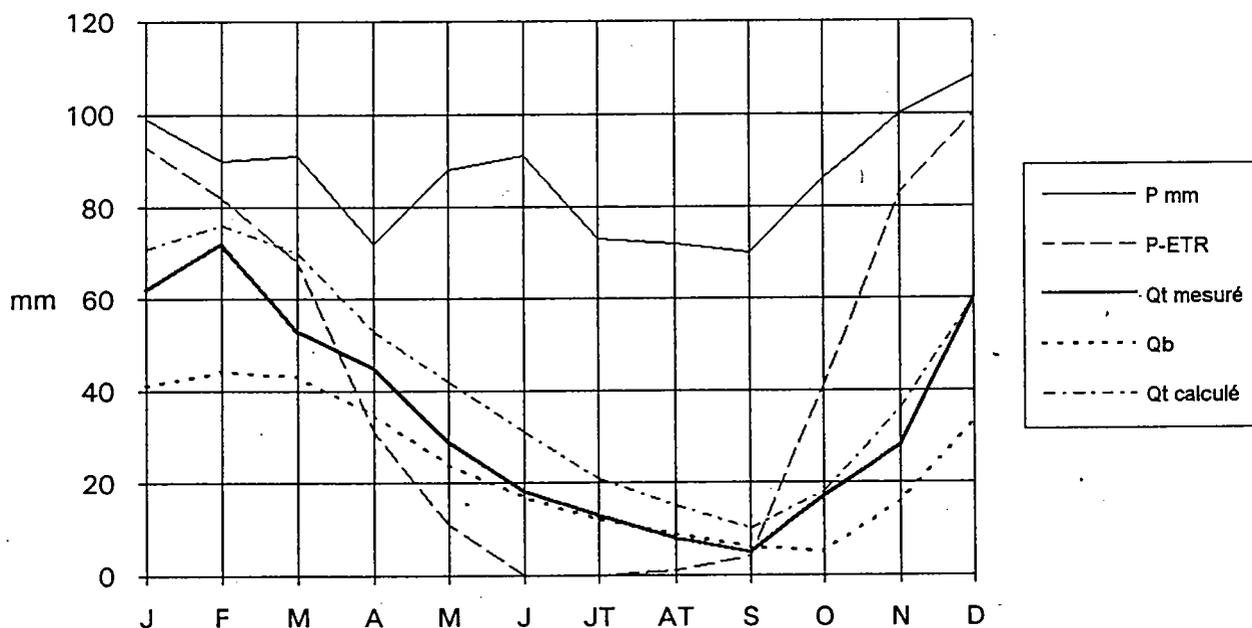
La comparaison des coefficients de vidange moyens à Mognéville et à Fains-les-Sources témoigne de vitesses de tarissement 1.3 fois plus rapides sur l'Ornain que sur la Saulx. Les débits d'étiage plus élevés observés sur la Saulx résultent d'un soutien important de la nappe des Calcaires de Dommartin qui garantit au cours d'eau des écoulements abondants mais surtout réguliers.

fig. II.26

BILAN HYDROLOGIQUE A MOGNEVILLE (méthode E. Gille, 1969-90)



BILAN HYDROLOGIQUE A FAINS-LES-SOURCES (méthode E. Gille, 1969-90)



A l'inverse, dans le bassin de l'Ornain, l'aquifère du Portlandien est perché et démantelé (érosion infra-crétacée, plateau disséqué en rive droite) ce qui provoque un tarissement plus rapide. L'alimentation de l'Ornain est alors assurée par la vidange de l'aquifère multicouche du Kimméridgien qui présente de plus faibles rendements sans pour autant avoir un comportement hydrodynamique significativement différent.

L'étude des tarissements témoigne du rôle fondamental de l'aquifère portlandien dans le soutien des débits en période d'étiage. Les régimes mensuels des débits de base calculés nous permettent de préciser le rôle des réserves sur l'ensemble de l'année et de connaître le comportement moyen du bassin-versant en les confrontant aux données climatiques.

B. LES REGIMES MENSUELS.

Nous avons réalisé le régime des principales composantes du bilan de l'eau selon la méthode adaptée de E. Gille (fig.II.26, annexe II.31). Le bilan hydrique a permis (cf 1ère partie) de caractériser les distributions des précipitations et de l'ETR. L'étude des régimes des écoulements portera donc particulièrement sur les débits de base.

a. La Saulx à Mognéville.

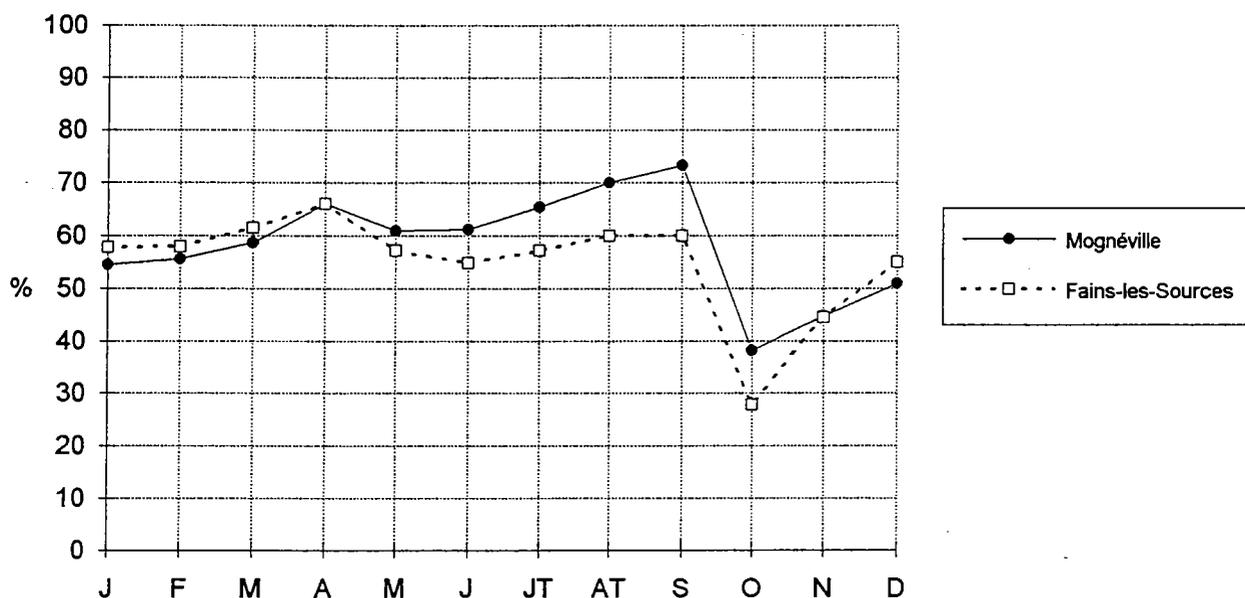
La première observation tient à la bonne adéquation entre les débits totaux (Q_t). En effet, les débits mesurés et les débits calculés sont non seulement grosso modo identiques mais présentent également un maximum en février et un minimum en septembre. Par contre, le régime des débits de base (Q_b) est décalé d'un mois par rapport aux écoulements totaux. Le maximum se trouve effectivement en mars alors que le minimum est en octobre. Cette dysharmonie de fonctionnement témoigne de l'inertie du substratum pour les écoulements de nappe. La recharge des aquifères d'octobre à mars est assurée par l'augmentation des pluies utiles (P-ETR) alors que le reste de l'année (d'avril à octobre) correspond à une phase de vidange.

Le rôle des aquifères peut être illustré par la part des débits de nappe dans les débits totaux calculés (fig.II.27). La première observation tient à l'importance des débits de base sur l'ensemble de l'année puisqu'ils représentent, 11 mois sur 12, plus de 50% des écoulements. La Saulx à Mognéville bénéficie donc d'un drainage de nappe qui lui garantit des débits soutenus et réguliers.

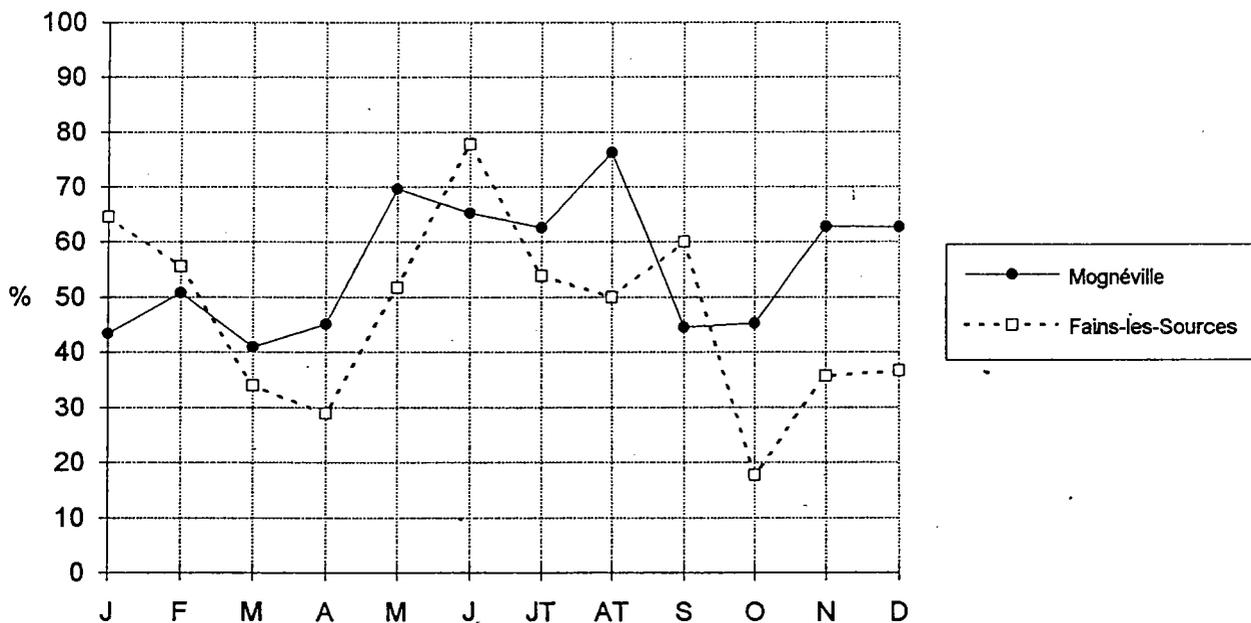
En période de vidange, les débits de nappe représentent 60 à 75% des débits totaux, à l'exception d'octobre (près de 40%) qui joue le rôle de charnière hydrologique entre les mois de ruissellement et les mois de vidange. La reprise des précipitations et la diminution de l'évapotranspiration qui profite au ruissellement correspond au minimum des débits de base. La part des débits de base augmente corrélativement à la diminution des débits totaux pour

fig. II.27

**PART DES DEBITS DE BASE DANS LES DEBITS TOTAUX A
MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (méthode E. Gille,
1969-90)**



**PART DES DEBITS DE BASE DANS LES DEBITS TOTAUX A
MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (méthode CEGUM,
1969-90)**



culminer en septembre (75% des écoulements), mois du minimum hydrologique. Le mois de septembre correspond vraisemblablement au mois d'étiage.

La période de ruissellement peut être découpée en deux saisons.

De novembre à décembre, la recharge des aquifères, corrélative à l'augmentation importante des précipitations utiles, explique la timide remontée des débits de base qui représentent moins de 50% des écoulements. De janvier à mars, la saturation des nappes limite l'infiltration ce qui profite au ruissellement.

La méthode de séparation des écoulements du CEGUM donne des résultats plus nuancés (fig.II.27). En effet, si le soutien des aquifères apparaît aussi important qu'avec la méthode précédente, son régime est néanmoins plus contrasté, avec deux saisons bien différenciées. La part des débits de base dans les débits totaux apparaît plus importante en basses-eaux, de mai à août (entre 60 et 80%), ce qui paraît plus probable. Par contre, cette part diminue nettement en hautes-eaux et plus particulièrement aux inter-saisons (entre 40 et 50%) laissant au ruissellement un rôle plus important. Septembre, qui connaît le soutien de nappe maximum de l'année (73% des écoulements) avec la méthode du bilan hydrologique, marque la reprise du ruissellement avec la méthode CEGUM ce qui s'explique par la chute brutale des débits de base observée lors de ce mois. Pourtant, l'étude des débits moyens mensuels d'étiage montre que septembre et octobre correspondent aux mois d'étiage. La reprise du ruissellement constatée serait donc liée à des épisodes de crue qui pourraient expliquer l'importante variabilité des débits pendant ces deux mois (mois d'étiage connaissant également des crues).

b. L'Ormain à Fains-les-Sources.

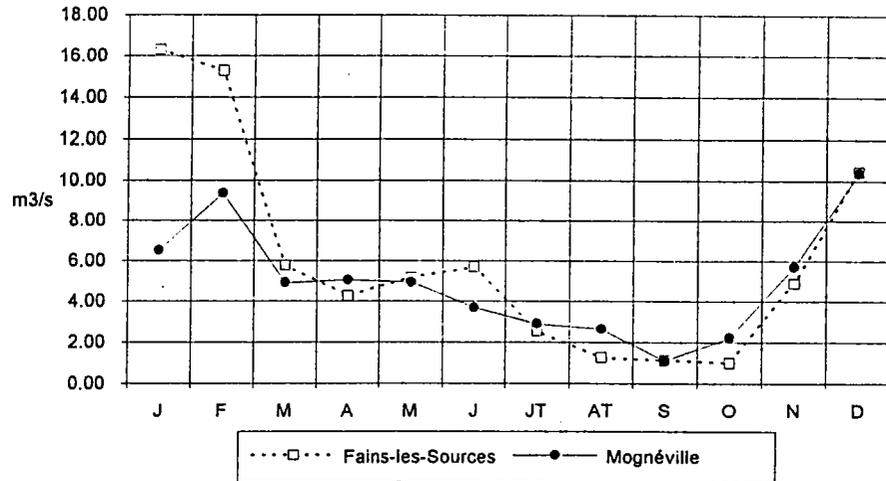
A la différence de la Saulx, les débits totaux calculés sont systématiquement supérieurs aux débits totaux mesurés. L'écart, de l'ordre de 8 mm, se réduit en basses-eaux mais reste élevé (17 mm en mars) de janvier à juin. Traduit en débit, cet écart témoigne de pertes mensuelles de l'ordre de 2.5 m³/s soit environ 3 l/s/km². Les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin, les transferts d'eau par le bief de partage de Mauvages et les infiltrations vers les bassins voisins expliquent ces écarts.

L'écoulement de juin à septembre est entièrement assuré par la vidange des aquifères puisque les débits totaux mesurés correspondent aux débits de base. Cette observation peu probable résulte des prélèvements importants dans l'Ormain et des transferts extra-bassins, mais souligne également les limites de la méthode du bilan hydrologique adaptée par E. Gille en milieu calcaire (inadéquation du bassin réel avec l'impluvium).

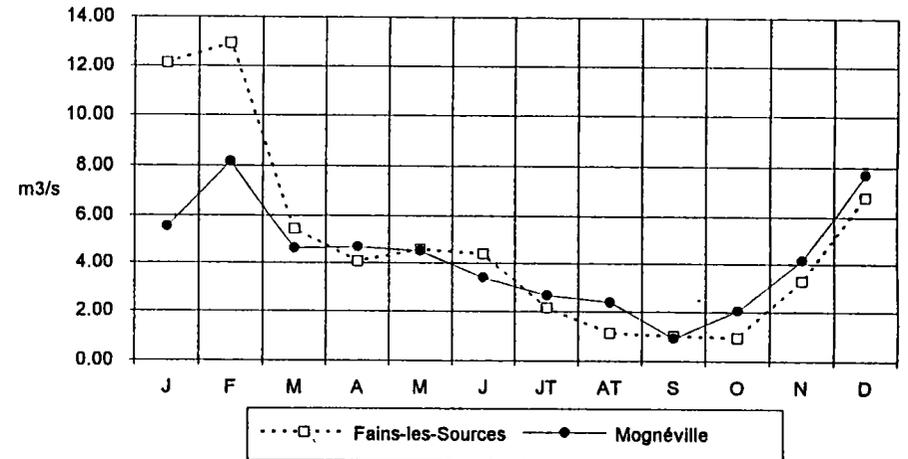
La méthode de séparation des écoulements du CEGUM permet de représenter la part des débits de base dans les débits totaux effectivement mesurés (fig.II.27).

En basses-eaux, le soutien des nappes se traduit par une part plus

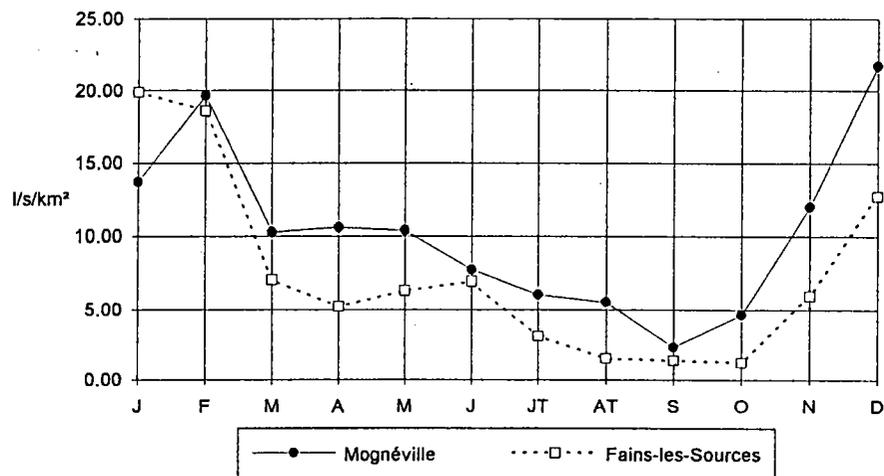
REGIME DES DEBITS DE BASE MAXIMUMS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



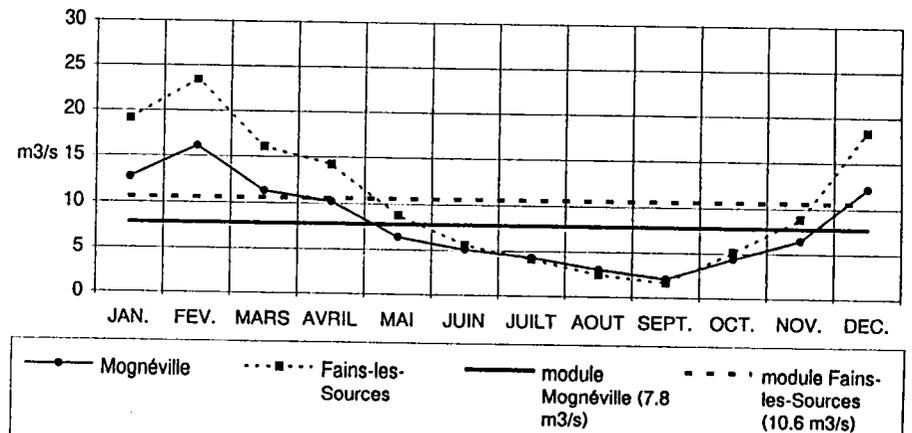
REGIME DES DEBITS DE BASE MOYENS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



REGIME DES DEBITS DE BASE SPECIFIQUES MAXIMUMS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



REGIMES HYDROLOGIQUES: DEBITS MOYENS MENSUELS A MOGNEVILLE ET A FAINS-LES-SOURCES (1969-90)



importante des débits de base (plus de 50% des écoulements). En effet, hormis le mois de juin (78%), le drainage des nappes représente 50 à 60% des écoulements mesurés de mai à septembre, soit 10% de moins que sur la Saulx.

En hautes-eaux, la part des débits de base est moindre à l'exception de janvier et de février, laissant la majeure partie de l'écoulement (60 à 70%) au ruissellement. Celui-ci paraît plus important sur l'Ornain, notamment aux inter-saisons, ce qui souligne le rôle fondamental du substratum moins perméable du bassin (marno-calcaires du Kimméridgien) et la structure mieux hiérarchisée de réseau hydrographique. Cependant, les mois de janvier et de février, en bénéficiant de la reconstitution des réserves souterraines d'automne, connaissent des débits de base plus importants. Le tarissement plus rapide des réserves explique la forte décroissance des débits de base au printemps.

c. Comparaison du régime des débits de base aux deux stations hydrométriques.

La comparaison du régime des débits de base, calculés à partir de la méthode CEGUM (fig.II.28) à Mognéville et à Fains-les-Sources, montre:

- un tarissement plus court (7 mois au lieu de 8) et plus régulier sur la Saulx témoignant de l'homogénéité hydrogéologique du bassin-versant

- un tarissement évoluant en paliers sur l'Ornain que l'on peut associer à la vidange des deux aquifères principaux (vidange des nappes portlandiennes de mars à juin, relayées par l'aquifère kimméridgien de juillet à octobre)

- un rendement de nappe plus important toute l'année (à l'exception de janvier) sur la Saulx avec des débits de base spécifiques largement supérieurs à ceux de l'Ornain (écart moyen de 3 l/s/km²). Cet écart s'accroît en automne ce qui témoigne d'une recharge plus rapide des aquifères dans le bassin-versant de la Saulx.

- des rendements identiques en période de maximum d'écoulement (janvier-février)

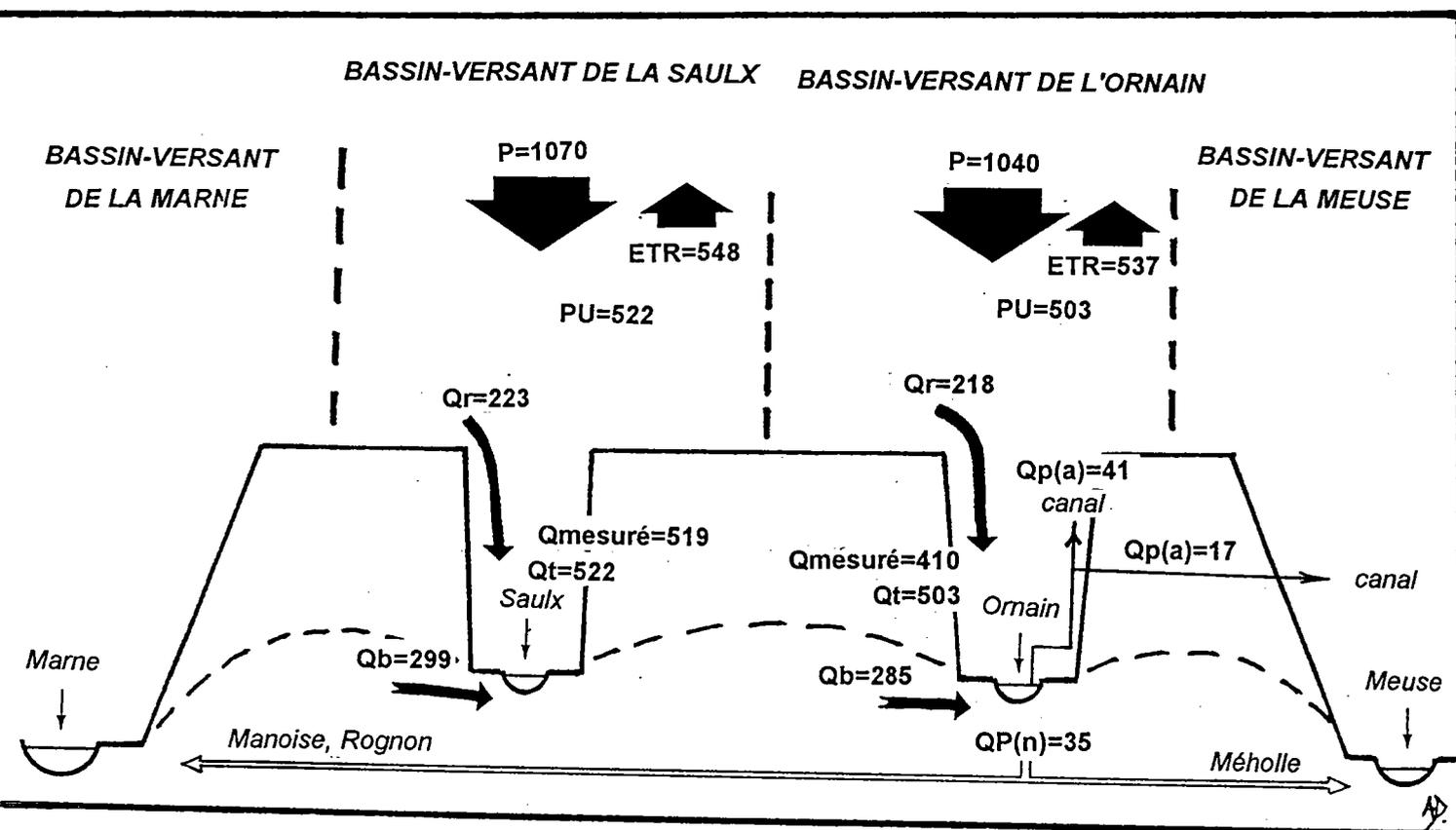
- des débits mensuels de base minimums de 1.2 l/s/km² sur l'Ornain et de 2 l/s/km² sur la Saulx qui sont compatibles avec les rendements moyens d'étiage observés dans les calcaires en Lorraine (J.F. Zumstein).

L'étude des régimes des débits de base à Mognéville et à Fains-les-Sources montre l'importance du soutien de la nappe des calcaires du Portlandien en situation de basses-eaux dans le bassin-versant de la Saulx. L'aquifère portlandien par sa forte perméabilité en limite de recouvrement crétacé bénéficie d'une meilleure alimentation directe ou diffuse ce qui confère à la Saulx des débits réguliers et abondants.

fig. II.29

ESSAI DE BILAN DE L'EAU DES BASSINS-VERSANTS DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

METHODE DU BILAN DE L'EAU ADAPTE PAR E.GILLE (en mm)



Le bassin-versant de l'Ornain souffre de sa position plus orientale dans le plateau du Barrois. L'inclinaison du revers de côte, l'incision du plateau et l'érosion infra-crétacée ont fortement diminué les potentialités de l'aquifère portlandien. Celui-ci est relayé dès le début des basses-eaux par les nappes du Kimméridgien qui restent quantitativement médiocres. Son bassin supérieur (Haut-Pays) souffre du gradient hydraulique né de la concurrence Marne-Meuse. La perméabilité importante des calcaires oxfordiens et le karst étagé, qui garantissent de bonnes conditions d'alimentation de l'aquifère, ne profitent pas aux écoulements de l'Ornain. Une part importante des ressources en eau de l'impluvium est redistribuée vers les bassins voisins de la Marne et de la Meuse. Le déficit naturel est aggravé par les prélèvements du canal de la Marne au Rhin dans l'Ornain (prises d'eau, transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages).

Cependant, si les rendements des réserves des bassins-versants diffèrent entre les deux cours d'eau, leur comportement hydrodynamique est quasi-identique. La décroissance des débits de base est comparable non seulement sur les deux cours d'eau mais également avec celle des débits totaux entre mai et septembre (tab.II.20). En effet, les coefficients de tarissement des débits moyens mensuels totaux ne sont pas significativement différents de ceux calculés avec les débits de base. En somme, de mai à septembre, les bassins-versants de la Saulx et l'Ornain présentent le même comportement hydrodynamique. La nappe des Calcaires de Dommartin et l'aquifère multicouche du Kimméridgien drainés respectivement par la Saulx et l'Ornain confèrent aux deux cours d'eau des écoulements de basses-eaux inféodés à la zone saturée.

C'est essentiellement en période froide que les différences apparaissent entre les deux cours d'eau. L'Ornain "bénéficie" non seulement d'un réseau hydrographique plus dense et mieux hiérarchisé mais aussi des niveaux marneux du Kimméridgien propices au ruissellement. A l'inverse, la Saulx présente une structure hydrographique décharnée sans affluent majeur et un bassin-versant calcaire allongé où les infiltrations sont prédominantes.

C. BILAN GLOBAL.

Le bilan de l'eau global à l'échelle annuelle permet de cerner et de quantifier les termes du bilan de l'eau dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (fig.II.29).

Les apports pluviométriques sont réduits de moitié par l'évapotranspiration qui laisse au ruissellement et à l'infiltration une pluie utile de 522 mm sur la Saulx et de 503 mm sur l'Ornain. Les fortes précipitations (dôme pluviométrique d'Argonne-Barrois) garantissent donc de bonnes potentialités aux écoulements malgré les prélèvements évapotranspiratoires.

L'importance de l'ETR souligne l'appartenance du bassin de la Saulx-Ornain au domaine océanique de plaine (P. Pagney, 1988). L'ETR calculée selon la méthode du bilan hydrologique adaptée est supérieure de 40 mm à celle de Turc qui diminue la part laissée à l'infiltration.

A la différence des bassins à dominante imperméable, les écoulements sont essentiellement de type souterrain.

A Mognéville, les débits de base représentent près de 60% des écoulements mesurés alors qu'ils ne dépassent pas 25% sur le Loison (P. Gamez, 1992). En effet, les écoulements de nappe calculés selon les différentes méthodes utilisées (bilan hydrologique de E. Gille, méthode de séparation des écoulements du CEGUM, méthode de l'Indice d'Écoulement de Base) représentent 53% à 56% des débits totaux (tab.II.21). Cette part évolue en fonction de la situation hydrologique annuelle. En série sèche, l'indice d'écoulement de base peut atteindre 70% (1974) alors qu'en série humide il est compris entre 40 et 50% (annexe II.32).

La participation importante des nappes dans la construction des débits de la Saulx s'explique par le caractère perméable et karstique des calcaires portlandiens en limite de recouvrement crétacé garantissant de bonnes conditions d'alimentation des aquifères (rôle diffuseur du cataplasme humide, rôle de concentration des écoulements au droit de points d'infiltration rapide).

A Fains-les-Sources, la part moyenne du drainage de nappe dans les écoulements est plus faible qu'à Mognéville mais varie sensiblement en fonction des méthodes utilisées (tab.II.21). Elle s'échelonne entre 37% (méthode de l'IEB) et 57% (méthode de E. Gille). Cependant, avec la méthode du bilan hydrologique, la part des débits de base a été déterminée en fonction du débit calculé qui ne correspond pas au débit mesuré. C'est pourquoi, nous estimons la part moyenne des écoulements de nappe à partir des deux autres méthodes. L'évolution de l'IEB de 1969 à 1990 (annexe II.32) montre que l'écart avec la Saulx s'accroît en série sèche où les débits de base représentent 40 à 50% des écoulements. En série humide, le ruissellement reste prédominant car seulement 30 à 40% des écoulements correspondent au drainage de nappe.

L'importance du ruissellement dans le bassin-versant de l'Ornain s'explique par la moindre perméabilité du Kimméridgien et le tarissement rapide des aquifères perchés du Portlandien. Les bancs marneux kimméridgiens favorisent le ruissellement structuré par un réseau hydrographique de rive droite mieux hiérarchisé et plus dense que dans le bassin de la Saulx. La faible épaisseur des niveaux calcaires kimméridgiens favorise également la saturation rapide des aquifères ce qui profite au ruissellement.

La position plus orientale, en limite de cuesta portlandienne confère au bassin des conditions d'infiltration moins favorables. En effet, l'absence de couverture crétacée ne régule pas l'infiltration et provoque une diffusion des écoulements. A défaut de karst, l'alimentation des aquifères portlandiens est lente alors que leur vidange est rapide.

En outre, l'érosion infra-crétacée a fortement diminué les potentialités des aquifères. Sur l'anticlinal de Bar-le-Duc la Pierre Châline est subaffleurante ce qui limite l'infiltration et favorise le ruissellement. La nappe des Calcaires de Dommartin, principale nappe portlandienne est ici démantelée et diminuée; elle est relayée par la nappe des Calcaires Sublithographiques.

Le bassin supérieur de l'Ornain présente pourtant de bonnes conditions d'alimentation des aquifères. Le karst étagé de l'Oxfordien concentre les écoulements et la couverture séquanienne garantit une alimentation quasi continue de l'aquifère. Mais ces conditions favorables ne profitent vraisemblablement pas à l'Ornain puisque la majeure partie des écoulements est représentée par le ruissellement.

Cette inadéquation entre les potentialités aquifères et les écoulements de nappe témoigne de circulations souterraines aux profits des bassins-versants voisins (Meuse, Marne) ou d'importants prélèvements.

Ces prélèvements naturels ou anthropiques peuvent être illustrés par le bilan pluie utile-débit mesuré ou Q_p .

Les pertes sur la Saulx sont faibles voire insignifiantes (3 mm ou 45 l/s) alors qu'elles sont importantes sur l'Ornain (93 mm ou 2.42 m³/s) puisqu'elles représentent 9% des précipitations. Compte tenu de la complexité des échanges hydrologiques entre l'Ornain et le canal (cf 3ème partie) il est difficile d'évaluer la part des prélèvements anthropiques dans les prélèvements totaux. Néanmoins une approximation grossière les fixe à 1500 l/s (58 mm) soit près de 62% du déficit global laissant 35 mm (910 l/s) aux infiltrations souterraines vers les bassins voisins.

L'important déficit d'écoulement observé sur l'Ornain découle donc essentiellement des prélèvements du canal de la Marne au Rhin et plus particulièrement du bief de partage de Mauvages. En effet, ce dernier ne possède pas de réservoir et est majoritairement alimenté par l'Ornain.

L'étude spatiale des débits d'étiage, caractéristiques d'écoulements inhérents aux vidanges des nappes, nous permettra de mieux connaître ces infiltrations et d'évaluer l'influence du canal de la Marne au Rhin sur les débits de l'Ornain.

QUATRIEME CHAPITRE : SPATIALISATION DES DEBITS D'ETIAGE DU BASSIN-VERSANT.

La caractéristique majeure des ressources hydrogéologiques en pays calcaires est leur hétérogénéité spatiale. Une étude hydrologique classique aux stations hydrométriques est insuffisante car elle pose le problème de représentativité des écoulements mesurés et se limite trop souvent aux bassins-versants topographiques.

Les débits d'étiage, représentatifs d'écoulements de vidange de nappe témoignent de l'état des réserves d'un bassin et déterminent ainsi la gestion actuelle et future de la ressource en eau (débits minimums, seuils de qualité, alimentation en eau potable, etc...).

Compte tenu de ces remarques, la réalisation d'un réseau dense de mesures dans le cadre de campagnes de débits d'étiage permet de mieux comprendre l'organisation spatiale des écoulements "*liée à la complexité des paramètres naturels intégrés du bassin*" (M. Sary, 1993). Les résultats permettent dans un premier temps d'élaborer des profils hydrologiques de la Saulx et de l'Ornain à des situations hydrologiques d'étiage contrastées et stabilisées. La cartographie des débits spécifiques d'étiage rend compte non seulement des rendements des aquifères par sous-bassin mais également des écoulements souterrains intra et extra-bassins.

I. LES CAMPAGNES D'ETIAGE.

Des campagnes de jaugeages et le cas échéant, des mesures de températures et de conductivités ont été réalisées sur le réseau hydrographique de la Saulx et de l'Ornain.

A. GENERALITES.

Des mesures de débits d'étiage ont été effectuées:

- sur le drain principal (Saulx, Ornain)
- sur les affluents
- sur les principales exurgences et émergences de nappes
- sur les rigoles d'alimentation et les rejets (déversoirs-déchargeoirs) du canal de la Marne au Rhin.

Ces mesures ont été effectuées à raison d'un point pour 14 km² en moyenne (annexe II.33). Compte tenu des échanges hydrologiques entre l'Ornain et le canal de la Marne au Rhin et de l'organisation spatiale du réseau hydrographique, la densité du réseau de mesure sur l'Ornain est légèrement supérieure (1 point/10 km²) mais le nombre de point au linéaire sur le drain principal est moindre (un point/5 km au lieu de 1 point/3.8 km sur la Saulx). Les mesures ont été effectuées avec des perches de jaugeage à intégration et par réservoir étalonné pour les plus faibles débits.

La majeure partie des campagnes de débit a été réalisée par le CEGUM pour le compte de la DDE de la Meuse (CEGUM, DDE Meuse, 1994) qui possède la police de l'eau de la Saulx et de l'Ornain (amont de Bar-le-Duc). Le SRAEL a également participé aux mesures lors des trois premières campagnes sur la Saulx, ainsi que le GEREEA. Enfin, le groupe AREA a effectué des mesures de températures et de conductivité sur la Saulx.

Les points de mesure ont été numérotés de l'amont vers l'aval et reportés sur des cartes (annexe II.24). Si leur répartition est globalement homogène, il subsiste néanmoins des secteurs moins surveillés que d'autres. La plus faible densité de points de mesure dans le Perthois s'explique par les écoulements hypodermiques dans la plaine alluviale de Revigny/Ornain et les caractéristiques des sections de jaugeage (profondeur limitée à 1.5 m). L'Orge, principal affluent de la Saulx, constamment à sec dans sa partie inférieure lors des 6 campagnes n'a pas été surveillée en amont. C'est pourquoi 3 campagnes de mesures spécifiques à l'Orge ont été entreprises par la suite entre 1992 et 1995.

Quatorze campagnes de mesures de débit ont été réalisées sur le réseau hydrographique de la Saulx (8 campagnes) et de l'Ornain (6 campagnes) à des situations hydrologiques différentes, en basses-eaux et en étiage. La lourdeur de l'opération (mobilisation des équipes de jaugeage en période estivale et des moyens matériels de mesure en un minimum de temps) et les dates des contrats d'études nous ont empêchés de mener systématiquement deux campagnes simultanément sur la Saulx et l'Ornain.

Les six premières campagnes sur la Saulx ont été réalisées de 1988 à 1990 dans le cadre de l'étude hydraulique et hydrologique de la Saulx qui avait pour objectif d'harmoniser le fonctionnement des ouvrages hydrauliques en s'appuyant sur la connaissance des écoulements. Pour ces campagnes, tous les points ont été mesurés alors que les deux campagnes suivantes sont incomplètes et ne portent que sur certains points caractéristiques du cours d'eau.

Si les deux premières campagnes sur l'Ornain s'inscrivent dans la connaissance globale des écoulements en période d'étiage (absence de mesures sur certains ouvrages de prise d'eau), les quatre suivantes sont organisées pour les besoins de la police de l'eau et ont pour objectif de montrer les influences du canal de la Marne au Rhin sur les écoulements de l'Ornain.

Deux campagnes spécifiques sur les deux cours d'eau, les affluents de rive droite de la Marne et de rive gauche de la Meuse ont été organisées en

1994 et 1995 de manière à saisir les écoulements souterrains mettant en communication les bassins-versants voisins. Les campagnes ont été numérotées selon un ordre chronologique de manière à les désigner rapidement par un numéro.

B. SITUATIONS HYDROLOGIQUES DES CAMPAGNES D'ETIAGE.

Chaque campagne a été réalisée en un minimum de temps (un à deux jours) afin de saisir une situation hydrologique stable et non influencée. Pourtant, des fluctuations de hauteurs d'eau apparaissent.

a. Fluctuations des hauteurs d'eau.

Les fluctuations des hauteurs d'eau lors des campagnes sont enregistrées sur les limnigrammes des stations hydrométriques de Mognéville, Couvonges, Fains-les-Sources et Tronville (annexe II.25). Malgré l'absence de précipitations lors des périodes de mesures, des variations de hauteurs d'eau d'origine anthropique témoignent de vannages liés à la forte densité d'ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain. Cependant, ces variations n'ont pas la même ampleur lors des campagnes de mesures (tab.II.22).

Sur les six premières campagnes réalisées sur la Saulx, quatre présentent un régime stabilisé (variations de hauteur d'eau inférieures à 2 cm). Les autres sont plus influencées avec des fluctuations comprises entre 2 et 3 cm qui n'affectent que ponctuellement les mesures. Chaque campagne peut être toutefois représentative d'une période d'écoulement naturel stabilisé.

Sur l'Ornain, les trois premières campagnes ainsi que la dernière ont été réalisées en régime stabilisé (fluctuations inférieures à 2 cm) alors que celles de 1995 sont influencées par des fluctuations de 4 à 5 cm. Cependant, ces variations sont non seulement ponctuelles et n'affectent que très peu les mesures (variations de débit perceptibles, entre 5 et 10% mais non significatives).

En l'absence d'ouvrage hydraulique de grande taille (réservoir) et d'opération spécifique du canal de la Marne au Rhin (mise en chômage), les fluctuations de hauteurs d'eau observées lors des périodes de mesures restent minimales. Les campagnes sont considérées comme représentatives de situations hydrologiques naturelles et stabilisées.

b. Indices de sévérité et fréquences.

La sévérité de l'étiage mesuré lors de chaque campagne de jaugeage

tab. II.22

FLUCTUATIONS DES HAUTEURS D'EAU ET SITUATIONS HYDROLOGIQUES
DES CAMPAGNES DE JAUGEAGES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES

La Saulx

date	23/08/1988	26/10/1988	09/11/1988	27/04/1990	28/08/1990	18/09/1990	30/11/1994	27/06/1995
Couvonges	<1 cm	1-2 cm	2-3 cm					
Mognéville				2-3 cm	1-2 cm	1-2 cm	0-1 cm	0-1 cm
régime	stabilisé	stabilisé	influencé	influencé	stabilisé	stabilisé	stabilisé	stabilisé
hauteur (cm)	30	40	36	78	64	29		68
Q m3/s	1.96	3.44	2.64	2.14	1.29	1.56	3.95	2.45
Qs l/s/km ²	4.11	7.22	5.54	4.48	2.7	3.26	8.29	5.13
inde de sévérité (Sn%)	25	44	34	28	17	20	51	32
F% QMNA	61	99	90	71	22	37	99.9	85.3

L'Ornain

date	17/09/1991	05/08/1992	03/08/1993	27/06/1995	21/08/1995	11/10/1995
Tronville-en-Barrois	0	0-0.5 cm	0-0.5 cm	0-1 cm	0-4 cm	0-2 cm
Fains-les-Sources	0	0-2 cm	0-0.5 cm	0-0.5 cm	0-1 cm	0-1 cm
régime	stabilisé	stabilisé	stabilisé	influencé	influencé	stabilisé
hauteur (cm)	39.5	24	56	60	51	67
Q m3/s	0.459	0.558	1.49	1.24	0.633	2.93
Qs l/s/km ²	0.556	0.680	1.82	1.51	0.772	3.57
inde de sévérité (Sn%)	4	5	14	12	6	28
F% QMNA	9	17	73	66	22	94

(tab.II.22) est appréciée par:

- l'indice Sn% (rapport entre le débit mesuré à la station hydrométrique de Mognéville ou de Fains-les-Sources et le module interannuel de la période 1969-90

- la fréquence calculée à partir des débits mensuels d'étiage (QMNA) à chaque station hydrométrique de référence.

Toutes les campagnes ont été réalisées en situation de basses-eaux sévères puisque les débits mesurés aux stations hydrométriques sont tous inférieurs à la moitié du module interannuel. Cependant, la sévérité de l'étiage est relativement contrastée entre les campagnes.

En effet, sur la Saulx, l'indice de sévérité s'échelonne entre 17% (28/8/90) et 51% (30/11/94). Les fréquences restent élevées (elles sont toutes supérieures à 20%) et très éloignées des années exceptionnellement sèches (1971, 1976) ce qui souligne la difficulté de saisir un étiage sur la Saulx.

Les campagnes n°2, n°3, n°7 et n°8 sont davantage réalisées en situation de basses-eaux que d'étiage. Les campagnes n°1 et n°4 présentent des écoulements proches mais légèrement supérieurs au débit de fréquence biennale. Seules les campagne n°5 et n°6 sont véritablement significatives de situations d'étiage sévère (durée de retour de 3 à 4 ans).

A l'inverse, sur l'Ornain la sévérité d'étiage est plus contrastée avec deux campagnes réalisées en étiage franchement sévère (campagnes n°1 et 2), une en étiage sévère (campagne n°5) et trois en situations de basses-eaux (campagnes n° 3, 4 et 6). Les deux premières présentent effectivement des indices de sévérité et des fréquences beaucoup plus faibles que sur la Saulx (fréquence décennale), malgré le plus faible nombre de campagnes réalisées, ce qui témoigne du maigre soutien des aquifères en période d'étiage sur l'Ornain.

La seule campagne de mesures réalisée simultanément dans les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain (27/06/95) a été effectuée à une situation hydrologique différente entre les deux cours d'eau. En effet, elle est nettement plus sévère sur l'Ornain avec une fréquence d'étiage de 66% et un indice de sévérité de 12% alors que sur la Saulx, ils sont respectivement de 85% et 32%. Ceci témoigne d'étiages plus tardifs sur la Saulx liés à un tarissement plus long et un soutien important de l'aquifère portlandien.

Cependant, la situation hydrologique aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources n'est représentative que de la partie inférieure des cours d'eau.

c. Classement par rang des débits.

Pour chaque point de mesure caractéristique (station hydrométrique,

changement de Pays) les débits des six campagnes sont classés dans l'ordre croissant, du rang 1 au rang 6 (fig.II.30).

Sur la Saulx, les points caractéristiques correspondent aux stations hydrométriques actuelles et anciennes. De l'amont vers l'aval, ce sont les stations de Pancey (S1), la Grange-Allard (S4), Ménil/Saulx (S8), Lavincourt (S12), Saudrupt (S20) et Mognéville (S28).

Sur l'Ornain, les points caractéristiques sont, de l'amont vers l'aval, Houdelaincourt (ON3), Ménaucourt (ON10), Tronville-en-Barrois (ON15), Fains-les-Sources (ON23) et Rancourt (ON31).

Le classement montre que les campagnes ne s'ordonnent pas de la même manière dans la partie inférieure et dans la partie supérieure de la Saulx. En amont de Lavincourt (S12), les campagnes n°2, 3 et 6 s'ordonnent correctement alors que les autres présentent un classement désordonné. A l'aval de Lavincourt, toutes les campagnes s'ordonnent correctement. La partie inférieure du cours d'eau présente vraisemblablement une meilleure fiabilité des débits liée aux conditions satisfaisantes des mesures (débits plus importants, profondeur moyenne supérieure à 20 cm). Par contre, pour la partie supérieure, les médiocres conditions de mesures (profondeur moyenne inférieure à 20 cm, débits inférieurs à 300 l/s, végétation) accentuent la sensibilité des débits aux influences anthropiques.

Sur l'Ornain, hormis la campagne n°6, le classement est désordonné sur l'ensemble du linéaire, et plus particulièrement pour les campagnes d'étiage les plus sévères. Ce classement réalisé avec les débits bruts, témoigne de l'influence importante des nombreuses prises d'eau du canal de la Marne au Rhin qui perturbent les écoulements. Les sections de jaugeage plus larges que sur la Saulx et la réduction artificielle des débits détériorent la qualité des mesures.

La réalisation des campagnes de jaugeages est soumise à des conditions de mesures contrastées auxquelles s'ajoutent des erreurs liées au matériel utilisé et à la défaillance humaine. Le traitement des données passe donc, dans un premier temps par une critique des résultats.

C. CRITIQUE DES RESULTATS.

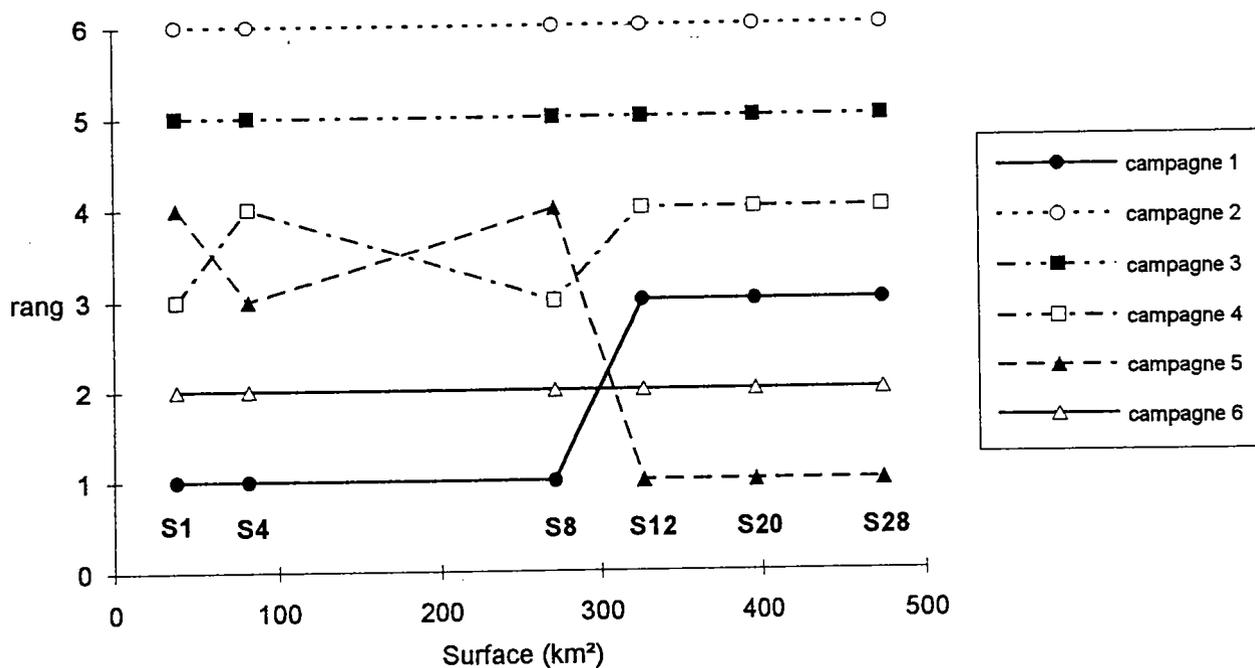
L'application stricte de l'étude méthodologique des débits d'étiage (J.P. Decloux, M. Sary, 1991, J.C. Auer, D. François, M. Sary, J.F. Zumstein, 1994) passe par la phase de correction des données aberrantes effectuée par corrélation des débits bruts (méthode des doubles cumuls).

Cependant sur la Saulx et l'Ornain, cette correction ne peut être réalisée du fait de la méconnaissance du fonctionnement aléatoire des nombreux ouvrages hydrauliques. En outre, la méthode de correction considère que l'évolution des débits est similaire alors que les influences karstiques s'exercent différemment d'une campagne à l'autre.

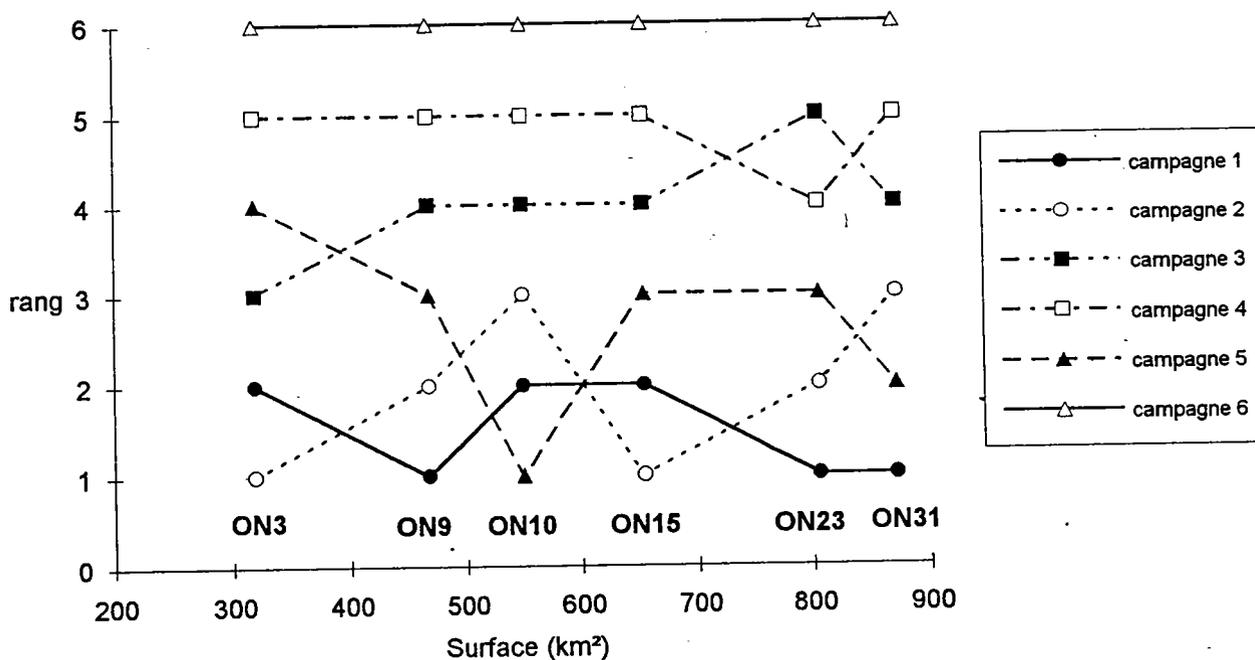
Les profils hydrologiques de la Saulx et de l'Ornain réalisés à partir des

fig. II.30

CLASSEMENT DES DEBITS DES CAMPAGNES DE JAUGEAGES AUX POINTS CARACTERISTIQUES DE LA SAULX



CLASSEMENT DES DEBITS DES CAMPAGNES DE JAUGEAGES AUX POINTS CARACTERISTIQUES DE L'ORNAIN



débats bruts montrent que l'évolution globale des débits n'est pas systématiquement semblable pour chaque campagne.

Sur la Saulx, les pertes entre La Grange-Allard et Lavincourt ainsi que l'augmentation brutale des débits aux niveaux de Rupt-aux-Nonains sont plus ou moins marquées d'une campagne à l'autre.

Sur l'Ornain, l'influence des prises d'eau du canal de la Marne au Rhin se traduit par des chutes brutales de débit sur l'ensemble du cours d'eau. Compte tenu du fonctionnement aléatoire mais continu des ouvrages de prises et de rejet du canal, il est difficile de distinguer les influences anthropiques des influences naturelles, et notamment karstiques.

La correction des données à partir de la méthode des doubles cumuls estomperait nécessairement la réalité des écoulements.

Néanmoins, la mesure systématique des prises et rejets du canal lors des quatre dernières campagnes nous a permis de dresser un bilan global des échanges hydrologiques entre l'Ornain et la voie navigable (cf 3ème partie). En fonction du bilan, il est possible de proposer des profils de débits "naturels" reconstitués qui permettent de cerner grossièrement l'organisation des écoulements dans le bassin-versant.

La correction des données peut être réalisée également par la méthode du schéma hydraulique. Cette méthode consiste à représenter le réseau hydrographique stylisé sur lequel ont été reportés les points de mesures et les résultats de chaque campagne de jaugeage (annexe II.26). Le schéma hydraulique permet de visualiser l'évolution des débits dans l'espace (de l'amont vers l'aval) et d'apprécier l'apport des affluents. La correction des données s'effectue par comparaison des débits effectivement mesurés avec les débits théoriques aux confluences, calculés à partir du cumul affluent-drain principal et des débits spécifiques de l'amont. Cependant, cette méthode implique une évolution positive des débits de l'amont vers l'aval et une alimentation liée exclusivement aux apports latéraux (sources et affluents) ce qui ne se vérifie pas en pays calcaire.

Les méthodes habituelles de correction des valeurs ne s'appliquent pas nécessairement aux pays calcaires. Elle estompent les réalités des influences naturelles par une homogénéisation des données. Le lissage des profils hydrologiques permettra d'éliminer les influences anthropiques ponctuelles tout en conservant les influences naturelles.

II. LES PROFILS DE DEBIT, DE CONDUCTIVITE ET DE TEMPERATURE

Les profils hydrologiques matérialisent l'évolution linéaire des écoulements d'un cours d'eau de l'amont vers l'aval. Réalisés en période d'étiage, ils rendent compte de l'évolution des rendements aquifères. Les profils hydrologiques obtenus sont comparés aux profils de température et de conductivité qui témoignent de l'origine des eaux de surface (drainage de

nappe ou ruissellement).

A. LES PROFILS HYDROLOGIQUES.

Les profils hydrologiques ont été réalisés en débits bruts et en débits spécifiques à partir des surfaces cumulées des bassins-versants aux points de mesures et des longueurs du drain principal ou des points kilométriques hydrologiques (PKH).

Si les profils hydrologiques présentent la même évolution générale d'une campagne à l'autre, un profil type caractéristique du cours d'eau est établi à partir de la méthode du lissage.

a. Profils des débits bruts et spécifiques.

La première remarque porte sur l'allure globale des profils hydrologiques de la Saulx et de l'Ornain.

Les profils des deux cours d'eau (fig.II.31, 32, 34) montrent d'une part l'hétérogénéité des écoulements en milieux calcaires (évolution irrégulière des débits de l'amont vers l'aval) et d'autre part l'adéquation des écoulements avec le contexte morpho-structural.

L'hétérogénéité des écoulements reflète le caractère anisotrope des aquifères calcaires. Les profils montrent l'existence de tronçons de cours d'eau qui présentent des rendements hydrologiques bien distincts caractéristiques des milieux calcaires. L'examen de profils hydrologiques de rivières lorraines drainant des bassins-versants à dominante calcaire (Esch, Aire, Chée, Aroffe) montre que l'hétérogénéité des ressources en eau est une constante dans la traversée des plateaux de revers des côtes lorraines (CEGUM, FUL d'Arlon, 1992, C. Taillez, 1994, A. Wehrli, 1993).

L'adéquation entre les profils hydrologiques et le contexte morpho-structural est illustrée par la comparaison avec les profils en long des deux cours d'eau. En effet l'évolution irrégulière des débits sur le linéaire des cours d'eau reflète la diversité des paramètres morpho-structuraux du bassin qui déterminent le potentiel aquifère. "*Le potentiel hydrogéologique du substratum est un paramètre prédominant dans l'explication de l'organisation des écoulements*" (M. Sary, 1993). Chaque tronçon est donc représentatif de conditions d'alimentation homogènes du cours d'eau.

1. Les profils hydrologiques de la Saulx.

Les profils hydrologiques de la Saulx permettent de différencier

nettement deux zones (fig.II.31).

La zone amont entre Pancey (S1) et Lavincourt (S12) se caractérise par des débits relativement faibles (moins de 300 l/s en période d'étiage) et stables voire décroissants vers l'aval.

En amont de Pancey, la Saulx est alimentée par les nombreuses émergences de déversement du Kimméridgien (Ornois). Les débits spécifiques élevés s'expliquent par la situation amont du sous-bassin.

Entre Pancey (S1) et Parroy/Saulx (S3), les débits bruts et spécifiques augmentent sensiblement; la Saulx recoupe la nappe des calcaires portlandiens au niveau de la percée conséquente.

Par contre entre Parroy/Saulx (S3) et Ménil/Saulx (S8), les débits bruts se stabilisent voire diminuent légèrement entre Morley (S5) et Dammarie/Saulx (S6) ce qui se traduit en débits spécifiques par une baisse importante.

Entre Ménil/Saulx (S8) et Lavincourt (S12) les écoulements restent très faibles et diminuent brutalement entre Ménil/Saulx (S8) et Stainville où le lit de la Saulx connaît un assec. A l'aval de Stainville, les écoulements sont uniquement assurés par le ruisseau de Nant.

Dans cette zone amont, l'influence karstique est manifeste. La Saulx traverse le synclinal de Treveray où elle est suspendue sur l'Oolithe de Bure au dessus de la nappe des calcaires de Dommartin (fig.II.33). "*Ses débits se stabilisent sur l'Oolithe de Bure (niveau semi-perméable et compact) voire diminuent au droit des failles de Morley et de Ménil/Saulx qui accentuent la dénivelée Saulx-nappe*" (A. Devos, 1996). Il en résulte une infiltration diffuse ou localisée au niveau de gouffres-perdes dans le lit du cours d'eau à Morley (F. Devaux, 1974-1979, laboratoire départemental de la Meuse, 1954). Sur ce tronçon, la Saulx alimente la nappe des Calcaires de Dommartin.

La confluence avec l'Orge, son principal affluent, entre Dammarie/Saulx (S6) et Bouchon/Saulx (S7) ne modifie pas l'évolution spatiale des débits de la Saulx. En effet les écoulements de l'Orge sont à l'image de ceux de la Saulx supérieure (fig.II.32). En traversant le synclinal de Treveray, l'Orge recoupe d'abord, la nappe des Calcaires Lithographiques qui lui garantit des débits faibles. Son cours s'assèche rapidement au niveau de Bure (infiltrations généralisées). L'écoulement devient pérenne lorsque l'Orge recoupe la nappe des calcaires de Dommartin, entre Bure et Ribeaucourt. Tant que la rivière coule sur l'Oolithe de Bure, ses débits se stabilisent ou diminuent très légèrement (infiltrations limitées). Par contre à l'aval de Couvertpuis, elle quitte l'Oolithe de Bure et s'infiltre totalement dans les Calcaires de Dommartin. Son cours, asséché de Couvertpuis à la confluence avec la Saulx est dénué de chenal d'écoulement. L'Orge ne conflue avec la Saulx qu'en période de crue exceptionnelle.

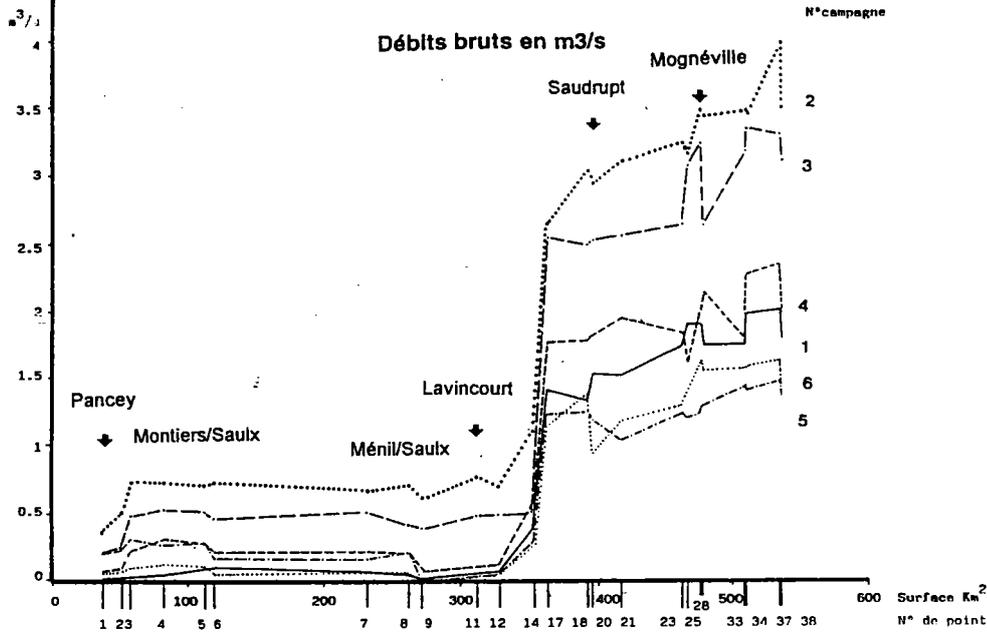
La zone synclinale de Treveray est donc propice à la concentration des eaux souterraines aux dépens du réseau hydrographique de surface.

La zone aval entre Lavincourt (S12) et Sermaize-les-Bains (S38) se caractérise par des débits soutenus et abondants.

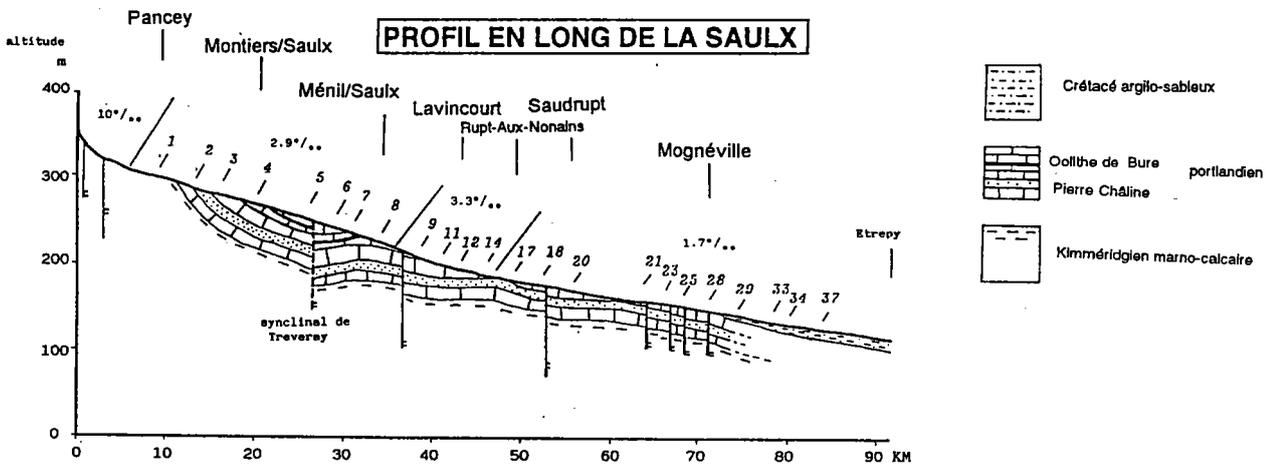
Les débits bruts et spécifiques augmentent brutalement (multiplication des débits bruts par 7 en moyenne) sur une courte distance (gain de surface de 10 km²) entre Bazincourt/Saulx (S14) et Rupt-aux-Nonains (S17). La Saulx draine le flanc sud de l'anticlinal de Bar-le-Duc et recoupe la nappe des calcaires de Dommartin dont le mur (Pierre Châline) affleure à Rupt-aux-

fig. II.31

PROFILS HYDROLOGIQUES DE LA SAULX



PROFIL EN LONG DE LA SAULX



PROFILS HYDROLOGIQUES DE LA SAULX

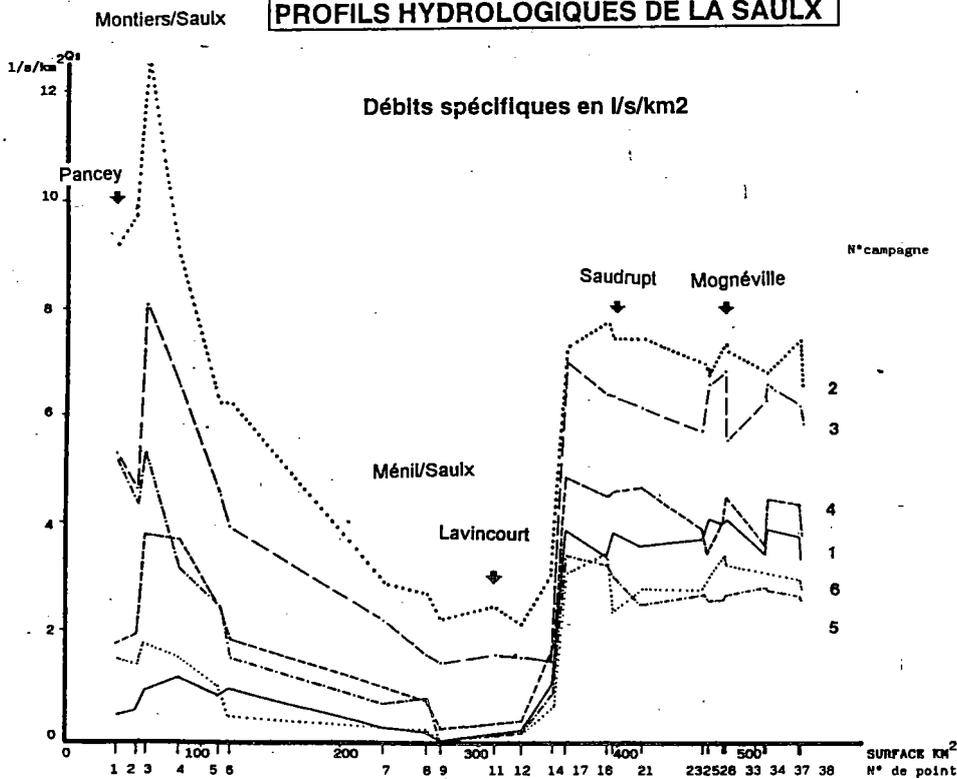
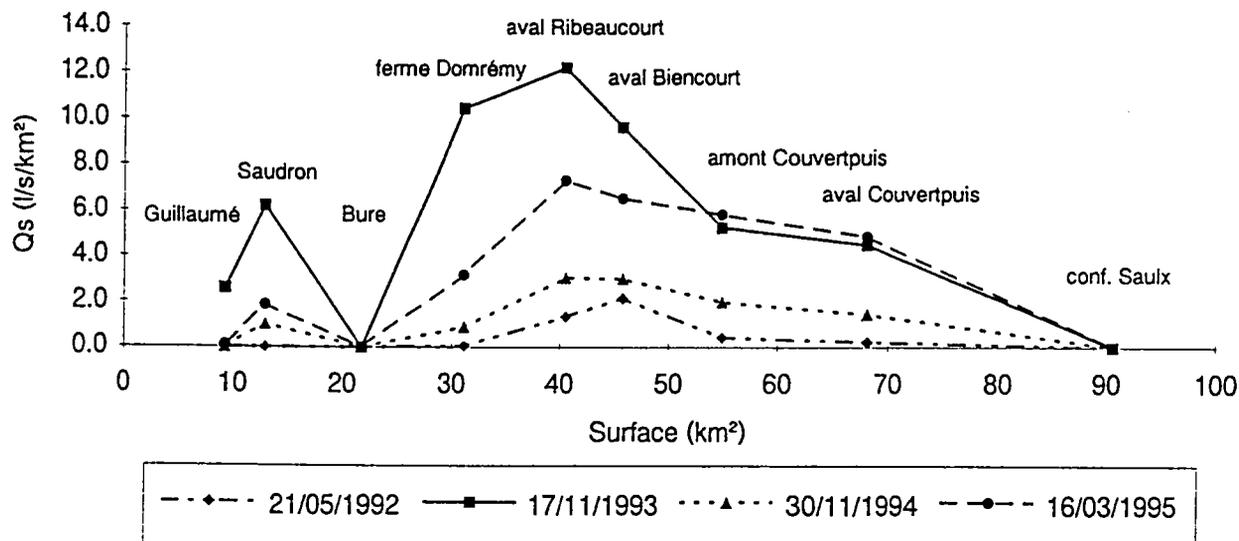
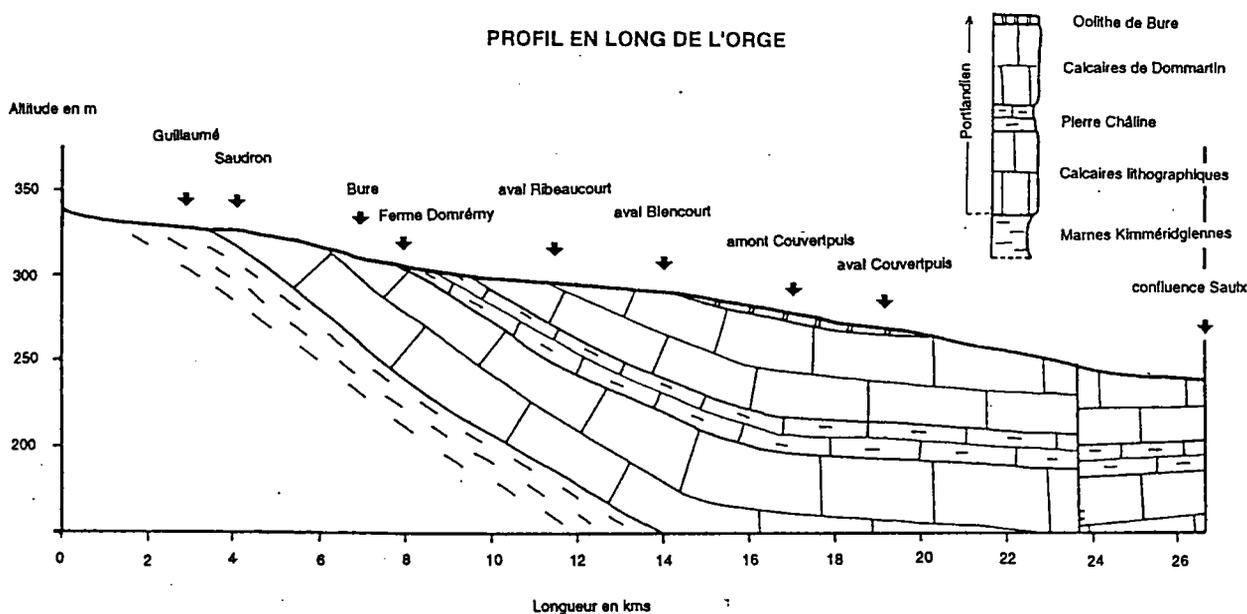


fig. II.32

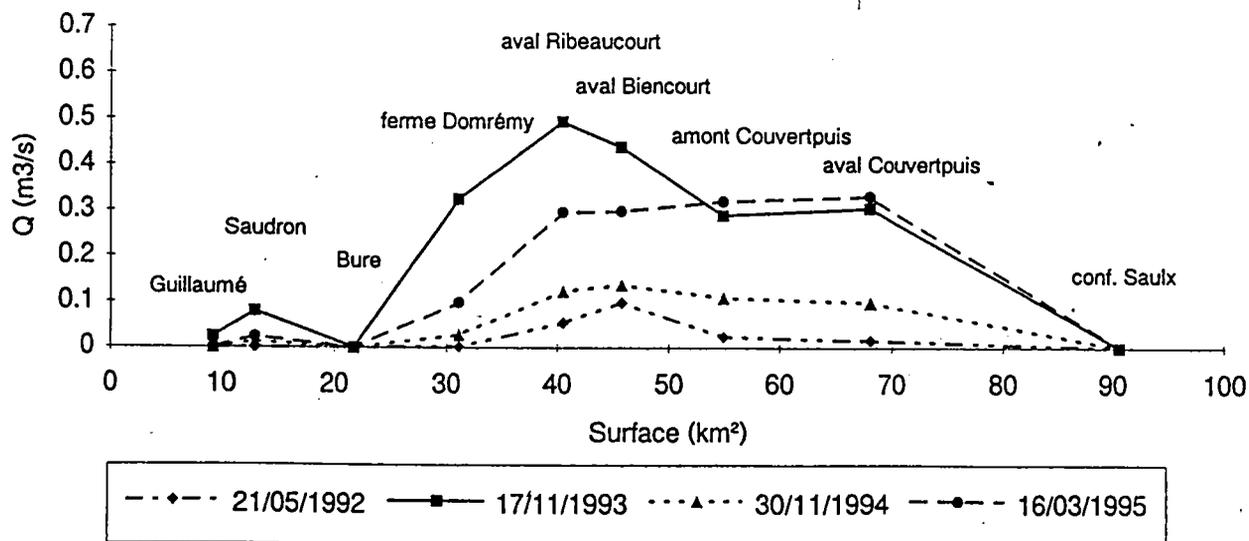
PROFILS HYDROLOGIQUES DE L'ORGE (débits spécifiques)



PROFIL EN LONG DE L'ORGE



PROFILS HYDROLOGIQUES DE L'ORGE



Nonains ce qui provoque un véritable déversement de la nappe (fig.II.33). Le gradient hydraulique entre la zone d'infiltration (synclinal de Treveray) et la zone de déversement provoque un artésianisme des eaux illustré par les bouillons de Rupt-aux-Nonains et du Moulinet (Lavincourt). Cependant, les exurgences connues ne constituent que 30% de l'augmentation des débits témoignant d'apports importants dans le lit de la Saulx.

Entre Rupt-aux-Nonains (S17) et Sermaize-les-Bains (S38), les débits de la Saulx augmentent régulièrement mais faiblement ce qui se traduit par des débits spécifiques stables. En amont de Mognéville (S28) les débits de la Saulx sont soutenus par des apports latéraux (exurgences, affluents) et le drainage de la nappe des Calcaires de Dommartin qui lui garantit des débits abondants et soutenus.

Les exurgences de rive gauche sont les exutoires de réseaux karstiques alimentés par le karst de contact litho-stratigraphique Crétacé-Portlandien (Rupt-du-Puits, Vieux-Jean d'Heurs). L'étude approfondie du Rupt du Puits (S. Jaillot, 1995) a montré la faiblesse probable des systèmes annexes et la représentativité du réseau (karst d'infiltration). Les débits médiocres observés aux principales exurgences n'expliquent pas les débits spécifiques aussi élevés sur ce tronçon. Le drainage de nappe s'effectue par des exurgences sous-alluviales suite au remblaiement tardiglaciaire de la vallée de la Saulx. Les fosses observées dans le lit du cours d'eau (A. Devos, D. Jacquemin, 1996) témoignent du recoupement d'un paléo-chenal fossilisé par les alluvions holocènes qui correspond vraisemblablement à une zone privilégiée de drainage de la nappe portlandienne (alimentation sous-alluviale).

A l'aval de Mognéville, la Saulx quitte le Barrois, pour drainer la plaine alluviale du Perthois. La nappe portlandienne, captive sous la couverture crétacée est relayée par la nappe des sables albiens.

Cependant, sur le tronçon aval, l'analyse des écoulements est aléatoire du fait des fluctuations de débits d'origine anthropiques.

L'organisation spatiale des écoulements en période d'étiage est conforme au contexte morpho-structural qui détermine les potentialités aquifères du bassin-versant. Les traçages effectués confirment les observations de l'étude des profils hydrologiques.

2. Les profils hydrologiques de l'Ornain.

L'interprétation des profils hydrologiques de l'Ornain pose plus de problèmes que pour la Saulx. Les écoulements sont fortement influencés par les prises et rejets du canal de la Marne au Rhin ; c'est pourquoi l'analyse des profils en débits bruts est aléatoire.

Les débits naturels ont été reconstitués à partir du bilan des échanges entre l'Ornain et le canal (3ème partie). Néanmoins, les profils obtenus témoignent de l'évolution globale des débits de l'Ornain de l'amont vers l'aval (fig.II.34).

Les profils hydrologiques de l'Ornain permettent de différencier quatre zones où les écoulements sont homogènes.

La zone amont correspond au Haut-Pays et aux bassins-versants de la Maldite et de l'Ognon (amont ON1). Lors des 6 campagnes (situation d'étiage et de basses-eaux) la Maldite et l'Ognon était en assec sur l'ensemble de leur cours. Ces deux cours d'eau sont perchés par rapport aux principales exurgences de l'aquifère oxfordien dont le mur est représenté par les Argiles à Chailles. Les écoulements nés des exurgences séquanien s'infiltrent très rapidement au contact des calcaires oxfordien (s.s.) au niveau des Fontaines. Le plateau des Hauts-Pays correspond à une vaste zone d'infiltration généralisée qui alimente la nappe oxfordienne. Sa surface piézométrique est trop basse en période d'étiage et de basses-eaux pour alimenter les cours d'eau; elle ne recoupe le lit de la Maldite (source du Routeuil) et de l'Ognon (terres émissifs en fond de vallée) qu'en période de hautes-eaux (limite de nappe captive).

La zone inférieure, entre la confluence Maldite-Ognon (ON1) et Houdelaincourt (ON3) correspond à la naissance de l'Ornain et à une augmentation importante des débits bruts et spécifiques, sans apport d'affluents majeurs. A l'aval immédiat de la confluence Maldite-Ognon, les écoulements deviennent pérennes au niveau de l'étang des Moines (émergence noyée). La nappe oxfordienne (s.s.) devient captive sous les formations marno-calcaires du Séquanien et du Kimméridgien. Entre le point ON1 et Houdelaincourt (ON3), l'Ornain traverse le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château dont les failles et les fissures annexes permettent la remontée artésienne des eaux captives de l'Oxfordien (s.l.). L'Ornain est alors alimentée par les nombreuses émergences du Vaucheron (bras-affluent de rive gauche) et par des apports sous-alluviaux (élargissement de la plaine alluviale dans le fossé tectonique).

La zone inférieure entre Houdelaincourt (ON3) et Fains-les-Sources (ON23) correspond à la traversée du Barrois. Les débits bruts augmentent régulièrement alors que les débits spécifiques stagnent entre 1 et 2 l/s/km² en situation d'étiage malgré les apports des affluents de rive droite (Barboure, Malval, Salmagne, Noitel).

Entre Demanges-aux-Eaux (ON7) et Ménaucourt (ON9) l'Ornain traverse le synclinal de Treveray où elle recoupe la nappe des Calcaires Lithographiques du Portlandien (rendements stabilisés).

Entre Ménaucourt (ON9) et Longeville-en-Barrois (ON19) l'Ornain draine l'aquifère multicouche du Kimméridgien sur l'anticlinal de Bar-le-Duc. Les rendements relativement faibles, se stabilisent (campagnes n°1, 3, et 6) voire diminuent très légèrement (campagnes n°2, 4 et 5) ce qui montre les faibles potentialités aquifères du Kimméridgien.

Entre Longeville-en-Barrois (ON19) et Fains-les-Sources (ON23) on perçoit une timide augmentation des débits bruts et spécifiques dans la traversée des calcaires portlandiens qui affleurent au niveau du flanc sud du synclinal de Révigny/Ornain. L'Ornain recoupe la nappe des calcaires lithographiques et recrute en rive gauche le ruisseau de Fains (alimenté par de nombreuses exurgences) et la sources du Canal. Les sources de Fains, légèrement perchées d'une dizaine de mètres au dessus de l'Ornain, sont vraisemblablement (selon les traçages réalisés) les exutoires des circulations karstiques issus de la Saulx supérieure. Le synclinal de Treveray est

fig. II.33

SCHEMA D'ALIMENTATION DE LA SAULX BARROISE

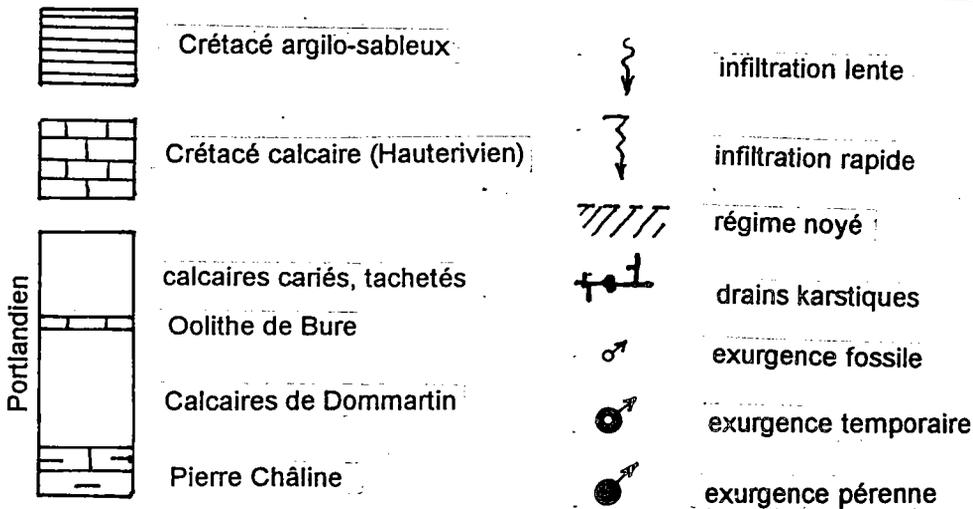
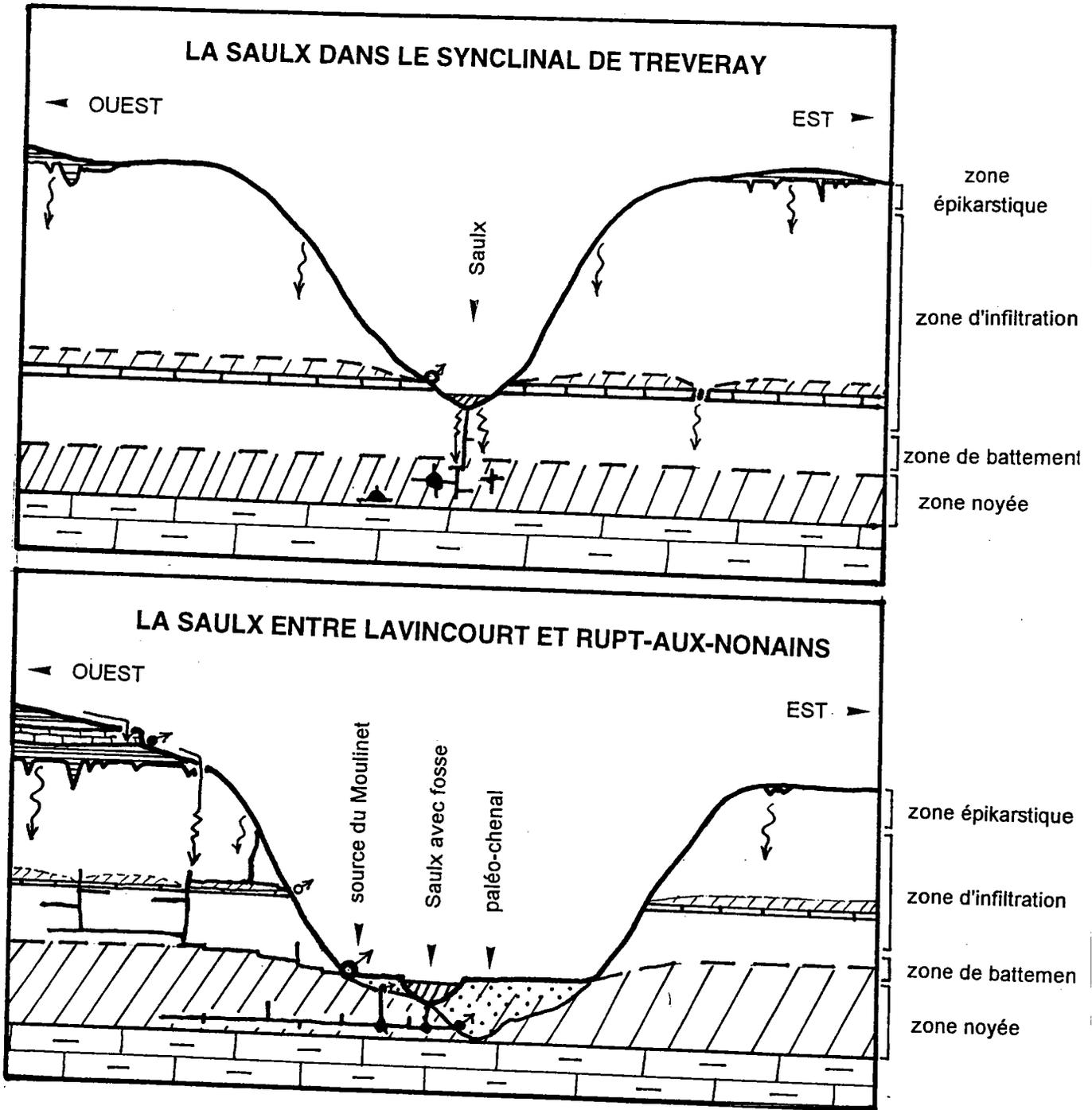
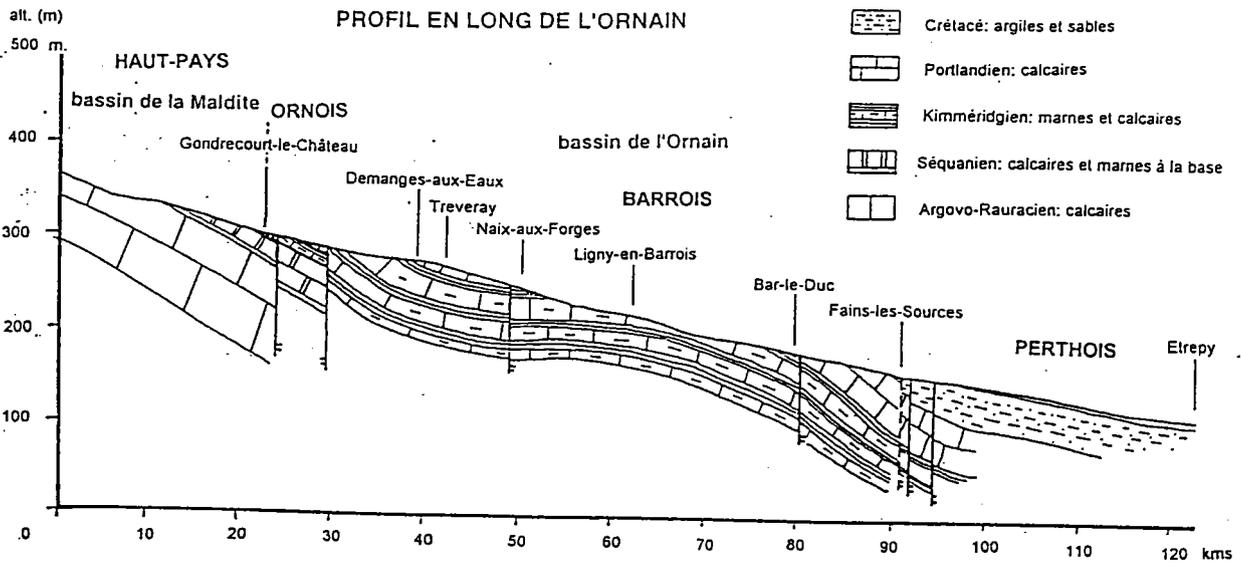
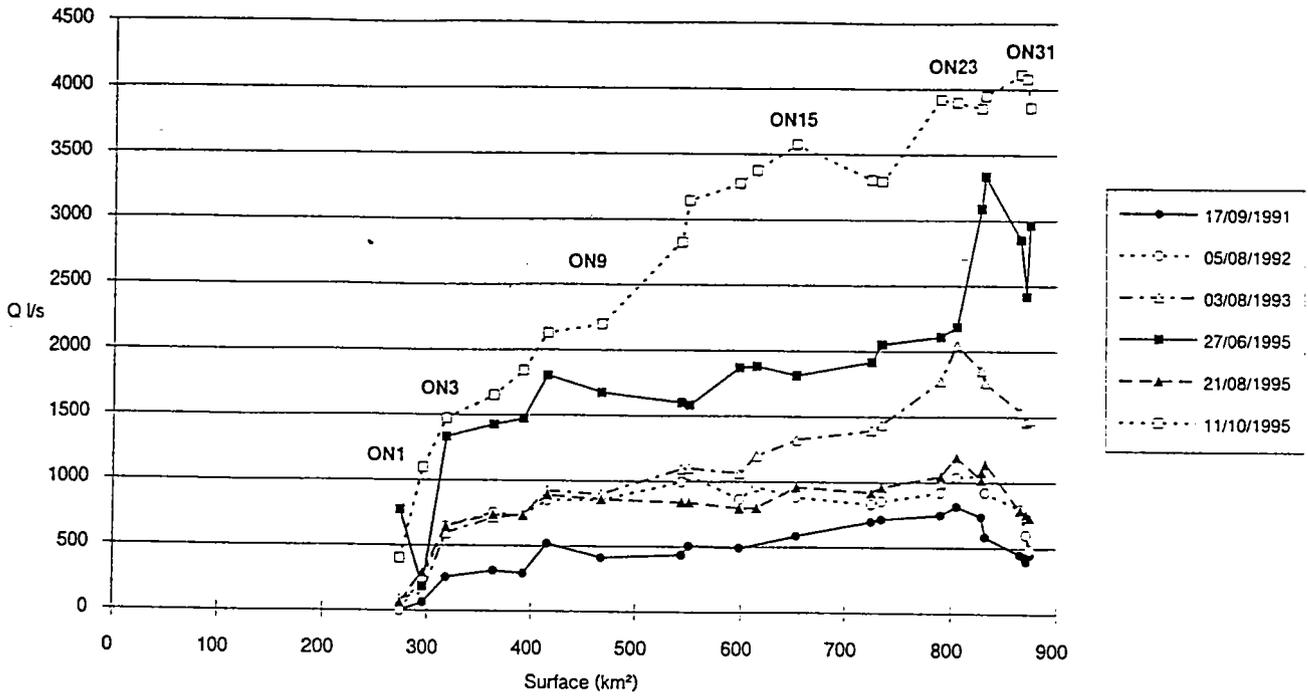
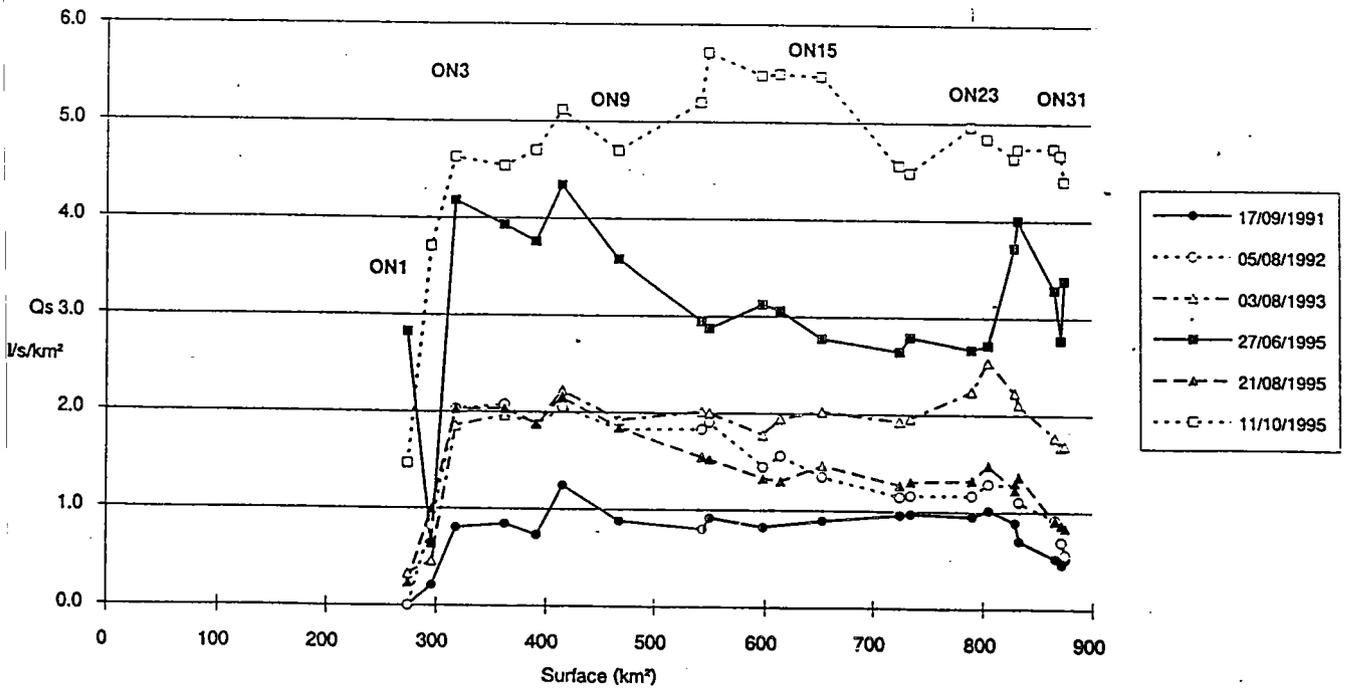


fig. II.34

PROFILS HYDROLOGIQUES DES DEBITS RECONSTITUES DE L'ORNAIN (en l/s)



PROFILS HYDROLOGIQUES DES DEBITS RECONSTITUES DE L'ORNAIN (en l/s/km²)



effectivement perché par rapport aux exurgences et les failles de Fains-Véels prolongent le réseau de faille d'Haironville sur la Saulx. La tectonique cassante guiderait ainsi les circulations souterraines du bassin-versant de la Saulx vers celui de l'Ornain.

Cependant, l'interprétation des traçages reste aléatoire du fait des conditions opératoires douteuses.

Dans ce secteur l'aquifère portlandien est en limite de nappe captive sous les formations du Crétacé.

La zone inférieure entre Fains-les-Sources (ON23) et Etrepy (ON32) correspond à la partie perthoise du bassin-versant. Les débits bruts et spécifiques diminuent sensiblement ce qui témoigne de l'indigence des aquifères crétacés et de la diffusion des écoulements dans les alluvions. La position centrale de l'Ornain dans la plaine alluviale de Révigny/Ornain accentue les pertes diffuses (épaisseur maximale des alluvions) alors que la Saulx draine les sables albiens en bordure méridionale de la plaine (faible épaisseur des alluvions).

La nappe portlandienne captive sous les formations du Crétacé n'alimente plus l'Ornain. Le fossé tectonique de Laimont accélère le passage de nappe libre à nappe captive d'où une diminution brutale et systématique des débits à l'aval de Fains-les-Sources.

En période d'étiage sévère (campagnes n°1, 2 et 5) la diminution naturelle des débits reconstitués est telle que les écoulements de l'Ornain sont réduits de moitié voire disparaissent (débits mesurés) au niveau de Rancourt/Ornain (ON31).

A l'image de la Chée (A. Wehrli, 1993) et de la Saulx, l'Ornain divague sur ses propres alluvions en équilibre avec la piézométrie de la nappe alluviale. Dans les zones de rétrécissement de la plaine alluviale (Alliancelle-Sermaize) l'Ornain recoupe la nappe phréatique (reprise de l'écoulement) alors qu'ailleurs elle s'infiltré pour alimenter cette même nappe (trous d'eau). L'analyse des écoulements de surface sur ce tronçon est donc aléatoire ce qui explique l'abandon précoce de la station hydrométrique de Rancourt/Ornain.

L'étude des profils hydrologiques réalisés avec les débits bruts apporte une bonne connaissance de l'organisation des écoulements de la Saulx et de l'Ornain en basses-eaux. Elle permet de mettre en évidence les relations complexes entre les eaux souterraines et les eaux de surface qui s'organisent en un découpage en tronçons où les conditions d'écoulement sont homogènes.

Le lissage des profils hydrologiques permet d'estomper certaines fluctuations d'origine anthropique et de déterminer les débits caractéristiques d'étiage en un endroit précis du cours d'eau.

b. Profils hydrologiques lissés.

Le lissage des profils hydrologiques a été réalisé à partir de "*l'étude méthodologique des débits d'étiage*" de l'agence de l'eau Rhin-Meuse et du CEGUM (J.C. Auer, D. François, M. Sary, J.F. Zumstein, 1994).

1. Méthode utilisée.

Le lissage des profils hydrologiques peut être effectué en considérant qu'il existe une relation entre le débit Q et la surface A correspondante du bassin-versant selon la loi générale:

$$Q = h.A^g$$

où

Q est le débit lissé

A est l'aire du bassin-versant en km^2

h est fonction de l'état des réserves

g est fonction des modalités

d'écoulement.

En coordonnées logarithmiques, cette fonction se traduit par une droite:
 $\text{Log}Q = \text{Log}h + g\text{Log}A$.

Lorsque le bassin-versant est homogène, les modalités d'écoulement sont identiques sur l'ensemble du cours d'eau ce qui se traduit par un profil hydrologique à une seule droite (g constant). Mais généralement, sur graphe à coordonnées logarithmiques, les points de mesures s'organisent en plusieurs segments de droite caractéristiques de modalités d'alimentation du cours d'eau hétérogènes dans le bassin-versant. La détermination des paramètres g et h se fait graphiquement pour chaque campagne de mesure.

En considérant que les rendements hydrologiques varient de manière homogène d'une campagne à l'autre, les profils hydrologiques présentent un parallélisme. Pour chaque segment de droite, g est constant car "*il dépend des facteurs permanents qui conditionnent la concentration des écoulements dans le cours d'eau*" (M. Sary, 1993). Ce paramètre rend compte des variations spatiales des rendements hydrogéologiques du bassin. Par contre les valeurs de h varient selon les campagnes puisqu'elles dépendent de l'état des réserves souterraines, donc des précipitations.

Connaissant d'une part les surfaces aux limites des segments et d'autre part, la pente correspondante (g), il est possible de caler le profil hydrologique lissé sur un débit caractéristique d'étiage à la station hydrométrique de référence. On peut alors déterminer le débit en tout point du cours d'eau pour une situation hydrologique d'étiage caractéristique. Cette méthode semble bien adaptée aux cours d'eau drainant des milieux calcaires puisqu'à l'inverse de la méthode des débits spécifiques extrapolés, elle respecte l'hétérogénéité spatiale des ressources en eau qui est l'apanage des bassins calcaires.

2. Application à la Saulx.

Les profils hydrologiques de la Saulx montrent un certain parallélisme avec toutefois une différenciation nette entre l'amont et l'aval et entre certaines campagnes (annexe II.27).

En effet, l'amplitude des pertes de Morley et de Ménil/Saulx augmente

fig. II.35

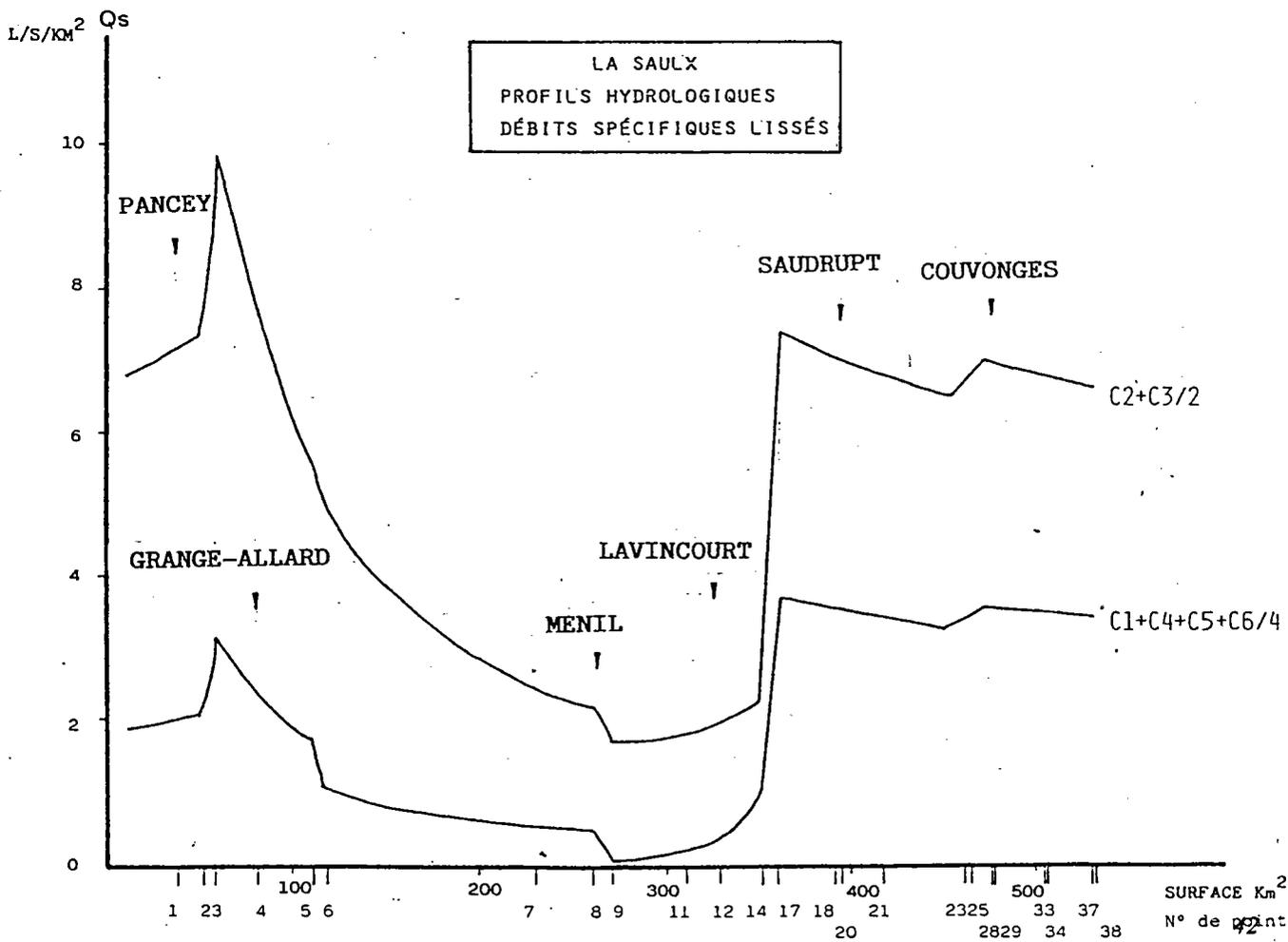
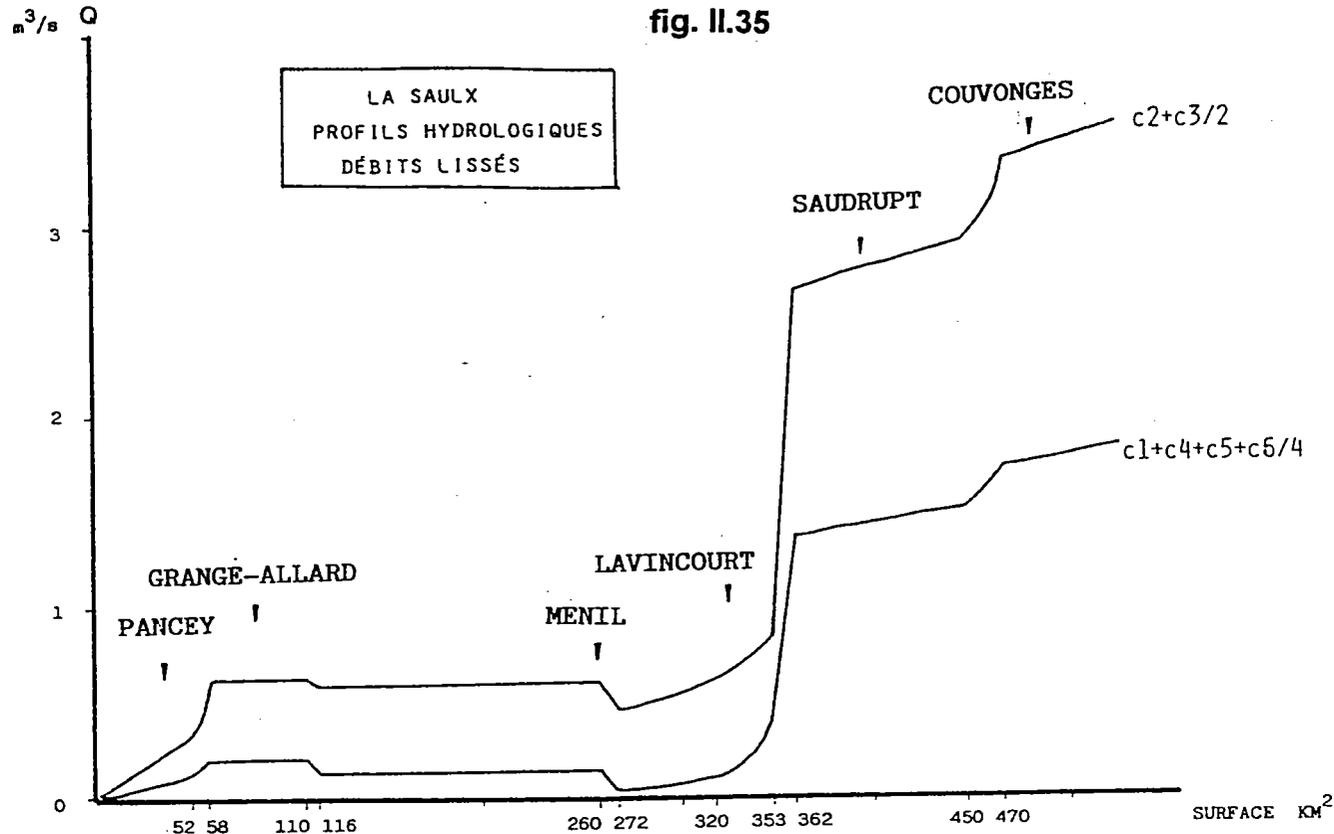
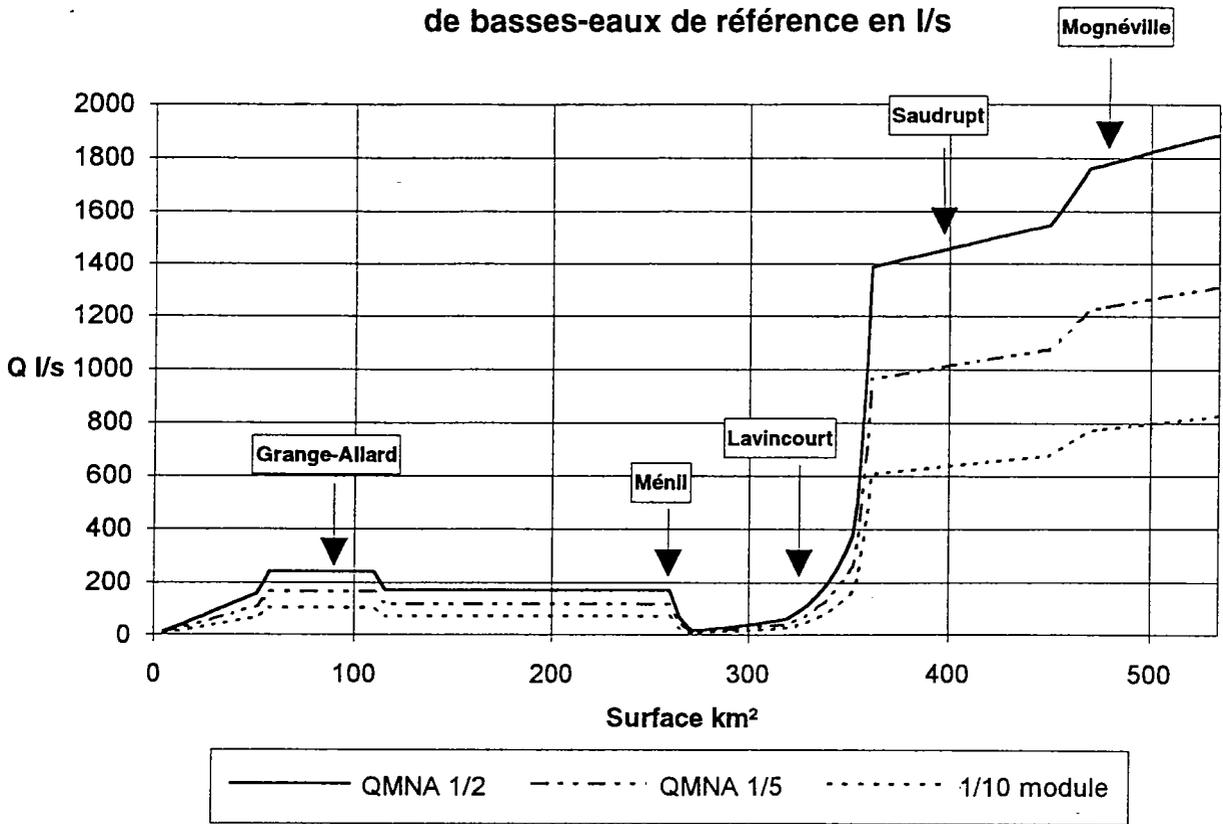
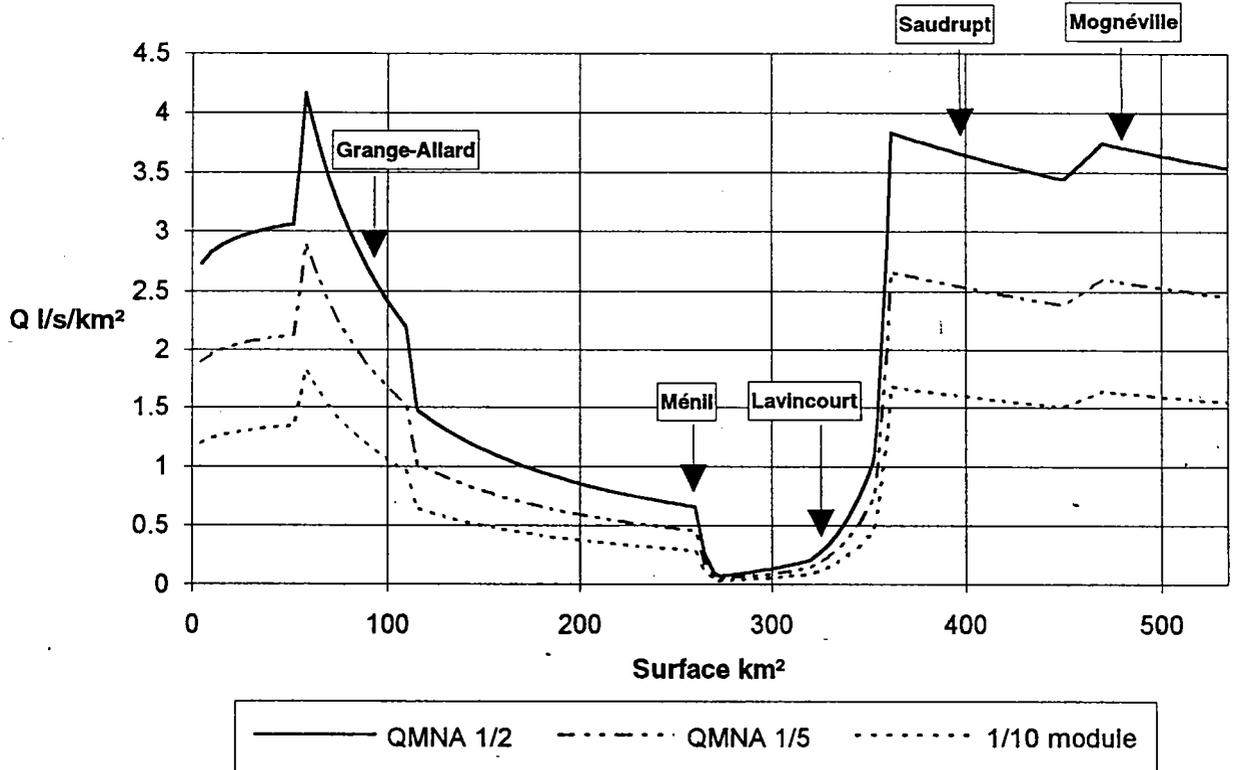


fig. II.36

La Saulx : Profils hydrologiques
de basses-eaux de référence en l/s



La Saulx : Profils hydrologiques
de basses-eaux de référence en l/s/km²



corrélativement à la sévérité des étiages. La relation amplitude des pertes-indice de sévérité semble non linéaire mais logarithmique (annexe II.28). Lors des campagnes réalisées en étiage sévère, les pertes sont franches alors qu'en période de basses-eaux elles sont à peine perceptibles voire absentes (stagnation des débits). Ce double comportement hydrogéologique (phénomène tantôt absorbant, tantôt émissif) qui s'observe particulièrement bien sur l'Orge entre Ribeaucourt et Couvertpuis souligne le rôle fondamental des échanges nappes-rivière dans l'évolution des débits de l'amont vers l'aval. Les pertes localisées de la Saulx et de l'Orge peuvent à ce titre, être désignées par le terme d'estavelles (P. Fénelon, 1967).

L'augmentation brutale des débits entre Lavincourt et Rupt-aux-Nonains dépend également de la sévérité des étiages (corrélation linéaire). En étiage sévère, l'accroissement brutal des débits est en proportion plus important qu'en basses-eaux.

Compte tenu de ces observations, le lissage ne peut être réalisé à partir d'un profil hydrologique de référence (parallélisme observé uniquement sur le tronçon correspondant au drainage de la nappe des Calcaires de Dommartin). Néanmoins on peut définir grossièrement deux types de profils:

- ceux représentatifs de situation hydrologique de basses-eaux où les pertes de l'amont sont peu marquées (campagnes n°2 et 3)

- ceux représentatifs de situation d'étiage où les pertes sont nettement marquées (campagnes n°1, 4, 5, et 6).

La méthode du lissage s'applique sur les valeurs moyennes des deux groupes de campagnes. Les profils hydrologiques réalisés sur graphe Log-Log (annexe II.27) dégagent 12 tronçons d'écoulement homogène sur la Saulx:

- dans la partie amont, les 6 tronçons mettent en évidence le recoupement de la nappe portlandienne en amont de Parroy/Saulx (tronçons 1 et 2), la stagnation des débits (tronçons 3 et 5) et les pertes de Morley (tronçon 4) et de Ménil/Saulx (tronçon 6)

- dans la partie aval, les deux premiers tronçons sont représentatifs de l'alimentation de la Saulx par les affluents de rive droite (Nant, Montplonne), alors que le troisième correspond au recoupement de la nappe des Calcaires de Dommartin entre Bazincourt/Saulx et Rupt-aux-Nonains; plus à l'aval, deux tronçons apparaissent de part et d'autre d'une petite augmentation de débit entre Robert-Espagne (S23) et Couvonges (S28) liée aux exurgences du secteur (Rupt-du-Puits, Couvonges).

Le lissage des profils permet ainsi d'estomper les influences d'origine anthropique (fig.II.35) tout en respectant les fluctuations naturelles. Le calage du profil hydrologique aux débits caractéristiques d'étiage (QMNA de fréquence 1/2, 1/5 et le 10ème du module) a été réalisé à partir de l'équation des segments de droite correspondant à une situation hydrologique d'étiage (fig.II.36). Cependant, les profils caractéristiques ne rendent pas compte de l'assèchement de la Saulx entre Ménil/Saulx et Stainville ce qui s'explique d'une part par la méthode utilisée (problème des débits nuls en coordonnées

logarithmiques) et d'autre part par les difficultés de cerner l'amplitude des pertes en fonction de la sévérité d'étiage.

Néanmoins la méthode des profils lissés apparaît de toute évidence comme la mieux adaptée pour la détermination des débits caractéristiques d'étiage en un endroit précis du cours d'eau. Elle permet de connaître la représentativité de la station hydrométrique de Mognéville qui ne surveille que de la zone aval. On regrette alors la destruction de la station de Lavincourt qui était représentative de la zone amont...

3. Application à l'Ornain.

Les profils hydrologiques reconstitués de l'Ornain, réalisés sur graphe Log-Log (annexe II.27) décrivent 4 segments de droite représentatifs chacun de tronçons où les conditions d'écoulement du cours d'eau sont homogènes:

- le tronçon 1 (amont de Houdelaincourt) correspond à la traversée du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château. Les segments de droite ne sont pas parallèles ; leur pente varie en fonction de la sévérité d'étiage mais reste forte, témoignant de l'alimentation quasi-artésienne de l'Ornain par la nappe oxfordienne

- le tronçon 2 se caractérise par sa faible pente correspondant à la traversée des calcaires portlandiens et des marno-calcaires kimméridgiens entre Houdelaincourt (ON3) et Bar-le-Duc (790 km²)

- la pente importante du tronçon 3 est représentative d'apports (exurgences karstiques de rive gauche) dans la traversée des calcaires portlandiens

- le dernier tronçon présente une pente négative qui traduit les pertes par infiltration dans les alluvions du Perthois.

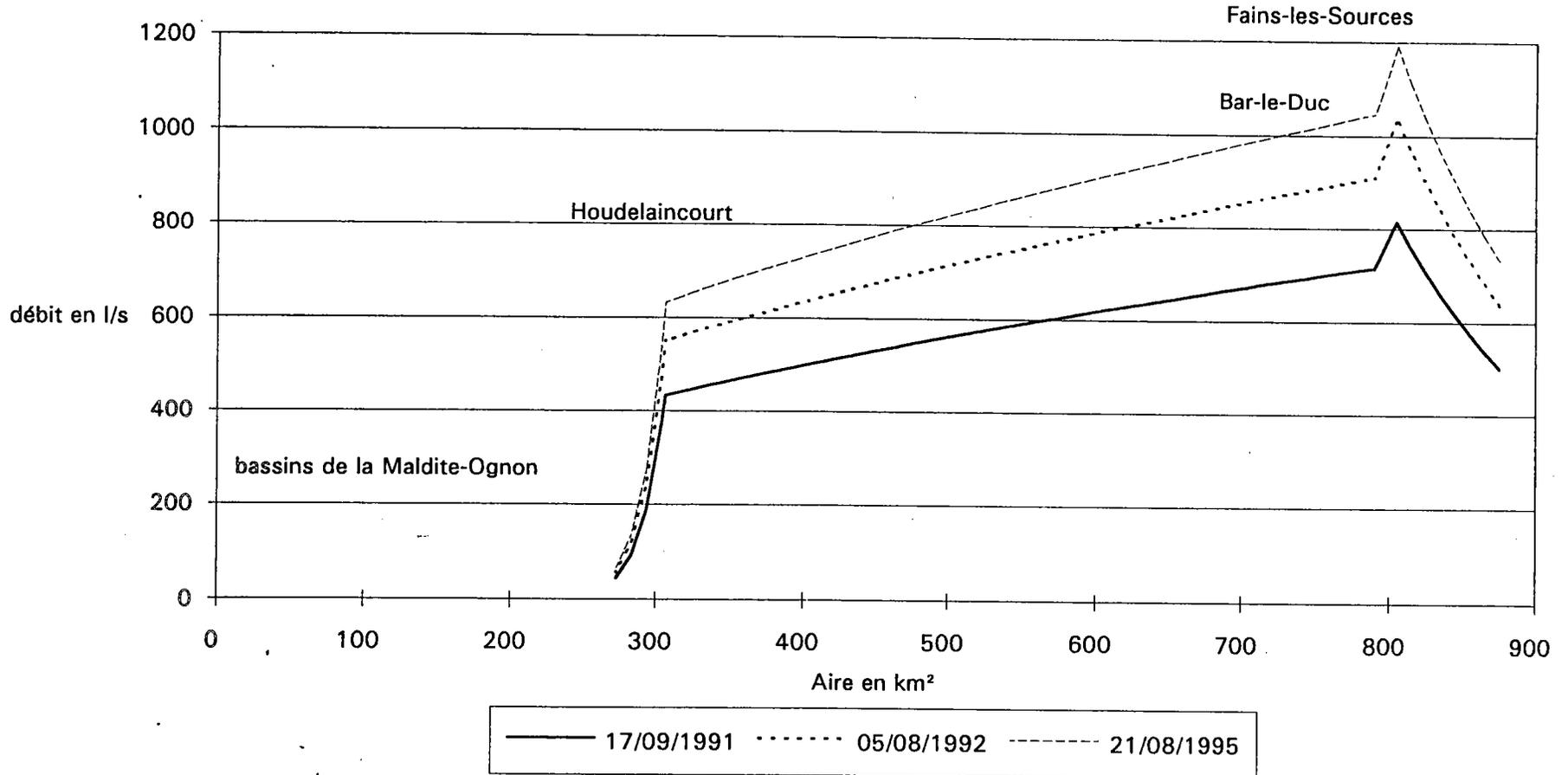
Le parallélisme des profils n'est pas systématiquement vérifié ce qui est lié à l'hétérogénéité des situations hydrologiques et au mode de calcul des débits reconstitués. Nous préférons considérer la campagne du 21/08/95 comme référence pour le calcul des équations de droite car elle est la plus représentative d'écoulements en situation d'étiage et a fait l'objet de mesures sur les prises et rejets du canal (à la différence de la campagne du 17/09/91 pourtant plus sévère).

Le lissage des profils hydrologiques reconstitués de l'Ornain ne porte que sur les trois campagnes les plus sévères car les autres ne sont pas représentatives de situation d'étiage (fig.II.37).

Cependant, ils ne reflètent qu'une situation hydrologique naturelle hypothétique et non influencée par les prises et rejets du canal dont les influences seront développées dans la troisième partie.

fig. II.37

PROFILS HYDROLOGIQUES RECONSTITUES ET LISSES DE L'ORNAIN (campagnes d'été)



Les profils hydrologiques ont permis de montrer l'organisation générale des écoulements de la Saulx et de l'Ornain en basses-eaux. Ils mettent en évidence les caractères anisotropes, discontinus et complexes des aquifères calcaires.

L'étude succincte des profils de température et de conductivité a pour objectif de préciser le mode d'alimentation des deux cours d'eau et de comparer les résultats aux profils hydrologiques.

B. PROFILS DE TEMPERATURES ET DE CONDUCTIVITE.

a. Généralités.

"La conductivité est l'expression de la charge dissoute" (S. Jaillet, 1996), elle rend compte de la minéralisation des eaux par la quantité d'ions en solution (M. Bakalowicz, 1974, 1975). C'est donc un paramètre fondamental de détermination du mode d'alimentation des cours d'eau.

Il est reconnu que les variations des températures de l'air s'estompent au-delà de 3 m de profondeur et que la température des eaux souterraines est invariable au cours de l'année (F. Petit, M. Epicum, 1987).

Température et conductivité témoignent donc de l'origine des eaux en situation de basses-eaux. Une eau à forte conductivité, fraîche en été (ou chaude en hiver) et à température stable (isothermie) est représentative d'écoulements en régime noyé. A l'inverse, une eau faiblement chargée et sensible aux variations de températures extérieures (froide en hiver, chaude en été) est tributaire de la zone d'infiltration où l'eau de surface importe rapidement ses propres caractéristiques physico-chimiques en profondeur.

C'est pourquoi, nous avons réalisé les profils de température et de conductivité (ramenée à 20°C) de la Saulx en situation de hautes et de basses-eaux. Le groupe AREA a bien voulu nous communiquer les résultats de plusieurs campagnes où les variations nycthémérales ont été observées. Les points de mesure correspondent à ceux retenus pour les campagnes de jaugeage.

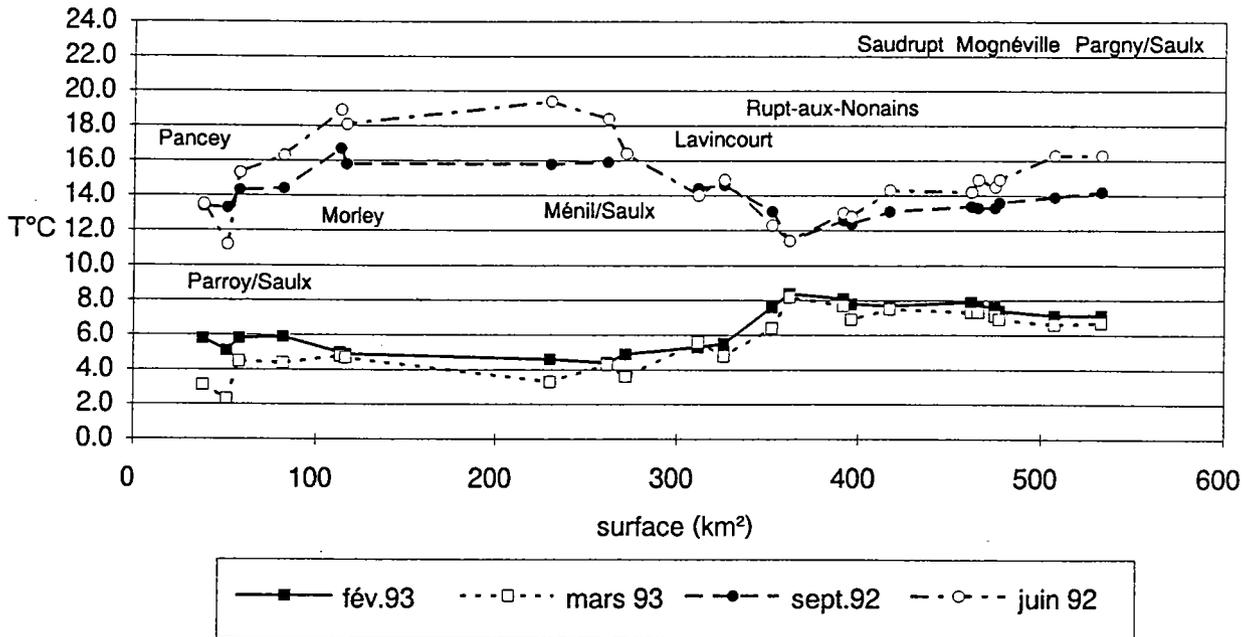
Malheureusement, aucune campagne n'a été entreprise sur l'Ornain compte tenu des influences du canal de la Marne au Rhin, des rejets urbains et industriels entre Ligny-en-Barrois et Bar-le-Duc et des pénuries d'effectifs ou de matériel. Ce type de mesure nécessite effectivement une mobilisation de moyens en personnel important de manière à saisir des mesures ponctuelles quasi-concomitantes (variations diurnes).

b. Les profils de températures.

Les mesures relevées le matin et le soir permettent non seulement de

fig. II.38

PROFILS DE TEMPERATURES DE LA SAULX (MATIN) sources: AREA



PROFILS DE TEMPERATURES DE LA SAULX (SOIR) sources: AREA

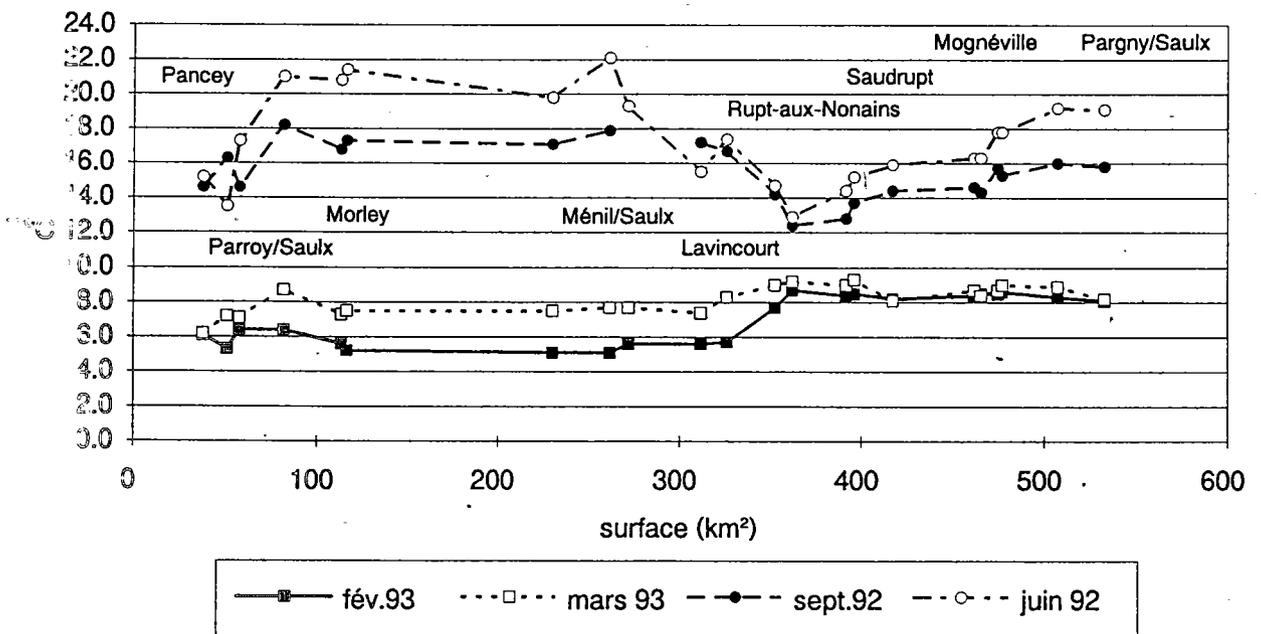
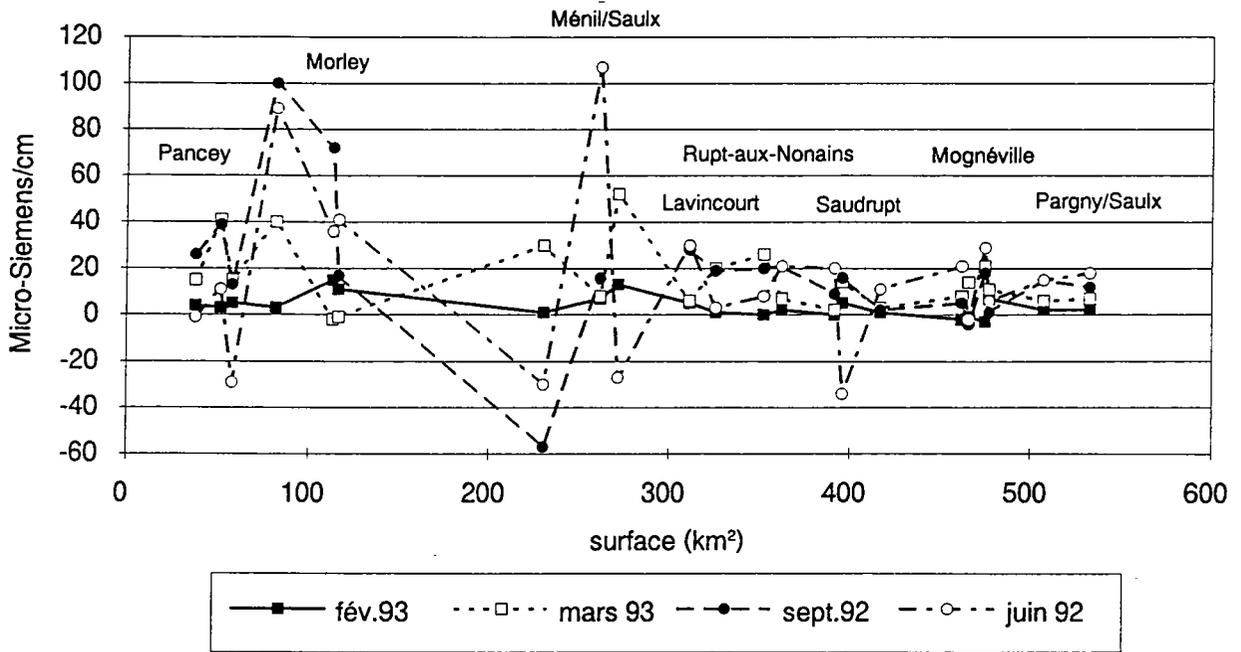
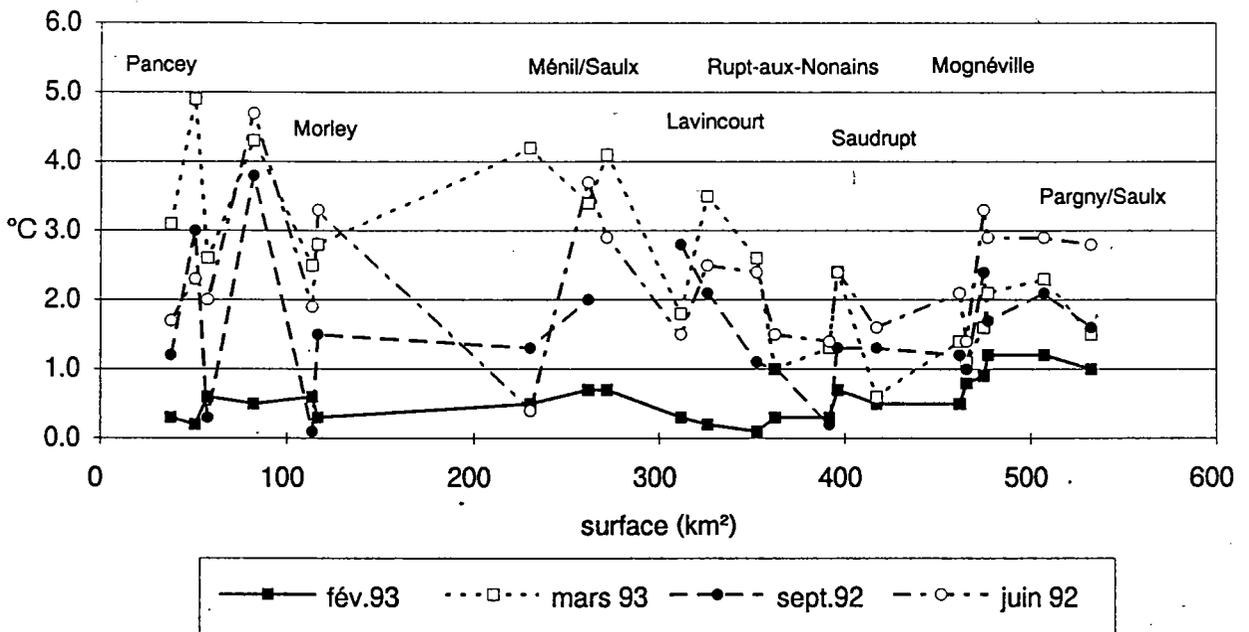


fig. II.39

PROFILS DES VARIATIONS NYCTHEMERALES DE LA CONDUCTIVITE SUR LA SAULX (sources: AREA)



PROFILS DES AMPLITUDES THERMIQUES NYCTHEMERALES SUR LA SAULX (sources: AREA)



montrer l'évolution des températures de l'amont vers l'aval (fig.II.38) mais également les variations nyctémérales (fig.II.39) à chaque point d'observation.

Sur les 4 campagnes, deux ont été réalisées en situation d'étiage (juin et septembre 1992) et l'autre moitié, en situation de basses-eaux hivernales.

En période d'étiage, les profils des températures présentent, comme les profils hydrologiques, deux zones bien différenciées:

- en amont de Lavincourt, les températures sont les plus importantes (maximum à 22°C) et reflètent les températures estivales de l'atmosphère; la Saulx alimente la nappe des Calcaires de Dommartin par ses infiltrations ce qui se traduit par des vitesses réduites de transit et un non renouvellement de l'eau (ruissellement) d'où des températures élevées

- à l'aval de Lavincourt, les températures diminuent fortement (minimum à 11°C) jusqu'à Hironville (recoupement de la nappe) avant de croître régulièrement mais de manière modérée (drainage de la nappe) jusqu'à la confluence avec l'Ornain (15°C).

En période de basses-eaux hivernales, les profils thermiques s'inversent avec des températures plus faibles en amont qu'à l'aval. Le recoupement de la nappe se traduit par une augmentation significative des températures entre Lavincourt et Hironville.

L'analyse des variations nyctémérales des températures est aléatoire car elles sont très contrastées sur l'ensemble du cours d'eau (fig.II.39). Ces contrastes s'expliquent par la multiplicité des paramètres conditionnels déterminant les variations des températures dans la journée (exposition lumineuse, activité photosynthétique des plantes aquatiques, minéralisation, influences anthropiques). Néanmoins, on peut les apprécier par l'amplitude des variations nyctémérales extrêmes. Elle est contrastée et importante dans la zone amont (infiltrations) et diminue de Lavincourt à Ville/Saulx (recoupement de la nappe) où elle est nulle. La présence immédiate d'une fosse dans le lit de la Saulx (Fosse aux Cloches) au niveau de Ville/Saulx pourrait expliquer la stabilité parfaite de la température dans la journée. Dans ce cas, les fosses seraient bien des regards sur la nappe des Calcaires de Dommartin.

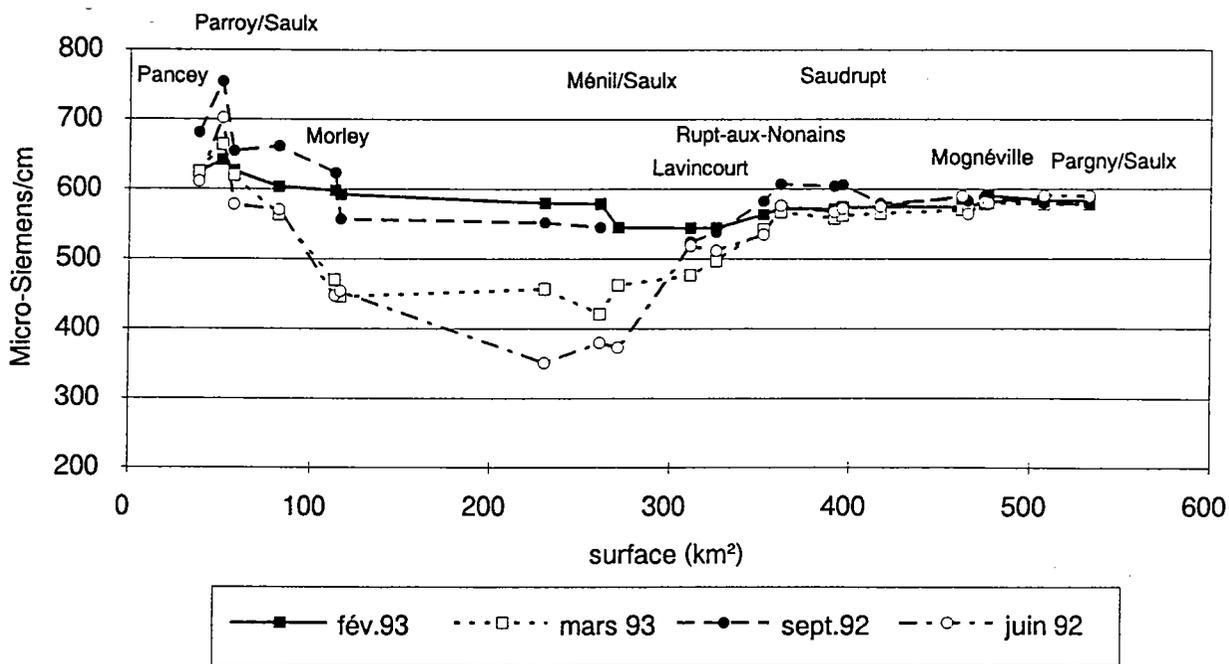
A l'aval, l'amplitude thermique augmente régulièrement pour stagner dans le Perthois à partir de Mognéville.

Ainsi, les profils thermiques corroborent les observations des profils hydrologiques en soulignant deux zones où les modalités d'alimentation de la Saulx sont homogènes.

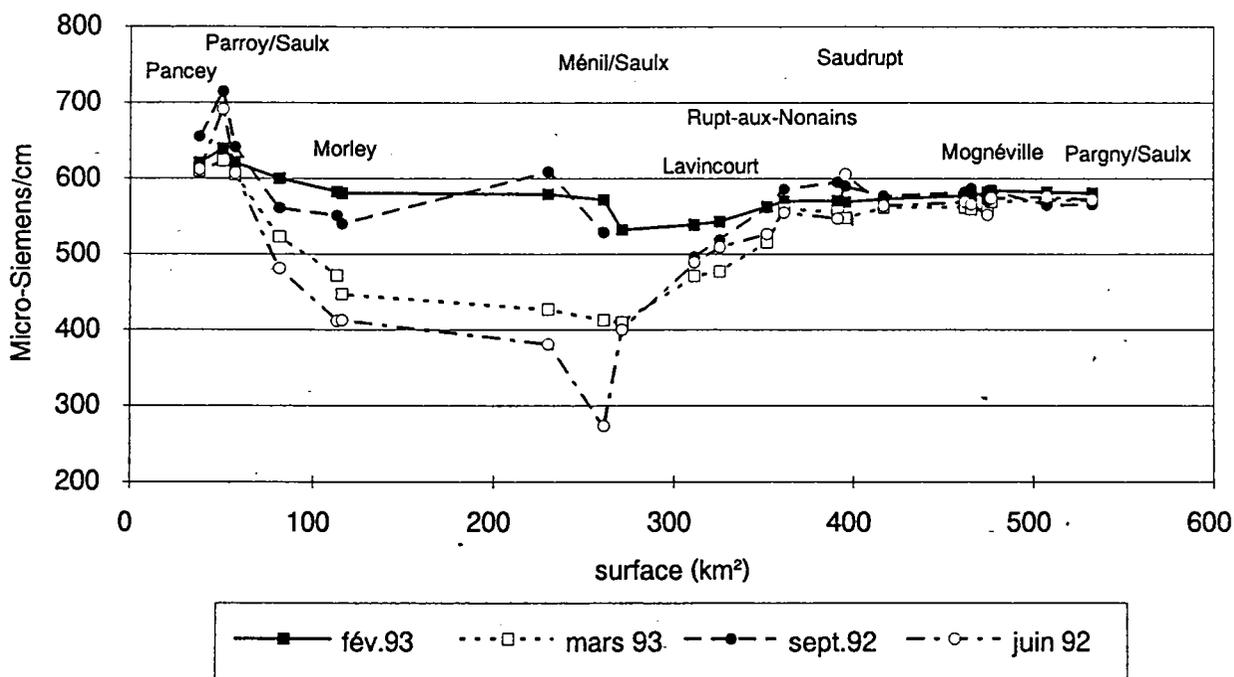
L'étude des conductivités nous renseigne sur la minéralisation des eaux et, comparée à l'étude hydrologique et thermique, détermine définitivement l'origine des eaux de la Saulx.

fig. II.40

PROFILS DE CONDUCTIVITES DE LA SAULX (MATIN) sources: AREA



PROFILS DE CONDUCTIVITES DE LA SAULX (SOIR) sources: AREA



c. Les profils de conductivité.

La conductivité a été mesurée aux mêmes moments, aux mêmes points d'observation et avec le même matériel que pour la température. Compte tenu de la variation de la conductivité en fonction de la température (M. Bakalowicz, 1975), elle est ramenée automatiquement à 20°C ce qui permet la comparaison des résultats sur l'ensemble du cours d'eau.

Les profils de conductivité réalisés le matin et le soir montrent la même évolution et caractérisent les mêmes tronçons que les profils thermiques et hydrologiques (fig.II.40).

En situation de basses-eaux hivernales, la conductivité est peu contrastée le long de la Saulx. Néanmoins, elle est particulièrement importante en amont de Parroy/Saulx (600 à 700 Ms/cm), diminue par paliers jusqu'à Lavincourt (530 Ms/cm) avant de croître jusqu'à Hironville (580 Ms/cm) où elle se stabilise.

En situation de basses-eaux estivales, les contrastes de conductivité sont plus marqués avec des minimums de l'ordre de 400 Ms/cm au niveau du synclinal de Treveray. Ailleurs, les conductivités sont identiques à celles enregistrées en période de basses-eaux hivernales.

Ces profils soulignent une fois de plus le rôle fondamental de la position de la Saulx par rapport à la nappe des Calcaires de Dommartin.

Lorsqu'elle est suspendue ou perchée (synclinal de Treveray), ses écoulements sont uniquement assurés par ruissellement des apports acquis plus en amont entre Pancey et Parroy/Saulx. La Saulx perd alors une grande partie de ses écoulements mais augmente ses potentialités de karstification (baisse de la conductivité).

A l'inverse, lorsqu'elle recoupe la nappe (aval de Lavincourt), ses débits sont soutenus par drainage de l'aquifère ce qui se traduit par de fortes conductivités.

L'étude des variations spatiales des températures et des conductivités corrobore les observations des profils hydrologiques. Cependant, elle souffre du manque de représentativité des campagnes de mesure en absence d'une surveillance continue de ces deux paramètres.

Les profils hydrologiques reflètent la diversité des écoulements liée à l'hétérogénéité du potentiel hydrogéologique (M. Sary, 1993). D'autres paramètres comme la température et la conductivité permettent d'affiner les connaissances des modalités d'alimentation des cours d'eau.

Sur la Saulx et l'Ornain, les campagnes de mesures ponctuelles ont permis de montrer l'organisation spatiale des écoulements du drain principal en le découpant en plusieurs tronçons caractéristiques de conditions d'alimentation homogènes.

Cependant, elles peuvent être traitées également à partir d'une cartographie des rendements hydrologiques qui représente l'organisation spatiale des écoulements de l'ensemble du bassin-versant.

III. CARTOGRAPHIE DES DEBITS D'ETIAGE.

La cartographie des débits d'étiage est fondée sur la spatialisation:

- des débits bruts à partir du schéma hydrographique d'étiage moyen

- des débits spécifiques calculés pour chaque bassin élémentaire (J.C. Auer, D. François, M. Sary, J.F. Zumstein, 1994). Elle rend compte de l'organisation spatiale des rendements hydrologiques dans le bassin et révèle des écoulements souterrains de part et d'autre des interfluves entre bassins-versants (captures actives).

A. LE SCHEMA HYDROGRAPHIQUE D'ETIAGE MOYEN.

Le schéma hydrographique d'étiage moyen représente l'évolution du débit du drain principal et des affluents sur un tracé stylisé du réseau hydrographique à partir de la campagne la plus proche de la situation d'étiage biennale. Le mode de représentation du débit est un trait dont la largeur est proportionnelle au débit mesuré et reconstitué (fig.II.41).

Ce type de schéma permet d'apprécier l'apport des affluents et de visualiser l'évolution du débit sur le linéaire des cours d'eau. Il permet surtout de comparer en un coup d'oeil l'organisation spatiale des écoulements de la Saulx et de l'Ornain en étiage de fréquence biennale.

La première remarque tient aux faibles apports des affluents pour les deux cours d'eau. En effet, ils constituent seulement 22% du débit à Mognéville et 26 % de celui calculé à Fains-les-Sources. Le mode d'alimentation majeur du cours d'eau est donc le drainage de nappe par le drain principal d'où des débits contrastés dans l'espace. La vidange des aquifères s'effectue préférentiellement au niveau des fonds de vallée dans les formations alluviales qui remblaient et fossilisent un paléo-chenal d'écoulement. Celui-ci fait office d'un niveau de base ancien des exutoires karstiques aujourd'hui noyés (exurgences sous-alluviales en zone saturée).

La seconde remarque porte sur l'évolution générale des débits de la Saulx et de l'Ornain. Celle-ci n'est ni régulière ni constamment positive. Les débits mesurés (Saulx) ou calculés (Ornain) aux stations hydrométriques de référence sont presque entièrement constitués au niveau de zones d'émergences localisées, correspondant aux secteurs de Lavincourt-Rupt-aux-Nonains sur la Saulx et à la traversée du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château sur l'Ornain. A ces secteurs d'abondance s'opposent des zones d'infiltration généralisée correspondant au synclinal de Treveray sur la Saulx et au Haut-Pays oxfordien sur l'Ornain.

La comparaison des schémas hydrographiques d'étiage moyen de la Saulx et de l'Ornain montre non seulement la forte hétérogénéité spatiale des écoulements, mais aussi l'importance relative des débits d'étiage de la Saulx

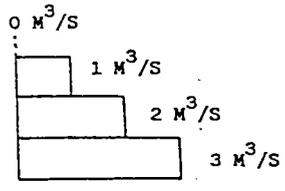
fig. II.41

SCHEMA HYDROGRAPHIQUE D'ETIAGE DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

(étiage de fréquence biennale)



DEBITS BRUTS EN M³/S



x N° de point de jaugeage



vis à vis de l'Ornain. Ceci explique peut-être pourquoi l'Ornain est considéré comme affluent alors que son bassin-versant représente 62% de celui de la Saulx-Ornain à Etrepy.

Cependant, ce mode de représentation cartographique des débits d'étiage ne témoigne pas des rendements hydrologiques.

B. LES RENDEMENTS HYDROLOGIQUES AU SEIN DES BASSINS-VERSANTS.

La cartographie des rendements hydrologiques d'étiage (fig.II.42) représente les débits spécifiques par tranche spatiale (rapport de la différence de débit entre deux points de mesure consécutifs et l'aire du bassin correspondant). Pour des raisons de lisibilité cartographique, des classes de débits spécifiques sont déterminées et représentées par des figurés en noir et blanc.

Compte tenu du mode d'alimentation du réseau hydrographique de la Saulx et de l'Ornain (drainage de la nappe par le drain principal, faible part des affluents) les cartes des rendements reflètent les profils hydrologiques. Elles soulignent néanmoins la représentativité des écoulements aux stations hydrométriques et l'organisation spatiale des écoulements affluents.

Seule la campagne réalisée simultanément dans les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain (27/06/95) a fait l'objet d'une cartographie, de manière à comparer facilement les rendements hydrologiques des deux bassins.

Lors de cette campagne réalisée en basses-eaux (fréquence d'étiage de 85%), le rendement moyen à Mognéville (5.1 l/s/km^2) ne s'observe pas dans le bassin-versant. En effet, les rendements sont fortement contrastés dans l'espace. Dans le synclinal de Treveray, les valeurs négatives reflètent les pertes de la Saulx et de l'Orge alors qu'entre Lavincourt et Rupt-aux-Nonains, elles dépassent 50 l/s/km^2 .

La zone aval présente des rendements compris entre 6 et 10 l/s/km^2 ce qui correspond au rendement moyen à Mognéville. Les affluents de rive droite de la Saulx présentent des rendements plus faibles que le drain principal (2 l/s/km^2). Leur cours supérieur est encore suspendu au dessus de la nappe des Calcaires de Dommartin (infiltration généralisée) qu'ils recourent à l'aval pendage (écoulement pérenne).

On retrouve également les rendements plus importants (14 l/s/km^2) du tronçon aval alimenté par les exurgences du Rupt-du Puits et de Couvonges.

Sur les formations crétacées du Perthois, les rendements sont très faibles (filets d'eau) alors que dans la plaine alluviale leur analyse est aléatoire du fait des écoulements phréatiques.

Sur l'Ornain, la campagne a été réalisée à une situation hydrologique plus sévère, proche de l'étiage de fréquence biennale (FQMNA=66%). Les

contrastes de rendements sont aussi importants que sur la Saulx mais leur répartition spatiale est plus homogène.

Dans le Haut-Pays, le cours amont de la Maldite et de l'Ognon est perché par rapport à la nappe oxfordienne d'où l'absence d'écoulement de surface. A l'inverse de la situation d'étiage sévère, en limite de nappe captive (couverture séquano-kimméridgienne), les cours d'eau recoupent la nappe (fonctionnement de la source du Routeuil) qui présente des rendements moyens (4 l/s/km²).

La traversée du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château dans l'Ornois garantit à l'Ornain des rendements élevés de l'ordre de 12 l/s/km². Par contre, les affluents de l'Ornain présentent des rendements relativement médiocres inhérents à l'aquifère multicouche du Kimméridgien.

Dans le synclinal de Treveray, les contrastes de rendement sont importants car, à l'entrée et à la sortie du synclinal, l'Ornain recoupe la nappe portlandienne (débits spécifiques élevés) alors qu'au coeur, les rendements négatifs témoignent de pertes dans les calcaires (cours perché). Les rendements étant plus élevés à l'entrée qu'à la sortie du synclinal, on peut supposer qu'une partie de l'eau infiltrée s'écoule vers le bassin-versant de la Saulx, ce qui expliquerait les rendements très élevés entre Lavincourt et Rupt-aux-Nonains (111 l/s/km²). Les rendements contrastés entre le cours supérieur de l'Ormançon (infiltration généralisée) et le cours moyen de l'Orge (rendements supérieurs à 2 l/s/km²) témoignent également d'écoulements souterrains supposés au niveau de l'interfluve Saulx-Ornain. Selon la croyance populaire, l'eau rougie par le lavage du minerai de fer valanginien dans les bocards de l'Ormançon résurgeait à la Fontaine de Ribeaucourt dans la vallée de l'Orge (Cdt Brocard, 1896, A. Devos, S. Jaillet, 1996; annexe I.7)... .

Plus à l'aval, dans la traversée de l'anticlinal de Bar-le-Duc, les rendements sont très moyens dans les bassins supérieurs (basses chapotées par les calcaires portlandiens) des affluents de rive droite de l'Ornain (Malval, Salmagne, Culey) alors qu'ils sont négatifs sur le Kimméridgien (pertes dans les niveaux calcaires).

Sur le flanc sud du synclinal de Revigny/Ornain, l'organisation spatiale des rendements des affluents est inverse (Naveton). Les conditions hydrogéologiques (aquifère portlandien en limite de nappe captive sous les formations de Crétacé) et les écoulements souterrains supposés (entre l'amont de la Saulx et les exurgences de Fains-les-Sources) garantissent des rendements élevés mais une faible augmentation des débits. Il est plus tentant d'associer ces rendements élevés au bassin supérieur du ruisseau de Trémont (massif karstifié de Véel-Comblés-en-Barrois, annexe I.8) qu'aux pertes de la Saulx dans le synclinal de Treveray.

Dans le Perthois, les rendements négatifs soulignent les pertes diffuses de l'Ornain dans les alluvions du complexe Saulx-Ornain-Chée.

La cartographie des rendements hydrologiques des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain montre que l'organisation spatiale des écoulements est largement inféodée au contexte morpho-structural et hydrogéologique. Ces écoulements sont dominés par des circulations souterraines complexes mettant en communication les deux bassins-versants. Le bassin supérieur de l'Ornain barrois, inscrit dans le synclinal de Treveray est rattaché au bassin amont de la

Saulx (pertes de l'Ornain et de l'Ormançon). A l'inverse, le bassin inférieur de l'Ornain inscrit dans l'anticlinal faillé de Bar-le-Duc, soustrait une partie de ses eaux au bassin aval de la Saulx.

Si les circulations souterraines font abstraction des limites topographiques, l'étude des écoulements de basses-eaux de la Saulx et de l'Ornain ne peut se limiter au bassin-versant. C'est pourquoi, dans le cadre de la campagne de juin 1995, nous avons également mesuré les débits des affluents de la Marne et de la Meuse de manière à déceler des captures actives.

C. LES CAPTURES ACTIVES SUR L'INTERFLUVE MARNE-MEUSE.

Le contexte morpho-structural et les formations quaternaires sont les éléments majeurs voire uniques dans l'explication des captures du nord-est de la France (J. Tricart, 1952, D. Harmand, 1992). Ces aspects statiques dénigrent la dynamique hydrogéologique assistée par les écoulements souterrains en milieu calcaire, pourtant illustrée par des études récentes (A. Devos, M. Sary, 1996, P. Gamez et al., 1996, M. Thillay, 1979, J. Le Roux, 1969, J. Clermonté, 1965).

La cartographie des rendements hydrologiques d'étiage fait apparaître des zones d'abondance, de rendement moyen, de perte et sans écoulement. L'organisation spatiale de ces zones d'écoulement homogène, à l'échelle de l'interfluve Marne-Meuse révèle le rôle fondamental des circulations souterraines dans le façonnement des captures (fig.II.43).

Le Haut-Pays correspond à une zone d'infiltration généralisée. Le rabattement piézométrique de la nappe oxfordienne, lié à la situation d'étiage provoque l'assèchement du lit de la Maldite et de l'Ognon sur la totalité de leur cours. Cependant, toutes les eaux infiltrées ne ressortent pas dans le bassin de l'Ornain à la faveur du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château. Dans les bassins contigus situés en contrebas du Haut-Pays, les affluents de la Marne (Manoise) et de la Meuse (Vaise, Méholle) présentent des rendements importants qui témoignent d'écoulements souterrains extra-bassins. Les exutoires de ces écoulements sont des exurgences karstiques de l'aquifère oxfordien alimentées par les infiltrations diffuses et concentrées des bassins-versants de la Maldite (karst de Grand) et de l'Ognon (karst de la forêt de Trampot).

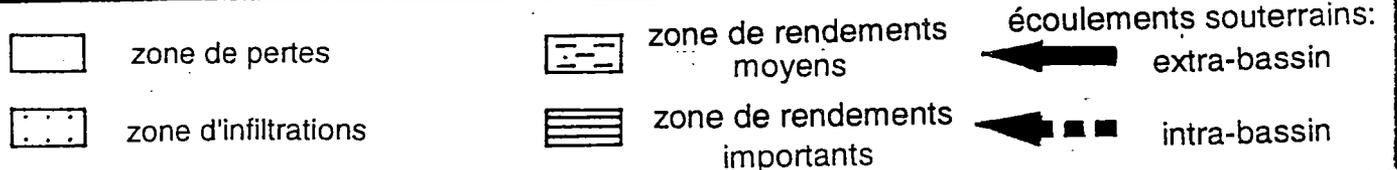
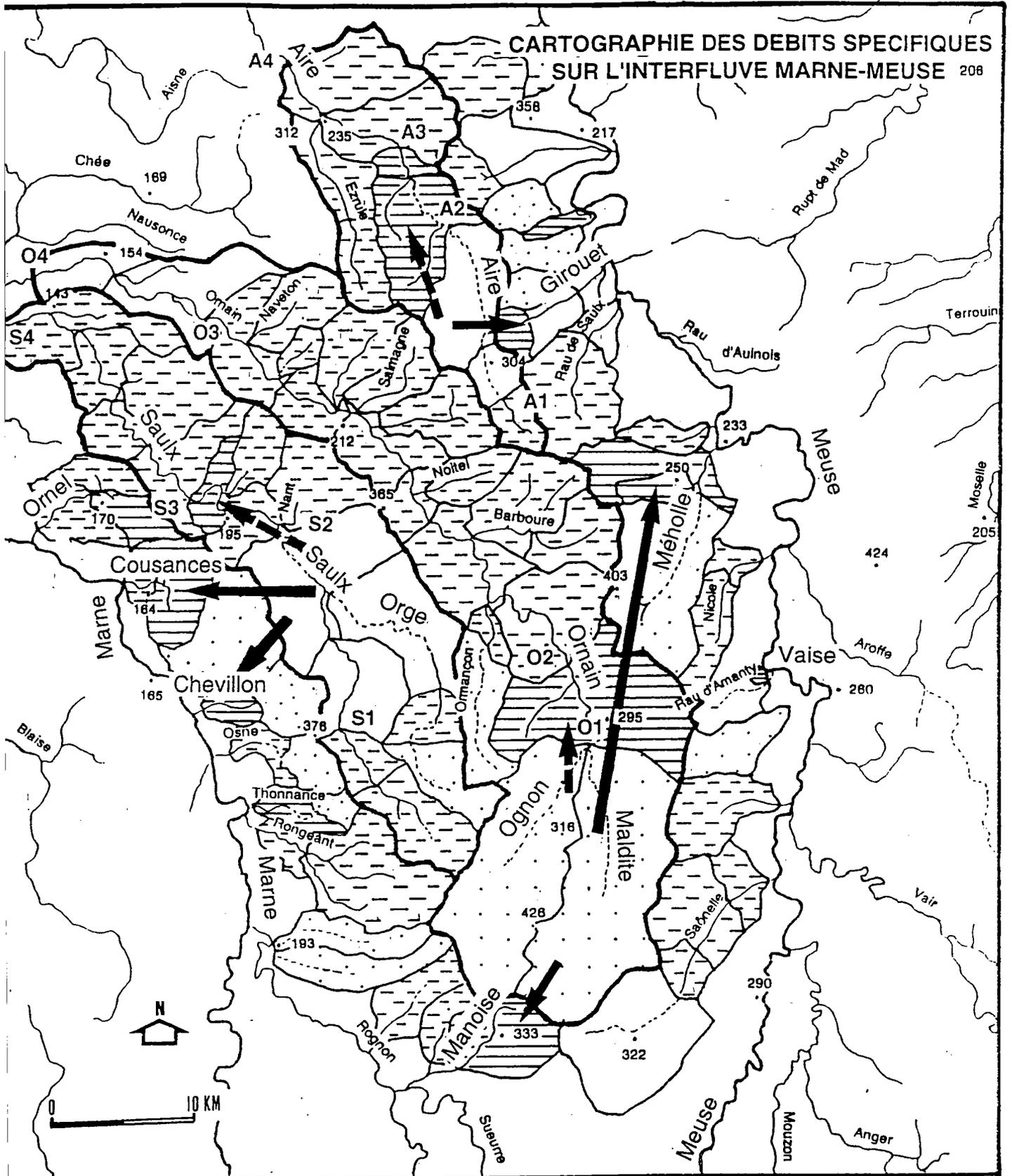
La Manoise, tributaire de la Marne est alimentée par les exurgences du Cul du Cerf et de la Mouillère (fig.I.9) qui drainent les eaux du bassin de l'Ognon.

La Vaise, tributaire de la Meuse sourde d'une exurgence dont le module élevé (640 l/s pour la période 1971-90) traduit un bassin d'alimentation de l'ordre de 50 km² (François G., 1996) qui mord vraisemblablement sur celui de la Maldite.

La Méholle, affluent de rive gauche de la Meuse est alimentée par deux exurgences dont les débits atteignent plus de 400 l/s en étiage (J.P. Decloux)

fig. II.43

CARTOGRAPHIE DES DEBITS SPECIFIQUES
SUR L'INTERFLUVE MARNE-MEUSE 208



(Sources : DEVOS A., SARY M., 1995)

ce qui témoigne d'écoulements souterrains le long des failles des fossés tectoniques de Gondrecourt-le-Château et de Mauvages. Ces écoulements signalés par C. Clermonté (1965) révèlent une capture active en faveur du bassin mosan ou aux dépens du Bassin-Parisien.

"Le bassin supérieur de l'Ornain correspond donc à un véritable dôme de divergence des écoulements souterrains vers les bassins contigus" (A. Devos, M. Sary, 1995).

Le synclinal de Treveray correspond, comme le Haut-Pays, à une zone d'infiltration généralisée et de pertes de cours d'eau (Saulx, Orge, Ornain). Si une partie des eaux émerge dans le bassin-versant de la Saulx entre Lavincourt et Rupt-aux-Nonains, une autre alimente les affluents de rive droite de la Marne. En effet, la Cousance et l'Ornel qui naissent à l'est du fossé tectonique de la Marne présentent des rendements élevés soutenus par de nombreuses exurgences comme la Bézerne, les sources de l'Usine et la Source de la Lonne (annexe I.6). Les exurgences de la Cousance présentent des débits d'étiage de l'ordre de 500 l/s et ont été colorées par les traçages effectués dans le synclinal de Treveray (puits de Ménil/Saulx).

Ainsi, par son altitude élevée par rapport aux exurgences des bassins contigus, le synclinal de Treveray collecte et redistribue les eaux infiltrées vers les compartiments structuraux situés en contrebas (graben de la Marne, anticlinal de Bar-le-Duc).

Le réseau hydrographique de l'interfluve Marne-Meuse, représenté par la Saulx et l'Ornain est en train de subir un véritable démantèlement, tant vers l'est (bassin mosan) que vers l'ouest (bassin séquanien).

La Meuse qui reste incontestablement un fleuve relique (D. Harmand, 1992) est néanmoins conquérante en rive gauche en drainant les eaux des bassins supérieurs de l'Ornain et de l'Aire tributaires du bassin séquanien.

La Marne, conquérante depuis l'Eemien (capture de la Saulx-Ornain) continue à soustraire une partie des écoulements des hauts-bassins de l'Ornain et de la Saulx.

Le façonnement des captures est conditionné par le contexte morpho-structural et surtout tectonique. Il est assisté par les écoulements souterrains complexes de type karstique.

CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE.

L'étude hydrologique de la Saulx et de l'Ornain caractérise d'une part, les écoulements en pays calcaires et d'autre part, oppose les deux bassins-versants par leurs comportements différenciés.

Les écoulements de la Saulx et de l'Ornain sont fortement tributaires du contexte morpho-structural, à la différence des bassins-versants à dominante imperméable. La nature perméable et karstique du substratum calcaire confère aux écoulements souterrains un rôle fondamental dans la compréhension du système hydrologique. Si les précipitations élevées expliquent l'abondance globale, les variations temporelles et surtout spatiales des débits sont davantage liées au substratum calcaire.

Le comportement global des cours d'eau, révélé par l'étude des débits à l'échelle annuelle et mensuelle souligne le caractère climatique du régime. Les précipitations et les prélèvements évapotranspiratoires déterminent les potentialités offertes à l'écoulement. Les données morpho-structurales et hydrogéologiques modifient modérément les influences climatiques en tempérant les variations qui les caractérisent.

Par contre, à l'échelle de l'épisode hydrologique extrême (crues et étiages), l'influence du substratum est amplifiée.

En période d'étiage, l'hétérogénéité spatiale des ressources en eau est le fait majeur des écoulements. Elle résulte de l'anisotropie des aquifères calcaires aggravée par les données structurales et notamment tectoniques. Les déformations souples et cassantes déterminent l'étagement des niveaux de base, les échanges nappe-rivière et guident les écoulements souterrains préférentiels. Il en résulte une réorganisation complète des écoulements dans l'espace non conforme aux données topographiques. Les captures actives du bassin supérieur de l'Ornain (Haut-Pays) et de la Saulx (synclinal de Treveray) soulignent le rôle fondamental des écoulements souterrains dans la concurrence permanente des grands axes hydrographiques (Marne et Meuse) sur l'interfluve Marne-Meuse.

L'étude hydrologique a également permis d'opposer les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain.

La Saulx draine un bassin plus homogène où les ressources en eau sont importantes mais dont la répartition spatiale est très hétérogène. La Saulx supérieure présente des écoulements indigents et intermittents marqués par un assèchement périodique. La Saulx inférieure a des écoulements réguliers et abondants garantis par le drainage de la nappe portlandienne.

L'Ornain draine un bassin plutôt hétérogène qui s'inscrit dans plusieurs pays où les conditions d'alimentation des cours d'eau diffèrent. Son bassin supérieur (Haut-Pays) est caractérisé par des infiltrations généralisées qui nourrissent les bassins contigus de la Meuse et de la Marne. La traversée de l'Ornois correspond à une zone d'abondance où la majeure partie des

écoulements de l'Ornain est constituée en période d'étiage. A l'aval, dans le Barrois et le Perthois, l'analyse des débits est plus aléatoire avec les prises et rejets du canal de la Marne au Rhin. Les faibles rendements d'étiage témoignent de la médiocrité aquifère des marno-calcaires kimméridgiens et des circulations sous-alluviales dans le Perthois. A la différence de la Saulx, les écoulements en période de crue sont mal connus.

L'étude du contexte morpho-structural et climatique des bassins-versants et l'analyse des débits définissent les potentialités hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain. Celles-ci sont largement exploitées par l'homme avec de nombreux ouvrages essentiellement représentés par d'anciens moulins à eau et le canal de la Marne au Rhin.

TROISIEME PARTIE :

**LES OUVRAGES HYDRAULIQUES DANS LE
BASSIN-VERSANT DE LA SAULX ET DE
L'ORNAIN**

INTRODUCTION

Les conditions naturelles du bassin-versant de la Saulx-Ornain sont favorables aux implantations humaines.

Le Barrois représenté par un plateau sec (sans écoulements) calcaire et monotone est propice à la céréaliculture. L'intensité de la couverture forestière garantissait d'importantes ressources en charbon de bois et en matériaux de construction. Le karst anté-crétacé du Barrois, fossilisé par les formations ferrifères du Valanginien est un véritable gisement sidérolithique, certes discontinu, mais facilement exploitable à ciel ouvert. Les calcaires portlandiens fournissent des pierres de taille de qualité pour la construction (oolithe vacuolaire) ainsi que du moellon.

La plaine du Perthois fournit les sables de fonderie, les argiles à tuiles (Albien) et est propice à la culture de la betterave et du maïs. Le Perthois, "*vestibule de la Champagne humide*" (Vidal de la Blache J., 1908) et représentatif des Pays "français" et séquanien, borde le Barrois, géographiquement rattaché à la Lorraine (Joly H., 1912).

Ainsi, les vallées de la Saulx et de l'Ornain en traversant ces Pays, bénéficient d'une situation de frontière géographique et économique. La vallée de l'Ornain, plus large, est un véritable couloir de circulation ouvert sur le Perthois et le centre du Bassin de Paris. Outre une situation avantageuse, les vallées riantes et encaissées présentent des ressources en eau certes hétérogènes dans l'espace (nature calcaire du substratum), mais importantes, fournissant la source énergétique, l'eau, nécessaire à l'exploitation des ressources végétales et minérales du bassin par le biais du moulin à eau.

Le nombre impressionnant d'ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain (104 en 1994, et plus de 160 au XVIIIème siècle) dont 90% sont représentés par des anciens moulins à eau, montre que l'homme a su utiliser les ressources hydrauliques des vallées dès le XIème siècle.

Si la puissance énergétique du moulin paraît aujourd'hui désuète voire anachronique, les moulins hydrauliques furent, jusqu'au XIXème siècle, l'élément moteur de l'économie en Europe occidentale. Cependant, de cet important patrimoine hydraulique ne subsistent que les ouvrages de prise d'eau et les vannages. Abandonnés et désaffectés depuis le début du XXème siècle, les moulins à eau tombent dans l'oubli.

Après la seconde guerre mondiale, ils ne vivent que dans nos mémoires, restaurées par les travaux d'historiens.

Ce n'est qu'avec la reconversion récente de certains moulins (en piscicultures et microcentrales hydroélectriques) et la prise en compte des données écologiques que l'ouvrage hydraulique renaît de ses cendres et fait partie intégrante du paysage des cours d'eau du Barrois.

L'historique des moulins à eau sur la Saulx et l'Ornain permet

d'appréhender le rôle fondamental de l'eau dans les activités agricoles et industrielles anciennes (chapitre premier).

La présentation générale des ouvrages hydrauliques actuels (chapitre second) montre l'héritage historique et le poids des conditions naturelles.

Le fonctionnement et les problèmes de gestion de ce patrimoine hydraulique trouvent également leurs sources dans l'histoire et illustrent les problèmes d'aménagement des cours d'eau en pays calcaires (troisième chapitre).

Outre les moulins à eau, les ouvrages hydrauliques sont également représentés par les prises et rejets du canal de la Marne au Rhin.

Devenus de véritables entités hydrographiques, les canaux de navigation sont indissociables de l'analyse systémique en hydrologie. Il convient donc de présenter les interactions entre les cours d'eau et le canal de la Marne au Rhin (quatrième chapitre) tout en soulignant les problèmes inhérents au caractère calcaire du substratum.

Le recensement des ouvrages hydrauliques actuels a été réalisé dans le cadre de "l'étude hydraulique et hydrologique de la Saulx" (DDE Meuse, CEGUM, 1993) et du "schéma hydraulique de l'Ornain et du canal de la Marne au Rhin entre Gondrecourt-le-Château et Bar-le-Duc" (DDE Meuse, CEGUM, 1994). Cette enquête est basée sur un repérage de terrain auprès des usiniers et riverains (annexe III.1).

La recherche menée sur l'historique des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain est essentiellement basée sur des documents d'archives du XIX^{ème} siècle consultés aux Archives départementales de la Meuse, de la DDE et de la DDAFF (pour les affluents).

Les cartes de Cassini III (1/86400) réalisées à partir de 1747 et achevées sous la Révolution représentent symboliquement les moulins à eau par une roue à aubes (annexe III.2). Celles du Barrois ont été réalisées en 1759.

Pendant, les usages de l'eau ne sont que très rarement stipulés et le recensement des moulins paraît largement lacunaire.

La carte topographique en hachures (1/80000) du type de 1822 utilise la même symbolique pour les représenter.

Outre les documents cartographiques, pauvres en informations, nous avons également utilisé plusieurs recensements qui, bien que lacunaires, contiennent beaucoup plus de renseignements.

"L'état statistique des cours d'eau non navigables ni flottables" du département de la Meuse appelé communément "inventaire Poincaré" a été réalisé en 1862 et ne traite que de la section non domaniale (amont de Bar-le-Duc sur l'Ornain).

Cet inventaire présente le nom du cours d'eau, la commune et la désignation de l'ouvrage, ainsi que la longueur du canal usinier et les débits "des eaux ordinaires, d'étiage et de grande crue".

Malheureusement, l'usage du moulin et son fonctionnement sont

rarement cités.

Le "recensement des usines" de 1920 disponible à la Fédération Départementale de Pêche de la Meuse présente les caractéristiques techniques des ouvrages sis sur le tronçon non domanial.

Cet inventaire précise "*le titre en vertu duquel, l'usine est légalement autorisée*", la hauteur de chute et le cas échéant l'usage du moulin.

Néanmoins, cet inventaire manque cruellement de support cartographique précis.

C'est davantage à partir du "schéma départemental de vocation piscicole de la Meuse" (DDA Meuse, FDAAPP Meuse, AREA, 1988), que nous avons effectué notre recherche de terrain.

Prescrit par l'instruction du 27 Mai 1982 du Ministère de l'Environnement et de la qualité de la vie, repris dans la "loi Pêche" du 29 Juin 1984 sous la responsabilité de la DDAF de la Meuse, ce document a été réalisé pour le compte des Associations Agréées de Pêche et de Piscicultures de la Meuse.

Le recensement réalisé en 1994 auprès des usiniers sur le terrain est sans conteste le plus complet à ce jour. Il est également basé sur les documents cités plus hauts et permet ainsi d'observer l'évolution des usages des moulins à eau du XIXème siècle à 1994.

PREMIER CHAPITRE : LE MOULIN A EAU

Le moulin à eau sur la Saulx et l'Ornain illustre le problème d'aménagement des cours d'eau en pays calcaires.

Les nombreux ouvrages recensés sont un héritage du passé et constituent un patrimoine hydraulique important.

L'histoire de ce patrimoine est fondamentale pour la compréhension des problèmes de fonctionnement actuels des ouvrages hydrauliques.

I.HISTORIQUE.

D'invention antique (M. Bloch, 1935), le moulin à eau est "l'usine" du Moyen-Age. Il connaît un essor important du Xème au XIXème siècle et annonce la révolution industrielle du XIXème siècle.

Pilier de la société féodale avec les banalités, il est le support des activités industrielles.

La culture technique moderne, essentiellement fondée sur le mouvement rotatif, trouve ses origines dans la mécanique du moulin. Les constructeurs de moulins "*étaient dépositaires de tout le savoir mécanique du pays*" (Klemm F., 1966).

A. UNE INVENTION ANTIQUE MAIS UNE ORIGINE GEOGRAPHIQUE CONTROVERSEE.

Tous les auteurs reconnaissent que le moulin à eau est apparu au premier siècle avant JC.

Cependant, le berceau et la diffusion géographique du moulin hydraulique varient selon les auteurs (tab.III.1).

Selon M. Bloch (1935), il est méditerranéen; il naît en Asie Mineure selon Gimpel J. (1990), en Chine selon Needham J. (1973) ou en Europe du Nord (Danemark, Irlande) selon Steenberg (1952) et Vendryes (1921).

Cette querelle d'historiens reflète le problème des sources documentaires qui s'accroissent d'année en année. C'est pourquoi, nous nous basons sur les études récentes de Jacomy B. (1990) et Lohrmann D. (1990).

Ces auteurs admettent que "*le moulin hydraulique est apparu simultanément dans le bassin méditerranéen, en Extrême Orient et en Europe du nord au premier siècle avant notre ère*" (Jacomy B., 1990).

Les historiens débattent également sur les deux grand types de moulin: les moulins à axe vertical (rouets) ou horizontal.

Selon Gimpel J. (1990), le moulin à axe vertical est apparu quelques siècles avant le moulin à axe horizontal, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse

tab. III.1 MENTIONS DE MOULINS ANTIQUES

dates	désignation-lieux	sources
63 AV JC	moulin du palais de Mithridate à Cabires	Strabon
premier siècle AV JC	moulin élévatoire "hydraletes"	De Architectura", Vitruve
premier siècle AV JC	moulins sur rivières d'Italie	textes de Pline l'Ancien
premier siècle AP JC	moulin à eau	épigramme grecque
premier siècle AP JC	moulin à blé	poème d'Antipater de Thessalonique
IIème siècle AP JC	roue élévatoire	mosaïque d'Apamée
IIème siècle AP JC	roues hydrauliques de Simlthus (Tunisie)	Rakob F., 1979, Wikander Ö., 1985, Dubois C., 1908
IIème siècle AP JC	moulins du Jutland	Steenberg, 1952
IIIème siècle AP JC	moulin à scler sur l'Erubis près de Trèves	Mosella" d'Ausone
IIIème siècle AP JC	meules de grande taille (Roumanie)	
IIIème siècle AP JC	moulin de Comac Longue Barbe (Irlande)	Vendryes, 1921
IVème siècle AP JC	moulins de Janicule	
IVème siècle AP JC	moulins de Barbegal	Benoit F., 1940
IVème siècle AP JC	moulins des bains de Caracalla	Wikander O., 1979, Wikander O., Schioler, 1983
Vème siècle AP JC	roue verticale	mozaïque du palais de Byzance
Vème siècle AP JC	moulin de l'Agora à Athènes	

de Daumas M. (1979) selon laquelle la roue élévatoire à palettes (axe horizontal) bien antérieure au rouet, est l'ancêtre de la roue verticale.

Les rouets dénués de mécanisme à l'extérieur du bâtiment se confondent aux constructions environnantes. Moins voyants que les moulins à axe horizontal (fig.III.1b), ils ont été de ce fait plus ou moins ignorés par les contemporains eux-mêmes.

Les fouilles effectuées sur les ruines de moulins antiques, notamment à Barbegal près d'Arles, montrent que sur le plan technique, les moulins romains n'avaient rien à envier aux moulins médiévaux (fig.III.1a).

"Bien des moulins cités au Moyen-Age, ceux des villes en particulier, peuvent remonter en réalité à l'antiquité romaine" Lohrmann D., (1990).

La monumentalité des vestiges romains de Grand (Andésina?) à Bar-le-Duc (Caturiges) via Naix-aux-Forges (Nasium) montre que la vallée de l'Ornain fut un axe majeur de "romanisation" dans la province de Gaule-Belgique. Malgré l'absence de ruines hydrauliques antiques, l'existence des moulins à eau dans la vallée de l'Ornain peut remonter à l'antiquité.

Cependant l'expansion du moulin à eau reste timide dans l'antiquité.

Le monde antique est d'abord méditerranéen, et par conséquent caractérisé par des cours d'eau à régimes contrastés.

L'esclavage étant la première source énergétique du monde antique, la force motrice de l'eau reste marginalisée.

L'intensité du commerce méditerranéen ne stimule pas une économie autarcique propice au développement du moulin à eau.

La nourriture à base de blé broyé ou vêtu, non transformé en farine privilégie le pilon à la meule.

Enfin, la civilisation antique doit à la pierre ce que le bois offrira au Haut Moyen-Age. L'expansion du moulin par la scie hydraulique lors des grands défrichements corrélatifs au développement démographique viendra après la chute de l'Empire romain. Au Moyen-Age, la migration du centre de gravité économique vers le nord de l'Europe contribue à l'expansion du moulin à eau.

B. L'EXPANSION DU MOULIN A EAU AU MOYEN-AGE.

a. De l'expansion au Xème siècle à l'explosion du moulin à fer au XVIème siècle.

Au Haut Moyen-Age, les moulins sont fortement présents, notamment au nord de l'Europe (Norse-Mills) et dans le Bassin Parisien.

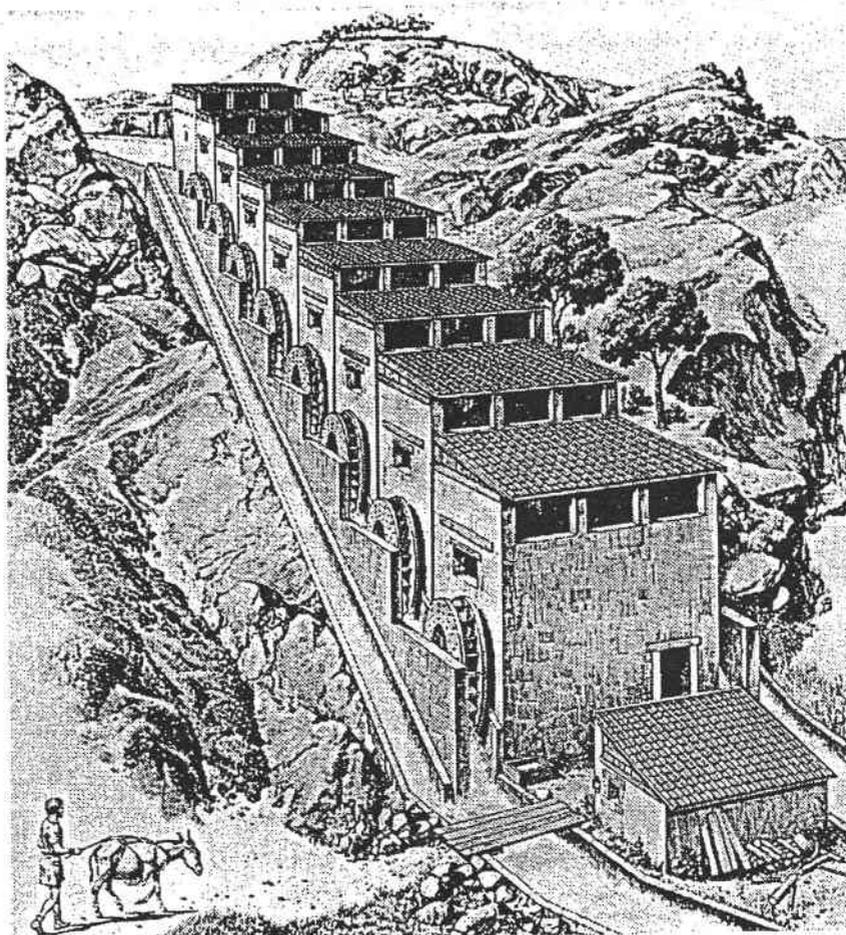
Mais les sources documentaires restent peu nombreuses ou peu fiables.

Le Domesday Book recense en Angleterre 5624 moulins en 1086; le Bassin Parisien en compte plus d'un millier à la même époque.

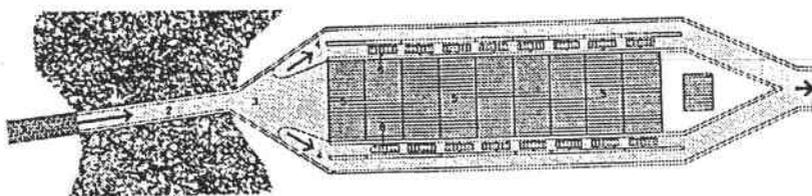
fig. III.1

EXEMPLE DE MOULIN HYDRAULIQUE ANTIQUE

Reconstitution du moulin à eau de Barbegal

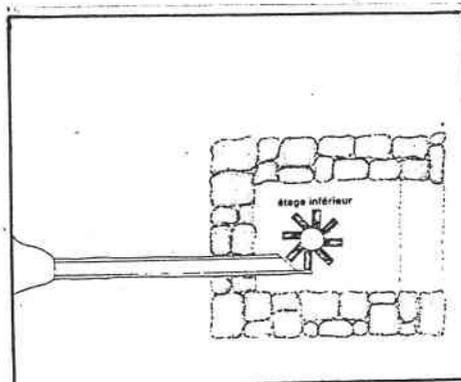
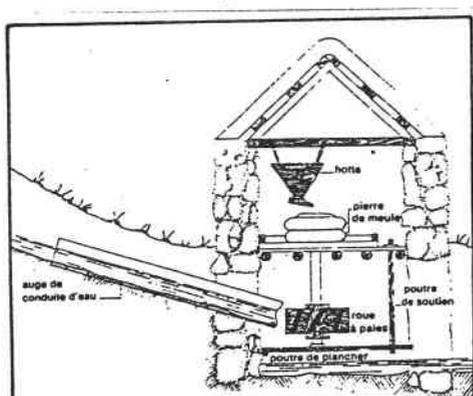


Vue en plan



Sources: Jacomy B., 1990.

MOULIN HYDRAULIQUE A AXE VERTICAL



Sources: Gimpel J., 1990

Les textes et documents iconographiques sont fiables à partir du XI^{ème} siècle.

L'expansion du moulin hydraulique s'opère essentiellement du XI^{ème} au XIII^{ème} siècle; il est le support de "*la révolution industrielle du Moyen-Age*" (Gimpel J.1975).

Cette évolution est liée à une croissance démographique forte qui entraîne le développement du moulin à scier (défrichements) et du moulin à blé (mouture).

L'évolution du nombre de moulins à blé urbains ou péri-urbains en France du X^{ème} au XIV^{ème} siècle illustre cette expansion (fig.III.2a).

"Après la formidable expansion du X^{ème} au XIII^{ème} siècle, leur nombre ne variera pratiquement plus jusqu'au début du XIX^{ème} siècle" (Jacomy B.,1990).

Effectivement, le premier écrit relatif aux moulins hydrauliques sur la Saulx et l'Ormain date du XII^{ème} siècle et plus précisément de 1198 (M. Wittmann, 1962).

Il faut attendre le XVI^{ème} siècle pour que soient mentionnés les 15 premiers moulins sur ces deux cours d'eau. Ils apparaissent lors de régularisations, de dotations ou de conflits entre usiniers. Ils sont donc antérieurs à ce siècle.

A l'issue de la migration de la sidérurgie sur les cours d'eau au XVI^{ème} siècle, les moulins existants font l'objet de reconversions et de changements de propriétaires; une régularisation s'impose alors.

Le martinet se vulgarise dès le XIII^{ème} siècle, la fenderie hydraulique au XVI^{ème} siècle et le haut-fourneau courant XV^{ème} siècle.

"L'usine" est le terme courant donné au moulin à eau depuis le Moyen-Age. Ce terme désigne non seulement un bâtiment mais également une structure économique et sociale de type industriel qui paraît avant-gardiste dans un monde médiéval à dominante rurale.

Les raisons de l'expansion médiévale sont multiples.

b. Les raisons de l'expansion médiévale.

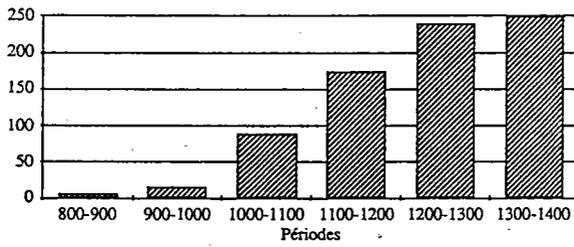
Le développement sans précédent de l'usine hydraulique au Moyen-Age résulte de la conjonction de multiples facteurs.

1. Les facteurs économiques.

La disparition de l'esclavage oblige les hommes à pallier le manque de main d'oeuvre par l'utilisation de la force motrice de l'eau.

fig. III.2

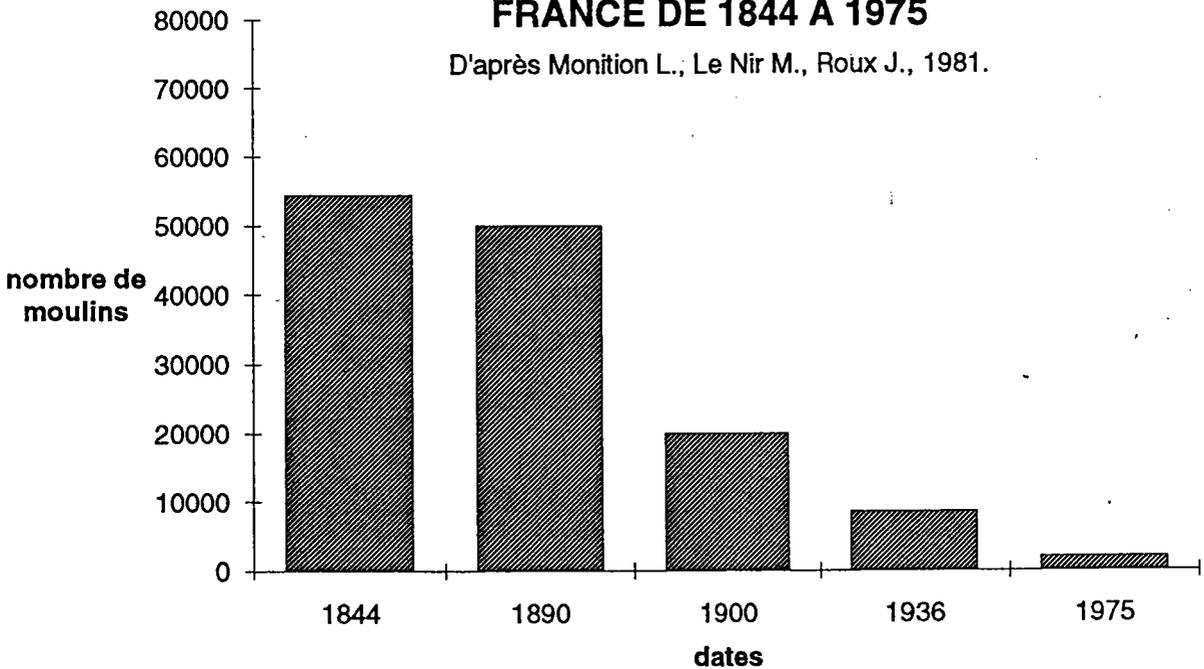
NOMBRE DE MOULINS A BLE URBAINS OU PERI-URBAINS



Sources: Jacomy B., 1990 d'après Guillerme A., 1990

EVOLUTION DU NOMBRE DE MOULINS HYDRAULIQUES EN FRANCE DE 1844 A 1975

D'après Monition L., Le Nir M., Roux J., 1981.



L'alimentation s'oriente vers les céréales non vêtues; le moulin à meule se substitue au pilon (fabrication de la farine).

La croissance importante de la population au XII^{ème} siècle et l'augmentation des rendements des céréales (révolution agricole) provoquent le développement considérable des moulins à scier (défrichements importants) à grain et à huile.

Mais c'est davantage l'économie féodale autarcique, liée à la sclérose du commerce provoquée par l'insécurité ambiante (éclatement des pouvoirs centraux) qui profite au moulin hydraulique.

2. Les facteurs politiques : féodalité et banalité.

Construire et exploiter un moulin est un droit régalien avant 1789. Dans le Barrois, par le biais de la vassalité, ce droit est légué aux comtes de Bar et aux seigneurs locaux.

Conformément au droit féodal, le seigneur perçoit des prestations en nature, les banalités, en échange de sa protection sur le ban.

"Les moulins banaux installés le long de la Saulx étaient fort nombreux. Il était interdit, sous peine d'amende, d'aller à d'autres moulins qu'à ceux du prieur" (Siebert-Feuerstein M.A., 1978).

Le moulin permettait au seigneur d'asseoir son autorité, de contrôler ses récoltes, de garantir une "clientèle" fidèle et régulière et de dégager des bénéfices importants.

"Les plus fortes rentes n'étaient pas issues des tenures, il s'avérait beaucoup plus profitable de posséder de bons moulins" (Duby G., 1962).

Le moulin peut également faire l'objet de donation pour l'église (indulgences).

3. Les facteurs religieux.

Conformément à la doctrine médiévale des trois Ordres, l'Eglise participe largement au développement du moulin à eau.

Pour augmenter leur autonomie temporelle et dégager d'importants bénéfices, les religieux acquièrent de nombreux moulins.

Les Cisterciens d'Ecurey achètent en 1198 une forge sur la Saulx ainsi que 1200 hectares de forêt.

L'abbaye des Prémontrés de Jovillers possède une scierie à Jean d'Heurs sur la Saulx, qu'elle afferme à des roturiers en 1600 et vend au

seigneur de Pont/Saulx en 1626.

Le Prieuré de Rupt-aux-Nonains ainsi que l'abbaye cistercienne d'Evau exploitent moulins et usines à fer, respectivement sur le ruisseau du Moulinet à Lavincourt et sur l'Ornain à Saint-Joire.

L'expansion médiévale du moulin hydraulique ne résulte donc pas d'une invention technique mais d'un contexte politico-économique féodal favorable. *"Le Moyen Age a donc été (...) à l'origine du développement d'une technique de pointe qui joue encore dans le monde contemporain un rôle majeur"* (Pernoud R., Gimpel J., Delatouche R., 1986).

C. LE DEVELOPPEMENT DES MOULINS ET L'EPOQUE PRE-INDUSTRIELLE.

Si du XV^{ème} au XVIII^{ème} siècle, le nombre d'usines ne varie pas, la "culture" des moulins bat son plein.

Cette période voit la naissance du "tout hydraulique" et du "tout au bois".

L'hydraulique est la clef de voûte du système énergétique d'un pays.

On cherche à rentabiliser au mieux les ouvrages existants pour accroître les productions. L'avènement puis les progrès de la science hydraulique (canaux de navigation) contribuent non seulement à améliorer les transports mais provoquent l'impulsion aux recherches scientifiques fondamentales.

"Trouver les principes et les lois mathématiques de la mécanique des fluides et constituer celle-ci comme science" (Miquel P. 1994), telle est la principale préoccupation des chercheurs.

Les travaux de Mariotte E.(1620-1684), Bernouilli D.(1700-1782), et Euler L.(1707-1783) restent trop théoriques pour l'amélioration des rendements des roues hydrauliques.

Il faut attendre les écrits de Bernard Forest de Belidor (1693-1761) pour préfigurer la turbine (moulin de Basacle à Toulouse).

D. LE MOULIN A EAU, PRECURSEUR DE LA REVOLUTION INDUSTRIELLE DU XIXEME SIECLE.

Le XIX^{ème} siècle est marqué par une nouvelle révolution industrielle liée au charbon et à la machine à vapeur.

Née en Angleterre, l'utilisation de la vapeur (produite par le charbon) résulte d'une nécessité: celle de répondre au manque cruel de bois et à la surexploitation des ressources hydrauliques du pays.

La France, moins riche en charbon, mais mieux pourvue en ressources

hydrauliques et forêts que l'Angleterre, développe son potentiel en modernisant ses installations.

Le moulin à eau diversifie considérablement ses fonctions et gagne en puissance. Le nombre de roues hydrauliques par ouvrage s'accroît et les moulins deviennent le support de l'industrialisation du XIX^{ème} siècle.

Les forges de Papon sur l'Ognon comptent 6 roues en 1856, celles de Bertheleville, 5 en 1852.

L'élaboration de la fonte et du fer emploient 14 roues aux forges d'Abainville en 1844.

L'hydraulique a mécanisé, rationalisé, et industrialisé les anciennes activités médiévales. Elle participe largement à la révolution industrielle en dégageant des principes techniques industriels exploités plus tard par le charbon et la vapeur.

"La plupart des machines à vapeur, créées au cours de la première moitié du XIX^{ème} siècle seront prévues pour être couplées à un arbre moteur ayant les mêmes caractéristiques que l'arbre moteur du moulin" (Jacomy B.1990). La culture technique actuelle basée sur le mouvement rotatif repose incontestablement sur la mécanique du moulin à eau.

En 1826 la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale offre un prix pour améliorer les rendements des roues à axe vertical. Poncelet J.V. (1788-1867) invente en 1827 la roue hydraulique métallique à aubes courbes qui augmente les rendements.

Si Burdin C. (1790-1873) inventa le terme de "turbine" en 1827, ses roues "à réaction" " *ne présentaient rien d'exceptionnel, ni par leur puissance, leur vitesse, ou leur rendement, ni par l'originalité de leur conception*" (Smith N., 1980). Le prix de 6000 francs fut gagné en 1833, par un élève de Burdin, Fourneyron B. (1802-1867) "père" des turbines hydrauliques modernes .

Ses travaux furent repris par Kaplan V.(1876-1934), Pelton L.A.(1829-1908) et François J. (1815-1892) qui donnèrent leur noms aux principaux types de turbines utilisées aujourd'hui.

Les anciens moulins s'équipent alors de turbines hydrauliques à fort rendement énergétique (plus de 80%).

Sur la Saulx et l'Ornain, la modernisation est timide: 20 turbines seulement sont installées dont 14 sur l'Ornain.

Avec l'utilisation de la machine à vapeur et du charbon, les activités industrielles ne sont plus liées aux cours d'eau mais se fixent sur les matières premières.

Les nouveaux procédés techniques notamment sidérurgiques (Thomas-Gilchrist) permettent d'utiliser massivement les grands gisements ferrifères et houillers de Lorraine.

Les moulins du Barrois, principalement orientés vers la sidérurgie et l'industrie textile vers 1850 ne peuvent rivaliser avec les grands complexes industriels lorrains nés après 1890.

Le matériel de production reste vétuste et la main d'oeuvre irrégulière.

La fabrication de la fonte et du gros fer en Meuse emploie 106 roues hydrauliques pour seulement 8 machines à vapeur en 1844.

Le développement des grands axes de communication (canal de la Marne au Rhin, chemin de fer Paris-Strasbourg) au XIX^{ème} siècle sonne le glas des moulins hydrauliques du Barrois. Les anciennes activités industrielles migrent vers le Perthois sur ces grands axes et quittent les cours d'eau. On passe du "tout hydraulique" au "tout charbon".

L'évolution du nombre de moulins en France de 1844 à 1975 (fig.III.2b) montre que ces derniers connaissent destruction et désaffectation après 1890.

E. L'EXEMPLE DU MOULIN DE FAINS-LES-SOURCES.

L'histoire des moulins à eau dans le Barrois peut être illustrée par le moulin de Fains-les-Sources dit "*l'ancienne filature*" (Marguery G., 1972).

Ce moulin est sis sur un affluent de rive gauche de l'Ornain qui draine la commune de Fains-les-Sources.

Au Moyen-Age il appartient au seigneur local, il est banal. On le retrouve sur la carte de Cassini de 1759 et sur le dernier dénombrement des seigneurs de Fains en 1769.

Il fait l'objet d'un procès entre son propriétaire et la communauté villageoise en 1771.

Vendu à la Révolution, il est loué le 12 avril 1806 pour une durée de 9 ans. Vendu à MM Hannotier et Ficatier en 1819 et racheté par M. Guyot-Maret, filateur à Bar-le-Duc en 1882, le moulin est reconverti en filature de coton, détruite en 1859 par un incendie.

Moulin à phosphates de 1859 à 1894, il est racheté en 1936 par l'hôpital de Fains-les-Sources qui utilise les bâtiments en friches pour loger son personnel.

En 1966 l'ancienne propriété est reconvertie en terrain de sport et aire de loisirs. En 1994, ne subsistent que 3 bâtiments en partie abandonnés ainsi que le déversoir de prise d'eau et un vannage restauré.

Les moulins existants sont donc un héritage du passé et datent pour la plupart du Moyen-Age. Issus du droit féodal, ils ne sont réglementés qu'au XIX^{ème} siècle suite aux nombreux conflits d'usage entre usiniers et riverains. La majeure partie des ouvrages étant aujourd'hui désaffectée, nous avons du mal à prendre conscience de l'importance de l'énergie hydraulique par le passé ainsi qu'à appréhender les problèmes d'aménagement des cours d'eau.

Les conflits d'usage actuels résultent en partie de l'incompatibilité des règlements d'eau aux nouvelles reconversions du XX^{ème} siècle.

C'est pourquoi la présentation des usages anciens s'impose afin de mieux comprendre les problèmes actuels de gestion de l'eau.

II. LES USAGES ANCIENS DU MOULIN A EAU SUR LA SAULX ET L'ORNAIN.

A. LES USAGES INDUSTRIELS.

a. Le travail du fer.

L'exploitation du minerai de fer valanginien ainsi que le travail du fer furent incontestablement les activités majeures des moulins sis sur la Saulx (45% des moulins) et l'Ornain (fig.III.3).

1.Des conditions favorables.

* Un minerai de "fer-fort".

Le minerai de "fer-fort" affleurant, sur le plateau, et piégé dans un karst anté-crétacé est exploité à ciel ouvert dans de nombreuses minières.

La situation de plateau calcaire, occupé par la forêt et une pelouse à graminées dite "pelouse lorraine" taxe ce minerai de "mine de gazon" exploité également sur le revers de la côte de Moselle (borne du fer d'Aumetz, Saint-Pancré) et dans le Barrois méridional à Arc-en-Barrois. Cette exploitation de plateau ne nécessite pas la pratique d'exhaures indispensables dans le bassin ferrifère lorrain.

Le minerai, riche en fer est constitué de géodes de fer, plaquettes et boules contenues dans une matrice argilo-sableuse qui repose sur une marne noire.

"La teneur en fer (...) était en 1865 de 46% à Morley, de 46 à 49% à Biencourt, de 36% à Dammarie, de 41% à Ecurey" (Wittmann M., 1962).

Compte tenu du type de gisement (relief karstique fossilisé) son épaisseur est très variable, puisqu'elle atteint 10 m dans le synclinal de Treveray (minière d'Héville) et s'annule sur l'anticlinal de Bar-le-Duc. On comprend pourquoi les principaux lieux d'exploitation sont tous localisés dans ce synclinal (Montiers/Saulx, Morley, Ribeaucourt, Biencourt, Couvertpuis, Treveray).

* De grands massifs forestiers.

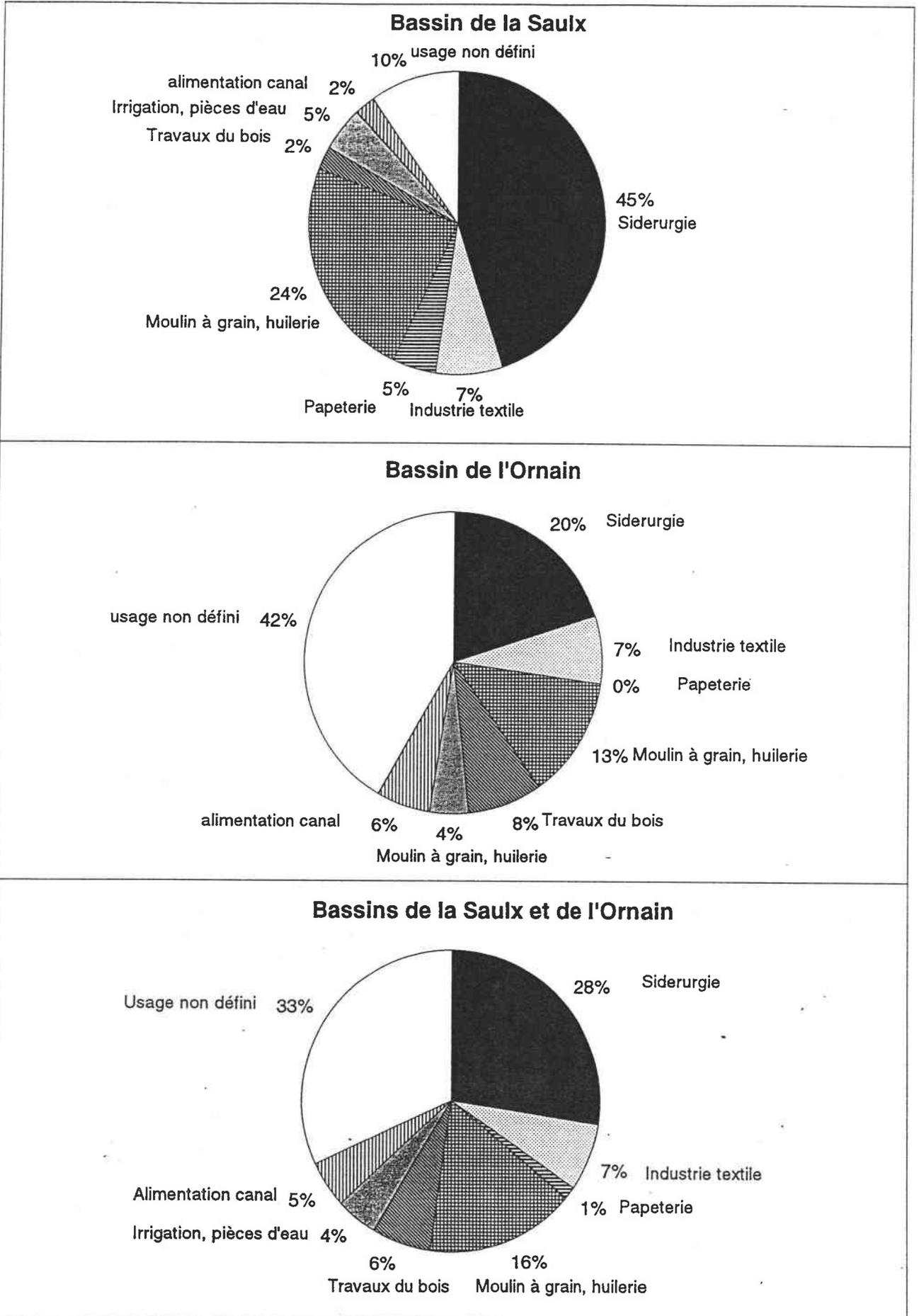
Les grands massifs forestiers du Barrois garantissent un combustible indispensable à la sidérurgie: le charbon de bois.

En effet, malgré l'intense déforestation du Moyen-Age au XIXème siècle, la couverture forestière des bassins de la Saulx (34% de la surface) et de l'Ornain (37% de la surface) reste largement supérieure à la moyenne française (25% de la surface).

Les précipitations importantes et le sol calcaire garantissent de bonnes conditions de croissance pour le hêtre et le chêne, respectivement " 33% et 43

fig. III.3

USAGES DES MOULINS HYDRAULIQUES VERS 1850



% de la surface forestière du Barrois", Bach M.1977).

Or, "les charbons de chênes, charmes, hêtres et autres bois durs sont meilleurs pour le fourneau de fusion" (Buffon G., 1749).

"L'essor industriel du tout au bois", (Husson J.P., 1991) est effectivement une réalité.

"En moyenne, une forge dévore annuellement une coupe réglée d'environ 150 hectares", (Andrieux J.Y., 1991).

"Au total (en 1783), les forges des vallées de la Saulx et de l'Ornain brûlent 293000 cordes (1.3 millions de stères) accaparant 87% des récoltes de la subdivision de Bar-le-Duc", (Husson J.P., 1991, d'après ADMM C 315).

La demande de charbon de bois est telle que "des établissements ferment, à la fin de l'ancien Régime asphyxiés par le manque de bois" (Woronof D., 1984).

* Les ressources minérales.

Le Barrois portlandien présente de bonnes ressources en calcaires à chaux utilisés comme fondant (castine) améliorant la qualité de la gueuse.

Les sables crétacés notamment de l'Albien, sont également exploités pour le moulage des pièces de fonderies.

* Les ressources en eau.

La première révolution sidérurgique, au XV^{ème}-XVI^{ème} siècle reposant sur l'exploitation de la force motrice de l'eau augmente considérablement la puissance des bouches à feux.

Du plateau forestier, la sidérurgie migre dans les vallées sur la Saulx et l'Ornain qui présentent un potentiel hydraulique important.

* Les acteurs de l'essor sidérurgique.

L'exploitation des ressources naturelles résulte certes de conditions favorables mais surtout d'une volonté humaine.

Le rôle des religieux paraît capital dans l'essor de l'industrie du Barrois.

"La diffusion occidentale du moulin à fer doit aussi beaucoup, comme pour la technique hydraulique en général, aux moines cisterciens du XII^{ème} siècle qui ont répandu une technique métallurgique en même temps qu'une organisation de la production dans toute l'Europe" (Jacomy B., 1990).

C'est effectivement à l'initiative des moines cisterciens de l'abbaye d'Ecurey que la première mention de construction d'une forge apparaît sur la Saulx en 1198, à l'issue d'une autorisation délivrée par le seigneur de Commercy, Simon de Broyes. C'est toujours les cisterciens qui fondent l'abbaye et la Forge d'Evau sur l'Ornain.

Compte tenu du poids stratégique d'une forge et du droit féodal, les établissements appartiennent pour la plupart à la noblesse locale du puissant

comté ou duché de Bar (au Moyen-Age). Celui-ci par le biais de la vassalité les loue aux seigneurs locaux qui confient la gestion des ouvrages à des roturiers et des bourgeois.

Les forges et le fourneau de Morley sont loués à Toussaint Langlois, bourgeois de Bar-le-Duc en 1643.

L'essor de l'industrie sidérurgique donne naissance à plusieurs dynasties de maîtres des forges dès le XVIIIème siècle issus de la bourgeoisie de Bar-le-Duc et Ligny-en-Barrois.

A l'issue de la révolution, les usines à fer sont rachetées par d'anciens nobles et des bourgeois lors de la vente de biens nationaux. La conservation des droits seigneuriaux inaliénables est effectivement alléchante.

Les forges de Montiers/Saulx sont affermées au comte du Hautoy, le Maréchal de Bauveau achète la forge de Morley, le comte de Salles celle d'Abainville.

Mais c'est davantage dans la bourgeoisie parisienne que naissent les maîtres des forges au XIXème siècle.

Cependant la gestion des usines reste familiale, les sociétés sont minoritaires (Capitain, Delarbre et Cie à Abainville en 1844).

Les Godinots, maîtres de forges à Hairoville adhèrent à "*la Société des Hauts fourneaux de Maxéville, société en nom collectif établie en 1902 par 7 maîtres des forges de Haute-Marne et de Meuse*" (Moine J.M., 1989).

Réné Grosdidier, maître des forges de Commercy, possède également les usines à fer de St Joire sur l'Ornain en 1880.

Stanislas Demimuid (1830-1850) possède les usines de Bertheleville, Longeville et Hairoville, Ernest Bradfert les forges de Bar-le-Duc.

La famille Salin propriétaire des usines d'Ecurey, Dammarie/Saulx et Abainville au début du siècle, a également marqué le paysage politique du département de la Meuse.

La main d'oeuvre est essentiellement représentée par des ouvriers-paysans. Les usines chômaient assez régulièrement en période d'étiage par manque d'eau et de main d'oeuvre lors des récoltes.

En 1844, 795 ouvriers travaillent à la fabrication de la fonte et du fer en Meuse.

La combinaison de ces facteurs naturels et humains favorables fera du Barrois mais surtout de la Saulx et de l'Ornain, une région industrielle majeure de l'espace français jusqu'au milieu du XIXème siècle.

2. Le moulin à fer.

Les activités sidérurgiques et métallurgiques concentraient 45% des moulins hydrauliques sur la Saulx et 20% sur l'Ornain vers 1850 (fig.III.3).

"L'outillage des mines et des usines métallurgiques était beaucoup plus riche; il était fait usage des roues à plusieurs stades de l'exploitation ou de la fabrication, si bien que plus d'une demi-douzaine d'appareils hydrauliques concouraient au travail du minerai et du métal" (Ferrendier M., 1949).

* Le lavage du minerai.

Le minerai retiré des carrières est noyé dans une gangue argilo-sableuse qu'il faut retirer avant concassage.

A partir d'un barrage de prise d'eau, des canaux de dérivation amènent l'eau dans des lavoirs à mine constitués de bassins successifs à mailles variables.

Le minerai partiellement lavé est amené au patouillet (moulin à tambour).

La roue hydraulique du moulin assure un mouvement rotatif de bras dans un tambour (huche) renfermant le minerai.

Le tout soumis à un courant d'eau continu dégage le minerai de sa gangue argileuse (fig.III.4).

Le lavage des minerais produit des quantités très importantes de troubles ou fines dans la Saulx et l'Ornain, provoquant à l'aval des atterrissements et l'ensablement des usines et moulins.

Des bassins d'épuration à la sortie des lavoirs limitent ces effets.

Pour contrôler ces dépôts, l'homme barrait la vallée et "*transformait ainsi les terrains en bassins d'épurations*" (Buvignier A., 1852).

Ce procédé, largement utilisé dans la vallée de l'Orge s'avéra largement bénéfique car il enrichit les sols essentiellement calcaires des fonds de vallées et permettait de convertir des terres incultes en prairies (Biencourt/Orge) tout en colmatant les pertes d'eau en surface.

Le déplacement régulier des barrages donc des zones de décantation provoquées permettait de colmater les fissures et ainsi de limiter les infiltrations du réseau de surface.

Cependant le manque de coordination entre usiniers et riverains n'a pas contribué à gérer rationnellement ce procédé d'amont vers l'aval.

Néanmoins cette pratique témoigne d'une volonté d'aménager les cours d'eau en pays calcaire et de maximiser l'exploitation de l'espace.

Après passage au patouillet, le minerai est concassé au bocard.

* Du bocard à l'usine à fer.

Le minerai est concassé au bocard (moulin à broyer) avant la fusion en fonderie (fig. III.5).

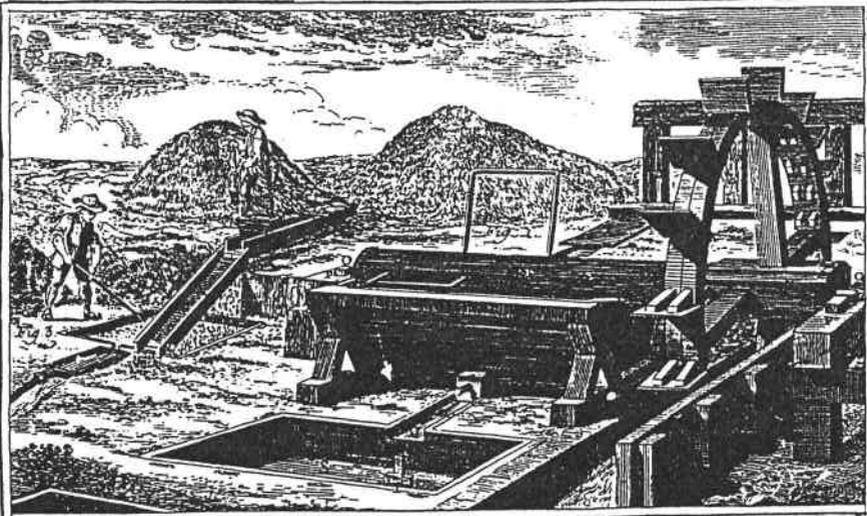
L'utilisation de la force motrice de l'eau avec le moulin permet d'obtenir de la fonte (système de soufflerie, fig.III.6).

La fonte coule dans un moule creusé dans du sable pour former une gueuse destinée à la forge.

L'utilisation de charbon de bois peu résistant à la compression ne permet pas encore d'obtenir d'importantes quantités de fonte. La fonderie est représentée par un fourneau de petite taille (fig.III.6) dont un exemplaire subsiste à Menaucourt. De taille modeste (12 m de hauteur, 3.3 m de diamètre au ventre et 2 m au gueulard), il est constitué d'une cuve en briques réfractaires entourée de pierres de taille.

LE PATOUILLET

Pl. VII



Vue en plan

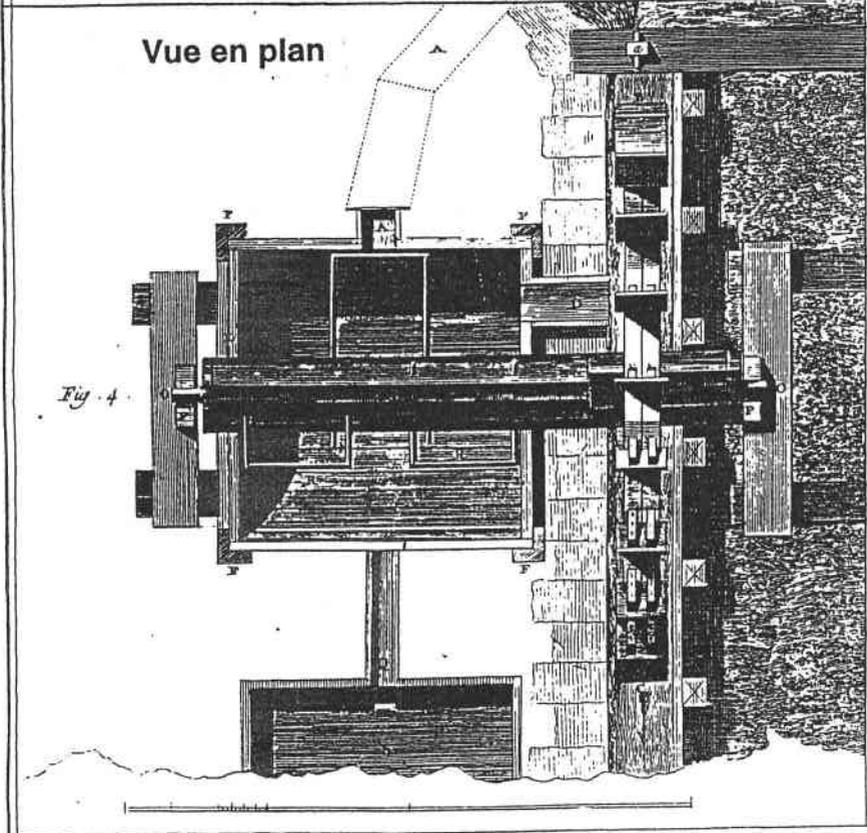
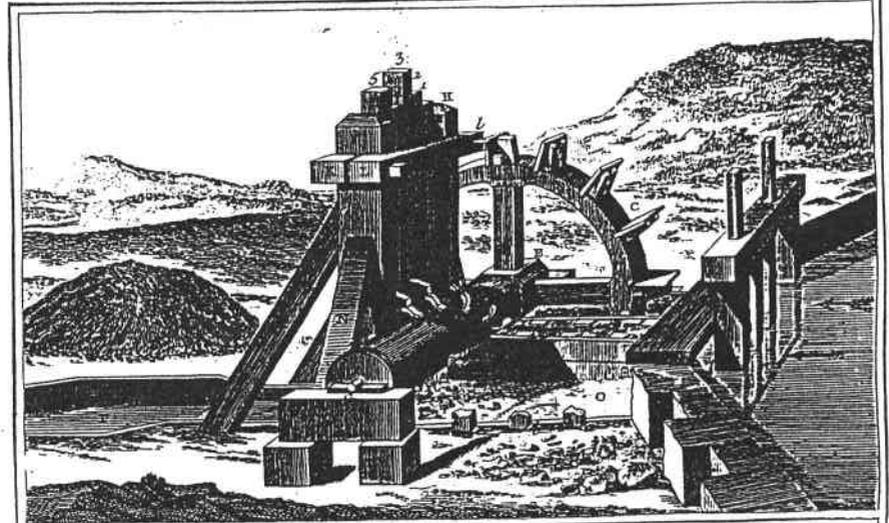


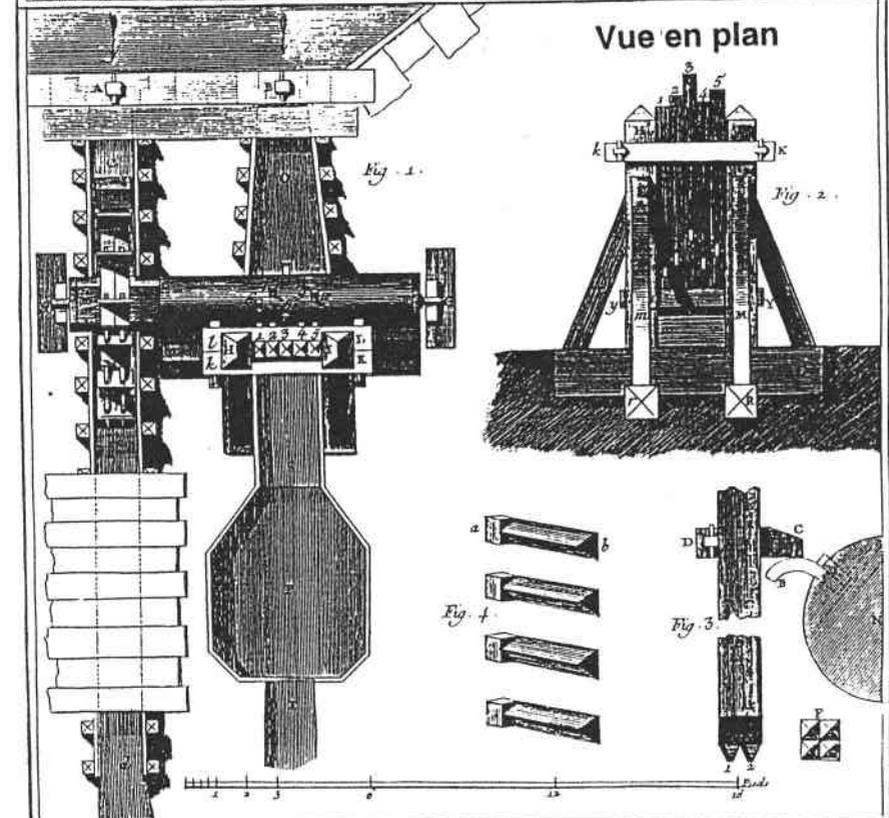
fig. III.4

LE BOCARD

Pl. IX



Vue en plan



Sources: D'Allembert J.L.R. et Diderot D. (extrait de l'Encyclopédie).

fig. III.5

BOCARD COMPOSE DE BOUCHON/SAULX

(extrait du projet de règlement d'eau de 1838)

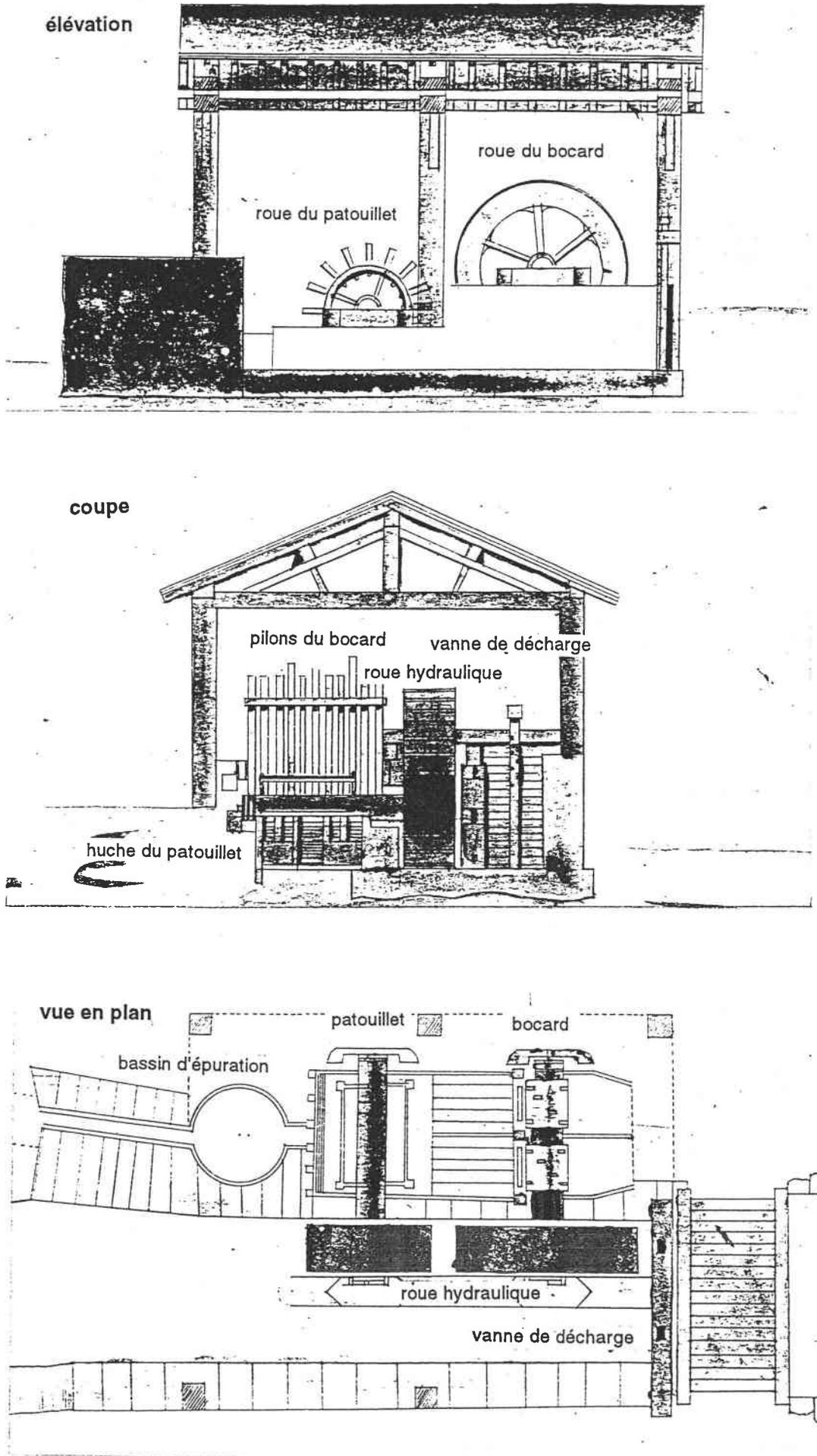


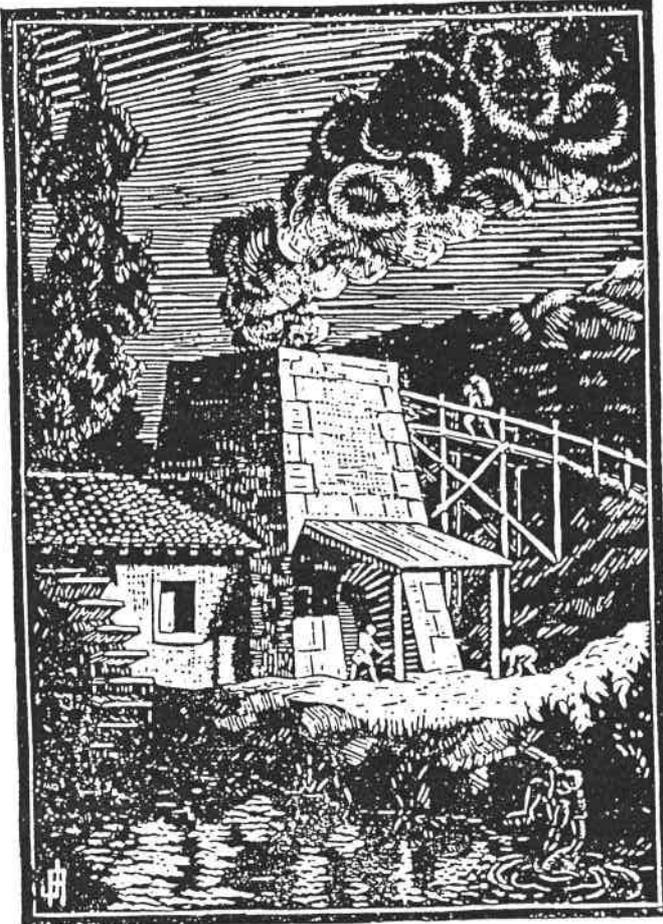
fig. III.6

FORGE HYDRAULIQUE AU XVIème SIECLE



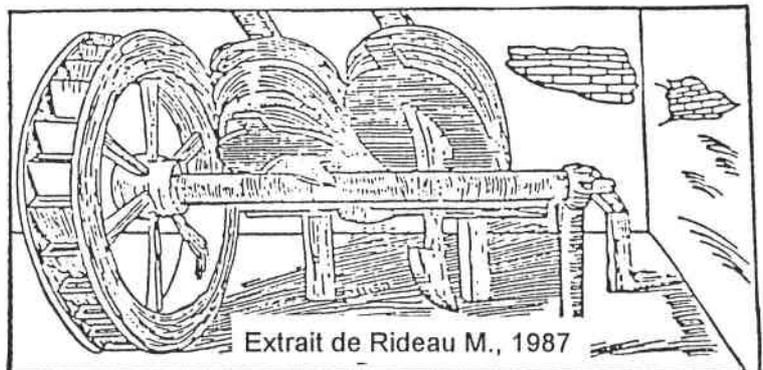
D'après une gravure sur bois de Münster S., 1555.
dans Rideau M. (1987)

UN HAUT FOURNEAU AU 18ème SIECLE



D'après un bois gravé de Archimbaud J.
dans Printz A. (1988)

SOUFFLERIE DE FORGE AU XVème SIECLE



Extrait de Rideau M., 1987

La forge transforme la fonte en fer par affinage. La décarburation de la fonte est effectuée en frappant la gueuse (cinglage) puis par puddlage dès 1783.

L'eau actionne les soufflets du four à puddler, les marteaux et martinets de la forge (fig.III.7). Le métal est étiré dans des laminoirs hydrauliques (espatards) et découpé par les taillards dans la fenderie. Les batteries étaient des moulins à fabriquer des tôles, les fileries produisaient le fil de fer de tout diamètre. Les moulins fourbisseurs ou émouries fabriquent et aiguisent les lames d'armes blanches à Robert-Espagne, Longeville/Ormain et Bar-le-Duc au XIXème siècle.

Le rôle de l'énergie hydraulique dans le travail du fer est illustré par de nombreuses maquettes (atelier métallurgique du Haut Moyen-Age, forge hydraulique du XVIIIème siècle) au musée des mines de fer de Lorraine à Neufchef et au musée du fer à Jarville.

3. Les industries sidérurgiques et métallurgiques sur la Saulx et l'Ormain

*** Les productions.**

Les activités sidérurgiques de la Saulx et de l'Ormain concernent essentiellement les opérations de première fusion.

En 1844 on recense 23 fourneaux pour seulement 10 forges dans le Barrois.

Selon Wittmann M.(1962), la production fin XVIIIème siècle pour 16 usines du Barrois (y compris celle sis sur la Cousance) atteignait 2.7% de la production nationale de fonte et 1.6% de celle du fer. La fonte représentait à elle seule 72% de la production de ces usines.

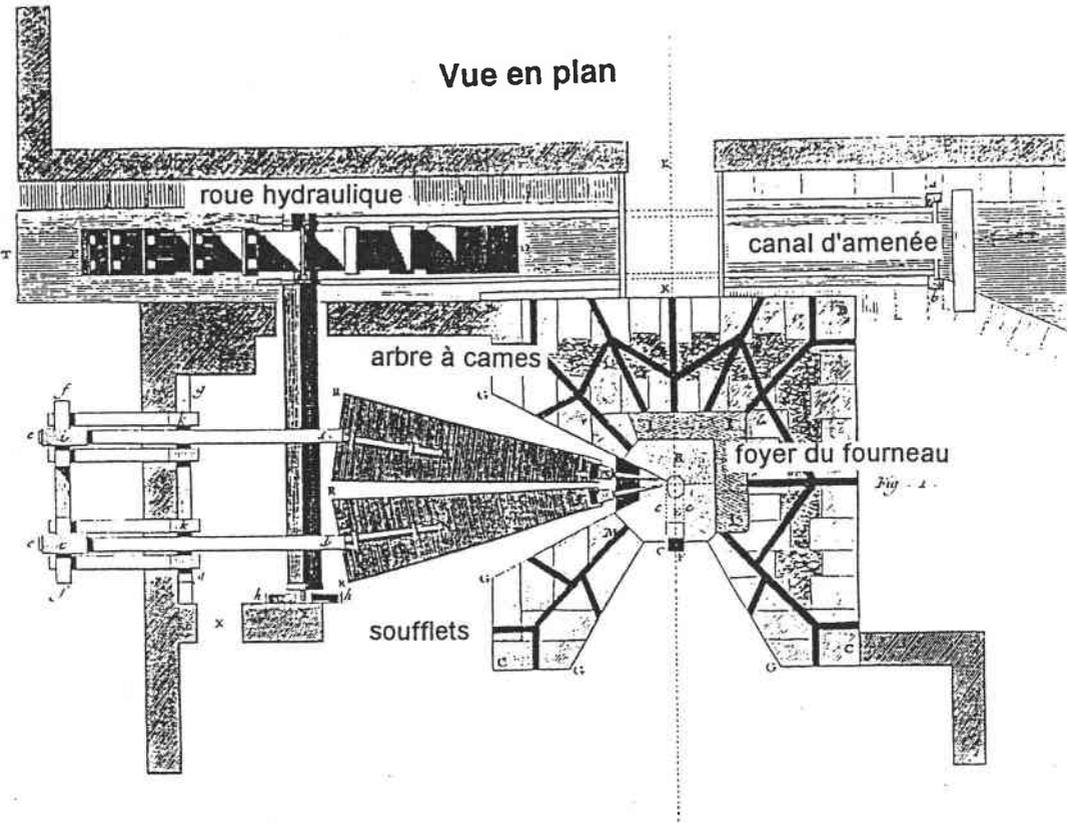
La fabrication de la fonte concentre 25 fourneaux en Meuse actionnés par 39 roues hydrauliques. Les fourneaux sont au nombre de 17 sur l'Ormain et la Saulx en 1844. Les principaux sites de production sont localisés dans le synclinal de Treveray à Haironville, Naix-aux-Forges, Treveray, Menaucourt et dans les bassins de la Maldite et de l'Ognon à Bertheleville, Dainville, Papon et Beaupré.

Le moulage de la fonte de seconde fusion compte 9 établissements localisés à Dammarie/Saulx, Morley, Montiers/Saulx, Abainville et Evaux.

La fabrication du gros fer compte seulement 7 feux d'affinerie pour la plupart en chômage en 1844 (Buvignier A.,1852). L'élaboration du petit fer au martinet et laminoir est presque inexistant avec 2 usines à Bar-le-Duc et Abainville.

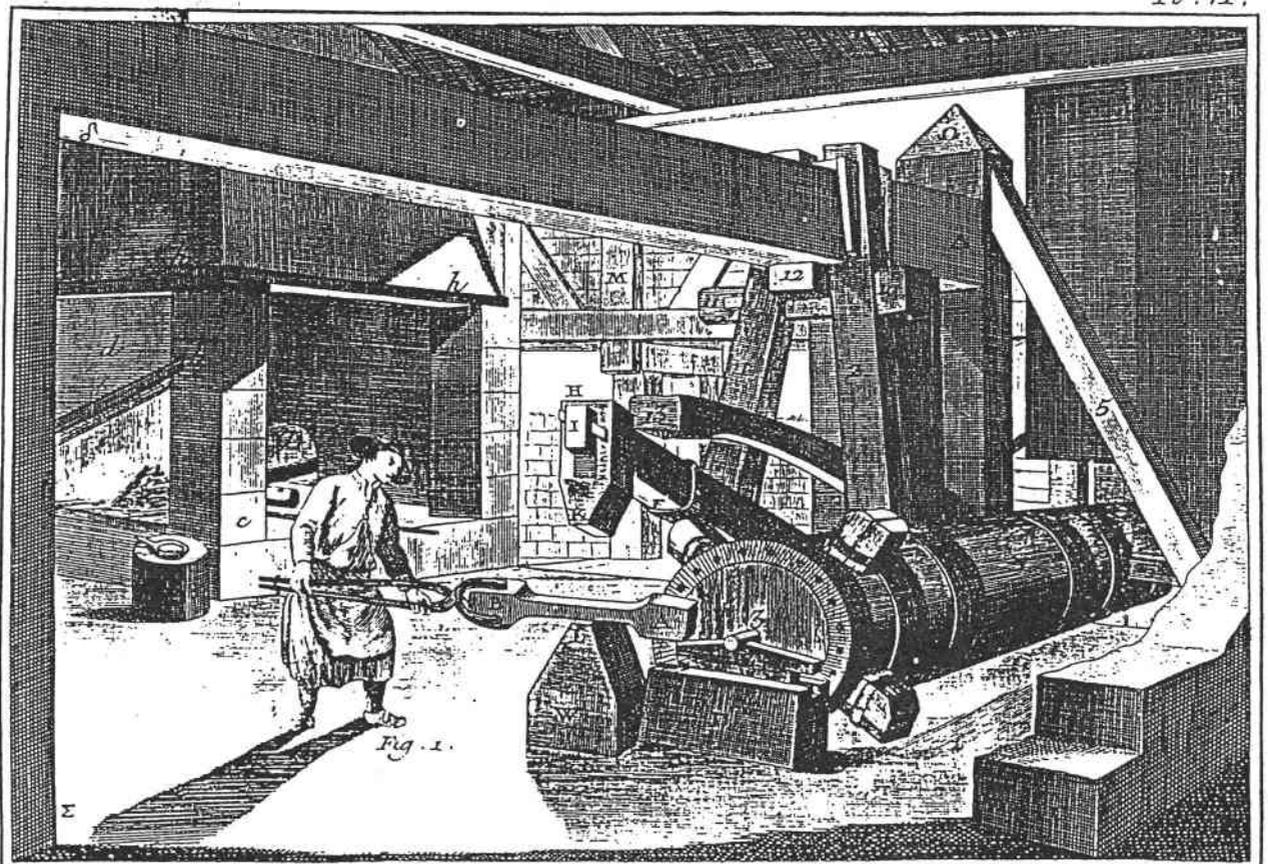
Les industries de transformation sont rares et peu diversifiées car

fig. III.7 SOUFFLERIE DE FORGE HYDRAULIQUE



Sources: D'Allembert J.L.R. et Diderot D. (extrait de l'Encyclopédie).

VUE INTERIEURE D'UNE FORGE AU XVIIIème SIECLE



Sources: D'Allembert J.L.R. et Diderot D. (extrait de "Encyclopédie")

essentiellement orientées vers l'armement et les ouvrages d'art.

Au fourneau de Bouchon/Saulx, le boulet de canon était l'unique pièce de fonderie fin XVII^{ème} siècle alors que les forges de Montiers/Saulx moulaient des taques de cheminées pour le marché parisien.

Les usines à fer du bassin de la Saulx-Ornain malgré leur nombre (plus de 35) sont donc essentiellement orientées vers le travail de la fonte en 1844. Les activités métallurgiques sont très faiblement représentées.

* Les unités de production.

Vers 1850 le nombre d'usines à fer sur la Saulx et l'Ornain s'élève à 39 soit 28% du total des moulins (fig.III.3).

Les unités de production sont d'abord des moulins de taille diverse. On distingue les petites usines familiales isolées, des complexes industriels intégrés.

Les petites usines à fer sont des bocards ou patouillets (fig.III.5) couplés à un moulin à grain ou à huile (Mognéville, Ménil/Saulx, Menaucourt, Morley).

Les roues hydrauliques sont peu nombreuses (moins de 3) et l'usine se compose de quelques bâtiments épars.

Ce type d'usine peut être illustré par le bocard de la Malmaison en 1834 (fig.III.8).

L'examen des règlements d'eau du XIX^{ème} siècle montre que le travail du fer est souvent complémentaire aux activités agricoles.

"Le Sieur Pierre Jacques Noël est autorisé à maintenir en activité une usine, contenant une batterie mécanique et deux moulins à farine qu'il possède sur la rivière Saulx dans la commune de Mognéville" (extrait du Règlement d'eau de 1855, DDE Meuse).

Outre une usine à fer, les roues hydrauliques du Vieux Jean d'Heurs actionnent un moulin à colorants de bleus d'outremer en 1858.

Les moulins intégrés, travaillant la mine et le fer étaient fort peu nombreux.

La forge de Pont/Saulx signalée en 1549 comprend en 1847 un patouillet, un bocard, un four à puddler ainsi qu'un haut-fourneau (fig.III.9). Le tout fonctionne avec 7 roues hydrauliques.

Ces ouvrages de taille moyenne regroupent les bâtiments industriels avec les habitations des ouvriers.

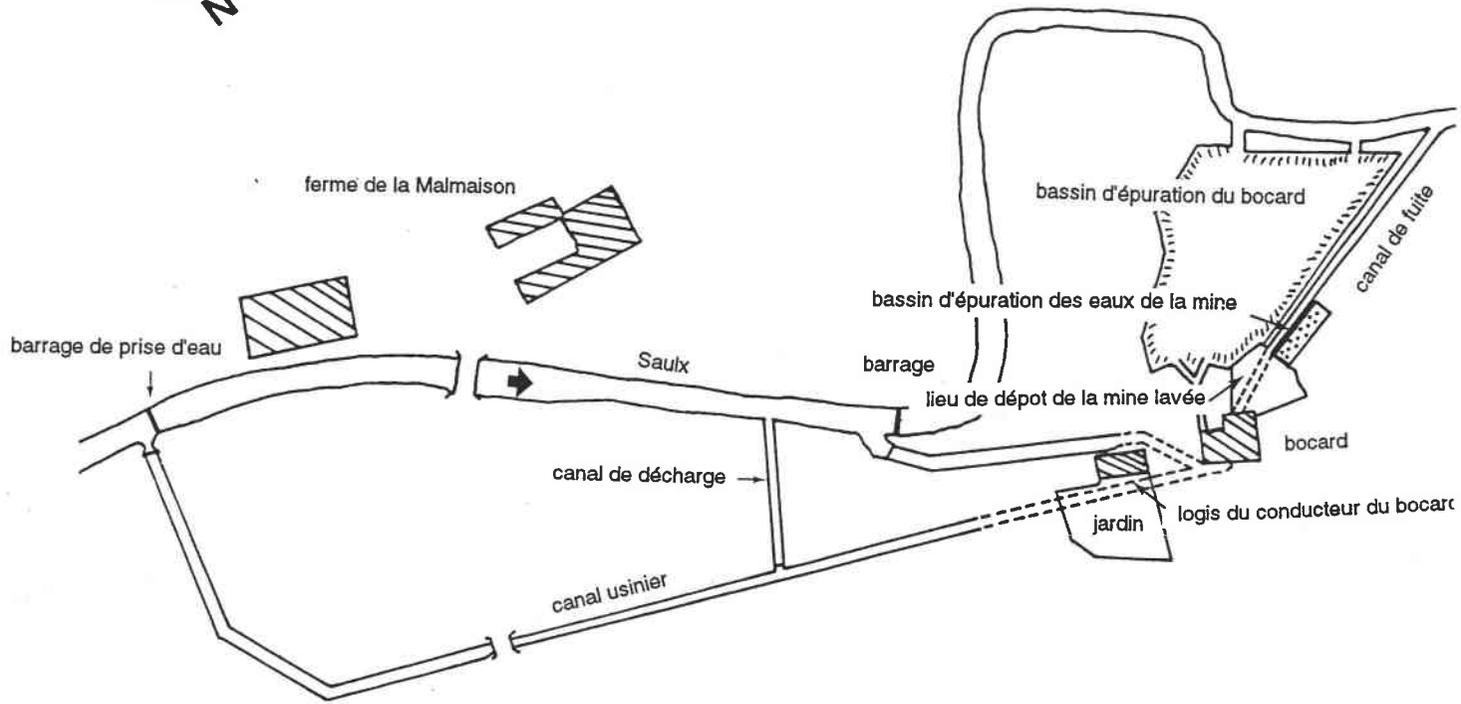
Cependant sous l'impulsion des maîtres des forges, les usines à fer se développent et rationalisent leur organisation spatiale sur les installations hydrauliques.

fig. III.8

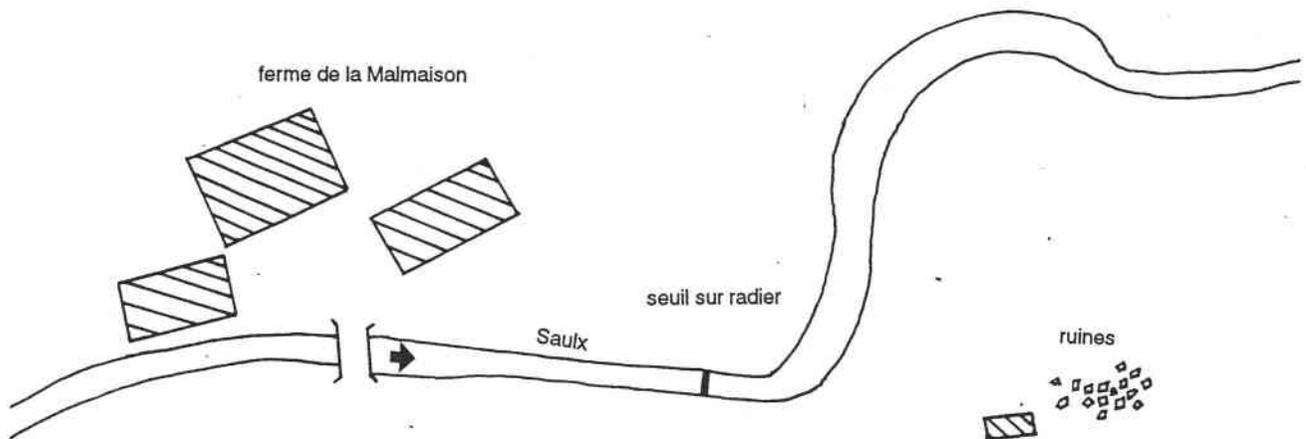
LE BOCARD DE LA MALMAISON DE 1834 A 1994

0 50 M.

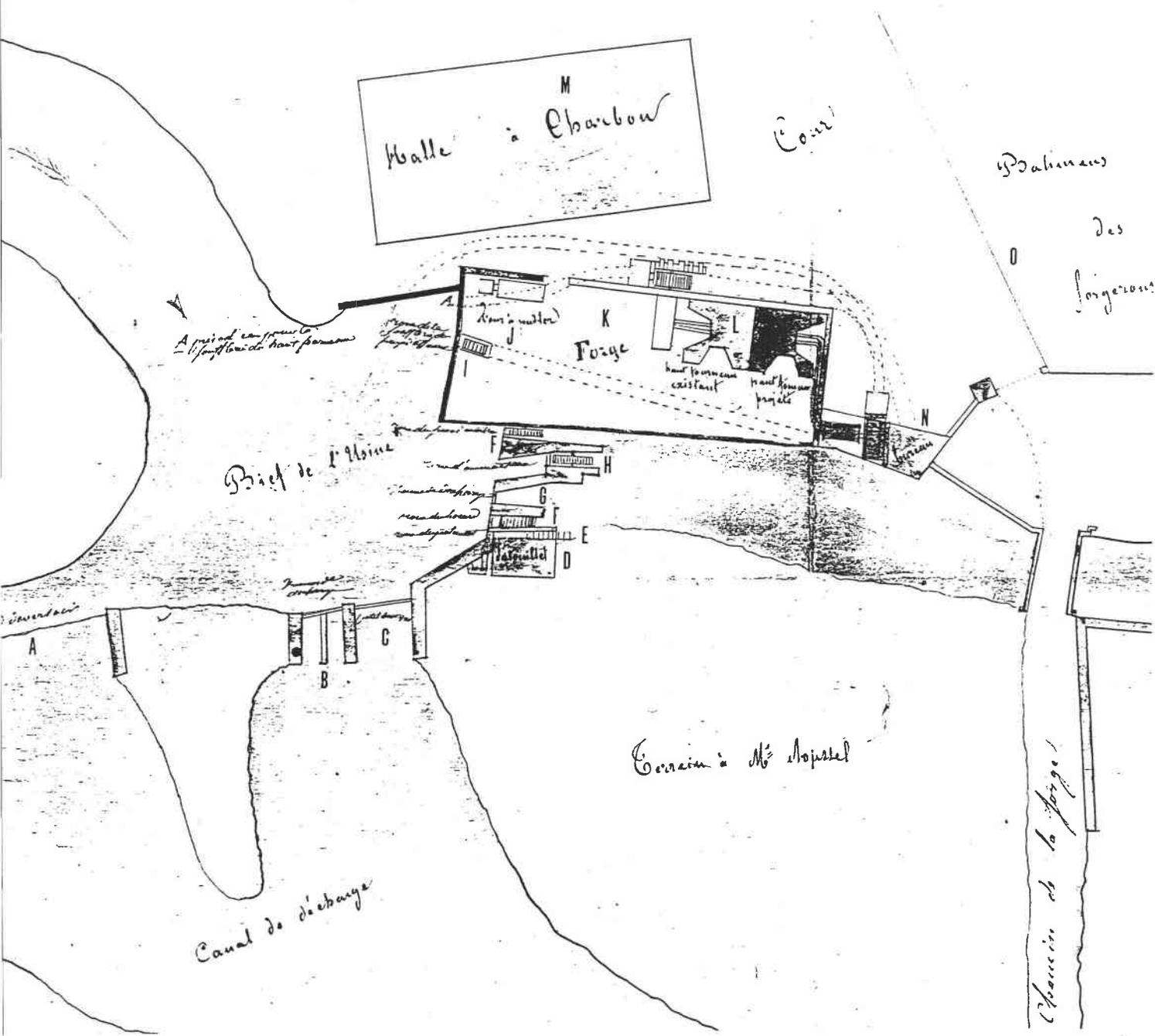
en 1834



en 1994



(extrait du projet de règlement d'eau de 1838)



- A grand déversoir
- B vannage de décharge
- C petit déversoir
- D patouillet
- E roue du patouillet
- F roue du bocard
- G vanne de décharge
- H roue du marteau

- I roue de la soufflerie d'affinerie
- J four à puddler
- K forge
- L haut fourneau
- M halle à charbon
- N bureau
- O bâtiments des forgerons

Les usines intégrées sont de grande taille et regroupent les bâtiments industriels de production (du patouillet à la forge) et de stockage (halle à charbon, bassin d'épuration), ainsi que les maisons des commis, contremaîtres et ouvriers.

La maison du maître des forges entourée de ses dépendances (jardin) occupe une position centrale proche de l'église ou d'une chapelle.

L'organisation spatiale de l'usine reconstitue une micro-société ségrégative et hiérarchisée de type industrielle dans un monde à dominante rurale.

"Par leur agencement, la plupart des grandes usines (...) souligne la volonté des maîtres des forges (...) de s'identifier à la classe privilégiée (...)" (Husson J.P., 1991). Cette ségrégation sociale s'illustre dans le bâti: aux mesures ouvrières s'oppose le château imposant du maître des forges (Dammarie/Saulx).

L'usine hydraulique constitue le noyau économique des villages ruraux au XIX^{ème} siècle. Ce type d'usine peut être observé à Ecurey, Bertheleville, Abainville et Dammarie/Saulx (fig.III.10).

L'importance des activités sidérurgiques du Barrois peut être illustrée par une peinture de Bonhommé F. dit le Forgeron (incontestablement le plus grand peintre de la grande industrie du XIX^{ème} siècle). *"La Tôlerie des forges d'Abainville, exposée au Salon de 1838 lui vaut de recevoir une commande, deux ans plus tard pour une Vue intérieure des forges de Fourchambault"* (Andrieux J.Y., 1991) qui restera célèbre. En 1844 la forge d'Abainville, forte de ses 500 ouvriers, de ses 14 roues hydrauliques et de ses 2 machines à vapeur est la plus importante usine à fer de la région.

Les moulins hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain présentent la particularité d'être essentiellement orientés vers le travail du fer alors qu'ils sont indissociables de la mouture des céréales en France (Le Roy N., Collet D., 1991) et en Lorraine (Descombes R., 1982, Benoit J.M., 1988).

Cette particularité caractérise les plateaux calcaires et karstifiés lorrains recouverts d'un manteau de loess et de formations sidérolithiques.

Les vallées sidérurgiques du bassin ferrifère lorrain (Fensch, Orne, Crusnes, Chiers) concentraient un nombre important de forges, bocards et patouillots alimentés par le "minerai de gazon" (Printz A., 1966, Rideau M., 1987). Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle (dès 1878) que la "minette" aalénienne fut utilisée (procédés Bessemer et Thomas-Gilchrist).

L'usage industriel était prépondérant au XIX^{ème} siècle sur la Saulx et l'Ornain puisqu'il représentait respectivement 57% et 36% des moulins hydrauliques.

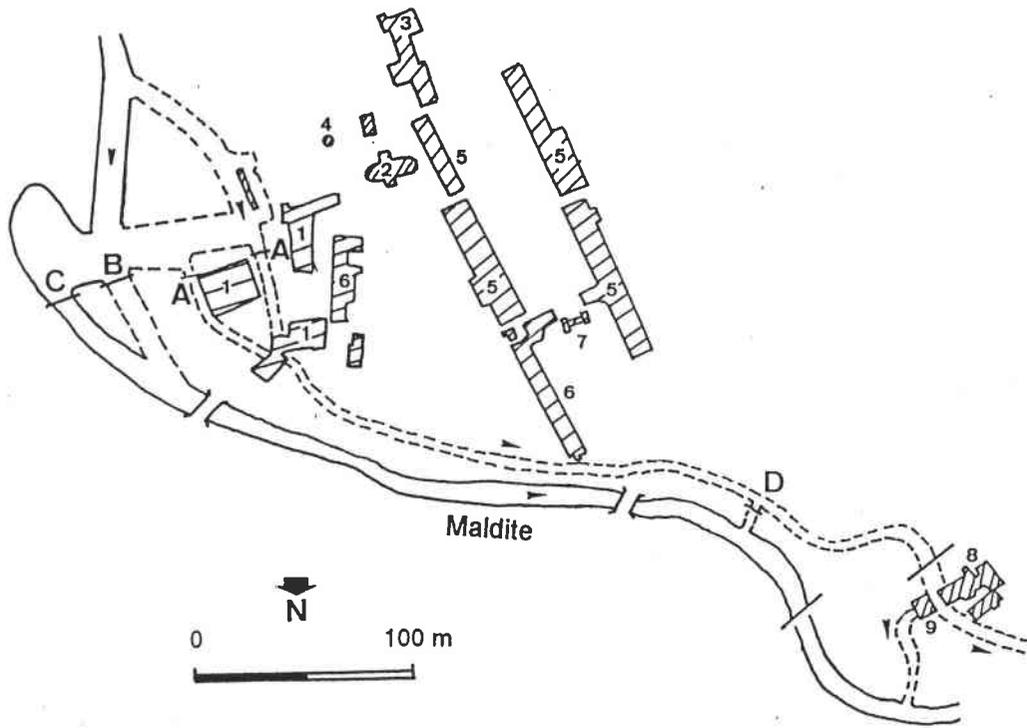
L'industrie papetière, traditionnellement installée sur l'eau, utilise également des moulins à eau.

PLAN DE BERTHELEVILLE

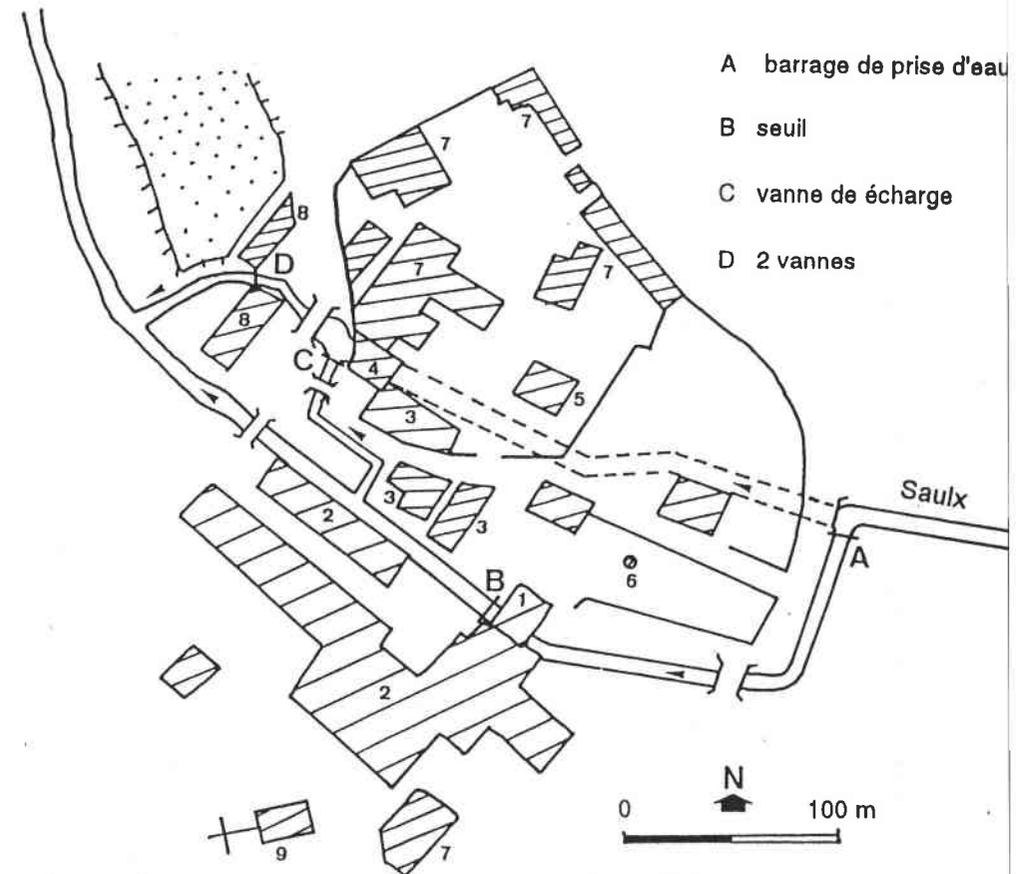
fig. III.10

PLAN D'ECUREY

- A barrage de prise d'eau
- B seuil
- C vanne de écharge
- D 2 vannes



- A vanne motrice
- B décharge principale
- C décharge secondaire
- D vanne de décharge
- ouvrage détruit
- ===== ouvrage actuel
- 1 forge
- 2 église St Rémy
- 3 château
- 4 colombier
- 5 bâtiments d'exploitation agricole
- 6 maisons d'ouvriers
- 7 porte de France
- 8 haut fourneau (disparu)
- 9 bocard (disparu)



- 1 soufflerie
- 2 forge
- 3 atelier
- 4 bocard
- 5 château
- 6 colombier
- 7 bâtiments d'exploitation agricole
- 8 maisons d'ouvriers
- 9 chapelle
- ==== cours d'eau aérien
- cours d'eau couvert et comblé
- ▨ bâtiment
- mur d'enceinte
- ▤ crassier

D'après le règlement d'eau de 1852 et le Ministère de la culture.

D'après le règlement d'eau du XIXème siècle (non daté).

b. Le moulin à papier.

Utilisée non seulement comme matière première et source énergétique, l'eau joue un rôle fondamental dans la fabrication du papier (J.M. Janot, 1952, J. Orsatelli, 1979). Le papier à base de cellulose ne remplace le papier de chiffon de lin et de chanvre qu'à partir de 1875 (fig.III.11).

Bien que les moulins à papier soient peu nombreux sur la Saulx (5% des moulins vers 1850) et l'Ornain (aucun), la vallée de la Saulx est une des plus vieilles régions papetières de France. "*Les premiers moulins à papier apparaissent en France vers 1340 dans les régions d'Essones et de Troyes*" (Descombes R., 1982). La première mention de papeterie en Lorraine date de 1385 avec un texte de compte du Receveur général du Barrois qui nous apprend qu'un dénommé Jehan le Papelier administrait les moulins à papier de Bar-le-Duc, Lisle en Rigault, Trémont/Saulx et Jean d'Heurs (Demandre J.L., 1982).

Des filigranes sur des documents d'archives, datés de 1472 à 1487 provenant de la papeterie de Lisle en Rigault, témoignent également de l'ancienneté de l'industrie papetière du Barrois.

La noblesse ainsi que l'Eglise, premiers consommateurs de papier au Moyen-Age, sont les principaux acteurs de l'activité papetière. "*En 1483 le Duc René II engagea à Louis Merlin, Général des finances du Barrois, le moulin (à papier) de Ville/Saulx*" (Demandre J.L., 1984). On sait par un écrit de 1557 que les Prémontrés de Jean d'Heurs possédaient un moulin à papier remplacé par un moulin à blé dans la cour de l'abbaye.

Une autre papeterie à Pont/Saulx est signalée en 1711.

En 1824 le Maréchal Oudinot (duc de Reggio) rachète la papeterie de Jean d'Heurs qu'il modernise. Son successeur, le banquier Varin le suit dans sa démarche.

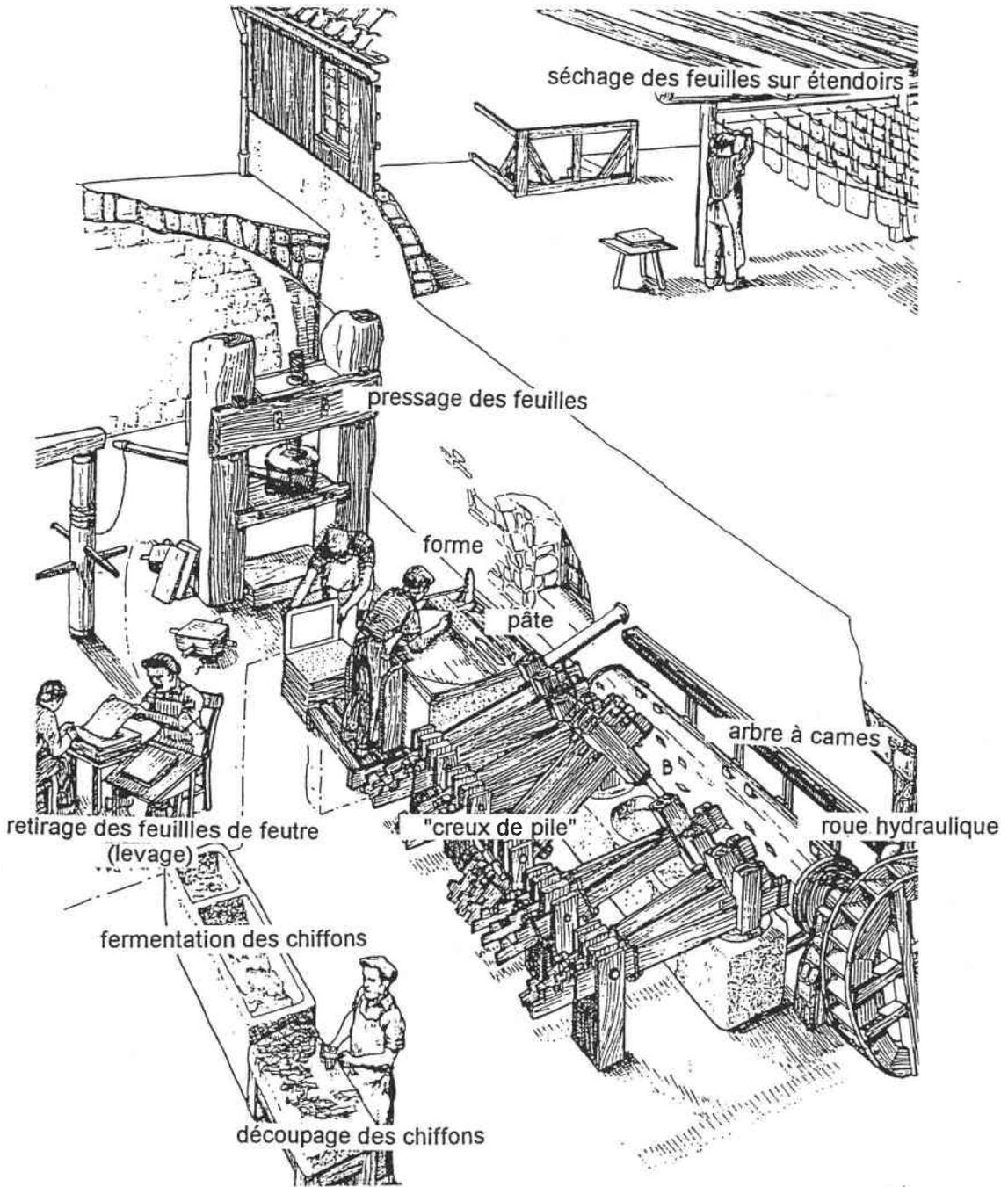
Un dessin d'en-tête de 1921 (fig.III.12) ainsi qu'un extrait de règlement d'eau de 1862 permettent d'apprécier la taille de l'usine fin XIXème-début XXème siècle. En 1969 la Société des Papeteries de Jean d'Heurs achète l'usine de Lisle en Rigault et le moulin à papier "Claudel" de Ville/Saulx.

Avec l'essor du papier à base de cellulose, l'industrie papetière migre vers les centres de production forestière (Golbey). Seule l'usine de Lisle en Rigault subsiste dans le Barrois.

Une autre activité traditionnelle est représentée par l'industrie textile qui concentre 7% des moulins hydrauliques du bassin de la Saulx-Ornain vers 1850.

fig. III.11 LE MOULIN A PAPIER

Fabrication du papier dite "à la main" ou "à la forme"



Moulin de Richard-le-Bas à Ambert

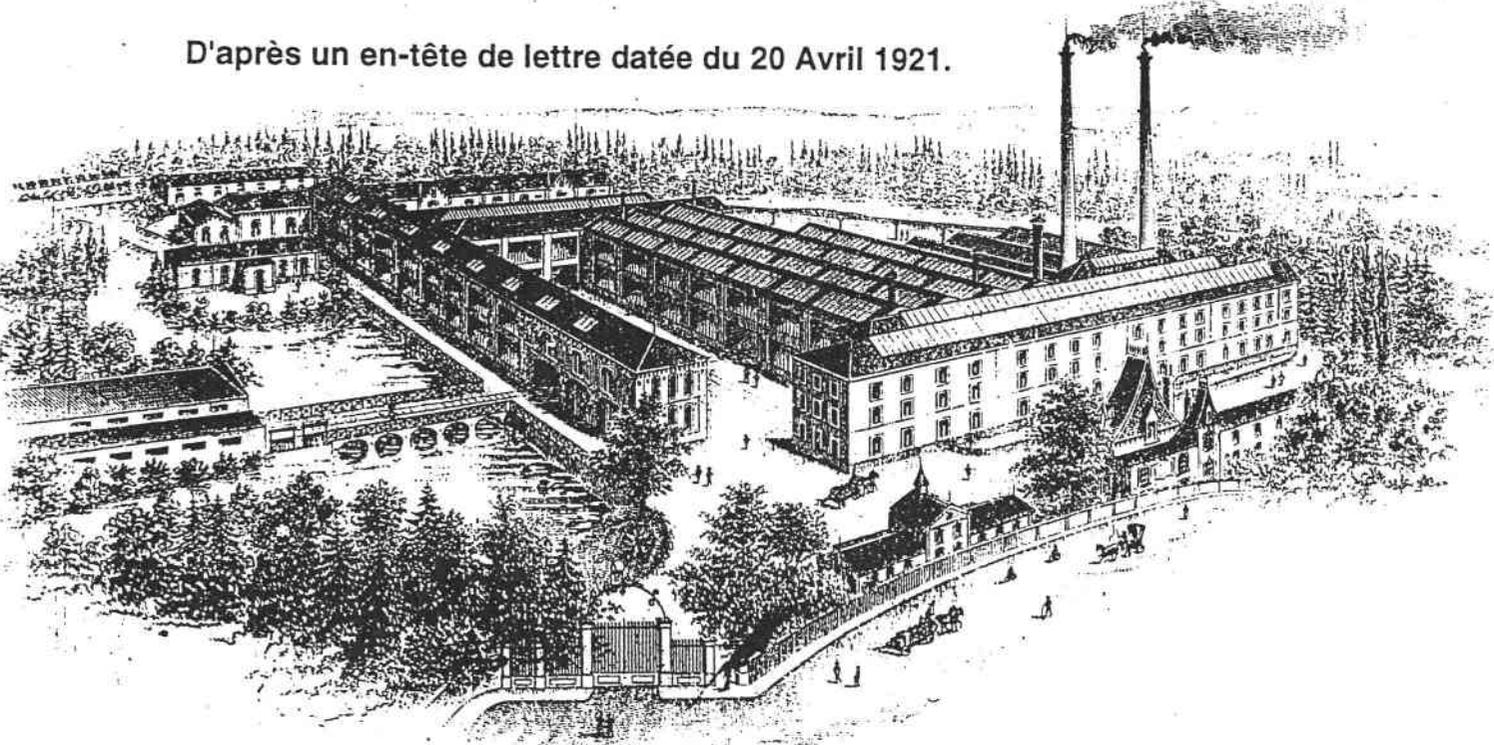
D'après Orsatelli J., 1979.

Société Anonyme
des
PAPETERIES DE JEAND'HEURS

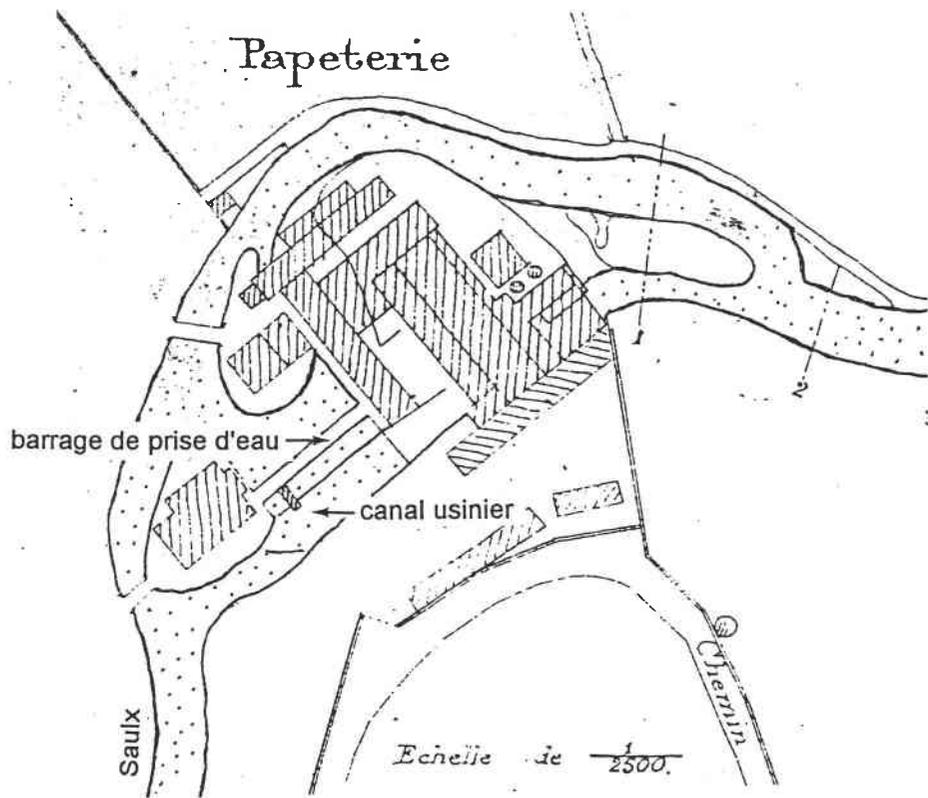
Capital 600.000 Francs

LISLE-EN-RIGAULT (Meuse), le 20 AVRIL 1921

D'après un en-tête de lettre datée du 20 Avril 1921.



D'après le réglemement d'eau de 1862



c. Le moulin dans l'industrie textile.

L'énergie hydraulique ne fut utilisée que tardivement (début XIXème siècle) dans l'industrie textile du Barrois.

Un rapport du "*Comité local formé en Décembre 1846 pour la défense de l'industrie et le travail national montre que de 1814 à 1820 plusieurs filatures mues par des machines hydrauliques se sont montées à Bar-le-Duc et dans ses environs (...) et ont remplacé les filatures à bras et celles à manège*"(Collot C., 1970).

Le rôle du moulin à eau fut capital car il a permis la mécanisation de cette industrie (mouvement rotatif alternatif) avant de l'appliquer à la machine à vapeur.

Le Barrois est le premier centre cotonnier de la Meuse au XIXème siècle. Selon les statistiques de 1847, l'arrondissement de Bar-le-Duc concentre 83% des établissements cotonniers meusiens.

La zone cotonnière des vallées de l'Ornain et de la Saulx comptait en 1847:

- 9 filatures à Guerponts, Bar-Le-Duc, Fains-les Sources, Saudrupt, Robert-Espagne, Trémont/Saulx, Revigny/Ornain et Demange-aux-Eaux

- 14 tissages dont 13 à Bar-le-Duc et un à Neuville/Ornain

- 4 teintureries à Bar-le-Duc et Savonnières-devant-Bar

- 4 fabriques de tricots et une fabrique de corsets à Bar-le-Duc ainsi que 3 bonneteries à Ligny-en-Barrois.

Cette apparente concentration d'usines textiles cache une structure fragile. En effet, Bar-le-Duc concentre tous les stades de fabrication et draine les produits des usines environnantes (essentiellement des filatures) (tab.III.2).

Les établissements sont familiaux et de petite taille.

Collot C. (1970) distingue les filatures (constituées en entreprises familiales spécialisées) aux tissages et fabriques de vêtements (plus artisanaux qu'industriels). Par contre les teintureries se présentent sous forme de société en nom collectif (Sté Henry-Gillet).

L'invention barisienne du métier à tisser les corsets sans coutures, de réputation nationale enrichit la maison Robert-Wehrly et Cie.

Les usines textiles de la Saulx et de l'Ornain sont rarement intégrées et sont souvent couplées à d'autres activités.

tab. III.2 INDUSTRIE TEXTILE SUR LA SAULX ET L'ORNAIN EN 1847

D'après Collot C., 1970.

commune	cours d'eau	désignation	propriétaire
Saudrupt	Saulx	filature	famille Colard
Robert-Espagne	Saulx	filature	famille Le Franc-Thirion
Trémont-Renesson	Saulx	filature	J.B. Lasne-Herbillon , J.B. Blanpain
Guerpont	Ornain	filature	
Bar-le-Duc	Ornain	filature	Aimé Rouyé, Rouyer-Maret
Bar-le-Duc	Ornain	26 tissages	famille Colard
Bar-le-Duc	Ornain	fabrique de corsets	
Bar-le-Duc	Ornain	fabrique de tricots	
Bar-le-Duc	Ornain	3 teintureries	famille Le Franc-Thirion
Fains-les-Sources	rau de Fains	filature	Guyot-Maret
Savonnières-devant-Bar	Ornain	teinturerie	Société Henry-Gillet
Ligny-en-Barrois	Ornain	3 bonneteries	
Neuille/Ornain	Ornain	130 métiers à tisser	
Demanges-aux-Eaux	Ornain	filature	famille Pratt

Le règlement d'eau de l'usine de Renesson en 1822 (Trémont/Saulx) stipule que le pétitionnaire, Hyacinthe Herbillon construit une filature sur le site tout en conservant le moulin à blé.

A Bar-le-Duc, Aimé Rouyer est propriétaire d'un moulin à foulon équipé d'une huilerie et d'une retorderie de coton en 1849.

L'importance de la main d'oeuvre (3580 ouvriers) fait de l'industrie textile meusienne le premier employeur du département en 1847 (avant l'industrie sidérurgique avec 2995 ouvriers). Si 88% des ouvriers de cette industrie travaillent dans l'arrondissement de Bar-le-Duc, les tissages de type artisanal concentrent plus de 60% de cet effectif.

L'effectif moyen des filatures est de 83 ouvriers "*soit moins de la moitié de la moyenne vosgienne*"(Collot C., 1970). Les enfants représentent 6.6% de l'effectif des filatures mais 25% de celui des tissages. Les conditions de travail pénibles et les salaires précaires poussent les ouvriers à maintenir des activités rurales (ouvriers-paysans).

En raison de la fragilité structurelle des entreprises textiles, et de la volonté politique de développer l'industrie textile cotonnière dans les Vosges, après le traité de Francfort (Reitel F., 1982), l'industrie textile du Barrois est aujourd'hui quasi-absente (Bergère de France à Bar-le-Duc) et n'est plus installée sur l'eau.

A la différence de la majorité des cours d'eau lorrains, les moulins hydrauliques du Barrois sont essentiellement voués aux activités industrielles au XIXème siècle et plus particulièrement le travail du fer (76% des moulins à usages industriels).

Cette caractéristique repose sur l'exploitation des gisements de minerai de fer fort, pour la plupart concentrés sur les plateaux calcaires karstifiés. En effet, on retrouve également de nombreux bocards et forges hydrauliques sur les cours d'eau drainant les revers calcaires du système de côtes lorrain (Chiers, Crusnes, Fensch, Orne) ainsi que dans les pays du grès (Warndt, Pays de Bitche).

Par contre les cours d'eau de plaine concentraient davantage de moulins à usages agricoles (Nied, Sarre, Seille).

Les usages agricoles, bien que moins représentés au XIXème siècle restent bien représentés sur la Saulx et l'Ornain.

B.LES USAGES AGRICOLES.

La mouture des céréales, la fabrication des huiles, les travaux du bois et l'irrigation concernent 28% des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain vers 1850.

a. Moulins à céréales et à huiles.

La toponymie du moulin vient du verbe latin "molere" (moudre) ce qui illustre le rôle fondamental et indissociable de cet ouvrage à la mouture des céréales. Dans l'inconscient collectif, le terme de "moulin à grains" est devenu un pléonasme.

Il est vrai que l'utilisation de la meule passe pour être le premier usage direct de la transmission de mouvement par l'énergie hydraulique après la noria.

Le fonctionnement du moulin à grains ou à huiles paraît relativement simple par rapport aux moulins de type industriel.

La transmission du mouvement rotatif est soit directe par le biais d'une roue à axe vertical ou indirecte avec une roue à axe horizontal (système de lanterne et de rouet).

Ce moulin ne nécessite aucune came et actionne une meule courante sur une meule dormante (ou gisante).

L'utilisation du moulin est rarement continue mais saisonnière, liée aux récoltes. En outre les débits minimums de fonctionnement sont faibles (un moulin sur deux est situé sur un affluent).

L'essor du moulin à grain est étroitement lié à l'évolution démographique du pays. En effet, son expansion médiévale au XIIème siècle est corrélative à un réchauffement climatique qui augmente les rendements céréaliers et dope la démographie européenne.

La mouture des céréales et la fabrication de l'huile est, en 1850, le deuxième usage des moulins sur la Saulx et l'Ornain après les activités sidérurgiques (23 moulins soit 16% du total).

Comparativement à d'autres cours d'eau lorrains, notamment la Sarre (Descombes R., 1982) et la Nied (Benoît J.M., 1988), la Saulx et l'Ornain sont pauvres en moulins à grain. Les usages industriels sont prédominants.

En général ces moulins sont de type artisanal et rarement spécialisés dans la mouture d'une seule céréale.

Le moulin de Marbot sur le Naveton, outre la mouture du blé, pulvérisait également des nodules phosphatés vers 1850-1860.

Toujours sur le Naveton, le règlement d'eau du moulin de Naives-Rosières précise que le Sieur Thieblemont François dispose d'une usine équipée d'un moulin à céréales à deux tournants et d'une huilerie à une roue hydraulique en 1851.

L'utilisation de cylindres (fin XIXème siècle) donnera naissance au moulin à farine industriel (Rupt-Aux-Nonains).

b. Le travail du bois.

Si les sagards ou les hauts-fers sont nombreux en milieu montagneux, ils sont peu représentés dans le Barrois (6% des moulins du bassin de la Saulx-Ornain vers 1850).

L'usage du moulin à scier date de l'antiquité selon Ausone (IV^{ème} siècle AP JC). Néanmoins, la première représentation de moulin à scier le bois est redevable à Villard de Honnecourt au XIII^{ème} siècle (Gimpel J., 1975). Ses travaux sont repris par Di Giorgio Martini au XV^{ème} siècle puis par Léonard de Vinci.

Le fonctionnement du moulin à scier décrit par ces derniers ne changera que très peu avant le XIX^{ème} siècle.

La difficulté technique majeure est d'assurer simultanément le mouvement vertical alternatif de la scie et l'avance du chariot portant la grume.

On distingue environ 3 types de fonctionnement de moulin à scier.

Le type "archaïque" de Villard de Honnecourt assure le mouvement de la scie par un système d'arbre à cames et de ressort.

Le type vénitien utilise la bielle-manivelle sur roue hydraulique et un système de perches pour assurer le mouvement de la pièce à scier. Le moulin à roue à rochet en est une variante (fig. III.13).

Le type du "haut-fer" reprend les mêmes bases de fonctionnement en perfectionnant son mécanisme par des transmissions d'engrenages (démultiplication des forces).

Ce type de moulin peut être visité au musée du haut-fer de la Hallière à Celles/Plaine dans le département des Vosges.

Malgré l'importance de la surface forestière du Barrois, le travail du bois reste minoritaire (6% des moulins hydrauliques vers 1850).

Ce paradoxe souligne la politique de gestion forestière du XIX^{ème} siècle entièrement vouée à la fourniture de combustibles pour les forges et fourneaux de la Saulx et de l'Ornain. En 1844, 75% du combustible sidérurgique de la Meuse étaient représentés par du charbon de bois (Buvignier A., 1852).

Les moulins à scier sont au XIX^{ème} siècle pour la plupart couplés à des ateliers d'ébénisterie (tourneries, fabriques de meubles, charronnage).

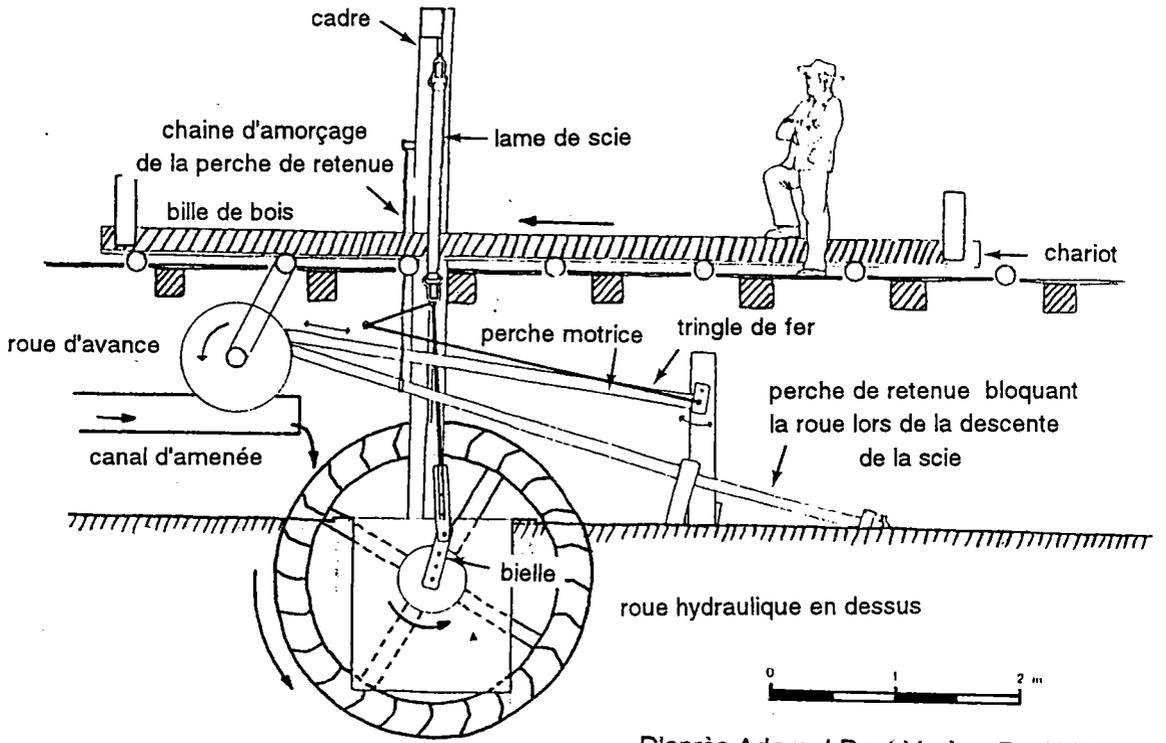
Les hauts-fers de St Joire, Baudignécourt et Gondrecourt-le-Château (Moulin Haut) étaient équipés de chaiseries.

Le moulin à scier de Loisey sur le Culey abritait également une broserie.

Aucune scierie hydraulique ne subsiste aujourd'hui. Si "*l'industrie du bois occupait dans la vallée de la Saulx, en 1951, 250 à 300 personnes*" (Roussel J., 1951) celle-ci n'est plus sur les cours d'eau.

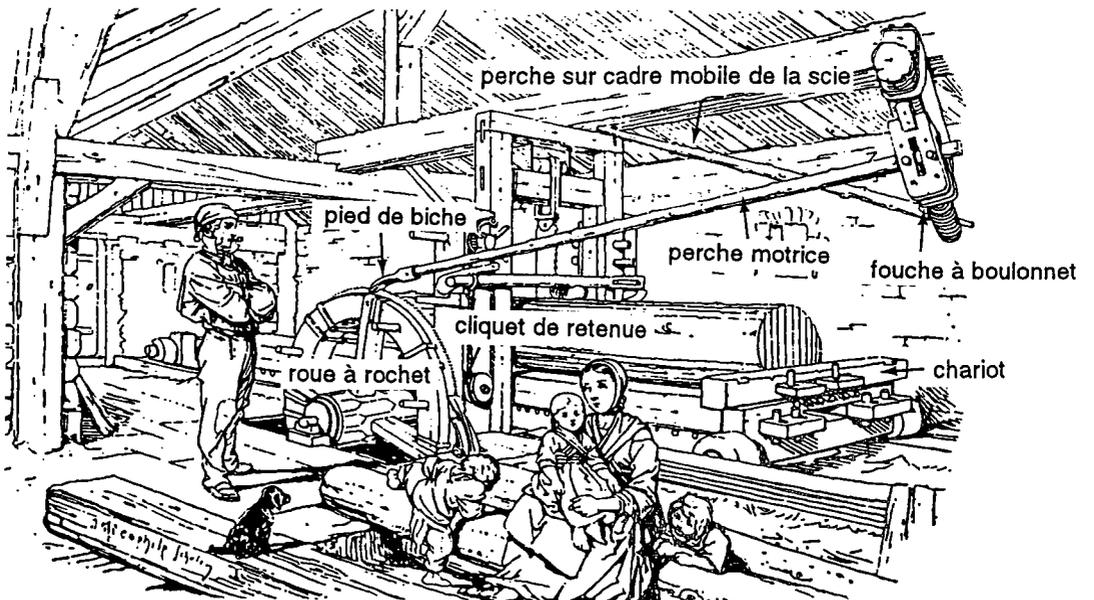
fig. III.13

SCIE HYDRAULIQUE DE TYPE VENITIEN



D'après Adam J.P. et Varène P., 1985.

SCIE HYDRAULIQUE A ROUE A ROCHET



D'après Michels A. et Schuler Th., 1857.

c. Le moulin, l'irrigation et l'alimentation de pièces d'eau.

L'irrigation et l'alimentation de pièces d'eau ont rarement fait l'objet de barrage de retenue sur la Saulx et l'Ornain (4% des moulins vers 1850).

Deux barrages seulement ont été érigés pour alimenter le lavoir de Nancois/Ornain et pour l'irrigation à Dammarie/Saulx (vannage communal).

En général l'alimentation de pièces d'eau (douve, lavoir) est assurée par une prise sur le canal d'amenée d'un moulin.

Le canal usinier des moulins d'Étrepy, de Trémont/Saulx, et de Baudignécourt dessert respectivement des douves de château et deux lavoirs.

CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE.

L'aménagement des cours d'eau s'est concrétisé dès le XI^{ème} siècle avec l'essor du moulin hydraulique.

Les ouvrages recensés en 1994 sur la Saulx et l'Ornain sont anciens et médiévaux pour la plupart.

Représentatifs du "tout hydraulique" du XVIII^{ème} siècle, ils connaissent des usages diversifiés et nombreux.

L'utilisation de la force motrice de l'eau est si importante que les cours d'eau sont rapidement saturés. Les exurgences karstiques ainsi que les petits affluents sont équipés de moulins.

A la différence des cours d'eau de plaine, la Saulx et l'Ornain actionnent des moulins principalement orientés vers des activités industrielles. Les patouilletts, bocards, fourneaux et forges se concentrent dans le synclinal de Treveray riche en formations sidérolithiques (fig.III.14). Moulins à papiers, à foulon et à colorants côtoient les moulins à blé, à huile et à scier.

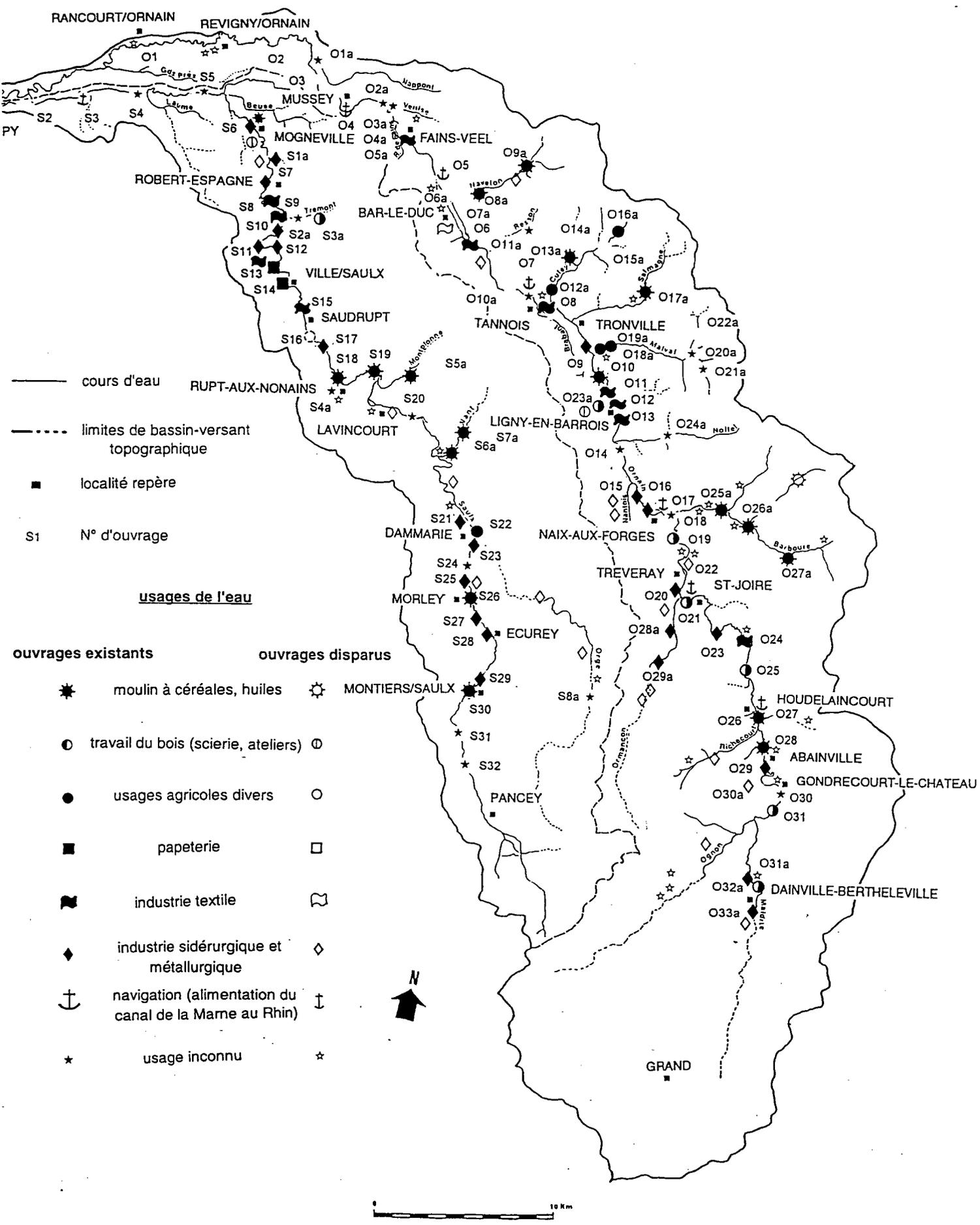
Les conditions naturelles favorables (minerai, bois, et énergie hydraulique) ont largement été exploitées par l'homme. Le rôle des religieux, très nombreux dans le Barrois (Cisterciens, Bénédictins, Prémontrès) et de la bourgeoisie très présente dans les villes (Bar-le-Duc, Ligny-en-Barrois, Gondrecourt-le-Château) joue un rôle fondamental dans la "*culture des moulins*" (B. Jacomy, 1990).

La révolution industrielle du XIX^{ème} siècle, basée sur les énergies fossiles concentre les zones de production aux dépens des campagnes.

La fin des moulins se traduit par une hémorragie de la population dès la seconde moitié du XIX^{ème} siècle. Le département de la Meuse perd 40% de sa population de 1851 (328000 habitants) à 1980 (196000 habitants). Cette hémorragie s'aggrave plus particulièrement avec l'arrêt des usines intégrées, véritables "*ciment de la vie économique et sociale*" (Do Tran, 1993) des villages du Barrois (Ecurey, Bertheleville).

Désaffectés, laissés à l'abandon depuis le début du siècle, les ouvrages hydrauliques paraissent aujourd'hui d'un autre temps, voire inutiles et néfastes (obstacle à l'écoulement) alors qu'ils étaient l'élément moteur de l'économie

fig. III.14 OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LA SAULX ET L'ORNAIN VERS 1850



durant près de mille ans.

L'historique des moulins hydrauliques et des usages avait pour but de sensibiliser le lecteur, au rôle fondamental de l'eau dans la vie économique du Barrois et de comprendre l'état actuel de ce patrimoine et les problèmes de fonctionnement inhérents à la vétusté du moulin.

SECOND CHAPITRE : PRESENTATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.

Du moulin, l'opinion collective ne retient que la roue hydraulique alors qu'au Moyen-Age il était désigné sous le terme "d'usine" véhiculant toute une structure hydraulique industrielle. Pourtant, du moulin ne subsistent aujourd'hui que les aménagements hydrauliques. Ces derniers font partie intégrante du réseau hydrographique en représentant plus de 15% de la longueur du drain principal sur la Saulx et l'Ornain.

Afin de mieux appréhender le fonctionnement des ouvrages hydrauliques, il convient de présenter leurs caractéristiques techniques.

Héritage du passé, comme tout patrimoine, les ouvrages hydrauliques affrontent les injures du temps. L'enquête réalisée en 1994 sur le terrain, auprès des usiniers et des riverains nous permet de définir l'état de conservation et l'usage actuel des installations hydrauliques.

I. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.

Les ouvrages hydrauliques du bassin-versant de la Saulx-Ornain sont tous d'anciens moulins classiques avec dérivation, installés au fil de l'eau (fig.III.15).

Outre le bâtiment sensus-stricto, le moulin est composé par:

- un barrage de prise d'eau
- un canal d'amenée ou canal usinier qui dessert l'ancien moulin
- un canal de décharge disposé entre le canal usinier et le bras court-circuité.
- un dispositif de contrôle du niveau légal de retenue.

Une dérivation par un canal d'amenée présente plusieurs avantages:

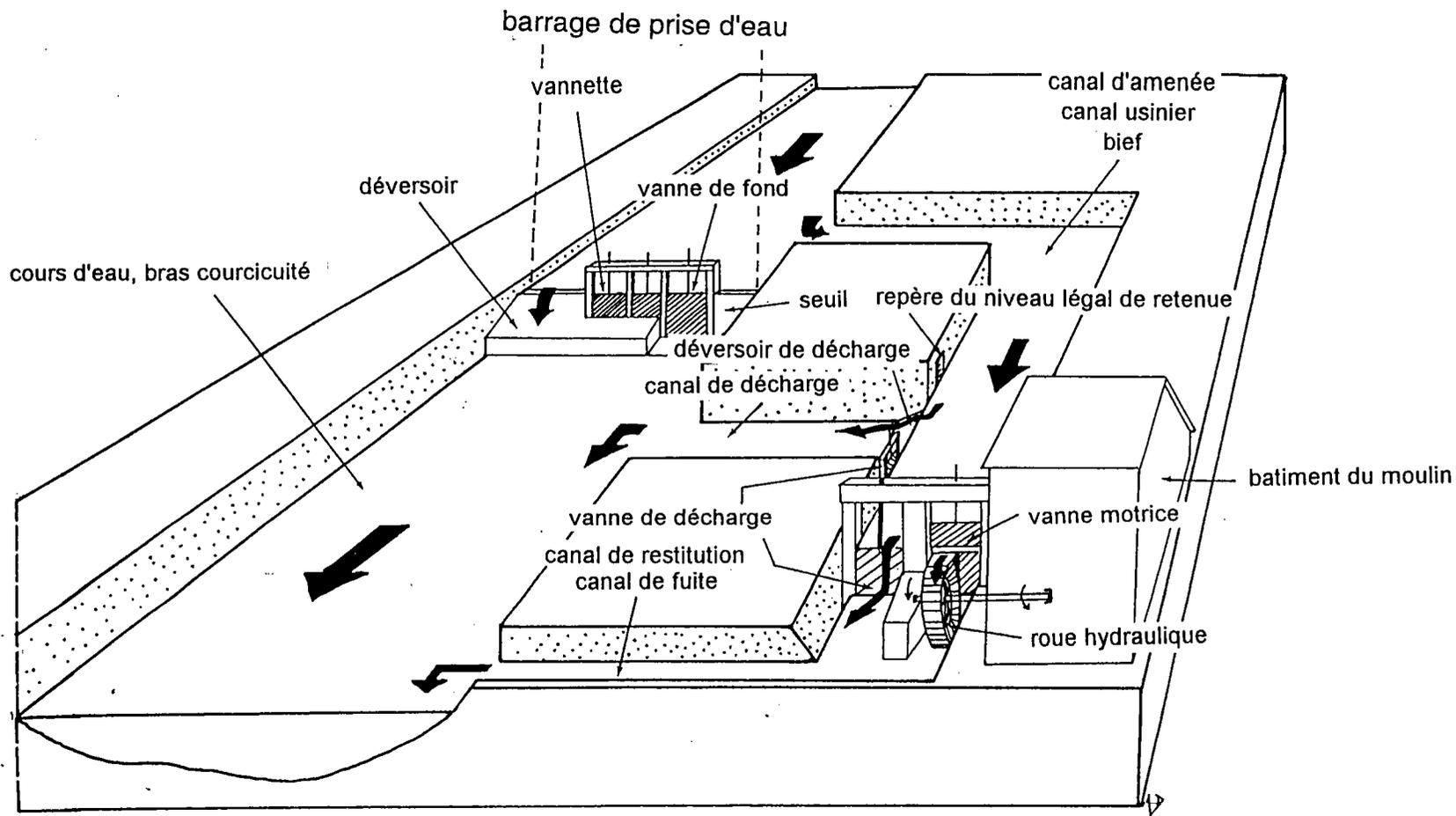
- elle supprime toute variation saisonnière du niveau de l'eau
- elle permet une gestion plus souple de l'ouvrage (vidange du canal usinier, mise en chômage de l'ouvrage)
- elle prélève uniquement la quantité d'eau nécessaire.

La Saulx et l'Ornain présentent un cours lent et une pente faible (fig.I.20, 21) à la différence des cours d'eau de montagne qui de ce fait ne nécessitent pas la construction de barrage de prise d'eau. Il est donc nécessaire de barrer le cours de la rivière et de prélever l'eau en amont du barrage de prise d'eau par un canal usinier afin de bénéficier d'une hauteur de chute satisfaisante.

Le moulin est disposé au droit de la chute sur le canal d'amenée. A l'aval, l'eau rejoint le bras court-circuité par le canal de fuite.

fig. III.15

PRESENTATION DES EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES DU MOULIN A EAU



A. LE BARRAGE DE PRISE D'EAU.

Les barrages de prise d'eau sont le plus souvent constitués par un noyau d'argile stabilisé par des pieux de chêne, et habillés de pierres de taille formant un déversoir en pente douce ou en escalier (Mognéville, barrage de la Brèche).

Ainsi, le barrage de la pisciculture de Mognéville *"est constitué d'une couche d'argile grise recouverte d'une protection constituée en pierres de taille de grosses dimensions formant la couverture du barrage"* (extrait du rapport d'expertise de M. Koenig, ingénieur expert suite à la rupture du barrage en 1987).

Les barrages de prise d'eau du canal de la Marne au Rhin sont constitués de volets mobiles sur radier en béton (Houdelaincourt, St Joire, Mussey), de barrages à aiguilles (prise de Chantereine) ou d'un rideau de palanches sur terrain alluvial (prise de l'Ajot).

Sur les affluents, les barrages de plus petite taille sont le plus souvent formés par un vannage sur radier.

La hauteur du barrage de prise d'eau conditionne la hauteur de chute exploitable.

En moyenne, celle-ci est comprise entre 1.5 et 3 m sur l'Ornain et la Saulx, alors qu'elle dépasse rarement 1.5 m sur les affluents. C'est pourtant sur ces derniers que l'on trouve les hauteurs de chute maximales.

La chute atteint 4 m au moulin des Petits Pas de Willeroncourt et au Moulin Bas de Salmagne.

B. LE CANAL USINIER OU CANAL D'AMENEE.

Le canal usinier, souvent appelé "bief", dessert l'ancien moulin hydraulique aujourd'hui disparu.

Les sites de recoupement de méandres sur la Saulx confèrent aux canaux usiniers de faibles longueurs (100 à 300 m) alors qu'ils peuvent atteindre plusieurs kilomètres sur l'Ornain.

Le cumul des biefs sur l'Ornain (17 km) correspond au double de celui calculé sur la Saulx (9 km).

Le canal des Usines à Bar-le-Duc, fort de ses 4400 mètres est le plus important du bassin. Les forges de Laneuville-St Joire, de Naix-aux-Forges et d'Abainville présentent un canal d'amenée de plus d'un kilomètre de longueur.

Cette différence entre les deux cours d'eau s'explique non seulement par une pente plus faible sur l'Ornain (0.18%) que sur la Saulx (0.26%) mais également par une tradition industrielle plus importante sur l'Ornain (multiplication des bras de décharge).

Une seule conduite forcée a été recensée au Moulin des Petits Pas à Willeroncourt sur le ruisseau de Nançois.

C. LE MOULIN AU SENS STRICT.

Le moulin comprend les bâtiments de l'exploitation abritant la roue hydraulique.

Le nombre de roues hydrauliques par ouvrage est plus important sur le drain principal (multiplication des bras de décharge) que sur les affluents où une seule roue équipe le moulin. Certaines usines notamment les forges faisaient mouvoir un nombre impressionnant de roues.

Néanmoins, en moyenne chaque moulin disposait d'une ou deux roues.

Sur les 104 ouvrages recensés en 1994, seulement 7 ont gardé leur roue hydraulique. Les autres ouvrages l'ont soit remplacée par une turbine soit supprimée.

On peut classer les différents types de roues en fonction de leur alimentation, de la morphologie et de leur orientation (fig.III.16).

Compte tenu de leur disparition et de leur rare mention dans les règlements d'eau, il est difficile de caractériser les roues hydrauliques utilisées sur la Saulx et l'Ornain.

Cependant, la faible hauteur de chute moyenne privilégie les "roues verticales en dessous" (filature de Renesson, moulin de Guerpont) et "de côté à aubes inclinées" (moulins de Dammarie et de Bazincourt/Saulx).

Par contre sur les affluents, les débits plus faibles et les pentes fortes nécessitent l'usage de roues verticales "en dessus" à augets ou à aubes inclinées (Moulin de la Terrasse).

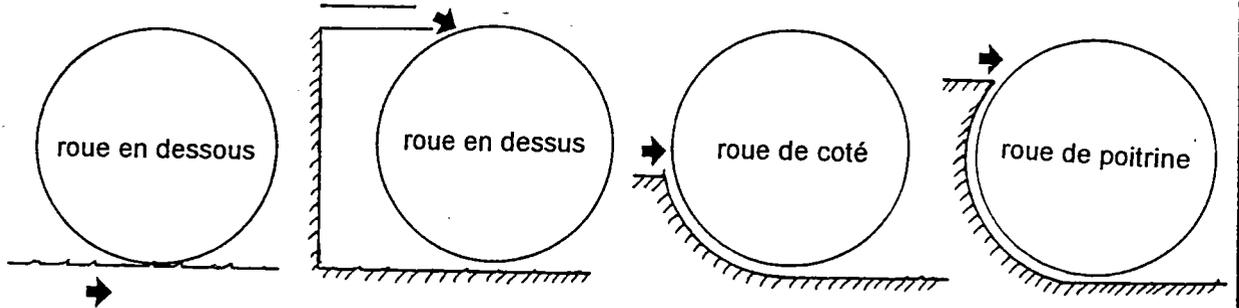
Les diamètres des roues sont de taille moyenne (compris entre 2 et 5 m). On est loin des roues géantes vosgiennes qui détiennent le record de France avec la roue de la scierie des Fougères, forte de ses 8 m de diamètre, sise sur la Meurthe.

La roue de la filature de Renesson approchait pourtant de ce record avec ses 7.46 m en 1823. Celle du moulin de Bazincourt/Saulx atteignait 5 m en 1851 (annexe III.3).

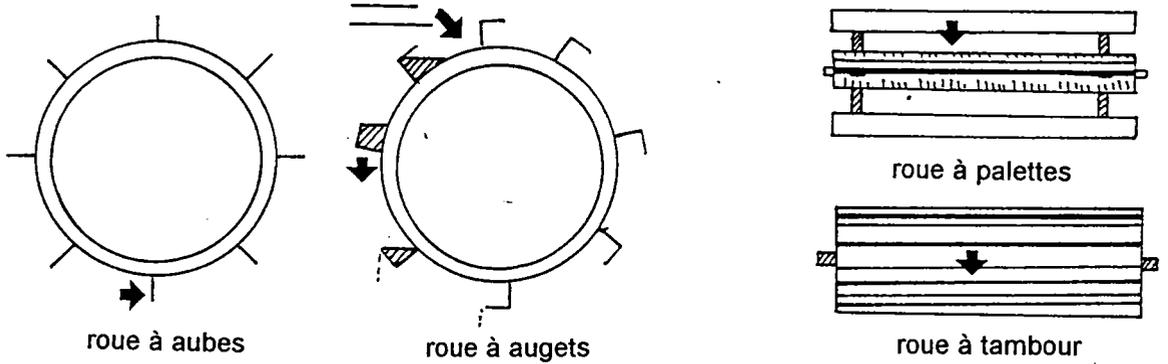
Toutes les roues utilisées étaient vraisemblablement verticales, ce qui milite en faveur d'une enquête réalisée de 1809 à 1811 en France sur les moulins à farine (C. Rivals, 1984). Celle-ci montre que les moulins des Pays de langue d'Oil (moulins verticaux) s'opposent aux moulins horizontaux des Pays de langue d'Oc (annexe III.4).

fig. III.16 TYPOLOGIE DES ROUES HYDRAULIQUES ET DES MOULINS A EAU

En fonction de la position de le roue par rapport à son alimentation



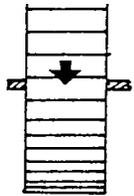
En fonction des caractéristiques de la roue



En fonction de l'axe de la roue

roue à axe horizontal

roue verticale

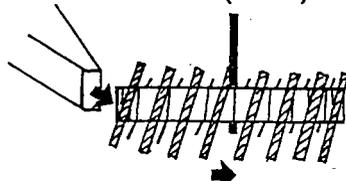


roue vitruvienne

roue à axe vertical

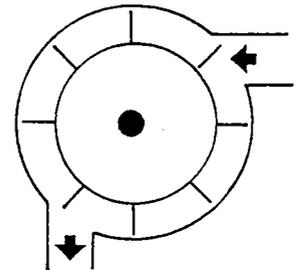
roue horizontale

rouet (arabe)

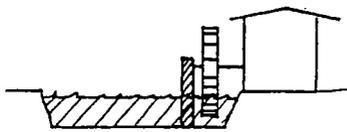


moulin norois

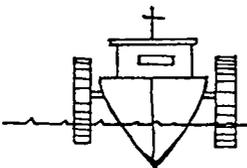
roue à cuve



En fonction de la situation du moulin



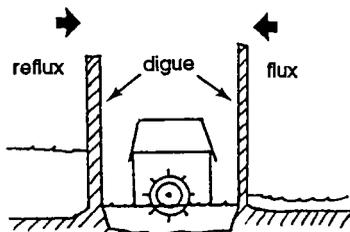
moulin au fil de l'eau



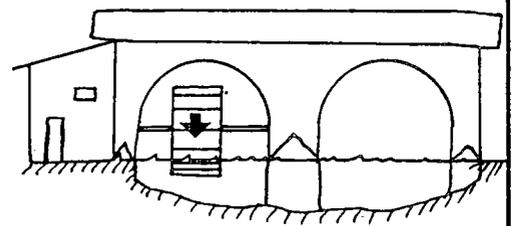
moulin à nef

moulin bateau

moulin flottant



moulin à marée



moulin pendant

D. LES VANNES.

Le niveau d'eau fonctionnel dans l'ouvrage, appelé niveau légal de retenue et matérialisé par un repère, doit être constamment respecté.

Pour cela, l'usinier gère une série de vannes sur le barrage de prise, le bief et le barrage du moulin (annexe III.5).

Si le niveau d'eau dépasse la côte du repère, il doit manoeuvrer la vanne de décharge du barrage de prise. Au moulin, une vanne motrice permet de gérer la vitesse de rotation de la roue, ainsi qu'une vanne de décharge (fig.III.15). Le cas échéant, un canal de décharge conduit l'eau excédentaire du bief au bras court-circuité.

Le nombre moyen de vannes par ouvrage en 1994 est sensiblement plus élevé sur la Saulx (7) que sur l'Ornain (4). Mais cette moyenne cache d'importantes disparités spatiales.

En effet, sur certains ouvrages, le nombre de vannes est impressionnant ce qui provoque des difficultés de manipulation en période de crue.

La micro-centrale de Robert-Espagne compte 21 vannettes surmontant le barrage de prise d'eau et une vanne de décharge à guillotine.

A l'ancienne filature de Renesson, on dénombre 25 vannettes et 2 vannes de fond, à la forge de Pont/Saulx 12 vannettes, 3 vannes de fond et une vanne en tête du canal de décharge.

Pour protéger le vannage et la roue du moulin des corps flottants, une grille est disposée juste à l'amont. Son nettoyage s'effectue manuellement ou est automatisé (micro-centrales de Tannois, de Robert-Espagne, de Ville/saulx et de Vieux Jean d'Heurs).

E. LE DISPOSITIF DE CONTROLE DU NIVEAU LEGAL DE RETENUE (FIG.III.17).

Le niveau légal de retenue édicté par le règlement d'eau est matérialisé par différents repères.

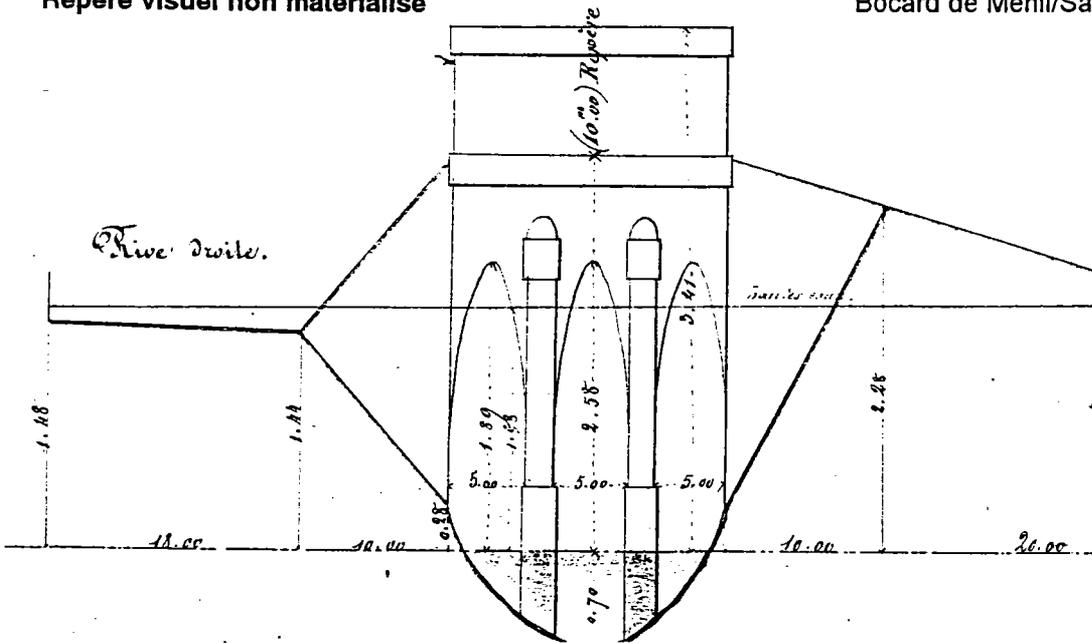
a. Une côte en centimètres, en contrebas d'un élément architectural de l'ouvrage.

"Le niveau légal de retenue à l'origine de la dérivation ou à l'extrémité aval de la digue de prise d'eau est fixé à 0.485 m en contrebas d'un point marqué sur la surface supérieure de l'avant bec de la pile de pont de la filature, point pris pour repère provisoire" (extrait du règlement d'eau du moulin de Saudrupt, article 2, 1869, DDE Meuse).

Pont de Ménil-sau-Saulx (Un d'aval.)

Repère visuel non matérialisé

Bocard de Ménil/Saulx (1854)

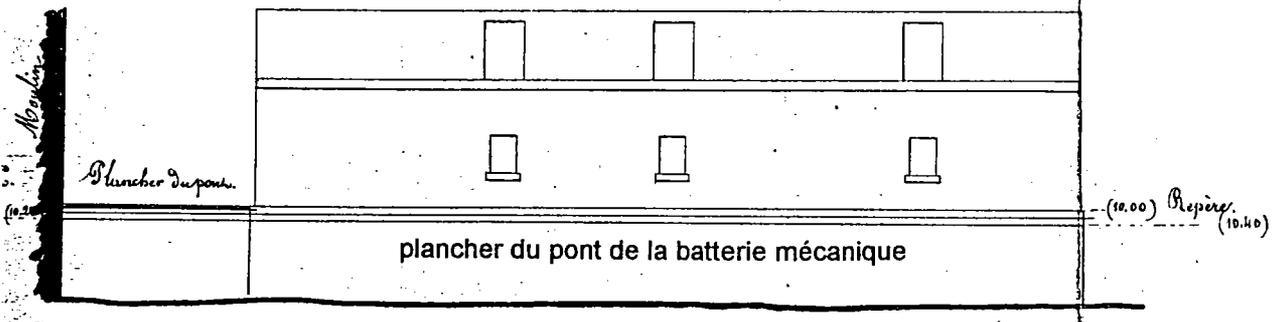


distance du niveau de l'eau au garde-corps du pont de Ménil/Saulx

Repère visuel matérialisé

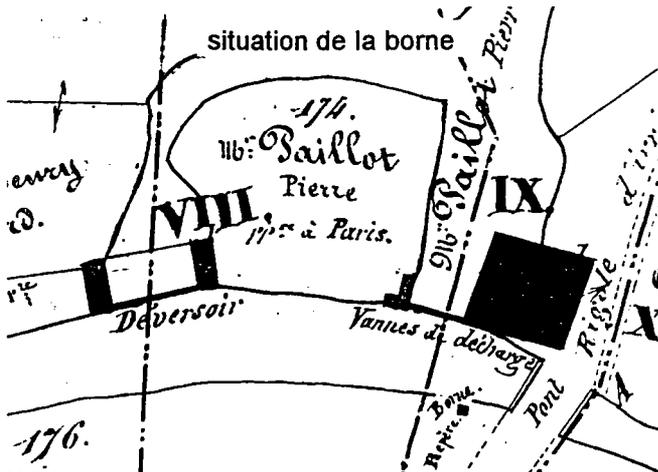
Moulin-batterie mécanique de Mognéville (1852)

Bâtiment de la batterie mécanique.

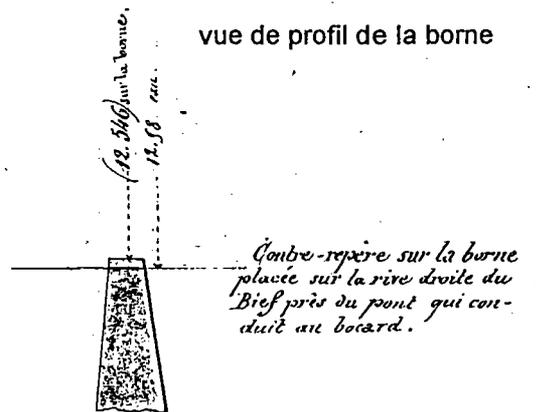


Repère visuel matérialisé par une borne

Bocard de Ménil/Saulx (1854)



vue de profil de la borne



Le repère le plus usuel est constitué par un seuil de porte ou de fenêtre du moulin. On retrouve ce type de repère à la pisciculture de Mognéville, aux forges de Pont/Saulx, au moulin Marbot, etc... .

b. Une borne ou pierre saillante.

Le repère de niveau légal de retenue peut être spécifiquement matérialisé par une borne ou une pierre saillante (moulin de Naives-Rosières, forges d'Haironville, moulin de la Marcaderie, moulin bas de Gondrecourt-le-Château, moulin de Ménil/Saulx, etc...).

"Une pierre de taille rectangulaire faisant saillie de quelques centimètres sur le mur du bâtiment contigu au bief de tête d'eau, côté droit (...) arasée horizontalement se trouve être établie au niveau légal de retenue" (extrait du procès verbal de récollement du château de Jean d'Heurs en 1836, DDE Meuse).

Cependant, les bâtiments supportant le repère ont souvent disparu ou ont fait l'objet d'importantes modifications architecturales. Il est donc difficile de retrouver aujourd'hui ces types de repères pourtant fondamentaux.

c. Echelle limnimétrique.

C'est le cas le plus rare avec 13 cas recensés sur 104 ouvrages hydrauliques sis sur l'Ornain et la Saulx.

Pourtant conforme au "type 2" du modèle adopté par le département de la Meuse (règle graduée en fonte) au XIXème siècle, les échelles limnimétriques d'époque (3 cas) sont quasi-absentes et sont remplacées par des échelles modernes en métal émaillé.

"Cette rainure servira de repère définitif; à cet effet, elle sera accompagnée d'une inscription bien lisible portant ces mots: niveau légal de retenue, ainsi qu'une échelle divisée en centimètres dont le point zéro sera mis au niveau de la retenue et qui s'élèvera à 0.4 m. au moins au dessus de ce niveau" (Extrait du procès verbal de récollement du moulin de Bazincourt/Saulx en 1863, DDE Meuse).

Des échelles en fonte subsistent à la forge de Pont/Saulx, aux moulins de Bazincourt/Saulx et de Morley.

Les échelles récentes de type AOTT équipent toutes les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin et les microcentrales hydroélectriques récentes. Toutefois, suite à une enquête hydraulique menée par la DDE de la Meuse, tous les ouvrages sis sur la Saulx meusienne sont aujourd'hui pourvus d'une échelle limnimétrique de crue.

Du fait de la disparition de la plupart des repères de niveau légal de retenue, la gestion des ouvrages du bassin repose donc en partie sur l'expérience des usiniers... .

Le fonctionnement de l'ancien moulin est également tributaire de l'état de conservation des installations hydrauliques. Des vannes dégradées, un barrage mal entretenu alourdissent la gestion de l'ouvrage. L'enquête de 1994 témoigne d'une désaffection et d'un état général préoccupant.

II. ETAT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES EN 1994.

Si du Moyen Age au XIXème siècle les moulins à eau se sont considérablement développés, ils connaissent au siècle suivant de nombreuses destructions.

Les cours d'eau, supports de l'industrie à l'époque pré-industrielle, sont abandonnés depuis le début de ce siècle. L'eau perd son monopole énergétique; le chauffage au bois qui garantissait l'entretien des cours d'eau est progressivement remplacé.

Suite aux problèmes de débordements aggravés par le manque d'entretien lors des crues, naît vers 1970 le concept d'aménagement des cours d'eau.

Les moulins hydrauliques sont sacrifiés sur l'autel de la libre circulation des cours d'eau, (obstacle à l'écoulement). *"Les différents usages de l'eau, dont le moulin, étaient totalement bannis de cette démarche d'"assainisseur" et bon nombre de biefs, d'ouvrages de sécurité, de vannage et même de bâtiments (lavoirs et moulins) ont été détruits afin d'améliorer les conditions d'écoulement"* (Mauvais F., 1992).

A. DES DESTRUCTIONS TOTALES.

La comparaison des recensements de 1920 et de 1994 montre que la Saulx et l'Ornain ont perdu près de 60 moulins depuis le début du siècle soit plus de 36% du patrimoine hydraulique (annexe III.6). Le bassin de l'Ornain semble avoir été plus affecté puisqu'il compte 80% des destructions.

Certains ouvrages détruits subsistent aujourd'hui sous forme de ruines (moulin de l'Artouze à Rupt-aux-Nonains, moulin Bas de Marson/Barboure, barrage des Empalements) mais la plupart ont totalement disparu.

Ces disparitions ont particulièrement modifié le paysage du village rural. L'ouvrage garantissait aux habitants un plan d'eau, notamment en période d'étiage; il participait également à la vie économique, voire était le centre de gravité du village (usines intégrées).

L'arrêt des activités sidérurgiques à Dainville-Bertheville provoque une

hémorragie démographique sans précédent dans le village puisque la population passe de 910 habitants en 1850 à 157 habitants en 1990.

Le moulin de Ménil/Saulx (fig.III.18) illustre les changements de paysages opérés depuis le XIXème siècle.

En 1854, la prise d'eau de l'ouvrage alimente un bocard ainsi qu'un moulin à grain. Le canal du patouillet, le canal usinier et le bras de décharge baignaient le village de leurs eaux. Aujourd'hui, Ménil/Saulx a perdu son moulin, les riverains et pêcheurs se plaignent du manque d'eau en étiage. Il n'y pas de société de pêche sur le tronçon communal.

B. DES OUVRAGES EN PARTIE DETRUIITS.

Un grand nombre d'ouvrages ont vu leurs canaux comblés, leur moulin détruit pour ne conserver que le barrage de prise d'eau (bocard de la Malmaison, forge de Bertheleville).

Les canaux imparfaitement comblés peuvent encore concentrer une partie de l'écoulement (usine d'Ecurey).

Vraisemblablement, depuis 1920, la longueur totale cumulée des canaux usiniers, de décharge ou de fuite a fortement diminué plus particulièrement sur l'Ornain.

C. DES OUVRAGES MAL ENTRETENUS.

L'état général des barrages de prise d'eau est médiocre, voire préoccupant. Sur certains ouvrages, leur stabilité se fragilise d'année en année.

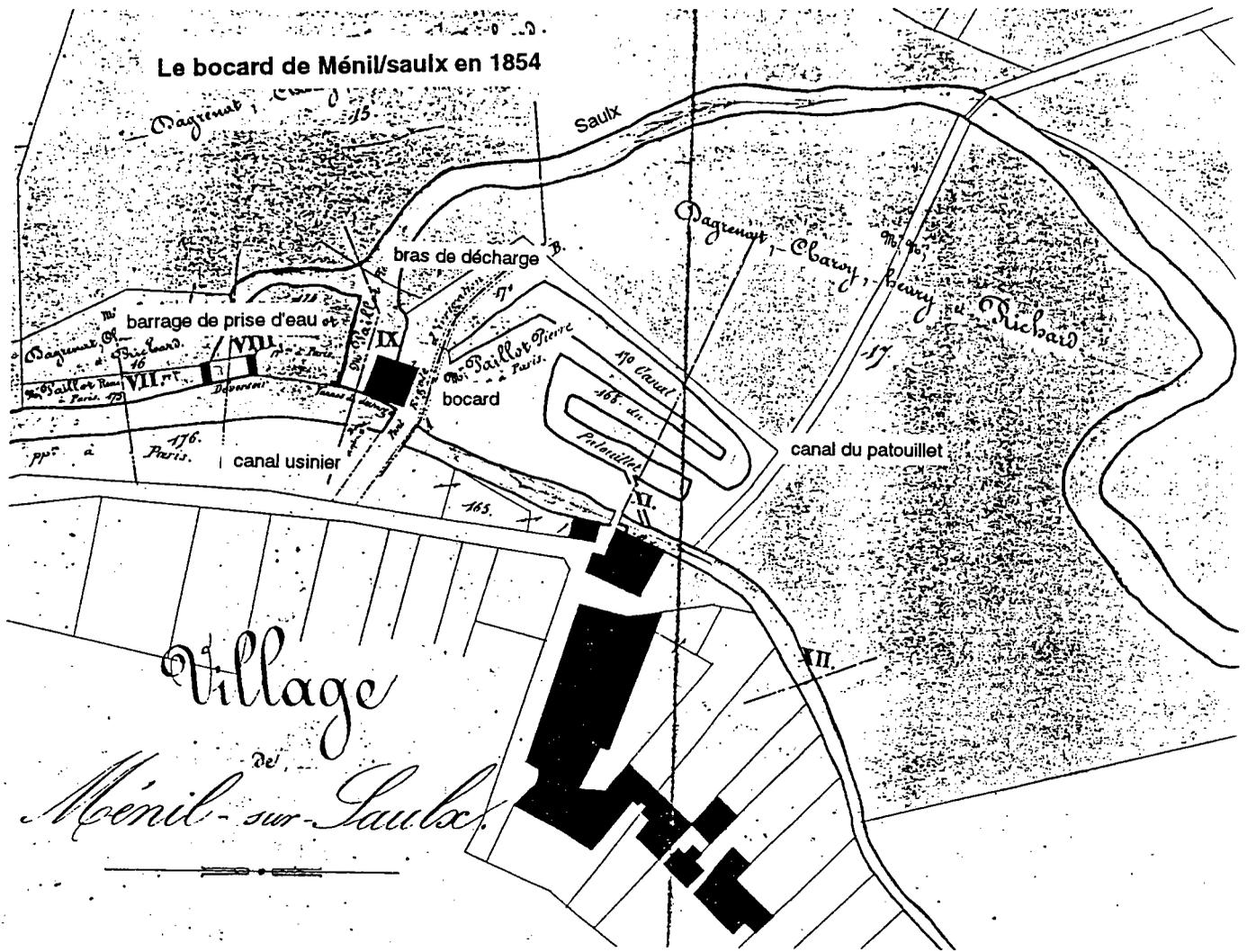
a. Des barrages de prise d'eau vétustes et dégradés.

La digue du moulin de Mognéville (reconverti en pisciculture) se rompt au cours de la crue de la Saulx le 25 février 1987.

Un rapport d'expertise montre qu'un défaut d'entretien des berges en amont de la retenue est à l'origine du sinistre. Suite à une tempête en 1984, les arbres situés en rive gauche du barrage furent abattus; les dégâts occasionnés sur la retenue n'ont pas été restaurés. Les racines qui avaient poussé dans les structures de l'ouvrage en pourrissant ont fragilisé la digue.

Sur l'Ornain, deux exemples de rupture de barrage illustrent également le manque d'entretien des ouvrages.

Lors des crues de l'hiver 1950-1951, le barrage de Neuville/Ornain, ainsi que le dit barrage des Empalements sont contournés par l'Ornain. Les moulins de Fosse, de Varney et de Neuville/Ornain initialement sis sur le canal usinier voient actuellement leur bief réduit à un affluent (fig.III.19). Si la dynamique fluviale est particulièrement active dans ce secteur (Perthois alluvial), le



SOURCES: Archives Départementales de la Meuse, D.D.E. de la Meuse

Ruines du bocard de Ménil/Saulx en 1994

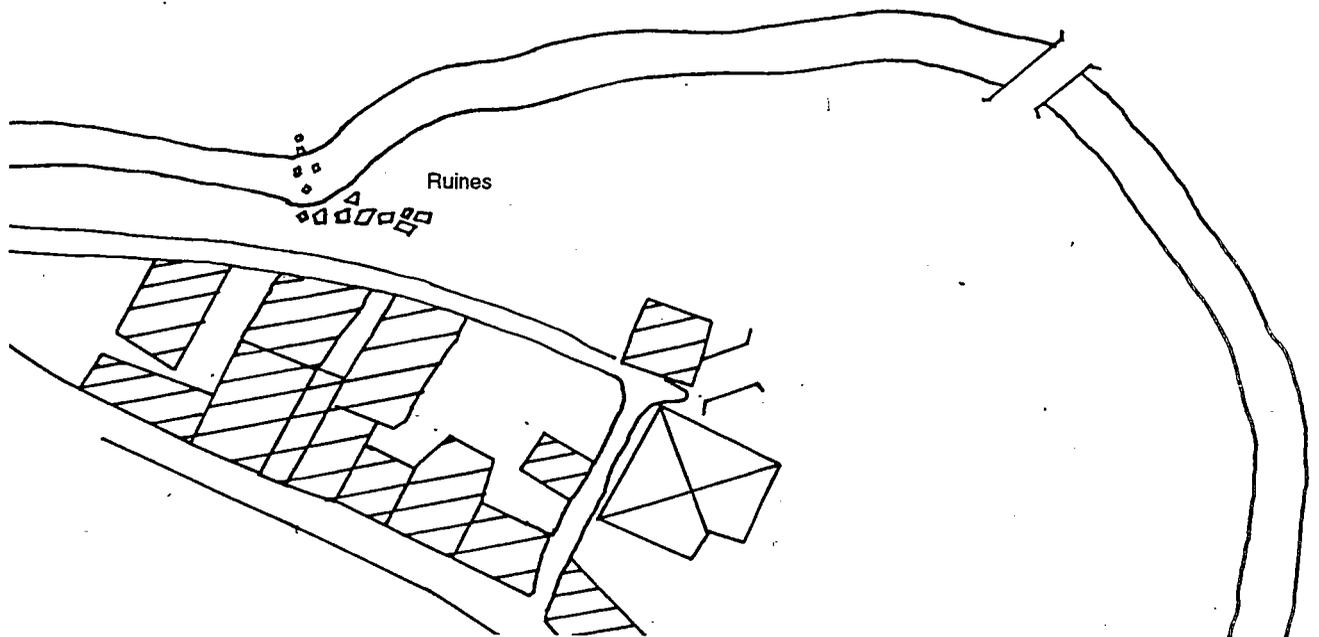
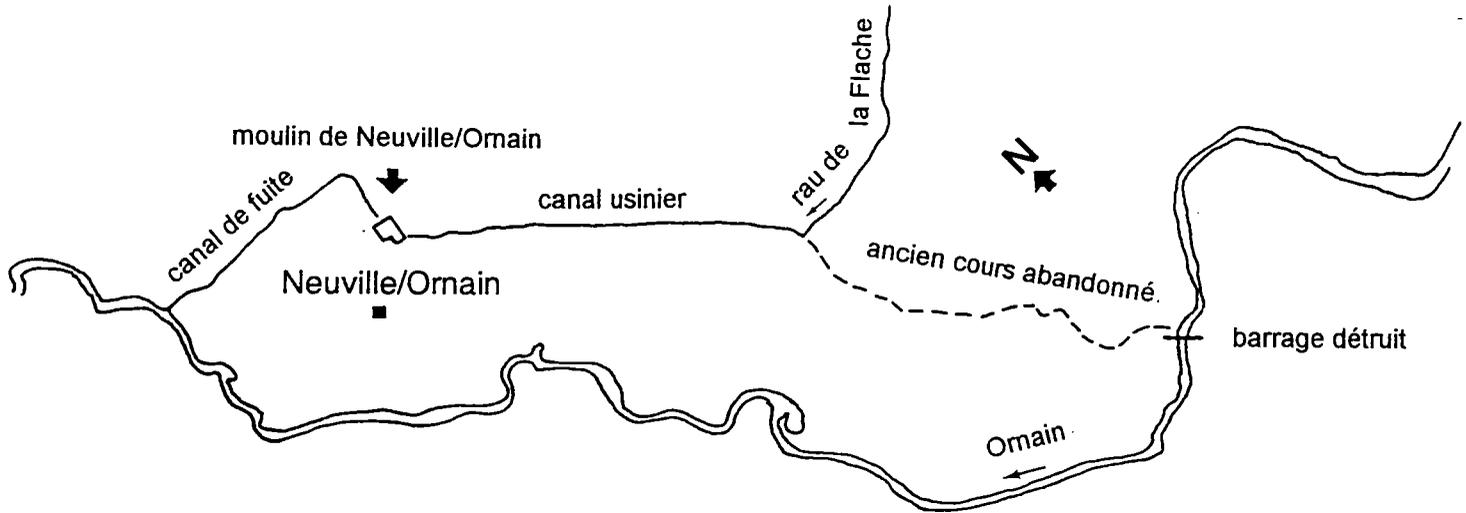
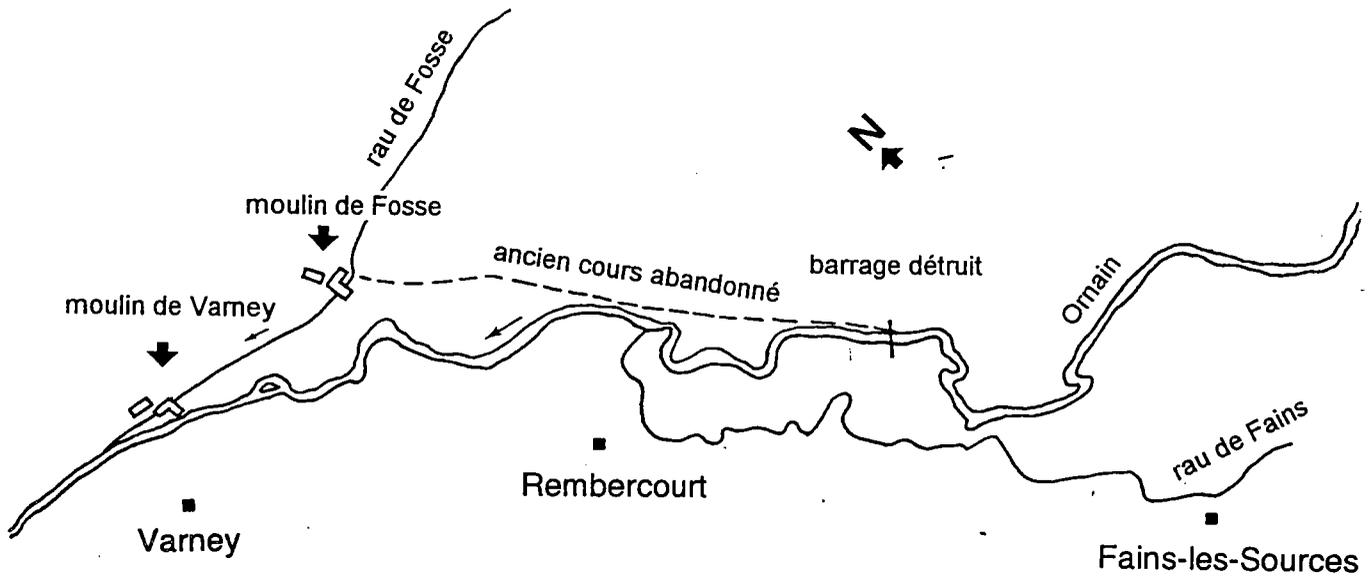


fig. III.19 EXEMPLES DE RUPTURES DE BARRAGES
SUITE AU MANQUE D'ENTRETIEN DES OUVRAGES

LE MOULIN DE NEUVILLE/ORNAIN EN 1994



LES MOULINS DE FOSSE ET DE VARNEY EN 1994



manque d'entretien de l'ouvrage est davantage responsable du préjudice.

Dans le bassin-versant de l'Ornain, on dénombre environ 11 ouvrages fortement dégradés qui présentent, pour certains, de multiples brèches en amont du barrage de prise d'eau (moulins de Houdelaincourt, de Baudignécourt, de Demanges aux Eaux et de Marson/Barboure).

La dégradation du barrage entraîne l'assèchement estival du canal usinier aux moulins de Houdelaincourt, de Nançois-le-Grand et de Reffroy. En période de basse eaux, la végétation participe à la fragilisation de l'ouvrage par son action racinaire (moulin de Ménaucourt, forges de Laneuville). Les crues d'hiver démantèlent alors plus facilement le barrage.

b. Des vannes détruites et condamnées.

L'état général des vannes est aussi préoccupant, particulièrement sur l'Ornain. Celles-ci sont pour la plupart anciennes et difficilement manoeuvrables. 27% des vannes sur l'Ornain sont condamnées, détériorées ou détruites (traces de l'ancien pertuis); sur les affluents, ce chiffre atteint 35% alors que sur la Saulx il ne dépasse pas les 10%.

Faute d'entretien, la manoeuvre d'une vanne de fond nécessite l'utilisation d'un treuil à la fonderie de Beurey/Saulx ainsi qu'au moulin de Morley.

Les crémaillères et les transmissions à manivelle sont rarement graissées, voire même remplacées par un système plus archaïque (vanne à levier ou à poignée).

Le bois constitue la majorité des matériaux utilisés. Le démantèlement des chassis permet de diminuer le nombre de vannes tout en gardant les crémaillères d'origine; on obtient alors une vanne d'un seul tenant, à plusieurs crémaillères, très difficile à manoeuvrer (notamment en crue).

Le mauvais état général des ouvrages, imputable au manque d'entretien est fortement préjudiciable à la gestion hydraulique de la Saulx et de l'Ornain. Compte tenu du manque de souplesse des vannages, les usiniers ne pourront pas réagir rapidement à des situations hydrologiques variées (crues, étiages).

L'enquête de 1994 a localisé les ouvrages hydrauliques du bassin-versant de la Saulx-Ornain par leurs coordonnées Lambert (zone II étendues), leur situation hydrographique (PK, surface de bassin-versant topographique) et leur commune (annexe III.1).

La répartition spatiale des ouvrages hydrauliques répond aux conditions naturelles et historiques du bassin.

III. LOCALISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.

Nous distinguerons, situation et site des moulins à eau. "*La situation désigne les conditions générales de l'environnement; le site, le lieu précis où s'est fait l'implantation initiale*" (Beaujeu-Garnier J.1980).

A. SITUATION DES MOULINS A EAU.

La densité moyenne d'ouvrages sur la Saulx et l'Ornain est remarquable (un pour une surface de bassin-versant de l'ordre de 10 km²). Cependant celle-ci cache des disparités spatiales importantes notamment sur la Saulx (fig.III.20). La situation des ouvrages est très globalement inféodée aux grandes régions ou Pays géographiques drainés par ces deux cours d'eau: du Haut-Pays au Perthois.

a. Le Haut-Pays.

Représenté par les bassins de l'Ognon et de la Maldite, le Haut-Pays n'est pas drainé par la Saulx.

Pourtant plus nombreux au XIX^{ème} siècle, les ouvrages sont aujourd'hui non seulement assez rares (3 recensés) mais également fortement dégradés. Leur disparition est largement imputable au manque d'eau illustré par l'utilisation de cages d'écureuil mues par un chien dans les clouteries de Grand (annexe III.7). Le Haut-Pays correspond effectivement à une zone d'infiltration généralisée où les cours d'eau connaissent un assec de longue durée (cf seconde partie). En outre, l'absence de minerai de "fer-fort" local n'a pas permis le développement du moulin à fer.

Les facteurs humains expliquent également l'abandon de l'énergie hydraulique. Les entreprises familiales, trop fragiles n'ont pu faire face à la modernisation et à la concurrence avec les usines du Barrois et du bassin ferrifère lorrain.

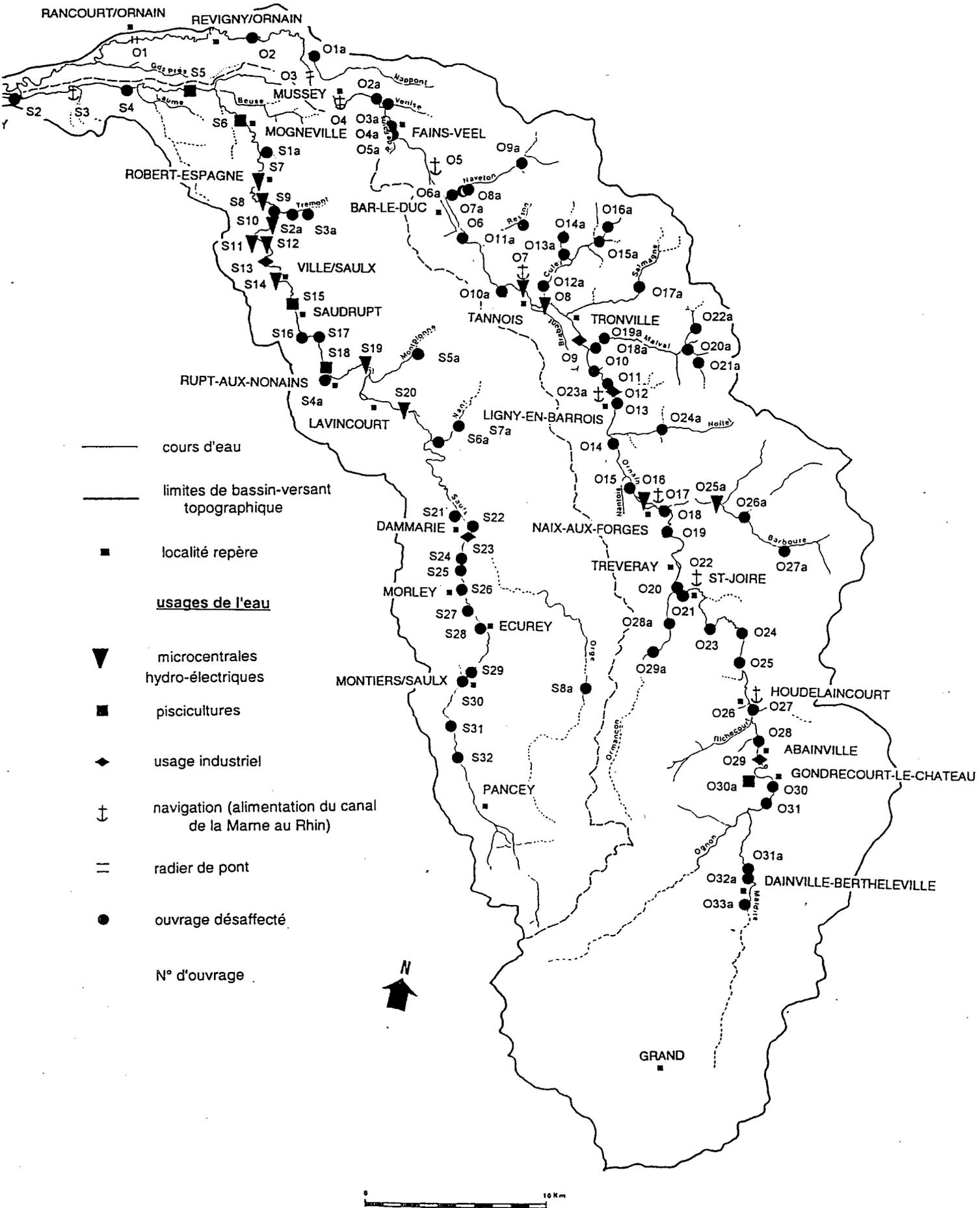
b. L'Ornois.

Absents sur la Saulx, faute de débits abondants et réguliers, les ouvrages hydrauliques sont très présents sur l'Ornain entre Gondrecourt-le-Château et Houdelaincourt (on en dénombre 7). Ainsi, la densité d'ouvrages est faible dans l'Ornois avec un moulin pour 23 km².

L'importance des ressources en eau sur l'Ornain dans ce secteur (fossé tectonique) ainsi que la pente forte expliquent cette forte concentration de

fig. III.20

OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LA SAULX ET L'ORNAIN EN 1994



moulins à eau.

Gondrecourt-le-Château, siège économique actif d'une seigneurie puissante et d'un ancien prieuré bénédictin a su exploiter ces ressources hydrauliques depuis le XI^{ème} siècle.

Dans la cité, *"en 1499 existaient 4 moulins et les traces d'une forge apparaissent au XVI^{ème} siècle"*, Lhuillier D., 1978.

c. Le Barrois.

C'est dans les vallées profondes, inscrites dans les calcaires portlandiens du Barrois, que l'on observe les plus grandes concentrations d'ouvrages hydrauliques (un moulin pour une surface de bassin-versant de 10 km²).

Leur répartition spatiale, très homogène sur l'Ornain est hétérogène sur la Saulx où une nette régionalisation apparaît.

1. Sur la Saulx.

Le cours de la Saulx barroise peut être divisé en 3 tronçons homogènes définis par la densité des ouvrages, fonction des écoulements et du contexte morpho-structural:

Le tronçon Pancey-Dammarie/Saulx caractérisé par un grand nombre d'ouvrages (12, un moulin pour 14 km²) est tributaire du synclinal de Treveray, riche en formations ferrifères du Crétacé, propices au développement du moulin à fer.

Le tronçon médian entre Bouchon/Saulx et Rupt-aux-Nonains présente très peu d'ouvrages (5, un moulin pour 26 km²). Situé juste à l'aval des pertes de la Saulx et de l'Orge, ce secteur présente de faibles ressources en eau (zone d'infiltrations) et connaît de nombreuses destructions de moulins depuis l'abandon des activités sidérurgiques (bocards de Ménil/Saulx, Lavincourt et Bouchon/Saulx).

Le tronçon aval compris entre Rupt-aux-Nonains et Mognéville concentre le plus grand nombre d'ouvrages du Barrois (17, un moulin pour 7 km²).

Les débits abondants mais surtout réguliers sont propices à l'installation ainsi qu'à la conservation des moulins grâce aux reconversions récentes (hydroélectricité, pisciculture).

2. Sur l'Ornain.

L'Ornain entaille le revers de la côte des Bars de Houdelaincourt à Fains-les-Sources. Sur ce tronçon, les nombreux ouvrages (48) sont régulièrement répartis de l'amont vers l'aval.

Cependant on peut dégager 3 secteurs qui présentent certaines homogénéités.

Le secteur de Saint-Joire à Naix-aux-Forges se caractérise par la multiplicité de bras artificiels et l'interconnexion de plusieurs ouvrages (fig.III.21) modifiant ainsi considérablement le réseau hydrographique naturel et le régime des écoulements.

Le barrage de prise d'eau des anciennes forges de Laneuville naît dans le bras court-circuité du moulin de Saint-Joire.

La prise d'alimentation du canal de la Marne au Rhin à Naix-aux-Forges se trouve également dans le bras court-circuité de l'ancien moulin du village. Plus à l'aval, le barrage de prise d'eau des anciennes forges barre l'Ornain à quelques mètres à peine de la confluence du bras court-circuité et du canal de fuite du moulin de Naix-aux-Forges.

Ce système complexe d'interconnexion s'est pourtant simplifié depuis le XIX^{ème} siècle avec la disparition de la Petite Forge, du Grand et du Petit Moulin de Treveray.

Les ouvrages disparus dans ce secteur, sont nombreux et liés à l'exploitation du minerai de fer piégé dans le synclinal de Treveray (bocards de la vallée d'Ormançon, forges de Treveray).

Le secteur de Ligny-en-Barrois se caractérise par une densité d'ouvrages importante.

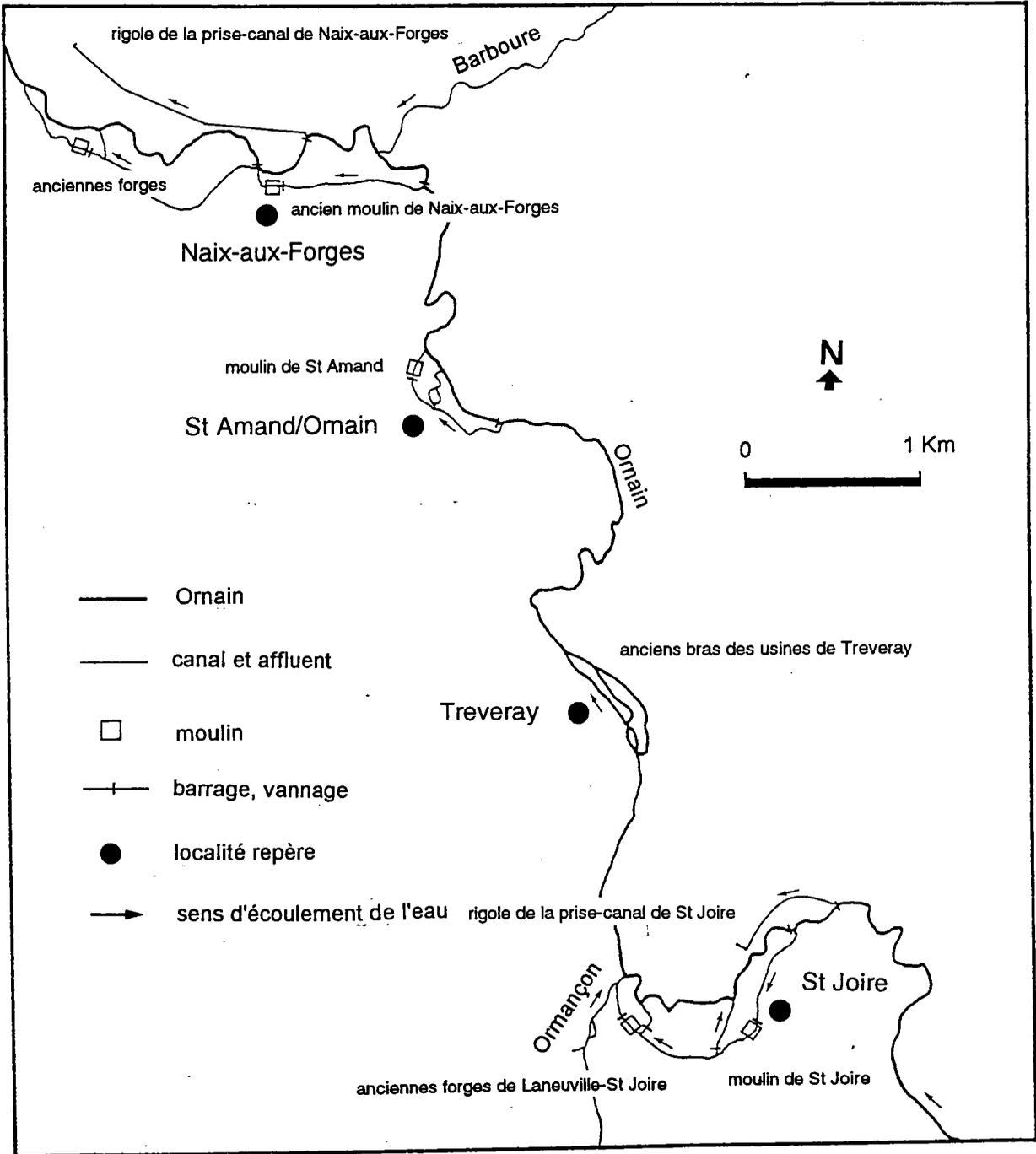
Grâce à des biefs de petites tailles, 3 barrages de prise d'eau distants de moins de 300 m barrent l'Ornain à Ligny-en-Barrois (Grand Moulin, barrage de la Compasserie et barrage des Battants). Cette ville a connu un essor industriel important au XIX^{ème} siècle, ce qui s'est traduit par un doublement de sa population (avec 2800 habitants en 1800 et 5857 habitants en 1900).

Le secteur de Bar-le-Duc est marqué par le "canal des Usines" qui, fort de ses 4400 m, détient le record de longueur du Barrois. Ce canal né du barrage de "la Brèche" à Savonnières-devant-Bar traverse la ville de Bar-le-Duc où un bras de décharge rejoint l'Ornain (décharge de Salvange). Il fournissait l'énergie hydraulique nécessaire au plus grand centre textile cotonnier du département au XIX^{ème} siècle. Sur les 5 moulins installés sur ce canal, un seul subsiste aujourd'hui.

d. Le Perthois.

Malgré l'étoffement du réseau hydrographique à l'aval de Mognéville sur la Saulx et de Fains-les-Sources sur l'Ornain, les ouvrages hydrauliques sont peu représentés dans le Perthois (un ouvrage pour une surface de 20 km²).

fig. III.21 LES OUVRAGES HYDRAULIQUES DE SAINT-JOIRE A NAIX-AUX-FORGES



Cette timide exploitation des ressources hydrauliques résulte de la conjonction de facteurs physiques et humains.

La pente générale des cours d'eau est faible (environ 0.15%) nécessitant des biefs de grande longueur afin d'obtenir la hauteur de chute désirée. La dynamique fluviale, très active dans ce secteur, confère à la Saulx et à l'Ornain un chenal d'écoulement instable qui peut être préjudiciable pour les ouvrages hydrauliques (moulins de Fosse, Varney et Neuville/Ornain). Le cône alluvial du Perthois privilégie, en étiage, et plus particulièrement sur l'Ornain des circulations sous-alluviales aux dépens des écoulements de surface (infiltrations entre Fains-les-Sources et Rancourt/Ornain).

Le caractère "flottable et navigable" de l'Ornain dans ce secteur, réactualisé en "statut domanial" en 1964 freine considérablement l'expansion des ouvrages hydrauliques. En effet, le moulin est un obstacle à la circulation fluviale. Le flottage du bois, charié des Vosges à Bar-le-Duc pour être transporté vers Paris et les chantiers navals du Havre via la Saulx, la Marne et la Seine (avant le XIXème siècle), est difficilement conciliable avec des ouvrages de prise d'eau barrant les cours d'eau. Ce type de conflit d'usage est largement représenté dans les Vosges (Guatelli O., 1991).

Afin de s'affranchir de ces conflits, et de contourner la zone de pertes entre Fains-les-Sources et Rancourt/Ornain, un canal ("canal dérivé de l'Ornain") destiné au flottage du bois fut construit et se jetait dans la Chée via le "Fossé Payen" (fig.III.22). Le flottage du bois est abandonné à l'issue de l'ouverture du canal de la Marne au Rhin en 1851 et déclassé par décret impérial le 1er Septembre 1856.

Ce canal alimenté par une prise d'eau sur l'Ornain en amont de Revigny/Ornain est aujourd'hui abandonné et partiellement comblé.

A la différence du Barrois céréalier et industriel (au XIXème siècle), l'économie traditionnelle du Perthois est essentiellement orientée vers l'agriculture de la betterave et du maïs, peu propice à la "culture des moulins".

La répartition spatiale des ouvrages hydrauliques sur les deux cours d'eau repose essentiellement sur des facteurs d'ordre physique sur la Saulx, à la différence de l'Ornain où les données humaines et historiques sont plus déterminantes.

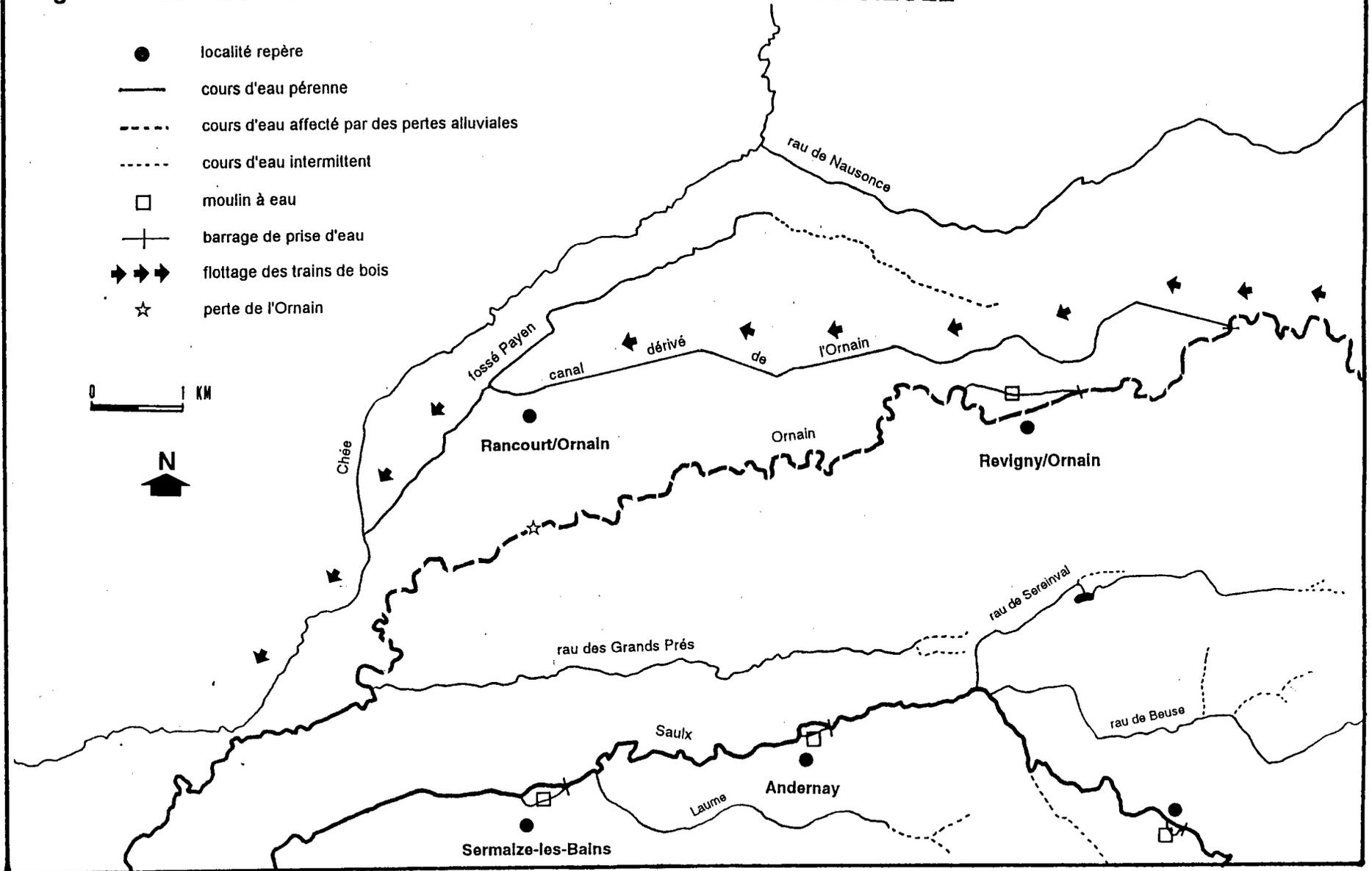
B. SITE DES MOULINS A EAU SUR LA SAULX ET L'ORNAIN.

Le site désigne non seulement, le "support hydrographique" de l'ouvrage (drain principal, affluent, ou source) mais également sa disposition par rapport au cours d'eau (recoupement de méandre, confluence). Le site dépend d'un certain nombre de facteurs physiques (hydrographie, morphologie fluviale) et humains (tab.III.3).

fig. III.22 LE FLOTTAGE DU BOIS SUR L'ORNAIN AU XVIII^{ème} SIECLE

- localité repère
- cours d'eau pérenne
- - - cours d'eau affecté par des pertes alluviales
- · · cours d'eau intermittent
- moulin à eau
- + barrage de prise d'eau
- ➔➔➔ flottage des trains de bois
- ☆ perte de l'Ornain

0 1 KM



tab. III.3 TYPOLOGIE DES SITES DES MOULINS DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

FACTEURS		SITES	AVANTAGES	POURCENTAGE	
				Ormain	Saulx
PHYSIQUES	HYDROGRAPHIE	Drain principal	Débits importants et réguliers	48%	80%
		Affluents	Pente forte, hauteur de chute importante Vitesse importante	52%	39%
		Sources, exurgences	Débits importants (concentration des écoulements souterrains), pas de bief	2 ouvrages sur la Saulx	
	MORPHOLOGIE FLUVIALE (Hydrodynamique)	Méandre	Canal usinier de petite taille Prise d'eau dynamique	-	66%
		Pente forte, tronçon rectiligne	Prise d'eau statique (exploitation du poids de l'eau), hauteur de chute importante	23 %	
		Vallée large à fond plat	bief de grande taille, multiplication des bras de décharge, place	19%	-
		Confluence	Affluent aménagé en canal d'amenée, grossit par prise d'eau	3 ouvrages sur l'Ormain	
HUMAIN	ECONOMIQUE	En tête de barrage de prise d'eau	Pas de frais de construction de canal usinier Prise dynamique	12 %	
		Sur les piles de pont	Moindre aménagement, barrage = radier de pont (lutte contre la dynamique fluviale)	2 ouvr.	2 ouvr.

a. Les facteurs hydrographiques.

Nous le rappelons, tous les ouvrages recensés sont installés au fil de l'eau, c'est à dire sur un cours d'eau, sans réservoir de retenue. On distingue principalement trois sites, le drain principal, l'affluent et la source (annexe III.8).

Les conditions d'installation d'un moulin sur un affluent sont aussi avantageuses que sur le drain principal. En effet, la faiblesse et l'irrégularité des débits du premier sont compensées par une pente plus forte (hauteur de chute importante) et des vitesses rapides de circulation de l'eau. C'est pourquoi, lorsque le réseau hydrographique est suffisamment dense (Ornain), on compte autant d'ouvrages sur les affluents (52%) que sur le drain principal (48%). Par contre, sur les affluents de la Saulx, le faible équipement hydraulique (39%) est imputable à la faible densité du réseau hydrographique.

La présence de moulins à eau sur les principales sources du bassin témoigne de la saturation du réseau hydrographique issus du "tout hydraulique" au XIXème siècle et de l'abondance de certaines exurgences. En outre, ce site fait l'économie d'un barrage de prise d'eau puisqu'en général la totalité de l'écoulement est utilisée pour le fonctionnement du moulin. Les exurgences importantes étaient par le passé équipées de moulins (Fontaine d'Artouze, ruisseau du Moulinet).

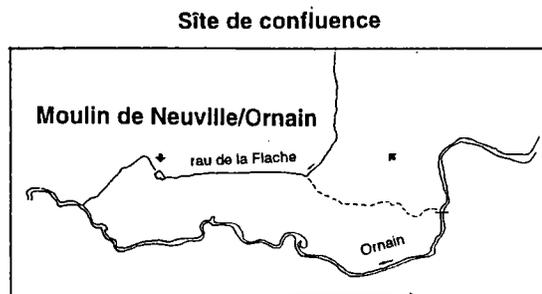
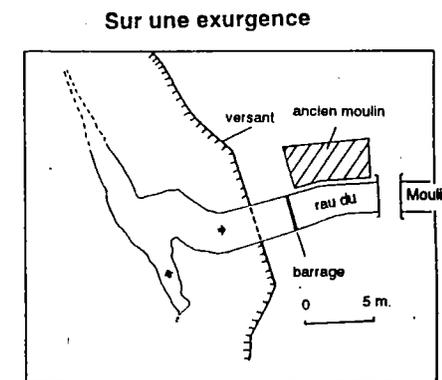
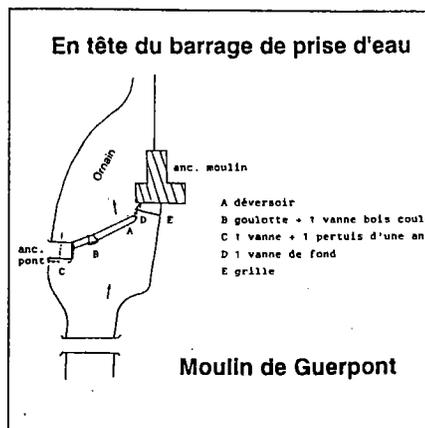
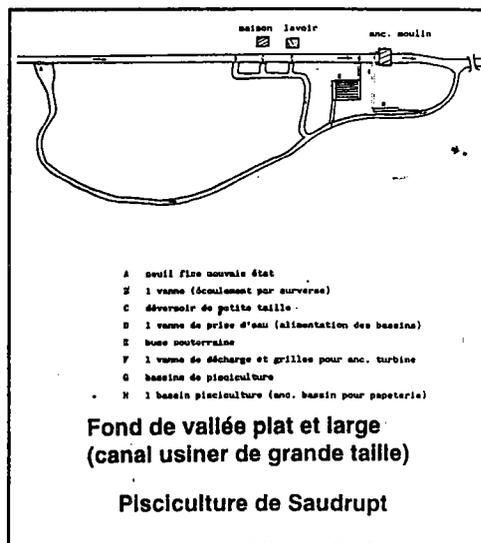
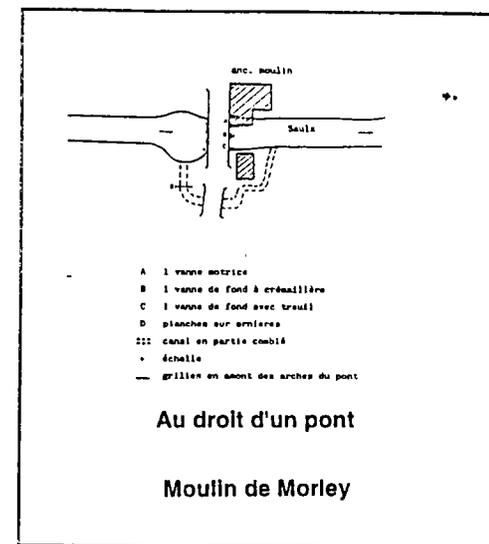
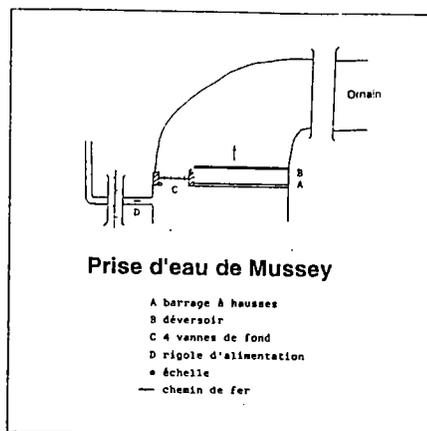
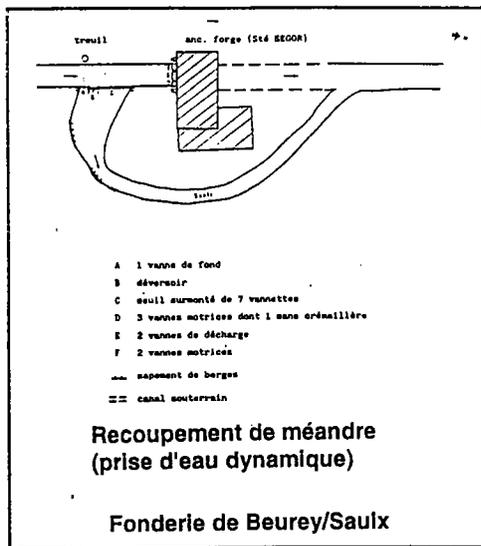
Le caractère karstique des écoulements est effectivement propice à ce type de site (concentration des écoulements souterrains, débits abondants). Seules la source du Moulin à Rupt-aux-Nonains et la Fontaine du Lavoir à Couvonges sont aujourd'hui équipées d'un ouvrage hydraulique.

b. Les facteurs hydro-dynamiques (fig.III.23).

Un site idéal rassemble, une hauteur de chute suffisante, des débits abondants et réguliers et des vitesses de circulation de l'eau importantes. La diversité des sites est commandée par la puissance de la dynamique fluviale.

Le premier site utilisé est le recoupement de méandre (48% des cas sur le drain principal), puisqu'il "bénéficie" non seulement d'un canal usinier de petite taille à moindre frais mais également d'une prise d'eau dynamique (exploitation du poids et de la vitesse de l'eau). Néanmoins, la pente du cours d'eau doit être suffisante pour garantir une hauteur de chute exploitable. Ce site est le plus courant sur la Saulx (66% des moulins) notamment à l'aval de Rupt-aux-Nonains où les méandres sont bien dessinés et de petite taille dans une vallée étroite et encaissée.

Le second site observé (23% des moulins), exploite une pente forte sur un tronçon rectiligne. La prise d'eau statique alimente le bief qui présente alors



Source du Moulin à Rupt-aux-Nonains

un cours parallèle au bras court-circuité. Seul le poids de l'eau est utilisable sur ce site (roue "par dessus").

Une vallée large à fond plat et à faible pente, où la rivière divague (l'Ornain à l'aval de Naix-aux-Forges) nécessite un bief de grande taille sur lequel de nombreux moulins peuvent s'installer (canal des Usines). Ce site demande donc des investissements importants que seuls les villes et certains établissements industriels peuvent honorer. Quasi absent sur la Saulx, ce site représente 19% des cas sur l'Ornain.

Un confluent est également un site attractif pour les moulins hydrauliques. L'affluent est, dans ce cas, aménagé en canal d'amenée et grossi par une prise d'eau sur le drain principal (moulins de Fosse, Varney et Neuville/Ornain).

c. Les facteurs humains.

Les structures d'un pont peuvent servir de support au moulin à eau (moulins de Morley, Bouchon/Saulx) ou provoquer une chute d'eau en radier (Neuville/Ornain, Rancourt/Ornain).

Lorsque la construction d'un canal usinier s'avère techniquement impossible ou trop onéreuse, le moulin s'installe en tête du barrage de prise d'eau faisant l'économie d'un bief (moulins de Rupt-aux-Nonains, Guerpont, et Givrauval). Ce site concerne seulement 12% des ouvrages hydrauliques.

La situation et le site des ouvrages hydrauliques sont hérités du passé, caractérisé par des usages nombreux et diversifiés. L'enquête de 1994 montre une désaffectation dominante, ainsi qu'une timide reconversion plus particulièrement sur la Saulx.

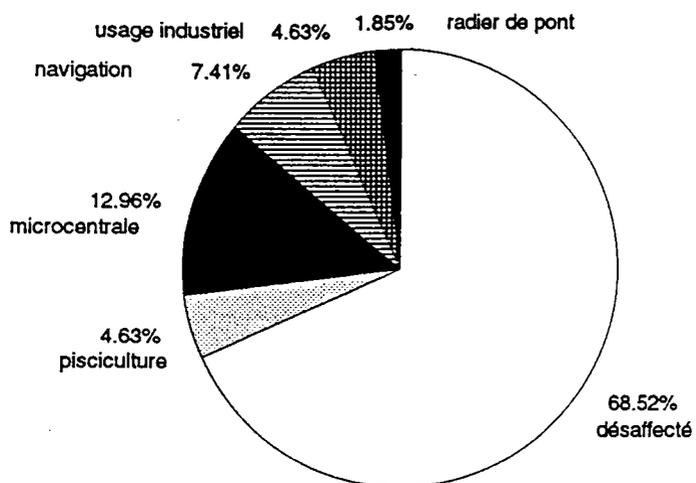
IV. LES USAGES DE MOULINS EN 1994.

Les usages de l'eau en 1994 sont loin de présenter la diversité du XIXème siècle. En effet, les ouvrages fonctionnels sont minoritaires (32% des moulins) et les usages sont très peu diversifiés (fig.III.24).

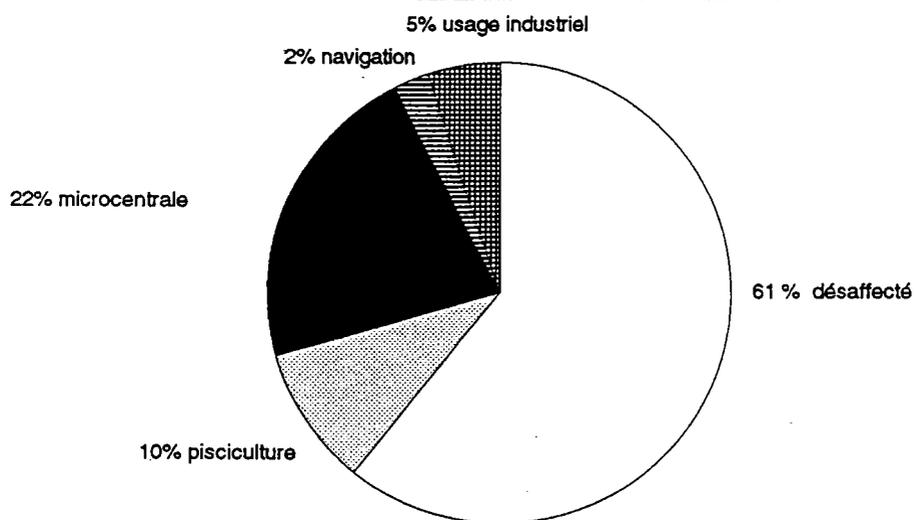
A. LES USAGES TRADITIONNELS.

L'usage industriel, majoritaire au XIXème siècle a quasiment disparu avec 5% des ouvrages en 1994. L'eau n'est plus utilisée pour son énergie mais comme matière première.

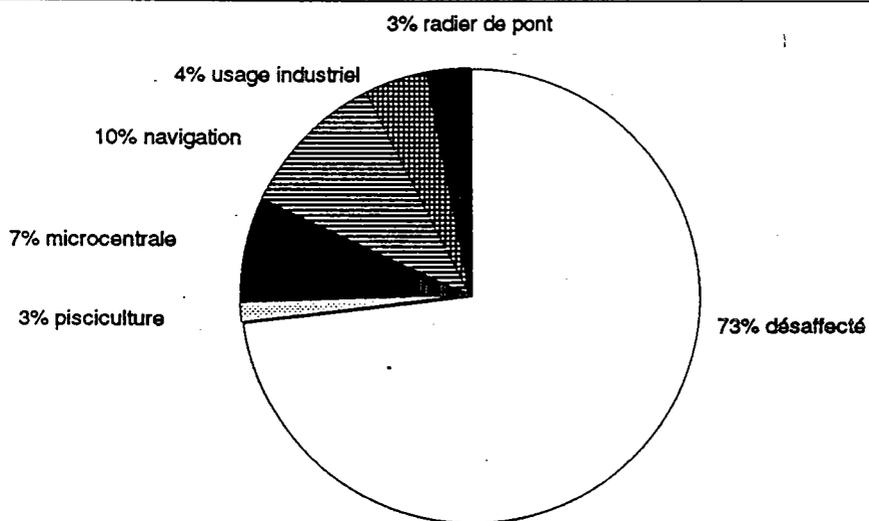
fig. III.24 USAGES DES MOULINS HYDRAULIQUES EN 1994



Bassins de la Saulx et de l'Ornain



Bassin de la Saulx



Bassin de l'Ornain

La papeterie de Jean d'Heurs, les fonderies de Dammarie/Saulx, la graniterie d'Abainville, Essilor et Rhovyl à Ligny-en-Barrois sont les seules entreprises, sises sur un ouvrage hydraulique, à utiliser l'eau courante. Néanmoins, ces entreprises complètent leurs prélèvements par le réseau d'alimentation en eau potable (Dammarie/Saulx), des prises en gravières (Rhovyl) et des pompages en nappe phréatique (papeterie de Jean d'Heurs, Rhovyl) garantissant une eau de meilleure qualité.

L'usage industriel de l'eau courante devient donc marginal. Trop sujette aux variations saisonnières de niveaux, trop sensible à toute pollution, l'eau de surface est progressivement abandonnée au profit de l'eau de nappe.

L'ouvrage hydraulique qui a donné naissance aux activités industrielles du Barrois est aujourd'hui un frein au développement des usines (l'îlot compris entre le bras court-circuité et le bief est trop exigu).

L'ancienne filature de Renesson (Trémont/Saulx) sise sur la Saulx est aujourd'hui "reconvertie" en usine de fabrication de batteries et accumulateurs (Société allemande HOPPECKE-BATTERIES). Cette usine a l'intention de combler le canal d'aménée pour construire une route d'accès destinée aux poids lourds.

Les barrages récents de Neuville/Ornain et Rancourt/Ornain sont des radiers de pont construits pour lutter contre la dynamique fluviale très active dans ce secteur (érosion des piles de pont accélérée par l'exploitation des granulats dans le lit alluvial de l'Ornain).

B. LES RECONVERSIONS ENERGETIQUES.

Les reconversions récentes sont principalement orientées vers la production d'énergie hydroélectrique et la pisciculture. Cependant, elles ne concernent que 17 % des ouvrages hydrauliques (fig.III.24).

L'enquête du CEGUM, bien que non exhaustive (indisponibilité des usiniers) dénombre 13 ouvrages produisant de l'hydroélectricité (soit 13% du total) dont 8 sur la Saulx (tab.III.4a).

La puissance brute maximale moyenne est de l'ordre de 50 kw, mais celle-ci varie considérablement par ouvrage puisqu'elle est comprise entre 7 et 180 kw. Cette faible puissance tributaire de très basses chutes (entre 2 et 5 m.) définit ces ouvrages en "microcentrales hydroélectriques" (puissance comprise entre 5 et 5000 kw).

a. Caractéristiques techniques des microcentrales.

Les basses chutes des moulins induisent l'utilisation de turbines de type

CARACTERISTIQUES DES MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN EN 1994

N° d'ouvrage	désignation	commune	cours d'eau	hauteur de chute (m)	puissance (kw)	Q armement m3/s	Q équipement m3/s	usage
S19	moulin de stainville	Stainville	Saulx	2.5	7			domestique
S20	moulin de Bazincourt	Bazincourt/Saulx	Saulx	2.5	7			domestique
S14	moulin de Ville/Saulx	Ville/Saulx	Saulx	2.2	16-73	1	4.5	vente EDF
S12	château de Jean d'Heurs	Lisle-en-Rigault	Saulx	2	14-32	1.4	2.5	vente EDF
S11	Vieux Jean d'Heurs	Lisle-en-Rigault	Saulx	3	25-180	2.5	7	vente EDF
S10	forge de Pont/Saulx	Robert-Espagne	Saulx	3	96			domestique
S9	moulin de Robert-Espagne	Robert-Espagne	Saulx	2.2	20-100	0.04?	10	vente EDF
S8	fonderie de Beurey/Saulx	Beurey/Saulx	Saulx	2	37-73			industriel
O17	anc. forges de Naix	Naix-aux-Forges	Ornain	2	15			domestique
O8	moulin de Guerpont	Guerpont	Ornain	1.8	73			domestique
O7	moulin de Tannois	Tannois	Ornain	1.8	22			domestique
O12a	barrage de la petite Machère	Guerpont	Culey	1.5	artisanal			domestique
O25a	moulin de Boviolles	Boviolles	Barboure	3.12	5-100	0.4	0.8	domestique

CARACTERISTIQUES DES PISCICULTURES DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN

N° d'ouvrage	usage XIXème siècle	cours d'eau	commune	type de pisciculture	activités	stock (tonnes)
S18	moulin à grain	source, Saulx	Rupt-aux-Nonains	intensive	naissances, grossissement	250
S15	filature	Saulx	Saudrupt	intensive	grossissement, abattage	30-45
S6	batterie mécanique	Saulx	Mognéville	intensive	grossissement	40-80
S5	moulin à grain	Saulx	Andernay	loisir	pêche à la ligne	1-2
O30a	forges?	sources	Gondrecourt-le-Château	extensive	alevinage, repeuplement	20-25

"hélice" (pales fixes ou réglables à l'arrêt) ou "Kaplan" (pales réglables en marche) (fig.III.25).

Les microcentrales les plus récentes (Ville/Saulx, Marson/Barboure, Vieux Jean d'Heurs, Robert-Espagne) sont équipées de turbines Kaplan dont le rendement maximal peut atteindre 90% (réglage des pales en fonction des situations hydrologiques).

Selon le propriétaire de la microcentrale de Robert-Espagne, une turbine de type "François" (roue à aubes fixes avec distributeur mobile de guidage de l'eau) équipe également l'ancienne forge.

Les faibles hauteurs de chute ainsi que les aménagements hydrauliques existants permettent le montage de groupes hydroélectriques de série montés en siphon ("Neyrpic, Leroy-Sommer") gérés par automate (Ville/Saulx, Marson/Barboure, Vieux Jean d'Heurs, Château de Jean d'Heurs) ou manuellement (Robert-Espagne, Tannois, Beurey/Saulx).

Cependant, certains ouvrages sont encore équipés d'anciennes turbines plus ou moins vétustes (Stainville, Bazincourt/Saulx, Pont/Saulx) voire artisanales (Barrage de la Petite Machère).

b. Usage de l'énergie produite.

L'électricité produite est vendue à EDF (4 ouvrages), ou utilisée sur place pour les besoins domestiques (8 ouvrages) ou industriels (Beurey/Saulx).

Conformément au décret du 20 mai 1955, EDF est tenue d'acheter l'énergie produite par les microcentrales qui le désirent, "au tarif simplifié" (pour une puissance installée inférieure à 1000 kw). Ce tarif propose 3 contrats d'achat: le premier est basé sur 2 prix (hiver-été), le second sur 4 prix (distinction à 2 saisons à heures creuses et pleines) et enfin le dernier sur 5 prix (par poste horaire).

Sur la Saulx et l'Ornain, le premier est le plus courant. La tarification, plus lucrative en période hivernale (48 centimes au kwh au lieu de 14 centimes en été) incite les usiniers à ne pas turbiner en basses-eaux (arrêt de la production du 1er juillet à novembre à Robert-Espagne).

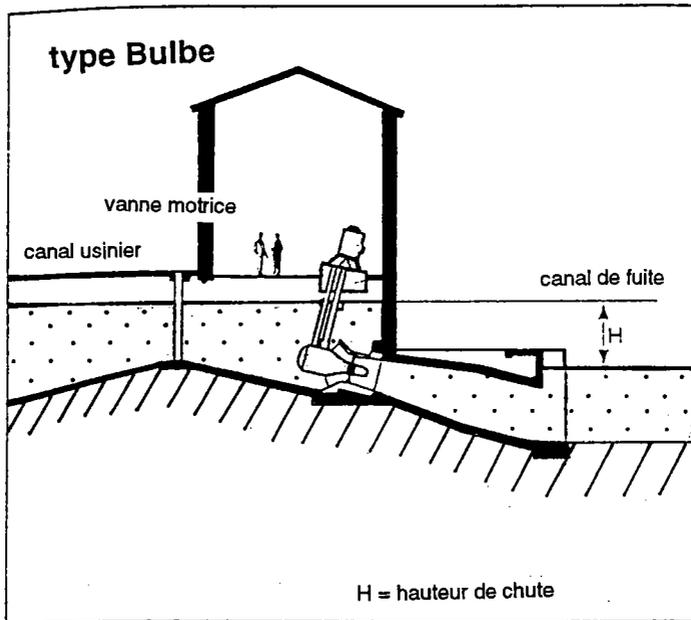
Les variations brutales des hauteurs d'eau constatées en étiage aux stations limnimétriques de Mognéville et de Fains-les-Sources témoignent pourtant d'éclusées...

L'usage domestique reste prédominant (éclairage du moulin attenant, machines à bois). Les turbines ne fonctionnent qu'occasionnellement (Pont/Saulx, Bazincourt/Saulx, Tannois) voire très rarement (2 heures par jour, en hiver au moulin de Stainville). Seule l'ancienne forge de Beurey/Saulx utilise à des fins industrielles, l'électricité produite (alimentation des machines de la "Fonderie et Ateliers de Constructions Mécaniques" de la "Société d'Engins Graisseurs et d'Organes de Transmission").

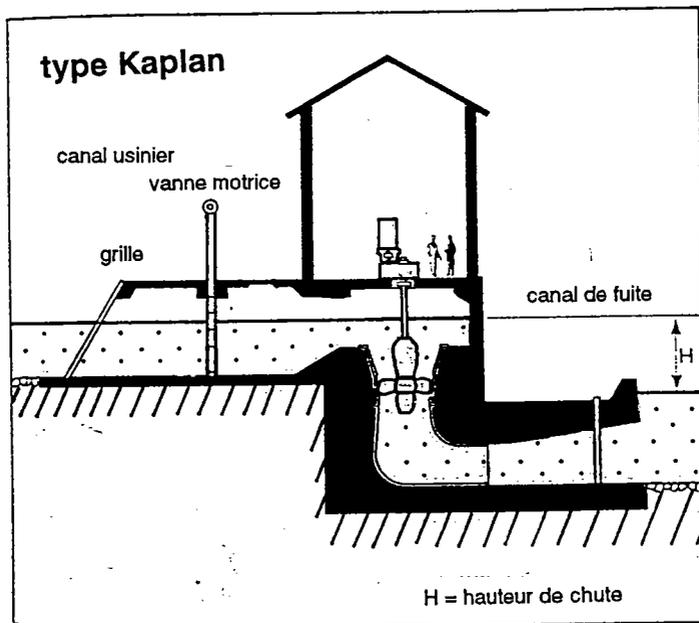
La production hydroélectrique reste balbutiante surtout sur l'Ornain amputée par les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin. On est donc loin

fig. III.25

TYPES DE MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES SUR LA SAULX ET L'ORNAIN.



Exemple d'aménagement pour basse chute - Bulbe. Ateliers Souvier.



Exemple d'aménagement pour basse chute Kaplan. Ateliers Souvier.

d'une véritable reconversion observée dans les vallées vosgiennes (Moselotte).

C. LES RECONVERSIONS EN PISCICULTURES.

Seulement 5 moulins se sont reconvertis en piscicultures (soit 5% du total) (fig.III.24).

Pourtant, les eaux de la Saulx et de l'Ornain sont propices à la truiticulture. Les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques classent l'eau des deux cours d'eau en "qualité bonne" (1B) voire localement exceptionnelle (1A) dans la grille du réseau national de bassin. Cours d'eau de première catégorie piscicole, la Saulx et l'Ornain "*s'apparentent aux types 4 et 7 correspondant aux zones piscicoles successives à truite, ombre et barbeau de Huet*" (Mouillé J., 1984).

On dénombre 3 piscicultures intensives, une extensive et une seule orientée vers la pêche à la ligne (tab.III.4b).

a. Les piscicultures intensives.

"La pisciculture intensive se distingue de la pisciculture extensive par sa production destinée à la consommation, non au repeuplement d'un écosystème aquatique" (Arrignon J., 1976).

La société belge "Gabriel" (SARL) exploite 3 piscicultures intensives sur la Saulx à Rupt-aux-Nonains, Saudrupt et Mognéville. Elle a reconverti ces anciens moulins, filatures et batterie mécanique en truiticultures.

La pisciculture de Rupt-aux-Nonains comprend une écloserie sur une exsurgence ainsi que des bassins de grossissement en béton alimentés par la Saulx. A l'écloserie, les oeufs embryonnés importés de Belgique et de la Marne sont incubés. Après éclosion des oeufs, les alevins grossissent pour devenir des truitelles.

"Les sources sont plutôt favorables à l'incubation, à l'éclosion des oeufs et à la vie de l'alevin de salmonidé jusqu'au 3/4 de la résorption vitelline (...) mais, les eaux de résurgence sont souvent impropres à l'incubation en raison de leur forte teneur en gaz carbonique et en azote dissous sous pression" (Arrignon J., 1976). Le caractère karstique des écoulements augmente la vulnérabilité des oeufs aux maladies (absence de filtrage de l'eau, circulations rapides). La mise en assec des bassins est donc malheureusement courante, malgré toutes les précautions prises (visites déconseillées, traitements thérapeutiques) afin de désinfecter les installations.

L'ancien moulin à cylindres de Rupt-aux-Nonains a donc été reconverti en pisciculture de grossissement. Deux prises d'eau en amont du barrage du moulin alimentent 62 bassins en béton. Cette installation constitue l'amont du complexe piscicole de la SARL Gabriel sur la Saulx.

Le stade suivant est assuré par la pisciculture de grossissement de Mognéville. L'îlot compris entre le bief de l'ancienne batterie mécanique et le bras court-circuité a été aménagé pour recevoir les bassins. Les truitelles y grossissent pour atteindre le stade "portion" (environ 250 g.) pour commercialisation. Une fois le poids voulu atteint, les truites sont transférées à Saudrupt.

L'ancienne filature de Saudrupt reconvertie en pisciculture de transit, se situe à l'aval du complexe piscicole Gabriel. En effet, un atelier d'abattage et de fumaison de poissons créé en 1983 prépare le produit pour la commercialisation en France et au Bénelux.

b. La pisciculture extensive de Gondrecourt-le-Château.

La pisciculture du Vaucheron appartient à la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Pisciculture. Installée sur les sources du Vaucheron ou du Putrey, cette pisciculture exploite les bonnes conditions hydrogéologiques offertes par le fossé tectonique de Gondrecourt-Le-Château.

Sans véritable barrage de prise d'eau, l'ouvrage est uniquement alimenté par les sources du Vaucheron.

Cette pisciculture extensive produit essentiellement des alevins et juvéniles (<10 cm) pour le repeuplement piscicole et l'alimentation des ruisseaux pépinières des sociétés de pêche.

c. La pisciculture de loisirs d'Andernay.

Le moulin d'Andernay, reconverti en pisciculture de loisirs présente également un plan d'eau de pêche à la ligne. Les locaux sont en partie aménagés en boîte de nuit.

Les truitelles grossissent dans les bassins jusqu'à la taille légale de capture (stade portion) pour être déversées dans le plan d'eau.

Cependant, la grande vulnérabilité des truites aux maladies ainsi que la baisse hivernale de l'activité touristique amènent le propriétaire à suspendre cette activité quelques mois en hautes-eaux.

Les reconversions ne concernent que 18% des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain. Celles-ci paraissent donc bien timides et sont loin de créer les emplois perdus à la fin du XIXème siècle. Les piscicultures emploient moins de 30 personnes et l'automatisation des systèmes d'exploitation sur les microcentrales hydroélectriques supprime largement le gardiennage.

On peut également déplorer l'absence totale de reconversion touristique

des anciens moulins.

Pourtant, les moulins hydrauliques restaurés et ouverts au public en France (moulins d'Ambert, de Fontaine-de-Vaucluse, de Celles/Plaine), remportent de francs succès.

Le département de la Meuse possède un gisement touristique hydraulique diversifié (multiplicité des anciens usages) encore non exploité.

D. UNE DESAFFECTION DOMINANTE.

L'enquête réalisée en 1994 par le CEGUM montre une désaffection dominante des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain (fig.III.24, annexe III.1). Sur la totalité des moulins hydrauliques recensés, 68% sont désaffectés. Cette désaffection touche plus particulièrement l'Ornain avec 78% d'ouvrages abandonnés (et 61% sur la Saulx).

L'abandon de l'énergie hydraulique s'est traduit par la disparition de la roue à aubes ainsi que des anciennes turbines. Les dispositifs de gestion (vannes) subsistent toujours mais leur état est préoccupant.

Sans véritable reconversion (pisciculture, hydro-électricité) et sans usage permanent ou apparent, ces ouvrages peuvent jouer un rôle non négligeable au sein du monde rural.

a. Des zones de pêche.

La Saulx et l'Ornain sont des cours d'eau de première catégorie piscicole. Les pêcheurs regroupés en 19 associations agréées de pêche et de pisciculture sont les premiers sensibilisés par l'abandon du patrimoine hydraulique.

Le manque d'eau en amont, notamment sur la Saulx au droit des pertes gêne considérablement la pêche. Le bief d'un ouvrage hydraulique désaffecté, ainsi que le tronçon amont du barrage de prise d'eau sont des sites de pêche remarquables car la lame d'eau est artificiellement soutenue.

L'association agréée de Pêche et de Pisciculture de Morley-Dammarie/Saulx-Bouchon/Saulx souhaite réhabiliter 3 ou 4 barrages en partie ruinés (vannes disparues) afin d'augmenter le niveau d'eau des biefs. Le maintien d'un niveau d'eau en étiage est primordial pour les pêcheurs. Selon les dires des riverains à Stainville et à Ménil/Saulx, auparavant, de nombreux seuils en batardeux maintenaient un niveau d'eau pour la pêche et pour abreuver le bétail. On en comptait 17 rien qu'à Ménil/Saulx au début du siècle... .

Les canaux des ouvrages hydrauliques sont des zones de pêche privilégiées. Le parcours de pêche des anciennes forges d'Haironville et de la papeterie de Jean d'Heurs est réservé aux employés de l'usine. Les rigoles

d'alimentation du canal de la Marne au Rhin sont classées en réserves de pêche par décret ministériel.

b. Des réserves incendies.

Le plan d'eau créé par le barrage de prise peut servir de réserve incendie (moulins de Sermaize-les-Bains et de Naives-Rosières). L'imperfection des réseaux d'alimentation en eau potable (manque de bornes incendie) caractéristique du monde rural est complétée par ces plans d'eau artificiels.

c. L'alimentation de pièces d'eau.

Certains ouvrages désaffectés alimentent en eau des constructions qui profitent du niveau constant du bief (lavoir, fontaines) et de petits plans d'eau d'agrément (étangs, douves).

On dénombre une dizaine de lavoirs communaux sur les multiples bras d'ouvrages abandonnés (moulins de Baudignécourt, de Demanges-aux-Eaux, de Trémont/Saulx, vannage de Nançois-le-Grand). Cependant, les lavoirs ont connu, comme les moulins à eau, d'importantes destructions depuis le XIX^{ème} siècle (Lechien M. Navel G., Parisse B., 1991).

Outre les lavoirs, les biefs d'anciens moulins alimentent les douves des châteaux d'Etrepy et de Saint-Amand/Ornain. L'îlot, compris entre le canal d'amenée et le bras court-circuité est facilement aménageable en "zone humide". Un ou plusieurs étangs alimentés par le bief sont exploités pour la pêche de poissons blancs (barrage de la Petite Machère, moulin de Culey).

Enfin, les anciens barrages créent des plans d'eau d'agrément utilisés pour la baignade et le plaisir des yeux à Dammarie/Saulx, Gondrecourt-Le-Château et Révigny/Ornain.

d. Les activités sportives.

Les caractéristiques des canaux de décharge (forte pente, vitesse de l'eau importante) ainsi que les remous provoqués par le barrage de prise d'eau font des ouvrages hydrauliques désaffectés, des sites remarquables pour la pratique de canoë et kayak.

Néanmoins, les barrages équipés de parcours kayakistes sont très peu nombreux (barrage de Sermaize-les-Bains, décharge de Salvange à Bar-le-Duc). Le club local de canoë-kayak (fort de ses 25 membres dont certains ont un niveau national) déplore l'inexistence de parcours de descente sur la Saulx

(discipline obligatoire en compétition). En outre, les barrages de prise d'eau sont très rarement équipés de passes à canoë-kayak (barrage des Gravières à Revigny/Ornain).

e. L'assainissement.

Sur les tronçons supérieurs de la Saulx, marqués par de nombreuses pertes, les retenues des barrages servent d'exutoire au réseau d'assainissement, encore non raccordé à une station d'épuration (dilution des rejets).

L'existence du vannage de l'ancien moulin de Bouchon/Saulx est en 1994 entièrement tributaire du réseau d'assainissement, puisque depuis les travaux de raccordement à la station d'épuration de Ménil/Saulx, la commune a entrepris de combler le bief du moulin. Compte tenu des circulations karstiques qui caractérisent le synclinal de Treveray, le raccordement est plus que souhaitable.

f. Le tourisme.

Sans utilisation énergétique, les ouvrages désaffectés peuvent être rééquipés d'une roue hydraulique pour le tourisme local. Cet aménagement s'avère peu coûteux sur les moulins encore pourvus du coursier de l'ancienne roue (moulins de Fains-les-Sources et de Baudignécourt).

Si sur les 104 moulins hydrauliques recensés sur la Saulx et l'Ornain, 7 conservent leur roue à aube, seul le moulin de la Terrasse à Loisey-Culey à été restauré en 1977 pour le plaisir des villageois.

Le département de la Meuse n'exploite pas malheureusement cet important gisement touristique qui intéresse pourtant les départements lorrains avec le moulin à grain d'Eschwiller-Volmunster en Moselle et les hauts-fer de Brouaumont et de la Hallière à Celles/Plaine dans les Vosges. Deux moulins à papier sont également ouverts au public à Ambert en Auvergne et à Fontaine de Vaucluse (ainsi qu'un moulin à huile).

Si la désaffectation des ouvrages hydrauliques est prédominante, le moulin à eau participe toujours à la vie du village meusien. Cependant, l'abandon aggrave le mauvais état général de ce patrimoine en péril qui sans véritable reconversion est condamné à disparaître.

L'énergie hydraulique n'est plus, comme au XIX^{ème} siècle, le support de l'industrialisation. La localisation industrielle est aujourd'hui tributaire des moyens de communication. La sidérurgie a migré à l'aval, dans le Perthois alluvial (Galva-Meuse, Haironville S.A.) profitant des terrains plats ainsi que du canal de la Marne au Rhin (port sidérurgique de Revigny/Ornain) et du chemin de fer. La Saulx, dénuée de moyens de communication importants, a perdu ses

activités industrielles traditionnelles.

E. REPARTITION SPATIALE DES USAGES.

Si la répartition spatiale des ouvrages hydrauliques est héritée du passé, leurs usages actuels répondent essentiellement à des considérations hydrologiques. En effet, les reconversions observées demandent des débits non seulement abondants mais également réguliers.

a. Sur la Saulx.

Les usages actuels des moulins hydrauliques sont non seulement plus nombreux mais aussi plus diversifiés sur la Saulx que sur l'Ornain. En effet, 39% des ouvrages sur la Saulx sont encore en activité alors que ce chiffre n'est que de 27% sur l'Ornain.

En outre, sur ce dernier, les usages se limitent essentiellement à l'alimentation du canal de la Marne au Rhin et aux microcentrales à usage domestique.

Sur la Saulx, les moulins hydrauliques du tronçon amont sont pour la plupart désaffectés (fig.III.20). L'abandon de l'exploitation du minerai de fer local a mis fin à l'activité des anciens bocards, patouillets et fourneaux. Sans reconversion, faute de débits suffisants et réguliers, les ouvrages sont aujourd'hui désaffectés.

Les usages du tronçon médian, caractérisé par un très faible nombre d'ouvrages (zone d'infiltrations) ne restent qu'occasionnels.

C'est essentiellement sur le tronçon aval, de Rupt-aux-Nonains à Mognéville où la densité d'ouvrages est la plus importante que les usages sont les plus nombreux et les mieux diversifiés. Ce tronçon concentre également toutes les reconversions récentes (piscicultures, microcentrales), et les usages industriels traditionnels (papeterie, fonderie). L'importance et la régularité des débits ainsi que la qualité de l'eau garantissent de bonnes conditions d'exploitation des ouvrages reconvertis.

Sur la Saulx perthoise, la majeure partie des moulins hydrauliques (3 sur 5) est désaffectée.

b. Sur l'Ornain.

Par contre sur l'Ornain, les usages des ouvrages ne présentent pas de régionalisation. La désaffectation est frappante le long du cours d'eau. L'Ornain

n'a pas connu de reconversion à l'image de la Saulx malgré des bourgs actifs et des moyens de communication attractifs. Mais la plus grande homogénéité des ressources en eau explique davantage la répartition spatiale homogène des usages.

CONCLUSION DU SECOND CHAPITRE.

Les ouvrages hydrauliques du bassin-versant de la Saulx-Ornain sont représentés par d'anciens moulins à eau. Dépourvus de la roue hydraulique, ils sont pour la plupart dans un état général préoccupant, faute d'entretien.

La dégradation du patrimoine hydraulique résulte d'un abandon progressif des moulins consécutif au développement d'autres sources énergétiques.

Les activités sidérurgiques installées sur l'eau au XIX^{ème} siècle, ont migré vers l'aval, dans la plaine alluviale du Perthois attirées par la platitude des terrains et l'intensité des moyens de communication (canal de la Marne au Rhin, chemin de fer Paris-Strasbourg). Cette migration s'est traduite par l'abandon des anciens moulins dans le synclinal de Treveray.

Les usages industriels et traditionnels des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain disparaissent progressivement au profit de pompages en nappes et prélèvements sur les réseaux d'alimentation en eau potable.

Cependant, à la différence d'autres cours d'eau lorrains (Sarre, Nied) et de l'Ornain (amputée d'une partie de ses débits par les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin), la Saulx connaît quelques reconversions de moulins hydrauliques en piscicultures et microcentrales hydroélectriques. Cette reconversion ne touche que le tronçon inférieur entre Rupt-aux-Nonains et Mognéville qui présente d'importantes ressources en eau, garantissant des débits abondants et réguliers (vidange de la nappe portlandienne).

Le caractère calcaire du substratum, en "hétérogénéisant" les ressources en eau concentre les conditions optimales de reconversion sur des tronçons de cours d'eau rapidement saturés (Rupt-aux-Nonains-Mognéville, Gondrecourt-le-Château-Houdelaincourt).

A l'inverse, dans le synclinal de Treveray, les écoulements à dominante souterraine (zone d'infiltrations) proscrivent toute reconversion faute d'eau en période d'étiage.

Les reconversions récentes de moulins à eau presque millénaires, sur de petites portions de cours d'eau posent des problèmes d'usage et de partage équitable de la ressource en eau, par définition hétérogène en pays calcaire.

TROISIEME CHAPITRE : FONCTIONNEMENT ET PROBLEMES DE GESTION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.

L'état préoccupant des barrages, la désaffectation dominante et les reconversions récentes entraînent de multiples problèmes de gestion des ouvrages hydrauliques.

L'enquête de 1994 réalisée auprès des usiniers et des riverains montre que les problèmes de fonctionnement et les litiges sont omniprésents sur certains tronçons de cours d'eau. La gestion du patrimoine hydraulique est anarchique et non concertée multipliant les interventions des services administratifs responsables de la police de l'eau (DDE, DDAF, VNF). Ces services sont confrontés au problème de répartition équitable des devoirs des usiniers et des droits d'usage d'une ressource naturelle fortement hétérogène en pays calcaire.

Le caractère karstique des écoulements et l'ancienneté des ouvrages (vide juridique) amplifient les problèmes de gestion du patrimoine hydraulique.

Le fonctionnement d'un ouvrage hydraulique est tributaire des situations hydrologiques du cours d'eau et de son usage. *"C'est à la suite de l'abandon de l'utilisation des chutes hydrauliques que les rivières ont connu des dysfonctionnements hydrauliques"* (Mauvais F., 1992). L'exploitation de la force motrice de l'eau garantissait la surveillance et l'entretien des cours d'eau par les usiniers et les riverains. Avec l'abandon et les destructions des moulins opérées au XXème siècle (afin d'améliorer les conditions d'écoulement), le mode de fonctionnement des ouvrages hydrauliques est oublié et ne subsiste que dans la mémoire locale.

Dans le cadre des reconversions récentes en piscicultures et microcentrales hydroélectriques, les usiniers ignorent les conditions d'usages de l'eau appliquées auparavant. Or, les droits et les devoirs des usiniers sont tributaires du statut juridique de l'ouvrage. La consistance légale du moulin est déterminante car elle est garante du fonctionnement de l'ouvrage.

Nous dresserons ensuite une typologie et une régionalisation des problèmes et litiges entre usiniers confrontés au respect de la vie piscicole des cours d'eau.

I. FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.

A. UN FONCTIONNEMENT CONDITIONNE PAR LE STATUT JURIDIQUE DE L'OUVRAGE.

a. Des ouvrages fondés en titre.

La majeure partie des ouvrages, voire presque la totalité (90%) sur le

tronçon non domanial est antérieure au 4 Août 1789 (abolition de la féodalité) ce qui confère à l'usine un titre impliquant un droit de caractère perpétuel. Ces ouvrages sont "fondés en titre".

Sur le tronçon domanial (l'Ornain à l'aval de Bar-Le-Duc), ce statut est défini par l'existence de l'usine avant l'Edit de Moulins de 1566 qui affirme "*l'imprescriptibilité et l'inaliénabilité du domaine*".

Conformément au décret du 19 Décembre 1789, les moulins du Clergé après confiscation, sont achetés par des particuliers au titre de la vente des biens nationaux. Ces moulins sont également fondés en titre et "*disposent de la jouissance totale du site où ils sont implantés dans la limite de la consistance légale de leur installation*" (loi du 16 octobre 1919).

En vertu de ce titre, les usiniers ne sont pas tenus d'obtenir une autorisation ou une concession (prévue par la loi du 16 octobre 1919) de l'Etat pour utiliser l'énergie hydraulique. Le titre I de cette loi précise que "*nul ne peut disposer de l'énergie, des marées, lacs, et cours d'eau quelque soit leur classement sans une concession ou une autorisation de l'Etat*".

Aucun propriétaire n'a présenté au service de police de l'eau, la preuve de son droit (texte de concession seigneuriale, titre de vente nationale, document stipulant l'existence du moulin avant l'abolition de la féodalité). Le cas échéant, ces documents fournissent aux intéressés la puissance dite "fondée en titre" du moulin. Cependant, le texte ne présente pas le type de puissance utilisé; s'agit-il de la puissance maximale, normale, disponible, installée ou garantie ?

L'interprétation est à la charge du pétitionnaire. Mais celle-ci "*conduit à des difficultés pratiques considérables, car dans les documents anciens, la notion de débit est inconnue*" (Do Tran, 1993).

Or toute modification de la valeur énergétique d'un ouvrage entraîne la perte du fondement en titre et nécessite une autorisation administrative. Donc, si la puissance originelle est inconnue, l'usinier procède à de multiples modifications sans aucune réglementation particulière. Cette situation de "flou énergétique" concerne 21% des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain.

Leur gestion ne repose sur aucun écrit et rejoint celle des moulins dont la consistance légale est inconnue (18% du total).

En somme, 40% des ouvrages sont dénués de "mode d'emploi" (fig.III.26a). La gestion repose uniquement sur l'expérience des usiniers.

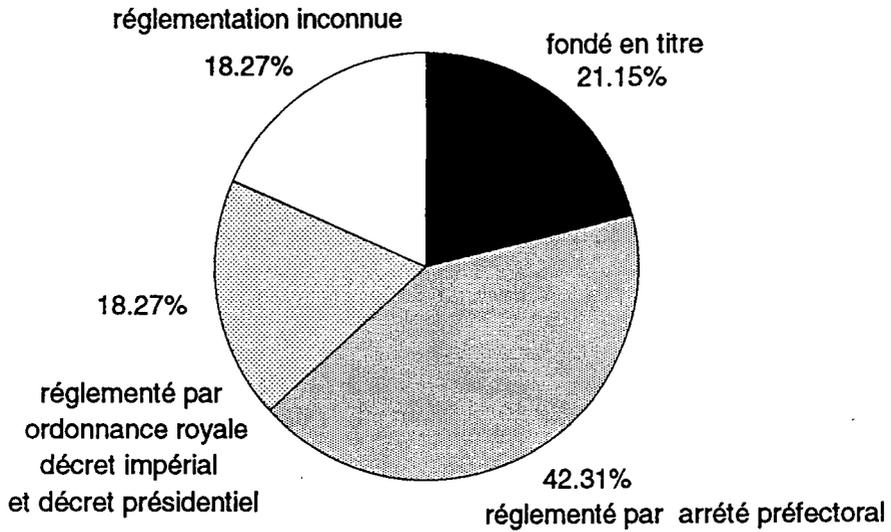
b. Des ouvrages réglementés.

"L'Ancien Régime laisse un vide juridique par rapport à la police des cours d'eau non navigables et flottables" (Benoit J.M., 1988).

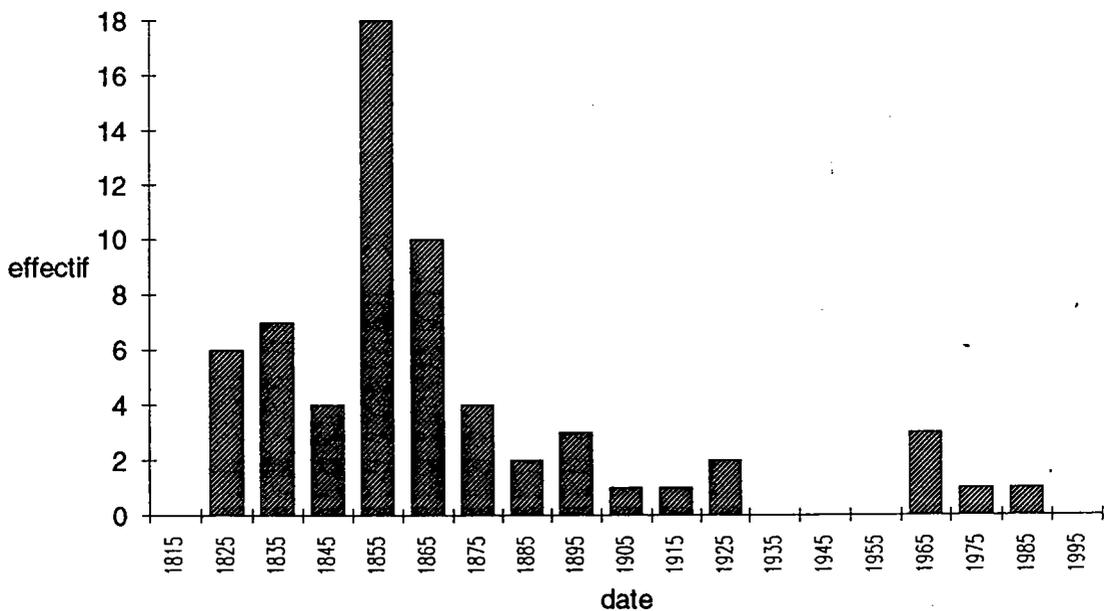
Devant le "désordre hydraulique" du début du XIXème siècle et l'ampleur des demandes de modernisation des moulins, les ouvrages font

fig. III.26

CONSISTANCE LEGALE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN



DATES DES REGLEMENTS D'EAU DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN



l'objet d'autorisations administratives.

Les moulins désaffectés et abandonnés depuis 30 ans, ainsi que ceux dont la force motrice s'accroît lors de la modernisation, perdent leur fondement en titre. Dans ce cas, la procédure d'autorisation prévoit l'établissement d'un règlement d'eau qui stipule avec précision le fonctionnement du moulin.

Une enquête publique est menée en mairie pendant une vingtaine de jours afin d'enregistrer les remarques des riverains (instruction du 19 Thermidor an VI). L'administration effectue une visite des lieux et dresse un projet de règlement d'eau constitué de plans et profils détaillés en aquarelles et d'une série d'articles portant sur le fonctionnement de l'ouvrage, taré sur un niveau légal de retenue.

A l'issue des travaux, un procès verbal de récollement procède aux vérifications des installations conformément au projet déposé.

Une fois le projet entériné, le règlement d'eau est délivré à l'usinier sous forme d'Ordonnance royale, de décret présidentiel (moulin de Naives-Rosières) ou impérial (fourneau de Montiers/Saulx) avant 1852. Ces formes d'autorisation concernent 28% des ouvrages réglementés soit seulement 18% du patrimoine hydraulique du bassin-versant de la Saulx-Ornain.

Les lois de décentralisation des 25 et 30 Mars 1852 attribuent au préfet, l'élaboration des règlements d'eau, délivrés sous forme d'arrêtés préfectoraux (70% des ouvrages réglementés, soit 42% du total) (fig.III.26).

L'usinier se doit de respecter scrupuleusement les prescriptions de règlement d'eau. Tout manquement ou négligence conduit dans un premier temps à un procès verbal, au chômage de l'usine puis le cas échéant au démantèlement de l'ouvrage.

Le règlement d'eau est le mode d'emploi du moulin. L'élaboration en commun de plusieurs règlements d'eau, notamment entre 1820 et 1880 (78% des ouvrages réglementés), garantissait une bonne coordination entre usiniers et une gestion homogène du patrimoine hydraulique du bassin-versant.

Le règlement d'eau est disponible auprès des services départementaux de police de l'eau. Cependant, l'ancienneté des ouvrages oblige l'Administration ou les usiniers à consulter les Archives Départementales.

En effet, la majeure partie des ouvrages a été réglementée entre 1820 et 1880 (fig.III.26b). Les règlements d'eau sont donc, aujourd'hui obsolètes et difficilement applicables. Les repères du niveau légal de retenue ont disparu (destruction des bâtiments) ou sont tombés dans l'oubli. Les usiniers qui se sont succédés n'ont pas tous pris connaissance des prescriptions du règlement d'eau et ont augmenté la puissance du moulin sans aucune autorisation (rajouts de hausses).

En outre, les usages de l'eau ont considérablement changé. Les activités industrielles du XIXème siècle contrastent avec une désaffectation dominante et des reconversions récentes. Le règlement d'eau n'est donc plus conforme à l'usage actuel du moulin. Les règlements d'eau ignorent les principes de protection de l'environnement.

Devant les contraintes de fonctionnement prescrit, les usiniers réfutent

l'autorisation du XIX^{ème} siècle pour spéculer sur un hypothétique fondement en titre de l'ouvrage qui les soustrait de toute prescription. Si 61% des ouvrages hydrauliques sont réglementés, seuls quelques uns reconvertis (4%) appliquent un règlement d'eau. 49% des moulins sont fondés en titre ou présentent une consistance légale inconnue (fig.III.26a). Le mode de fonctionnement des usines est donc quasi-inconnu ou non défini.

La gestion du patrimoine hydraulique ne peut être qu'anarchique. Elle ne repose que sur l'expérience de l'usinier qui déclare manipuler ses vannes "au coup par coup". Le fonctionnement observé est donc loin de la légalité.

B. LES FONCTIONNEMENTS LEGAUX ET OBSERVES A DIFFERENTES SITUATIONS HYDROLOGIQUES.

Le fonctionnement de l'ouvrage est entièrement conditionné par le respect du niveau légal de retenue édicté dans le règlement d'eau. Celui-ci stipule les conditions de fonctionnement du moulin selon les situations hydrologiques.

a. Fonctionnement légal (fig.III.27).

Compte tenu de l'ancienneté des règlements d'eau, le fonctionnement légal du moulin repose sur l'utilisation de la roue hydraulique (Mauvais M., 1992).

En moyennes et hautes-eaux, le moulin fonctionne à plein régime, la vanne motrice est levée, le niveau d'eau affleure la crête du déversoir et la vanne de décharge est fermée.

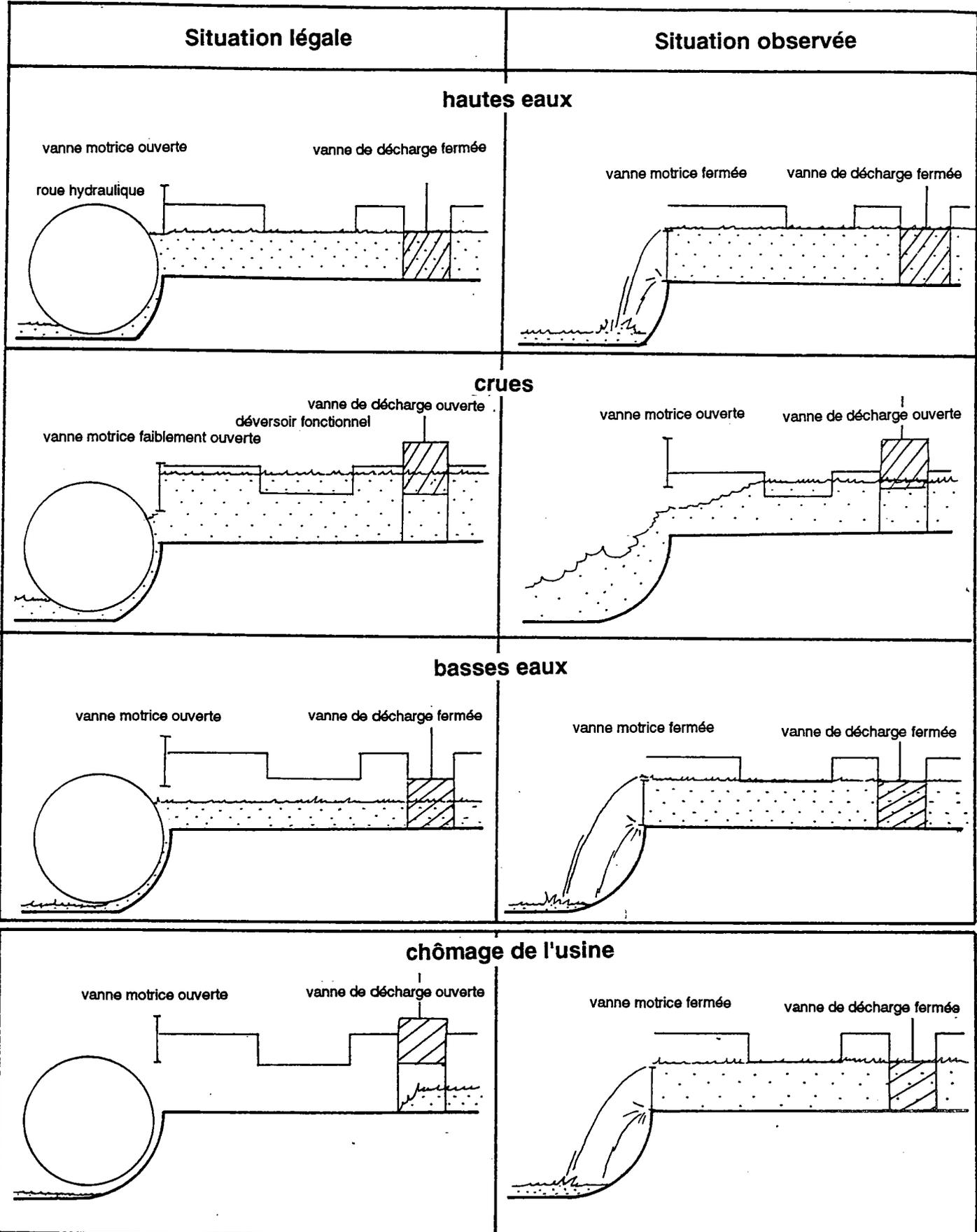
En crue, la vanne motrice est légèrement baissée pour ne pas "*endommager la roue hydraulique*" (Mauvais M., 1992), la majeure partie du débit s'écoule par le déversoir et la vanne de décharge ouverte.

En basses-eaux, le moulin fonctionne à faible régime (vanne motrice ouverte); le niveau légal de retenue garantit un niveau d'eau suffisant dans le bief pour la rotation de la roue (vanne de décharge fermée).

En période de chômage, le moulin ne fonctionne pas, la vanne motrice ainsi que la vanne de décharge sont ouvertes. Toute l'eau du bief transite par la décharge et conflue avec le bras court-circuité sans passer par le moulin. L'ouverture constante de la vanne ouvrière, quelle que soit la situation hydrologique, limite les remous artificiels en amont de l'ouvrage.

fig. III.27 **FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES
 SUR LA SAULX ET L'ORNAIN**

(profil en long du bief du moulin)



(d'après Mauvais F., 1992)

b. Fonctionnement actuel.

La plupart des ouvrages est aujourd'hui abandonnée et les prescriptions du règlement d'eau sont oubliées. Le pétitionnaire, en l'absence d'usage de l'eau, conserve un niveau d'eau dans le bief du moulin (fermeture constante de la vanne ouvrière) de manière à maintenir un plan d'eau d'agrément créant ainsi des remous en amont du barrage de prise. L'eau déborde alors sur le déversoir de trop plein et les vannes du moulin.

Conformément à la situation légale (chômage), l'usinier doit mettre en assec le bief entre la décharge et le vannage du moulin ce qui, à ses yeux, est peu esthétique.

Ce n'est qu'en crue, de peur d'un débordement préjudiciable pour ses installations, que le propriétaire ouvre ses vannes.

La gestion observée pêche par des manipulations de vannes rares mais trop brutales perturbant la zone aval. Les remous en amont de l'ouvrage de prise d'eau sont présents à toutes les situations hydrologiques ce qui perturbe également le tronçon amont.

Le règlement d'eau est l'outil fondamental d'homogénéisation et de régulation des ressources hydrauliques et énergétiques d'un cours d'eau. Il assurait une bonne coordination entre usiniers au XIX^{ème} siècle. La gestion des ouvrages est aujourd'hui assurée anarchiquement par les non-usiniers (pour la plupart des agents communaux et des agriculteurs) et les exploitants de moulins reconvertis ou des sociétés de gardiennage (Haironville).

La méconnaissance ou la disparition des niveaux légaux de retenue, ainsi que l'interconnexion d'ouvrages reconvertis et abandonnés participent largement à la désorganisation du patrimoine hydraulique des cours d'eau. Cette désorganisation latente engendre de nombreux problèmes et litiges entre riverains.

II. TYPOLOGIE ET REGIONALISATION DES PROBLEMES ET DES LITIGES ENTRE USINIERS.

Nous proposons une typologie des problèmes qui permettra de dégager leur régionalisation synthétique en tronçons de cours d'eau. L'inventaire des problèmes et litiges a été effectué après entretien avec chaque usinier sur le terrain. Malheureusement, le manque de disponibilité ou de courtoisie de certains nous empêche de présenter un inventaire exhaustif des problèmes rencontrés.

Dans le cadre de l'étude du fonctionnement des barrages de la Saulx, des réunions en mairie avec les usiniers nous ont permis d'affiner notre inventaire sur la Saulx.

A. TYPOLOGIE DES PROBLEMES ET DES LITIGES.

Les problèmes, litiges et contentieux entre usiniers sont aussi diversifiés que nombreux. Néanmoins, une typologie apparaît nettement en fonction des critères suivants: la coordination entre usiniers, la pratique des éclusées et la situation hydrologique permettant d'établir des tronçons de cours d'eau.

a. Le manque de coordination entre usiniers et riverains.

En l'absence de schéma directeur d'aménagement hydraulique des cours d'eau, la concertation entre usiniers est soit verbale soit totalement absente (moulin de Pargny/Saulx). Ce manque de coordination est omniprésent sur la majeure partie des cours d'eau. Localement, le dialogue entre usiniers existe, mais il se limite à de simples communications téléphoniques occasionnelles (moulins de Pont/Saulx, Renesson, château et papeterie de Jean d'Heurs).

La gestion de plusieurs ouvrages est parfois assurée par un seul usinier. L'exploitant de la pisciculture de Rupt-aux-Nonains manoeuvre occasionnellement les vannes des forges d'Haironville.

Sans véritable concertation, la cohabitation entre usiniers est très litigieuse. Sur la Saulx, le recours aux tribunaux est fréquent entre Rupt-aux-Nonains et Mognéville.

Les litiges concernent non seulement les usiniers mais également les riverains avec lesquels les relations sont traditionnellement conflictuelles. Bien intégré dans la société féodale, le moulin à eau se détache du monde rural au XVIIIème siècle avec les activités industrielles. Les cahiers de doléances et "*le service des archives regorgent de documents qui relatent les plaintes, réclamations et pétitions de toutes sortes*" (Benoit J.M., 1988). Au XIXème siècle les règlements d'eau sont demandés par les riverains et les villageois. La procédure d'autorisation prend acte des remarques, assignées sur un registre, dans le cadre de l'enquête publique (conformément à l'instruction du 19 Thermidor an VI). Aujourd'hui, les propriétaires terriens et les agriculteurs manifestent leurs problèmes de cohabitation avec les usiniers.

Des débordements fréquents entre l'ancienne fonderie de Pont/Saulx et le barrage du Vieux Jean d'Heurs, gênent les travaux agricoles en rive droite de la Saulx. Les agriculteurs sont souvent les victimes du manque de concertation entre usiniers. Les prairies de fond de vallée, sensibles aux débordements sont pour la plupart orientées vers l'élevage.

L'ouvrage hydraulique crée localement certaines nuisances pour le riverain voisin. Le bruit provoqué par le fonctionnement des turbines de la microcentrale de Ville/Saulx, située à proximité d'une habitation indispose le riverain qui se plaint également d'inondations. "*Le niveau toléré à 10 m, pour*

une microcentrale est de 50 dBA" (Monition L., Lenir M., Roux J., 1981) alors qu'à un mètre le niveau sonore d'une seule turbine est de 85 dBA (un son est considéré comme bruyant à partir de 80 dBA). Les motifs des litiges sont nombreux et diversifiés.

b. Les éclusées.

Une éclusée consiste à retenir un volume d'eau, exploitable ou turbinable afin d'optimiser le rendement des installations notamment en basses-eaux. Dans ce cas, l'ouvrage ne fonctionne plus au fil de l'eau; des variations brutales caractérisent alors les hauteurs d'eau.

Les éclusées engendrent des remous qui diminuent la hauteur de chute de l'ouvrage situé à l'amont et peuvent provoquer des débordements locaux. En faisant barrage à l'écoulement, l'éclusée amoindrit la puissance hydraulique du moulin inférieur.

En outre, *"toute irrégularité dans la transmission des eaux est de nature à compromettre la salubrité publique"* (Arrêtés Préfectoraux de 1926 et 1921). On comprend pourquoi la pratique des éclusées est interdite "en périodes de sécheresse" sur la Saulx et l'Ornain. Cette interdiction émane de deux Arrêtés préfectoraux du 2 Juillet 1921 sur l'Ornain et du 27 Octobre 1926 sur la Saulx (annexe III.9).

L'article premier de ces arrêtés stipule que *"les eaux de la rivière (...) devront pendant les périodes de sécheresse, être transmises sans irrégularités, ni intermittence par les usiniers"*. La définition de la période de sécheresse est à la charge de l'Administration qui, en l'absence de repères hydrologiques, ne peut appliquer ces arrêtés.

En traduisant le terme "sécheresse" en période d'étiage, ces articles sont applicables. Le choix du débit de référence caractéristique d'une situation d'étiage est donc fondamental.

Compte tenu de l'indigence des écoulements dans la partie amont, le débit mensuel d'étiage de fréquence 0.5 (récurrence de 2 ans) peut être proposé. Ce débit extrapolé aux différentes stations hydrométriques de la Saulx et de l'Ornain par la méthode des profils hydrologiques permettra au service compétent d'appliquer ces arrêtés.

Les éclusées sont particulièrement décelables en période de basses-eaux, puisque les limnigrammes de toutes les stations hydrométriques témoignent de brutales variations de hauteurs d'eau de l'ordre de 5 à 20 cm.

Les éclusées entretiennent un climat litigieux entre les usiniers. Le pétitionnaire de la pisciculture de Mognéville incrimine la fonderie de Beury/Saulx qui nie toute pratique d'éclusée. La papeterie Jean d'Heurs se plaint également du marnage estival de son niveau d'eau risquant de désamorcer les pompes de l'usine.

Le problème des éclusées touche particulièrement le tronçon aval de la

Saulx barroise entre Rupt-aux-Nonains et Mognéville.

L'installation de stations hydrométriques en amont de la Saulx a révélé la pratique d'éclusées sur des ouvrages désaffectés. L'alimentation du bétail, le nettoyage des biefs et le recyclage des eaux souillées par les rejets d'assainissement expliquent ces pratiques. Néanmoins, le préjudice causé aux riverains est moins important dans la partie amont que sur le tronçon aval.

La pratique des éclusées est très difficile à appréhender car, si elles sont facilement décelables, elles ne peuvent pas être attribuées à un usinier sans preuve flagrante.

Le service de police de l'eau paraît bien démuni en effectifs et en moyens (connaissance précise des débits à l'amont et à l'aval immédiat de chaque ouvrage) pour démontrer la "culpabilité" d'un usinier et dresser un procès verbal.

c. Les situations hydrologiques.

1. Situation en crues et lors des débordements.

Les bâtiments du moulin, situés sur l'îlot compris entre le bief et le bras court-circuité sont les premiers touchés par les débordements. Les repères des plus hautes-eaux portés par les usiniers en témoignent (microcentrale du château de Jean d'Heurs).

Les établissements industriels sis sur d'anciens moulins (Haironville, Renesson) voient leur outil de production en partie noyé par les débordements de crues. Les débats occasionnés aux installations hydrauliques sont amplifiés par le manque de coordination entre usiniers.

La pisciculture de Rupt-aux-Nonains se plaint de violentes manoeuvres de vannes du moulin situé en amont (moulin de Bazincourt/Saulx), en périodes de crue ce qui risque d'envoyer les bassins de la truiticulture.

La microcentrale du château de Jean d'Heurs ne peut plus actionner ses turbines en crue car la hauteur d'eau du canal de fuite de l'ouvrage est artificiellement soutenue par la microcentrale du Vieux Jean d'Heurs située juste à l'aval (ennoyage du siphon aval des turbines).

L'absence de gardiennage sur les ouvrages désaffectés et les problèmes d'accès au barrage de prise d'eau (Pargny/Saulx, Menaucourt) sont également des facteurs aggravants.

De nouveaux conflits d'usage apparaissent en crue. La station de pompage en eau potable de Robert-Espagne située à l'amont immédiat de la microcentrale du village est en permanence noyée en crue, induisant une

mauvaise qualité bactériologique de l'eau du forage. Les crues participent non seulement au démantèlement des ouvrages mal entretenus (moulins de Mognéville, Fosse, Varney et Neuville/Ornain) mais aussi à la détérioration des vannages, en charriant des corps flottants de toutes natures (billes de bois, bidons, palettes). Ce problème concerne plus particulièrement la partie aval (Perthois), car elle concentre toutes les influences de l'amont et est plus sensible aux crues (champs d'inondation importants dans la plaine alluviale).

2. Situation en étiage.

Le caractère karstique des écoulements confère au bassin d'alimentation des ressources en eau hétérogènes. L'amont de la Saulx marqué par de nombreuses pertes ainsi que les affluents de l'Ornain en amont de Gondrecourt-le-Château sont particulièrement affectés par le manque d'eau en étiage. L'assèchement annuel de l'Orge, de la Maldite et de l'Ognon empêche toute véritable reconversion des anciens moulins.

Le manque d'eau en étiage gêne considérablement le fonctionnement des ouvrages. Faute d'eau, le chômage des usines était fréquent au XIX^{ème} siècle.

"En période de sécheresse (...), le problème de l'eau était angoissant pour les Maîtres des forges contraints de mettre leurs ouvriers au chômage en attendant la période des pluies" (Rideau M., 1987).

Pour lutter contre ces irrégularités saisonnières de débit, des retenues (étangs) étaient omniprésentes dans le paysage industriel du Moyen-Age au XIX^{ème} siècle. Situées au droit de chaque usine à fer, elles garantissaient non seulement un débit régulier mais favorisaient l'alimentation du fourneau. La digue du barrage de retenue, disposée au même niveau que le gueulard, servait de voie d'accès pour l'alimentation du fourneau. Si cette disposition est courante sur les cours d'eau du bassin ferrifère lorrain (Chiers, Crusnes), elle est exclue sur la Saulx et l'Ornain. En effet, l'examen des cartes de Cassini (annexe III.2) montre que les retenues sont toutes localisées dans l'Ornois, à l'extrême amont des cours d'eau. La nature filtrante des calcaires dans le synclinal de Treveray proscrit toute retenue d'appoint. L'Ornois kimméridgien, semi-perméable, présente de meilleures conditions pour l'établissement d'étangs.

Ces derniers ont pour la plupart disparu.

Le manque d'eau accroît les effets des éclusées sur la Saulx, provoquant un climat litigieux chez les usiniers. Sur l'Ornain, les prises du canal de la Marne au Rhin soutirent plus de 50% des débits d'étiage et n'en restituent qu'une infime partie. Les conflits d'usage entre usiniers, riverains et voies navigables sont amplifiés en période d'étiage.

Les problèmes et litiges entre usiniers, riverains et villageois ne sont pas répartis uniformément sur la Saulx et l'Ornain. Ils reflètent les disparités spatiales des données physiques, historiques et humaines.

B. REGIONALISATION DES PROBLEMES ET LITIGES.

La régionalisation des problèmes liés au fonctionnement des ouvrages hydrauliques est sensiblement identique à celle observée plus haut pour les ressources en eau, la densité des moulins et les usages.

a. Sur la Saulx.

Sur la Saulx barroise, trois tronçons ont été dégagés.

Le tronçon amont (de Pancey à Dammarie/Saulx) est marqué par le manque d'eau en période d'étiage et l'abandon des ouvrages, préjudiciable en crue.

Le tronçon médian (de Bouchon/Saulx à Lavincourt), souffre également de l'assèchement du lit de la Saulx. Les rares usages de l'eau (2 microcentrales) ne sont qu'occasionnels et sporadiques.

Par contre, le tronçon aval (de Rupt-aux-Nonains à Mognéville) concentre tous les types de problèmes. La cohabitation entre les ouvrages reconvertis et les usages traditionnels est difficile. C'est incontestablement le "point noir" de la vallée.

Dans le Perthois alluvial, les crues représentent le problème majeur sur la Saulx et l'Ornain.

b. Sur l'Ornain.

Sur l'Ornain, les problèmes et litiges entre usiniers ne se régionalisent pas. L'abandon, mais surtout le mauvais état des ouvrages sont préoccupants. Les prises du canal de la Marne au Rhin amputent l'Ornain d'une partie de ses débits, limitant toute véritable reconversion.

Les contentieux et litiges entre usiniers reposent essentiellement sur des problèmes de répartition équitable des ressources hydrauliques hétérogènes, inhérentes au caractère karstique des écoulements.

En effet, sur les tronçons à faible rendement hydrologique, les contentieux entre usiniers ou riverains sont peu nombreux; le manque d'eau en période d'étiage, empêche toute reconversion.

Par contre, sur les tronçons sourceux, à fort rendement hydrologique, la saturation du cours d'eau est telle que le partage des ressources est litigieux.

Force est de constater que le partage d'un bien public, en l'occurrence

l'eau, est litigieux en pays calcaires.

La répartition des ressources soulève un problème d'ordre quantitatif. Les ouvrages hydrauliques en faisant barrage à l'écoulement perturbent également la vie piscicole, soulevant ainsi des problèmes d'ordre qualitatif.

III. LES MOULINS A EAU ET LA VIE PISCICOLE DES COURS D'EAU.

L'abandon progressif de l'énergie hydraulique et la désertification des campagnes ont catalysé le manque d'entretien des cours d'eau pendant de longues années. L'aménagement des cours d'eau dans les années 70 fut une réaction nécessaire afin de lutter contre les inondations et garantir le libre écoulement des cours d'eau mis en péril par le manque d'entretien chronique.

Cependant, au titre de l'amélioration des conditions d'écoulement, les notions de protection des milieux aquatiques furent secondaires voire ignorées.

En effet, il faut attendre les années 1980 pour prendre conscience de la protection et de la diversité des milieux aquatiques et notamment de la vie piscicole. Les reconversions récentes, plus particulièrement des microcentrales hydroélectriques, ont amplifié les effets des ouvrages hydrauliques sur la vie piscicole. Ces effets sont de deux ordres:

- la diminution notable de l'écoulement du bras court-circuité, préjudiciable pour la vie piscicole (notion de débit minimal)

- l'obstacle à la libre circulation du poisson.

A. LE DEBIT MINIMAL.

A l'aval du barrage, sur le bras court-circuité, la réduction du débit entraîne une diminution significative de la surface mouillée qui réduit les potentialités de déplacement et de reproduction des espèces piscicoles. La prise d'eau, en augmentant les contrastes saisonniers de débits, fragilise la faune notamment aux inter-saisons.

La catégorie piscicole de la Saulx et de l'Ornain détermine une faune et une flore correspondant à la zone à truites ou à ombres. Compte tenu de la réduction de l'écoulement, il est difficile de garantir des conditions de vie semblables à cette zone dans le bras court-circuité. Or ces conditions varient en fonction des caractéristiques hydrauliques de chaque ouvrage.

Dans un souci de protection du milieu aquatique, l'Administration propose aux usiniers de maintenir un débit minimal dans le cours d'eau immédiatement en aval de la prise d'eau de manière à garantir la vie et la reproduction du poisson.

Si les textes de loi (annexe III.11) présentent un esprit fondamentalement hydrobiologiste, ils sont *"trop souvent associés à l'aspect*

quantitatif" (Do Tran, 1993).

La dualité entre l'aspect quantitatif simple mais arbitraire et l'aspect qualitatif complexe et inhérent à chaque ouvrage hydraulique détermine deux grandes méthodes de calcul du débit minimum.

a. Méthodes de détermination des débits minimums.

1. Les méthodes hydrobiologiques.

C'est incontestablement celles qui se rapprochent le plus de l'esprit des lois portant sur la protection du milieu aquatique. Elles ont effectivement le mérite de proposer un débit minimum calculé au cas par cas, puisqu'elles utilisent les caractéristiques hydrauliques propres à chaque ouvrage de prise d'eau.

Les méthodes hydrobiologiques sont non seulement variées mais aussi nombreuses (modèle thermique, micro-habitats, méthodes de Montana, du périmètre mouillé, de l'habitat critique, du débit de référence biologique). Elles s'appuient sur les paramètres morphodynamiques des cours d'eau (surface mouillée, vitesse, rayon hydraulique) confrontés aux exigences du poisson (annexe III.12).

Les facteurs considérés sont d'ordre physique, chimique et biologique.

Les collectes de mesures de terrain au droit des ouvrages hydrauliques sont donc nécessaires et pèchent par leur lourdeur. Les données recueillies sont utilisées dans plusieurs modèles numériques déterministes sur support informatique.

Si les méthodes hydrobiologiques sont conformes à l'esprit de la loi, elles pèchent par leur complexité et leur lourdeur. Les services responsables de la police des cours d'eau, dans un souci d'application pratique et systématique de la loi, recourent à des repères hydrologiques.

2. Les méthodes hydrologiques.

Les méthodes hydrologiques font référence à un débit calculé à une station hydrométrique. Ce débit peut être calculé à l'aide d'une formule (formule de Matthey) ou correspondre à un débit caractéristique d'étiage.

La formule de Matthey (1975) adoptée en Suisse pose que le débit minimum, proportionnel au module, est "*d'autant plus grand que le débit d'étiage est faible*" (EAF, Hydro M.).

L'Association Française de la Truite, de l'Ombre et du Saumon (TOS) a proposé de modifier la formule de Matthey en ajoutant des coefficients relatifs à la longueur du bras court-circuité. Le débit réservé augmente alors

corrélativement à la longueur du bras court-circuité.

Cependant, les coefficients n'ont-ils aucune justification scientifique et la corrélation entre le débit réservé et la longueur de la section court-circuitée reste douteuse.

La méthode du débit caractéristique d'étiage considère que la vie piscicole s'est naturellement adaptée à des débits d'étiage, caractéristiques d'une vidange naturelle d'un aquifère. Mais, la détermination d'un repère hydrologique soulève un double problème: le choix du débit de référence à une station hydrométrique et l'extrapolation du débit aux ouvrages sis sur le cours d'eau.

b. Un débit caractéristique d'étiage.

1. Le choix du débit de référence.

Le décret de 1981 (annexe III.12) fixe cette valeur au QCN10 de fréquence quinquennale ou le cas échéant, au débit moyen mensuel minimal.

La loi "Pêche" de 1984 fait abstraction des débits d'étiage en proposant une valeur correspondant à une fraction du module, 10% pour les ouvrages à construire et 40% du module pour les ouvrages existants.

Le décret de 1993, portant application de la "loi sur l'eau" de 1992 fixe le débit réservé au débit moyen mensuel d'étiage de fréquence quinquennale. Cette valeur sensiblement identique au QCN10 de fréquence quinquennale sur la Saulx et l'Ornain peut être considérée comme représentative d'une situation d'étiage (cf seconde partie).

Le respect de l'esprit des textes législatifs pousse les services administratifs à proposer des débits de référence inhérents à chaque bassin-versant (Do Tran, 1989), soit différents des valeurs édictées dans les décrets d'application (exemple de la Zorn).

"L'application du taux progressif de mise en place du débit réservé avec comme objectif, à terme, d'atteindre le dixième du module, ne s'étend que pour les installations en situation légale. Pour les autres cas, la valeur du dixième du module n'est qu'un plancher minimum en dessous duquel la valeur de débit réservé ne devra pas être fixée" (Abele J., Moret, 1989).

Dans le cas de la Saulx et de l'Ornain, le débit mensuel d'étiage de fréquence quinquennale, représentatif d'écoulements réels, est adopté comme débit de référence.

Le choix de la période de référence est fondamental pour la détermination du débit réservé. En effet, les écarts s'avèrent très importants (2ème partie) selon la période retenue. Celle-ci doit donc être suffisamment

longue pour présenter un équilibre entre les années sèches et humides.

La période choisie plus haut (1969-90) paraît être satisfaisante. Les textes de loi calculent les débits réservés sur une période minimale de 5 années. Une critique des données est donc indispensable au préalable, afin de déterminer la représentativité de la période chronologique choisie (méthode du Cusum).

Après détermination du débit de référence à la station hydrométrique, il faut l'extrapoler au droit des ouvrages hydrauliques.

2. L'extrapolation du débit de référence au droit des ouvrages hydrauliques.

Le problème d'extrapolation du débit de référence au droit des ouvrages hydrauliques, bien que rarement traité dans l'abondante bibliographie, est fondamental.

En effet, le débit minimum est toujours dans un premier temps déterminé au droit d'une station hydrométrique, considérée comme représentative des écoulements du bassin-versant topographique. Par la suite, il faut extrapoler ce débit aux ouvrages hydrauliques sis sur le cours d'eau.

La méthode classique consiste à traduire la valeur repère en débit spécifique et à l'extrapoler en fonction de la surface du bassin-versant topographique de chaque barrage de prise d'eau. Cette méthode a donc pour principe de base une variation régulière et constante des débits le long du cours d'eau (fonction arithmétique), ce qui est aberrant en pays calcaire et notamment sur la Saulx. En effet le caractère karstique des écoulements confère aux débits une hétérogénéité spatiale caractéristique des pays calcaires (2ème partie).

La méthode des débits spécifiques fait fi des réalités géographiques qui déterminent les variations spatiales et temporelles des débits des cours d'eau.

L'extrapolation des débits de référence par la méthode des profils hydrologiques a été proposé par le CEGUM, en 1992 (Devos A., 1992) et en 1994 (François D., Sary M., 1994) et a fait l'objet d'une étude, pour le compte de la DDE des Vosges, dans le cadre de l'instruction de dossier de demande de renouvellement d'autorisation de microcentrales hydroélectriques (CEGUM, DDE des Vosges, 1994).

"Le profil hydrologique d'une rivière reflète la diversité des écoulements liée à la complexité des paramètres intégrés du bassin"(Sary M., 1993). Cette méthode rend compte des réalités géographiques et semble être la mieux appropriée pour extrapoler les débits de référence.

Nous avons déterminé les débits minimums de chaque ouvrage hydraulique sur la Saulx et l'Ornain en utilisant comme débit de référence les 1/10 et 1/40 du module ainsi que le QCN10 et le QMNA de fréquence quinquennale (tab.III.5). L'extrapolation aux moulins existants a été effectuée

avec les profils hydrologiques lissés et les débits spécifiques. La comparaison des résultats montre d'importantes différences selon la méthode utilisée.

En effet, la méthode d'extrapolation des débits spécifiques de référence (fonction arithmétique) surestime considérablement les débits réservés sur la Saulx, dans le synclinal de Treveray. Elle considère que les écoulements de la partie aval, enregistrés à Mognéville sont représentatifs de l'ensemble des écoulements du bassin-versant.

Cette méthode est fondamentalement inadaptée aux milieux calcaires par définition discontinus et hétérogènes.

Par contre, la méthode du profil hydrologique "*respecte au mieux la réalité des écoulements*" (François D., Sary M., 1994) et permet de déterminer avec précision les débits de référence au droit des ouvrages hydrauliques.

Compte tenu des observations émises plus haut, nous retiendrons les résultats obtenus avec le QMNA de fréquence quinquennale extrapolé par la méthode du profil hydrologique lissé.

La comparaison entre les débits d'armement des microcentrales hydroélectriques sur le tronçon "problématique" de Rupt-aux-Nonains à Mognéville et les débits minimums (tab.III.4) montre que 3 ouvrages sont surdimensionnés (S11, S12, S14).

En effet, pour ces ouvrages, le débit minimum de fonctionnement légal (somme des débits réservés et d'armement) sur la Saulx à l'amont immédiat du barrage de prise d'eau est caractéristique d'écoulements de basses-eaux.

Ces microcentrales hydroélectriques ne peuvent donc pas turbiner en période d'étiage à moins de pratiquer des éclusées.

Conformément à l'article 8 bis de la loi N°84-512 du 29 juin 1984, "*si l'exploitant ne respecte pas les prescriptions définies par (...) les articles 410 et 411 du code rural, le contrat d'achat de l'énergie produite est suspendu ou résilié dans les conditions fixées par décret en Conseil d'Etat*".

Si les débits sont hétérogènes dans l'espace, ils le sont également dans le temps soulevant le problème de la modulation des débits de référence.

c. Le débit minimum modulable.

Dans le cadre de la conservation de la diversité du milieu aquatique, le biotope piscicole à l'aval immédiat du barrage de prise d'eau doit être identique à celui observé sur les tronçons naturels.

Les espèces piscicoles sont adaptées aux variations saisonnières de débits. Un débit minimum constant, caractéristique d'une situation d'étiage n'est pas représentatif d'écoulements de hautes-eaux.

C'est pourquoi un débit réservé modulable selon les saisons hydrologiques est fortement conseillé.

Cependant, la diversité des situations hydrologiques proscrit toute utilisation de débits réservés modulables au mois.

tab. III.5

DEBITS RESERVES AU DROIT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LA SAULX

N°	désignation	surface km ²	méthode du profil hydrologique			méthode des débits spécifiques		
			1/10 module l/s	QMNA F0.2 l/s	QMNA F0.5 l/s	1/10 module l/s	QMNA F0.2 l/s	QMNA F0.5 l/s
S1	moulin du château	546.00	837	1323	1912	890	1408	2034
S2	moulin de l'usine ORFLAM	544.10	836	1321	1908	887	1403	2027
S3	prise-canal de l'Ajot	539.20	831	1314	1899	879	1390	2008
S4	barrage communal	531.00	825	1304	1883	866	1369	1978
S5	moulin de la pisciculture	507.30	804	1272	1837	827	1308	1889
	station limnimétrique	477.1	778	1230	1777	778	1230	1777
S6	pisciculture de Mognéville	476.50	777	1229	1776	777	1228	1775
S7	fonderie de Beury/Saulx	465.70	751	1187	1715	759	1201	1735
S8	microcentrale de Robert	462.20	734	1161	1677	753	1192	1722
S9	usine Hoppecke	418.00	653	1033	1493	681	1078	1557
S10	ancienne fonderie	416.90	653	1032	1491	680	1075	1553
S11	Vieux Jean d'Heurs	411.50	648	1025	1481	671	1061	1533
S12	château de Jean d'Heurs	410.00	647	1023	1478	668	1057	1527
S13	papeterie de Jean d'Heurs	406.70	645	1019	1472	663	1049	1515
S14	microcentrale de Ville/Saulx	405.10	643	1017	1469	660	1044	1509
S15	pisciculture de Saudrupt	392.10	633	1000	1445	639	1011	1460
S16	ancien barrage	384.50	627	991	1431	627	991	1432
S17	usine d'Haironville	374.10	618	977	1412	610	964	1393
S18	pisciculture de Rupt	362.60	608	962	1390	591	935	1351
S19	ancien moulin de Bazincourt	330.40	50	79	115	539	852	1231
S20	ancien moulin de Stainville	262.60	46	73	106	428	677	978
S21	vannage communal	230.80	75	118	171	376	595	860
S22	ancien réservoir de la gare	217.60	75	118	171	355	561	810
S23	fonderie de Dammarie	116.80	75	118	171	190	301	435
S24	vannage communale	116.50	75	118	171	190	300	434
S25	ancien moulin de Dammarie	114.80	80	127	183	187	296	428
S26	ancien fourneau	113.30	87	138	199	185	292	422
S27	vannage communal	112.80	90	142	205	184	291	420
S28	usine d'Ecurey	95.60	106	167	242	156	246	356
S29	bocard de la Malmaison	85.20	106	167	242	139	220	317
S30	ancienne fonderie	70.30	106	167	242	115	181	262
S31	ancien moulin de Montiers	64.60	106	167	242	105	167	241
S32	moulin de Paroy/Saulx							

A chaque situation hydrologique (crue, étiage) doit correspondre un débit réservé. Celui-ci devrait donc être calculé à partir du débit à l'amont immédiat de la prise d'eau.

L'application pratique de cette méthode, fondamentalement attachée à l'esprit de protection du milieu piscicole s'avère trop lourde pour les services de police des cours d'eau.

Les méthodes de détermination du débit minimum sont nombreuses mais de qualités inégales. Le caractère karstique des écoulements de la Saulx et de l'Ornain limite considérablement l'application de certaines méthodes. Celle du débit caractéristique d'étiage extrapolé par la méthode du profil hydrologique lissé est la mieux appropriée au cours d'eau de pays calcaires. Cependant, du fait de l'intensité des influences hydrologiques du canal de la Marne au Rhin sur les écoulements de l'Ornain nous ne pouvons pas proposer de débits minimums pour ce cours d'eau.

Si les ouvrages hydrauliques, mettent en péril le monde piscicole en amputant le cours d'eau d'une partie de ses écoulements dans le bras court-circuité, ils perturbent également la reproduction des espèces migratrices en faisant barrage à l'écoulement.

B. EFFETS DU MOULIN A EAU SUR LA MIGRATION DU POISSON.

Les impacts des ouvrages hydrauliques au fil de l'eau, sur la vie piscicole et la circulation du poisson sont "*très mal connus et ne semblent pas avoir été ressentis en raison des faibles hauteurs de chute*" (Monition L., Lenir M., Roux J., 1981) à la différence des ouvrages de retenue de grande taille (absence de notice ou d'étude d'impact sur les moulins de faible hauteur de chute).

"La cause essentielle de la régression ou de la disparition des espèces migratrices a été la construction d'obstacles à la circulation" (Larinier M., 1993). Néanmoins, si les ouvrages hydrauliques font effectivement obstacle à la circulation du poisson, la pollution anthropique des cours d'eau a également participé à la détérioration du milieu aquatique. La raréfaction des espèces migratrices s'est effectuée beaucoup plus tardivement (XIX-XXème siècle) que la construction des moulins (XI-XVIème siècle).

En outre la réduction de la population piscicole migratrice s'est essentiellement effectuée pendant la période de destruction des ouvrages hydrauliques.

a. Les potentialités de franchissement sur la Saulx et l'Ornain.

Le barrage de prise d'eau, en barrant le chenal d'écoulement fait obstacle à la libre circulation du poisson, bloquant la migration saisonnière des

salmonidés et le passage d'autres espèces (cyprinidés).

Le canal usinier en véhiculant le débit prélevé, intercepte également les poissons à la dévalaison.

En l'absence de dispositif (grilles) empêchant la pénétration des poissons, ces derniers sont entraînés vers le moulin au sens strict.

Sur les moulins reconvertis en microcentrales hydroélectriques, la mortalité piscicole est accentuée par simple contact avec les turbines ou par le différentiel de pression. Sur les piscicultures, la contamination des espèces piscicoles indigènes par les maladies des espèces d'élevage est un risque majeur.

Dans le canal de fuite, les meilleures conditions d'écoulement (débits et vitesses importants) sont des facteurs attractifs pour les poissons, raréfiant la population piscicole dans le bras court-circuité.

La remontée des espèces migratrices se fera donc préférentiellement dans le canal de fuite alors que le vannage du moulin est un obstacle infranchissable.

En fonction des possibilités naturelles des espèces migratrices de la Saulx et de l'Ornain, et des caractéristiques techniques des moulins hydrauliques nous avons représenté les potentialités de franchissement des ouvrages par la truite (fig.III.28). Celles-ci sont faibles car si 70% des ouvrages sont franchissables, la plupart (45%) le sont uniquement en hautes-eaux lorsque la hauteur de chute des barrages est réduite.

Les barrages ne faisant pas obstacle à la circulation de la truite restent minoritaires (4%).

La plus grande détérioration des ouvrages sur l'Ornain détermine des potentialités de franchissement plus importantes que sur la Saulx (fig.III.28).

A la différence des espèces ubiquistes (cyprinidés), les salmonidés lors des périodes de reproduction, effectuent de longs trajets vers les zones de frayères de septembre à mars ou après la ponte vers l'aval. La remontée de la truite commence donc en période d'étiage pour finir en hautes-eaux.

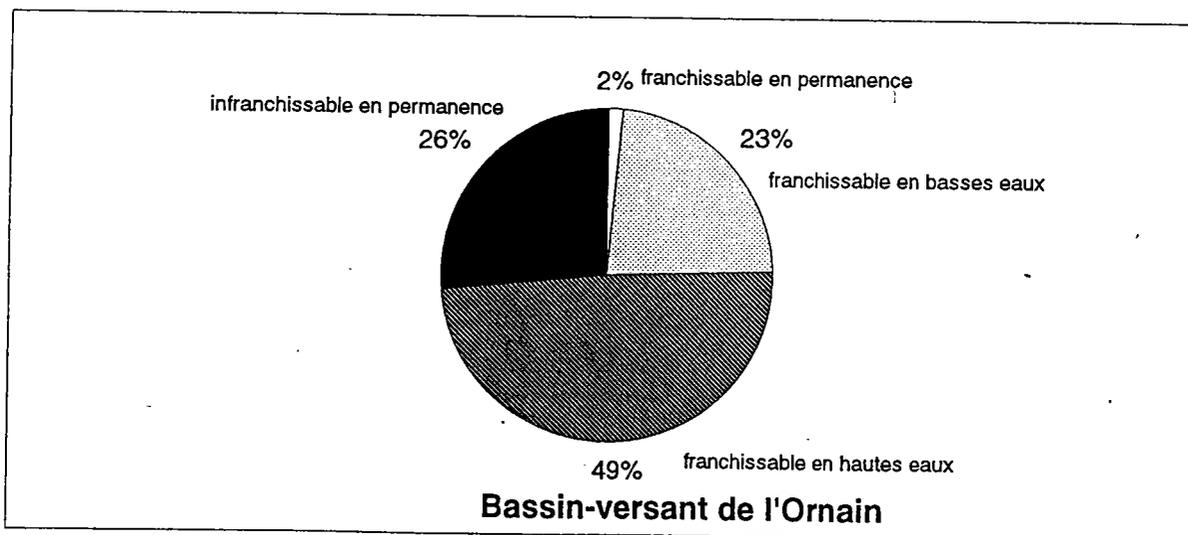
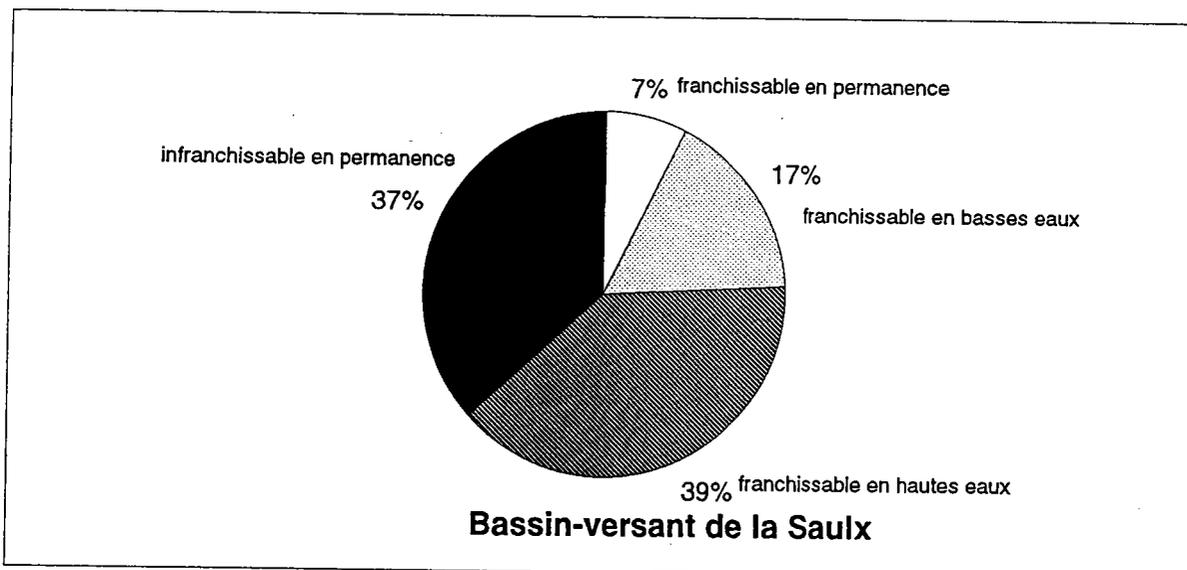
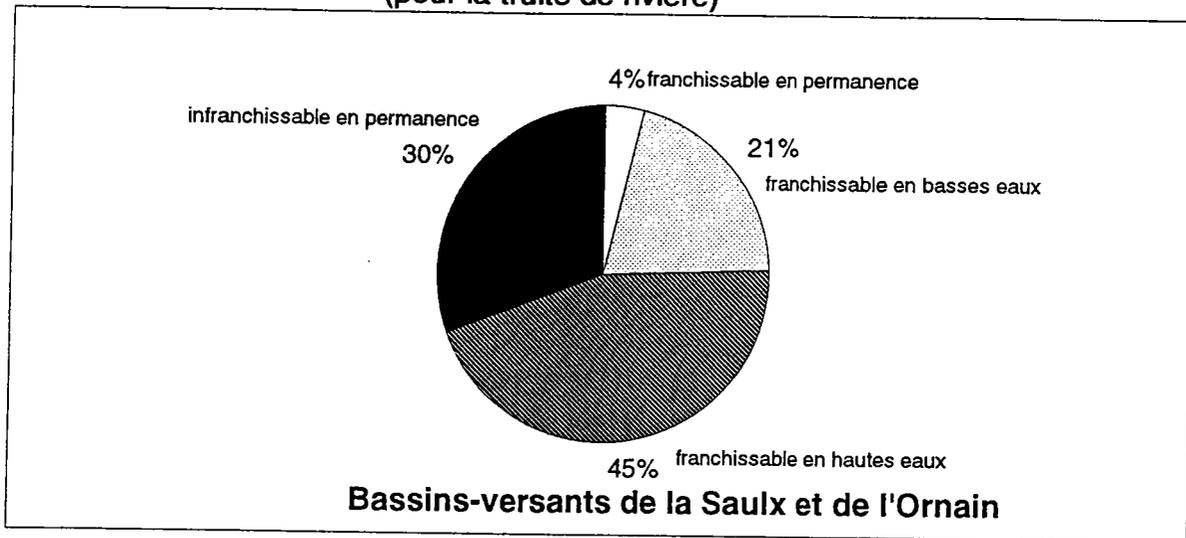
La majeure partie des ouvrages n'étant franchissable qu'en hautes-eaux, la circulation de la truite risque d'être bloquée et la reproduction retardée.

Les affluents de la Saulx et de l'Ornain portant les zones de frais (ruisseaux de Trémont, de Montplonne, de Nant, de Venise et de Culey) risquent d'être inaccessibles à la truite.

Cette situation est d'autant plus préoccupante, que la plupart des ouvrages infranchissables en permanence est située sur le tronçon aval des cours d'eau (fig.III.29).

Sur les cours d'eau "sensibles", à dominante salmonicole, dénués de dispositifs de franchissement des ouvrages hydrauliques, la diversité des espèces est particulièrement menacée.

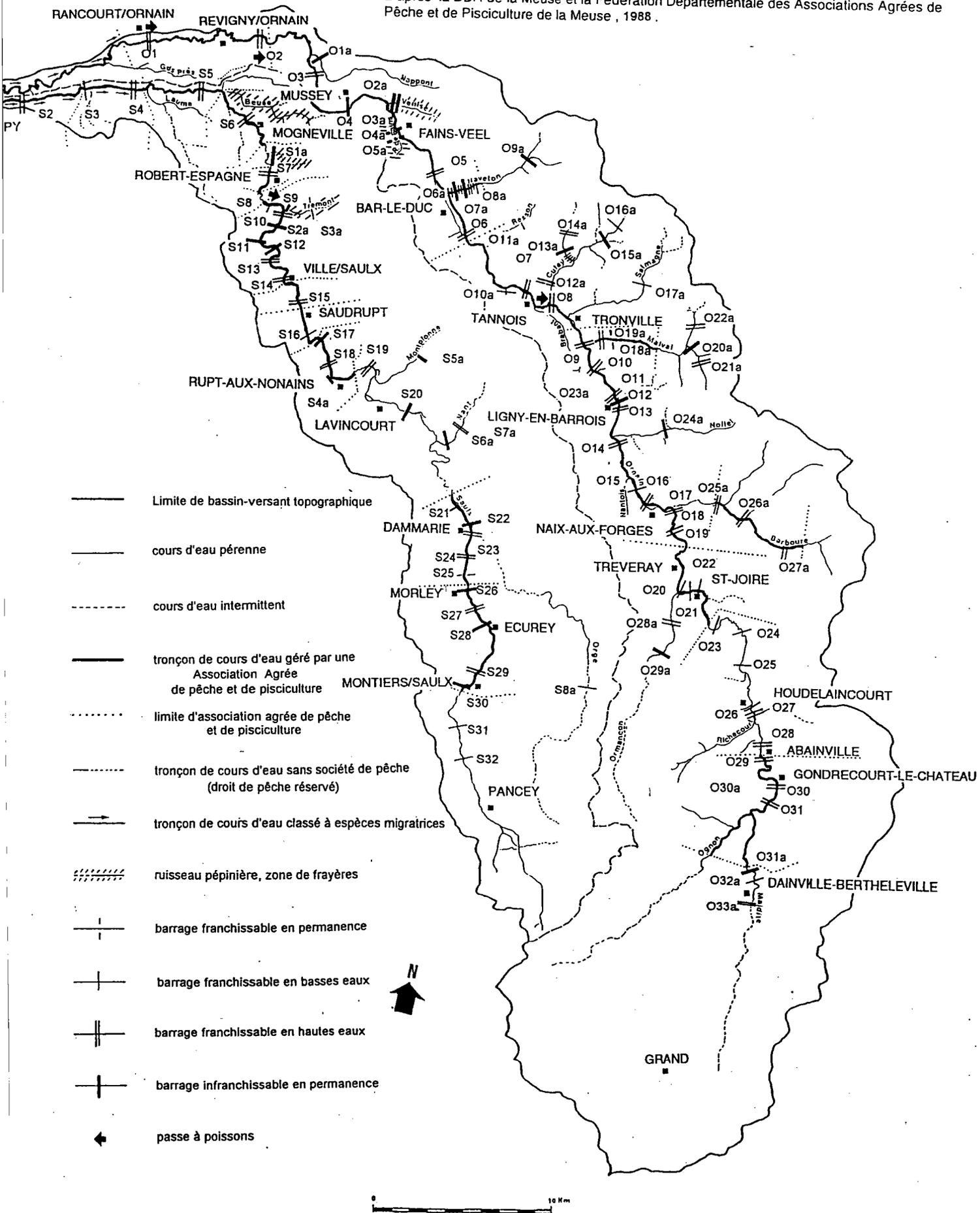
fig. III.28 POTENTIALITES DE FRANCHISSEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LA SAULX ET L'ORNAIN (pour la truite de rivière)



D'après la DDE de la Meuse et la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Pisciculture de la Meuse.

fig. III.29 POTENTIALITES DE FRANCHISSEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES SUR LA SAULX ET L'ORNAIN.

D'après la DDA de la Meuse et la Fédération Départementale des Associations Agrées de Pêche et de Pisciculture de la Meuse, 1988.



b. Les classements de cours d'eau.

Devant les problèmes de franchissement des ouvrages par les espèces migratrices, l'Administration impose des dispositifs pour la libre circulation du poisson.

L'article 1-2 de la loi du 31 Mars 1865 réaménagé dans l'article 428-2 du code rural détermine une liste de cours d'eau classés à espèces migratrices où les passes à poissons sont obligatoires et des cours d'eau réservés où aucune autorisation, ou concession ne sera accordée. La loi "Pêche" du 29 Juin 1984 reprend le principe des listes de cours d'eau par l'article 411 du code rural.

La liste est fixée par décret après avis des conseils généraux, conformément au décret 89-415 du 20 Juin 1989.

"Les ouvrages existants doivent être mis en conformité dans un délai de 5 ans à compter de la publication" de la dite liste.

Seul le département de la Marne a classé la Saulx et l'Ornain au titre des cours d'eau à espèces migratrices.

C'est donc uniquement sur la partie marnaise, soit sur 4 ouvrages que les passes à poissons sont obligatoires.

Ce secteur aval présente pourtant un peuplement piscicole mixte (salmonidés et cyprinidés) alors que la partie meusienne ou barroise a une vocation salmonicole... Le classement au titre de l'article 411 est à l'ordre du jour du Conseil Général de la Meuse.

c. Les types de franchissement.

Les moyens mis en oeuvre pour le franchissement du poisson sont étroitement liés aux caractéristiques techniques de l'ouvrage de prise d'eau.

Le principe général de tout dispositif est d'abord d'attirer les poissons *"en un point déterminé du cours d'eau à l'aval de l'obstacle et à les inciter, voire les obliger à passer en amont, en leur ouvrant une voie d'eau"* (Larinier M., 1993).

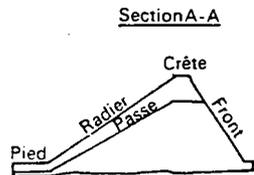
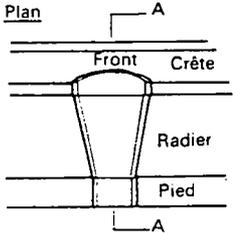
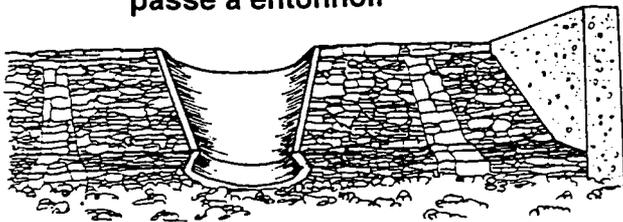
Le premier problème réside donc dans le principe de conduire le poisson vers le bras court-circuité, alimenté par un débit réservé plus faible que celui observé dans le canal de fuite.

Néanmoins le problème majeur reste celui du franchissement du barrage. Pour les ouvrages importants à forte hauteur de chute, les dispositifs de franchissement sont essentiellement représentés par des ascenseurs ou des écluses à poissons.

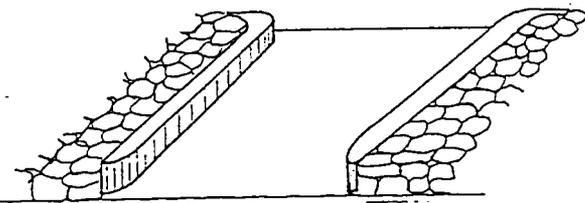
Sur la Saulx et l'Ornain, les faibles hauteurs de chute permettent l'utilisation de passes à poissons de plusieurs types, voire rustiques (fig.III.30). Les passes rustiques comprennent les passes à déversoir, en entonnoir ou en écharpe. Peu coûteux (<100000 franc) et faciles à réaliser, ces passes exploitent la lame d'eau déversante, artificiellement augmentée par des dispositifs simples.

fig. III.30 TYPES DE PASSES A POISSONS
(adaptables sur la Saulx et l'Ormain)

passé à entonnoir

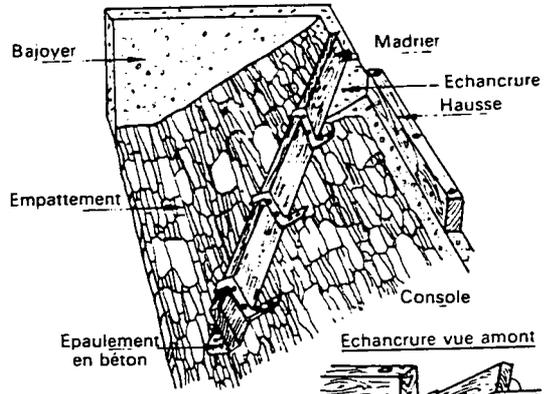


Sources: Arrignon J., 1976.

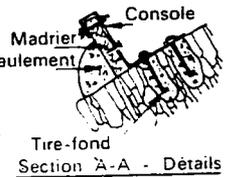
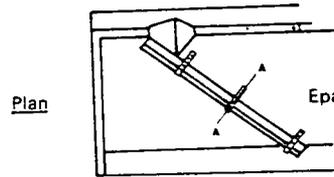


Sources: Monition L., Le Nir M., Roux J., 1981.

passé en écharpe



Plan incliné

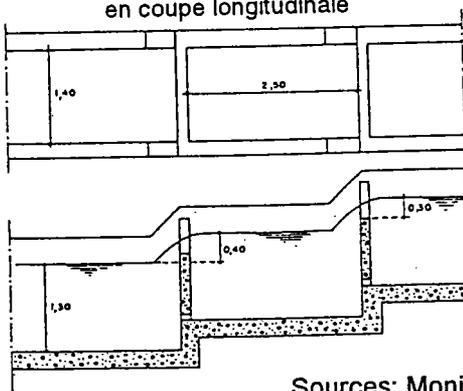


Tire-fond
Section A-A - Détails

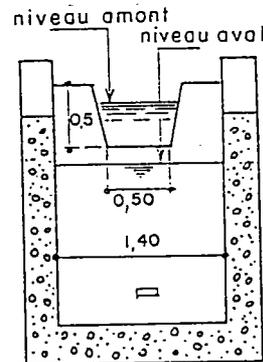
Sources: Arrignon J., 1976.

passé à bassins successifs

en coupe longitudinale



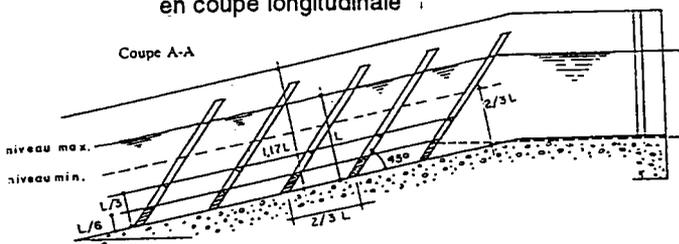
en coupe transversale



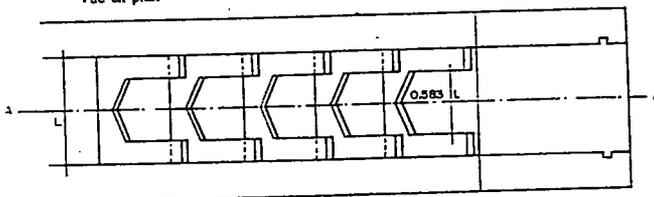
Sources: Monition L., Le Nir M., Roux J., 1981.

passé à ralentisseurs

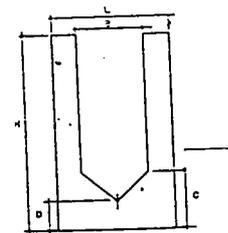
en coupe longitudinale



Vue en plan



en coupe transversale



$b = 0,583 L$, $c = 0,472 L$, $d = 0,236 L$
 $H = 1,50 \text{ à } 1,65 L$

Sources: Monition L., Le Nir M., Roux J., 1981.

Cependant, elles ne peuvent équiper que les ouvrages pourvus d'un déversoir à faible pente.

Les passes à bassins successifs et à ralentisseurs, plus coûteuses (de 100000 à 300000 francs) sont particulièrement adaptées aux chutes d'anciens moulins.

Les passes à bassins successifs sont formées par une série de bassins alimentés par une lame d'eau déversante ou des échancrures assurant une dissipation de l'énergie.

Les passes à ralentisseur sont constituées d'un canal à forte pente, équipé de déflecteurs réduisant la vitesse de l'eau et dissipant l'énergie.

Ces passes essentiellement adaptées aux espèces salmonicoles conviennent bien aux ouvrages de basses chutes (<2m) sur des cours d'eau de première catégorie piscicole.

A défaut de véritables passes à poissons, le franchissement peut être assuré par une série de pré-barrages ou de bassins rustiques constitués de petits seuils en escaliers à l'aval du barrage de prise d'eau.

Cependant le réchauffement excessif de l'eau des bassins en période d'étiage réduit considérablement le bon fonctionnement de ce type de franchissement.

Si "*plus de 300 passes à poissons ont été construites ou améliorées depuis une dizaine d'années en France*" (Larinier M., 1993), la Saulx et l'Ornain font figure de parents pauvres.

En effet, sur les 104 ouvrages recensés, on ne compte que 4 passes à poissons dont 2 rustiques (barrage des gravières de Revigny/Ornain, moulin de Guerpont). Les barrages de Robert-Espagne et de Rancourt/Ornain sont équipés de passes à bassins successifs.

Les dispositifs de franchissement pèchent non seulement par leur faible nombre mais également par leur faible efficacité. En effet, 3 passes sont inaccessibles au poisson en période d'étiage et celle de Rancourt/Ornain paraît inefficace en permanence (annexe III.13).

Vu la faiblesse des hauteurs de chute, les passes rustiques peu coûteuses peuvent largement assurer la libre circulation du poisson. Dans ce cas un aménagement relativement simple du déversoir est suffisant.

Les dispositifs de franchissement s'intègrent dans une politique de conservation et de protection du monde piscicole. Leur efficacité est étroitement liée aux autres prescriptions portant sur la sauvegarde du milieu aquatique, notamment celles concernant le débit minimum. En effet, un débit minimum insuffisant induit un dysfonctionnement de la passe et une concentration du poisson dans le canal de fuite véhiculant un débit plus attractif.

La libre circulation et la protection des espèces piscicoles ne sont pas uniquement assurées par les passes mais également par des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux de fuite (article 7 du modèle de règlement d'eau du 15 Avril 1981) des microcentrales

hydroélectriques.

Le passage au travers des turbines entraîne une forte mortalité des poissons non seulement par contact avec les hélices mais également par le différentiel de pression.

Si la protection du milieu aquatique est le but recherché, l'application de la législation en vigueur doit se conformer aux données naturelles.

La nature calcaire du substratum explique l'hétérogénéité des ressources en eau. La protection et la circulation du poisson ne doivent pas être artificiellement soutenues en essayant de garantir de bonnes conditions au milieu aquatique sur la totalité des cours d'eau.

L'homogénéisation anthropique du milieu va à l'encontre des données naturelles. Les nombreuses dispositions et restrictions entreprises par l'Administration pour préserver les milieux aquatiques sont confrontées aux intérêts économiques qui pèsent lourdement dans les régions rurales comme la Meuse. L'article 9 de la loi du 3 Janvier 1992 prévoit la suspension provisoire des usages de l'eau en cas de sécheresse.

Force est de constater, que les restrictions administratives, les pressions des associations de pêche et de protection de l'environnement ne favorisent guère la reconversion des ouvrages hydrauliques. Or, cette dernière ne peut être viable qu'en intégrant le moulin à eau dans la vie économique du village.

CONCLUSION DU TROISIEME CHAPITRE.

Le fonctionnement des ouvrages hydrauliques est tributaire d'une double contrainte historique et physique. Après le vide juridique laissé par l'Ancien Régime, les moulins font l'objet de recensements (inventaire Poincaré) et de réglementations au XIXème siècle.

Cependant avec l'abandon progressif du patrimoine hydraulique, les modalités de fonctionnement des ouvrages tombent dans l'oubli et la consistance légale de ces derniers n'est pas réactualisée malgré les reconversions récentes. Le mode d'emploi des ouvrages représenté par le règlement d'eau n'est plus conforme aux usages actuels du moulin; c'est un héritage élaboré par l'Administration pour des usages aujourd'hui disparus.

Pour les ouvrages fondés en titre ou non réglementés, le mode d'emploi est inconnu. Dans ce cas le fonctionnement de l'ouvrage repose sur l'expérience des usiniers.

La gestion du patrimoine hydraulique est donc condamnée à "l'anarchie" engendrant litiges et contentieux entre usiniers et riverains. L'Administration responsable de police de l'eau procède au règlement de ces litiges en respectant la répartition équitable des ressources en eau. Les écoulements à dominante karstique définissent des ressources en eau hétérogènes ce qui contribue à concentrer les ouvrages hydrauliques reconvertis sur les tronçons à fort rendement hydrologique. Ces tronçons caractérisés par une forte densité

et des usages diversifiés présentent de nombreux litiges et contentieux entre usiniers.

Par contre les zones d'infiltrations, pauvres en débits sont marquées par une désaffectation chronique des ouvrages.

La répartition équitable des ressources en eau est indubitablement plus difficile à appréhender en pays calcaires. L'ancienneté et l'inadaptation du fonctionnement légal des ouvrages aggravent considérablement cette répartition.

Les conflits d'usage concernant les moulins hydrauliques sont essentiellement représentés par la vallée de la Saulx.

Par contre, dans la vallée de l'Ornain, les conflits étaient plus diversifiés.

Les moulins hydrauliques en faisant obstacle à l'écoulement gênaient le flottage du bois sur l'Ornain à l'aval de Bar-le-Duc. Le canal de la Marne au Rhin à partir de 1852, prélève à l'Ornain d'importantes quantités d'eau.

La petite hydraulique a donc été amputée de ses ressources énergétiques et n'a pu, à la différence de la vallée de la Saulx connaître les reconversions vers la production hydroélectrique et la pisciculture.

Le canal de la Marne au Rhin est un ouvrage hydraulique de grande ampleur qui, à la différence des moulins à eau, ne restitue pas aux cours d'eau l'intégralité des débits prélevés.

QUATRIEME CHAPITRE : LE CANAL DE LA MARNE AU RHIN.

Les canaux de navigation sont des voies navigables artificielles mais également des entités hydrographiques majeures. De par des échanges d'eau importants avec les cours d'eau (DDE Meuse, CEGUM, 1994), les canaux sont devenus indissociables de toute étude systémique en hydrologie.

Bien qu'abandonnés aux touristes, les canaux de petit gabarit de type "Freycinet" (1878), font aujourd'hui partie intégrante du paysage hydrographique français et particulièrement lorrain.

"Freycinet avait créé un système homogène, au service de l'industrie, parfaitement adapté à son temps" (Miquel P., 1994) en privilégiant la France industrielle du Nord-Est. La Lorraine est bien pourvue en canaux avec un axe de jonction est-ouest (canal de la Marne au Rhin) gréffé aux grands axes fluviaux rhénans (Rhin, Moselle, Sarre) et mosans (Meuse) d'orientation sud-nord (fig.III.31).

Ces derniers sont soit canalisés (Moselle canalisée au gabarit européen à l'aval de Neuves-Maisons) soit accompagnés d'un canal latéral (canal de l'Est, canal des Houillères).

Le réseau navigable lorrain illustre le mal du réseau national. Celui-ci présente des axes forts en cul de sac (Moselle, Sarre) reliés par des canaux Freycinet à faible gabarit qui constituent des obstacles aux liaisons des grands bassins fluviaux.

"Les trois-quart des voies d'eau de l'Est datent de Freycinet et comptent d'innombrables écluses" (Miquel P., 1994).

Comme les moulins à eau, ces canaux sont, à tort, considérés comme des friches industrielles du XIXème siècle jugées vétustes voire inutiles.

Le canal de la Marne au Rhin qui dessert les vallées de la Saulx perthoise et de l'Ornain constitue le plus bel exemple de canal de type Freycinet en Lorraine.

Ce canal naît à Vitry-le-françois où s'effectue la jonction avec le canal latéral à la Marne et le canal de la Marne à la Saône (fig.III.31). Il coupe perpendiculairement les grands axes du relief lorrain par un nombre impressionnant d'écluses (152) pour rejoindre le Rhin à Strasbourg. Le canal de la Marne au Rhin fut le second canal ouvert à la circulation en Lorraine (1851-1852) après celui des Ardennes (1833). Son histoire et son alimentation illustrent les difficultés de construction et d'aménagement des voies navigables en pays calcaires.

I. HISTORIQUE ET PRESENTATION DU CANAL.

Comme les moulins hydrauliques, le canal de la Marne au Rhin est un

fig. III.31

DATES DE CONSTRUCTION ET D'OUVERTURE DES CANAUX DE NAVIGATION DANS LE QUART NORD-EST DE LA FRANCE

Sources: P. Pinon, 1995.

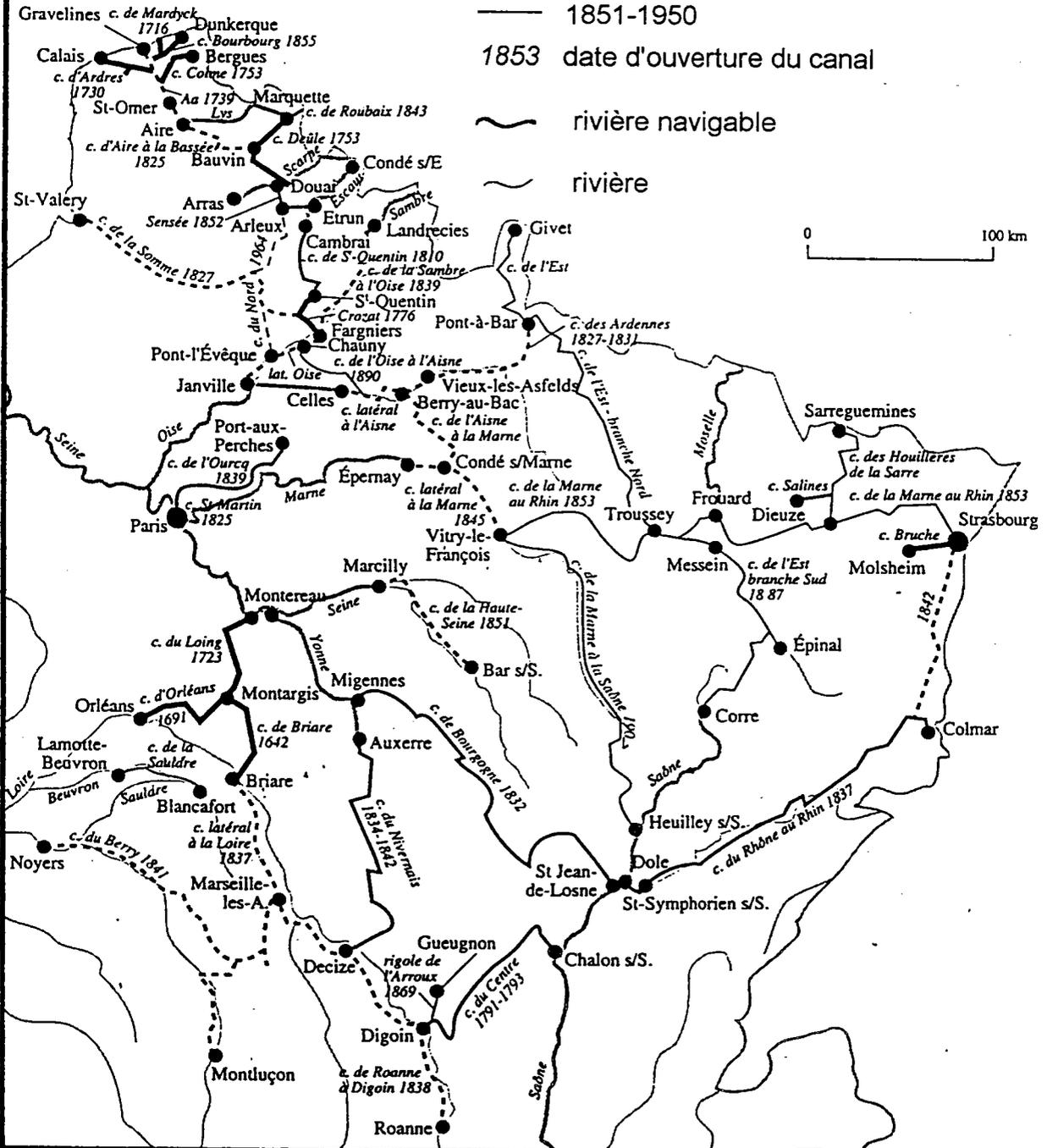
début des travaux de construction du canal

- 1600-1765
- 1766-1820
- - - 1821-1850
- 1851-1950

1853 date d'ouverture du canal

~ rivière navigable

~ rivière



héritage du passé.

La compréhension des problèmes d'alimentation de ce canal réside essentiellement dans l'histoire de sa construction au XIX^{ème} siècle. Son tracé résolument contraire aux grandes lignes de relief multiplie les obstacles à franchir.

La difficulté *"consiste à alimenter le canal depuis les points les plus hauts du profil, ce qui assure la continuité sur chacune des pentes: c'est le canal à point de partage"* (Morand J., 1993).

A. HISTORIQUE: UNE CONSTRUCTION DIFFICILE.

Il a fallu 19 ans à Riquet P.P. pour élaborer et construire le canal du Midi de 1662 à 1681 (Morand J., 1993); il en faudra 26 pour le canal de la Marne au Rhin presque deux siècles plus tard, de 1826 à 1852. La construction longue et difficile du canal repose essentiellement sur des facteurs politico-économiques et sur le caractère calcaire du substratum.

a. Les facteurs politico-économiques.

Les projets de rallier les bassins rhénans au Bassin Parisien sont aussi nombreux qu'anciens. Il en est de même pour la canalisation de l'Ornain.

En effet, en 1775, l'ingénieur en chef Lecreux propose de canaliser l'Ornain jusqu'à Ligny-en-Barrois afin de faciliter le transport du fer, du charbon et du bois vers Paris. La période du "tout hydraulique" bat son plein; tous les sites exploitables étant utilisés, les ingénieurs envisagent d'exploiter la hauteur de chute des écluses sur les canaux projetés.

Le projet de jonction de la Moselle à la Saône proposé par Lecreux prévoit de construire des moulins hydrauliques au droit de chaque écluse.

"Par un système ingénieux (...), parallèlement à chaque écluse, on avait imaginé d'accoler un moulin 60 mètres en amont des bajoyers, le canal supérieur s'élargissant de manière à former un bief aux moulins. L'usine débitait ses eaux par un petit canal de 150 mètres de longueur qui les déversait dans le canal de navigation. La hauteur de chaque chute était d'environ 1.7 mètres. Les meuniers devaient faire le service des écluses" (Viansson L., 1881).

Si aucune construction de ce genre ne fut entreprise en Lorraine, cette idée illustre malgré tout, la volonté d'équiper un maximum de sites hydrauliques et d'intégrer les canaux de navigation dans l'appareil énergétique du pays.

En 1820, un projet de liaison Rhin-Seine fait l'objet d'un rapport du Ministère de l'Intérieur. Cependant, la concurrence du rail ralentira les procédures d'application. La première ligne de chemin de fer construite en France fait l'objet d'une autorisation par Ordonnance Royale le 26 Février

1823. C'est également, une Ordonnance Royale, le 8 Mai 1825 qui autorise les Sieurs Bouvier, Fessard et Caffin à procéder à l'étude de nivellement du canal latéral à la Marne de Paris à Saint-Dizier et du canal de la Marne au Rhin entre Saint-Dizier et Strasbourg.

L'étude est confiée à B. Brisson (1777-1828), Inspecteur Général des travaux qui termine l'avant projet, le 5 Août 1826.

Aucune réalisation n'est entreprise en 12 années, puisqu'il faut attendre la loi du 3 Juillet 1838 pour débloquer les fonds nécessaires (45 millions de francs). L'exécution des travaux est fixée sans délai, en 1839.

En 1842, les ingénieurs du canal sont également chargés d'étudier les potentialités d'utilisation de l'emprise du canal pour le chemin de fer Paris-Strasbourg. La concurrence entre les voies navigables et le rail est telle que les travaux sont suspendus en 1844 (loi du 5 octobre 1844). Le financement du chemin de fer fait appel à un emprunt couronné de succès avec de nombreux épargnants, alors que les canaux sont inscrits dans le budget de l'Etat, sans crédits particuliers.

A l'assemblée législative, les débats enflamment les passions. Les crédits alloués aux canaux paraissent trop onéreux par rapport aux maigres bénéfiques. Les quatre plus grands canaux sont en déficit; "*celui de la Marne au Rhin ne rapporte pas plus de 40000 francs par an*" (Miquel P., 1994).

Les modifications techniques sur les canaux sont en outre plus lourdes que pour le rail. En effet, une augmentation du tonnage se traduit par un accroissement des wagons pour le rail, alors que sur les voies navigables, un changement de gabarit s'avère financièrement plus lourd. Il faut attendre l'intervention de Charles Collignon, qui souligne la double vocation commerciale et militaire du canal pour plaider en faveur de la voie d'eau.

Celui-ci démontre le rôle stratégique du bief de partage des Vosges. Collignon déclare en 1845 "*(...) notre ligne de défense, de ce côté, c'est la Seille. Mais la Seille n'a d'eau que quand l'étang du Lindre en a (...). Le canal de la Marne au Rhin exécuté, on peut jeter dans la Seille les 6 millions de mètres cubes d'eau accumulés au bief de partage des Vosges (...), nous ferons de la Seille une barrière réelle fermant précisément cette trouée de Sarrelouis, laissée à dessein dans notre frontière*" (VNF, 1986).

Sous l'impulsion de Collignon C., la loi du 5 Mai 1846 autorise non seulement la poursuite des travaux mais porte également le budget du canal à 76 millions de francs. Collignon est nommé directeur général des travaux un an plus tard.

Outre la concurrence du rail, la construction du canal s'est également heurtée au problème du tracé étudié.

Sur le tronçon de l'Ornain, le tracé du canal a largement été conditionné par les usiniers. En effet, le premier tracé retenu pour le bief de partage passant par la vallée de la Barboure aurait privé les forges de Laneuville-Saint-Joire, de Treveray et d'Evaux du canal. Hors ce dernier, en passant par les bassins ferrifères et houillers (via le canal des houillères) présentait un intérêt économique majeur (substitution du charbon de bois par le coke). Le tracé retenu, bien que plus long, dessert non seulement les plus grandes forges du pays mais présente un souterrain de moindre importance que celui prévu dans le tracé rejeté.

Malgré l'importance des problèmes de construction liés au substratum calcaire et au budget considérablement réduit, la section Vitry-le-François-Nancy est ouverte le 2 Novembre 1851 soit 12 années après le début des travaux. La section Nancy-Strasbourg est ouverte en Octobre 1853.

Le canal de la Marne au Rhin est alors prévu pour des bateaux de 34.5 m avec un enfoncement de 1.60 mètres.

Le canal connaît un franc succès, avec un trafic important lié au transport des charbons sarro-lorrains, des minerais de fer et des céréales du Bassin Parisien.

En 1870, la France perd le tronçon mosellan et alsacien et conserve 207 km sur les 314 initiaux. Pour Freycinet, président du conseil " *la modernisation des canaux était l'une des conditions du relèvement du pays après la défaite et la préparation de la revanche*" (Miquel P., 1994).

Les travaux de mise en conformité aux normes Freycinet (modernisation des écluses pour des bateaux de 38.5 m.) sont entrepris à la hâte sur le canal de 1880 à 1883. Ces travaux, ainsi que le remplacement du halage par la vapeur, contribuèrent au succès du canal dont le tonnage avoisine 620000 tonnes en 1885.

Le retour à la France en 1918 accroît le trafic qui porte dans les années 1930-1940 sur 2 millions de tonnes et arrive à saturation à la fin des années 1950. " *A la fin des années 50, la circulation avait atteint un niveau de saturation à cause des embouteillages entre les péniches halées par remorqueur (...) et les péniches automotrices plus fines et plus rapides*" (Mc Knight H., 1995).

Dans le cadre de la loi du IVème plan de modernisation et d'équipement, l'enfoncement est porté à 2.20 mètres de 1962 à 1965. Malgré ces modernisations, le canal de la Marne au Rhin possède un gabarit insuffisant pour relier l'est de la France au Bassin Parisien et compte d'innombrables écluses (plus de 150).

" *La canalisation de la Moselle et du Rhin créait des courants Sud-Nord qui reliaient l'économie régionale à l'Europe du Nord-Ouest sans y associer le reste de l'Espace français*" (Miquel P., 1994). Le canal de la Marne au Rhin illustre le mal du réseau actuel basé sur des axes forts non reliés entre eux (Rhin, Rhône, Seine, Saône).

Le canal n'est plus, comme par le passé, un outil de l'aménagement du territoire. Les voies navigables sont marginalisées des transports; leur budget, plus que dérisoire (350 millions de francs en 1990 et un milliard de l'époque en 1970) montre que la volonté de relier la France aux grands axes européens est inexistante.

Aujourd'hui, vétuste et démodé, le canal voit passer moins de 5 bateaux par jour. Seul le tourisme fluvial dynamise le trafic, qui paraît léthargique vis à vis des grands axes fluviaux lorrains. La création des "Voies navigables de France" en 1991 prône " *l'exploitation commerciale des voies d'eau dans le sens d'une libéralisation organisée, débarrassée de toute dimension doctrinaire*" (Solery M., 1994).

Si les facteurs politico-économiques ont considérablement ralenti la

construction du canal (26 années d'études et de travaux), le caractère calcaire du substratum a largement participé à la lenteur des travaux.

b. Les problèmes techniques liés au substratum calcaire.

En longeant l'Ornain, puis la Saulx à partir de Sermaize, le canal de la Marne au Rhin bien qu'exclusivement alimenté par des prises d'eau est en fait en symbiose avec les aquifères traversés.

En effet, le canal est loin d'être totalement hermétique; il connaît de multiples échanges hydrologiques avec son milieu.

Sur un substratum calcaire, dans le synclinal de Treveray, certains aménagements sont nécessaires non seulement pour limiter les fuites mais aussi pour assurer de bonnes conditions d'alimentation des biefs.

Sur les tronçons drainant les principaux aquifères, les échanges d'eau entre le canal et la nappe sont assurés par des captages de sources équipés de "barbacanes à clapets" (fig.III.32a). Ces dernières "*établies dans les parties exposées à des sous pressions*" (extrait du plan de construction) se présentent sous la forme d'ouvertures busées immergées sur les rives du canal. Des clapets hermétiques fermés par des garnitures de cuir en guise de joint, assurent l'alimentation du canal lors de la saturation des nappes (clapet ouvert) et empêchent toutes fuites d'eau en période sèche (clapet fermé).

Lors des travaux "Freycinet", vers 1880, les barbacanes étaient toutes localisées sur les calcaires portlandiens dans le synclinal de Treveray. 37 barbacanes distantes chacune de 50 mètres équipaient les biefs N°9, 10 et 11.

Outre la construction de plus de 60 biefs, 40 aqueducs-siphons, 4 pont-canaux et d'ouvrages de prise d'eau et de rejets, sur le tronçon barrois, des travaux particuliers liés au substratum calcaire sont entrepris. Pour lutter contre les infiltrations, de nombreux travaux d'étanchéité sont également nécessaires. Des drains en moellons disposés sous le plafond du canal captent les fuites pour les rejeter dans le bief aval (fig.III.32b).

Mais la difficulté technique majeure est pour l'époque, la construction du bief de partage avec le tunnel de Mauvages.

A la différence des autres biefs de partage lorrains, celui de Mauvages ne présente pas de plan d'eau. Le substratum essentiellement calcaire très filtrant empêche toute retenue.

Le tunnel de Mauvages a nécessité de nombreux travaux depuis sa construction. Après les souterrains de Rove (7290 m., canal de Marseille au Rhône fermé en 1963 à la suite de l'effondrement du tunnel) et de Bony (5670 m., canal de Saint-Quentin), celui de Mauvages est le troisième par sa longueur: 4877 mètres. Il permet de relier le bassin de la Meuse à celui de la Marne (Ornain) en limitant considérablement le nombre d'écluses.

Construit de 1841 à 1846, le souterrain n'a pas bénéficié des

technologies tunnelières du XXème siècle.

La coupe géologique longitudinale du tunnel, réalisée par Buvignier A. (1852) à partir des 23 puits creusés montre que le souterrain est essentiellement dégagé dans les marnes à exogyres moyennes du Kimméridgien. Ces marnes "*détrempées et ramollies*" (Buvignier A., 1852) par drainage de l'aquifère portlandien susjacent (4 puits furent abandonnés par excès d'eau) sont sujettes à la solifluxion provoquant des glissements et éboulements. Le fluage des marnes sur les flancs de l'interfluve et le basculement des strates calcaires témoignent de l'importance des mouvements de masse (fig.III.33).

Le tunnel connaît de 1858 à 1873, mais surtout en 1894 et 1895 de nombreux éboulements gênant la navigation sur le canal. La reconstruction de la voûte de 1907 à 1925 n'empêche pas une partie de celle-ci de s'effondrer en 1959. La pose d'arceaux métalliques de 1961 à 1965 ainsi que des injections de bétons et d'enduits luttent contre ces effets de masse. Des travaux de drainage en surface limitent également les infiltrations qui nourrissent l'aquifère portlandien.

Si le substratum calcaire a de par sa nature capacitive, considérablement gêné la construction du canal, il a également empêché de par sa nature transmissive, filtrante, tout projet de réservoir de retenue sur le bief de partage.

B. PRESENTATION GENERALE DU CANAL DANS LES VALLEES DE LA SAULX ET DE L'ORNAIN.

Le canal de la Marne au Rhin dessert les vallées de l'Ornain dans le Barrois et de la Saulx dans le Perthois. Il longe ces deux cours d'eau, les traverse parfois par des ponts-canaux. Cette voie navigable est un canal latéral à bief de partage.

a. Le bief de partage de Mauvages.

Le bief de partage de Mauvages, long de 9197 m. est limité par l'écluse N°1 dite "de Mauvages" (PK=94.032) sur le versant Meuse et l'écluse N°1 dite "de Tombois" (PK=84.835) sur le versant Marne. 53% du bief est représenté par le souterrain de Mauvages dont la côte du plan d'eau est à 280.75 mètres. Un embranchement de 3250 m. desservant Houdelaincourt (port céréalier) est raccordé au bief de partage à Demanges-aux-Eaux (fig.III.34).

fig. III.33

COUPE GEOLOGIQUE LE LONG DU TUNNEL DE MAUVAGES

D'après A. Buvignier (1862)

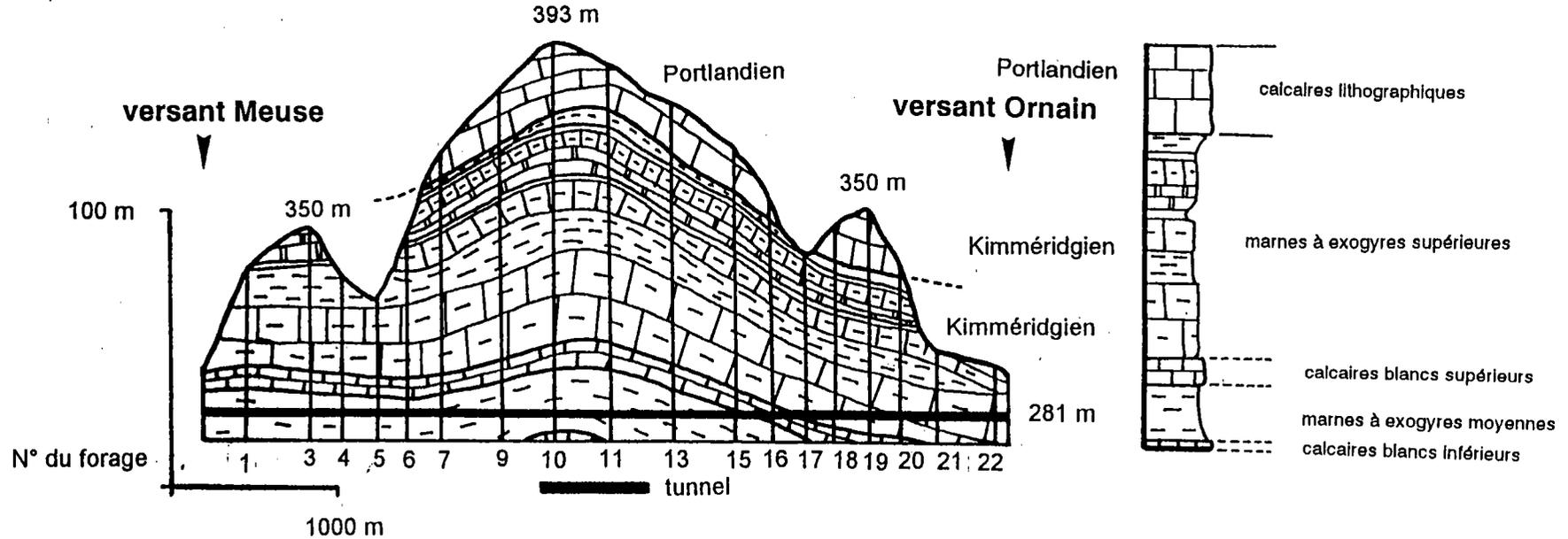
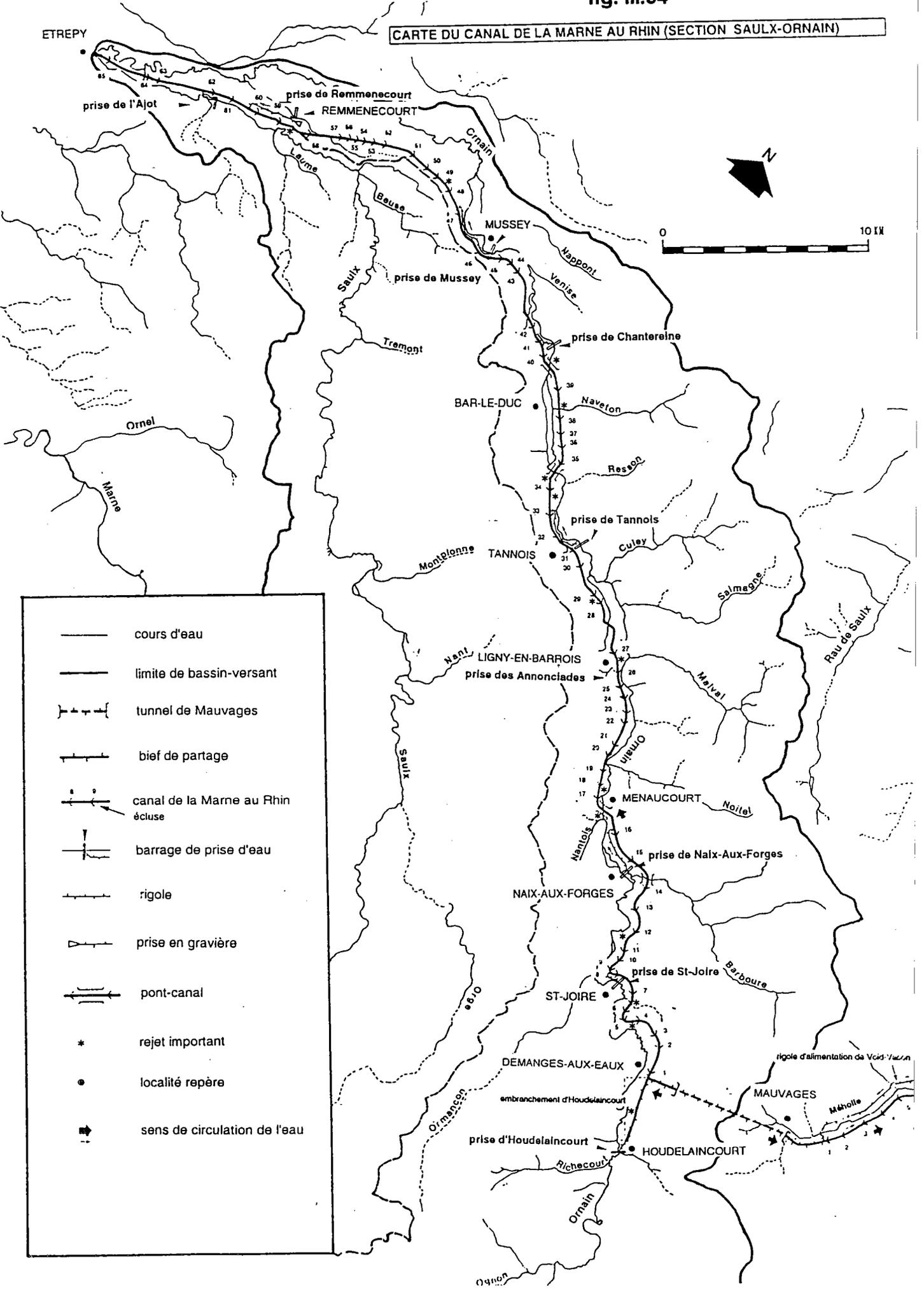


fig. III.34

CARTE DU CANAL DE LA MARNE AU RHIN (SECTION SAULX-ORNAIN)



- cours d'eau
- limite de bassin-versant
- tunnel de Mauvages
- bief de partage
- canal de la Marne au Rhin écluse
- barrage de prise d'eau
- rigole
- prise en gravière
- pont-canal
- * rejet important
- localité repère
- sens de circulation de l'eau

b. Le canal de la Marne au Rhin.

Le canal de la Marne au Rhin longe l'Ornain de Houdelaincourt à Revigny/Ornain puis la Saulx de Sermaize-les-Bains à Vitry-le-François à la jonction du canal latéral à la Marne avec le canal de la Marne à la Saône.

1. Un canal essentiellement en rive gauche de l'Ornain.

Le canal longe l'Ornain, alternativement sur sa rive gauche et sa rive droite; 4 ponts-canaux assurent le passage d'une rive à l'autre (fig.III.34). De Houdelaincourt à Ménaucourt, il longe sa rive droite. A l'aval il borde sa rive gauche. Ce n'est que dans la traversée de Bar-le-Duc qu'il change de rive (densité urbaine plus forte en rive gauche).

En rive gauche, le canal est adossé au versant de la vallée de l'Ornain ou à la côte des Bars. Sa digue de rive gauche se confond alors avec la forte pente du versant. Dans ce cas, le canal bénéficie de nombreux apports hydrologiques quantitativement médiocres (rau des Annonciades, sources) et fait l'économie d'aqueducs-siphons surplombant les nombreux affluents de rive droite.

2. "Le canal-escalier".

La caractéristique majeure du canal de la Marne au Rhin réside dans sa direction est-ouest perpendiculaire aux grands axes de relief lorrain.

Le passage des lignes de crête des grands bassins fluviaux s'effectue par 2 biefs de partage seulement (Mauvages et Réchicourt), 4 tunnels (Mauvages, Foug, Niderviller et Arzviller) et 152 écluses. Le tracé du canal par la paléo-vallée du Val de l'Ane fait l'économie d'un bief de partage majeur.

Si le nombre d'écluses a été sensiblement réduit (23) avec l'écluse géante de Réchicourt (6 écluses) et le plan incliné de Saint-Louis-Arzviller (17 écluses), le canal de la Marne au Rhin présente toujours un nombre impressionnant d'écluses notamment dans la vallée de l'Ornain.

Ce tronçon représente 27% (84 km) de la totalité du canal (313 km) alors qu'il concentre 46% de ses écluses. Il rachète ses 180 mètres de dénivellée en 84.2 km par 70 écluses (longueur moyenne de bief=1.2 km). Compte tenu de la vitesse des péniches et de la faible automatisation des écluses dans ce secteur (24%), il faut plus de 28 heures aux bateaux pour traverser le tronçon Saulx-Ornain.

On comprend alors la réputation d'escalier du canal dans ce secteur; les marinières l'appellent "*le canal aux 70 écluses*".

3. Un petit gabarit de type Freycinet.

Le gabarit originel (1851) du canal de la Marne au Rhin était conçu pour des bateaux de 34.5 mètres avec un tirant d'eau de 1.80 mètres. Conformément aux normes "Freycinet", la longueur des écluses est portée à 38.5 mètres entre 1880 et 1883.

Suite au IVème plan de modernisation (1962-1965), le tirant d'eau est aujourd'hui de 2.20 mètres.

L'augmentation du tirant d'eau s'est effectuée par surhausse des digues créant une discontinuité dans le type de matériaux de construction utilisé. Cette discontinuité se traduit par de nombreuses fuites contenues par un rideau de palplanches de type "Larsen". Ces dernières limitent non seulement les fuites mais également les échanges hydrologiques latéraux avec les aquifères traversés (détérioration des barbacanes à clapets).

Le gabarit "Freycinet" ne peut pas accueillir des péniches de plus de 350 tonnes.

Le canal de la Marne au Rhin, section Saulx-Ornain, est donc un ancien canal à bief de partage, à petit gabarit de classe 1 (Freycinet) caractérisé par un nombre impressionnant d'écluses, pour la plupart non automatisées. Si ce type de canal de "second ordre" connaît un trafic léthargique, il n'en reste pas moins une entité hydrographique importante.

II. LES INTERACTIONS HYDROLOGIQUES AVEC LES COURS D'EAU.

Le canal de la Marne au Rhin n'est pas un récipient hermétique uniquement alimenté par un bief de partage.

C'est une entité hydrographique en osmose avec son milieu.

Alimenté par plusieurs prises d'eau dans l'Ornain, il restitue également l'eau prélevée par de multiples déversoirs, déchargeoirs vers le réseau hydrographique.

Dans le cadre des "*schémas hydrauliques de l'Ornain et du canal de la Marne au Rhin entre Gondrecourt-le-Château et Bar-le-Duc*" (CEGUM, DDE de la Meuse, 1994), le CEGUM a effectué une enquête de terrain le long du canal de la Marne au Rhin afin de connaître avec précision les échanges hydrologiques avec le réseau hydrographique.

Chaque ouvrage du canal a été numéroté de l'amont vers l'aval et identifié (annexe III.14) comme prise d'eau (p), déversoir, déchargeoir (r) ou aqueduc, siphon (a).

Si cette enquête permet de dresser un schéma des écoulements du canal de la Marne au Rhin (annexe III.15), elle traite uniquement des interactions visibles entre le canal et le réseau hydrographique. Les fuites diffuses dans les aqueducs et dans les biefs, ainsi que les échanges souterrains (barbacanes) ne sont pas appréhendés.

A. L'ALIMENTATION DU CANAL.

Comme tout canal à bief de partage, le canal de la Marne au Rhin, dans la vallée de l'Ornain, est alimenté par le point le plus haut de son profil représenté par le bief de Mauvages.

a. Un bief de partage sans retenue.

Sur les 4 biefs de partage lorrains, seul celui de Mauvages n'est pas alimenté par un plan d'eau. En effet, les réservoirs du Bairon (canal des Ardennes), de Bouzey (canal de l'Est-branche Sud) et le système des étangs de Mittersheim, Stock et Gondrexange (canal de la Marne au Rhin-canal des Houillères) assurent l'alimentation en eau des biefs de partage lorrains (fig.III.35).

La nature calcaire et marno-calcaire du substratum proscrit toute réalisation de retenue, ce qui entraîne d'importants problèmes d'alimentation.

1. L'alimentation du bief de Mauvages.

Le bief de partage de Mauvages est alimenté par une prise d'eau gravitaire sur l'Ornain à Houdelaincourt (versant Marne) et des pompages à l'usine élévatrice de Void-Vacon sur le versant Meuse (fig.III.36).

* La prise de Houdelaincourt.

Un barrage de prise d'eau sur l'Ornain, alimente en permanence une rigole de 700 mètres qui se jette dans l'embranchement de Houdelaincourt au droit du port céréalier (fig.III.34).

Le barrage de prise d'eau est constitué de 12 volets mobiles et de 2 vannes de fond, la rigole compte 3 vannes à crémaillère (annexe III.16).

Les hauteurs d'eau observées visuellement, 3 fois par semaine aux échelles limnimétriques de cette prise, sont traduites en débits par une formule hydraulique empirique. Sur la période d'observation disponible (1969-1976), la moyenne des débits prélevés est de 627 l/s soit sensiblement identique au débit moyen mensuel d'étiage quinquennal à Fains-les-Sources (602 l/s).

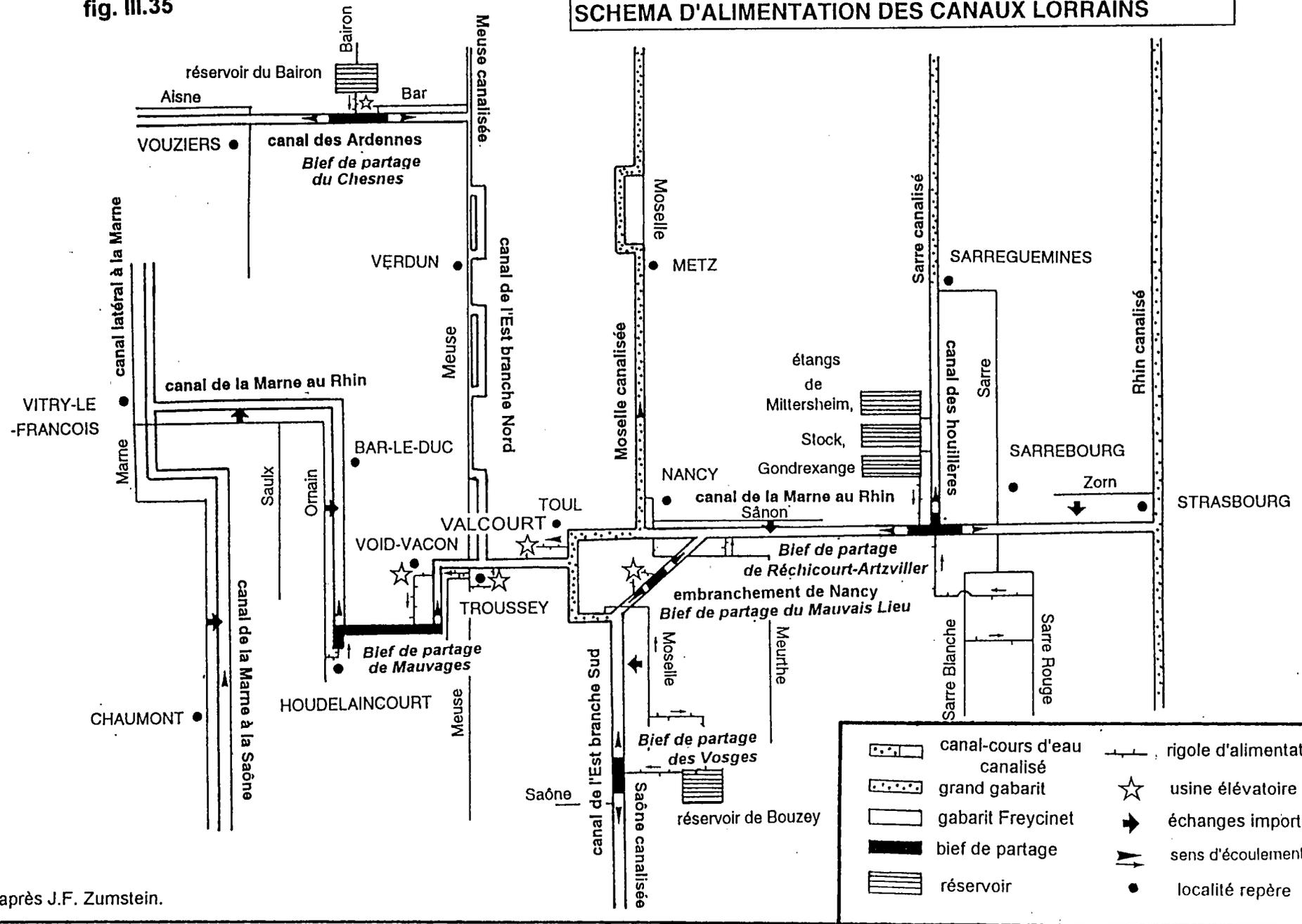
Le régime annuel des débits prélevés à Houdelaincourt (fig.III.37) montre qu'ils sont relativement stables toute l'année (coefficient de variation de 31%) puisqu'ils varient de 450 l/s à 700 l/s.

Ces débits restent donc soutenus en période d'étiage. En effet les mesures de débits effectuées lors des campagnes d'étiage (tab.III.6) montrent qu'environ 80% du débit de l'Ornain est prélevé à Houdelaincourt pour l'alimentation du bief de partage de Mauvages.

Le débit minimum est manifestement non respecté. Pour toutes les

fig. III.35

SCHEMA D'ALIMENTATION DES CANAUX LORRAINS

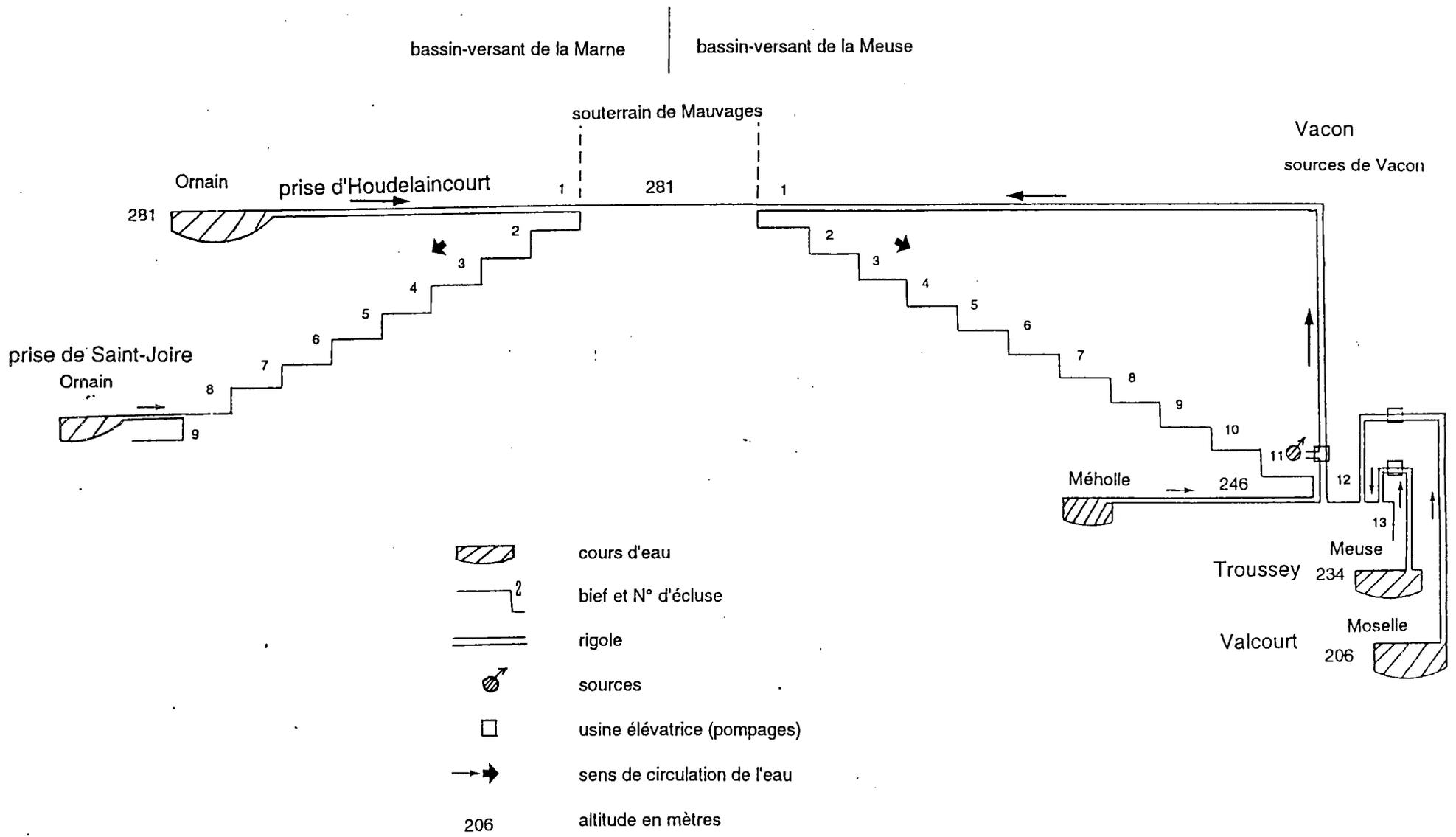


	canal-cours d'eau canalisé		rigole d'alimentation
	grand gabarit		usine élévatoire
	gabarit Freycinet		échanges importants
	bief de partage		sens d'écoulement
	réservoir		localité repère

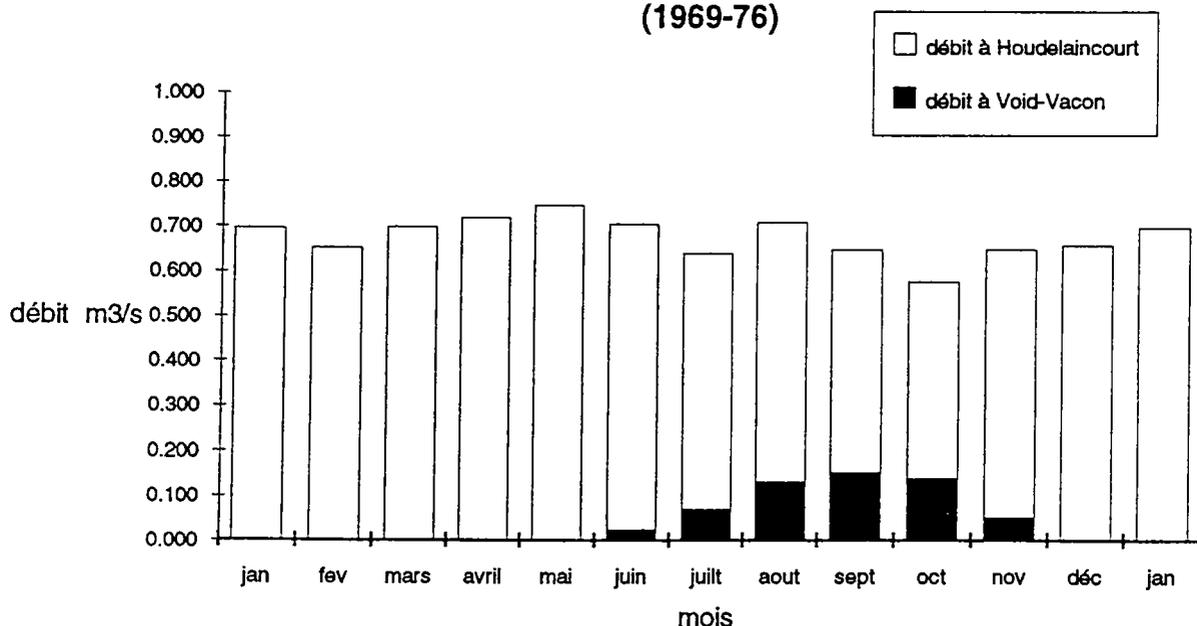
d'après J.F. Zumstein.

fig. III.36

SCHEMA D'ALIMENTATION DU BIEF DE PARTAGE DE MAUVAGES



**fig. III.37 ALIMENTATION DU BIEF DE MAUVAGES
(1969-76)**



tab. III.7 Mode d'alimentation du bief de partage de Mauvages en fonction de la situation hydrologique de l'Ornain à Fains-les-Sources

Situation hydrologique		Mode d'alimentation (l/s)	
m3/s	Fréquence (QMNA)	Void-Vacon	Houdelaincourt
$Q < 0.5$	$F < 0.12$	$286 < Q < 750$	$Q = 0$
$0.5 < Q < 1.308$	$0.12 < F < 0.69$	$0 < Q < 286$	$275 < Q < 645$
$Q > 1.308$	$F > 0.69$	$Q = 0$	$645 < Q < 900$

Sources: d'après AERM, SNN, 1977 [2]

tab. III.8 Transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages en fonction de la situation hydrologique de l'Ornain à Fains-les-Sources

Situation hydrologique		Transferts d'eau (T)	
m3/s	Fréquence (QMNA)	Direction des transferts	estimation (l/s)
$Q < 0.434$	$F < 0.08$	vers l'Ornain	$0 < T < 150$
$0.434 < Q < 1.5$	$0.08 < F < 0.77$	vers la Meuse	$0 < T < 441$
$Q > 1.5$	$F > 0.77$	vers la Meuse	$400 < T < 500$

Sources: d'après AERM, SNN, 1977 [2]

tab. III.6 PRISES D'EAU DU CANAL DE LA MARNE AU RHIN (SECTION SAULX-ORNAIN)

désignation	Houdelaincourt	St Joire	Naix-aux-Forges	Tannois	Chantereine	Mussey	Remennecourt	Ajot
cours d'eau	Ornain	Ornain	Ornain	Ornain	Ornain	Ornain	gravière-rau des Gds Prés	Saulx
écluses	1 à 8	8 à 16	16 à 33	33 à 41	41 à 47	47 à 60	60 à 62	62 à 66
nombre de bief	8	8	17	8	6	13	2	4
volume m3	564638	258390	677960	263580	232050	366600	135350	213180
longueur rigole m.	630	639	1460	1872	842	1904	886	250
débit l/s								
17/09/1991	245	247	53	195		72		
05/08/1992	641	268	145	122		62		
03/08/1993	621	281	30	214	136	97		
27/06/1995	1070	138	163	247	413	298		
21/08/1995	651	296	162	346	115	209		
11/10/1995	809	312	278	119	345	95		

campagnes de mesures, le débit observé sur l'Ornain à l'aval de la prise d'eau correspond globalement au débit mesuré en amont de Gondrecourt-le-Château.

En étiage, le bief de partage de Mauvages absorbe donc la totalité des apports hydrologiques du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château, sur l'Ornain.

* Les pompages de l'usine élévatrice de Void-Vacon.

L'usine élévatrice de Void-Vacon pompe l'eau du bief N°13 sur le versant Meuse. Ce bief de grande taille (19.365 km) est alimenté par:

- une prise d'eau sur la Méholle (affluent de rive gauche de la Meuse)

- le captage des sources de Vacon

- un pompage sur la Moselle à Toul-Valcourt via une rigole de plus de 10 km

- un pompage sur la Meuse à Troussey.

Le système d'alimentation de l'usine est très complexe (AERM, GEREEA, 1995). En effet, la rigole provenant du bief n°13 conflue à l'amont immédiat du barrage de prise d'eau sur la Méholle.

Cette usine refoule l'eau prélevée, dans une rigole qui débouche dans le bief de partage de Mauvages. Compte tenu des nombreux siphons, cette rigole est saturée pour des débits supérieurs à 750 l/s.

A la différence de Houdelaincourt (versant Marne), le mode d'alimentation du bief de partage de Mauvages sur le versant Meuse n'est ni gravitaire ni constant. Les pompages de l'usine rattrapent une dénivelée de 37 m.

Le mode d'alimentation par gravité reste néanmoins prédominant. Sur la période d'observation 1969-1976, la prise de Houdelaincourt fonctionne en permanence alors que l'usine élévatrice est fonctionnelle 29% du temps. La comparaison des régimes hydrologiques d'Houdelaincourt et de Void-Vacon montre que l'alimentation du bief, par pompage est un palliatif pour soulager l'Ornain à Houdelaincourt en période d'étiage (fig.III.37).

En hautes-eaux, l'usine élévatrice ne fonctionne pas; l'eau prélevée sur la Méholle transite vers le bief n°13 par la rigole.

En basses-eaux et plus particulièrement en période d'étiage, l'usine élévatrice fonctionne. La prise d'eau sur la Méholle ainsi que le pompage de Troussey via le bief n°13, alimentent l'usine qui refoule l'eau prélevée dans le bief de partage par la rigole de Vacon.

Les exurgences de Vacon, en relation avec le bassin de la Maldite-Ognon (Clermonté J., 1966) alimentent également l'usine élévatrice en période d'étiage.

En étiage sévère, l'alimentation du bief n°13 est complétée par les pompages de Valcourt.

Néanmoins, même en étiage, la majorité des débits d'alimentation (environ 60%) du bief de partage provient de Houdelaincourt. Les pompages de Void-Vacon s'amplifient corrélativement à la sévérité de l'étiage. Pour les étiages très sévères, de fréquence décennale (1976), la prise de Houdelaincourt ne fonctionne plus; la totalité de l'alimentation du bief est assurée par l'usine élévatrice (tab.III.7).

2. Les besoins en eau du bief.

A priori, les besoins en eau du bief de partage de Mauvages sont fonction du nombre de bassinées effectuées lors du passage des bateaux avalants et montants.

A chaque bassinée, le volume d'eau contenu dans le sas de l'écluse est transféré dans le bief aval. Compte tenu des hauteurs identiques des portes d'écluse (2.95 m) sur les 2 versants, le volume d'eau transféré se répartit uniformément dans chaque bassin.

La taille des écluses (38.7 x 5.5 m) à l'extrémité du bief de partage définit un volume d'eau évacué de l'ordre de 2 x 650 m³ soit 1300 m³ à chaque bassinée.

Pour un trafic moyen de 5 bateaux par jour, les besoins en eau du bief seraient alors de 6500 m³/jour soit 75 l/s.

Cependant, le rôle majeur du bief de partage est de fournir aux biefs inférieurs l'eau nécessaire pour garantir la navigation. En effet, le bief de partage de Mauvages alimente en eau, 7 biefs côté Ornain et 11 côté Meuse (tab.III.6).

Compte tenu de l'évapotranspiration mais surtout des infiltrations, les bassinées ne sont pas suffisantes pour alimenter ces biefs.

Le service de la Navigation effectue des lachures sans bateaux ("fausse bassinée") et entretient une surverse sur les portes d'écluses pour garantir le tirant d'eau nécessaire à la navigation.

Les besoins en eau du bief sont estimés à 41000 m³/jour soit 475 l/s, sans les bassinées (Agence de bassin Rhin-Meuse, 1977).

Ce chiffre a été calculé en soustrayant les bassinées au volume total d'alimentation minimal de fonctionnement. Les débits prélevés à Houdelaincourt (module de 627 l/s pour la période 1969-1976) sont donc largement supérieurs aux besoins en eau du bief, ce qui présage d'importants transferts d'eau vers le bassin de la Meuse.

3. Les transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages.

Les transferts d'eau entre les deux bassins-versants, via le bief de partage de Mauvages, ont été calculés de la manière suivante. Dans un premier temps, les volumes mensuels des apports et des bassinées de 1969 à 1976 sont traduits en débits.

Le nombre de bassinées étant inconnu sur la période d'observation, une corrélation entre le nombre de bateaux et de bassinées a été effectuée à partir de chiffres communiqués par le Service de la Navigation.

La somme des apports de Houdelaincourt (Q_h) et de Void-Vacon (Q_v) soustraite du débit des bassinées (Q_b) correspond à l'excédent en eau du bief (Q_e).

$$Q_e = (Q_h + Q_v) - Q_b$$

Le transfert d'eau via le bief de partage est alors égal à:

$$\begin{aligned} & -Q_h - (Q_e/2) \text{ pour un transfert vers la Meuse} \\ & \text{ou} \\ & -Q_v - (Q_e/2) \text{ pour un transfert vers l'Ornain.} \end{aligned}$$

Les résultats corrélés aux débits moyens mensuels de l'Ornain à Fains-les-Sources (fig.III.38) montrent:

- que les transferts vers la Meuse sont prédominants puisqu'ils représentent 96% de l'échantillon

- qu'en basses-eaux, hautes-eaux et crues ($Q_{MNA} > 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$), les transferts vers la Meuse sont de l'ordre de 400 à 500 l/s

- que pour des débits à Fains-les-Sources inférieurs à $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{MNA} de fréquence 0.8), les transferts diminuent corrélativement à la sévérité d'étiage, pour s'annuler pour un Q_{MNA} de fréquence décennale sèche à Fains-les-Sources (400 l/s); la corrélation entre les débits de l'Ornain (Q_o) et les transferts vers la Meuse (Q_t) s'écrit:

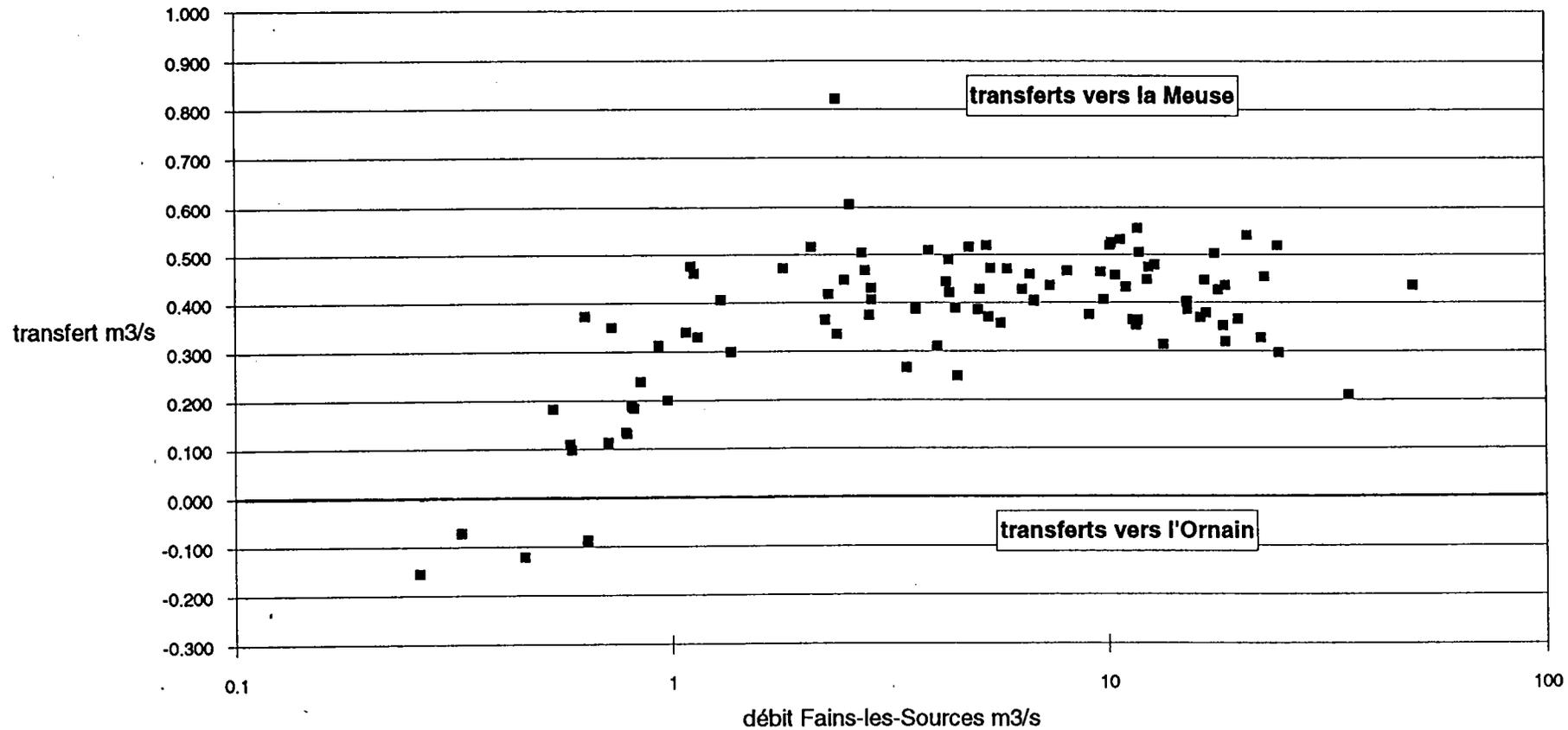
$$r = 0.81$$

$$Q_t \text{ (m}^3/\text{s)} = 0.3557 \log(Q_o \text{ (m}^3/\text{s)}) + 0.297$$

- qu'en étiage très sévère (1976) de récurrence de plus de 10 ans, les transferts se font au bénéfice de l'Ornain et sont de l'ordre de 100 l/s (tab.III.8).

Le nombre plus important de biefs sur le versant Meuse ainsi que les modes d'alimentation (gravitaires/pompages) privilégient les transferts vers la Meuse aux dépens de l'Ornain. Une grande partie de l'eau prélevée dans l'Ornain (70%) à Houdelaincourt quitte donc le bassin-versant topographique de l'Ornain vers celui de la Meuse via le bief de partage de Mauvages.

**fig. III.38 TRANSFERTS D'EAU VIA LE BIEF DE PARTAGE DE MAUVAGES EN FONCTION DES DEBITS DE L'ORNAIN A FAINS-LES-SOURCES
DONNEES MENSUELLES (1969-76)**



b. L'alimentation du canal à l'aval du bief de partage.

Le canal de la Marne au Rhin est alimenté non seulement par le bief de partage de Mauvages mais également par 8 prises d'eau (tab.III.6) sur l'Ornain, la Saulx et le ruisseau des Grands-Prés. Des sources d'alimentation secondaires, quantitativement médiocres contribuent également à la fourniture en eau du canal.

1. Les prises d'eau.

*** Evaluation des prélèvements.**

Ces prises d'eau sont toutes du même type que celle de Houdelaincourt (barrage de prise d'eau avec rigole d'alimentation). Cependant, elles n'alimentent pas le même nombre de biefs. En effet la prise de Naix-aux-Forges alimente 17 biefs (677960 m³) alors que celle de Remmenecourt, seulement 2 (135350 m³) (tab.III.6).

L'Ornain concentre la majeure partie des prises d'eau avec 6 barrages (y compris celui de Houdelaincourt). Les barrages de Houdelaincourt (1p), St Joire (14p), Naix-aux-Forges (21p), Tannois (36p), Chantereine (47p, ou de Grandpré à Bar-le-Duc) et de Mussey (53p) assurent l'alimentation de 59 biefs sur le tronçon étudié qui en compte 65.

Ces prises d'eau se répartissent en deux groupes distincts le long de l'Ornain. Le premier groupe concentre les prises d'eau dans le synclinal de Treveray (Houdelaincourt, St-Joire, Naix-aux-Forges) alors que le second est essentiellement localisé à la sortie du Barrois aux portes du Perthois (Tannois, Chantereine, Mussey).

Dans le Perthois, la prise de l'Ajot sur la Saulx est constituée d'un barrage à rideau de palplanches dénué de vannes, et d'une rigole qui alimente 4 biefs.

A Remmenecourt, une prise d'eau sur le ruisseau des Grands Prés (ou ruisseau des fontaines) donne naissance à une rigole d'alimentation (60p) grossie par une prise en gravière ("ballastière de Remmenecourt"). Cette gravière, dépendance du canal de la Marne au Rhin, appartenait à la Chambre d'Emprunt pour la construction du chemin de fer. Cette double prise d'eau alimente seulement 2 biefs de petite taille (886 m³).

Malheureusement, les débits de toutes ces prises d'eau sont inconnus faute de stations limnimétriques ou d'observations visuelles. Seules les campagnes d'étiage permettent d'appréhender globalement les débits prélevés (tab.III.6).

La somme des débits prélevés atteint environ 1.5 m³/s dont plus de 90% proviennent de l'Ornain.

C'est donc essentiellement l'Ornain qui alimente le canal de la Marne au Rhin sur le versant Marne.

La comparaison des débits prélevés avec ceux enregistrés à Fains-les-Sources montre que le canal de la Marne au Rhin soutire plus de la moitié des débits d'étiage de l'Ornain voire occasionnellement (campagne de mesure du 05/08/92) près de 65% privant ainsi les anciens moulins à eau d'une partie importante de leur puissance hydraulique. La somme des débits prélevés sur l'Ornain pour l'alimentation du canal de la Marne au Rhin correspond globalement au débit mensuel d'étiage de fréquence 0.6 à Fains-les-Sources sur l'Ornain. Ainsi, pour des étiages de sévérité moyenne à forte, le canal de la Marne au Rhin prélève plus de la moitié des débits de l'Ornain.

Cependant, les débits prélevés varient considérablement selon les prises d'eau.

La prise de Houdelaincourt présente des débits variables (de 245 à 1070 l/s) en fonction des situations hydrologiques. Les débits prélevés diminuent corrélativement à la sévérité d'étiage. L'alimentation du bief de partage est complétée en période d'étiage par les pompages de l'usine élévatrice de Void-Vacon. Néanmoins Houdelaincourt reste la prise d'eau la plus importante par ses débits prélevés.

A l'inverse, les prises de St-Joire et Tannois présentent des débits réguliers (200 à 250 l/s) quelle que soit la situation hydrologique.

Les prises d'eau qui alimentent le plus grand nombre de biefs (Naix-aux-Forges, Mussey) prélèvent paradoxalement moins d'eau. Situés à l'aval immédiat des deux groupes de prises d'eau, ces biefs bénéficient de l'apport amont, davantage par surverses sur les portes d'écluses que par les bassinées.

* Les effets des prises d'eau sur les écoulements de l'Ornain en période de basses-eaux.

Les profils hydrologiques de l'Ornain réalisés en période d'étiage permettent d'appréhender l'importance des prélèvements pour l'alimentation du canal de la Marne au Rhin.

Les profils hydrologiques dégagent 3 zones homogènes (fig.III.39):

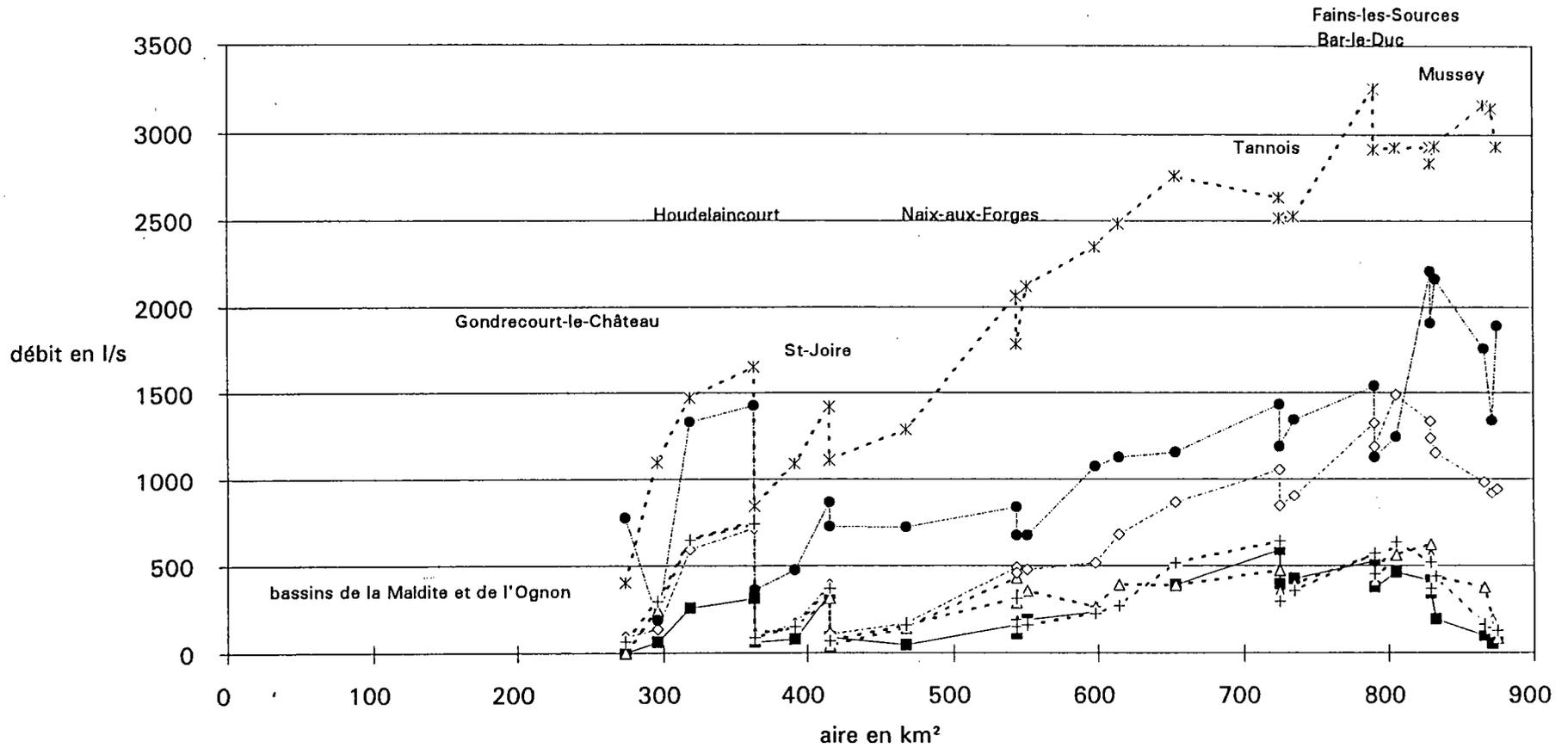
- de Gondrecourt-le-Château à Naix-aux-Forges.

Sur ce tronçon, les débits de l'Ornain sont très fortement contrastés. La prise de Houdelaincourt absorbe la totalité des apports hydrologiques du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château. Les écoulements bien que bénéficiant d'importantes ressources en eau sont indigents (moins de 200 l/s) car amputés de plus de 70% de leurs débits.

Le canal de la Marne au Rhin exploite donc les débits spécifiques naturels élevés sur ce tronçon mais prive l'Ornain d'importantes ressources en eau.

fig. III.39

PROFILS HYDROLOGIQUES DE L'ORNAIN DEBITS BRUTS



- de Naix-aux-Forges à Fains-les-Sources.

L'effet des prises d'eau de Tannois et de Chantereine (Bar-le-Duc) est moins net que sur le tronçon amont. Les débits prélevés représentent moins de 30% des débits de l'Ornain. Les écoulements de l'Ornain, reconstitués entre Naix-aux-Forges et Tannois présentent des débits réguliers et abondants.

- de Fains-les-Sources à Etrepy.

La prise de Mussey accentue la baisse naturelle des débits de l'Ornain perthoise qui témoigne d'écoulements "hypodermiques" dans le complexe alluvial de la Saulx-Ornain-Chée.

Les profils hydrologiques d'étiage de l'Ornain montrent que le canal de la Marne au Rhin est essentiellement alimenté par les tronçons supérieurs des deux groupes de prise d'eau garantissant une surverse permanente et importante sur les portes d'écluses vers l'aval. Cette gestion, en réduisant considérablement les débits de l'Ornain à l'aval immédiat de chaque groupe de prise d'eau explique les faibles débits prélevés observés à Naix-aux-Forges et Mussey.

2. Les sources d'alimentation secondaires.

Outre des ouvrages de prise d'eau spécifiques, le canal de la Marne au Rhin bénéficie également d'apports secondaires (annexe III.15).

Le ruisseau des Annonciades (28p) à Ligny-en-Barrois, quelques sources captées, et un rejet industriel de l'usine SODETAL (33p) constituent des apports presque négligeables par rapport aux ouvrages de prise d'eau sur l'Ornain.

Un fossé de contre-digue drainant les fuites et l'excès d'eau du canal (57p) débouche dans le bief n°54.

En période de fortes précipitations, le canal bénéficie des eaux de ruissellement des vallons de rive gauche de l'Ornain, lorsqu'il épouse le pied de la côte des Bars.

Sur l'interfluve Ornain-Meuse, traversé par le tunnel de Mauvages, les eaux de ruissellement sont drainées vers les sections aériennes du canal afin de limiter les infiltrations et de compléter l'alimentation du bief de partage.

Ces apports plus ou moins diffus ne sont que temporaires et quantitativement médiocres par rapport aux prises d'eau gravitaires. En effet, les campagnes de mesures montrent qu'en période d'étiage ces apports représentent moins de 1% de l'alimentation du canal de la Marne au Rhin.

Si le canal prélève une quantité importante des débits de l'Ornain, il en restitue également une partie par de nombreux dispositifs de rejets (déversoir, déchargeoir) et des fuites localisées ou diffuses.

B. LES REJETS DU CANAL DE LA MARNE AU RHIN.

L'enquête réalisée en 1994, en longeant le canal de Houdelaincourt à Etrepy, a permis de recenser avec précision les dispositifs de rejets du canal afin de mesurer leurs débits lors des campagnes d'étiage.

Sur le tronçon étudié, on dénombre 11 déversoirs (dispositif de trop-plein), et 8 déchargeoirs (dispositif de vidange), souvent associés.

Ces rejets donnent naissance à des rigoles de décharge (lorsque l'Ornain est toute proche) ou se déversent dans un cours d'eau qui traverse le canal par un aqueduc ou un siphon (lorsque l'Ornain est éloigné).

Le pont-canal, en surplombant l'Ornain est un site privilégié pour ces dispositifs car il fait l'économie d'une rigole de décharge (ponts-canaux de Menaucourt, Longeville). Ce système a également été observé sur les autres canaux lorrains (Arts I., 1993).

Si les rejets sont nombreux, ils sont, par contre, quantitativement médiocres. Lors de la campagne de mesures du 03/08/93, le cumul des rejets du canal atteint 94 l/s soit moins de 7% des débits prélevés sur l'Ornain. En moyenne le canal ne restitue donc qu'une infime partie (10%) des débits prélevés sur l'Ornain.

Les aqueducs et les siphons permettent aux cours d'eau affluents de traverser le canal en surface libre (aqueduc) ou en charge (siphon).

L'enquête de terrain montre que ces dispositifs de franchissement sont des zones privilégiées pour les fuites diffuses ou localisées. Le nombre élevé d'aqueducs-siphons sur ce tronçon (32) multiplie considérablement les interactions hydrologiques entre le canal et le réseau hydrographique.

En théorie, les fuites à travers les digues et le plafond du canal sont importantes lors de l'inauguration du canal ou en période de chômage, mais décroissent fortement avec le colmatage naturel. En réalité, l'hétérogénéité des matériaux utilisés pour la construction des digues (augmentation du tirant d'eau) provoque une discontinuité matérialisée par un niveau de fuites plus ou moins diffuses.

Les infiltrations, bien que limitées par un rideau discontinu de palplanches sont soit recueillies dans les fossés de contre-digue pour être rejetées dans le bief inférieur (bief n°55) soit diffuses vers la nappe alluviale de l'Ornain.

Les zones humides observées le long du canal matérialisent ces secteurs d'infiltrations diffuses.

Lors de la campagne de mesures du 03/08/93, les fuites importantes localisées ont été estimées à 112 l/s dont 50% retournent dans le canal par les fossés de contre-digue.

Cependant, l'extrême diffusion des fuites proscrit toute mesure de débit. La quantification approximative des infiltrations ne peut être appréhendée qu'avec un bilan global des échanges entre l'Ornain et le canal.

C. ESSAI DE BILAN DES ECHANGES HYDROLOGIQUES ENTRE L'ORNAIN ET LE CANAL.

L'essai de bilan des échanges hydrologiques entre l'Ornain (en amont de Fains-les-Sources) et le canal de la Marne au Rhin repose essentiellement sur les mesures de débits effectuées lors des campagnes d'étiage (tab.III.9, fig.III.40).

a. Les termes du bilan.

Les débits prélevés (Q_p) sur le réseau hydrographique de l'Ornain ainsi que les rejets du canal (Q_r) ont été mesurés lors des campagnes d'étiage (annexes III.17).

Les débits prélevés pour l'alimentation du bief de partage de Mauvages nous ont été fournis par le Service de la Navigation (pompages de Void-Vacon) et en partie mesurés (Houdelaincourt).

Les transferts (Q_t) vers le bassin de la Meuse via le bief de partage ont été calculés à partir des débits de Houdelaincourt et de Void-Vacon.

L'écoulement (Q_e) dans le canal a été estimé à partir d'une surverse de 5 cm sur les portes d'écluses (150 l/s) et le nombre des bassinées communiqué par le Service de la Navigation du Nord-Est (annexe III.18). Cependant ce calcul théorique masque une réalité bien différente. Les fuites au niveau des vantelles des écluses et les vitesses d'écoulement (1 à 2 cm/s) observées dans les biefs lors des campagnes de mesures militent en faveur d'importants débits de l'ordre de 1.5 m³/s.

L'évapotranspiration potentielle (Q_{etp}) est tributaire d'un grand nombre de facteurs (température, humidité de l'air, vitesse du vent, végétation sur les digues du canal). Elle a été calculée par Météo-France à la station de Nancy-Tomblaine (annexe III.18) et traduite en débits (pour un canal de 17 m de largeur et 55 km de longueur).

"On a estimé que pour un canal Freycinet, l'évaporation fait perdre, au maximum 0.200 m³/m linéaire et par jour, pendant les mois les plus chauds" (Agence de Bassin Seine-Normandie, 1978). Ces chiffres traduits en l/s/km linéaire et appliqués aux 55 km de canal concerné sont de l'ordre de 127 l/s.

Les fuites importantes localisées (Q_f) qui ne retournent pas au canal ont été mesurées lors des campagnes de jaugeage.

Les infiltrations diffuses ainsi que les pertes d'eau (Q_i) non récupérées (zones humides) sont calculées à partir des autres termes du bilan avec la formule suivante:

$$Q_i = Q_p - (Q_r + Q_e + Q_t + Q_{etp})$$

Le mode de calcul de chaque paramètre du bilan est présenté en annexe .

b. Interprétation des résultats (fig.III.40).

1. Généralités.

La totalité des débits prélevés pour alimenter le canal provient de l'Ornain. Ces prélèvements varient considérablement selon la sévérité de l'étiage (de 890 l/s à 2031 l/s). Cependant, en proportion, ils représentent en moyenne 60% du débit de l'Ornain. Ces prélèvements sont d'autant plus préjudiciables pour l'Ornain qu'une partie du volume prélevé (15%) ne retourne pas dans le bassin-versant mais est transférée vers le bassin de la Meuse par le bief de partage de Mauvages.

Les rejets du canal vers l'Ornain sont faibles comparativement aux prises d'eau (en moyenne 10% des débits prélevés).

L'écoulement dans le canal dépend davantage des surverses sur les portes d'écluses et des fuites au niveau des vantelles que des bassinées car le trafic est relativement faible (5 bateaux/jour). En théorie, il se stabilise à 200 l/s et garantit l'alimentation des biefs inférieurs. Cependant, l'expérience nous montre qu'il est beaucoup plus important avec des débits de l'ordre de 1.5 m³/s.

L'évapotranspiration représente une infime partie (de 1 à 3%) du volume prélevé.

2. Evaluation des pertes par infiltration.

Par contre, les pertes par infiltration varient considérablement en fonction du mode de calcul de l'écoulement dans les biefs.

*** Hypothèse 1.**

En considérant que l'écoulement dans le canal est uniquement représenté par les bassinées et les surverses sur les portes d'écluses, les pertes par infiltration sont très importantes car elles représentent en moyenne 60% des prélèvements sur l'Ornain et sont de l'ordre de 15 l/s/km linéaire de canal soit près de trois fois plus que sur un canal Freycinet classique. *"Suivant la géologie des terrains traversés les pertes par infiltration sont généralement comprises entre 0.350 (4 l/s/km) et 0.500 m³/m linéaire (6 l/s/km) et par jour pour un canal Freycinet"* (Agence de bassin Seine-Normandie, 1978).

tab. III.9

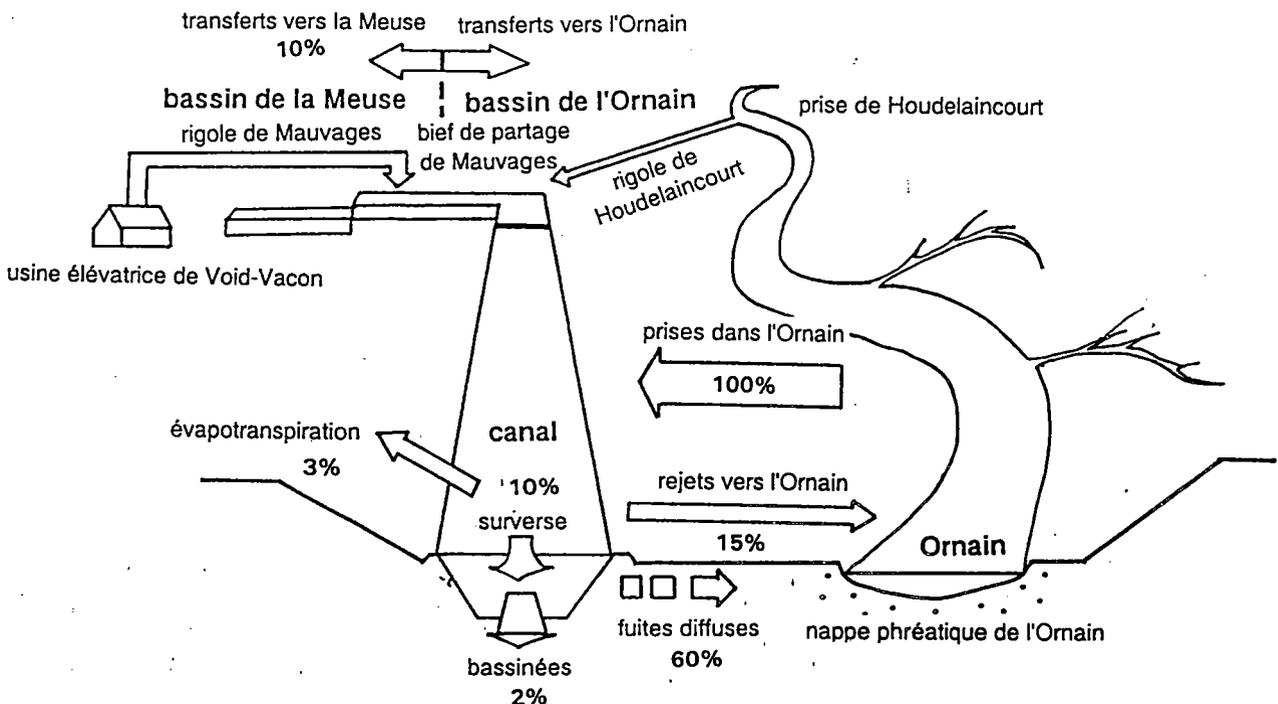
BILAN HYDROLOGIQUE DES ECHANGES ENTRE LE CANAL ET L'ORNAIN A FAINS-LES-SOURCES

termes du bilan (l/s)	17/09/1991	05/08/1992	03/08/1993	27/06/1995	21/08/1995	11/10/1995	observations
débit Orvain Fains-les-Sources	459	558	1489	1240	633	2926	mesuré
indice de sévérité Sn%	4.4	5.3	14.2	11.8	6	28	
fréquence QMNA %	9.3	16.6	72.7	65.9	22.4	93.6	
durée de retour (année)	11	6			4		
A débit total prélevé	890	1326	1282	2031	1570	1863	mesuré
B débit rigole de Houdelaincourt	245	641	621	1070	651	809	mesuré
C débit pompage Void-Vacon	542	438	248	0	219	0	mesuré
D transfert vers Meuse	0	102	187	535	216	405	$D = C - ((C + D)/2)$
E transfert vers Orvain	149	0	0	0	0	0	$E = B - ((B + C)/2)$
F débit bassinées	36	50	43	14	14	7	calculé
G surverse porte d'écluse	150	150	150	150	150		calculé
H débit total rejets	130?	130?	135	182	131	369	mesuré
I évapotranspiration potentielle	39	47	45	65	50	40	calculé
J pertes par infiltrations	535	848	723	1085	1009	892	$J = A - (D + F + G + H + I)$
K pertes spécifique (l/s/km)	10	15	13	20	18	16	$K = J/55 \text{ km}$
L retour total à l'Orvain	665	978	858	1267	1140	1261	$L = J + H$
M retour spécifique (l/s/km)	12	18	16	23	21	23	$M = L/55 \text{ km}$

HYPOTHESE 1

fig. III.40 SCHEMA DU BILAN GLOBAL DES ECHANGES ENTRE L'ORNAIN ET LE CANAL DE LA MARNE AU RHIN A FAINS-LES-SOURCES

(en pourcentage du total des prélèvements sur l'Orvain)



L'ancienneté du canal ainsi que l'hétérogénéité des matériaux de construction des digues expliquent en partie ces chiffres. Mais c'est davantage la nature calcaire du substratum qui entretient les infiltrations. Ces dernières "*peuvent être beaucoup plus élevées pour des canaux anciens à la traversée des formations du calcaire jurassique*" (Agence de bassin Seine-Normandie, 1978).

Ces pertes spécifiques moyennes cachent d'importantes disparités spatiales. En effet, les zones marécageuses observées le long de certains biefs (N°54, 55 et 56) témoignent d'importantes fuites alors que sur d'autres biefs, celles-ci n'apparaissent pas.

Ainsi, par ses pertes diffuses et ses rejets, le canal de la Marne au Rhin restitue environ 70% de l'eau prélevée à l'Ornain vers le réseau hydrographique (rejets), la nappe alluviale de l'Ornain et les aquifères calcaires (infiltrations). Le devenir des infiltrations reste donc hypothétique. En effet, en considérant que la totalité des infiltrations rejoignent l'Ornain, nous avons proposé des profils hydrologiques reconstitués de l'Ornain qui, comparés aux profils réalisés avec les débits mesurés, montrent un déficit compris entre 400 et 600 l/s à Fains-les-Sources (annexe III.19).

Ce déficit varie considérablement le long du cours d'eau. En situation de basses-eaux (11/10/95, 27/06/95, 03/08/93) il est relativement stable sur le linéaire de l'Ornain. Par contre en situation d'étiage (17/09/91, 15/08/92), le déficit est en proportion plus important entre Houdelaincourt et Naix-aux-Forges, soit dans la traversée des calcaires portlandiens (synclinal de Treveray).

* Hypothèse 2.

En considérant que l'écoulement dans les biefs du canal est de l'ordre de 1.5 m³/s dont 450 l/s vers le bassin-versant de la Meuse via le bief de partage de Mauvages, le canal est quasi hermétique. Dans ce cas, le bassin-versant de l'Ornain perd en moyenne 850 l/s (41 mm) vers le bassin de la Marne et 450 l/s vers celui de la Meuse (17 mm).

Le canal de la Marne au Rhin perturbe considérablement les écoulements de l'Ornain. En l'absence de réservoir de bief de partage (substratum calcaire), la totalité des prélèvements provient du réseau hydrographique dont la majorité sur l'Ornain. L'ancienneté de la voie d'eau mais surtout le caractère calcaire du substratum confèrent au canal d'importantes fuites qui poussent à suralimenter les biefs (surverses sur les ouvrages de décharge et les portes d'écluses). Cette gestion du canal aggrave les effets des prises d'eau sur les écoulements de l'Ornain qui perd près de la moitié de son potentiel hydraulique, limitant ainsi considérablement la reconversion des anciens moulins.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

L'interfluve Marne-Meuse présente d'importantes ressources minérales, forestières et hydrogéologiques propices aux aménagements hydrauliques des cours d'eau. La Saulx et l'Ornain ont connu dès le Moyen-Age l'installation de plusieurs activités industrielles (sidérurgie, industries textiles et papetières) sur l'eau par le biais du moulin hydraulique.

Jusqu'à la première moitié du XIX^{ème} siècle, la gestion de ce patrimoine hydraulique était assurée par l'Administration qui garantissait le partage équitable des ressources en eau dans le bassin-versant.

Avec la Révolution Industrielle et la modernisation des voies de communication, les activités industrielles ont migré dans le Perthois et les moulins hydrauliques furent progressivement abandonnés ou en partie détruits.

La reconversion du patrimoine hydraulique depuis une vingtaine d'années pose le problème du partage équitable de la ressource en eau, (intrinsèquement hétérogène dans l'espace en pays calcaire) et de l'obsolescence juridique des moulins face aux nouveaux usages de l'eau.

La reconversion récente des ouvrages affecte les tronçons à forts rendements hydrologiques. L'hétérogénéité spatiale des ressources en eau, inhérente à la nature calcaire du substratum détermine alors des tronçons critiques où les problèmes et litiges entre usiniers et riverains abondent (Saulx barroise inférieure).

A l'inverse, sur les tronçons à faibles rendements hydrologiques (synclinal de Treveray), les ouvrages sont désaffectés mais participent encore à la vie des villages.

Sur l'Ornain, le canal de la Marne au Rhin diminue de manière significative le potentiel hydraulique du cours d'eau, ce qui limite considérablement la reconversion des anciens moulins. L'absence de réservoir de bief de partage, inhérent à la nature calcaire du substratum, accentue les perturbations hydrologiques du canal sur les écoulements de l'Ornain.

Cependant, la connaissance des influences hydrologiques du canal sur l'Ornain passe par une évaluation précise de l'écoulement dans les biefs assurée par un réseau de mesures encore inexistant. Cette évaluation est une priorité fondamentale pour la compréhension des écoulements de l'Ornain car elle cale le bilan de l'eau du bassin.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, il apparaît restrictif de présenter en pays calcaire, les écoulements d'un cours d'eau en se limitant au bassin-versant. En effet, les écoulements sont fondamentalement inféodés à la dominante structurale qui détermine les différents niveaux de base et guide les écoulements souterrains, lesquels font abstraction des limites topographiques. L'étude précise du contexte morfo-structural est à ce titre déterminant dans l'explication des écoulements.

L'étagement respectif des différentes entités structurales, induit par la tectonique souple et cassante détermine des circulations d'eau souterraine préférentielles aux dépens des écoulements de surface. La réorganisation de ces écoulements prépare de futures captures de réseau hydrographique. Les zones de captures tendent à migrer en amont des bassins-versants et sont étroitement liées au contexte morfo-structural (synclinaux). Le démantèlement du réseau mosan issu de la concurrence entre la subsidence du Bassin Parisien et l'enfoncement du rift rhénan au quaternaire récent a provoqué une réorganisation des écoulements, notamment sur l'interfluve Marne-Meuse. Les captures actives qui en résultent accentuent la disparité spatiale de la ressource en eau, déjà marquée par l'anisotropie des aquifères karstiques.

L'hétérogénéité des ressources en eau est une constante en pays calcaire. Les méthodes hydrologiques révèlent ces disparités spatiales et permettent de mieux caractériser les modalités d'écoulement souterrain notamment dans la zone noyée. La zone d'infiltration est globalement connue. Elle est alimentée par un karst de contact lithostratigraphique sous couverture relativement connue car pénétrable. Par contre, la zone noyée reste peu étudiée; seules les méthodes hydrologiques accompagnées de quelques mesures de paramètres physico-chimiques permettent de mieux mettre en évidence les écoulements en zone saturée. La vidange des aquifères karstiques dans le Barrois s'effectue davantage par drainage par des grands axes hydrographiques (Saulx, Ornain) que par des exurgences. La majeure partie de l'écoulement de surface a transité en souterrain, même en période de crue ce qui présage d'importants réseaux en régime noyé. Le remblaiement fini-quaternaire des fonds de vallée par les alluvions a provoqué la fossilisation d'anciens chenaux et d'exurgences aujourd'hui sous alluviales. La connaissance des écoulements des cours d'eau et des aquifères en pays calcaire doit donc particulièrement s'attacher aux modalités de drainage des nappes qui passe inmanquablement par une approche hydrologique des phénomènes.

Outre la complexité des écoulements, l'étude hydrologique et hydraulique de la Saulx et de l'Ornain fait apparaître l'intense anthropisation des cours d'eau et les problèmes d'aménagement inhérents à la nature karstique des écoulements. Le partage équitable de la ressource en eau s'avère difficile en pays calcaire ce qui génère d'importants conflits d'usage. Lorsque la force motrice de l'eau représentait la seule source énergétique, l'Administration publique assurait le bon fonctionnement des ouvrages grâce aux règlements d'eau. L'abandon progressif de l'énergie hydraulique et du

chauffage au bois a provoqué la désaffectation des cours d'eau et la migration des centres économiques sur les grandes voies de communication. Sur la Saulx, la reconversion récente des anciens moulins à eau s'effectue préférentiellement sur les tronçons riches en eau (saturation rapide) et soulève le problème de l'obsolescence des règlements d'eau (réorientation des usages de l'eau).

Sur l'Ornain, en absence de réservoir de bief de partage (substratum calcaire), les prises d'eau du canal de la Marne au Rhin amoindrissent considérablement le potentiel hydraulique du cours d'eau et limitent ainsi toute reconversion des anciens moulins. Ceci illustre un conflit d'usage entre des intérêts publics (voie navigable) et privés.

Les problèmes actuels d'aménagement des cours d'eau découlent donc essentiellement des conditions morpho-structurales qui déterminent l'hétérogénéité spatiale des ressources et du poids du passé. Dans la frénésie du progrès technologique d'après guerre, l'homme a cru pouvoir se détacher des contraintes du milieu physique en se sentant comme le principal acteur d'un espace uniforme. La réalité nous montre pourtant qu'il en est loin, notamment en pays calcaire où les disparités spatiales prédominent.

Cependant, afin d'apprécier la représentativité de l'impact des contraintes physiques en pays calcaire sur l'aménagement des cours d'eau, un élargissement à d'autres bassins lorrains voire français s'impose... . L'équipement hydrométrique du canal de la Marne au Rhin encore inexistant est une priorité car il cale le bilan hydrologique du bassin de l'Ornain et permet de mieux comprendre les influences hydrologiques des voies d'eau sur les cours d'eau. Enfin, l'équipement des principales exurgences côtés Marne et Meuse, précédé par des opérations de traçages permettrait de mieux connaître les écoulements souterrains de l'interfuve Marne-Meuse.

LISTE DES FIGURES

1ère partie

- I.1 Les pays des côtes du nord-est de la France.
- I.2 Coupes géologiques dans le Haut-Pays.
- I.3 Diagramme des directions de fracturation (carrière de Gondrecourt-le-Château).
- I.4 Schéma de circulation de l'eau dans le Haut-Pays.
- I.5 Le karst du Haut-Pays.
- I.6 Fontaine n°1 du Bois de Trampot - formation des fontaines dans le Haut-Pays.
- I.7 Réseau karstique de Grand - Régime piézométrique de la galerie naturelle.
- I.8 Gouffre-grotte HADES - Profil type d'une galerie du réseau HADES.
- I.9 Le Cul du Cerf.
- I.10 Coupes géologiques dans l'Ornois.
- I.11 Schéma de circulation de l'eau dans l'Ornois.
- I.12 Coupe géologique dans le Barrois.
- I.13 Synthèse géologique des calcaires du Barrois.
- I.14 Epaisseur des alluvions de l'Ornain entre Guerpont et Bar-le-Duc.
- I.15 Coupes géologiques à travers le fossé tectonique de la Marne.
- I.16 Piézométrie de la nappe des calcaires de Dommartin et des calcaires Cariés et Tâchetés.
- I.17 Schéma de circulation de l'eau dans le Barrois.
- I.18 Circulation de l'eau sur l'interfluve Marne-Saulx.
- I.19 le karst de l'interfluve Marne-Saulx.
- I.20 Profil en long de l'Ornain - largeur du lit majeur de l'Ornain - coupes transversales de la vallée de l'Ornain.
- I.21 Profil en long de la Saulx - largeur du lit majeur de la Saulx - coupes transversales de la vallée de la Saulx.

I.22 Le Perthois au niveau de l'étranglement d'Alliancelles-Sermaize.

I.23 La capture de la Saulx-Ornain.

I.24 Fréquences des masses d'air du Bassin Parisien, en % de 1899 à 1939 d'après Pédélaborde P. (1958), fréquence des masses d'air à Metz-frescaty, en % de 1986 à 1991.

I.25 Fréquence (1 pour 1000) des vents (période 1931-1960).

I.26 Fréquences des masses d'air à Metz entre 1986 et 1991, fréquences des flux à Metz entre 1986 et 1991.

I.27 Fréquences des centres d'action, en % à Metz-Frescaty de 1986 à 1991, fréquences des types de temps du Bassin Parisien, en% de 1926 à 1950 d'après Pédélaborde P. (1958).

I.28 Profils pluvio-thermiques du nord de la France.

I.29 Pays des côtes et structure des précipitations annuelles du nord-est de la France.

I.30 Climogrammes de Loxéville-Erneville, Brest, Paris, Strasbourg et Sewen.

I.31 Regime des précipitations, nombre de jours de pluies, tranche pluviométrique quotidienne, températures, ensoleillement en heures.

I.32 Equipement thermo-pluviométrique du bassin-versant de la Saulx et de ses environs.

I.33 Cusum de Ligny-en-Barrois et de Neufchâteau - pluies annuelles à Ligny-en-Barrois et Neufchâteau (1928-90).

I.34 Diagrammes de corrélation entre stations pluviométriques.

I.35 Régionalisation des précipitations annuelles en fonction des corrélations entre stations pluviométriques.

I.36 Répartition spatiale des pluies annuelles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (1969-90).

I.37 Répartition spatiale des écarts-types des pluies annuelles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (1969-90).

I.38 Répartition spatiale des coefficients de variation des pluies annuelles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (1969-90).

I.39 Corrélation entre les précipitations moyennes annuelles et les altitudes des postes.

I.40 Indice de continentalité de Coutagne et régime pluviométrique selon Musset (1969-90).

I.41 Régime des précipitations en mm (1969-90).

I.42 Régime des précipitations en % de la moyenne annuelle (1969-90).

I.43 Régimes pluviométriques (1969-90).

I.44 Régime du coefficient de variation pluviométrique (1969-90).

I.45 Régimes pluviométriques de fréquences caractéristiques.

I.46 Evolution de l'insolation à Saint-Dizier et des températures à Loxéville de 1969 à 1990.

I.47 Températures moyennes annuelles de 1969 à 1990.

I.48 Corrélation altitudes des postes et températures moyennes annuelles (1969-90).

I.49 Régime des températures (a), régime des coefficients de variation des températures (1969-90).

I.50 Evapotranspiration annuelle de 1969 à 1990 à Mognéville et Fains-les-Sources.

I.51 Surplus hydriques en mm (a), en % des précipitations (b).

I.52 Bilans hydriques de la Saulx (a) et de l'Ornain (b).

2nd partie

II.1 Equipement hydrométrique du bassin-versant de la Saulx-Ornain en 1994.

II.2 Périodes d'observation des stations hydrométriques du bassin-versant de la Saulx-Ornain.

II.3 Corrélation précipitations/déficits d'écoulement de plusieurs bassins-versants lorrains et de la Loire.

II.4 (a) Modules annuels à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90), (b) débits spécifiques annuels à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.5 Cusum à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.6 Régimes hydrologiques de la Saulx et de l'Ornain.

II.7 Régimes des coefficients de variation des débits mensuels à Mognéville et Fains-les-sources (1969-90), rapport des débits mensuels décennaux secs et humides à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.8 Régimes hydrologiques à Mognéville et Fains-les-Sources en séries sèches et humides (1969-90).

II.9 Régimes des coefficients de variation à Mognéville et Fains-les-Sources en série sèche et humide.

II.10 Régimes hydrologiques en fréquences caractéristiques à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.11 Courbes des débits mensuels classés à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.12 Distributions des débits moyens journaliers à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.13 Courbes des débits moyens journaliers classés à Mognéville et fains-les-Sources (1969-90).

II.14 Rapport des débits moyens journaliers de Fains-les-Sources et de Mognéville.

II.15 Fréquences des débits moyens mensuels d'étiage à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90), distribution des débits moyens mensuels d'étiage à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.16 Débits spécifiques mensuels d'étiage de fréquence 1/2 de quelques cours d'eau lorrains.

II.17 Débits moyens mensuels d'étiage à Mognéville et Fains-les-Sources, indice de sévérité de l'étiage mensuel à Mognéville et Fains-les-Sources de 1969 à 1990.

II.18 Régime des fréquences d'apparition des débits maximums instantanés (histogrammes de distribution).

II.19 Courbes des débits maximums instantanés mensuels classés à Mognéville et fains-les-Sources.

II.20 Courbes des débits journaliers max. mensuels classés à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.21 Profils des débits de pointe de crue aux stations hydrométriques de la Saulx.

II.22 Part des bassins-versants dans le débit de pointe de crue à Mognéville.

II.23 Méthode de séparation des écoulements (hydrogramme).

II.24 Profils des volumes de crue aux stations hydrométriques de la Saulx, évolution des coefficients de Myer-Coutagne aux stations hydrométriques de la

Saulx.

II.25 Schéma du bilan de l'eau d'un bassin-versant de type karstique.

II.26 Bilan hydrologique à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.27 Part des débits de base moyens à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.28 Régime des débits de base moyens à Mognéville et Fains-les-Sources, régime des débits de base maximums à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.29 Essai de bilan de l'eau.

II.30 Classement des débits des campagnes de jaugeage aux points caractéristiques de la Saulx.

II.31 Profils hydrologiques de la Saulx.

II.32 Profils hydrologiques de l'Orge.

II.33 Schéma d'alimentation de la Saulx barroise.

II.34 Profils hydrologiques de l'Ornain.

II.35 Profils hydrologiques lissés de la Saulx.

II.36 Profils hydrologiques de basses-eaux de référence.

II.37 Profils hydrologiques reconstitués et lissés de l'Ornain.

II.38 Profils de températures de la Saulx, le matin et le soir.

II.39 Profils de variation nyctémérales de la conductivité, profils des amplitudes thermiques nyctémérales de la Saulx.

II.40 Profils de conductivité de la Saulx, le matin et le soir.

II.41 Schéma hydrographique d'étiage de la Saulx et de l'Ornain.

II.42 Cartographie des rendements hydrologiques d'étiage des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain.

II.43 Cartographie des rendements hydrologiques d'étiage sur l'interfluve Marne-Meuse.

3ème partie

III.1 Moulin hydraulique à axe vertical (a), exemple de moulin hydraulique antique (b).

- III.2 Nombre de moulins à blé urbains ou péri-urbains (a), évolution du nombre de moulins hydrauliques en France de 1844 à 1975 (b).
- III.3 Usages des moulins hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain vers 1850
- III.4 Le patouillet, le bocard.
- III.5 Bocard composé de Bouchon/Saulx
- III.6 Forge hydraulique au XVIème siècle, un haut-fourneau au XVIème siècle, soufflerie de forge au XVème siècle.
- III.7 Soufflerie de forge hydraulique, vue intérieure d'une forge au XVIIIème siècle.
- III.8 Le bocard de la Malmaison de 1834 à 1994.
- III.9 Forge hydraulique de Pont/Saulx en 1838.
- III.10 Plan de Bertheleville, plan d'Ecurey.
- III.11 Le moulin à papier.
- III.12 Les papeteries de Jean d'Heurs au XIXème siècle.
- III.13 Scie hydraulique de type vénitien, scie hydraulique à roue à rochet.
- III.14 Ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain vers 1850.
- III.15 Présentation des équipements hydrauliques du moulin à eau.
- III.16 Typologie des roues hydrauliques et des moulins à eau.
- III.17 Exemple de repères de niveau légal de retenue.
- III.18 Le Bocard de Ménil/Saulx de 1854 à 1994.
- III.19 Exemple de rupture de barrages suite au manque d'entretien des ouvrages.
- III.20 Ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain en 1994.
- III.21 Les ouvrages hydrauliques de St-Joire à Naix-aux-Forges.
- III.22 Le flottage du bois sur l'Ornain au XVIIIème siècle.
- III.23 Typologie des sites des ouvrages hydrauliques du bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain.
- III.24 Usages des moulins hydrauliques en 1994.

- III.25 Types de micro-centrales hydroélectriques sur la Saulx et l'Ornain.
- III.26 Consistance légale des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain (a), dates des règlements d'eau des ouvrages hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain (b).
- III.27 Fonctionnement des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain.
- III.28 Potentialités de franchissement des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain (graph.).
- III.29 Potentialités de franchissement des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain (carte).
- III.30 Types de passes à poisson adaptables sur la Saulx et l'Ornain.
- III.31 Dates de construction et d'ouverture des canaux de navigation dans le quart nord-est de la France.
- III.32 Travaux d'étanchement du canal de la Marne au Rhin, barbacanes à clapets (a), drainage des canaux (b).
- III.33 Coupe géologique de long du tunnel de Mauvages.
- III.34 Carte du canal de la Marne au Rhin (section Saulx-Ornain).
- III.35 Schéma d'alimentation des canaux lorrains.
- III.36 Schéma d'alimentation du bief de partage de Mauvages.
- III.37 Alimentation du bief de Mauvages (régime).
- III.38 Transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages en fonction des débits de l'Ornain à Fains-les-Sources, données mensuelles (1969-76).
- III.39 Profils hydrologiques de l'Ornain en débits bruts (a) et spécifiques (b).
- III.40 Schéma du bilan global des échanges entre l'Ornain et le canal de la Marne au Rhin à Fains-les-Sources.

LISTE DES TABLEAUX

Première partie

I.1 Représentativité de la période 1969-90 aux postes pluviométriques de Neufchâteau et de Ligny-en-Barrois.

I.2 Gradients pluviométriques en France.

I.3 Températures moyennes annuelles et mensuelles (1969-90).

I.4 Fréquences des mois de gel en %.

I.5 Paramètres de définition des Pays du bassin-versant de la Saulx-Ormain.

Seconde partie

II.1 Débits à Couvonges et Mognéville lors des campagnes de mesures en basses-eaux.

II.2 Modules à Couvonges-Mognéville (Saulx) et à Fains-les-Sources (Ormain) sur la période 1969-90.

II.3 Débits annuels fréquents à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources.

II.4 Déficit d'écoulement à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.5 Débits moyens journaliers à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.6 Débits mensuels d'étiage à Couvonges-Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.7 Débits mensuels d'étiage de fréquences caractéristiques à Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.8 QCN10 à Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.9 Débits de pointe de crue à Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources.

II.10 Rendements de crue maximale de bassins-versants lorrains.

II.11 Débits fréquents de pointe de crue à Mognéville et à Fains-les-Sources.

II.12 Débits de pointe de crue mensuels triés à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.13 Débits moyens journaliers maximums annuels à Mognéville et Fains-les-

Sources.

II.14 Débits moyens journaliers maximums annuels fréquents à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.15 Débits moyens journaliers maximums mensuels triés à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.16 Débits moyens journaliers maximums triés fréquents à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.17 Débits de pointe et fréquences des crues observées à Mognéville.

II.18 Volumes de crues observés.

II.19 Rapports débits de pointe/volume de crue.

II.20 Coefficient de tarissement mensuel selon les méthodes du bilan hydrologiques et de la séparation des écoulements.

II.21 Débits de base (Q_b) et débits de ruissellement (Q_r) sur la Saulx et l'Ornain.

II.22 Fluctuations des hauteurs d'eau et situations hydrologiques des campagnes de jaugeage aux stations hydrométriques.

Troisième partie

III.1 Mentions de moulins antiques.

III.2 Industrie textile sur la Saulx et l'Ornain en 1847.

III.3 Typologie des sites des moulins à eau de la Saulx et de l'Ornain.

III.4 Caractéristiques des microcentrales hydroélectriques et des piscicultures de la Saulx et de l'Ornain en 1994.

III.5 Débits réservés au droit des ouvrages hydrauliques sur la Saulx.

III.6 Prises d'eau du canal de la Marne au Rhin (section Saulx-Ornain).

III.7 Mode d'alimentation du bief de partage de Mauvages en fonction de la situation hydrologique de l'Ornain.

III.8 Transferts d'eau via le bief de partage de Mauvages en fonction de la situation hydrologique de l'Ornain à Fains-les-Sources.

III.9 Bilan des échanges entre le canal et l'Ornain à Fains-les-Sources.

LISTE DES ANNEXES

1^{ère} partie

- I.1 Carte géologique simplifiée du Barrois méridional.
- I.2 Profil litho-stratigraphique du Barrois.
- I.3 Structure de l'Est du Bassin-Parisien.
- I.4 Carte tectonique du bassin-versant de la Saulx-Ornain.
- I.5 Types de perméabilités et de porosités des roches et des formations superficielles.
- I.6 Carte des sources du bassin-versant de la Saulx et de l'Ornain.
- I.7 Inventaire des traçages du Barrois et de ses pourtours immédiats (tableau).
- I.8 Inventaire des traçages du Barrois et de ses pourtours immédiats (carte).
- I.9 Diagramme des directions de fracturation (Rupt-du Puits).
- I.10 Localisation des fosses dans la vallée de la Saulx, les fosses de la vallée de la Saulx.
- I.11 Formation des fosses de la vallée de la Saulx.
- I.12 Exurgences de rive gauche de la Saulx entre Rupt-aux-Nonains et Mognéville.
- I.13 Localisation des puits ou forages creusés dans le Portlandien.
- I.14 Schéma de circulation de l'eau dans le Barrois.
- I.15 Les méandres perchés des vallées de la Saulx et de l'Ornain.
- I.16 Fréquences mensuelles des masses d'air sur le Bassin-Parisien (1946-50), fréquences saisonnières et mensuelles des types de temps sur le Bassin-Parisien.
- I.17 Données climatologiques de Brest, Paris, Loxéville et Strasbourg, et localisation des stations climatologiques de référence et précipitations moyennes.
- I.18 Périodes d'observation des stations thermo-pluviométriques.
- I.19 Cusum des stations pluviométriques du Haut-Pays, de l'Ornois, du Barrois, du Perthois et de la vallée de la Meuse.

I.20 Sites des stations pluviométriques de Révigny/Ornain, Ligny-en-Barrois et Commercy.

I.21 Matrice de corrélation des précipitations moyennes annuelles de 1969 à 1990.

I.22 Précipitations moyennes annuelles sur la période 1969-90.

I.23 Répartition spatiale des pluies annuelles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (série sèche).

I.24 Répartition spatiale des pluies annuelles dans le bassin-versant de la Saulx-Ornain (série humide).

I.25 Corrélations entre les altitudes des postes pluviométriques et les précipitations moyennes annuelles (1969-90) en série sèche et humide.

I.26 Polygones de Thiessen.

I.27 Tableau de comparaison de la pluie moyenne des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain calculé à partir des méthodes des isohyètes et de Thiessen.

I.28 Ajustement des pluies moyennes annuelles des bassins-versants de la Saulx (Mognéville) et de l'Ornain (Fains-les-Sources).

I.29 Précipitations annuelles de fréquences caractéristiques des bassins-versants de la Saulx (Mognéville) et de l'Ornain (Fains-les-Sources).

I.30 Précipitations saisonnières et mensuelles (1969-90).

I.31 Part des précipitations mensuelles en % dans le total annuel.

I.32 Précipitations mensuelles de fréquences caractéristiques des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain.

I.33 Algorithme de la méthode du Bilan hydrique.

2nde partie

II.1 Courbes de tarage des stations hydrométriques de la Saulx et de l'Ornain.

II.2 Corrélation des hauteurs d'eau relevées simultanément à Saudrupt, au pont de la RN35 et à la station hydrométrique.

II.3 Corrélation entre les hauteurs d'eau des stations de Couvonges et Mognéville.

II.4 Doubles cumuls des modules de Couvonges et de Fains-les-Sources

(1969-90).

II.5 Précipitations et déficits d'écoulement de plusieurs bassins-versants lorrains et liguriens.

II.6 Corrélation pluie/lame d'eau écoulée à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.7 Hydraulicité des modules à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.8 Déficits d'écoulement à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.9 Lames d'eau à Mognéville et à Fains-les-Sources (1969-90).

II.10 Rapports entre Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.11 Pertes calculées sur la Saulx et l'Ornain de 1969 à 1990.

II.12 Ajustement des débits annuels à Couvonges-Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.13 Régime hydrologique des années sèches et humides à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.14 Régime hydrologique des années sèches et humides à Mognéville et Fains-les-Sources ($l/s/km^2$).

II.15 Débits moyens mensuels à Mognéville et Fains-les-Sources (1969-90).

II.17 Débits moyens mensuels d'étiage et QCN10 à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.18 Débits spécifiques mensuels d'étiage de fréquence 1/2.

II.19 Ajustement des débits mensuels d'étiage à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.20 Débits instantanés maximums à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.21 Ajustement des débits maximums instantanés annuels.

II.22 Ajustement des débits moyens journaliers maximums annuels à Mognéville et Fains-les-Sources.

II.23 Saisonnalisation des crues à Mognéville et Fains-les-Sources (exemples d'hydrogrammes caractéristiques).

II.24 Hydrogrammes d'épisodes de crue sur la Saulx.

II.25 Algorithme de la méthode du bilan hydrologique adapté.

- II.26 Courbes mensuelles et courbes de densité des débits moyens journaliers à Mognéville et Fains-les-Sources.
- II.27 Débits mensuels de base à Mognéville et Fains-les-Sources.
- II.28 Algorithme de calcul de l'indice d'écoulement de base.
- II.29 Indices d'écoulement de base en % de la Saulx et de l'Ornain.
- II.30 Tassements annuels à Mognéville et Fains-les-Sources, coefficients de tassement de Maillet.
- II.31 Bilan hydrologique de la Saulx à Mognéville et de l'Ornain à Fains-les-Sources.
- II.32 Débits de base et débits totaux annuels à Mognéville et Fains-les-Sources de 1969 à 1990.
- II.33 Résultats des mesures de débit de basses-eaux sur la Saulx, l'Ornain et les prises et rejets du canal de la Marne au Rhin.
- II.34 Cartes de localisation des points de mesures de débit de basses-eaux sur la Saulx et l'Ornain.
- II.35 Limnigrammes des campagnes de jaugeages.
- II.36 Schémas hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain.
- II.37 Profils hydrologiques lissés de la Saulx et de l'Ornain (log-log).
- II.38 Relation pertes, émergences/sévérité d'étiage.

3ème partie

- III.1 Répertoire des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain en 1994.
- III.2 Cartes de Cassini.
- III.3 Types de roues hydrauliques sur la Saulx.
- III.4 Carte de répartition des moulins à farine horizontaux et verticaux entre 1809 et 1811.
- III.5 Types de vannes sur la Saulx et l'Ornain.
- III.6 Ouvrages disparus des bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain.
- III.7 Clouteries de Grand.
- III.8 Emplacement des ouvrages hydrauliques sur la Saulx et l'Ornain.

III.9 Arrêtés préfectoraux du 2 juillet 1921 et du 27 octobre 1926.

III.10 Les impacts écologiques des ouvrages hydrauliques au fil de l'eau sur la vie piscicole.

III.11 Historique du débit minimal.

III.12 Méthodes hydrobiologiques de détermination du débit minimal.

III.13 Rancourt/Ornain: la passe dans l'impasse.

III.14 Répertoire des ouvrages hydrauliques du canal de la Marne au Rhin (section Ornain).

III.15 Schéma hydraulique du canal de la Marne au Rhin (section Ornain).

III.16 Alimentation du bief de partage de Mauvages, prise du canal de Houdelaincourt.

III.17 Résultats des points de mesures sur le canal de la Marne au Rhin.

III.18 Evaporation journalière, bassinées et pompages à Void-Vacon lors des campagnes de mesures.

III.19 Profils hydrologiques reconstitués de l'Ornain.

BIBLIOGRAPHIE

***** A *****

ABELE J., MORET (1989): *Les microcentrales*, CR de la réunion du 30 mai 1989, Bassin Rhin-Meuse, Club Police des Eaux.

AERM (1989): *Atlas - lithologie, perméabilité et sensibilité à la pollution des formations affleurantes du Bassin Rhin-Meuse*.

AERM, GEREEA (1995): *Schémas hydrauliques du canal de la Marne au Rhin depuis Toul jusqu'à l'origine du bief de Mauvages, écluse N°1 versant Marne*.

Agence de Bassin Rhin-Meuse (1977): *Transferts d'eau de bassin à bassin par les canaux - Canal de la Marne au Rhin*.

Agence de Bassin Seine-Normandie (1978): *Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands*, Hors série, Bull. direc. Normandie, Tome 2, Fascicule 6, hydraulique fluviale et voies navigables, 133p.

ALBOUY M., BERTAUX J.P., DELETIE P. (1995): *L'intervention du mécénat technologique et scientifique d'Electricité De France sur le site antique de Grand (1989-1993)*, Annales d'Emulation du département des Vosges, pp 7-14.

ALBOUY M., DELETIE P., HAGUENHAUER B. (1983): *L'amphithéâtre semi-écliptique de Grand - Expertise géologique et géotechnique de son implantation pp 91-93*, Grand, l'amphithéâtre gallo-romain, 132 p., Conseil général des Vosges.

AMAT J.P. (1991): *"Vallée de la Saulx", les plus beaux sites naturels de France*, Ed. Eclectis Albin Michel, 413 p.

ANDRIEUX J.Y. (1991): *Les travailleurs du fer*, Découvertes Gallimard n°121, 176 p.

ARLERY, GARNIER, LANGLOIS (1954): *Application des méthodes de Thornthwaite à l'esquisse d'une description agronomique du climat de la France*, La Météorologie octobre-décembre 1954, pp 345-367.

ARRIGNON J. (1976): *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*, Ed. Gauthiers-Villars, 320 p.

ARTS I. (1993): *Description des relations hydrographiques entre cours d'eau naturels et voies d'eau artificielles dans la vallée de la Moselle de Charmes à Messein et de Messein à Laneuville-devant-Nancy-Application de la codification hydrographique*, AERM, CEGUM, rapport de stage, Maîtrise de Géographie, 44p, annexes.

AUER J.C., FRANCOIS D., SARY M., ZUMSTEIN J.F. (1994): *Etude méthodologique des débits d'étiage*, CEGUM, AERM, 30 p. Ed. AERM.

AUERBACH B. (1893): *Le plateau lorrain*, Essai de géographie régionale, Paris-Nancy 1893.

AUROUZE J., CLERMONTE J., DEMASSIEUX L., LEROUX J. (1969): *Structures tectoniques des terrains jurassiques supérieurs (Séquanien à Portlandien) entre Verdun (Meuse) et Joinville (Haute-Marne)*, Bull. et Société Lorraine des Sciences Tome VIII n°2

***** B *****

BACH M. (1977): *La Forêt Lorraine - Regards sur l'Espace Rural*, Région Lorraine, pp 107-120, 472 p.

BAKALOWICZ M. (1974): *Géochimie des eaux d'aquifères karstiques - Relation entre minéralisation et conductivité*, Annales de Spéléologie Tome XXIX Fascicule 2, 1974, pp 167-173.

BAKALOWICZ M. (1975): *Variation de la conductivité d'une eau en fonction de la température et précisions des mesures*, Annales de Spéléologie 1975, 30, 1, pp 3-6.

BAKALOWICZ M. (1995): *La zone d'infiltration des aquifères karstiques. Méthodes d'études. Structures et fonctionnement*, Hydrogéologie n°4, 1995, pp 3-21, 4 fig.

BASTIEN M.T. (1988): *La vallée de la Saulx, petit Val de Loire meusien*, La Revue Lorraine Populaire n°84, octobre 1988, pp 266-267.

BATTIAU QUENEY Y. (1993): *Le relief de la France. Coupes et croquis*, Ed. Masson géo, 252 p.

BEAUDOIN J.P. (1974): *Phénomènes et dépôts karstiques du Barrois*, Mémoire de Maîtrise, Université de Nancy II, 93 p. et annexes.

BEAUDOIN J.P. (1989): *Karst en Meuse - Le travail des eaux souterraines en pays calcaire*, CDDP. Conseil Général de la Meuse 93 p. et diapositives.

BEAUJEU-GARNIER J. (1980): *Géographie urbaine*, Ed. Armand Colin Collection U, 360 p.

BENOIT J.M. (1988): *Moulins et meuniers du Pays de la Nied*, Ed. Serpenoise, 374 p.

BERTAUX J.P., BERTAUX C., GUILLAUME J., ROUSSEL F. (1990): *Grand, Vosges*, Images du Patrimoine, 72 p.

BLOCH M. (1935): *Avènement et conquête du moulin à eau*, Annales, Economie, Société, Civilisation (AHES VIII), pp 538-563.

BOUSSINESQ J. (1903-1904): *Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources*, CR Académie des Sciences 22/06/1903, 18/01/1904).

BRGM - DDA (1971): *Géologie et hydrologie de la vallée de la Saulx (Meuse)*, Etude préliminaire 71 SGM 89 MES.

BROCARD Cdt. (1896): *La spéléologie de la Meuse*, Bull. de la Société de Spéléologie in Spelunca n°5 1896.

BUFFON G. (1749): *Histoire naturelle*, Paris 3 volumes

BUVIGNIER A. (1852): *Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse*, Paris, J.B. Baillière, 694 p. et annexes.

***** C *****

CABOURDIN G., GERARD C. (1987): *Lorraine d'hier et d'aujourd'hui*, PU Nancy, 231 p.

CASTANY G. (1967): *Introduction à l'étude des courbes de tarissement*, Chronique d'Hydrogéologie n°10, BRGM, pp 23-30.

CASTANY G. (1982): *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*, Ed. Dunod, 237 p.

CEGUM, AERM (1992): *Rapports des débits d'étiages, Meuse*.

CEGUM, DDE Meuse (1992): *La Saulx. Etude hydrologique et hydraulique de la Saulx*, (3ème phase: étude hydrologique générale à Couvonges - Mognéville).

CEGUM, DDE Meuse (1993): *La Saulx. Etude hydrologique et hydraulique de la Saulx*, (3ème phase: études des crues aux stations de la Grange Allard, Ménil/Saulx, Lavincourt, Saudrupt et Mognéville, période janvier 1992 à février 1993).

CEGUM, DDE Meuse (1994): *Etude hydraulique et hydrologique de la Saulx, rapport de synthèse*, (3ème phase) 1993, 74p.

CEGUM, DDE Meuse (1994): *Schémas hydrauliques de l'Ormain et du canal de la Marne au Rhin entre Gondrecourt-le-Château et Bar-le-Duc*, 13 p, annexes, 2 Tomes.

CEGUM, DDE Vosges (1994): *Entreprises hydrauliques dans le département des Vosges.*

CEGUM, FUL d'Arlon (1992): *Journées hydrologiques Metz-Arlon 1992; Thèmes: hydrologie des milieux calcaires en étiage - Flux de matières en solution et en suspension dans les écoulements souterrains et superficiels (érosion et qualité des eaux),* Livret guide des excursions.

CLERMONT J. (1965): *Sur le prolongement vers le nord du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château (Meuse),* CR sommaire des séances de la Société Géologique de France, Fascicule 5, 175 p.

CLERMONT J. (1966): *Etude géologique et hydrogéologique de la région du fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château (Meuse),* Diplôme d'Etudes Supérieures de Nancy, 98 p.

COLLET D., LE ROY N. (1991): *Mémoire de l'eau... la roue et la meule. Moulins du Val d'Oise,* Conseil Général du Val d'Oise, 74 p.

COLLIGNON B. (1988): *Spéléologie, approches scientifiques,* Edisud 231 p.

COLLOT C. (1970): *L'industrie textile meusienne en 1848,* Bull. des Sociétés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse n°7 1970, pp 99-118.

CORROY G. (1925): *Le Néocomien de la bordure orientale du Bassin de Paris,* Bull. Société des Sciences de Nancy, série IV Tome II Fascicule IV, Nancy Imprimerie J. Courbé et fils, 504 p.

COSANDEY C. (1995): *La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ?,* Annales de Géographie 581/582, avril 1995, pp 7-25.

***** D *****

DACHARRY M. (1974): *Hydrologie de la Loire en amont de Gien,* Ed. nles, Ed. Latines, 2 Tomes, T1, 334 p., T2, 285 p.

DAUMAS M. (1979): *Histoire générale des techniques,* Paris PUF.

DDA Meuse, FDAAPP Meuse, AREA (1988): *Schéma départemental de vocation piscicole de la Meuse-Bassin de la Seine-Bassin de la Saulx.*

DDA Meuse (1989): *Réalisation d'un puits d'exploitation d'eau souterraine - Renforcement de l'alimentation en eau potable,* Syndicat des Eaux de la Région de Robert-Espagne, 6 p. et annexes.

DDE Meuse: Archives inédites

DECLoux J.P., SARY M. (1991): *Campagnes d'étiage. Objectifs, traitement et valorisation des données,* Mosella Tome XVIII, pp 121-132.

DEMANDRE J.L. (1981): *La vallée de l'Ornain en 1825: tourisme et économie*, Bull. des Stés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse, n°17.

DEMANDRE J.L. (1982): *La vallée de la Saulx, Lisle-en-Rigault et le papier*, Bull. des Stés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse n°18, pp 175-188.

DEMASSIEUX L. (1965): *Etude géologique et hydrogéologique de la vallée de l'Ornain*, 13 p.

DEMASSIEUX L. (1966): *Etude géologique et hydrogéologique des environs de Bar-le-Duc*, DES Sciences Nancy.

DEMASSIEUX L. (1966): *Le comportement de la nappe aquifère des calcaires du Barrois (portlandien) dans la région de Bar-le-Duc (Meuse). Etude des conditions d'alimentation d'un piège aquifère*, Sciences de la Terre, Tome IX, n°2, pp 163-199.

DEMASSIEUX L. (1969): *Considérations pétrographiques, sédimentologiques et stratigraphiques sur les "calcaires cariés" (portlandien, Meuse)*, Bull. Académie et Société Lorraine des Sciences Tome VIII, n°2, pp 78-89.

DEMASSIEUX L. (1972): *Données sur l'alimentation des circulations aquifères dans les environs de Bar-le Duc*, TSM "L'eau", pp 335-346.

Département de la Meuse (1862): *Inventaire Poincaré. Etat statistique des cours d'eau non navigables ni flottables*.

DERRUAU M. (1961): *Géographie Humaine*, Ed. Armand Colin, 431 p.

DESCOMBES R. (1982): *La Sarre au fil de l'eau. L'hydrologie, les crues et les inondations, la pêche et les poissons, le flottage des bois, la navigation, l'énergie hydraulique et les moulins*, 209 p.

DE LA TORRE M. (1990): *Meuse, le guide complet de ses 498 communes*, Ed. Delogis - Lacoste.

DEVAUX F. (1974-1979): *Inventaire spéléologique du département de la Meuse*, Spéléo L n°5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, Nancy.

DEVOS A. (1991): *Ressources et qualités des eaux d'un bassin minier et sidérurgique: La Fensch (Lorraine)*, Moselle PUM Tome XVIII, n° spécial, pp 239-262.

DEVOS A. (1992): *Hydrologie et ouvrages hydrauliques de la Saulx*, Mémoire de DEA Géographie, Université de Metz.

DEVOS A. (1996): *Les moulins à eau dans la vallée de la Saulx*, Le Pays Lorrain n°2 1996, pp 119-124.

DEVOS A. et al. (1996): *Campagnes de mesures sur le Rupt du Puits*, Echo

des Cavernes Meusiennes n°4.

DEVOS A., JACQUEMIN D. (1996): *Les fosses de la Saulx*, ECM n°4, pp 44-52.

DEVOS A., JAILLET S. (1996): *Synthèse bibliographique des traçages dans le Barrois et son pourtour immédiat*, L'Echo des Cavernes Meusiennes (ECM) n°4, pp 10-32.

DEVOS A., JAILLET S. (1996): *Le Barrois en quelques mots*, L'Echo des Cavernes Meusiennes n°4, pp 3-9.

DEVOS A., SARY M. (1995): *Hydrologie et captures actives sur l'interfluve Marne-Meuse*, Revue Géographique de l'Est n°3-4, 1996.

DEVOS A., SARY M. (1996): *Les canaux de navigation en Lorraine et leurs influences sur l'écoulement des cours d'eau en période d'étiage*, Hommes et Terres du Nord, 1996.

DO TRAN (1993): *Essai sur les ouvrages hydrauliques*, Fondés en titre, 3 p.

DUBREUIL P. (1974): *Initiation à l'analyse hydrologique*, Ed. Masson, 216 p., 556 DUB.

DUBY G. (1962): *Economie rurale et la vie des campagnes dans l'Occident médiéval*.

DURUP DE BALEINE A. (1989): *Le karst de la forêt de Hesse. Etude géomorphologique d'un karst vert en Lorraine occidentale*, Mémoire de Maîtrise de Géographie physique, Nancy II, 286 p.

DURAND A. (1932): *L'étage Kimméridgien dans les départements de la Meuse et de la Marne*, BDSGF F.3-4, pp 292-335.

***** E *****

EAF (Electricité Autonome de France), HydroM : *Débits réservés et aménagements hydroélectriques - Rappels sur le fonctionnement de l'écosystème aquatique d'eau courante et effets des aménagements hydroélectriques - Etude d'une nouvelle méthode simplifiée de détermination préalable du débit réservé dans les cours d'eau soumis à l'exploitation hydroélectrique*.

ESCOUROU G. (1978): *Climatologie pratique*, Ed. Masson, coll. géo., 172 p.

ESCOUROU G. (1982): *Le climat de la France*, Ed. QSJ n°1967, PUF, 127 p.

***** F *****

FENELON P. (1967): *Vocabulaire français des phénomènes karstiques*, Mémoires et documents publiés sous la direction de Jean Dresch, Phénomènes karstiques Volume 4, pp 13-68.

FERRENDIER M. (1949): *Les anciennes utilisations de l'eau*, La Houille Blanche n° 4 et 6 (1948), et mars-avril 1949 pp 121-133.

FORKASIEWICZ J., PALOC H. (1967): *Le régime de tarissement de la Foux de la Vis - Etude préliminaire*, Chroniques d'Hydrogéologie n°10, BRGM, pp 59-73.

FOURNIGUET J. (1980): *Mouvements verticaux annuels au Bassin de Paris révélés par les comparaisons de nivellement*, Bull. Soc. Géol. de France Tome XXII n°4, pp 685-693, 8 figures.

FRANCOIS D. (1991): *Etude statistiques des pluies et des débits annuels*, Mosella Tome XVII, pp 135-159.

FRANCOIS D., GILLE E., ZUMSTEIN J.F. (1993): *Analyse des séries chronologiques et applications aux données hydroclimatologiques*, L'Eau, la Terre et les Hommes, Hommage à René Frécault, PU Nancy, pp 137-146.

FRANCOIS D., GILLE E., ZUMSTEIN J.F. (1995): *Définition des régimes pluviométriques dans les bassins de la Meuse, de la Moselle et des affluents alsaciens du Rhin*, AERM, CEGUM, 116 p.

FRANCOIS D., SARY M. (1994): *Intérêts des profils hydrologiques d'étiage pour la détermination des débits de référence au droit des ouvrages hydrauliques - Exemple de la Haute-Meurthe dans les Vosges*, Revue Géographique Alpine n°2, 1994, pp 37-44.

FRANCOIS-PRECIGOUX M. (1996): *Etude hydrologique et hydrogéologique du bassin de la Vaise*, Mém. de Maîtrise, Université de Nancy II, 43p.

FRECAULT R. (1972): *La Moselle et son bassin - Contribution à l'hydrologie et à la dynamique fluviale en milieu tempéré océanique*, Thèse SRT Lille III, 839 p.

FUNCKEN L., PAUWELS M. (1991): *L'émergence de la Bézerne à Lausannes-les-Forges*, Connaissance de la Meuse, 3 p.

***** G *****

GAMEZ P. (1985): *Karstologie lorraine*, Spéléo L n°15 spécial, 16ème Congrès national FFS, pp 35-46.

GAMEZ P. (1992): *Hydrologie et karstologie du bassin du Loison (Wœvre*

septentrionale lorraine, Thèse de l'Université de Metz, 397 p.

GAMEZ P. et al. (1995): *L'implication du karst dans la capture de la Moselle*, Revue Géographique de l'Est 1995.

GAMEZ P., SARY M. (1979): *L'érosion et l'occupation du sol sur le revers karstique de la "Dalle d'Étain" (Bassin de la Damusse, Meuse)*, Colloque "Erosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen", Strasbourg, Université Louis Pasteur, pp 55-60.

GAMEZ P., ZUMSTEIN J.F. (1993): *Méthode de détermination des débits de base et de ruissellement d'un cours d'eau*, Au Fil de l'Eau, Hommage à René Frécault, pp 113-120.

GEOGRAPHIE LORRAINE (1937), Ed. Berger-Levrault, 475 p.

GEORGE P. (1970): *Dictionnaire de la géographie*, PUF, 485 p.

GERARD C. et Al. (1983): *Le Parc Naturel Régional de Lorraine*, Guide atlas des villages, Ed. Créer, 239 p.

GILLE E. (1985): *Contribution à l'étude hydrologique des bassins de la Meuse et de la Moselle: problématique de l'utilisation d'un modèle couplé à discrétisation spatiale*, Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Ecole Nationale Supérieure des Mines et Université Pierre et Marie Curie, 213 p.

GILLE E. (1993): *Les crues des bassins de la Moselle et de la Sarre de 1970 à 1991*, L'Eau, la Terre et les Hommes, Hommage à René Frécault, PU Nancy, pp 273-280.

GIMPEL J. (1975): *La Révolution industrielle du Moyen-Age*, Ed. du Seuil.

GIMPEL J. (1990): *Du moulin horizontal à la turbine* in *Le grand livre de l'eau*, Ed. La Manufacture, pp 140-145.

GODARD A. (1951): *Contribution à l'étude du climat lorrain*, Revue Géographique de Lyon, pp 297-310.

GODARD A., TABEAUD M. (1993): *Les climats, mécanismes et répartition*, Ed. Armand Colin, 191 p.

GUATELLI O. (1991): *Raon l'Étape, le flottage du bois et les "Oualouis" (1830-1899)*, Ed. Kruch.

GUILLAUME Ch. (1982): *Stations de surface du Paléolithique inférieur et moyen de Lorraine*, Bull. Association Franç. Etude Quaternaire n°2 et 3, pp 135-146.

***** H *****

HAGUENAUER B., DELETIE P. (1991): *Mythe ou réalité de la ressource en eau du site (de Grand)*, Les Dossiers de l'Archéologie n°162, pp 67-72.

HAGUENHAUER B., HILLY J. (1987): *Naissance et déclin du Bassin Parisien dans ses marches orientales - Aspect et évolution géologique du Bassin Parisien*, Bull. inf. géol. Bass. Paris, n°6, pp 105-115.

HARMAND D. (1992): *Histoire de la vallée de la Meuse lorraine*, PU Nancy , 146 p.

HIEZ G. (1997): *L'homogénéité des données pluviométriques*, Cah. ORSTOM, sc.hydrologie, Paris, pp 129-172.

HILLY J., HAGUENHAUER B. (1979): *Guide géologique régional Lorraine-Champagne*, Ed. Masson, 216 p.

HUMBERT J., KADEN U. (1994): *Détection des modifications de l'écoulement fluvial au moyen de l'indice de débit de base*, Revue Géographique Alpine 1994 n°2, pp 25-36.

HUMBERT J., PERRIN J.L., PERRON L. (1993): *Etude méthodologique de quantification spatiale des précipitations appliquée à la France du Nord-Est - Secteur test: versant oriental des Vosges*, AERM, CEREGNRA 95, CNRS, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

HUSSON J.P. (1991): *Les hommes et la forêt en Lorraine*, Ed. Bonneton, 318 p.

***** J *****

JACOMY B. (1990): *Une histoire des techniques*, Ed. du Seuil, inédit Sciences, 366 p.

JACQUEMIN D. (1994): *Les cahiers spéléologiques de Lorraine*, Hades n°8, 137 p.

JAILLET S. (1994 a): *Une classique revisitée, l'aventure du Rupt du Puits*, La Spéléo Grand Format, Spéléo n°18, oct., nov., déc. 1994, pp 3-6.

JAILLET S. (1994 b): *Le karst de surface et d'infiltration du Rupt du Puits - Etude du milieu naturel pour la réalisation d'un sentier karstique*, Dossier de Licence Géographie, Université de Metz, 103 p.

JAILLET S. (1995): *Le géosystème karstique du Rupt du Puits*, Maîtrise de Géographie Université de Metz, 173 p.

JANOT J.M. (1952): *Les moulins à papier de la région vosgienne*, Nancy Ed. Berger Levrault 1952, n°4, 2 vol.

JOANNE P. (1905): *Géographie de la Haute-Marne*, Ed. Hachette et Cie, 53 p.

JOLY H. (1912): *Géographie physique de la Lorraine et de ses enveloppes*, Nancy, Albert Barbin Ed., 340 p.

JOUSSAUME S. (1993): *Climat, d'hier à demain*, Science du Présent, CNRS, Ed. CEA, 143 p.

***** K *****

KIM S.C. (1991): *Etude hydrologique de la Mortagne (Lorraine)*, Thèse de Doctorat de l'Université de Metz, 286 p.

KLEMM F. (1966): *Histoire des techniques*, Paris, Payot, p.146.

***** L *****

LABORDE J.P. (1982): *Cartographie automatique des caractéristiques pluviométriques: prise en compte des relations pluviométrie-morphologie*, La Houille Blanche n°4, pp 331-338;

LAMBERT R. (1996): *Géographie du cycle de l'eau*, PU du Mirail, Toulouse, 439 p.

LARINIER M. (1993): *Barrages et poissons migrateurs*, Réalités Industrielles oct 93, série des Annales des Mines.

LARRAS J. (1972): *Prévision et prédétermination des étiages et des crues*, Ed. Eyrolles, 159 p.

LAUGIER R. (1957): *Le département de la Meuse - Etude géologique et hydrologique*, Bull. de l'Institut National d'Hygiène Tome 12, n°2, pp 457-526.

LEBAUT S. (1995): *Aquifère des grès d'Ardenne-Luxembourg - Présentation et aspects du fonctionnement de la nappe*, Mémoire de DEA, Université de Metz, 59 p.

LEBEAU R. (1986): *Les grands types de structures agraires dans le monde*, Ed. Masson, 170 p.

LECARPENTIER C., SHAMSI F. (1972): *Les régimes pluviométriques dans la France de l'Est*, RGE 1972, n°2-3.

LECHIEN M., NAVEL G., PARISSÉ B. (1991): *Lavoirs et fontaines*, Coll.

Meuse, Ed. de l'Est, Connaissances de la Meuse, département de la Meuse, 77p.

LE ROUX J. (1969): *La nappe des calcaires du Séquanien dans la région de Cousances- aux- Bois (Meuse), ses relations avec la source de la Deûe*, Bull. BRGM 2ème série, section III n°3, pp25-38.

LE ROUX J., SALADO J. (1980): *Fonctionnement des aquifères lorrains déduit des expériences de traçages colorimétriques*, Ministère de l'Agriculture, SRAEL, 149 p.

LE ROY LADURIE E. (1967): *Histoire du climat depuis l'An Mil*, Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Ed. Flammarion, 377 p.

LETOUZE F. (1985): *Les crues d'hiver et de printemps 1982-83 sur les bassins ruraux de Lorraine*, Mosella Tome XV, pp 163-181.

LHULLIER D. (1978): *Gondrecourt-le-Château à la fin du XVIIème et au XVIIIème siècle - Etude démographique*, Bull. des Sociétés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse n°15, pp 61-106.

LOHRMANN D. (1990): *L'histoire du moulin à eau avant et après Marc Bloch - Marc Bloch aujourd'hui - Histoire comparée des sciences sociales*, Ed. de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris pp 339-347.

LOSSON B. (1995): *Paléo-écoulements aériens et karstiques du plateau de Haye: implications à la capture de la Moselle*, Mémoire de Maîtrise, Université de Metz, 82 p.

LOUP J. (1974): *Les eaux terrestres*, Ed. Masson, 171 p.

L'VOVICH M.I. (1972): *Hydrologic budget of continents and estimate of the balance of global fresh water resources*, Soviet hydrology, pp 349-360.

***** M *****

MAIAUX C., PERSONNET P. (1975): *Etude hydrogéologique des calcaires portlandiens dans les bassins de l'Ornain et de la Saulx - Etude de circulations karstiques*, BGRM 75, SGN.421 LOR.

MAC KNIGHT H. (1995): *La France par les fleuves et les canaux*, guides Arthaud, Ed. Arthaud Paris, 377 p.

MAIRE G. (1977): *La dynamique fluviale de la Saulx marnaise- Une méthode naturaliste d'étude des rivières à fond mobile en vue de leur aménagement*, Ministère de l'Agriculture, Université Louis Pasteur, 38 p. et planches.

MAIRE R. (1980): *Eléments de karstologie physique*, Spélunca n°1 supplément, 56 p.

MANGIN A. (1974): *Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques*, Thèse de Doctorat d'Etat, Dijon, Annales de Spéléologie Tome 29 F3,F4, Tome 30 F1 (1974-75), 258 p.

MARAND C., ZUMSTEIN J.F. (1988): *La notion d'altitude lissée: une mise au point nécessaire*, Revue Géographique de l'Est, 1988-1, pp 39-46.

MARGUERY G. (1972): *Recueil de documents concernant l'histoire de Fain-les-Sources*, Bull. des Sociétés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse n°9 1972, pp 5-79.

MAROCHINI E. (1995): *Analyse statistique à différentes échelles de la distribution temporelle des pluies en Europe occidentale*, Mémoire de DEA, Université de Metz, 119 p.

MARTIN J. (1974): *Alimentation en eau du Centre-Ornain - Etude hydrologique de la vallée de la Saulx*, BRGM 74 SGN 094 NES fev. 74.

MAUBEUGES P.L. (1974): *Carte géologique de Neufchâteau au 1/50 000*, BRGM.

MAUVAIS F. (1992): *Manuel du propriétaire de moulin à eau*, Manuel Hors-série juin 1992 de la Fédération Française des Amis des Moulins, 26 p.

MENTRE-HILDEBRAND A. (1986): *Contribution à l'étude des phénomènes hydro-climatiques - Le cas du bassin lorrain de la Meuse*, Thèse de Doctorat, Université de Nancy II, 379 p.

MEYER G. (1992): *Les types de temps en Lorraine*.

MIQUEL P. (1994): *Histoire des canaux, fleuves et rivières de France*, Ed. N°1 Paris, 372 p.

MOINE J.L. (1989): *Les Barons du Fer*, Ed. Serpenoise, PU de Nancy, 564 p.

MONITION L., LE NIR M., ROUX J. (1981): *Les microcentrales hydroélectriques - Les objectifs scientifiques de demain*, Ed. Masson 185 p.

MORAND J. (1993): *Le Canal du Midi et Pierre-Paul Riquet*, Ed. Edisud, 143 p.

MOUILLE J. (1984): *Qualités 1983 des eaux courantes superficielles du bassin de la Saulx*, SRAE Lorraine, 429 .

***** N *****

NEEDHAM J. (1973): *La science chinoise et l'Occident*, Ed. le Seuil, Paris.

NICKLES R. (1911): *Un exemple de contamination du niveau aquifère*

portlandien - La source de Fains, Bull. Société Scientifique de Nancy.

NICOD J. (1992): *Les karsts sous couverture (sableuse, argileuse et/ou détritique) en France d'après des travaux récents*, Historia 20, (1992) pp 165-185.

***** O *****

ORSATELLI J. (1979): *Les moulins*, Ed. Jeanne Laffitte.

***** P *****

PAGNEY P. (1988): *Climats et cours d'eau de France*, Ed. Masson Coll. Géographie.

PARDE M. (1933): *Fleuves et rivières*, Coll. U2 Armand Colin, 5ème édition (1963), 241 p.

PARDE M. (1935): *Le régime de la Garonne*, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest av. j. 1935, 158 p.

PARDE M. (1964): *Etudes potamologiques sur la Loire et ses affluents*, Norois, n°4 bis 11ème année Ac. Orléans, 180 p.

PASQUIER C. (1975): *Les aquifères karstiques du plateau d'Ornans (Doubs) - Le système de Bléfond-Pont-les-Moulins - Premiers résultats*, Annales de Spéléologie, 1975, 30, 3, pp387-400.

PEDELABORDE P. (1957): *Le climat du Bassin Parisien - Essai d'une méthode rationnelle de climatologie physique*, Ed. Marie-Thérèse Génin, Paris, 2 volumes, 539 p., 116 planches.

PEQUART Dr (1927): *Observations sur le régime des eaux dans le Séquanien ou Astartien*, Bull. de la Société Philomatique de Verdun n°1, pp 30-32.

PERNOUD R., GIMPEL J., DELATOCHE R. (1986): *Le Moyen-Age, pour quoi faire ?*, Ed. Stock.

PETIT F., ERPICUM M. (1987): *Variations de la température des eaux de sources et de leurs débits en fonction de leur mode d'alimentation*, Bull. Société Géo. de Liège, n°22, 22ème et 23ème années, 1986-87, pp 161-172.

PETIT-RENAUD G. (1990): *L'évolution récente du climat en France*, Revue Géo. de Lyon, n°2 v. n°65.

PRINTZ A. (1966): *La Vallée Usinière*, Nouvelle édition revue et augmentée (1985), 173 p.

***** R *****

REITEL F. (1980): *Châteaux-forts et fortifications de Lorraine, Circuits de visite*, Ed. Delta 2000, 96 p.

REITEL F. (1982): *La Lorraine*, PUF, QSJ n°2033, 127 p.

REMENIERAS G. (1986): *Hydrologie de l'ingénieur*, Coll. Eyrolles.

RIDEAU M. (1987): *L'industrie du fer en Pays-Haut*, Ed. Impact Longwy-Metz-Luxembourg.

ROCHE M. (1963): *Hydrologie de surface*, Gauthier-Villars Ed. Paris, 431 p.

ROCHEFORT M. (1963): *Les fleuves*, PUF, QSJ n°1077, 126 p.

ROUSSEL J. (1951): *Etude d'une région naturelle dans le département de la Meuse - La vallée de la Saulx*, Annales de l'Est, 5ème série 2ème année n°2, 1951, pp 89-122.

***** S *****

SALADO J., LE ROUX J., LETOUZE F., THOMAS C. (1976): *Recherche des relations entre écoulements superficiels et souterrains par l'analyse de l'hydrogramme (débits classés) des cours d'eau - Application aux calcaires du Dogger en Lorraine - Note préliminaire*, Annales sc. de l'Université de Besançon - 2ème colloque d'Hydrologie en pays calaire, Fasc. 25, 3ème série, pp 353-367.

SARY M. (1993): *Signification du profil hydrologique de basses-eaux - Cas de la plaine dans le massif vosgien*, in *Mélanges Frécault R.*, L'Eau, la Terre et les Hommes, PUF, pp 129-136.

SCHERER J.C. (1977): *Une méthode d'extrapolation dans l'espace des données pluviométriques moyennes - Application à une partie des Vosges et de leur bordure*, Recherches Géographiques à Strasbourg n°4, pp 69-85.

SCHOELLER H. (1962): *Hydrodynamisme dans le karst (écoulement et emmagasinement)*.

SHAMSI M.F. (1968): *Les climats de la France de l'Est*, Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, 258 p.

SIEBERT-FEUERSTEIN M.A. (1978): *Le Prieuré Notre-Dame-de-Rupt-aux-Nonains*, Bull. des Sociétés d'Histoire et d'Archéologie de la Meuse n°15, pp 17-57.

SMITH N. (1980): *L'histoire de la turbine à eau*, Pour la Science n°29 mars 1980, pp 29-35.

SRAE Champagne-Ardennes (1980): *Compte-rendu de l'expérience de coloration des eaux souterraines teintées sur le territoire de la commune de Leurville (52), en amont des sources captées de la vallée de la Manoise.*

STEENBERG (1952): *Farms and mills in Denmark during two thousand years*, Copenhagen, pp 294-298.

STEHEPINSKY V. (1962): *Histoire géologique de la Haute-Marne et de ses régions voisines*, Thèse ès Sciences Naturelles, Université de Paris, 223 p.

STEHEPINSKY V. (1965): *Carte géologique au 1/50 000 de Doulaincourt et notice explicative.*

***** T *****

TAILLEZ C. (1994): *Hydroclimatologie du bassin versant de l'Aire en amont d'Amblaincourt*, Mémoire de DEA, Université de Metz, 92 p.

THILLAY M. (1979): *Etude géochimique et hydrodynamique des systèmes karstiques de l'Aroffe et de l'Aar (Meurthe-et-Moselle)*, Rapport SRAEL, ES, 141 p.

TRICART J. (1952): *La partie orientale du Bassin de Paris - Etude morphologique*, 2 Tomes, Ed. Sedes Paris, 467 p.

***** V *****

VENDRYES (1921): *Les moulins en Irlande et l'aventure de Ciarnat*, RA 1921, p.368.

VENET J. (1977): *Situation générale et grands traits de la Lorraine*, Regard sur l'espace rural - Région Lorraine, pp 8-15, 472 p.

VIANSSON L. (1881): *Notes pour servir à l'histoire du canal de l'Est*, Mémoire présenté à la Société de Géographie de l'Est, Bull. Sté Géo. de l'Est, Nancy, Ed. Berger-Levrault, 45 p.

VIDAL de la BLACHE C. (1903): *Tableau de la géographie de la France*, Ed. de la Petite Vermillon, Ed. de la Table Ronde réédition 1994, 559 p.

VIDAL de la BLACHE C. (1908): *Etude sur la vallée lorraine de la Meuse*, Paris Ed. Colin I volume, 187 p.

VNF (1986): *Le réseau Freycinet de la Direction Régionale de Nancy - Historique et modernisation progressive*, Label Voie d'Eau N°96, 12/86 pp 6-13.

***** W *****

WADIER R. (1987): *Un terroir inspiré - Le pays de Jeanne d'Arc*, Ed. Pierron, Coll. Histoires et Images, 125 p.

WARIN F. (1994): *Etude statistique de la série pluviométrique de Padova (Italie)*, DEA National d'Hydrologie, 36 p.

WEHRLI A. (1993): *Contribution à l'étude des modalités de la circulation de l'eau dans le bassin versant de la Chée (de la source à Bettancourt)*, Mémoire de Maîtrise, Université de Metz, 100 p.

WITTMANN M. (1962): *Evolution de la métallurgie du Barrois*, Revue d'Histoire de la Sidérurgie, Tome II 1961-62, avril-juin, pp 89-113.

WORONOF D. (1984): *Forges prédatrices, forges productrices*, Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Tome 55 avril-juin 1984, Fasc. 2.

***** Z *****

ZUMSTEIN J.F., AERM (1995): *Hauteur des précipitations annuelles - Bassin Rhin-Meuse et régions limitrophes*, AERM Mission déléguée de Bassin Rhin-Meuse (carte).

GLOSSAIRE

AERM: agence de l'eau Rhin-Meuse.

Avalant: bateau qui descend vers l'aval.

Bajoyer: paroi latérale d'une écluse.

Barbacane: ouverture pratiquée sur les rives d'un canal pour faciliter l'écoulement des eaux.

Bassinée: volume d'eau lâché d'une écluse vers les biefs inférieurs.

Batterie mécanique: bâtiment d'une usine regroupant un nombre important de martinets, tôlerie.

Bief: partie d'un canal ou d'un cours d'eau compris entre deux écluses ou deux barrages

Bief de partage: bief le plus élevé d'un canal, sur une ligne de partage des eaux.

Bocard: moulin à concasser le minerai.

Bras court-circuité: partie du cours d'eau barré, du barrage au canal de fuite.

BRGM: bureau de recherches géologiques et minières.

Canal de décharge: canal de liaison entre le canal usinier et le bras court-circuité destiné à évacuer le trop-plein du canal d'aménée.

Canal de fuite: canal situé à l'aval immédiat du moulin vers le bras court-circuité.

Canal usinier: canal d'aménée, canal amenant l'eau du barrage de prise au moulin.

CEGUM: centre d'études géographiques de l'université de Metz.

DDAF: direction départementale de l'agriculture et de la forêt.

DDE: direction départementale de l'équipement.

Débit minimal: débit maintenu à l'aval immédiat d'un barrage de prise d'eau, garantissant la vie, la circulation et la reproduction des espèces piscicoles.

Débit réservé: "*débit minimal éventuellement augmenté des prélèvements autorisés sur le tronçon influencé*" (AERM, 1995).

Déchargeoir: ouvrage hydraulique (vanne) servant à vider un bief d'un canal de navigation.

Dégorgeoir: cf déchargeoir.

Déversoir: ouvrage hydraulique servant à évacuer l'excès d'eau dans un canal; pente douce située à l'aval du barrage de prise d'eau.

DIREN: direction régionale de l'environnement.

Ecloserie: bâtiment d'une pisciculture où naissent les alevins.

Eclusée: "*volume d'eau lâché à partir d'un ouvrage hydraulique, se traduisant par des variations de débits brusques et artificielles*" (AERM, 1995).

EDF: électricité de France.

Emourie: moulin fourbisseur, moulin à aiguiser.

Espatard: moulin à laminer en métallurgie

Fenderie: usine à fabriquer des produits longs par découpe en métallurgie.

Foulon: moulin à foulon, moulin qui foule le drap pour lui donner plus de moelleux.

Haut-fer: moulin à scier des grumes (Vosges).

Martinet: moulin qui actionne des marteaux mécaniques employés au forgeage en métallurgie.

Mouillage: profondeur du canal de navigation.

Moulin-bateau: moulin flottant, moulin disposé sur un bateau.

Moulin pendant: moulin disposé sur une pile de pont.

Montant: bateau qui monte vers l'amont.

Noria: roue hydraulique élévatrice formée de godets attachés.

Passé à poissons: dispositif de franchissement d'un barrage de prise d'eau par les poissons migrateurs.

Patouillet: moulin à laver le minerai

Puddlage: procédé métallurgique utilisé pour obtenir du fer peu chargé en carbone, par contact avec une scorie oxydante.

Radier: fond d'une écluse, partie plane et arasé supportant les piles d'un pont.

Rouet: petit moulin à axe vertical en Méditerranée.

Sagard: moulin à scier des grumes, scieur d'un haut-fer.

SAGE: schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

SARL: société anonyme à responsabilité limitée.

SDAGE: schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux.

SRAE: service d'aménagement des eaux.

Taillard: moulin à découper les tôles dans le fenderie (métallurgie).

Tirant d'eau: enfoncement du bateau dans l'eau.

Touage: remorquage d'un bateau à partir d'un appui au sol (câble d'acier) ou noyé (chaîne disposée au fond du canal dont les deux extrémités sont fixes).

Truiticulture: pisciculture de la truite.

Vanne à crémaillère: vanne portant une crémaillère et actionnée par une manivelle.

Vanne de fond: vanne disposée dans un pertuis d'un barrage.

Vanne à levier: vanne portant une règle trouée et actionnée par un levier.

Vanne motrice: vanne disposée devant la roue à aubes ou la turbine.

Vannette: petite vanne disposée sur un déversoir ou un radier d'un barrage.

VNF: voies navigables de France.

RESUME

Les bassins-versants de la Saulx et de l'Ornain s'inscrivent dans les plateaux calcaires de l'est du Bassin Parisien et plus précisément sur l'interfluve Marne-Meuse.

Le contexte morpho-structural de cet interfluve détermine des Pays où les conditions d'écoulement et les potentialités en eau varient.

Le Haut-Pays correspond à un plateau calcaire karstifié où les infiltrations sont généralisées.

L'Ornois est représenté par la dépression subséquente de la côte des Bars. Ses aquifères multicouches donnent naissance à un grand nombre de sources qui alimentent un réseau hydrographique bien hiérarchisé.

Le Barrois, qui représente la majeure partie de l'interfluve, correspond au revers calcaire de la côte des Bars. Un karst et une tectonique à la fois souple et cassante conditionnent les échanges nappe-rivière.

Ces trois Pays sont marqués par un régime des précipitations océanique d'origine orographique qui explique le caractère abondant des cours d'eau.

Le Perthois, plaine alluviale, constitue la partie inférieure des bassins-versants et appartient au domaine climatique du Bassin Parisien (continentalisation des précipitations).

Les écoulements de la Saulx et de l'Ornain sont étudiés à partir des données aux stations hydrométriques de Mognéville et de Fains-les-Sources. Plusieurs méthodes de séparation des écoulements sont utilisées de manière à proposer un bilan de l'eau dans les bassins-versants. Des campagnes de mesures des débits d'étiage caractérisent l'hétérogénéité spatiale des ressources en eau inhérente au caractère calcaire du substratum. L'analyse combinée de zones à forts rendements hydrologiques et de pertes permet de révéler des écoulements souterrains entre les bassins contigus, caractéristiques de captures actives.

Les facteurs physiques ont largement conditionné les aménagements hydrauliques que constituent les anciens moulins à eau et le canal de la Marne au Rhin.

La disparité spatiale des ressources en eau aggrave les problèmes de gestion du patrimoine hydraulique en pleine reconversion sur la Saulx.

Sur l'Ornain, les prélèvements du canal de la Marne au Rhin influencent nettement les écoulements et limitent l'exploitation de l'énergie hydraulique.

La Saulx et l'Ornain illustrent les problèmes spécifiques d'aménagement des cours d'eau en pays calcaire.

