



## 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](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

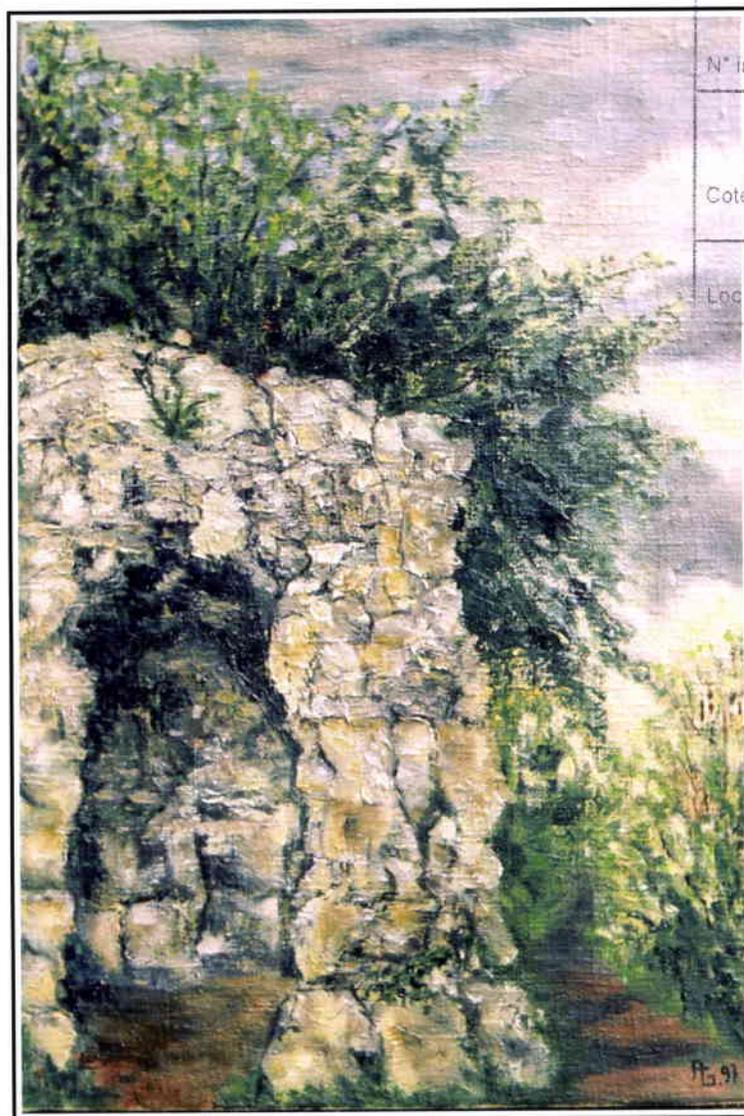
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

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

# KARSTIFICATION ET CAPTURE DE LA MOSELLE (Lorraine, France) : VERS UNE IDENTIFICATION DES INTERACTIONS



BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE - METZ	
N° inv	20030424
Cote	L/MZ 03/09
Loc	

**Benoît LOSSON**

*VOLUME DES ANNEXES*

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE DE METZ



022 486150 8

## **TABLE DES ANNEXES.**

46 annexes.

### **Annexes du chapitre II.**

Annexe II.1 - Etude de données paléogéomorphologiques du plateau de Haye ; examen critique des découvertes anciennes.

Annexe II.2 - L'évolution spatiale du réseau hydrographique lorrain : de nombreuses captures en dehors du cas de la Moselle.

### **Annexe du chapitre III.**

Annexe III.1 - Caractéristiques hydrogéologiques du revers de la cuesta de Meuse.

### **Annexes du chapitre IV.**

Annexe IV.1 - Inventaire des éléments et phénomènes karstiques du plateau central de Haye.

Annexe IV.2 - Quelques éléments et phénomènes des systèmes karstiques voisins du plateau central de Haye (secteurs septentrionaux et méridionaux de la Haye et Hauts de Meuse aux environs de Pagny-sur-Meuse).

Annexe IV.3 - Les éléments karstiques des Hauts de Meuse.

Annexe IV.4 - Traits majeurs des autres karsts de Lorraine et spécificité des plateaux du site de la capture de la Moselle.

### **Annexes du chapitre V.**

Annexe V.1 - Liste interprétée des formations alluviales de la Moselle et de la Meurthe en Lorraine centrale (site de la capture de la Moselle *s.l.*).

Annexe V.2 - Tentative de corrélation des différents niveaux et formations fluviales en fonction de la nomenclature utilisée par divers auteurs.

Annexe V.3 - Liste alphabétique des zones de prélèvements en surface.

Annexe V.4 - Taille du plus gros galet observé dans différentes formations alluviales de la « Boucle de la Moselle » (d'après divers auteurs).

Annexe V.5 - Liste des travaux consacrés à la pétrographie des formations alluviales de la Moselle-Meuse et de la Meurthe, dans le secteur de la « Boucle de la Moselle ».

Annexe V.6 (A et B) - Analyses pétrographiques des formations alluviales de la Moselle et de la Moselle-Meuse (d'après divers auteurs).

Annexe V.7 (A et B) - Données sur l'éroussé des galets de granite des formations alluviales de la Moselle (d'après divers auteurs).

Annexe V.8 (A et B) - Données sur l'aplatissement des galets de granite des formations alluviales de la Moselle (d'après divers auteurs).

Annexe V.9 (A et B) - Données sur l'état d'altération des galets de granite des formations alluviales de la Moselle (d'après divers auteurs).

Annexe V.10 (A et B) - Minéralogie globale des formations alluviales de la « Boucle de la Moselle » (d'après les données graphiques de P. Vaskou, 1979).

Annexe V.11 - Pourcentages des minéraux lourds de différentes formations prélevées en surface, dans la région de la « Boucle de la Moselle » (analyses : M. Beiner).

### **Annexes du chapitre VI.**

Annexe VI.1 - Liste de quelques replats présumés fluviaux, observés dans différents vallons secs et dans la vallée du Paléo-Terrouin.

Annexe VI.2 - Pourcentages des minéraux lourds de différentes formations superficielles de la région de la « Boucle de la Moselle » (analyses : M. Beiner).

## **Annexe du chapitre VII.**

Annexe VII.1 - Indices micromorphologiques des autres réseaux de la Haye centrale (complément aux observations réalisées dans les Grottes Sainte-Reine et des Puits).

## **Annexes du chapitre VIII.**

Annexe VIII.1 - Liste alphabétique des zones de prélèvements endokarstiques.

Annexe VIII.2 - Méthode d'étude des coupes détaillées, et notes sur les analyses et interprétations granulométriques.

Annexe VIII.3 (A à E) - Analyses granulométriques et calcimétriques.

Annexe VIII.4 (A à D) - Courbes granulométriques cumulatives.

Annexe VIII.5 - Diagramme de Hjulström, modifié et complété par H. Chamley (2000, fig. 3.1).

Annexe VIII.6 - Descriptions des coupes sédimentaires secondaires, des carottages et des prélèvements isolés des grottes et cavités de la Haye centrale.

Annexe VIII.7 - Taille du plus gros ou du plus grand galet prélevé dans différents remplissages endokarstiques de la « Boucle de la Moselle ».

Annexe VIII.8 - Analyses pétrographiques des échantillons endokarstiques de la « Boucle de la Moselle ». Données du premier tableau utilisées pour la planche VIII.19.

Annexe VIII.9 - Graphique de Van der Plas et Tobi (1965) pour une validation statistique des comptages de galets (d'après Pissart *et al.*, 1998a, fig. 1).

Annexe VIII.10 - Données sur les morphométries des galets de granite des remplissages endokarstiques du site de la « Boucle de la Moselle ». Données du premier tableau utilisées pour la figure VIII.12.

Annexe VIII.11 - Analyses morphométriques des alluvions endokarstiques du site de la capture de la Moselle : émoussé des galets de granite de 20-50 mm ; analyses complémentaires de la planche VIII.21, non interprétables car relatives aux échantillons comportant moins de 50 galets et à prélèvements additionnés pour l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine.

Annexe VIII.12 - Analyses morphométriques des alluvions endokarstiques du site de la capture de la Moselle : aplatissement des galets de granite de 20-50 mm ; analyses complémentaires de la planche VIII.22, non interprétables car relatives aux échantillons comportant moins de 50 galets et à prélèvements additionnés pour l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine.

Annexe VIII.13 - Analyses de l'altération des galets de granite de 20-80 mm, issus de différents remplissages endokarstiques de la « Boucle de la Moselle ».

Annexe VIII.14 - Minéralogie des sables de 0,315-0,4 mm issus de remplissages endokarstiques de la « Boucle de la Moselle ».

Annexe VIII.15 - Pourcentages des minéraux lourds de différents remplissages endokarstiques de la région de la « Boucle de la Moselle » (analyses : M. Beiner).

## **Annexes du chapitre IX.**

Annexe IX.1 - Résultats des datations U/Th de spéléothèmes par spectrométrie  $\alpha$  (analyses : Y. Quinif - CERAK, Faculté Polytechnique de Mons).

Annexe IX.2 - Observations et commentaires à propos des datations U/Th de spéléothèmes par spectrométrie  $\alpha$  (extraits des interprétations de Y. Quinif - CERAK, Faculté Polytechnique de Mons).

Annexe IX.3 - Résultats des datations U/Th de spéléothèmes par spectrométrie de masse à thermo-ionisation (analyses : E. Pons-Branchu - CEREGE, Université Aix-Marseille III ; Pons-Branchu, 2001).

Annexe IX.4 - Observations à propos des spéléothèmes datés par TIMS (extraits du rapport ANDRA D RP 0 GTR 99-001 - D. Carbon, 1999).

Annexe IX.5 - Résultats des analyses de paléomagnétisme de sédiments détritiques (analyses et interprétations : P. Audra et P. Rochette - CEREGE, Université Aix-Marseille III).

Annexe IX.6 - Compte-rendu des analyses polliniques de sédiments détritiques (J. Argant - ARPA, Université Lyon I - quelques modifications de nomenclature).

Annexe IX.7 - Autre analyse pollinique sur le site de la capture de la Moselle (d'après Dubois et Dubois, 1933).

Annexe IX.8 - Liste des faunes découvertes dans les grottes et formations alluviales du site de la capture de la Moselle (d'après différents auteurs).

Annexe IX.9 - Copie de l'autorisation de fouille à l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine.

Annexe IX.10 - Concordance des chronozones d'Europe du Nord avec les stades isotopiques, d'après différents auteurs.

## ANNEXE II.1 - ETUDE DE DONNEES PALEOGEOMORPHOLOGIQUES DU PLATEAU DE HAYE ; EXAMEN CRITIQUE DES DECOUVERTES ANCIENNES.

Le plateau central de Haye, revers calcaire de la cuesta de Moselle, a livré à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle à plusieurs chercheurs - géologues, des matériaux résiduels de formations que l'on rencontre plus à l'ouest de nos jours. Toutes les observations sont rapportées par G. Bleicher dans un certain nombre de publications (1886, 1887, 1896b, 1896c, 1899a, 1899b, 1900a, 1900b) que nous allons résumer.

Cinq secteurs du plateau sont concernés par les découvertes successives de Gaiffe, Roubalet, Bleicher et Bois (Bleicher, 1896c, 1900b, carte h.-t. ; figure A-II.8) :

- 1) la zone du Champ-le-Bœuf - la Sapinière - Gentilly, au nord-ouest de Laxou ;
- 2) le Fort de Frouard, à l'ouest de Champigneulle ;
- 3) le Bois de Neuves-Maisons, au nord de Chaligny ;
- 4) la zone du plateau comprise entre le Val Fleurion et le Val de Fer, au nord-est de Chaligny ;
- 5) le lieu-dit le Vaurot, à l'ouest de Liverdun.

Les altitudes respectives de ces différents sites sont : 350, 355, 415, 380 et 280 m.

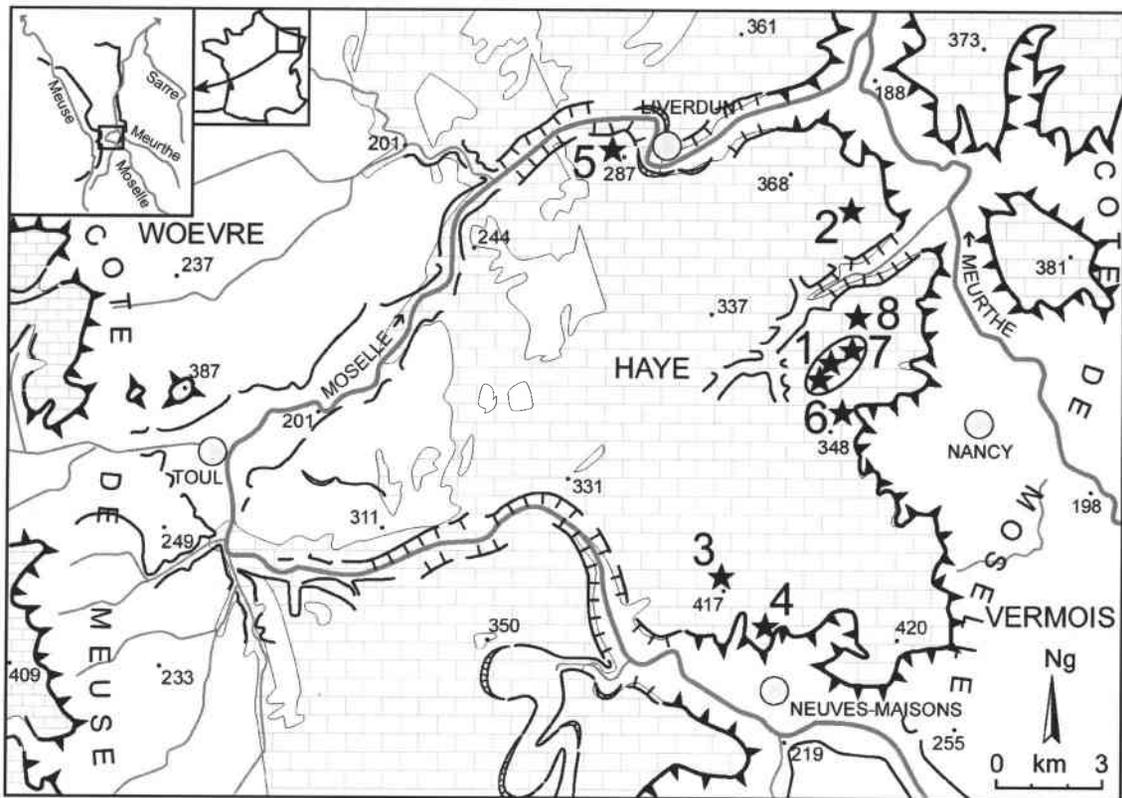
La nature des " gisements " décrits par G. Bleicher varie :

- matériaux fossilifères à la surface du plateau (secteurs 1, 3 et 4) ;
  - dépression (karstique probablement) comblée par les matériaux exogènes (secteur 5) ;
  - cavités karstiques remplies par divers sédiments, dont les fameux fossiles (secteurs 1 et 2).
- Les terrains encaissants des deux derniers types de " gisements " se rapportent au Bajocien supérieur : Oolithe miliaire supérieure ou Oolithe à *Clypeus ploti* pour le premier et Oolithe miliaire inférieure pour le second. Notons, par ailleurs, qu'à l'exception du 5<sup>ème</sup> secteur, des matériaux fluviatiles sont associés ou se situent à proximité des " gisements ".

Les composants de ces formations résiduelles, témoins « d'étages géologiques disparus par dénudation » (Bleicher, 1887), sont variés.

Pour le secteur 1, l'auteur note des remplissages « d'argile rouge, de conglomérats avec rognons calcaires, cailloux vosgiens, minerai de fer fort, pisolitique, fossiles divers », « de débris anguleux de la roche encaissante », « de rares échantillons de silex oolithiques » et parfois « de marnes grises sableuses » dans les cavités karstiques (Bleicher, 1899a, p. 100-105). En surface de cette même zone ont été observées « plusieurs masses lenticulaires (miches) de calcaire silicifié [...] avec nombreuses empreintes de fossiles [...] » (Bleicher, *ibid.*, p. 105).

Au Fort de Frouard, « les travaux de creusement des fossés ont mis à jour un puissant amas de diluvium [= alluvions] des plateaux remplissant une vaste cavité. Ce diluvium contenait de nombreux cailloux roulés, aplatis sous forme de miche, de calcaire siliceux avec *Cidaris florigemma* du corallien [= Oxfordien moyen actuel] [...] » (Bleicher, 1887, p. 88). Dans ses publications de 1899b et 1900a, l'auteur indique que ces « nodules [étaient] emballés dans la marne bleue ».



Légende :

	Plateau à dominante calcaire (terrains bajociens)		Versant de défilé fluvial (> 50 m de commandement)
	Plateau à dominante calcaire (terrains oxfordiens)		Autre versant (généralement < 50 m de commandement)
	Dépression essentiellement argilo-marneuse		Méandre de vallée
	Point coté (m)		" Gisement "
	Cours d'eau		1 = Champ-le-Boeuf - la Sapinière - Gentilly ; 2 = Fort de Frouard ;
	Front de côte		3 = Bois de Neuves-Maisons ; 4 = Val Fleuron ; 5 = le Vaurot ;
	Localité repère		6 = MF de Laxou ; 7 = Gentilly ; 8 = Carrières Solvay

**Figure A-II.8 - Carte de localisation des " gisements " de roches bathoniennes et oxfordiennes, décrits par G. Bleicher et P.-L. Maubeuge sur le plateau de Haye.**

Dans ces mêmes articles, il rapporte la découverte par le capitaine du génie Bois, au-dessus de Chaligny, de « miches à fossiles rauraciens ou coralliens [= Oxfordien moyen actuel], avec des dimensions énormes : 0m,80 longueur, 0m,60 largeur, 0m,40 hauteur ; elles sont accompagnées de blocs siliceux grenus, anguleux » (Bleicher, 1899b, p. 184 et 1900a, p. 147-148).

Au Vaurot, la dépression était comblée par des « débris de calcaire oolithique » de l'encaissant et surtout « une marne bleu grisâtre, sableuse, fine avec nodules mamelonnés de calcaire blanc friable concrétionné [ou] une terre rouge mêlée de rognons argilo-calcaires et ferrugineux » (Bleicher, 1896c, p. 1).

Les descriptions des différents sédiments ne sont pas toujours très significatives et varient même parfois d'une publication à une autre ; elles ne permettent donc pas d'apprécier leur origine géologique. Cela dit, G. Bleicher a essentiellement basé sa théorie de la dénudation sur la **détermination des fossiles**, localement nombreux et en bon état, trouvés dans ces matériaux exogènes.

Les fossiles, parfois silicifiés, les plus caractéristiques qu'il indique, ont été rassemblés dans le tableau A-II.1.

Lieu	Fossile (genre, espèce)	Age (étage actuel) pour G. Bleicher (en gras = confirmation par d'autres auteurs)	Obs.
Secteur 1 : carrière du Bâlin (= la Sapinière ?)	<i>Rhynchonella varians</i> (= <i>R. alemanica</i> en fait, d'après Gardet, 1945)	<b>Bathonien moyen et supérieur</b>	A
Secteur 1 : carrière du Champ-le-Bœuf	Fossiles non précisés	Bathonien inférieur et Oxfordien inférieur	
Secteur 1 : carrière de la Photovilla ou Maxant (= carrière des terrains de tennis à Maxéville ?)	<i>Ammonites wurtembergicus</i> (= <i>Parkinsonia wurtembergica</i> )	<b>Bathonien inférieur</b>	B
	<i>Anabacia orbulites</i> (= <i>A. porpites</i> )	<b>Bathonien inférieur</b>	C
	<i>Apiocrinus</i>	Oxfordien inférieur	D
	<i>Millericrinus echinatus</i>	<b>Oxfordien inférieur</b>	E
	<i>Belemnites canaliculatus</i> (= <i>Belemnopsis canaliculata</i> )	Oxfordien inférieur	F
Secteur 1 : champs de la Ferme Sainte-Catherine (Gentilly)	<i>Ostrea bruntrutana</i> (= <i>Nanogyra nana</i> )	Oxfordien inférieur	G
	<i>Cidaris florigemma</i> (radioles)	<b>Oxfordien moyen</b>	H
Secteur 2 : Fort de Frouard	<i>Cidaris florigemma</i>	<b>Oxfordien moyen</b>	H
Secteurs 3 et 4	<i>Cidaris florigemma</i> ? (fossiles non précisés)	Oxfordien moyen	H
Secteur 5 : le Vaurot	<i>Anabacia orbulites</i> (= <i>A. porpites</i> )	<b>Bathonien</b>	C
	Pleuromyces	Bathonien	I

A - Fossile également rencontré dans cet étage par J. Wohlgemuth (1883), M.-A. Braconnier (1883) et G. Gardet (1945).

B - Fossile également rencontré dans cet étage par J. Wohlgemuth (1883), G. Gardet (1945) et J. Le Roux et P. Renaud (1985).

C - Fossile caractéristique du Bathonien inférieur (Caillasse à *Anabacia*) (cf. Gardet, 1945 ; Le Roux et Renaud, 1985).

D - M.-A. Braconnier (1883) cite *A. echinatus* dans l'Oxfordien inférieur, mais des espèces différentes sont indiquées par J.-C. Fischer (1989) dans le Bathonien et le Kimméridgien inférieur.

E - Fossile également rencontré dans cet étage par J. Wohlgemuth (1883) et J. Le Roux et P. Renaud (1985).

F - Fossile appartenant au Bajocien d'après J.-C. Fischer (1989) ; il est également décrit dans le Bajocien (Calcaires à polypiers supérieurs vraisemblablement) par G. Bleicher (1887, p. 60). M.-A. Braconnier (1883) et J. Wohlgemuth (1883) l'ont quant à eux trouvé dans des formations du Bathonien moyen et supérieur. Sa présence n'est signalé dans l'Oxfordien inférieur par personne.

G - Mollusque ayant vécu du Bajocien au Tithonien (Fischer, 1989), il n'est pas caractéristique spécialement de l'Oxfordien comme l'a écrit G. Bleicher. J. Wohlgemuth (1883) l'a d'ailleurs trouvé dans le Callovien aussi (*Ostrea nana*).

H - Fossile caractéristique de l'Oxfordien moyen (cf. Wohlgemuth, *ibid.* ; Le Roux et Renaud, 1985), il se trouve également dans les formations de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur pour J.-C. Fischer (1989).

I - En l'absence de précision de l'espèce, ce fossile n'est pas significatif (exemple : *Pleuromya uniformis* a vécu du Bajocien au Tithonien ; Fischer, *ibid.*).

### Tableau A-II.1 - Liste des fossiles témoignant d'une dénudation du plateau central de Haye selon G. Bleicher, et remarques d'ordre paléontologique.

Après les découvertes et publications de G. Bleicher, plus aucun chercheur n'évoque de nouvelles trouvailles, jusqu'à P.-L. Maubeuge (1950), un demi siècle plus tard. Dans un court article, ce géologue rappelle les diverses découvertes effectuées à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, puis indique celles qu'il vient de réaliser depuis quelques années (tableau A-II.2).

Lieu	Fossile (genre, espèce)	Age pour P.-L. Maubeuge (en gras = confirmation par d'autres auteurs)	Obs.
6) MF de Laxou	<i>Acantothyrus spinosus</i> (= <i>A. spinosa</i> ) <i>Hecticoceras</i>	Bathonien ou Callovien	J
		Callovien	K
7) Gentilly	<i>Belemnopsis</i> <i>Rhynconella polonica</i>	Bathonien	L
		<b>Bathonien</b>	M
8) Carrières Solvay	Débris mal conservés de <i>Belemnopsis</i> et <i>Rhynconella</i>	Bathonien ?	

- 6) « Sommet des anciennes carrières contiguës au terrain de sports [de Laxou] (Maison forestière), dans les argiles de décalcification » (Maubeuge, *ibid.*), c'est-à-dire vers 330 m d'altitude (?).
- 7) « Face à la Ferme Saint-Jacques, contre l'ancienne carrière attenante au terrain de sports des Magasins Réunis » : « paquets d'argile grasse gris-bleuâtre à gris-laiteux [...] dans les alluvions des plateaux et limons » (Maubeuge, *ibid.*). Ce lieu semble correspondre à Gentilly et pourrait être situé à 330-335 m d'altitude.
- 8) « Fissures remplies d'alluvions, sous la ferme Saint-Jacques, aux carrières Solvay » (Maubeuge, *ibid.*), c'est-à-dire à l'emplacement actuel du " Zénith " (altitude : 340-345 m).

J - Fossile rencontré dans les formations du Bathonien moyen et supérieur par J. Wohlgenuth (1883), G. Bleicher (1887) et G. Gardet (1945). Il est rencontré dans les terrains du Bajocien moyen et supérieur pour J.-C. Fischer (1989).

K - L'espèce *H. hecticum* est caractéristique du Callovien inférieur (Fischer, *ibid.*). Elle a été trouvée également dans cet étage par J. Wohlgenuth (1883) semble-t-il (*Ammonites hecticus*) Mais G. Gardet (1945) signale l'espèce *H. retrocostatum* dans la Caillasse à *Anabacia* (Bathonien inférieur).

L - En l'absence de précision de l'espèce, ce fossile n'est pas significatif. En effet, des 3 espèces de *Belemnopsis* décrites par J.-C. Fischer (1989), il n'y a que *B. fusiformis* qui appartienne au Bajocien supérieur et Bathonien, les deux autres étant rapportées au Bajocien. Pour sa part, G. Gardet (1945) a trouvé 3 espèces de ce fossile dans le Bathonien moyen et supérieur : *B. fusiformis*, *B. cf. terminalis* et *B. verciacensis*. Voir observation F aussi.

M - Fossile rencontré dans les formations du Bathonien moyen et supérieur par G. Gardet (1945).

### Tableau A-II.2 - Liste des fossiles témoignant d'une dénudation du plateau central de Haye selon P.-L. Maubeuge, et remarques d'ordre paléontologique.

A la suite de cet ensemble de découvertes, les seules à ce jour, peut-on conclure comme ces deux auteurs que le plateau de Haye a connu une érosion évaluée à plus de 200 m de puissance par l'un (Bleicher, 1899b, 1900a, 1900b) et d'au moins 90-100 m par l'autre (Maubeuge, 1950) ? L'argument paléontologique apparaît des plus sérieux malgré quelques remises en cause quant à l'âge de certains fossiles. Cependant, les paramètres géomorphologiques posent problème : tout comme pour J. Le Roux (renseignement oral), il ne nous paraît pas concevable d'imaginer une érosion totale des Argiles de la Woëvre (environ 150 m d'épaisseur à Toul ; Le Roux et Renaud, 1985), en laissant sur place uniquement quelques vestiges des terrains oxfordiens sus-jacents.

**Ainsi, il faut dissocier les espèces fossiles d'une part et les types de " gisements " d'autre part, pour tenter d'interpréter les théories de dénudation des deux auteurs.**

D'une manière générale, on peut considérer que le recouvrement imperméable bathonien-callovien s'étendait, par le passé, plus à l'est sur les calcaires bajociens. De nombreux lambeaux de formations bathoniennes subsistent d'ailleurs encore sur le plateau de Haye, relativement loin de la dépression de la Woëvre (région de Liverdun notamment, en raison de la présence du " synclinal " de Savonnières - Dieulouard et à la faveur de petites structures faillées parfois). Si l'on considère l'aspect karstique des " gisements " à fossiles bathoniens (Champ-le-Bœuf et Vaurot, et même Gentilly peut-être), il est possible que

l'ensemble du plateau a connu une ablation superficielle de l'ordre de 50 m à proximité de Nancy. En effet, le piégeage à une telle profondeur de matériaux bathoniens dans les vides karstiques du Bajocien n'est ni un cas unique, ni un cas exceptionnel, ainsi qu'on le verra dans les exemples similaires ci-dessous. Au lieu-dit du Vaurot, l'érosion se serait produite sur 20 m environ ; cette valeur semble peu compatible avec la description d'une simple dépression exokarstique comblée et pourrait indiquer que l'on est en présence d'un autre type de structure karstique (morphologie endokarstique).

Comme on l'a dit, il est plus délicat de considérer que, par le passé, la formation calloviennne et surtout celle oxfordienne aient recouvert le plateau de Haye actuel, sur le seul témoin des fossiles de ces étages géologiques. En effet, contrairement au Bajocien supérieur et au Bathonien inférieur calcaires, le Bathonien moyen et supérieur et le Callovien sont essentiellement constitués de marnes et d'argiles qui ne peuvent être évacuées sous forme dissoute. De toute évidence, **s'il y avait eu " digestion " de ces terrains par les formes endokarstiques du Bajocien, ces dernières auraient vite été comblées par ces matériaux non solubles et les traces en seraient encore visibles** (pas uniquement les fossiles).

Comment peut-on alors expliquer les découvertes, dans l'endokarst ou en surface, de ces fossiles calloviens et oxfordiens ?

A l'exception du cas particulier du Vaurot, tous les " gisements " fossilifères sont mêlés aux alluvions anciennes de la Meurthe ou de la Moselle. Fort de ce constat, on peut aisément imaginer que les formations post-Bajocien connaissent par le passé une extension plus à l'est que le plateau de Haye actuel (*cf.* Vogt, 1992 : terrains calloviens et oxfordiens encore présents dans le Fossé rhénan) et qu'elles ont été érodées par les cours d'eau provenant des Vosges. Mélangés aux galets triasiques, seuls les matériaux volumineux et résistants du Callovien et de l'Oxfordien n'ont pas été exportés en dehors de notre secteur, éventuellement grâce à un **piégeage karstique**. Les éléments fossilifères trouvés par G. Bleicher au Fort de Frouard sont décrits tels des alluvions par cet auteur (*cf.* supra), ce qui s'accorde avec cette hypothèse fluviale.

Précisons qu'il n'est pas besoin de considérer que ces terrains post-Bajocien orientaux possédaient des puissances comparables à celles que l'on connaît au niveau de la cuesta de Meuse. Conformément à l'aspect globalement " régressif " des couches géologiques de la deuxième moitié du Jurassique vers le centre du Bassin parisien (*cf.* supra et Le Roux, 2000a, 2000b) et la zone de hauts fonds constituée par les Vosges (Fischer, 1989), il est probable que les formations disparues diminuaient sensiblement d'épaisseur vers l'est.

Selon cette **hypothèse alluviale des découvertes fossilifères**, on peut conclure d'une part à un important travail érosif dont l'aspect temporel ne peut être précisé, et d'autre part que l'alluvionnement des galets de quartzite et de quartz vers 350 m et plus (altitude actuelle), par la Meurthe et la Moselle, remonte à cette même période de dénudation. On remarquera que cette théorie s'accorde mal avec les récentes reconstitutions paléogéographiques de J. Le Roux et D. Harmand (2003 ; Le Roux *et al.*, à paraître ; *cf.* § II.1.3.).

Une autre possibilité, moins évidente, quant à l'existence des fossiles oxfordiens décrits par G. Bleicher, est leur non appartenance à cet étage géologique. Sur ce point, on soulignera simplement que les chailles du Bajocien supérieur (Oolithe miliare inférieure ; *cf.* § II.1.2.) n'ont que peu été décrites ou simplement signalées par les géologues (Husson, 1848 ; Thiéry, 1922 ; Steiner, 1980 ; roches passées sous silence par G. Bleicher notamment) et que nous ne connaissons aucune étude portant précisément sur leurs caractéristiques paléontologiques éventuelles.

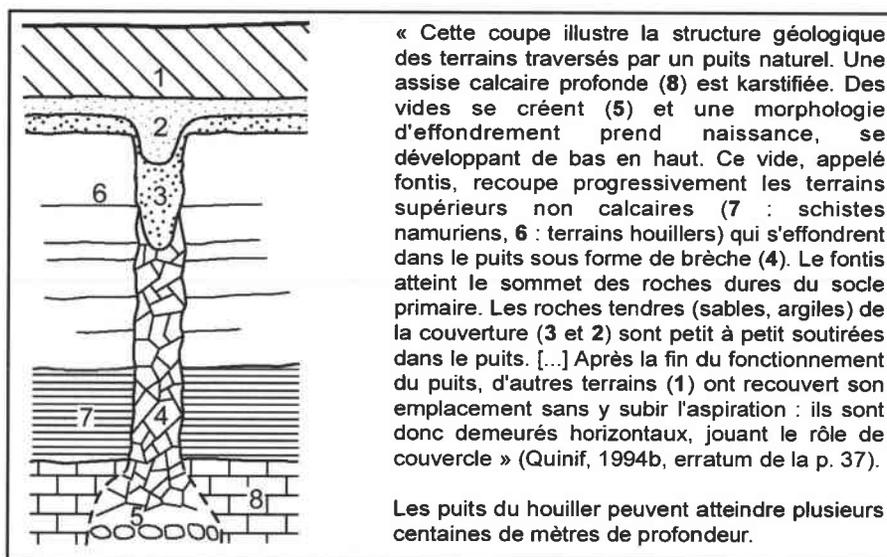
Existe-t-il des processus d'érosion aussi importants démontrés dans d'autres régions que le plateau de Haye ?

Toujours en Lorraine, P.-L. Maubeuge (1950) cite des faits similaires concernant cette fois les terrains jurassiques qui auraient disparus de la région de Lunéville. L'auteur rapporte ainsi la découverte, par différentes personnes, de fossiles et de roches du Bajocien et du Lias « dans les fissures du « Calcaire coquiller » [= Trias, Muschelkalk supérieur] des carrières de Rehainviller, et parfois à la surface du sol ». La puissance, actuellement connu à l'ouest de Lunéville, de plus de 450 m des couches du Trias supérieur et du Lias à dominante fortement argileuse (Hilly et Haguénauer, 1979) laisse tout de même perplexes sur ces découvertes et leur interprétation.

En dehors de la Lorraine, des puits karstiques, parfois très profonds, ayant soutiré des formations sus-jacentes existent dans le Quercy (Simon-Coinçon et Astruc, 1991) et en Belgique (Renault, 1957 ; Quinif, 1994b).

Dans un contexte karstique nettement plus favorable que notre secteur d'étude, R. Simon-Coinçon et J.-G. Astruc (1991) décrivent plusieurs cheminées d'effondrement comblées de matériaux totalement absents de leur voisinage. Ainsi, ces auteurs envisagent l'érosion de tranches de terrains de 100 à plus de 200 m selon les cas. Les similitudes d'apparence avec le plateau de Haye ne cachent pas moins quelques différences importantes : la taille des cheminées dépasse toujours 10 m de diamètre et peut atteindre 100 m, les matériaux piégés se présentent sous la forme de « brèches souvent cyclopéennes » (« les panneaux de roches effondrées dépassant la dizaine de mètres ne sont pas rares » ; Simon-Coinçon et Astruc, *ibid.*) et seules des couches calcaires ou marno-calcaires semblent concernées par ces piégeages. Notons enfin que la phase de karstification et de création des cheminées de soutirage est rapportée par les auteurs à l'Éocène (Tertiaire inférieur).

En Belgique, les structures karstiques les plus profondes du monde ont été mises en évidence grâce à l'exploitation de la houille (Quinif, 1994b). Ce sont des puits de plusieurs dizaines de mètres de diamètres et atteignant jusqu'à 1200 m de profondeur (Puits de Flénu). Leur genèse est probablement liée à des cavités situées dans les calcaires sous-jacents aux terrains charbonniers, cavités qui auraient provoqué des effondrements remontant vers la surface. Toutes les formations recouvrant les calcaires karstifiés sont alors soutirées et comblent les puits sous forme de brèches (roches dures) ou de couches déformées (roches tendres) (figure A-II.9).



**Figure A-II.9 - Coupe de principe dans un puits naturel du houiller (d'après Quinif, 1994b).**

Pour conclure à propos de ces hypothèses paléogéomorphologiques, on retiendra les points suivants :

- **les terrains bathoniens s'étendaient par le passé au moins jusqu'à la longitude de Nancy** et il n'est pas exclu que leur développement vers l'est ait été davantage marqué, dans l'hypothèse d'une extension orientale, plus importante encore, des formations calloviennes-oxfordiennes ;
- pour autant que les auréoles sédimentaires possédaient effectivement de bien plus grande extension vers l'est qu'aujourd'hui, il faut se garder d'effectuer des extrapolations de la puissance des couches géologiques en fonction de leur épaisseur connue en un endroit donné actuellement. En effet, les isopaques du Dogger dans le NE du bassin de Paris (Le Roux, 2000a, 2000b) sont susceptibles de variations spatiales importantes sur de courtes distances ;
- par conséquent, les interprétations relatives au recul des cuestas ne sont guère possibles.

On rappellera, en outre, que ces idées sont réinterrogées par les travaux récents de J. Le Roux et D. Harmand (2003 ; Le Roux *et al.*, à paraître).

## ANNEXE II.2 - L'EVOLUTION SPATIALE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE LORRAIN : DE NOMBREUSES CAPTURES EN DEHORS DU CAS DE LA MOSELLE.

Cette annexe fournit un aperçu général des réorganisations hydrographiques qui se sont produites en Lorraine et dans les régions immédiatement voisines, à l'exception de la capture de la Moselle, traitée dans le texte.

Toutes ces modifications de drainage ne se sont pas réalisées en une seule étape, mais sont le résultat de multiples captures successives (planche II.8), dont les preuves ne sont malheureusement pas toujours assurées. En règle générale, les réorganisations hydrographiques les moins sûres concernent les phénomènes les plus anciens et/ou les régions où l'érosion est rapide et la conservation des formes difficiles.

Compte tenu de ces caractéristiques, on a opté pour une description par zones géographiques, et seules les captures démontrées seront finalement examinées en terme chronologique, dans une dernière section.

### **A-II.2.1. Les marges orientales du bassin versant de la Meuse.**

A l'est de la Meuse, une bonne dizaine de paléoécoulements rejoignant le fleuve ou ses affluents, mais perdus au profit des bassins versants actuels de la Moselle et de la Saône, ont été reconnus ou supposés (planche II.8) ; certains sont remis en cause par des travaux récents (Le Roux et Harmand, 2003 ; Le Roux *et al.*, à paraître). L'amputation spatiale est variable, de plusieurs milliers de km<sup>2</sup> pour la capture de la Haute Moselle (3400 km<sup>2</sup> précisément ; Deshaies et Weisrock, 1995b) à quelques km<sup>2</sup> seulement (région d'Anderny au nord de Briey ; Caramelle, 1998 ; Gamez *et al.*, 2000).

Globalement, D. Harmand (1989) a pu noter que les détournements aux dépens du bassin versant de la Meuse ont été plus marqués en Lorraine centrale qu'en Lorraine méridionale et septentrionale. Il est vrai que le fleuve possède encore quelques affluents de rive droite non négligeables dans le secteur de Neufchâteau (Mouzon et Vair) et près de Sedan (Chiers), alors qu'entre les deux zones, son bassin versant s'étrangle considérablement.

#### ◆ La région centrale.

La région centrale peut être divisée en deux parties, nord et sud, correspondant d'une part au flanc méridional du " synclinal " du Luxembourg *s.l.* (c'est-à-dire du " synclinal " d'Ottange ; Le Roux, 1980) et d'autre part à l'" anticlinal " de Lorraine. Morphologiquement, on a vu dans la chapitre II que ces ondulations à grand rayon de courbure déterminent respectivement une " avancée " vers l'est et une vaste " échancrure " vers l'ouest de la côte de Meuse. Conjointement, le revers de cette cuesta dans lequel est encaissé le fleuve, apparaît massif au nord et au contraire haché par plusieurs percées cataclinales au sud. Pour autant que

l'on puisse remonter dans le temps, il semble donc que les Hauts de Meuse ont toujours constitué une ligne de partage des eaux, majeure ou secondaire, entre l'est et l'ouest dans la zone septentrionale, à l'inverse du secteur méridional qui a connu des paléocéoulements transversaux dans un passé relativement récent (Harmand, 1989).

Actuellement, toute la dépression de la Woëvre est drainée par des cours d'eau anaclinaux naissant au pied de la côte de l'Oxfordien et tributaires de la Moselle.

Au nord du parallèle de Vigneulles-lès-Hattonchâtel, le bassin versant amont de l'Orne, de type "pin parasol" (George et coll., 1990), présente des sections de rivières à tracé subméridien (N-S à NNW-SSE), c'est-à-dire perpendiculaire à la direction d'écoulement principale (W-E à WSW-ENE). Ces caractéristiques hydrographiques, associées à une étude géomorphologique (Géhin et Sary, 1979), ont permis de déceler un ancien réseau orthoclinal (Bois, 1903 ; Capot-Rey, 1937 ; Géhin et Sary, 1979) dont le Loison constituerait la partie aval « atrophie » (Gamez, 1995). Ces captures multiples de l'Orne et de ses affluents, Longeau et Yron notamment, manquent de témoins indiscutables en raison du milieu physique peu favorable à la conservation des formes et des accumulations fluviales.

Plus hypothétique encore est la capture de la Meurthe. Sur la base d'alignements de cours d'eau et de quelques rares traces d'alluvions sur le revers de la cuesta de Moselle, loin de la vallée actuelle (secteur de Gravelotte ; Tricart, 1949-1952 ; Liedtke *et al.*, à paraître), on a pu supposer que la Meurthe rejoignait la Meuse par l'intermédiaire de la Chiers dans un passé lointain (Quitow, 1969, cité par Harmand, 2001 ; Harmand, 1992), à l'image des paléocéoulements de l'Yron, du Longeau et de l'Orne.

Au sud, entre Vigneulles-lès-Hattonchâtel et Toul, cinq trouées affectent la Côte de l'Oxfordien : ce sont du nord au sud la trouée de Spada, le Val de Marbotte, le Val de Boncourt, le Val de Vertuzey et le Val de Trondes (Capot-Rey, 1937 ; Harmand, 1989, 1992). Seules deux de ces cinq trouées constituent vraisemblablement d'anciennes percées cataclinales, « drainées par des ruisseaux "pénéconséquents" affluents de la Meuse et des ruisseaux anaclinaux affluents de la Moselle » (Harmand, 1992, p. 24). D'une part, le Val de Boncourt aurait été façonné par un Paléo-Rupt de Mad s'écoulant vers la Meuse (Dubosc, 1962) et d'autre part, le Val de Trondes serait l'œuvre d'une « Rivière de Trondes » (Harmand, 1989) ou d'un Paléo-Terrouin (Deshaies, 1994) tributaire de la Meuse, avant la capture de la Haute Moselle.

Les autres trouées à travers la côte de l'Oxfordien, dont deux présentent des buttes témoins à l'entrée de la Woëvre (trouée de Spada et Val de Vertuzey), semblent simplement résulter du recoupement du front de côte par des vallons "pénéconséquents", comme plusieurs autres affluents de la Meuse sont sur le point de l'accomplir.

**Les captures et inversions de drainage du Paléo-Rupt de Mad et du Paléo-Terrouin restent encore hypothétiques**, puisqu'elles s'appuient essentiellement sur l'existence des larges trouées morphologiques, disproportionnées par rapport aux ruisseaux qui y coulent de nos jours (Capot-Rey, 1937).

L'étude de N. Dubosc (1962) met en avant également quelques indices supplémentaires pour le cas du Val de Boncourt :

- méandres encaissés de la vallée du Rupt de Mad dont les formes suggèrent « une évolution inverse de celle qu'aurait dû provoquer le sens actuel de l'écoulement » ;
- affluents de la rivière présentant un coude hydrographique et un vallon sec dans le prolongement du cours supérieur ;
- morphologie de la trouée semblable à celle d'une percée cataclinale ;
- épaisseur de grouine (*i.e.* grèze ou groize) au fond du Val croissante vers l'ouest.

Tout comme dans le Val de l'Ane délaissé par la Moselle (*cf.* chapitre II), le remblaiement est important (plus de 20 m d'épaisseur) et surtout constitué de grouine, créées lors des périodes froides propices à la gélifraction des calcaires oxfordiens. Le col du Val de Boncourt atteint 252 m d'altitude ; on peut en déduire que le fond rocheux de la trouée se situe vers 230 m, ce qui pourrait être corrélé à l'altitude de base de F5 ou F4 des alluvions de la Meuse (*cf.* Harmand *et al.*, 1998). Par conséquent, le Paléo-Rupt de Mad a dû cesser de fonctionner peu de temps avant ou après la capture de la Haute Moselle à Toul (*cf.* chapitre II).

◆ La région méridionale.

Au sud de Toul, le bassin versant de la Meuse s'élargit puisque fleuve reçoit plusieurs affluents de rive droite. Ces derniers sont des rivières cataclinales, dont la source se situe plus ou moins loin vers l'est, en fonction de découpures qu'elles auraient subies.

Des arguments hydrographiques, altitudinaux, structuraux et sédimentologiques ont amené D. Harmand (1992) à envisager la perte de plusieurs têtes de vallées de la Meuse, du Mouzon et du Vair, au profit du bassin versant de la Saône. La conquête vers le nord de ce cours d'eau s'est effectuée sans tenir compte de la structure (extension dans la « voussure anticlinale de la Vôge » ; Harmand, *ibid.*, p. 25), conformément à la subsidence importante affectant le fossé tectonique de la Bresse septentrionale.

Au nord de la confluence avec le Vair, la Meuse ne reçoit plus qu'un seul affluent notable : l'**Aroffe**. Ce cours d'eau se singularise dans l'ensemble des rivières lorraines. Né aux confins méridionaux du Saintois et de la Haye (respectivement dépression orthoclinale et revers de la cuesta de Moselle), il parcourt quelques kilomètres avant de se perdre totalement dans les calcaires bajociens, sauf en période de très hautes eaux (Wehrli, 1996). Dans ce dernier cas, la rivière rejoint son cours aval pérenne, à l'entrée de la percée cataclinale de la côte de Meuse. On évoquera plus loin la destinée souterraine de l'Aroffe, mais d'ores et déjà les caractéristiques hydromorphologiques subaériennes de ce cours d'eau intriguent.

Depuis longtemps, on a constaté la disproportion entre la largeur de la vallée encaissée dans le revers de la cuesta de Meuse et l'indigence des écoulements qui la parcourt. De même, on a noté la présence d'une vallée sèche traversant de part en part la Haye méridionale : le Val le Prêtre (Vidal de la Blache, 1908 ; Harmand, 1992). Le démembrement du bassin versant amont de l'Aroffe s'est donc posé, peut-être par la capture du cours supérieur du Madon.

Récemment, M. Deshaies (1994) et M. Deshaies et A. Weisrock (1995b) ont repris cette ancienne hypothèse avec l'étude morphométrique des méandres de Saint-Germain-sur-Meuse - Ourches-sur-Meuse. Ils estiment ainsi que l'extension du bassin versant amont actuel du Madon constitue un minimum et évoquent même une possible amputation partielle du bassin de la Moselle. Cependant, les auteurs soulignent le problème de « l'absence d'alluvions d'origine vosgienne » le long du tracé col de Sion-Pulney - percée cataclinale de Favières - Val le Prêtre - vallée aval de l'Aroffe (Deshaies et Weisrock, *ibid.*, p. 252). Au contraire, on constate que les matériaux vosgiens jalonnent le parcours actuel de la Moselle, à toutes altitudes (jusqu'à plus de 400 m).

◆ Les environs de la « Boucle de la Moselle ».

Au contact des régions centrale et méridionale précédentes, d'autres réorganisations hydrographiques ont affecté le bassin versant de Meuse, avant la capture de la Haute Moselle. Au nord du Val le Prêtre, la Haye est échancrée par trois autres percées cataclinales, prolongées par des vallées sèches (Deshaies et Weisrock, 1995b ; Chouvet, 1995) : le Val de Crépey, qui conflue à Thuilley-aux-Groseilles avec le Val de Germiny, encore drainé localement par l'Ar, et le Val de Viterne.

Le bassin versant du ruisseau de l'Ar connaissait probablement par le passé une extension légèrement plus importante qu'aujourd'hui, en raison de l'érosion régressive des affluents du Madon dans le Saintois.

En ce qui concerne le **Val de Viterne**, le façonnement n'a pu être l'œuvre que d'un cours d'eau important, au vu des méandres encaissés qu'il développe. Plusieurs chercheurs y ont discerné un **ancien passage du Madon** (Blache, 1939b ; Tricart, 1949-1952 ; Bonnefont, 1975a ; Deshaies et Weisrock, 1995b) et peut-être de la Moselle (Chouvet, 1995 ; Chouvet et Weisrock, 1995). Pour cette deuxième hypothèse se pose le problème des très hautes formations alluviales du plateau de Haye au nord de Neuves-Maisons. En outre, les arguments morphométrique et pétrographique de C. Chouvet (1995) apparaissent incertains.

Les différents niveaux d'encastement fluvial repérés dans le Val de Viterne (Chouvet, *ibid.* ; Weisrock et Deshaies, 1995) se rapportent donc à l'évolution d'un Paléo-Madon. Avec l'hypothèse précédente d'un cheminement vers l'Aroffe, ce cours d'eau aurait connu deux captures successives : d'abord affluent direct de la Meuse, il s'est ensuite détourné vers la Moselle (alors tributaire de la Meuse) au niveau de Sexey-aux-Forges, avant de confluer finalement avec la Moselle à Pont-Saint-Vincent de nos jours. Mais seule la deuxième capture est véritablement assurée.

#### ◆ La région septentrionale.

A côté de ces deux régions centrale et méridionale, la Woëvre septentrionale apparaît « comme un milieu original [avec] maintien d'un réseau hydrographique orthoclinal relictuel unique en Lorraine » (Gamez, 1995, p. 32). Cet état de fait est expliqué par un ensemble de facteurs : calage du cours moyen de la Chiers – artère principale – sur une flexure, " blocage " du recul de tête des affluents de la Moselle par le « fossé tectonique de Thionville » et par le « môle résistant du Bajocien au passage du Golfe de Luxembourg (Pays-Haut) » (Gamez, *ibid.*, p. 32).

Dans un périmètre de 15-20 km autour de l'axe fluvial de la Chiers, les captures ont donc été restreintes. On a déjà évoqué le cas de l'amputation minime du bassin versant supérieur de la Crusnes dans la région d'Anderny, au nord de Briey, dans un passé lointain (Caramelle, 1998 ; Gamez *et al.*, 2000). De même, l'extrême amont du bassin de la Semois aurait appartenu antérieurement à celui de la Chiers (Pissart, 1961).

Pour résumer, à l'exception de l'extrême nord de la région, les réorganisations hydrographiques sur les marges orientales du bassin versant de la Meuse ont globalement consisté en des **déviations des écoulements d'une direction initiale vers le NW à NNW, à des drainages vers le NNE ou le sud**. Les cours d'eau du massif vosgien témoignent encore de la direction primitive, alors que la grande majorité des détournements se sont produits en Lorraine sédimentaire, au profit du bassin versant actuel de la Moselle. La rivière conquérante initiale, installée dans le Massif schisteux rhénan et tributaire du Rhin, serait selon W. Löhnertz (1994, cité par Harmand, 2001), la Sarre ; cette dernière aurait donc attiré à elle successivement la Meuse (?), puis la Moselle, pour ne citer que les artères principales.

#### **A-II.2.2. Les marges occidentales du bassin versant de la Meuse.**

Aux limites de la Champagne et de la Lorraine, un certain nombre de captures au profit du bassin versant de la Seine ont grignoté le bassin de la Meuse (planche II.8). Les changements de direction qu'opèrent plusieurs rivières dans leur partie médiane ou aval, l'alignement de cours d'eau, l'existence de larges vallées mal drainées ou encore la présence de formations alluviales incompatibles avec les axes de drainage actuels, ont très tôt attiré l'attention des géomorphologues. Au final, un important cours d'eau (la « Marne-Bar » ; Bois, 1903 ; Harmand, 2001), grossièrement parallèle à la Meuse, mais la rejoignant à l'entrée du Massif ardennais, aurait existé aux confins orientaux de la Champagne, avant un démantèlement progressif, " par petits bouts ".

A l'amont de ce réseau de la « Marne-Bar », plusieurs chercheurs ont envisagé un ancien prolongement du cours supérieur de la Marne vers la Saulx, à l'est de Saint-Dizier (Tricart, 1949-1952 ; Deshaies, 1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a ; Jaillot, 2000b ; Harmand, 2001 pour les études les plus récentes ; cf. Marre *et al.*, 2001 pour les auteurs du XIX<sup>ème</sup> et de la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle).

Il existe deux hypothèses sur le tracé possible de cette Paléo-Marne : à l'est, via le fossé tectonique « d'angle de faille » (Marre *et al.*, 2001) entre Sommeville et la Vallée Dorma (Deshaies, 1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a) ou à l'ouest, via la Forêt de Trois Fontaines (Tricart, 1949-1952 ; Jaillet, 2000b). Les études géomorphologiques menées par A. Marre *et al.* (2001 ; Lejeune *et al.*, 2002) ont permis d'abandonner définitivement la première hypothèse. La seconde reste encore à prouver, puisqu'à ce jour les dépôts fluviaux décrits en Forêt de Trois Fontaines sont incertains (Bois, 1903 ; Stchépinsky, 1962, cité par Jaillet, 2000b).

Mais il est également possible que le cheminement subméridien de la Paléo-Marne soit trop ancien pour y avoir laissé des traces (Harmand et Fauvel, 2001 ; Lejeune *et al.*, 2002). En tout état de cause, le détournement de la Marne supérieure vers une Marne inférieure dans la région de Saint-Dizier reste dans le domaine du possible. Les seuls indices à disposition à ce jour ont été fournis par M. Deshaies (1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a) grâce à l'analyse morphométrique des méandres encaissés de la vallée de la « Marne-Bar ». Mais, pris isolément, ces témoins sont insuffisants.

**Les captures de la Saulx et de l'Ornain** sont en revanche nettement démontrées, après plus d'un siècle de recherches à leur sujet (Bois, 1903 ; Capot-Rey, 1937 ; Blache, 1939a ; Tricart, 1949-1952 ; Harmand, 1992 ; Deshaies, 1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a ; Harmand et Fauvel, 2000 ; Jaillet, 2000b ; Harmand et Fauvel, 2001 ; Harmand *et al.*, 2002 ; cf. Jaillet, 2000b pour les nombreux autres auteurs du XIX<sup>ème</sup> et de la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle).

Elles sont prouvées principalement par le biais des formations fluviales qui jalonnent leur ancien cours vers l'Aisne, mais également grâce à quelques indices morphologiques (Jaillet, 2000b, pp. 390-392) :

- « décroissance du sud vers le nord, de Revigny à la confluence Aisne/Aire, des superficies occupées par les alluvions antécapture ;
- [...] présence, dans ces alluvions, de graviers issus du Jurassique affleurant dans le bassin supérieur de l'Ornain et de la Saulx ;
- [...] diminution du sud vers le nord des dimensions moyennes des graviers ;
- [...] inclinaison des galets ascendante vers le nord ;
- [...] pente des talwegs plus faible au nord dans le bassin de l'Aisne, que vers le sud, dans celui de la Marne ;
- [...] vallons de la rive gauche de l'Ante orientés vers le nord ».

Selon D. Harmand et P.-J. Fauvel (2001), le mécanisme de ces captures, *a priori* quasiment contemporaines, correspond essentiellement à un processus de déversement. Un col très bas devait exister dans le secteur de Sermaize, entre deux vallées appartenant respectivement aux bassins de l'Ornain-Saulx et de la Marne (l'affluent de la Marne pourrait être une « Paléo-Vière » ; Harmand et Fauvel, *ibid.* ; Harmand *et al.*, 2002).

Plus au nord, dans la région de Grandpré, il est maintenant prouvé que « l'**Aisne-Ornain-Saulx** » passait par la vallée de la Bar pour confluer avec la Meuse près de Charleville-Mézières. Les arguments, d'abord purement descriptifs (Bois, 1903 ; Harmand, 1992), ont récemment été agrémentés d'analyses morphométriques des méandres de la vallée de la Bar (Deshaies, 1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a) et minéralogiques (variation brutale de certains minéraux lourds entre deux formations alluviales successives, dans la vallée de la Meuse ; Pissart *et al.*, 1997a, 1997b, 1998b).

Dans la même zone géographique, de plus nombreuses études ont concerné le **détournement de l'Aire vers l'Aisne**, phénomène postérieur à la capture de « l'Aisne-Ornain-Saulx ».

Les témoins hydromorphologiques, classiques depuis W.M. Davis (1895), du coude hydrographique, des cours d'eau alignés et de la grande vallée drainée par des petits ruisseaux ont constitué les premières preuves en faveur de cette capture (Davis, 1895 ; de Lapparent, 1897 ; Capot-Rey, 1937 ; Blache, 1939b, 1940 ; Blache, 1943). Des arguments sédimentologiques et morphométriques sont venus compléter la démonstration (Tricart, 1949-1952 ; Deshaies, 1994 ; Deshaies et Weisrock, 1995a ; Harmand et Fauvel, 2000 ; cf. autres références citées par Harmand, 1992 et Jaillet, 2000b).

Pour conclure, la Meuse recevait par le passé un affluent beaucoup plus important que la Bar actuelle. A défaut de pouvoir affirmer l'existence d'une « Marne-Bar », il est démontré que le paléocours d'eau (« l'Aisne-Bar ») s'étendait aux bassins versants de l'Ornain, de la Saulx, de l'Aisne supérieure et de l'Aire.

### A-II.2.3. Captures septentrionales, captures mineures et captures actuelles.

A l'aval de la vallée lorraine de la Meuse, d'autres réorganisations hydrographiques se sont produites. On mentionnera, sans les développer, la capture de la « Meuse lorraine » par la « Meuse de Dinant » (Pissart, 1961 ; Pissart *et al.*, 1997a ; Pierre, 2000 ; Harmand, 2001), contestée par L. Bustamante Santa Cruz (1976), et le détournement local de la « Meuse de Gespunsart » par « l'Aisne-Bar » (Nordon, 1928, Macar, 1945, Pissart, 1960 et Voisin, 1979, cités par Harmand, 1989, Harmand *et al.*, 1995b et Pissart *et al.*, 1997a, 1997b, 1998b).

A côté des réorganisations hydrographiques majeures qui ont concerné le bassin versant de la Meuse, il existe des exemples plus restreints, mais non moins intéressants, de modifications de drainage. On a précédemment signalé le cas de la vallée sèche d'Anderny. Dans le bassin de la Seille, il semblerait qu'un processus identique de recul de tête du ruisseau de Dieuze ait généré la conquête d'une petite partie du bassin de la Rode, affluent de la Sarre (Capot-Rey, 1937).

D'autres phénomènes sont impliqués dans le détournement de l'Ormançon (Jaillet, 2000b ; Harmand et Fauvel, 2001) : recul de couverture crétacée s'accompagnant de fuites karstiques possibles, une fois les calcaires tithoniens atteints par l'encaissement de l'Ornain conquérante, et recoupement d'interfluve par migration d'un méandre de l'Ornain (" capture par osculation " ; George et coll., 1990).

Près de Charmes (*cf.* planche II.8), le détournement du Colon vers le Madon a été mis en évidence par D. Mansuy et J. Corbonnois (2002). Il résulte de l'obstruction, en terrains argileux, du talweg menant à la vallée de la Moselle, par des phénomènes de solifluxion.

Au contact du Massif vosgien et de la Lorraine sédimentaire, la Mortagne amont a peut-être connu dans un passé lointain la perte de son cours supérieur, constitué actuellement par la Vologne, au profit de la Moselle, ainsi que tendent à le prouver les alignements de rivières et les accumulations fluviales importantes de type " piedmont " (Bonfont, 1986).

Enfin, les réorganisations hydrographiques n'ont pas cessé puisque des détournements sont en cours d'élaboration (planche II.8). Dans tous les cas, il s'agit de **captures souterraines partielles à travers un substratum carbonaté ou des alluvions**.

L'exemple le plus étudié de détournement des écoulements par voie hypogée est sans aucun doute le cas de l'**Aroffe**, que l'on a déjà mentionné (Olry, 1876, 1883 ; Fournier, 1900 ; Obellianne, 1970 ; Thillay, 1976 ; Le Roux et Salado, 1980 ; Gamez *et al.*, 1985 ; Harmand, 1992 ; Gamez, 1995 ; Wehrli, 1996). En dehors des hautes eaux, ce cours d'eau, qui naît sur les marnes liasiques, se perd totalement à Gémonville, dans les calcaires bajociens. Des traçages colorimétriques (Obellianne, 1970 ; Le Roux et Salado, 1980) et des études géochimiques et hydrodynamiques (Thillay, 1976 ; Thillay, 1979) ont confirmé le trajet souterrain présumé vers les sources de la Rochotte, de Biqueley et de Pierre-la-Treiche.

Tributaire en surface du bassin versant de la Meuse, l'Aroffe se dirige donc en réalité majoritairement vers le bassin de la Moselle, en circulant sous terre. Le contexte hydrogéologique et karstique a été clairement explicité par les auteurs précités : le cheminement hypogé suit le fossé d'effondrement subméridien de Colombey-les-Belles (*cf.* Maubeuge, 1963 ; Le Roux et Salado, 1980), les circulations sont rapides et variables dans le temps et l'espace (50 à 650 m/h ; Le Roux et Salado, *ibid.*), conforme à un système karstique très hiérarchisé (Thillay, 1979), les échanges hydrologiques internes et externes complexes

(existence possible de plusieurs niveaux aquifères interconnectés, présence de nombreuses pertes-émergences fonctionnant en inversac, interactions hydrogéologiques temporaires avec le système karstique de l'Ar-Arot ; Thillay, 1979 ; Le Roux et Salado, 1980 ; Wehrli, 1996).

La combinaison calcaires très fracturés - gradient hydraulique important entre les vallées de l'Aroffe et de la Moselle (130 m de dénivelée pour 26,5 km à vol d'oiseau, soit une pente de 0,5 %) constitue le binôme principal, responsable du développement de la karstification et de la capture souterraine en cours qui caractérise la Haye méridionale (*cf.* chapitre IV).

Bien d'autres circulations hypogées entre deux bassins versants différents ont été mis en évidence en Lorraine (planche II.8). On peut citer dans les calcaires oxfordiens les pertes de l'Ornain supérieur et de l'Aire supérieure en direction d'affluents de la Meuse ou de la Marne amont (Vidal de la Blache, 1908 ; Le Roux, 1969 ; Harmand, 1992 ; Devos, 1996b, 1998 ; Tailliez, 1998), dans les calcaires tithoniens les pertes de la Saulx au profit de la Marne (Devos, 1996b, 1998 ; Devos *et al.*, 1999 ; Jaillet, 2000b), dans les calcaires bajociens les pertes de la Crusnes amont vers le bassin de la Moselle (Harmand, 1992).

Plus originaux sont les écoulements qui se produiraient de la Meuse vers la Moselle à travers les alluvions et colluvions du Val de l'Ane, par là même où la Moselle rejoignait la Meuse par le passé (Haguenauer et Hilly, 1987). Ces circulations ne sont pas formellement prouvées, mais le gradient hydraulique se prête à cette hypothèse (une quinzaine de mètres de dénivelée existe entre la Meuse et le cours aval de l'Ingressin).

#### A-II.2.4. Chronologie relative des captures hydrographiques démontrées.

Les réorganisations hydrographiques présentées dans les sections précédentes peuvent être classées en trois catégories (*cf.* Harmand, 1992 ; planche II.8) :

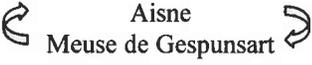
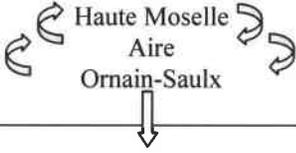
- les captures prouvées : Haute Moselle, Ornain-Saulx, Aisne, Aire, Madon du Val de Viterne et également Meuse de Gespunsart, Ormançon et Colon ;
- les captures probables : Rupt de Mad du Val de Boncourt, Terrouin du Val de Trondes ;
- les captures possibles : Marne, Haute Semois, Meurthe, Orne-Longeau-Yron, Madon du Val le Prêtre, Haut Coney-Haut Madon, Haute Saône, Apance et également Haute Rode, Vologne et Meuse lorraine.

Seuls les détournements de la première catégorie sont à peu près calés dans le temps, par l'intermédiaire des études morphosédimentaires (formations alluviales), auxquelles les captures sont intimement liées. Par ailleurs, la chronologie reste encore souvent relative, en fonction des phases de creusement - remblaiement, puisque les datations absolues font largement défaut (elles seront indiquées dans le chapitre IX).

Ainsi, dans cette section A-II.2.4., on se bornera à édicter une **chronologie " fluviale "**, c'est-à-dire fondée sur les unités alluviales, dont la nomenclature générale a été indiquée au début de la section II.2.2. et sera précisée dans le chapitre V. Cette démarche est rendue possible par le fait que **toutes les captures démontrées se sont produites dans l'ancien grand bassin versant de la " Moselle-Meuse-Ornain-Aisne "**. Les études de A. Pissart *et al.* (1997a) et D. Harmand *et al.* (1998) sur les raccords longitudinaux des formations seront à ce propos utiles (*cf.* planche V.10).

Logiquement, la chronologie fluviale que l'on va adopter est celle que l'on utilisera pour la Moselle sur le site de sa capture (*cf.* chapitre V). Compte tenu de l'utilisation de diverses données bibliographiques où les nomenclatures sont différentes, on ne cherchera pas une précision extrême ni toujours assurée des corrélations. Le but de ce récapitulatif (tableau A-II.3) consiste uniquement à fixer les idées sur l'enchaînement des différentes

captures démontrées, les unes par rapport aux autres (figure A-II.10), à l'image de la reconstitution de l'évolution du réseau hydrographique lorrain dressée par D. Harmand (2001) sur une plus longue période de temps.

	Chronologie des formations alluviales	Captures	Principaux auteurs des études sur les captures
1	CF4 CF3	Madon du Val de Viterne	Chouvet, 1995
2	CF3 CF2		Pissart <i>et al.</i> , 1997a, 1997b et Harmand <i>et al.</i> , 1998 Pissart <i>et al.</i> , 1997a, 1997b et Harmand <i>et al.</i> , 1998
3	CF2 F4	Ormançon	Harmand et Fauvel, 2001
4	F4 F3		Harmand <i>et al.</i> , 1995a, 1995c Harmand et Fauvel, 2000 Harmand et Fauvel, 2000 et Harmand <i>et al.</i> , 2002
5	F3 F2	Orvain-Saulx	Harmand et Fauvel, 2000 et Harmand <i>et al.</i> , 2002

NB : la capture du Colon (Mansuy et Corbonnois, 2002), non figurée, a pu se produire pendant l'alluvionnement de F3.

 Incertitude sur l'ordre exact de réalisation des captures.

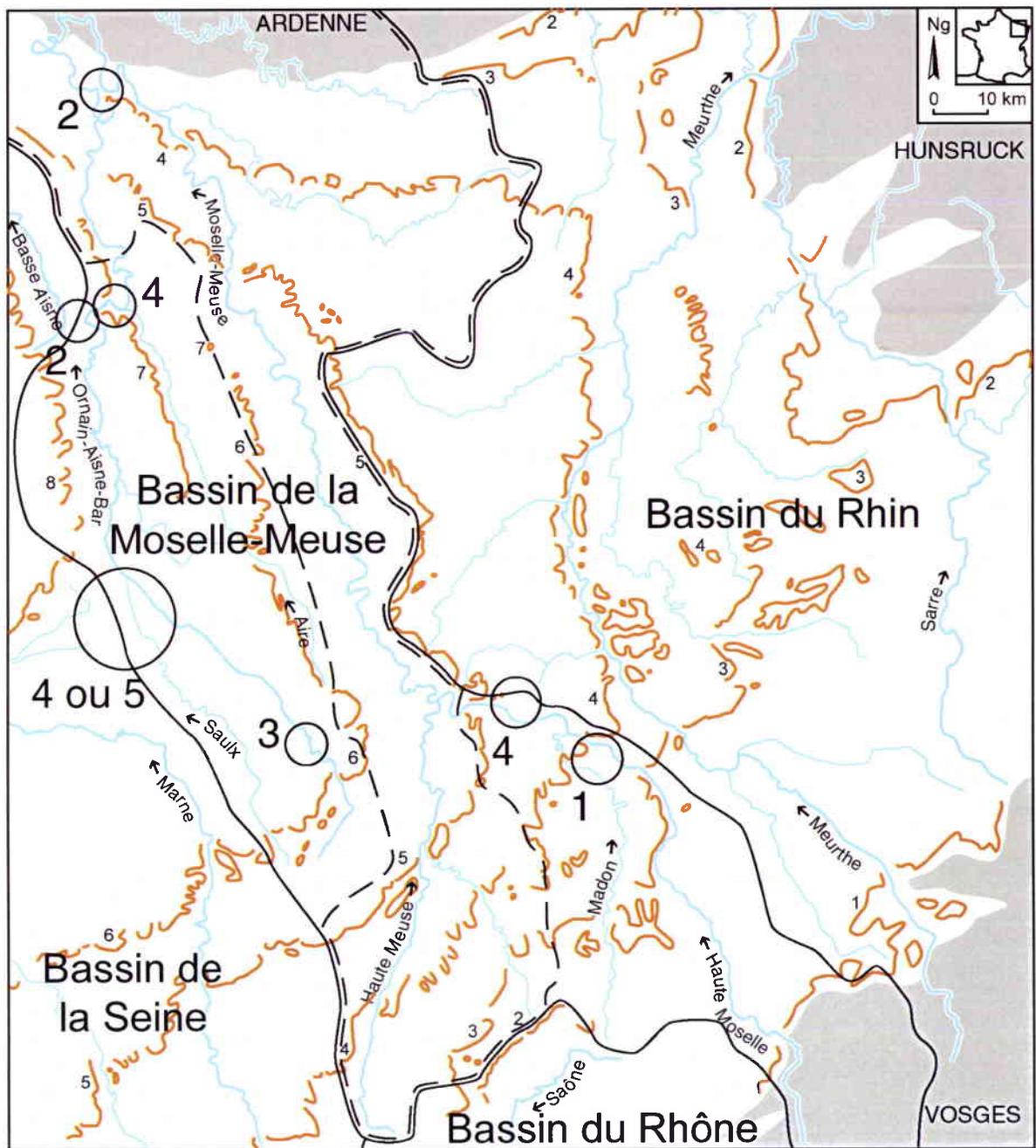
 Incertitude quant à la place de la capture dans la chronologie des formations alluviales de la Moselle.

### Tableau A-II.3 - Chronologie relative des captures hydrographiques démontrées, réalisées dans le paléobassin versant de la Moselle-Meuse, d'après diverses études.

La plus ancienne capture démontrée semble être celle du **Madon du Val de Viterne** qui se serait produite entre CF4 et CF3<sup>1</sup>, d'après l'étude de C. Chouvet (1995). On a vu que cette réorganisation est relativement localisée et n'a pas bouleversé le drainage régional.

Les recherches de A. Pissart *et al.* (1997a, 1997b) et D. Harmand *et al.* (1998) indiquent que **les détournements suivants sont ceux de l'Aisne et de la Meuse de Gespunsart**, entre CF3 et CF2. Il existe une incertitude quant à la chronologie de ces deux captures puisque ces auteurs situent la capture de l'Aisne entre les terrasses T5 (= équivalente de CF3) et T4' (= sans formation équivalente au niveau de la « Boucle de la Moselle ») et celle de la Meuse de Gespunsart entre T4' et T4 (= équivalente de CF2) (nomenclature de A. Pissart ; Pissart *et al.*, 1997a ; Harmand *et al.*, 1998). On comprend donc qu'ils considèrent le détournement de l'Aisne comme antérieur à celui de la Meuse de Gespunsart. Or, dans les mêmes articles, ils précisent que la Meuse a été capturée par " l'Aisne-Bar " dont le débit important pouvait engendrer le phénomène de tangence incriminé (Pissart *et al.*, 1997a ; Harmand *et al.*, 1998).

<sup>1</sup> Comprendre « entre les alluvionnements de CF4 et de CF3 », et de même pour la suite.



Légende du fond de carte : voir planche II.1

Légende :

- n Site de capture démontrée avec ordre chronologique (cf. tableau A-II.3)
- Limite de grand bassin versant avant la capture du Paléo-Madon
- - - Limite du bassin versant actuel de la Meuse

NB : compte tenu de l'asynchronisme des différentes captures, le chevelu hydrographique de détail représenté ne correspond à aucune période donnée en particulier ; ainsi, en dehors des sites de capture, ce sont les tracés actuels des cours d'eau qui ont été dessinés. La représentation du réseau hydrographique exact avant la première capture, c'est-à-dire au moment de l'alluvionnement de CF4, ne pouvait être raisonnablement effectué.

**Figure A-II.10 - Représentation générale du réseau hydrographique lorrain avant la capture du Paléo-Madon ; localisation et chronologie relative des captures démontrées ayant affecté le paléobassin versant de la Moselle-Meuse.**

Dans une autre publication (Pissart *et al.*, 1997b), ces chercheurs expriment clairement cette incertitude : « Il est impossible d'établir si la capture de l'Aisne s'est produite avant ou après l'abandon par la Meuse du cours de Gespunsart. Il paraît vraisemblable que cette capture se soit réalisée alors qu'un débit important passait toujours dans la Bar actuelle. Nous supposons en conséquence que l'abandon par la Meuse du cours de la Goutelle [c'est-à-dire à Gespunsart] a précédé de peu la capture de l'Aisne. Toutefois, si les comptages 165 et 167 sont significatifs, il faut admettre que la capture de l'Aisne a eu lieu avant l'arrivée de la Meuse dans le tracé passant par Charleville » (Pissart *et al.*, *ibid.*, p. 416).

La capture locale de l'**Ormançon**, due au recouplement d'interfluve par migration d'un méandre de l'Ornain, est située entre les terrasses Or3 et Or2 de l'Ornain (Harmand et Fauvel, 2001). Seule une équivalence très approximative avec les formations de la Moselle peut être avancée pour l'instant, vraisemblablement entre CF2 et F4. Elle repose sur les témoins préhistoriques du secteur de Vassincourt (*cf. infra*).

Selon D. Harmand et P.-J. Fauvel (2000), les **captures de la Haute Moselle, de l'Ornain-Saulx et de l'Aire** sont contemporaines et remontent à la période F4-F3.

Pour la Haute Moselle, cet âge relatif est indiscutable depuis les travaux de D. Harmand *et al.* (1995a, 1995c).

Pour l'Aire, les auteurs s'appuient sur des preuves géométriques ténues : altitudes des fonds rocheux des vallées de la Bar à Buzancy et de la Meuse à la confluence des deux cours d'eau. Des études supplémentaires seraient souhaitables, mais l'"âge" de ce détournement ne doit pas être très différent de ce qui est annoncé.

En ce qui concerne l'Ornain-Saulx, le problème de corrélation est plus délicat, puisqu'aucun raccord longitudinal n'a été établi jusqu'à présent.

On ne peut donc se baser que sur des indices chronologiques dont la précision fait encore défaut. Ainsi, grâce à quelques découvertes archéologiques et paléontologiques réalisées dans les alluvions de l'Ornain-Saulx dans le secteur de leur détournement (Vassincourt ; *cf. références citées par Harmand et Fauvel, 2000 et Harmand et al., 2002*), les chercheurs datent la capture « du début du Saalien vers 250 000 BP » (Harmand et Fauvel, *ibid.*, p. 63 ; Harmand *et al.*, *ibid.*). On montrera dans le chapitre IX, que la formation F4 de la Moselle est, quant à elle, plus ancienne que 300 000 ans, soit "anté-Saalien". C'est pourquoi on peut supposer que les terrasses antécapture Or1/Sa1 sont équivalente de F3, et par conséquent que la capture de l'Ornain-Saulx serait la plus jeune de toutes, réalisée entre F3 et F2. En revanche, si l'on considère l'aspect morphosédimentaire des diverses unités fluviales de l'Ornain-Saulx et de la Moselle, on aboutit à une tout autre hypothèse. En effet, en tenant compte du nombre de formations, de leurs volumes sédimentaires et du fait que les alluvions résiduelles apparaissent au niveau de Or3 (Ornain) et CF1 (Moselle), Or1/Sa1 serait équivalent de F4 et la capture se serait produite entre F4 et F3. Dans ce cas de figure, il faudrait remettre en question les données chronologiques exposées ci-dessus.

On le voit, de nombreuses incertitudes demeurent quant à la datation, même relative, des captures lorraines démontrées. Au final, on peut néanmoins constater que les détournements hydrographiques principaux, c'est-à-dire captures locales exclues, se sont produits lors de **deux périodes majeures** : vers CF3-CF2 (Aisne) et vers F4-F3 (voire F2) (Haute Moselle, Aire, Ornain-Saulx).

On peut ajouter avec prudence que les modifications de drainage de la Woëvre centrale (cours amont du Rupt de Mad du Val de Boncourt et du Terrouin du Val de Trondes) ont pu se réaliser lors de la deuxième période, puisque les cols remblayés se situent à des altitudes très basses, comparables à celui du Val de l'Ane (Dubosc, 1962 ; Harmand, 1989 ; Deshaies, 1994).

La contemporanéité relative de nombreuses captures lors de la période F4 à F2, sur les deux marges géographiques du bassin versant actuel de la Meuse plaide en faveur d'une **origine de ces phénomènes** :

- avant tout épirogénique : un soulèvement du bassin de la Meuse et la subsidence des régions voisines ont pu provoquer une divergence des écoulements ;
- secondairement climatique, puisque les régimes hydrologiques et les charges alluviales des différentes rivières varient en fonction de l'orographie de leurs bassins versants respectifs.

On peut considérer que les captures sont préparées par les facteurs tectoniques, auxquels s'adjoignent nécessairement des processus hydrodynamiques, et que ce sont les conditions morphoclimatiques qui apportent le " coup de grâce ".

## ANNEXE III.1 - CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES DU REVERS DE LA CUESTA DE MEUSE.

Les caractéristiques hydrogéologiques générales décrites pour le plateau de Haye se retrouvent dans le cas des Hauts de Meuse, dont la lithologie ne diffère guère dans sa globalité : massif à dominante calcaire reposant sur des marnes et argiles et recouvert par des marno-calcaires. Des variations de détail se rapportent surtout à l'influence du contexte géomorphologique sur les paramètres hydrodynamiques souterrains. On ne s'intéressera, dans cette annexe, qu'au revers de la cuesta de Meuse localisé sur le site de la capture de la Moselle (*cf.* planche III.1).

### ◆ Structure et fonctionnement général de l'aquifère oxfordien.

Du point de vue de l'alimentation du réservoir oxfordien, en dehors des infiltrations directes des eaux météoriques, on note que des pertes totales permanentes affectent des petits cours d'eau s'écoulant sur les argilites et marnes du " Séquanien " inférieur, lorsqu'ils arrivent sur les Calcaires sublithographiques du " Rauracien " (exemples : plusieurs ruisseaux de la région de Commercy et Vaucouleurs ; *cf.* Maubeuge et Clermonté, 1965).

Le substratum imperméable du massif calcaire est constitué par les formations argilo-marneuses du Callovien et de l'extrême base de l'Oxfordien (Le Roux et Renaud, 1985). Dans la région considérée des environs de Pagny-sur-Meuse, la structure géologique est marquée par le fond du " synclinal " de Savonnières - Dieulouard (Le Roux et Renaud, *ibid.*). On est donc en présence d'un **secteur de concentration préférentielle des écoulements souterrains**, en provenance des zones septentrionales et méridionales, même si le pendage principal reste celui dirigé vers l'ouest (centre du Bassin parisien).

La direction subméridienne des circulations est favorisée, à l'ouest de la vallée de la Meuse, par le fossé tectonique de Gondrecourt-le-Château - Void-Vacon qui guide une partie des écoulements hypogés depuis le haut bassin de l'Ornain, inscrit dans l'Oxfordien supérieur et le Kimméridgien, vers le secteur de Void-Vacon plus au nord (*cf.* planche II.8).

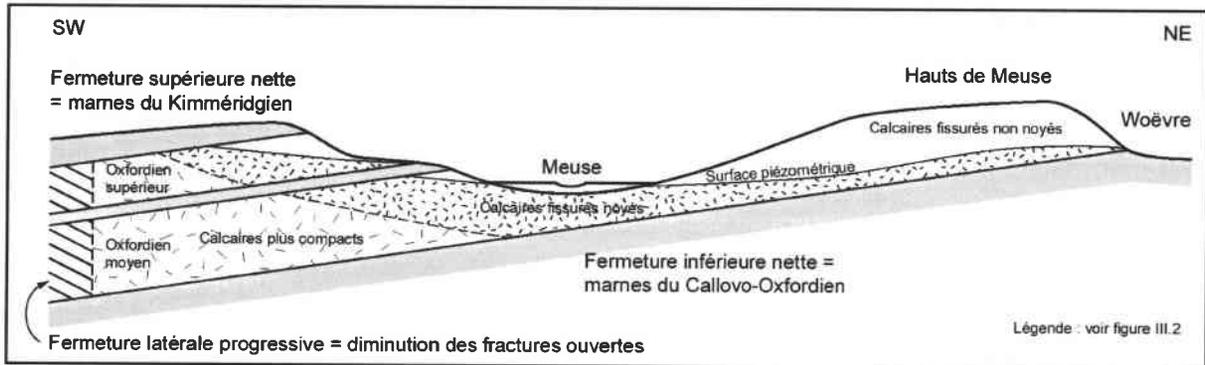
Ce schéma hydrogéologique est, par ailleurs, compliqué par deux types de paramètres supplémentaires :

- la présence de marno-calcaires dans l'Oxfordien supérieur (ex-Séquanien ; Le Roux, 1969 ; Hilly et Haguenaer, 1979 ; Mégnien et coll., 1980) génère un aquifère multicouche. Les strates marneuses semi-perméables sont soulignées par de nombreuses sources ou sourcins, prouvant une drainance limitée vers les calcaires sous-jacents ;
- comme pour la Haye, des vallées encaissées, drainées ou sèches, compartimentent le massif calcaire des Hauts de Meuse et provoquent un rabattement de la nappe d'eau souterraine à leur endroit.

Globalement, l'aquifère oxfordien correspond avant tout à un **réservoir fracturé**, à " nappe de réseau " (Zumstein, cité par Wehrli, 1996), et à karstification faible dans la région considérée (Gamez, 1995 ; *cf.* annexe IV.3). Il semble très capacitif, puisque la nappe des calcaires, associée à celle des alluvions de la Meuse, alimente de manière appréciable le

fleuve (nappe encaissante ; Zumstein et Auer, 1978, cités par Harmand, 1989). Selon A. Wehrli (1996), cet aquifère se comporte comme " un grand système annexe " (Mangin, 1974-1975), caractérisé par des infiltrations rapides et des vidanges relativement étalées dans le temps.

Comme dans les calcaires bajociens, le volume d'eau souterraine diminue progressivement vers l'ouest, corrélativement aux moindres fracturations ouvertes qui affectent le substratum carbonaté sous le recouvrement kimméridgien (Harmand, 1989 ; figure A-III.8).



**Figure A-III.8 - Structure schématique de l'aquifère oxfordien (d'après BRGM, cité par Harmand, 1989, fig. 11, modifiée).**

◆ Interaction avec l'aquifère des alluvions de la Meuse.

La différence principale par rapport au cas de la Moselle concerne le dispositif morphostructural de la vallée de la Meuse. En effet, dans le secteur de Vaucouleurs - Commercy, **le cours d'eau circule perpendiculairement au pendage des couches géologiques**. Par conséquent, il ne recoupe pas franchement l'aquifère oxfordien, même si, aux environs de Commercy, le passage de l'axe de l'" anticlinal " de Lorraine (cf. planche II.2) provoque un recouvrement localisé des formations basales de l'Oxfordien.

A la différence de lithologie près, le profil longitudinal de cette portion de la vallée de la Meuse est comparable à ceux de la Saulx et de l'Ornain décrits par A. Devos et M. Sary (Devos et Sary, 1995 ; Devos, 1996b). Toutefois, en l'absence d'étude aussi poussée pour la Meuse, les similitudes ne peuvent être étendues au registre hydrologique.

A l'échelle de l'aquifère alluvial, la Meuse se distingue de la Moselle essentiellement par son volume : l'épaisseur moyenne des alluvions y est plus de deux fois supérieure (15-20 m ; Harmand, 1992). Les inondations fréquentes de cette vallée sont le résultat d'une faible pente longitudinale du lit majeur du fleuve (Tailliez *et al.*, 2000) et, conjointement, d'une saturation rapide de la nappe phréatique alluviale, lors des crues.

Cela traduit l'équilibre hydrostatique probable entre les nappes des alluvions et des calcaires (cf. Zumstein et Auer, 1978, cités par Harmand, 1989). De fait, aucune perte de la Meuse n'est connue dans les formations oxfordiennes, au contraire de la traversée des calcaires bajociens, au sud de Neufchâteau, qui est caractérisée par la disparition souterraine du cours d'eau une partie de l'année, au niveau de Bazoilles-sur-Meuse (Fournier, 1900 ; Thomas, 1979 ; AERM, 1999). A l'image des divers calcaires bajociens, plus ou moins favorables aux infiltrations et à la karstification (cf. chapitre IV), il est probable que la densité et la typologie des fracturations sont primordiales pour expliquer les différences de comportements des eaux de surface vis-à-vis des substrats rencontrés.

◆ Conclusion et reconstitution paléohydrogéologique.

Au final, la différence majeure de fonctionnement hydrogéologique entre le réservoir oxfordien et l'aquifère bajocien, tient aux conditions géomorphologiques, avec des possibilités de vidange variable, offerte par les grandes vallées traversant les massifs.

Ces mêmes données interviennent de façon prioritaire dans les reconstitutions paléohydrogéologiques.

**Dans le cas des Hauts de Meuse, les modifications du niveau hydrostatique au fil du temps, en relation avec l'encaissement des vallées, n'ont pas été aussi importantes que pour le massif de Haye.** En effet, la surimposition de la Meuse dans les calcaires oxfordiens, depuis la dépression orthoclinale kimméridgienne (Harmand, 1992), n'a pas encore atteint la base de l'aquifère encaissant. La baisse, probablement faible, de la surface piézométrique de la nappe " oxfordienne " au cours du Quaternaire, serait donc autant le résultat du dégagement du front de côte, puis de l'incision des anciens affluents cataclinaux de la Meuse (Haute Moselle, Ruisseau du Val de Trondes, Paléo-Rupt de Mad ; cf. chapitre II et annexe II.2), que de l'encaissement du fleuve lui-même.

Il faut noter qu'avant les diverses réorganisations hydrographiques locales, le massif calcaire des Hauts de Meuse était entièrement inclus dans le bassin versant de la Moselle-Meuse, c'est-à-dire que tous les cours d'eau susceptibles de permettre une vidange de l'aquifère oxfordien étaient sous la dépendance du niveau de base constitué par l'artère maîtresse de la Meuse.

Cependant, les abandons du Val de l'Ane par la Moselle et des Vals de Boncourt et Trondes par les ruisseaux de la Woëvre, n'ont pas dû énormément jouer sur une modification des capacités de vidange de l'aquifère oxfordien, étant donné que le relais a été pris, de manière moins puissante il est vrai (le réservoir hydrogéologique n'étant plus traversé), par les affluents anaclinaux de la Moselle (Ingressin, Terrouin, Rupt de Mad). **La conséquence la plus importante de la capture de la Haute Moselle est plutôt l'arrêt de l'encaissement de la vallée de la Meuse, d'où une stabilisation du niveau piézométrique de la nappe " oxfordienne ".**

ANNEXE IV.1 - INVENTAIRE DES ELEMENTS ET PHENOMENES KARSTIQUES  
DU PLATEAU CENTRAL DE HAYE.

Localisation géographique		N	Nom	Coordonnées			P	Nature	Litho.	Morphométrie		Observation(s)	Bibli.
Commune	Lieu-dit			X	Y	Z				Prof.	Dév.		
Aingeray	Grande Vau	01	<i>Affaissement de la Grande Vau</i>	868,550	119,860	210	A	Soutirage et joint	OCP			JA dans les blocs affaissés, remplissage argilo-limoneux	
Aingeray	Le Corot	02	<i>Affaissement du Corot</i>	868,400	120,540	223	C	Soutirage ? et diaclases	OCP-OMS			Blocs d'OMS descendus (naturellement ?) ; blocs d'OCP corrodés ; carrière dans OMS au-dessus, avec fronts corrodés ; altitude évaluée au rail	
Aingeray	Sur le Vau de Toussaint	03		868,440	121,160	189,8-191,6	*	Diaclases	OMI ?			Sondage 229-3-76 = fissures avec traces de circulation (sable fin siliceux à 193,1 m = appartient au Complexe à bancs gréseux ?)	BRG
Aingeray	La Sapinière	04		869,060	121,840	184,2-190	*	Diaclases	OMI			Sondage 229-3-73 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Aingeray	Vallon d'Aingeray	05		869,700	121,575	189,5-190	*	Diaclases	OMI			Sondage 229-3-80 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Aingeray	Vallon d'Aingeray	06		869,760	121,500	205-206,5	A	Diaclases	OCP ?			Affleurement anthropique ? ; l = 0,1	
Aingeray	Haut du Château	07		869,890	122,360	220	C	Trou	OMI ?				
Aingeray	Haut du Château	08		869,950	122,440	220	C	Diaclase	OMI ?			Corrosion ?	
Aingeray	Sur la Claire	09		870,010	122,625	196	C	Sources	OMI			Plusieurs émergences dans le fossé canalisé	
Aingeray	Sur la Claire	10		870,225	122,925	187,5-193	*	Diaclases	CPS-ML-OMI			Sondage 229-3-67 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Aingeray	Sur la Claire	11		870,340	123,050	203	C	Diaclase	OMI			Largeur = 0,01-0,04 ; plusieurs autres diaclases corrodées sur ce versant ?	

Aingeray	Le Bas de Malzey	12		870,550	123,500	178,5-184	*	Diaclases	CP(I)			Sondage 229-3-63 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Aingeray	Le Bas de Malzey	13	Fontaine du Bas de Malzey	870,925	123,360	255	C	Sourcin	MRI ?			Probablement temporaire	
Aingeray	Le Bas de Malzey	14		870,900	123,450	246	C	Perte diffuse	OMS				
Aingeray	Bois de la Claire	15		871,725	123,700	202,4-206,5	*	Diaclases	OMI			Sondage 229-4-85 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Aingeray	Bois de la Claire	16		871,725	123,850	210	C	Sourcin	OMI ?			Temporaire	
Aingeray	Ecluse d'Aingeray	17		871,650	124,050	194,4-195	*	Diaclases ?	CPS			Sondage 229-4-83 = traces de circulation	BRG
Aingeray	Ecluse d'Aingeray	18		871,850	124,075	183,3-184	*	Cavité ?	CPI			Sondage 229-4-80 = une cavité de 0,7 (chute de l'outil)	BRG
Aingeray	Bois de la Claire	19		872,300	123,960	205	A	Diaclase	CP(S)			Largeur = 0,01-0,1	
Aingeray	Bois de la Claire	20		872,390	123,975	202,5	A	Joint, trou et diaclase	CP(S)			JA 0,15x0,25 et terrier ; quelques cailloux siliceux ; l = 0,01-0,03	
Aingeray	Bois de la Claire	21		872,410	123,975	203-205,5	A	Joints et diaclases	CP(S)			2 JA ; 5 diaclases (l = 0,01-0,12) ; quelques cailloux siliceux coincés	
Aingeray	Bois de la Claire	22	<b>Trous de la Grosse Roche</b>	872,440	123,990	204,5-207,5	A	Cavités	CP(S)		8 max.	4 cavités plus ou moins indépendantes et un trou ; remplissage alluvial	Hus64 LL66
Aingeray	Bois de la Claire	23		872,440	123,960	209,5	A	Doline	CP(S)	-1		Soutirage en relation avec la cavité A des Trous de la Grosse Roche, à travers la formation alluviale	
Aingeray	Bois de la Claire	24		872,450	123,990	203-204,5	A	Cavité sur diaclase et joints	CP(S)			0,4x0,6 ; quelques cailloux siliceux coincés	
Aingeray	Bois de la Claire	25		872,475	123,990	197,5-203,5	A	Joints et diaclases	CP(S)			3 joints et 5 diaclases ; JA 0,15x0,4 et 0,1x0,1 ; l = 0,02 à 0,12	

Aingeray	Bois de la Claire	26		872,650	124,050	177,6-187	*	Diaclases ?	CE-OBCA			Sondage 229-4-81 = traces de circulation	BRG
Aingeray	Les Chouères	27		872,940	122,310	240	C	Diaclases et joints	CPS			Corrosion ? ; l = 0,1-0,15	
Aingeray	Les Chouères	28		873,150	122,325	240	C	Joint	CPS			Corrosion ?	
Aingeray	Fonds de la Flie	29		872,925	121,700	236	A	Diaclase et trou	CP(S)			Largeur = 0,05	
Aingeray	Fonds de la Flie	30		873,140	121,490	237	A	Trou sur diaclase	CP(S)		1	Corrosion ? ; l = 0,3	
Aingeray	Fonds de la Flie	31		873,125	121,475	235	A	Diaclases et joint	CP(S)			Corrosion ? ; l = 0,05-0,25	
Aingeray	Bois de la Tête l'Ermite	32		871,975	120,510	240	C	Trou sur diaclase	OMI ?			Largeur = 0,1	
Aingeray	Les Tremblots	33	<i>Cavité G. Gardet</i>	871,390	120,760	245	C *	Cavité	OMS			Ø = 0,6-0,7 ; remplissage de sable siliceux ; cavité non retrouvée, mais utilisation de blocs corrodés pour une petite construction	Gar43
Bicqueley	Grand Bois	01	Trou des Contrebandiers	866,260	109,960	270	*	Cavité	OMI	-3	15	Corrosion ? ; cavité en partie aménagée par l'homme	LL66
Bicqueley	Grand Bois	02		866,260	110,040	?	*	Cavité	OMI		10	Corrosion ?	LL66
Bicqueley	Grand Bois	03		866,260	110,075	?	*	Cavité	OMI		7	Corrosion ?	LL66
Bicqueley	Bicqueley	04	Source de Bicqueley	863,400	109,040	219	C *	Source	OCP			Captée ; émergence du système karstique de l'Aroffe	LS80
Chaligny	Bois de Remenaumont	01		879,090	111,150	385	*	Diaclase	CE ?	-12		Corrosion ? ; l = 1-1,5 ; zone de défilage minier	BRG
Chaligny	Bois de Remenaumont	02		878,790	110,490	376	A	Diaclase(s)	CE ?			Blocs corrodés ; concrétion	
Chaligny	Bois de Remenaumont	03		878,650	110,590	391	A	Diaclase	OC ?			Zone de défilage minier	
Chaligny	Bois de Remenaumont	04		878,410	110,850	390-393	A	Trou et diaclase	CPI ?			0,5x0,2 (altitude mesurée au plafond) ; largeur = 0,1 (corrosion ? ; altitude mesurée au sommet) ; zone de défilage minier	

Chaligny	Bois de Remenaumont	05	<i>Cavité du Val de Fer</i>	878,340	110,800	385-386,5	A	Cavité et diaclases	CPI ?		3 min.	Cavité = 0,7x0,4 ; 11 diaclases dont une avec quelques cailloux siliceux (l = 0,01-0,25) ; zone de dépilage minier	
Chaligny	Bois de Remenaumont	06		878,300	110,760	384,5-386	A	Diaclases et trou	CPI ?			10 diaclases (l = 0,01-0,2) ; zone de dépilage minier	
Chaligny	Bois de Remenaumont	07		878,240	110,740	385-385,5	A	Diaclases	CPI ?			13 diaclases (l = 0,01-0,25) ; zone de dépilage minier	
Chaligny	Bois de Remenaumont	08		878,025	110,590	375	C	Trous sur diaclases	CSH ?			Corrosion ?	
Chaligny	La Brocotte	09		878,040 ?	110,190 ?	355	*	Source	CFF				BRG
Chaligny	Bois de Remenaumont	10		877,350	111,200	404	C	Diaclases	CPS ?	-3		Altitude évaluée au sommet de la tranchée d'effondrement ; zone de dépilage minier	
Chaligny	Carrière Nanquette	11		877,250	110,900	393	A	Puits et diaclase	CP(S)			2 puits recoupés	
Chaligny	Carrière Nanquette	12		877,210	110,790	383	A	Diaclase	CPI-CPS			Autres galeries diaclases ?	
Chaligny	Carrière Nanquette	13		877,100	110,750	384,5-388,5	A	Diaclase et puits-cheminée	CPI-CPS			Largeur = 0,25 ; concrétion	
Chaligny	Carrière Nanquette	14		877,075	110,775	382-389,5	A	Diaclases et trou	CPI-CPS			5 diaclases	
Chaligny	Carrière Nanquette	15		877,060	110,825	381-386	A	Diaclases et trou	CPI-CPS		10	Largeur = 0,1 ; remplissage alluvial	
Chaligny	Carrière Nanquette	16		877,050	110,890	381	A	Diaclases et trou	CPI-CPS			Largeur = 0,5 max. ; 0,1x0,2	
Chaligny	Carrière Nanquette	17		877,025	110,900	377,5-379,5	A	Diaclases	CP(I)				
Chaligny	Carrière Nanquette	18	<i>Cavité Nanquette</i>	877,000	110,900	378-379	A	Cavité	CP(I)			Ebouleuse, 0,65x1, remplissage alluvial	
Chaligny	Carrière Nanquette	19		876,990	110,900	377	C	Diaclases	CP(I)				
Chaligny	Carrière Nanquette	20		876,950	110,910	375-377	A	Diaclase	CP(I)				

Chaligny	Carrière Nanquette	21		877,025	110,950	380	A	Trous sur diaclase	CPI-CPS			Corrosion ?	
Chaligny	Val Fleurion	22	Source de Gréhinvaux	876,800 ?	110,100 ?	310	*	Source	Eb				BRG
Chaligny	Val Fleurion	23		876,710 ?	110,190 ?	300	*	Source	Eb				BRG
Chaligny	Val Fleurion	24		876,740	110,850	317	C	Source	Eb			Captée	BRG
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	25		876,800	111,425	383-384,5	A	Diaclases et joint	CPS			Largeur = 0,4 pour l'une d'elles ; JA 0,2x0,05	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	26		876,775	111,400	378-379,5	A	Trous et diaclases	CP(S)			0,05x0,3 et 0,03x0,15 ; l = 0,05-0,1 et 0,03 ; cheminée (Ø = 0,2)	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	27		876,750	111,375	379,5	A	Diaclases	CP(S)	-2,5/+4		Altitude mesurée au JS ; l = 0,05-0,15	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	28		876,725	111,350	385	C	Diaclases	CPS			0,1x1 ; l = 0,03	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	29	<i>Cavités des Angles</i>	876,710	111,360	384,5-386	A	Cavités, parfois sur diaclase	CPS			0,2x0,5 ; l = 0,3-1 ; puits-cheminées recoupés ; 0,05x0,4	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	30	<i>Cavité aux 2 Cailloux</i>	876,700	111,350	385-386,5	A	Cavité	CPS			Quelques cailloux siliceux, JA	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	31	<i>Cavités aux Glaçons</i>	876,690	111,375	385	A	Cavités sur joints ou sur diaclase	CPS		2,5 min.	0,2x0,15 ; 0,05x0,6 ; l = 0,1 et JA	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	32	<i>Micropuits au Gravier</i>	876,675	111,325	377-378,5	A	Puits-cheminées	CPS			Recoupés, Ø = 0,2 et 0,3 ; quelques cailloux siliceux	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	33		876,675	111,300	377-379	A	Diaclase et puits-cheminée	CPS				
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	34		876,640	111,250	380	C	Diaclase	CPS			Corrosion ?	

Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	35		876,510	111,375	375	C	Diaclase	CPS			Corrosion ? ; l = 0,05-0,1	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	36		876,425	111,310	374-375,5	A	Diaclases	CPS			Largeur = 0,03-0,05 et concrétions ; corrosion ?	
Chaligny	Forêt Comm. de Neuves-Maisons	37		876,460	111,250	380	C	Diaclase	CPS				
Chaligny	Le Haut de la Taye	38		876,190	110,150	357	A	Trou	CSH-CE ?			0,2x0,2	
Chaligny	Le Haut de la Taye	39		876,140	110,125	354	A	Diaclases	CSH-CE ?				Dor97
Chaligny	Le Haut de la Taye	40		876,140	110,125	355,5	A	Trou	CSH-CE ?			0,2x0,2 et concrétion	
Chaligny	Le Haut de la Taye	41		876,110	110,140	351,5-354,5	A	Trous sur diaclases	CSH-CE ?			0,2x0,5 et concrétion	
Champigneulles	Rendez-Vous du Gascon	01		876,900	121,660	339	C	Diaclases	OCP			Corrosion ?	
Champigneulles	Fort de Frouard	02		879,250 ?	122,075 ?	345-350	C *	Cavité (puits ?)	OMI ?			Remplissage alluvial (observation effectuée par Ble87 lors de la construction du fort)	Ble87
Champigneulles	Le Maroc	03		880,810	121,850	265	A	Exhaure	CFF ?				
Champigneulles	Le Maroc	04		880,740	121,850	290	A	Trou	CSH		1,5 min.	0,2x0,2	
Champigneulles	Le Maroc	05		880,740	121,840	288	A	Trous sur diaclases	CSH			Corrosion ? ; l = 0,3	
Champigneulles	Le Maroc	06		880,690	121,800	299	A	Diaclases	CSH-CE ?			Corrosion ? ; concrétion	
Champigneulles	Le Maroc	07		880,640	121,750	302	A	Trou sur diaclase	CSH-CE ?			Corrosion ? ; concrétion	
Champigneulles	La Fourasse	08		881,360	120,825	309-309,5	A	Diaclases	CPI ?				
Champigneulles	La Fourasse	09		881,200	120,825	300	C	Trou sur diaclase	CPI ?			Corrosion ? ; l = 0,15	
Champigneulles	La Fourasse	10		880,960	120,610	315	C	Diaclases	CP(S)			Corrosion ? ; l = 0,6	

Champigneulles	La Fourasse	11		881,225	120,375	301,5	A	Sourcin	CPI ?			Anthropique : draine le teruil	
Champigneulles	Fontaine Saint-Joseph	12		880,700	120,390	322,5	A	Trou	CP(S)		2 min.	0,2x0,3 ; altitude mesurée au sommet du trou	
Champigneulles	Le Maroc	13	Source des Talintés	880,250 ?	121,010 ?	238	*	Source	Eb			Captée	BRG
Champigneulles	Les Talintés	14	Source de la Loue ?	879,925	120,890	262	A	Source	CFF			Captée	BRG
Champigneulles	Val Thiébault	15	Source de la pisciculture	879,040	120,550	235	C	Source	CFF ?			Probablement pérenne	
Champigneulles	Val Thiébault	16		878,625	120,875	295	C	Trou	CP(S)			Corrosion ? (0,1x0,02)	
Champigneulles	Le Pont des Vaches	17	Trou de l'Etang	878,700	120,125	290	A	Diaclase	CP(I)	-2 min.	4-5 min.	Largeur = 0,3	
Champigneulles	Le Noirval	18	Trou Cra-Cra	877,900	120,350	310	*	Diaclase	OMI	-3	8	Corrosion ? ; l = 0,5	Sca88
Champigneulles	Vallon du Noirval	19		877,660	120,475	276	C	Diaclase	CP(S)			Corrosion ?	
Champigneulles	Bonnefontaine	20	Source de Bellefontaine	878,140	119,760	244,5	A	Source	CSH ?			Source naturelle temporaire ; source captée à 227 m, d'après BRGM	BRG
Champigneulles	Bonnefontaine	21	Trous de Bonnefontaine	877,875	119,840	293,5-294	A	Diaclases et joint	CPS			Affleurement à cavités multiples (terriers)	
Champigneulles	Bonnefontaine	22		878,010	119,525	270	C	Trous	CP(I)			Corrosion ?	
Champigneulles	Fonds de Toul	23		877,760	119,025	270	A	Diaclase	CP(I)			Largeur = 0,04-0,05	
Champigneulles	Fonds de Toul	24	Source des Fonds de Toul	877,610	118,640	234,5	A	Source	CSH ?	-1,5		Temporaire	
Champigneulles	Fonds de Toul	25		877,725	118,760	234	C	Perte diffuse	CFF ?			Temporaire	
Champigneulles	Fonds de Toul	26		877,600	118,725	273,5	A	Joint	CP(I)				
Champigneulles	Fonds de Toul	27		877,575	118,710	277	A	Diaclase	CP(I)				
Champigneulles	Fonds de Toul	28	Trous du Réservoir	877,550	118,675	272,5-273,5	A	Joint et diaclase	CP(I)			Affleurement à cavités multiples (terriers)	
Champigneulles	Fonds de Toul	29		877,500	118,610	272,5	A	Diaclase	CP(I)			Largeur = 0,1	
Champigneulles	Fonds de Toul	30		877,110	118,110	274	A	Trou sur diaclase	CP(I)			Corrosion ? (l = 0,4)	
Champigneulles	Fonds de Toul	31		877,140	118,040	278	A	Trou	CP(I)			0,2x0,6 et concrétion	
Champigneulles	Fonds de Toul	32		877,325	117,840	267	A	Joint	CE ?			Corrosion ?	
Champigneulles	Fonds de Toul	33		877,160	117,840	269	A	Trou et joint	CP(I)			Altitude mesurée au JA	

Champigneulles	Fonds de Toul	34		877,150	117,825	277	A	Joint	CP(I)			JA 0,3x0,1	
Champigneulles	Fonds de Toul	35		877,140	117,810	277	A	Diaclase	CP(I)			Largeur = 0,2	
Champigneulles	Les Baraques	36		877,300	117,450	275-281	A	Joints	CP(I)			JA 0,5x0,3 (terrier)	
Champigneulles	Les Baraques	37		876,525	117,640	280	C	Joint	CP(S)			Corrosion ?	
Chaudeney-sur-Moselle	Fond du Rupt	01	<i>Perte du Fond du Rupt</i>	864,710	112,950	252	A	Perte concentrée	CA ?	+2		Temporaire	Lou97
Chaudeney-sur-Moselle	Fond du Rupt	02		864,600	112,860	250	A	Perte diffuse	CA ?			Temporaire ; écoulement provient du fossé de drainage	
Chaudeney-sur-Moselle	Fond du Rupt	03		864,910	113,150	267	A	Sourcins	MRS ?			Emergences alluviales probables, temporaires et diffuses ; perte rapide	
Chaudeney-sur-Moselle	Bois Blanc	04		865,775	113,290	293-295	A	Mardelles ?	AW ?			Anthropiques ? ; étagées, Ø = 15-20	Dor97
Chaudeney-sur-Moselle	Batterie de Chaudeney	05		866,490	112,690	310	A	Mardelle ?	MRS ?			Probablement anthropique (L = 7, l = 3)	
Chaudeney-sur-Moselle	Bois sous Roche	06		866,100	112,390	293-297,5	A	Mardelles ?	MRI ?	-1-2 ?		Probablement anthropiques ; Ø = 6	Dor97
Chaudeney-sur-Moselle	Bois sous Roche	07		866,025	112,390	293	A	Perte diffuse	CA ?			Temporaire (quand sol saturé)	
Chaudeney-sur-Moselle	Bois de Chaudeney	08		865,425	112,075	282	A	Mardelle ?	MRI ?	-0,5		Ø = 5 ; sert de bauge	
Chaudeney-sur-Moselle	Bois Gaillard	09		864,540	111,500	222,5	A	Diaclase	OMI			Largeur = 0,05	
Chaudeney-sur-Moselle	Bois Gaillard	10		864,290	111,490	217,5-221,5	A	Diaclases	OMI			Largeur = 0,05-0,2 ; remplissage alluvial ; concrétion	
Chavigny	Mommelier	01		878,225 ?	110,040 ?	327	*	Source	Eb				BRG
Chavigny	Mommelier	02		878,375 ?	110,040 ?	320	*	Source	Eb				BRG
Chavigny	Chavigny	03		879,350	110,840	340	C *	Source	Eb			Captée	BRG
Chavigny	Petite Fin	04		879,875 ?	110,725 ?	375	*	Source	CFF				BRG
Chavigny	Fond de Renonvaux	05		880,150	109,760	360	C *	Source	CFF			A 355 m, d'après BRGM	BRG

Chavigny	Noyer Saint-Jacques	06		879,060	109,925	296	C	Source	Eb			A 303 m, d'après BRGM	BRG
Dommartin-lès-Toul	La Haie Plaisante (Rupt Stagotte)	01		864,710	114,150	230	C	Perte diffuse ?	CR ?			Temporaire ; écoulement se poursuit vers l'aval parfois (obs. perso.)	Lou97
Dommartin-lès-Toul	Forêt Comm. de Dommartin	02		865,440	113,475	283	C	Sourcins ?	AW ?			Non observés ; temporaires	
Dommartin-lès-Toul	Forêt Comm. de Dommartin	03		865,125	113,400	270	C	Sourcins	MRS ?			Emergences alluviales probables, temporaires	
Dommartin-lès-Toul	Forêt Comm. de Dommartin	04		865,140	113,260	278,5	A	Sourcins ?	MRS ?			Non observés ; probablement temporaires	
Dommartin-lès-Toul	Forêt Comm. de Dommartin	05		864,990	113,210	272	A	Perte diffuse	MRS ?			Probablement temporaire	
Fontenoy-sur-Moselle	Herbues vers Gondreville	01		868,100	118,325	211,5 ?	*	Cavité ?	OMS ?			Sondage 229-3-112 = cavité 0,8 avec remplissage sableux	BRG
Fontenoy-sur-Moselle	Grande Corvée	02		868,300	118,550	215	C	Diaclase	OMS ?			Corrosion ? (carrière disparue lors construction du nouveau lotissement)	
Fontenoy-sur-Moselle	La Justice	03		869,950	118,600	255	C	Sourcins ?	OMS-CA ?			Ecoulement drainé sous la surface	
Fontenoy-sur-Moselle	Ravin de la Jadolle	04		869,700	118,475	235	C	Perte diffuse	OCP ?			Perte à l'amont le plus souvent	
Frouard	Côte du Pimont	01	<i>Source du Pimont</i>	875,560	122,960	239	A	Source	CSH			Temporaire	Ayn83
Frouard	Côte du Pimont	02	<i>Grotte du Pimont</i>	875,610	123,100	261	A	Cavité sur diaclase	CE ?		10	Ø = 0,5 ; remplissage argilo-limoneux (obstrue) ; autre cavité en haut de la carrière ?	
Frouard	Côte du Pimont	03		875,625	123,150	260	C	Diaclase	CE ?			Concrétion uniquement ; l = 0,5	
Frouard	Côte du Pimont	04		875,660	123,125	287	A	Diaclase	CP(S)			Corrosion ? ; l = 0,1	
Frouard	Le Châtillon	05		875,990	123,675	290-300	C	Sourcins ?	OC ?			2 échancrures : peut-être des sourcins intermittents	
Frouard	Le Châtillon	06		876,200	123,775	314	A	Diaclase	CPS ?			Corrosion ?	

Frouard	Le Châtillon	07		876,390	123,900	286	A	Cavité et diaclases	CPI ?			Tronçon de cavité ; diaclases avec concrétion	
Frouard	Le Châtillon	08		876,560	123,910	316	A	Diaclase	CPS			Zone de dépilage minier	
Frouard	Les Essarts	09		877,375 ?	123,500 ?	340	*	Diaclases et soutirage ?	OMI			Eléments géologiques supérieurs descendus dans de grosses diaclases	Mau55
Frouard	Haut des Plantes	10		878,075 ?	124,010 ?	320	*	Diaclases	CPS			Remplissage avec cailloux siliceux	Mau55
Frouard	Forteresse des Rays	11		878,125	124,510	275	A	Diaclase	CSH ?			Concrétion	
Frouard	Forteresse des Rays	12	Petite Grotte	878,300	124,240	298	A	Diaclase de détente	CPI ?			Corrosion ? ; l = 0,3 ; zone de dépilage minier ; autre diaclase de détente sur le plateau au-dessus de la carrière	BRG Vau60
Frouard	Forteresse des Rays	13	Source Jaillot	878,550 ?	124,300 ?	292	*	Source	CSH-CE ?			Captée	BRG
Frouard	Le Raybois	14		878,690	123,550	316	A	Diaclase de détente	CP(S)			Corrosion ? ; zone de dépilage minier	
Frouard	Le Raybois	15		878,725	123,600	303	A	Diaclase	CPI ?			Autres diaclases avec concrétion, dans la même carrière ; zone de dépilage minier	
Frouard	La Penotte	16	Source du Raybois	879,340	123,510	246-250	A	Sources	Eb			Captées (à 260 m, d'après BRGM)	BRG
Frouard	Batterie de l'Eperon	17		879,625	123,290	323	C	Diaclase	CP(S)			Corrosion ?	
Gondreville	En Andelin	01	<b>Gouffre de l'Echangeur de Gondreville</b>	868,140	116,290	236	C	Gouffre sur diaclase (et joints)	OMS-CA	-7		2 JA vers 230 m	Pré99
Gondreville	Fond de la Core	02		868,525	115,600	243,5	A	Diaclase	OMS				
Gondreville	Fond de la Core	03		868,525	115,610	241	A	Diaclase	OMS		8	Altitude mesurée au JS	
Gondreville	Fond de la Core	04		868,540	115,575	241	A	Diaclase	OMS				

Gondreville	Fond de la Core	05		868,550	115,575	243	A	Diaclases	OMS			3 diaclases recoupées	
Gondreville	Les Rays	06		868,640	115,610	243	A	Diaclase	OMS			Largeur = 0,05	
Gondreville	Les Rays	07	<b>Cavités des Rays</b>	868,690	115,575	243-246	A	Joints	OMS		1	3 JA (0,2x0,2 et 0,3x0,1) mais gros blocs descendus peut-être	
Gondreville	Les Rays	08		868,700	115,860	243,5-244	A	Joints et diaclase	OMS			JA de petite taille	
Gondreville	Les Rays	09		868,660	115,875	242-245	A	Joints et diaclases	OMS			JA 0,1x0,07 ; multiples diaclases (l = 0,02-0,08)	
Gondreville	Les Rays	10		868,840	115,950	246-248	A	Cavité et diaclases	OMS			0,5x0,2 (obstruée) ; l = 0,02-0,03 ; concrétion	
Gondreville	Les Rays	11		869,010	115,900	246	A	Diaclase(s) et trou	OMS			Altitude mesurée au niveau du trou (0,2x0,2) = base front de la carrière	
Gondreville	Forêt Comm. de Gondreville	12		869,540	116,110	256-258	C	Dolines ?	OMS-CA	-1,5		3 dépressions (Ø = 3 à 6 m) probablement anthropiques	
Gondreville	Forêt Comm. de Gondreville	13		870,660	115,290	273-274	C	Diaclases	OMS			Corrosion ? ; seules les diaclases inclinées à l'est semblent corrodées	
Gondreville	Bois de l'Embanie	14	Trou de la Carrière	870,625	113,500	235	C	Diaclases	OBICA-CPI ?		~35	Largeur = 0,2-1	LL66
Gondreville	Bois de l'Embanie	15	<b>Grotte du Géant</b>	870,560	113,490	234-237	A	Grotte	CPI		~70	Entrées multiples dans un promontoire rocheux	Hus64 BRG LL66
Gondreville	Bois de l'Embanie	16	<b>Petite Grotte du Géant</b>	870,550	113,490	238,5	A	Cavité	CPI			Altitude mesurée à la voûte ; remplissage alluvial	LL66
Gondreville	Bois de l'Embanie	17		870,275	113,400	275	C	Diaclase	CPS			Corrosion ? ; détente ?	
Gondreville	Bois de l'Embanie	18	<b>Grotte du Chaos</b> - entrée de la carrière Jean Doc	869,760	112,900	271	A	Grotte	CPI-OC-CPS ?	-30/+6	1750 min.	Altitude mesurée au seuil de la porte ; JA au-dessus de la porte à 274 m ; remplissage alluvial	LL66
			Grotte du Chaos - nouvelle entrée	869,775	112,910	271	A					Boyau à quelques mètres à l'ouest à 269,5 m	
Gondreville	Bois de l'Embanie	19		869,640	112,825	278	A	Joint	CPS		5	4x0,3	LL66

Gondreville	Bois de l'Embanie	20		869,640	112,825	281,5	A	Diaclase	CPS-ML ?	-3		Altitude mesurée au sommet	LL66
Gondreville	Bois de l'Embanie	21	Trou de la Halte	869,560	112,640	235,5	A	Trou	CSH		4	Altitude mesurée au JS sommital	LL66
Houdemont	Le Ratelier	01	Source Fonteno	882,260	112,090	295	*	Source	Eb			Captée	BRG
Laxou	Fond de Clairlieu	01		877,375	117,060	295	C	Diaclase	CP(S)		3	Corrosion ?	
Laxou	Fond de Clairlieu	02		877,590	117,150	300	C	Diaclase	CPS			Corrosion ?	
Laxou	Fond de Clairlieu	03		877,550	116,660	290	C	Joint	CP(I)			Corrosion ?	
Laxou	Fond de Clairlieu	04		877,850	116,610	292-296	A	Diaclase	CP(S)			Draperies ; trous corrodés dans la même carrière ?	
Laxou	Echangeur de Nancy-Ouest	05		877,800	117,310	320	C	Diaclase	OMI			Concrétion uniquement	
Laxou	Centre commercial (la Sapinière)	06		878,750 ?	117,150 ?	347-355	C *	Puits et diaclases	OMI			Quelques cailloux siliceux, d'après Ble99 ; carrières largement remblayées actuellement	Ble87 Ble99
Laxou	Champ le Bœuf	07		879,225	117,990	345	C	Diaclases	OMI				
Laxou	Champ le Bœuf	08	<i>Cavités des Fauvettes</i>	879,160	117,925	342-350	A	Puits et diaclases	OMI			3 gros puits et multiples diaclases ; quelques cailloux siliceux, d'après Ble99	Ble99
Laxou	Champ le Bœuf	09		879,050	118,010	344	A	Diaclases	OMI			Plusieurs diaclases et concrétion	
Laxou	Champ le Bœuf	10		879,050	117,900	343-348	A	Diaclases et cavité	OMI			Cavité = d'origine anthropique ?	
Laxou	Champ le Bœuf	11		878,975	117,910	335-340	C	Puits-cheminée	OMI			2 autres cavités au même endroit ?	
Laxou	Champ le Bœuf	12	<i>Cavité des Pinsons</i>	878,900	117,760	342	A	Cavité sur diaclase	OMI			Altitude mesurée à la base du petit boyau (0,05-0,1x0,5) ; l = 0,5	
Laxou	Mi-les-Vignes	13	Source de l'Asnée	881,040 ?	116,800 ?	240	*	Source	Eb			Captée	BRG

Laxou	Maréville	14	Diaclase Eliane	879,400	115,890	325	*	Diaclase	CPI ?	-6/+6	50	Corrosion ? ; l = 0,3-0,6 ; pas de diaclase corrodée repérée personnellement dans cette carrière	LL66
Liverdun	Sous les Côtes	01		869,925	123,400	193,9-195,6	*	Diaclases	CP(S)			Sondage 229-3-66 = fissures ouvertes avec traces de circulation	BRG
Liverdun	Sous les Côtes	02		871,675	124,300	194,6-205,5	*	Diaclases	CPS-ML-OMI			Sondage 229-4-88 = fissures avec traces de circulation	BRG
Liverdun	Sous les Côtes	03		872,075	124,275	202,5	A	Diaclase	CP(S)			Sous la route (rebouché), l = 0,2-0,3 ; altitude mesurée au sommet	
Liverdun	Sous les Côtes	04	<b>Trou des Fées</b>	872,090	124,310	201	A	Grotte	CP(S)		50	Altitude mesurée au plafond ; remplissage alluvial résiduel ; 2 galeries principales indépendantes	Hus63 Vau60 LL66
Liverdun	Euchaire	05	Trou de la Roche Barbotte	874,075	124,090	245	*	Cavité	CP(S)			Totalement anthropique ?	LL66
Liverdun	La Cossonière	06	Fontaine Hazotte	875,300	124,290	219	*	Source	CFF				BRG
Liverdun	Le Rond Chêne	07	Source de la Tuilerie	875,575 ?	123,600 ?	208	*	Source	Eb			Captée	BRG
Liverdun	Le Grand Bois	08		875,060	122,825	250	C	Diaclase	CP(I)			Suintement et concrétion	
Liverdun	Vallon du Grand Bois	09	<b>Source de la Vaux de Clef</b>	875,325	122,250	314,5	A	Source	OMI ?			Peut-être pérenne ; altitude mesurée au JS	BRG
Liverdun	Vallon du Grand Bois	10		875,300	122,190	295	A	Perte diffuse	OMI			Perte avant d'atteindre le talweg (dans colluvions)	Ayn83
Liverdun	Bois Communal de la Fourasse	11		874,350	122,740	263	C	Trou	CPS ?			Corrosion ?	
Liverdun	Bois Communal de la Fourasse	12		874,250	122,760	258	A	Cavités sur diaclases et joint	CP(S)		3-4	Cavité occidentale se pince au bout de 3 m	
Liverdun	Bois Communal de la Fourasse	13		874,150	122,750	256	A	Trou sur joint et diaclase	CP(S)			0,07x0,2	

Liverdun	Bois Communal de la Fourasse	14		873,925	122,690	247	A	Diaclase	CP(I)			Corrosion ?	
Liverdun	Bois Communal de la Fourasse	15		873,825	122,690	252	A	Trou	CP(S)		0,5 min.	0,07x0,2	
Liverdun	Château de la Flie	16	<b>Source de la Flie</b>	873,525	122,760	196	C	Sources	CFF-CSH			Emergences multiples en hautes eaux, sur 500 m de long vers l'est et 2 m de hauteur ; perturbation par les mines de fer	BRG
Liverdun	Fonds de la Flie	17		873,050	121,750	235-240	C	Joint et diaclase	CP(S)			Corrosion ?	
Liverdun	Ferme du Vaurot	18		873,340	122,925	239	A	Paléosource ?	CPS			Echancrure de versant, sans corrosion observée	
Liverdun	Ferme du Vaurot	19		873,360	122,875	246	A	Joint et diaclase	CPS			Corrosion ? ; l = 0,1	
Liverdun	Ferme du Vaurot	20		873,310	122,800	236	A	Diaclase	CPS				
Liverdun	Ferme du Vaurot	21	<i>Micropuits du Vaurot</i>	873,150	122,525	238	A	Diaclases et micropuits	CPS			2 micropuits (Ø = 0,2 pour l'un des 2) ; 2 diaclases (l = 0,02-0,03)	
Liverdun	Ferme du Vaurot	22		873,025	122,440	240	C	Joint	CPS			Corrosion ?	
Liverdun	Ferme du Vaurot	23		872,600	122,540	257	C	Diaclase	OMI ?			Concrétion uniquement	
Liverdun	Le Vaurot	24		?	?	275 ?	*	Doline comblée ?	OCP ?			Remplissage bathonien et paléontologique	Ble96
Liverdun	Bois du Vaurot ?	25		?	?	210	*	Source	?			Altitude étrange	BRG
Ludres	Bois des Vaches	01		880,850	110,110	417	C	Diaclase	CPI			Corrosion ?	
Ludres	Bois des Vaches	02		880,900	110,200	415	C	Diaclase	OBCA-CPI			Corrosion ?	
Ludres	Bois des Vaches	03		880,810	110,290	413	C	Diaclases	OBCA-CPI			Corrosion ? ; l = 0,03-0,15	
Ludres	Bois des Vaches	04		881,525	110,300	410	*	Diaclase	CE ?		5	Corrosion ? ; l = 0,25	LL66

Ludres	Chêne le Loup	05		882,375	110,600	385	*	Diaclase	CSH-CE ?	-4	30	Corrosion ? ; zone de dépilage minier ; l = 0,35	LL66
Ludres	Le Railleu	06		882,610 ?	110,360 ?	350	*	Source	Eb				BRG
Ludres	Les Reys	07		882,425	109,960	333	*	Source	Eb			Captée	BRG
Ludres	Les Drouines	08		881,360	109,675	335	C*	Source	Eb			Captée ; à 345 m, d'après BRGM	BRG
Ludres	Fontenelle	09		881,200	109,110	340	*	Source	Eb			Captée	BRG
Maron	Fonds de Monvaux	01	Source de Monvaux	872,600	113,490	231,5	A	Source	CSH ?			Temporaire ; sert d'exhaure, d'après BRGM	BRG
Maron	Fonds de Monvaux	02		872,550	113,275	230	C	Perte diffuse	CFF ?			Temporaire	
Maron	Fonds de Monvaux	03		872,500	113,750	268	A	Joint	CP(S)			JA 0,25x0,1	
Maron	Le Grand Vallonnier	04		873,175	113,540	260	A	Paléosource ?	CP(I)			Affleurement " caverneux "	
Maron	Le Grand Vallonnier	05		873,725	113,410	298	A	Diaclases	CP(S)			Corrosion ? ; altitude mesurée au JS (corrodé ?)	
Maron	Le Petit Vallonnier	06		874,610	113,850	254	C	Diaclase	OMI			Corrosion ?	
Maron	Anne Verjus	07		873,825	115,225	343	A	Doline ?	OMS	-1,5		Dépression en eau, peut-être anthropique	
Maron	Marie Chanois	08		875,325	111,190	391	A	Dolines ?	OMI	-1		Vingtaine de dépressions (Ø = 2 en moyenne) ; zone de dépilage ?	Dor97
Maron	Marie Chanois	09		875,090	110,450	360	C	Trou ?	CP(S)	-1,5 min.		Terriers	
Maron	Marie Chanois	10	Diaclase Marie Chanois	874,550	110,560	367	C*	Diaclase	OMI	-10	85	Corrosion ?	LL66
Maron	Marie Chanois	11	Gouffre des Chiens	874,290	110,950	335	C*	Diaclase	CPI ?	-12	16	Corrosion ? ; l = 0,6-1	LL66
Maron	Marie Chanois	12		874,190	110,725	334	A	Trous sur diaclases	CPI ?		2 min.	0,3x0,4 et 0,1x0,3 ; D97 signale une cavité avec quelques cailloux siliceux, dans les environs	
Maron	Tréfot	13		873,875	110,100	265	C*	Source	Eb			Captée ?	BRG

Maron	Maron	14		873,650 ?	110,675 ?	243	*	Source	Eb			Captée	BRG
Maron	Les Chalades	15		874,350 ?	111,190 ?	290	*	Source	CFF			Captée	BRG
Maron	Les Chalades	16		874,160	111,275	348	A	Diaclases	CPS			Largeurs = 0,02-0,03	
Maron	Les Chalades	17		874,040	111,190	346- 347,5	A	Diaclases	CPS			Largeur = 0,05-0,07	
Maron	Les Chalades	18		873,950	111,125	336	A	Diaclase	CP(S)			Sous le Trou des Chalades ; corrosion ? ; détente ? ; l = 2	
Maron	Les Chalades	19	<i>Trou des Chalades</i>	873,950	111,125	345- 349	A	Trou diaclase	CPS			0,2x0,2 (base) et l = 0,2 (sommet affleurement)	Dor97
Maron	Les Chalades	20		873,900	111,075	341	A	Diaclase	CPS			Largeur = 0,2 ; se pince très rapidement	
Maron	Les Chalades	21		873,860	111,040	344	A	Diaclase	CPS			Largeur = 0,05	
Maron	Les Chalades	22		873,840	111,010	337	A	Trou	CP(S)			0,1x0,5 ; altitude mesurée au JS	
Maron	Les Chalades	23		873,810	110,990	331,5- 334	A	Diaclases et trous	CP(S)			Gros affleurement (h = 5- 7) ; détente ? ; trous = 0,2x0,2 et 0,03x0,1	Dor97
Maron	Les Chalades	24		873,790	110,975	334	A	Diaclases	CP(S)			Largeurs = 0,01-0,05	
Maron	Les Chalades	25		873,740	110,940	337	A	Trou	CP(S)			0,5x0,15	
Maron	Les Corvées	26		873,600	110,860	309	A	Diaclase	CE ?			Corrosion ?	
Maron	Les Corvées	27		873,590	110,875	308,5	A	Trou	CE ?		1,5 min.	0,1x0,3	
Maron	La Croche	28		873,425	111,425	314	A	Diaclase	CP(I)			Largeur = 0,2-0,3 (détente ?)	
Maron	La Croche	29		873,400	111,510	325,5- 326,5	A	Diaclases	CPS				
Maron	La Croche	30	<i>Trous de la Croche</i>	873,375	111,550	327,5- 328	A	Joint et diaclases	CPS			Affleurement à cavités multiples	
Maron	La Croche	31		873,325	111,660	316,5- 317,5	A	Joint et diaclase	CP(S)			Corrosion ?	
Maron	La Croche	32		873,260	111,775	313	A	Diaclase	CP(S)			Largeur = 0,1	
Maron	La Croche	33		873,200	111,810	287,5	A	Trous ?	CP(I)			Terriers	
Maron	La Croche	34		873,160	111,900	279	A	Trou ?	CE- CPI ?		-0,6 min.		
Maron	Forêt Comm. de Maron	35		873,360	111,910	330	A	Diaclase	OMI		-2 min.	Corrosion ? ; l = 0,4 ; altitude mesurée au sommet	

Maron	Carrières du CAF	36		872,975	112,225	294	A	Joint	CPS			JA 0,3x0,2	
Maron	Carrières du CAF	37		872,975	112,225	288	A	Diaclases	CPI-OC			Plusieurs trous ; remplissage alluvial	
Maron	Carrières du CAF	38		872,975	112,225	275	A	Diaclase	CPI			Trou 0,2x0,4	
Maron	Carrières du CAF	39		872,910	112,300	273	A	Diaclase	CPI			Concrétion et remplissage alluvial	
Maron	Carrières du CAF	40	<b>Grande Diaclase</b>	872,910	112,300	271-287	A	Diaclase	CPI-CPS			Largeur = 1 ; remplissage alluvial	Gar28 Mau55
Maron	Carrières du CAF	41	<i>Refuge</i>	872,960	112,260	296	A	Grotte-diaclase	CPS	-1,5	~10	Altitude mesurée au sommet de la " porte "	
Maron	Carrières du CAF	42		872,960	112,260	294-295,5	A	Diaclase	CPS				
Maron	Carrières du CAF	43	<i>Abri</i>	872,940	112,290	292	A	Grotte	CPS		10	Cavité agrandie	LL66
Maron	Carrières du CAF	44	<b>Grotte du Bulldozer</b>	872,910	112,310	287,5-289,5	A	Grotte-diaclase	CPS		~20	Deux entrées (celle méridionale = 2x1,5) ; draperies, remplissage alluvial	LL66
Maron	Carrières du CAF	45	<b>Lame du Bulldozer</b>	872,910	112,310	291	A	Grotte	CPS			Galerie de la grotte de la Carrière probablement ; altitude mesurée au centre de la " lame "	
Maron	Carrières du CAF	46	<b>Grotte de la Carrière (du CAF)</b>	872,900	112,340	296	A	Grotte	CPS		~70	Altitude mesurée au JS ; entrée = 0,8x2 ; nombreuses concrétions, remplissage alluvial	Gar28 LL66
Maron	Carrières du CAF	47		872,775	112,410	267	A	Diaclase	CE-CPI ?			Largeur = 0,3 ; altitude mesurée au JS	
Maron	Carrières du CAF	48		872,750	112,410	255	A	Diaclases	CE ?			2 trous, dont l'un = 0,1x0,2 ; altitude mesurée au JS basal	
Maron	Refuge des Amis de la Nature	49		872,410	112,660	216	*	Exhaure	CFF			Station de pompage	BRG
Maron	Refuge des Amis de la Nature	50		872,160	112,940	239,5	A	Diaclase	CE ?			Concrétion ; altitude mesurée au JS basal	

Maron	Refuge des Amis de la Nature	51		872,025	113,025	240	*	Diaclase	CE ?		9	Corrosion ? ; pas de diaclase corrodée repérée personnellement dans cette carrière	LL66
Maxéville	Vallon de Maxéville	01		880,340	119,525	318	C	Diaclase	OMI			Largeur = 0,15	
Maxéville	Vallon de Maxéville	02		880,410	119,610	320	A	Puits-cheminée	OMI			Remplissage argilo-limoneux	
Maxéville	Vallon de Maxéville	03	<b>Puits de la Tranchée</b>	880,450	119,650	315	A	Puits (sur diaclase)	CPS	-7		3x1,5 ; altitude mesurée au sommet ; remplissage alluvial résiduel	
Maxéville	Vallon de Maxéville	04		880,500	119,675	315	C	Diaclase	CPS			Altitude évaluée au sommet	
Maxéville	Vallon de Maxéville	05		880,610	119,575	295	C	Diaclase	CPI ?			Corrosion ?	
Maxéville	Vallon de Maxéville	06		881,025	119,775	290	C	Diaclases	CPI ?			2 diaclases avec concrétion	
Maxéville	Maxéville	07		881,375	119,350	240	*	Exhaure	Eb				BRG
Maxéville	Le Haut de Lesse	08		881,210	119,160	310	*	Diaclase	CPS ?			Corrosion ? ; zone de dépilage minier	LL66
Maxéville	Le Haut de Lesse	09		881,210	119,125	310	*	Diaclase	CPI-CPS ?	-18		Corrosion ? ; zone de dépilage minier	LL66
Maxéville	Saint-Jacques	10		879,575 ?	118,350 ?	342-350	C *	Puits et diaclases	OMI			Quelques cailloux siliceux, d'après Ble99	Ble99
Messein	Bois des Roches	01		879,660	109,000	388-390,5	A	Diaclase	CSH			Largeur = 0,2	
Messein	Bois des Roches	02		879,700	108,990	390,5-394	A	Diaclases	CSH			Largeur = 0,2 et 0,8 ; 2 autres diaclases corrodées (l = 0,3 et 0,5) ?	
Messein	Bois des Roches	03	<b>Diaclase de Messein</b>	879,740	108,960	392-399	A	Diaclase	CSH			Largeur = 0,6 ; remplissage alluvial	
Messein	Bois des Roches	04		879,790	108,960	390,5-395	A	Diaclases	CSH			Largeur = 0-0,25	
Messein	Bois des Roches	05		879,840	108,960	389-398	A	Diaclases	CSH			Largeur = 0,2 à 1 ; remplissage alluvial dans l'une des 3 diaclases	

Messein	Bois des Roches	06		879,960	108,960	389-398	A	Diaclases	CSH			Largeur = 2 ; deuxième diaclase non corrodée (?) mais avec quelques galets siliceux coincés	
Messein	Bois des Roches	07		880,300	109,025	386	A	Trou sur joint et diaclase ?	CSH			0,3x0,05 ; peut-être alvéole dans le calcaire sableux	
Messein	Bois des Roches	08		880,360	109,025	390-398	A	Diaclase	CSH			Corrosion ? ; l = 0,05-0,5	
Nancy	La Renaudine	01		879,975	117,700	312	C	Diaclases	CP(S)			Corrosion ? ; concrétion	
Nancy	La Renaudine	02		880,490	117,975	295	C	Diaclase(s)	CPI ?			Largeur = 0,2-0,3 ; détente ? ; dans ce secteur, Ble00 signale des diaclases avec cailloux siliceux	
Nancy	Boudonville	03		881,250 ?	118,000 ?	230	*	Source	Eb			Captée	BRG
Neuves-Maisons	Les Limaçons	01		879,190	109,110	330	*	Source	Eb				BRG
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	01	<i>C2-3</i> (planche IV.3)	864,610	111,475	221-222	A	Cavités sur diaclases	OMI		3	0,4x1,25 pour la plus importante des 2	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	02	<i>C4-11</i> (planche IV.3)	864,700	111,475	222,5-226	A	Cavités, trous, joints, diaclases	OMI		5	0,9x0,25 pour la cavité principale ; remplissage alluvial	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	03	<i>C12-21</i> (planche IV.3)	864,775	111,450	223,5-226	A	Joints, trous, diaclases	OMI			Remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	04	<i>C22-34</i> (planche IV.3)	864,850	111,440	224-225,5	A	Joints, trous	OMI			Remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	05	<i>C35-49</i> (planche IV.3)	864,910	111,410	218-231	A	Cavités, trous, joints, diaclases	OMI			1,3x1,7 et 0,7x2 pour les 2 cavités principales (obstruées) ; remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	06	<b>Trou de la Barrière</b>	865,025	111,390	217,5	T	Grotte	OMI		27	Entrée = 0,5x1,5	LL66

Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	07	<b>Grotte Jacqueline - entrée L</b>	865,300	111,350	221,7	T	Grotte	CPS-ML-OMI	-15/+1 min.	1155	Altitude mesurée au JA ; entrée = 1,1x0,6 ; remplissage alluvial dans le réseau, qui comprend 3 entrées véritables (sur 14)	Vau60 LL66
			Grotte Jacqueline - entrée A	865,160	111,350	219,4	T					Entrée = 2,5x1	
			Grotte Jacqueline - "entrée" C	865,175	111,350	220,9	T					Entrée = 1x0,25 ; "entrée" B située à quelques mètres à l'ouest	
			Grotte Jacqueline - "entrée" E	865,190	111,350	218,9	T					Entrée = 1,5x0,5 ; "entrée" D située à quelques mètres à l'ouest	
			Grotte Jacqueline - "entrée" F	865,225	111,350	218,9-221,3	T					3 JA au-dessus de l'ancien cellier (également présents aux "entrées" E et J) ; "entrée" G située à près de 20 m à l'est	
			Grotte Jacqueline - "entrée" J	865,275	111,350	218,3	T					"entrées" H et I situées à environ 25 m à l'ouest, et "entrée" K située à quelques mètres à l'est	
			Grotte Jacqueline - entrée M	865,325	111,350	221,6	T					"entrée" N située à environ 25 m à l'est	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	08	<b>Grotte Sainte-Reine - entrée G</b>	865,575	111,325	220,2	T	Grotte	CPS-ML-OMI	-10/+7	1260	Altitude mesurée à la base de la galerie ; entrée = 1,2x1,7 ; remplissage alluvial dans le réseau, qui comprend 5 entrées véritables (sur 10)	Hus63 Hus64 Des90 Ris91 Rem32 Bou35 LL66
			Grotte Sainte-Reine - "entrée" A	865,500	111,350	221,7-226,8	T					2 JA (un dans les CPS et l'autre dans l'OMI) ; ancienne carr. souterraine	

			Grotte Sainte-Reine - "entrée" B	865,510	111,340	222,7	T					Altitude mesurée au JA ; une galerie est recoupée par la carrière souterraine	
			Grotte Sainte-Reine - entrée C	865,525	111,340	222,9	T					Altitude mesurée au JA ; entrée = 1,2x1,2	
			Grotte Sainte-Reine - entrée D	865,540	111,340	223,2	T					Altitude mesurée au JS CPS-ML ; ancienne carrière souterraine	
			Grotte Sainte-Reine - "entrée" E	865,550	111,340	226,0	T					Altitude mesurée au plafond ; entrée = 2x0,5	
			Grotte Sainte-Reine - "entrée" F	865,560	111,325	219,1	T					Altitude mesurée au plafond ; entrée = 1x0,4	
			Grotte Sainte-Reine - entrées H et I	865,590	111,310	219,6	T					Entrées = 2x2,5 et 3x2,5	
			Grotte Sainte-Reine - "entrée" J (Portique)	865,600	111,310	217,6	T					Endroit remanié par la gélifraction et l'homme	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	09	<b>Galerie Montante Carrière</b>	865,625	111,325	225,9	T	Grotte	CPS-ML		10	Altitude mesurée à la voûte ; entrée = 1,2x2,8 ; remplissage alluvial	Hus64 Vau60 LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	10	G7 (LL66)	865,640	111,325	218,1	T	Cavité	CPS		13	Entrée = 0,3x1	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	11	G8 (LL66)	865,640	111,325	217,8	T	Cavité	CPS		5	Altitude mesurée au JS (sommet de la pseudo-marmite) ; entrée = 0,45x1,2	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	12	<i>G8 bis</i>	865,650	111,325	217,3	T	Cavité	CPS		3	Remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	13	G9 (LL66)	865,650	111,340	222 ?	*	Cavité	CPS		5	Le front de taille à l'ouest correspond à une diaclase avec cailloux siliceux	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	14	<b>Cavité du Futur</b>	865,650	111,340	229,3	T	Cavité	CPS-ML-OMI			Altitude mesurée au plafond d'effondrement ; obstruée par le remplissage alluvial	

Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	15		865,650	111,350	234,5	T	Doline	OMI	-0,5		Située à l'aplomb du prolongement possible de la Cavité du Futur comblée ; Ø = 1,5	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	16	<b>Grotte Carrière deux Ouvertures - entrée B</b>	865,660	111,340	225,6	T	Grotte	CPS-ML	-11/+2	~100	Altitude mesurée au JS de l'entrée (1x1,9) ; remplissage alluvial dans le réseau	Vau60 LL66
			Grotte Carrière deux Ouvertures - entrée A	865,660	111,340	222,1	T						
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	17	<i>G10 bis</i>	865,675	111,325	219,1	T	Cavité	CPS			Cavité qui devait être un prolongement de la Grotte carrière deux ouvertures	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	18	G11 (LL66)	865,675	111,310	219,3	T	Cavité	CPS		7	Entrée = 1x0,7	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	19	<b>Le Colimaçon - entrée A</b>	865,700	111,310	220,5	T	Grotte	CPS		~90	Altitude mesurée au JA ; entrée = 1,6x2 ; à l'ouest immédiat de l'entrée, présence de trous avec remplissage alluvial	Vau60 LL66
			Le Colimaçon - entrée B	865,710	111,310	222,0	T					Entrée = 0,7x0,3 ; remplissage alluvial résiduel	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	20	<i>Cavité Bouchée</i>	865,810	111,310	218,6	T	Cavité	CPS			Obstruée par le remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	21	G13 (LL66)	865,840	111,310	214,6	T	Cavité	CPI	-5	22	Altitude mesurée au plafond ; entrée = 0,8x0,3	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	22		865,840	111,325	220-225	C	Trous sur diaclase et joint	CPS			0,1x0,15 et JA	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	23	JA	865,850	111,310	216,7	T	Joint	OC			Le JA correspond au contact entre CPI et OC	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	24	G14 (LL66)	865,900	111,325	220,4	T	Cavité	CPS		5	Entrée = 0,3x0,4	LL66

Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	25	<b>Grotte des Puits</b>	865,940	111,360	233,5	T	Grotte	CPI-OC-CPS-ML-OMI	-18/+2	440	Altitude mesurée au JS CPS-ML ; remplissage alluvial dans tout le réseau	Err42 LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	26	<i>Cavité Débouchée</i>	865,975	111,360	231,3	T	Cavités	CPS			Altitude mesurée au plafond de la cavité orientale ; remplissage alluvial dans les 2 cavités	
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	27	<b>G16 (LL66)</b>	865,975	111,340	216,2	T	Grotte	CPI-OC	-3/+3	70	Entrée = 0,9x0,35 ; remplissage alluvial dans le réseau	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	28	<b>Grotte de la Nuit</b>	865,990	111,340	216,2	T	Grotte	CPI	-3,5	45	Entrée = 1,8x1,7 ; remplissage alluvial dans le réseau	Vau60 LL66
Pierre-la-Treiche	Bois sous Roche	29	G18 (LL66)	866,090	111,350	218,2	T	Cavité	CPI	+2	8	Remplissage alluvial	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois sous Roche	30	G19 (LL66)	866,100	111,350	218,4	T	Cavité	CPI	-2	3,5	Altitude mesurée au plafond ; entrée = 0,7x0,4 ; remplissage alluvial	LL66
Pierre-la-Treiche	Bois sous Roche	31	<b>Grotte des 7 Salles - entrée 1</b>	866,150	111,350	222,2	T	Grotte	CPI-OC-CPS	-12,5/ +6,5	1235	Altitude mesurée au replat de l'entrée (0,4x1,2) ; remplissage alluvial dans le réseau	Err42 LL66 Lou88
			Grotte des 7 Salles - nouvelle entrée (3)	866,060	111,360	228,6	T					Altitude mesurée au plafond de la galerie (base du " puits " d'entrée)	
			Grotte des 7 Salles - entrée 2	866,290	111,360	219,4	T					Altitude mesurée au plafond	
Pierre-la-Treiche	Bois sous Roche	32	G21 (LL66)	866,160	111,350	?	*	Cavité	?		3	Entrée = 0,8x0,5	
Pierre-la-Treiche	La Treiche	33		865,890	110,910	225-230	C	Cavité	CP(I)			0,5x0,5	Dor97
Pierre-la-Treiche	La Treiche	34	G29 (LL66)	865,900	111,025	225-230	C	Cavité, trous et diaclase	CP(I)		3	Entrée de la cavité = 1x0,5 ; remplissage alluvial dans la diaclase	LL66

Pierre-la-Treiche	La Treiche	35	<b>G28 (LL66)</b>	865,950	111,025	225-230	C	Grotte	CP(I)		14	Il s'agit de la grotte située à présent dans la carrière ?	LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	36	<b>Grotte des Excentriques</b>	866,210	111,050	230	C	Grotte	CPI	-3	185	Entrée = 0,8x0,35 ; remplissage alluvial ; 2 cavités indépendantes associées à la grotte, et trous de JA à l'ouest immédiat de la carrière	LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	37	<b>Trou des Celtes</b>	866,300	111,090	231	A	Grotte	CPI	-3	75	Altitude mesurée au plafond par Bou33 ; remplissage alluvial d'après Bou33 ; grotte vraisemblablement agrandie par l'homme (parois non corrodées)	Hus64 Hus80 Bou33 Cha34 Err42 LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	38	G23 (LL66)	866,325	111,090	230	C	Cavité	CPI		4	0,2-1x3,5 ; remplissage alluvial	LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	39	Galerie Montante	866,350	111,090	230	C *	Cavités	CPI	+4	13	1,6x1 ; cavité non observée, mais cavité cheminée avec remplissage alluvial repérée à proximité	LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	40	G25-26 (LL66)	866,440	111,110	230	C	Cavités (sur diaclases)	CPI			Remplissages alluviaux	LL66
Pierre-la-Treiche	La Treiche	41		866,500	111,125	230	C	Cavité et diaclase	CPI			Remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	La Treiche	42	<i>Cavités Sous la Treiche</i>	866,660	111,150	234	A	Puits et cavité (sur diaclases ?)	CPI	+4		Largeur = 3,5 et 0,6 ; remplissage alluvial ; altitude mesurée à la base du remplissage (cavité)	
Pierre-la-Treiche	Bois l'Evêque	43		868,740	111,925	280	C	Trou	OMI ?			0,2x0,2	
Pierre-la-Treiche	Bois l'Evêque	44		868,775	111,960	275-280	C	Joint et diaclase	CPS			JA 0,2x0,2 et 0,07x0,07 ; corrosion ?	
Pierre-la-Treiche	Bois l'Evêque	45		868,800	111,840	280	C	Diaclases	CPS		1,5 min.	Corrosion ? ; l = 0,2 et 0,25 max. ; remplissage carbonaté " stratifié "	
Pierre-la-Treiche	Bois l'Evêque	46		869,550	112,010	285	C	Diaclases et joint	CP(S)			Corrosion incertaine 4 fois sur 5 ; l = 0,04 à 0,2	

Pierre-la-Treiche	Bois l'Evêque	47		868,440	110,100	331	A	Doline ?	OCP ?	-2		Ø = 10	
Pierre-la-Treiche	Site de Vaux	48	Source de Pierre-la-Treiche ou Fontaine Poulain	864,325	110,890	210	C	Source	ML-OMI ?			Captée ; émergence du système karstique de l'Aroffe	LS80 BRG Wer96
Pierre-la-Treiche	Château de la Rochotte	49	<b>Sources de la Rochotte</b>	863,775	110,940	207	*	Sources	ML-OMI			Principales émergences du système karstique de l'Aroffe	LL66 Obe70 LS80 BRG Leb92 Wer96
Pierre-la-Treiche	Côte de Lingoute	50		863,850	110,850	256	A	Joint	OMS			JA 0,25x0,3 max. ; remplissage alluvial	
Pierre-la-Treiche	Côte de Lingoute	51	<i>Cavités de Lingoute</i>	863,760	110,850	250,5	A	Cavités et joint	OMS		1 min.	0,5x0,25 et 0,5x0,5 ; altitude mesurée au JS ; JA 2,5 m plus haut	
Pompey	Château de l'Avant-Garde	01		877,925	125,590	285	*	Diaclase	CPI ?	-3	11	Corrosion ?	LL66
Pompey	Château de l'Avant-Garde	02		877,810	125,560	300	*	Diaclase	CPS ?	-11	26	Corrosion ?	LL66
Pompey	Château de l'Avant-Garde	03	Grotte du Château	877,590	125,390	275	*	Diaclases	CE ?		28	Largeur de la diaclase principale = 0,8 à l'entrée ; zone de dépilage minier	LL66
Pont-Saint-Vincent	La Croix Sainte-Barbe	01		876,900	107,360	275	*	Source	Eb			Captée	BRG
Pont-Saint-Vincent	Les Clives	02	Source des Clives	876,675 ?	107,600 ?	275	*	Source	Eb				BRG
Pont-Saint-Vincent	Plateau Sainte-Barbe	03		876,240	107,300	365	*	Diaclase	OBCA-CPI ?	-7		Corrosion ? ; zone de dépilage minier	Vau60 LL66
Pont-Saint-Vincent	Plateau Sainte-Barbe	04		876,140	107,350	366	*	Diaclase	CE-OBCA-CPI ?	-13		Corrosion ? ; zone de dépilage minier	Vau60 LL66
Pont-Saint-Vincent	Plateau Sainte-Barbe	05		876,100	107,375	370	*	Diaclase	OBCA-CPI ?	-9		Corrosion ? ; zone de dépilage minier	BRG Vau60 LL66

Pont-Saint-Vincent	Haie Julien	06		875,600	107,690	325	*	Exhaure	CFF				BRG
Pont-Saint-Vincent	Plateau Sainte-Barbe	07		875,425	107,400	376	*	Diaclase	CPS-ML-CPI ?	-20		Corrosion ? ; zone de dépilage minier	LL66
Pont-Saint-Vincent	Bois du Four	08		875,110 ?	108,140 ?	305	*	Source	Eb			Exhaure ?	BRG
Sexey-aux-Forges	Tranchée du Bois Monsieur	01	<i>Puits de Bois Monsieur</i>	870,850	112,890	264	A	Puits ?	CP(I)			Altitude mesurée au sommet ; remplissage alluvial	Dor97
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	02		871,390	112,975	258,5-263	A	Puits-cheminées et diaclases	CP(S)			3 puits-cheminées ; 4 diaclases (l = 0,02-0,1) ; remplissage alluvial résiduel	Gar28
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	03		871,500	112,925	265	C	Trous ?	CP(S)			Terriers ; remplissage alluvial	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	04		871,510	112,910	262,5-265	A	Diaclases et trous sur diaclases	CP(S)		2 min.	Largeur = 0,01 à 0,3 ; 2 trous (l = 0,3 et remplissage alluvial ; 0,05x0,15)	Gar28
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	05		871,525	112,910	263,5-266,5	A	Puits, diaclase et joint	CP(S)	+3		1 puits recoupé (l = 1,5) ; 1 diaclase (l = 0,04-0,05) ; JA 0,05x0,05	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	06		871,540	112,910	263,5-264	A	Diaclases et puits	CP(S)	+3		2 diaclases (l = 0,3 et 0,4) ; 1 puits recoupé (l = 1,5) sur diaclase	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	07	<i>Cavité du Blaireau</i>	871,550	112,900	263,5-264,5	A	Cavité et puits sur diaclases	CP(S)			Cavité = 0,3x0,7 et remplissage alluvial ; 2 diaclases (l = 0,2-1)	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	08		871,560	112,900	264,5	A	Diaclase	CP(S)			Largeur = 0,1	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	09		871,590	112,890	263	A	Cavité	CP(S)			1x0,3	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	10		871,725	112,790	263,5-264	A	Diaclases	CP(S)			Corrosion ? ; l = 0,25	
Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	11		871,900	112,660	261-263,5	A	Trous sur diaclase et diaclases	CP(S)			Trous centimétriques ; remplissage à gélifraacts et rares cailloux siliceux dans la 2 <sup>ème</sup> diaclase (non corrodée ?)	

Sexey-aux-Forges	Ferme du Bois Monsieur	12		871,800	112,800	230	C	Diaclase	CSH			Corrosion ? ; 1 = 0,2-0,3	
Sexey-aux-Forges	Carrière de la Ferme Sainte-Anne	13		871,925	111,890	296	C	Diaclase	OMI			Corrosion ?	
Sexey-aux-Forges	Carrière de la Ferme Sainte-Anne	14		871,900	111,850	296,5-298	A	Micropuits sur diaclase	OMI			Ø = 0,5 ; remplissage argilo-limoneux	
Sexey-aux-Forges	Carrière de la Ferme Sainte-Anne	15	<i>Cavité de la Ferme Sainte-Anne</i>	871,790	111,750	303	A	Cavité sur joint	OMI		1,5	Altitude mesurée au JA ; 0,4x0,8 ; remplissage alluvial ; fronts corrodés	
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	16		872,175	112,300	270	C	Diaclases	CP(S)				
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	17		872,325	111,900	302,5	A	Doline ?	OMI	-1		Anthropique ?	
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	18		872,310	110,600	325,5	A	Doline ?	OMI	-2		8x5	
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	19		872,560	110,560	311,5-312	A	Cavité sur joint (?) et grotte-diaclase	CPS		44	Cavité sur JS = 0,5x0,2 ; développement donné pour la grotte-diaclase	LL66
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	20		872,600	110,410	316	*	Diaclases	CPS		26	Concrétion	LL66
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	21		872,375	110,440	325	C	Doline ?	OMI	-2-6		Ø = 15	
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	22		872,275	110,310	330	C	Doline ?	OMI	-2-5		Ø = 10-15	
Sexey-aux-Forges	Bois l'Abbé (de l'Abbé Mansuy)	23		872,425	110,125	339	C	Dolines ?	OMI	-2-3		Dépressions coalescentes ; Ø = 10	
Sexey-aux-Forges	Les Etangs	24		873,090 ?	108,275 ?	255	*	Source	Eb				BRG

Sexey-aux-Forges	Fleurichamp	25	Sources de la Chapelle Sainte-Anne	871,790	108,925	250	*	Sources	CFF				BRG
Sexey-les-Bois	En Couémont	01	Fontaine Collin	871,500	120,625	230	C	Source	MRI ?			Temporaire	BRG
Sexey-les-Bois	En Couémont	02		871,325	120,660	225	C	Perte diffuse	OCP				
Sexey-les-Bois	En Couémont	03	En Cul Fontaine	871,610	120,250	238	C	Source	MRI ?			Probablement temporaire	
Sexey-les-Bois	En Couémont	04		871,850	120,500	230	C	Perte diffuse	OMS				
Sexey-les-Bois	Vaux Catin	05	Fontaine du Pré de la Souche	871,925	119,960	239	C	Source	CR			Probablement temporaire	
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	06		873,150	121,440	236	A	Diaclases	CP(S)			Largeur = 0,01-0,1	
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	07		873,325	121,400	228,5	A	Trou sur diaclase	CP(I)		1	0,25x0,25	Los96
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	08		873,290	121,350	235	C	Joint	CP(I)			Corrosion ?	
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	09		873,250	121,310	238	A	Joint et diaclases	CP(S)			JA 0,2x0,1 ; l = 0,05	
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	10		873,210	121,260	242,5-243	A	Trous	CPS			2 trous dont l'un en forme de coupole	Los96
Sexey-les-Bois	Fonds de la Flie	11	<b>Grotte de la Flie</b>	873,200	121,250	240,5-241,5	A	Cavité	CPS		5	Concrétion	Los96
Sexey-les-Bois	Champ Cailloué	12	Fontaine en Eau et Mare	871,450	119,550	252	C	Source	CR ?			Probablement temporaire	
Vandœuvre-lès-Nancy	Le Montet	01		880,900 ?	113,540 ?	295	*	Source	Eb				BRG
Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	02		881,325	113,175	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?		12	Corrosion ?	LL66
Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	03		881,340	113,160	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?			Corrosion ?	LL66
Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	04		881,360	113,160	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?	-10	24	Corrosion ?	LL66
Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	05		881,390	113,175	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?			Corrosion ?	LL66

Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	06		881,460	113,290	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?	-10	19	Corrosion ? ; concrétion	LL66
Vandœuvre-lès-Nancy	Haut de la Côte	07		881,475	113,300	360	*	Diaclase	OBCA -CPI ?	-5	12	Corrosion ?	LL66
Vandœuvre-lès-Nancy	Vandœuvre-lès-Nancy	08		881,500	114,100	277	*	Source	Eb			Captée	BRG
Vandœuvre-lès-Nancy	Vandœuvre-lès-Nancy	09		881,710	113,860	294	C *	Source	Eb			Captée ; à 305 m, d'après BRGM	BRG
Vandœuvre-lès-Nancy	Vandœuvre-lès-Nancy	10		882,350	113,250	298	C *	Source	Eb			A 310 m, d'après BRGM	BRG
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	01		872,625	114,975	326	A	Mardelle	MRI ?	-0,5		Toujours en eau ?	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	02		872,625	115,000	325,5	A	Mardelle ?	MRI ?			A sec	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	03		872,550	114,940	327	A	Mardelle	MRI ?	-0,5		Toujours en eau ?	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	04		872,550	114,950	326	A	Mardelle	MRI ?	-0,5		Temporaire ?	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	05		872,540	114,925	326	A	Mardelle	MRI ?	-0,5		Temporaire ?	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	06		872,540	114,950	326	A	Mardelle	MRI ?	-1		Toujours en eau ? ; alimente la doline-perte	Rob34
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	07	<i>Doline-perte de la Route Neuve</i>	872,490	114,990	324	A	Doline-perte	OMS-CA	-5		Temporaire ; située sur une faille	
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	08		872,490	114,910	323	A	Doline	CA ?	-1,5		Ø = 3	
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	09		872,375	114,700	328	A	Mardelle ?	MRI ?	-1		A sec	
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	10		872,225	114,640	326	A	Mardelle	MRI ?	-0,5		5x4	
Velaine-en-Haye	La Route Neuve	11		872,175	114,650	325	A	Mardelles ?	CA ?	-0,5		A sec ; Ø = 2	
Velaine-en-Haye	Hameau de Grand Champ	12		870,600	117,060	249	C	Perte diffuse	OMS			Egouts du lotissement	
Velaine-en-Haye	Le Chaufour	13		871,225	117,375	261	C	Sourcin	CA ?				

Velaine-en-Haye	Le Chauffour	14		871,200	117,275	259	C	Perte concentrée	OMS			Chenal de drainage	
Villers-lès-Nancy	Clairlieu Nord	01		877,350	113,860	366	C	Joint	CPS ?			Corrosion ?	
Villers-lès-Nancy	Fond de Clairlieu	02		878,275	114,100	330-334	A	Diaclase	CPI			Front de carrière	
Villers-lès-Nancy	Les Cinq Fontaines	03		878,890	112,540	347	A	Source	CFF			Temporaire	BRG
Villers-lès-Nancy	Les Cinq Fontaines	04		879,040	113,100	340	C	Perte diffuse	CFF			Temporaire	Bra79 Mau44
Villey-le-Sec	La Croisette	01		868,550 ?	113,300 ?	310-315	C *	Gouffre	OMS-CA	-4-6		Corrosion ? (peut-être agrandi par l'homme)	Jac01
Villey-le-Sec	La Côte	02		868,660	112,325	225	C	Diaclase	CSH				
Villey-le-Sec	Blanches Vignes	03	<i>C38-46</i> (planche IV.4)	868,110	112,240	237-239,5	A	Cavités sur diaclases	CP(I)			Remplissage alluvial	LL66
Villey-le-Sec	Blanches Vignes	04	<i>C20-37</i> (planche IV.4)	868,010	112,225	237-241,5	A	Cavités, parfois sur diaclases	CP(I)		2,3	1,1x1,6-2,1 pour la cavité principale ; remplissage alluvial	LL66 Dor97
Villey-le-Sec	Blanches Vignes	05	<i>C11-19</i> (planche IV.4) dont Trou Marie Hotte	867,950	112,200	238-241,5	A	Cavités	CP(I)			Remplissage alluvial	LL66
Villey-le-Sec	Blanches Vignes	06	<i>C1-10</i> (planche IV.4)	867,900	112,160	237,5-242	A	Cavités, parfois sur diaclases	CP(I)			Remplissage alluvial	
Villey-le-Sec	La Sabottière	07		867,710	112,050	250	C	Cavités	CP(S)			0,25x0,35 et 0,3x0,3	
Villey-le-Sec	La Sabottière	08		867,610	112,025	255	C	Diaclase	CPS			Corrosion ?	
Villey-le-Sec	La Sabottière	09	<i>Cavité de l'Arbuste</i>	867,650	112,100	263,5-265	A	Joints et cavité	CPS			JA multiples ; 0,7x0,5 ; remplissage alluvial	
Villey-le-Sec	La Sabottière	10		867,640	112,090	264,5	A	Joint	CPS			JA 0,4x0,15	
Villey-le-Sec	La Sabottière	11	<b>Aven du Vulnot</b>	867,610	112,060	258	A	Gouffre	CPS	-6 (-30 à l'origine, d'après Err38-Err45)		Altitude mesurée au JS à l'ouest ; comblé par les carriers ; L = 15 et l = 10 actuellement ; concrétion	Err38 Err42 Err45 BRG Vau60 LL66
Villey-le-Sec	La Sabottière	12		867,575	112,050	262	A	Joint	CPS			JA multiples (0,05x0,2)	
Villey-le-Sec	La Sabottière	13		867,475	111,940	260	C	Diaclases	CP(S)			Largeur = 0,2	

Villey-le-Sec	La Sabottière	14		867,440	111,925	260	C	Joint	CPS			JA multiples (0,25x0,05), concrétion	
Villey-Saint-Etienne	Le Chanot	01		867,050	122,210	232	C	Micropuits sur diaclase	OMS			Ø = 0,2 ; altitude évaluée au sommet (palier)	
Villey-Saint-Etienne	Bois d'Hazelle	02	<b>Fontaine du Fresne(s)</b>	869,060	122,540	198	*	Source	OMI ?			Temporaire ; noyée depuis la canalisation de la Moselle ; émergences vers 194,5-195 m, au contact alluvions - calcaires (BRGM : 229-3-122)	LL66 BRG LS80
Villey-Saint-Etienne	Bois d'Hazelle	03		869,090	122,575	196,3- 201,5	*	Cavité (?) et trou	OMI ?			Sondage 229-3-109 = une cavité de 0,7 (chute de l'outil) et un trou de 0,1 ; proximité de la Fontaine du Fresne(s)	BRG
Villey-Saint-Etienne	Les Mélagailles	04		868,710	122,075	217	A	Trou	OMS ?			0,1x0,05	
Villey-Saint-Etienne	La Justice	05		867,250 ?	118,875 ?	201	C *	Dolines ?	OMS			« Petits entonniers de pertes dans le canal » signalés par Gar43	Gar43

## Légende :

- lieu-dit : cartes IGN de référence = 3315 ET - TOP 25 (2000) + 3315 ouest (1990), 3315 est (1990) et 3415 ouest (1990) pour certains lieux-dits. Comm. = Communale ;
- numéro (N) : numérotation des éléments par commune ;
- nom : en gras = principaux éléments karstiques, tant par leur dimension que par leur intérêt karstologique ; en italique = nom donné par nous même, pour les éléments karstiques principaux non dénommés ou connus jusqu'alors ;
- X et Y : coordonnées Lambert I (l'unité du millier est sous-entendue pour Y) ;
- Z et P : altitude (en m) et précision de celle-ci : C = carte ( $\pm 5$  m), A = altimètre ( $\pm 1-2$  m), T = théodolite ( $\pm 0,5$  m), \* = pas d'information (pas d'observation personnelle) ; les mesures au théodolite ont été réalisées par S. Jaillot, P. Gamez et B. Losson (20 avril 1995 ; cf. Losson, 1995) et L. Manceau, O. Losson et B. Losson (21 et 23 février 2000) ; en l'absence de plage altitudinale, d'indication de profondeur ou de remarque particulière dans la colonne " observation ", l'altitude indiquée correspond à la base de l'élément " endokarstique " (diacalse, cavité, puits-cheminée) et au sommet de l'élément " exokarstique " (doline, mardelle, gouffre) ;
- nature : ? = incertitude sur la nature du phénomène karstique ou sur la réalité naturelle de l'observation ; trou = impénétrable, cavité = pénétrable mais peu développée et/ou peu spacieux (définition valable pour ce tableau uniquement), grotte = largement pénétrable (" spacieux ") et avec 10 m de développement au minimum ;
- lithologie (Litho.) : Eb = éboulis (sur le Toarcien) ; CFF = Formation ferrugineuse et Conglomérat de l'Aalénien s.s. indifférenciés ; CSH = Calcaires sableux de Haye ; CE = Calcaires à entroques ; OBCA = Oolithe blanche à *Clypeus angustiporus* ; CPI = Calcaires à polypiers inférieurs ; OC = Oolithe cannabine ; CPS = Calcaires à polypiers supérieurs ; ML = Marnes de Longwy ; OMI = Oolithe miliaire inférieure (et Complexe à bancs gréseux compris, au sud de la vallée

cataclinale de la Moselle) ; OCP = Oolithe à *Clypeus ploti* (et Complexe à bancs gréseux, au nord de la vallée cataclinale de la Moselle) ; OMS = Oolithe milière supérieure (et Polypiers de Husson compris, dans ces zones d'extension) ; CA = Caillasse à *Anabacia* ; MRI = Marnes à rhyconelles inférieures ; CR = Caillasse à rhyconelles ; MRS = Marnes à rhyconelles supérieures ; AW = Argiles de la Woëvre (1 formation aalénienne, 10 bajociennes, 4 bathoniennes et 1 callovienne, d'après Le Roux et Renaud, 1985). ? = incertitude par rapport aux formations voisines stratigraphiquement ; (I) et (S) = incertitude sur la formation inférieure ou supérieure des Calcaires à polypiers ;

- prof. et dév. : profondeur des éléments karstiques et développement des cavités ou grottes (toutes les valeurs sont en mètres) ; min. = minimum, max. = maximum ;
- observation : toutes les valeurs sont en mètres ; valeur non dénommée = largeur x hauteur, ou seulement hauteur dans les sondages du BRGM ; L = longueur, l = largeur, Ø = diamètre ; JS = joint de stratification, JA = joint à anastomose(s) ; obs. perso. = observation personnelle, carr. = carrière ; " remplissage alluvial " désigne des alluvions de la Moselle ou de la Meurthe d'origine vosgienne exclusivement (tout comme les " cailloux siliceux " ) ;
- bibliographie (Bibli.) : Ayn83 = Aynaud (1983) ; Ble87 = Bleicher (1887) ; Ble96 = Bleicher (1896b, 1896c) ; Ble99 = Bleicher (1899a) ; Ble00 = Bleicher (1900b) ; Bou33 = Bourgogne (1933) ; Bou35 = Bourgogne (1935) ; Bra79 = Braconnier (1879) ; BRG = BRGM (Banque de données du sous-sol) ; Cha34 = Chambosse (1934) ; Des90 = Deschamps (1890) et Brésillon et Deschamps (1891) ; Dor97 = Dorniol (1997) ; Err38 = Errard (1938b) ; Err42 = Errard (1942) ; Err45 = Errard (1945) ; Gar28 = Gardet (1928) ; Gar43 = Gardet (1943) ; Hus63 = Husson (1863) ; Hus64 = Husson (1864) ; Hus80 = Husson (1880) ; Jac01 = Jacquemin (renseignement oral) ; Leb92 = Lebel (1992) ; LS80 = Le Roux et Salado (1980) ; Los96 = Losson (1996) ; Lou88 = Louis (1988) ; Lou97 = Louis (renseignement écrit) ; LL66 = Louis et Lehmueller (1966) ; Mau44 = Maubeuge (1944a) ; Mau55 = Maubeuge (1955) ; Obe70 = Obellianne (1970) ; Pré99 = Prévot (1999a, 1999b) ; Rem32 = Remy (1932) ; Ris91 = Riston (1891) ; Rob34 = Robault (1934) ; Sca88 = Scapoli (1988) ; Vau60 = Vaucel (1960) ; Wer96 = Wehrli (1996).

NB : Maubeuge (1944b) signale dans la carrière du Bois des Vaches (Ludres) quelques cailloux siliceux (trois galets de quartz de 2 à 4 cm) inclus dans l'OBCA. L'auteur évoque une origine synsédimentaire pour ces galets. Il est toutefois possible qu'il était en présence d'un remplissage karstique ayant subi des recristallisations. L'absence de nouvelles observations, notamment d'alluvions aussi loin de la vallée de la Moselle dans ce secteur, laisse des doutes sur le sujet.

Colin et Godard (1962) ont repéré 57 dépressions fermées sur le plateau de Haye, mais ne les localisent pas, sauf celles de la Route Neuve (Velaine-en-Haye). De même, Errard (1942) indique la découverte de " multiples diaclases et cavernes ", sur le territoire de Maron notamment, mais ne les situe pas avec précision ; elles peuvent donc faire partie de l'inventaire ou n'avoir pas été retrouvées.

A la base du versant du Bois de la Claire (Aingeray) existent de multiples émergences, captées en raison des infrastructures de communication (Corbonnois, renseignement oral). Par ailleurs, P. Steiner (renseignement oral) signale l'existence de dolines en Forêt Domaniale de Natrou (Liverdun), que nous n'avons malheureusement pas retrouvées.

Les sondages du BRGM présentent souvent des incertitudes quant à la réalité karstique des éléments décrits. Les fiches spéléologiques du BRGM sont dues à R. Carriot, dans les années 40-50. L'inventaire de G. Vaucel (1960) reprend également en partie les notes de cet auteur.

Localisation géographique		N	Nom	Coordonnées			P	Nature	Litho.	Morphométrie		Observation(s)	Bibli.
Commune	Lieu-dit			X	Y	Z				Prof.	Dév.		
Allain	Le Bouchot	01	Trou du Bouchot	864,660	101,360	318	*	Cavité sur diaclase	OMS ?	-5			LL66
Belleville	La Carrière	01	Trou du Père Maire	874,650	130,640	256	*	Gouffre	OMS(-CA ?)	-19		Écoulement souterrain	Jac88 BRG
Belleville	Bois de l'Épine	02		?	?	250 ?	C*	Gouffre-perte	OMS-CA			Zone de dépilage minier	Mau56
Belleville	Barrage de Liégeot	03	Fontaine Liégeot	874,900 ?	132,010 ?	175- 180 ?	C*	Source	CE ?			Située sous la berge de la Moselle, d'après J88 ; au niveau de la faille de Dieulouard (cf. Ren87)	Jac88
Belleville	La Carrière	04		875,290	130,690	270,5	A	Cavité(s)	OMI-OCP ?		2 min.	Corrosion ? ; 0,2-0,4x0,6 ; 4 m au sud et 1 m plus haut, cavité (?) comblée d'argile (0,6x1,2)	
Crézilles	Bois de Crézilles	01	Fontaine de la Deuille	862,640	103,875	240	*	Source	OMS	-3		Temporaire ; appartient au système karstique de l'Aroffe	LL66 Dur74 LS80
Dieulouard	Les Roches	01	Source de la Vierge	873,750	133,900	190	*	Source	CP(S)			Captée	Mau56 BRG LS80
Dieulouard	Dieulouard	02	Source du Château	873,775 ?	133,600 ?	193	C*	Source	CPS ?			Au pied du château ; temporaire	Mau56 LS80
Dieulouard	Vau de Chanot	03		874,150	132,140	205	*	Exhaure	OCP ?				BRG
Dieulouard	Les Grands Rayeux	04		?	?	240 ?	C*	Dolines-pertes	OMS-CA			Situées à l'est du Bois Brûlé, d'après G45 ; zone de dépilage minier	Gar45 Mau56
Favières	Forêt de Saint-Amond	01	Grotte de Saint-Amond	863,510	89,425	340	*	Cavité ou grotte	CPS ?		~30		LL66
Foug	Bois Moncel	01		852,750	114,000	305	C	Diaclases	CRI-OM			Corrosion ? ; altitude évaluée au sommet	
Gémonville	Crétilon	01	Boyau de Moiniveaux	862,260	85,800	350	*	Cavité	CPI		10		Vau60 LL66 Dur74

ANNEXE IV 2 - QUELQUES ELEMENTS ET PHENOMENES DES SYSTEMES KARSTIQUES VOISINS DU PLATEAU CENTRAL DE HAYE (secteurs septentrionaux et méridionaux de la Haye et Hauts de Meuse aux environs de Pagny-sur-Meuse).

Harmonville	Fond de la Souche	01	<b>Trou du Fond de la Souche</b>	861,975	91,000	305	*	Grotte-inversac	(CPI-OC-) CPS-ML	-20	2600 min.	Appartient au système karstique de l'Aroffe	Dur74 LS80 Val83 Leb93
Marbache	Marbache	01	Fontaine à Vie	876,710	129,025	200	*	Source	Eb				BRG
Marbache	Sous les Roches	02		?	?	290-300 ?	C*	Puits ou diaclase ?	CP(S)			Remplissage alluvial	Pet72
Maizières	Bois de Jacmard	01	<b>Source Sainte-Anne</b>	871,540	108,760	250	C*	Sources	CSH				LS80
Moutrot	Forêt Comm. de Moutrot	01	<b>Trou de(s) Glanes</b>	863,825	106,325	225	C*	Doline-inversac	OMI	-5		Temporaire ; appartient au système karstique de l'Aroffe	BRG LL66 Obe70 Dur74 LS80
Ochey	Forêt Comm. d'Ochey	01	<b>Fontaine de la Deuille</b>	867,560	108,160	240	C*	Source	CPS	-3	4	L = 8 et l = 3,5 ; temporaire ; émergence du système karstique de l'Ar-Arot	Vau60 LL66 LS80
Ochey	Bois de Moncel	02	<b>Trou du Chahalot</b>	864,050	105,460	238	*	Grotte-inversac	OMS	-14	42	Temporaire ; appartient au système karstique de l'Aroffe	Lou79 LS80
Pagny-sur-Meuse	Sur le Mont	01		849,160 ?	116,275 ?	275 ?	*	Diaclases ?	CRS ?			Corrosion ? ; remplissage alluvial ; l'altitude semble sous-évaluée de 10-15 m au regard de la localisation de la carrière sur la carte de l'auteur	Gar25 Gar28
Pagny-sur-Meuse	Les Ouillons	02		851,200	114,475	275	C	Diaclases	CRI ?			Altitude évaluée au sommet	
Rosières-en-Haye	Rosières-en-Haye	01		869,160	127,800	264	C*	Source	OCP				
Rosières-en-Haye	Les Quatre Vents	02		869,875	128,340	258	C*	Source	OCP				
Rosières-en-Haye	Les Quatre Vents	03		870,025	128,460	254	C*	Perte	OCP				Mau68 Sal76
Tranqueville-Graux	Bois du Raidon	01	Gouffre P.890	860,740	86,440	393	*	Gouffre	OMI ?	-17		Condamné par les travaux autoroutiers (?)	Lou83

Troussey	Bois de Troussey	01	<b>Grotte de Troussey ou Trou du Renard</b>	844,825	114,850	260	*	Grotte	CS		470	2-3x0,3-3 ; plafond sur JS ; remplissage argileux ; entrée actuellement obstruée par des remblais	Lou97
Troussey	Bois de Troussey	02	<b>Cavité 2</b>	844,900	114,940	260-265	C	Grotte	CS		35	Remplissage argileux	Lou97
Villers-en-Haye	Vau de Voie Fontaine	01		870,925	130,140	245	*	Source	OCP			Captée	BRG
Viterne	Sur la Reine	01		871,360	104,690	325	C	Diaclases	CPI				

Légende : la même que celle de l'annexe IV.1, à laquelle il faut ajouter :

- lieu-dit : cartes IGN à 1/25000 de référence = 3215 est (1992), 3314 est (1987), 3315 ouest (1990), 3315 ET - TOP 25 (2000), 3316 ouest (1987) et 3316 est (1988) ;
- lithologie : CRI = Complexe récifal inférieur ; OM = Oolithe moyenne ; CRS = Complexe récifal supérieur ; CS = Calcaires sublithographiques (4 formations oxfordiennes, d'après Hilly et Haguenauer, 1979 et Le Roux et Renaud, 1985) ;
- bibliographie : Dur74 = Durand *et al.* (1974) ; Gar25 = Gardet (1925) ; Gar45 = Gardet (1945) ; Jac88 = Jacquemin (1988) ; Leb93 = Lebel (1993) ; Lou79 = Louis (1979) ; Lou83 = Louis (1983) ; Mau56 = Maubeuge (1956) ; Mau68 = Maubeuge (1968b) ; Pet72 = Petitgand (1972) ; Ren87 = Renaud *et al.* (1987) ; Sal76 = Salado *et al.* (1976) ; Val83 = Vallet (1983).

NB : cet inventaire rassemble des éléments complémentaires au tableau de l'annexe IV.1, issus de la bibliographie et de quelques observations personnelles. Il est loin d'être exhaustif et est notamment incomplet en ce qui concerne le système karstique de l'Aroffe. Pour ce dernier, on pourra se reporter avec intérêt aux études de Le Roux et Salado (1980) et Wehrli (1996).

Gardet (1928) signale d'autres « fissures [...] colmatées par des alluvions vosgiennes » sur les territoires communaux d'Euville, de Pagny-sur-Meuse et de Ville-Issey. Mais les précisions manquent en ce qui concerne la localisation et le caractère karstique des diaclases, à l'image de l'élément n° 01 de Pagny-sur-Meuse.

## ANNEXE IV.3 - LES ELEMENTS KARSTIQUES DES HAUTS DE MEUSE.

La région abordée dans cette annexe concerne le revers de la cuesta de Meuse, constitué par les calcaires oxfordiens. Il s'agit d'avoir un aperçu des éléments karstiques des Hauts de Meuse, en particulier sur le site de la capture de la Moselle, c'est-à-dire dans un espace compris entre les villes de Commercy, Toul et Vaucouleurs, qui est couvert par les feuilles topographiques et géologiques à 1/50000 de Commercy et Toul (références IGN = 3215 et 3315 ; références BRGM = 228 et 229) (annexe IV.2). Néanmoins, la faible densité des formes endokarstiques des Hauts de Meuse nous a incités à élargir quelques peu les recherches bibliographiques aux zones méridionale et septentrionale voisines du secteur principal.

Le but final est d'obtenir des points de comparaisons avec la karstification des calcaires bajociens, notamment dans le domaine fluviatile de la Moselle-Meuse, pour lequel existe des caractéristiques géomorphologiques semblables et différentes, par rapport au "secteur des vallées" de la Haye centrale.

### A-IV.3.1. Sectorisation, abondance et caractéristiques.

Aux environs de Pagny-sur-Meuse, le plateau de revers s'abaisse globalement d'est en ouest, conformément au pendage des couches géologiques, de plus de 400 m à environ 350 m d'altitude, pour ce qui concerne ses sommets. Il est très morcelé par les percées cataclinales et vallées mortes de Trondes et de Foug (Val de l'Ane) et par la vallée orthoclinale de la Meuse, située à l'arrière du front de côte. En outre, il s'avance vers l'est au maximum à la latitude de Toul, selon l'axe du "synclinal" de Savonnières - Dieulouard qui passe par Toul et Void (Le Roux et Renaud, 1985).

D'un point de vue lithostratigraphique, si les roches calcaires dominant cet étage oxfordien, des variations latérales de faciès nombreuses génèrent une variété complexe d'affleurements (Humbert, cité par Hilly et Haguenaer, 1979), qui avaient donné lieu à des subdivisions stratigraphiques multiples dans le passé. Pour faire simple, on distinguera ces anciens étages (Hilly et Haguenaer, *ibid.*) : l'Oxfordien *s.s.* des Terrains à chailles (marno-calcaires), l'Argovien à Complexes récifaux, le Rauracien à Calcaires sublithographiques (crayeux) et le Séquanien à marno-calcaires (*cf.* planche II.6).

D'une façon générale, nous l'avons dit, la bibliographie spéléologique et karstologique n'est guère fournie sur l'ensemble des Hauts de Meuse. L'**indigence des morphologies** endokarstiques tient à une réalité naturelle sans doute, en plus de prospections peut-être insuffisantes (Gamez, 1985b, 1995). Mais les formes de surface apparaissent encore plus ténues et se limitent à des pertes diffuses de petits ruisseaux, notamment au contact des marnes séquaniennes et des calcaires rauraciens (*cf.* annexe III.1).

Dans l'inventaire souterrain de la Meuse, F. Devaux (1974-1979) ne relève qu'une seule véritable grotte à Taillancourt, au sud de notre secteur d'étude (*cf.* planche III.3) : 680 m de développement et 8 m de dénivelée, trois niveaux de galeries inscrites dans l'Argovien ou le Rauracien, dont la plus basse est parcourue par un ruisseau souterrain. Plus près de la zone qui nous intéresse, le Gouffre de la Quèvre à Sauvoy (24 m de profondeur et 60 m de développement) ne semble qu'être une diaclase de détente affectant les couches séquaniennes de la vallée de la Méholle (pseudokarst).

A cet inventaire, dont la publication n'a pas été achevée, on peut ajouter deux grottes localisées sur la commune de Troussey (*cf.* planche II.3) et qui nous ont été indiquées par M.

Louis (renseignement écrit). Celles-ci consistent en des galeries uniques, sur joint de stratification, de 470 et 35 m de long, s'ouvrant à flanc de versant de rive concave de méandre et développées dans les Calcaires sublithographiques du Rauracien (figure A-IV.18 ; cf. photo IV.14). L'accès de l'une d'elles, la principale, a été condamné par les carrières mais n'était distante que de 165 m de la plus petite. Ces grottes se situent vers 260 m d'altitude, soit 25 m au-dessus du lit majeur de la Meuse. Par ailleurs, elles sont dominées de 25 m par une formation alluviale résiduelle de la Moselle-Meuse. D'autres formations, plus basses, ont disparu dans cette rive concave de méandre encaissé (cf. Harmand, 1992).

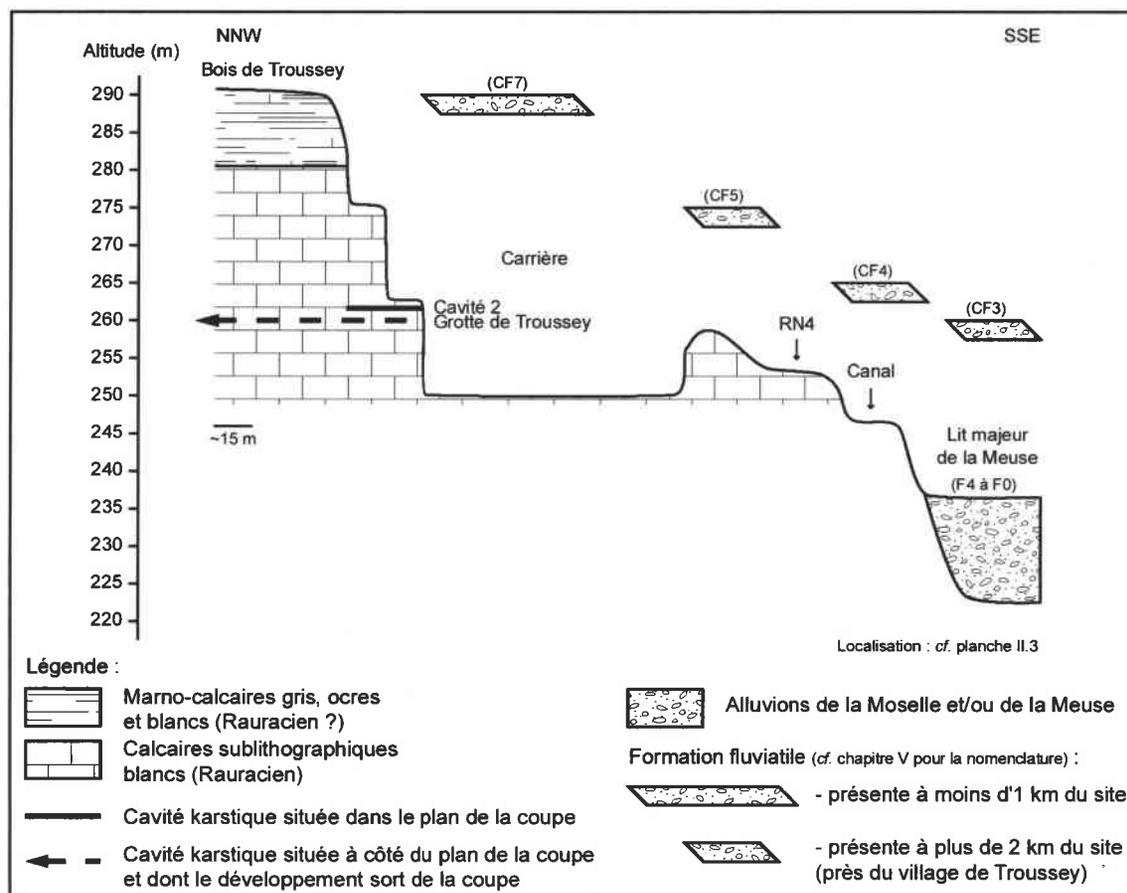


Figure A-IV.18 - Coupe géologique schématique du site des grottes de Troussey (Troussey - 844,900 - 1114,940 - 262).

Dans ses comptes rendus de visite spéléologique, M. Louis ne relève que des « remplissages argileux », sans présence de galets, tout au moins en surface. Il a cependant annoté un endroit du plan de la Grotte de Troussey par le mot " alluvions ". D'un point de vue micromorphologique, il note l'existence d'un chenal de voûte régulier dans les deux grottes. Une **spéléogénèse de type paragénétique** (Renault, 1967-1969, 1970) semble donc établie pour ces deux éléments endokarstiques.

A côté de éléments d'une structuration karstique, seuls des trous décimétriques et des diaclases corrodées ont été repérés dans la région que nous avons définie. C'est le cas à Foug et à Pagny-sur-Meuse dans les tranchées de la RN4, et à Euville également (Devaux, 1974-1979 ; Gamez, 1995). G. Gardet (1928) indique par ailleurs des « fissures [...] colmatées par

des alluvions vosgiennes » sur les territoires communaux d'Euville, de Pagny-sur-Meuse et de Ville-Issey. Pour toutes ces morphologies endokarstiques impénétrables, situées dans les Complexes récifaux de l'Argovien, on peut définir une **genèse en régime noyé**. En dehors du site des carrières d'Euville peut-être, une évolution postérieure en zone infratalweg a pu avoir lieu.

Pour terminer, on rapportera les observations réalisées par P. Gamez (1995) au nord de Commercy. Cet auteur indique des trous de petite taille dans le Séquanien et l'Argovien au sud de Verdun et, conjointement à D. Henry (1992), il décrit une paléoperte dans le Rauracien au nord de Verdun (Belleville-sur-Meuse). Pour deux des sites, il précise qu'une formation alluviale de la Moselle-Meuse surmonte les carrières où se trouvent les formes karstiques. C'est le cas de la cavité de Belleville-sur-Meuse qui possède un intérêt karstologique, archéologique et paléontologique, en raison du remplissage à alluvions vosgiennes, industries et faune quaternaire qui la constituait. Elle mérite qu'on s'y attarde un petit peu, en raison de son originalité spéléogénétique.

Constituée d'un conduit subhorizontal disparu et d'un puits (au sens génétique du terme) colmaté, cette doline-perte a été créée à l'intersection de diaclases, grâce à la " compresse humide " jouée par les alluvions de la terrasse sus-jacente (Henry, *ibid.*). Des ruelles karstiques et des dolines comblées avoisinent cette cavité. Au karst de Belleville-sur-Meuse se rapporte donc une **spéléogenèse sous-alluviale, ultérieure à l'encaissement de la Moselle-Meuse**. On remarque une certaine analogie de contexte géomorphologique avec le " micropuits " de la carrière de la Ferme Sainte-Anne (*cf.* chapitre IV, § IV.2.2.2.).

Le contexte lithologique et géomorphologique identique de la cavité de Belleville et des grottes de Troussey pourrait laisser présager une origine génétique similaire. Mais on objectera le fait qu'à Troussey, aucun puits n'a été décrit et, au contraire, que les morphologies souterraines présentées démontrent plutôt une naissance en zone noyée ou épinoyée.

#### A-IV.3.2. Karstification actuelle et héritée des Hauts de Meuse.

Les Hauts de Meuse comportent des éléments karstiques plutôt discrets, mais encore méconnus, qui se déclinent de différentes manières.

Les composantes fonctionnelles se rencontrent aux contacts lithostratigraphiques (pertes) et dans la **vallée de la Meuse, qui joue le rôle de niveau de base karstique**. En ce qui concerne la zone d'émergence, on notera que, contrairement au plateau de Haye, les sources du revers de la cuesta " oxfordienne " recèle une précipitation des carbonates assez fréquente. Cela dénote une sursaturation de l'eau souterraine, après un cheminement lent en milieu fissuré (Jaillet, 2000b).

Une remarque s'impose toutefois : l'importance des grèzes périglaciaires sur les versants et front de côte des Hauts de Meuse peut expliquer un enrichissement en carbonates des eaux de la nappe, au moment de leur émergence. Ce phénomène a été observé par A. Wehrli (1996) dans le cas des barrages de travertins de la vallée du Ruisseau de la Viole (affluent de l'Aroffe, près de Vannes-le-Châtel).

L'interprétation des circulations souterraines lentes, sans structuration karstique, est corroborée par les observations morphologiques hérités, dominées par des **petits éléments créés en zone noyée**. Pas plus que sur le plateau de Haye, les paramètres lithologiques ne semblent pouvoir justifier ici l'indigence des modelés karstiques. Pour S. Jaillet (2000b), l'absence de couverture non carbonatée sur les calcaires constitue un facteur primordial, car elle explique une saturation rapide en carbonate de calcium des eaux d'infiltration, en traversant l'horizon de roche mère superficielle démantelée. Le pouvoir de dissolution a alors disparu lorsque les flux hydriques atteignent le substratum sain.

Les plus importantes formes endokarstiques désactivés se trouvent dans la vallée de la Moselle-Meuse. Elles révèlent deux types de spéléogenèse :

- en milieu noyé ou épinoyé (**paléozone de concentration des écoulements**), pour les grottes de Troussey. Ce pourrait être la traduction d'une **karstification sous-fluviale**, qui

se serait développée dans des conditions géomorphologiques de recoupement de méandre. Par rapport aux cas examinés sur la Haye, la différence réside dans la faiblesse du gradient altitudinal, qui n'est pas lié à un bassin versant voisin " déprimé " ;

- en **zone d'infiltration sous-alluviale**, en relation avec l'encaissement de la vallée de la Meuse (à Belleville).

Au final, on peut définir pour les Hauts de Meuse un **karst binaire** analogue aux plateaux central et septentrional de la Haye, même si le développement karstique y est encore moins important apparemment.

## ANNEXE IV.4 - TRAITS MAJEURS DES AUTRES KARSTS DE LORRAINE ET SPECIFICITE DES PLATEAUX DU SITE DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE.

Des caractéristiques géomorphologiques majeures de la Lorraine sédimentaire exposés dans le chapitre II, il est ressorti un aspect globalement répétitif des auréoles morphostructurales, sur lesquelles se superposaient des modelés fluviaux variés. Cette multiplicité des formes dues aux cours d'eau au sein de lignes de relief " parallèles " se répercute tout naturellement sur le domaine karstique, qui présente des traits principaux identiques, dotés d'une hétérogénéité morphologique de détail.

Par une présentation des différents massifs karstiques de Lorraine, on souhaite mettre en exergue les particularités des plateaux du site de la capture de la Moselle, et notamment de la Haye centrale.

### A-IV.4.1. Régionalisation des karsts lorrains.

Cette étude a été effectuée de manière assez complète par P. Gamez (1985b), et plus récemment par P. Gamez et D. Harmand (*in* Liedtke *et al.*, à paraître). Nous reprendrons, et agrémenterons de quelques autres références, ces deux travaux, avant de caractériser, dans la section suivante (A-IV.4.2.), les différents milieux, du point de vue de leur fonctionnement karstique général, actuel et passé.

De nombreuses couches géologiques de Lorraine sont susceptibles de présenter des éléments karstiques, qu'elles soient à dominante calcaire, gypseuse, dolomitique, ou même gréseuse. Néanmoins, on n'évoquera pas ici le cas des roches gréseuses (des morphologies de type karstique existent notamment dans les grès du Buntsandstein, dans les Basses Vosges ; Mainguet et Callot, 1974 ; Willems, renseignement oral). Leur solubilité diffère sensiblement des autres lithologies et aucune recherche spécifique ne leur a été consacrée en Lorraine, à notre connaissance.

Dans son article, P. Gamez (1985b, p. 37) indique que « la répartition des zones karstiques obéit dans ses grandes lignes au facteur lithologique, qui explique fondamentalement les localisations dans les grandes séries calcaires : Muschelkalk supérieur (50-65 m), entre Lunéville et Vittel, Bajocien [et Bathonien] de Longuyon à Neufchâteau (100-135 m), Portlandien [Tithonien maintenant] de Bar-le-Duc à Joinville (120-150 m) ». Comme la carte de l'auteur le montre (p. 45), ces secteurs principaux sont avoisinés par d'autres milieux carbonatés, où existent également des éléments karstiques. Au total, « **en Lorraine, les formations calcaires représentent environ 25 % des roches affleurantes** » (Gamez, 1998, p. 41).

De fait, cinq des sept principaux reliefs de cuestas déterminés dans le chapitre II possèdent un revers à dominante calcaire : d'est en ouest, ce sont la Côte du Muschelkalk, la Côte infraliasique, la Côte du Dogger, la Côte de l'Oxfordien et la Côte du Tithonien (**planche IV.5**). On les examinera successivement, en incluant le cas particulier des formations keuperiennes.

- Le revers de la cuesta de Lorraine : calcaires du Muschelkalk supérieur :

Encadrés par de puissances couches de marnes salifères et gypsifères, ces calcaires fossilifères hétérogènes d'une soixantaine de mètres d'épaisseur renferment des éléments karstiques variés et de taille plutôt modeste.

**Les formes et phénomènes exokarstiques sont localement très développés** dans ces assises, notamment au **contact lithostratigraphique** sommital avec les argiles de la Lettenkohle. Ainsi, dans les régions de Sierck-les-Bains, Gerbéviller, Lamarche (Capot-Rey, 1937 ; Frischmann, 1997) ou encore Thaon-les-Vosges (SCMetz, 1988 ; Mansuy et Corbonnois, 2002 ; Mansuy, thèse en cours) existent de nombreuses dolines, mardelles, pertes diffuses, et parfois des petits gouffres-pertes et des dolines-pertes. Les dolines, dolines-pertes et mardelles se présentent souvent alignées exactement sur la limite de recouvrement des calcaires par les argiles, en bordure de vallons secs ; elles sont associées à des pertes de vallons aveugles (SCMetz, 1988 ; Mansuy, thèse en cours). Les similitudes morphologiques avec la région du Barrois sont frappantes (*cf. infra*). A l'aval des systèmes, on trouve des émergences impénétrables ou siphonnantes, dont certaines ne fonctionnent qu'en périodes de crues (trop-pleins de réseaux souterrains exigus ; SCMetz, 1988).

Pour le secteur de Thaon-les-Vosges, le substratum est largement recouvert par des formations alluviales, qui modifient localement les caractéristiques du karst de contact lithostratigraphique. En effet, lorsqu'elles sont suffisamment épaisses, ces alluvions créent un aquifère perché sur les argiles et permettent ainsi une acidification et un étalement temporel des eaux d'infiltration. Dans les cas (non reconnus ?) où les matériaux fluviaux reposent directement sur les assises calcaires, le rôle de compresse humide peut s'exercer directement sur la karstification.

**Les réseaux endokarstiques sont nettement plus rares et souvent impénétrables.** Citons dans la région de Sarreguemines l'existence de petites galeries, actives et inactives, révélées à la faveur de carrières souterraines ; elles constituent des morphologies karstiques développées sous une couverture marno-calcaire, par l'intermédiaire de phénomènes de drainance (Frischmann, 1997).

- La dépression orthoclinale de la cuesta infraliasique : dolomie, gypse et anhydrite du Keuper :

Le substratum keuperien, essentiellement marneux, mais avec bancs de dolomie, de gypse, d'anhydrite et de sel gemme intercalés, est le terrain de prédilection des **mardelles**, en raison de **phénomènes de suffosion et d'affaissement-dissolution** (Gamez, 1985b). Cet exokarst a été étudié en détail dans les forêts de Farschviller et de Sierck (Barth et Löffler, 1998), où la dissolution de lentilles ou bancs de gypse situés à quelques mètres sous la surface a pu être prouvée. Localement, les mardelles sont comblées et ne sont visibles qu'en coupe (exemple de la carrière de Kemplich ; photo A-IV.18). Le Pays des Etangs à l'ouest de Sarrebourg possède également de nombreux champs de mardelles (*cf. Gamez, 1985b*).

- Le revers de la cuesta infraliasique : calcaires de l'Hettangien-Sinémurien :

La base des couches liasiques est constituée par des calcaires d'une quinzaine de mètres d'épaisseur, sur lesquels reposent 25 m de marnes lotharingiennes (Hilly et Haguenaer, 1979). Comme souvent, un tel **contact lithostratigraphique** représente le lieu privilégié de l'enfouissement sous terre des eaux de ruissellement et du développement d'un karst. Au moins deux régions sont connues pour correspondre à ce contexte géomorphologique : le secteur de Saily-Achâtel au nord-est de Nomeny (Gamez, 1985b) et la Forêt de Benney<sup>1</sup> près de Flavigny-sur-Moselle. La karstification qui affecte cette couche géologique peu puissante se traduit à Benney par des dolines ou dolines-pertes alignées sur le contact et des émergences

<sup>1</sup> Karst que S. Jaillet nous a fait découvrir le 16 novembre 2001. Des recherches sont en cours à l'Université de Nancy 2.

dans les vallons affluents des vallées de la Moselle et du Madon toutes proches. On a là une réplique miniature du karst étudié dans le Barrois par S. Jaillet (1995, 2000b ; Jaillet et Gamez, 1995).

Par ailleurs, les marnes sus-jacentes aux calcaires sont elles-mêmes recouvertes de formations alluviales de la Moselle. Les remarques formulées dans le cas des argiles de la Lettenkohle (*cf. supra*) s'appliquent donc de la même manière ici. Enfin, les sources sont légèrement incrustantes, ce qu'avait déjà constaté G. Vaucel (1960). Il existe à ce propos, d'après cet auteur, les mêmes phénomènes de création de travertins de l'autre côté de la vallée de la Moselle et, d'après A. Braconnier (1883), également au nord de Varangéville.

Un karst de contact lithostratigraphique encore plus petit existe dans les terrains médioliasiques, d'après P. Gamez (1985b ; *cf. aussi* Louis et Lehmler, 1966), qui signale des " gouffres ", à la limite des argiles domériennes, dans les Calcaires à bélemnites du Carixien (3 m d'épaisseur).

- Le revers de la cuesta de Moselle : calcaires du Bajocien et, localement, du Bathonien :

Les divers types de karsts relevés sur le site de la capture de la Moselle se retrouvent partiellement plus au sud et au nord de notre terrain de recherches. Les différences principales proviennent de variations latérales de faciès, qui modifient les contextes lithostratigraphiques. Les structures tectoniques et les caractéristiques altitudinales changent dans une moindre mesure.

**Le karst de contact lithostratigraphique**, auquel s'associe souvent une karstification sous couverture, est encore une fois bien représenté avec pertes, gouffres-pertes, dolines-pertes, dolines, gouffres inactifs,...et grottes. Les meilleurs exemples se rencontrent dans la Woëvre septentrionale et le Pays-Haut, et en particulier les régions de Longuyon-Etain-Stenay (Gamez et Sary, 1979, 1985 ; Gamez *et al.*, 1979 ; Gamez, 1985a, 1985b, 1995 ; Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, à paraître ; photo A-IV.19), d'Audun-le-Roman (Devos, 1991 ; CEGUM, 1996 ; Caramelle, 1998<sup>2</sup> ; CEGUM et AERM, 1999 ; Gamez *et al.*, 2000 ; Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, à paraître) et au nord de Longuyon (SS-USB Longwy, inédit).

Les couches géologiques concernées sont variées : les argiles ou les marnes reposent sur le substratum calcaire à la limite Callovien/Bathonien, ou à la limite Bathonien/Bajocien, ou encore au cœur des terrains du Bajocien supérieur (Le Roux *in* Mégnien et coll., 1980 ; Hanzo et Le Roux, 1982). Les pertes et les écoulements hypogés se traduisent à l'aval des systèmes karstiques par d'importantes exurgences, parfois perturbées par les exhaures miniers (dans le bassin ferrifère ; Devos, 1991 ; CEGUM et AERM, 1999).

Dans les secteurs cités, les couches marno-calcaires de faible épaisseur, du Callovien inférieur ou du Bathonien, permettent le développement de **mardelles** (Gamez et Hall, 1991 ; Gamez, 1995). Elles sont parfois en connexion karstique avec les morphologies localisées au niveau des contacts lithostratigraphiques majeurs.

Le Pays-Haut est également le domaine d'un **paléokarst** fossilisé par des remplissages ferrugineux cuirassés ou argileux (Gamez, 1985b, 1998 ; Gamez *in* Faber *et al.*, 1999 ; Gamez *et al.*, inédit ; Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, à paraître).

Les morphologies, particulièrement visibles à Saint-Pancré (ouest de Longwy), sont de quatre types (Gamez, 1998 ; Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, *ibid.*) : dolines et ouvalas, substratum irrégulier issu d'une cryptocorrosion, cavités endokarstiques (grottes et gouffres) et mégalapiés ou ruelles karstiques. La karstogenèse est présumé tertiaire, à une époque où les sommets actuels de la Côte du Dogger se trouvaient en position orographique déprimée. Une inversion complète du relief s'est opérée depuis (Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, *ibid.*).

Plus près de notre terrain d'étude, les calcaires bajociens de la région de Novéant recèlent une **cavité avec remplissage à alluvions d'origine vosgienne** (Jacquemot, renseignement écrit communiqué à P. Gamez et D. Harmand). Il serait intéressant de comparer ce secteur avec celui " des vallées " décrit sur le plateau central de Haye.

<sup>2</sup> Contient un inventaire karstique fourni, avec références bibliographiques.

Dans la partie méridionale du revers de la cuesta de Moselle, les études sont moins nombreuses. Il apparaît toutefois des éléments karstiques intéressants dans la région de Neufchâteau, telles que les **pertes** subies par la Meuse et son affluent le Mouzon, lors de leur traversée des calcaires bajociens (Thomas, 1979 ; Maubeuge, 1980 ; Guillaume, 1982 ; Corbonnois, 2000 ; Gérard, 2000).

Dans le cas de la Meuse, les infiltrations se produisent probablement sous la formation alluviale de fond de vallée, mais également de façon directe par les diaclases des dalles calcaires qui constituent son talweg (photos A-IV.16 et A-IV.17). La zone noyée du karst semble proche de la surface (*cf.* Jacquemin, 2003). Dans la vallée du Mouzon, il existe des morphologies karstiques inactives, comme la Grotte de Jeannûe située à 4 m au-dessus de la rivière (Guillaume, 1982). Cette cavité est un témoin des anciennes pertes du Mouzon d'après l'auteur, qui y note des cheminées remontant jusqu'au plateau, 15 m plus haut et un remplissage à alluvions calcaires. Ces descriptions s'apparentent aux exemples de la « Boucle de la Moselle », et la Grotte de Jeannûe pourrait constituer un élément de karst infratalweg.

- Le revers de la cuesta de Meuse : calcaires de l'Oxfordien :

Si « des grands massifs calcaires lorrains, l'Oxfordien [dont la puissance dépasse 200 m] fait figure de parent pauvre de la karstologie » (Gamez, 1985b, p. 38), il n'en demeure pas moins que des éléments existent, comme nous l'avons vu précédemment entre Vaucouleurs et Verdun et à Taillancourt (*cf.* annexe IV.3). P. Gamez (*ibid.*) précise également que la région à l'ouest de Neufchâteau possède un karst bien développé.

A cheval sur les départements des Vosges et de la Haute-Marne, le Haut-Pays recèle un **karst sous couverture et de contact lithostratigraphique** (marnes séquaniennes sur calcaires rauraciens principalement), constitué de pertes, dolines, dolines « émergence-perte » et gouffres actifs (Jacquemin et Gamez, 1994 ; Devos, 1996b ; Porte, 1997 ; Gamez, 1998 ; Jaillet, 2000b ; Gamez et Harmand *in* Liedtke *et al.*, à paraître). La principale émergence du secteur se situe à la base des calcaires oxfordiens, au fond d'un reculée : il s'agit du Cul du Cerf (CLRS, 1988, cité par Jaillet, 2000b ; photo A-IV.20). Une grotte déconnectée des circulations souterraines actuelles existe par ailleurs sur le plateau (le Réseau Hadès). Elle constitue, selon S. Jaillet (2000b), un ancien drain majeur sous couverture qui collectait les infiltrations se produisant au droit du contact lithostratigraphique.

Les pertes de l'Aire supérieure vers l'exurgence de Cousances-aux-Bois, au nord-ouest de Commercy, se produisent dans le même contexte géologique, à la faveur d'une faille (Le Roux, 1969 ; Devos, 1996b ; Tailliez, 1998).

- Le revers de la cuesta des Bars : calcaires du Tithonien :

Avec ses 120 m d'épaisseur dans le Barrois, le Tithonien est le siège du karst le plus important actuellement connu en Lorraine et aussi un des mieux étudié (Beaudoin, 1974, 1989 ; Jaillet, 1995 ; Jaillet et Gamez, 1995 ; Jaillet, 1996 ; Devos, 1996b ; Devos et Jaillet, 1998 ; Devos *et al.*, 1999 ; Jaillet, 1999a, 2000b ; Jaillet et Gamez, 2000 ; Jaillet *et al.*, 2002b).

Une fois encore, les **karsts sous couverture et de contact lithostratigraphique** règnent en maître, avec une **exubérance de formes exokarstiques** dans tous les secteurs où les sables et argiles du Crétacé reposent en discordance sur les calcaires jurassiques, avec moins de 30 m de puissance (Jaillet, 1999a, 2000b).

Les alignements de dolines, dolines-pertes, gouffres-pertes, et les dolines « émergence-perte » abondent (photo A-IV.21). Souvent localisées en tête ou en bordure de vallon sec, ces morphologies sont parfois dominées de quelques mètres par des mardelles inscrites dans les terrains crétacés. L'originalité de cet exokarst par rapport à celui des autres régions lorraines est leur connexion fréquente avec des réseaux endokarstiques, dont la hiérarchisation va croissante vers l'aval des systèmes. Les émergences de ces infiltrations généralisées consistent le plus souvent en de grosses exurgences siphonnantes, en fond de vallées (Saulx et Marne notamment). Le système karstique du Rupt du Puits constitue l'exemple le plus grand et le mieux étudié (Jaillet, 2000b) de ce type de karst.

Dans la même région du sud de Bar-le-Duc existe par ailleurs un **karst très développé, entièrement situé sous couverture et sans morphologies de surface**. Il a été révélé par des carrières souterraines qui l'ont recoupé.

Le rôle de compresse humide des sables et argiles crétacés prend tout son sens dans la spéléogénèse de vastes puits et galeries en « méandres » (Jaillet, *ibid.*). Dans les carrières de Savonnières-en-Perthois, ce chercheur a reconnu un karst plus ancien qui interfère avec les réseaux actifs : les " viailles ", qui sont des formes endokarstiques créées en régime noyée, à écoulements très lents (photo A-IV.22). On remarquera que ces morphologies ressemblent également à la description de J. Rodet (1997) de la karstification épinoyée alvéolaire dans la craie.

Dans le même contexte géomorphologique sous couverture, à Aulnois-en-Perthois, S. Jaillet (2000b) a mis en évidence des **phénomènes de " fantomisation "** (*cf.* Quinif, 1998a ; Vergari, 1998 ; chapitre I) avec remplacement d'une partie des carbonates par du fer. L'origine valanginienne (crétacée) de ce fer est admise par l'auteur, qui détermine une simple mobilisation des oxydes présents dans les sables de couverture par les eaux d'infiltration.

Enfin, en Haute-Marne, près de Poissons, on peut également évoquer la présence dans les calcaires tithoniens d'un **paléokarst à puits** anciennement comblés de fer (Jaillet, 2000b).

Il semblerait que la genèse de cet endokarst diffère légèrement de celui de Saint-Pancré dans le Pays-Haut, puisque le remplissage est ici issu du Crétacé venu en transgression sur le substratum carbonaté et non pas d'une sédimentation alluviale dans une paléovallée. Du reste les puits sont considérés comme le résultat de circulations karstiques verticales (Jaillet, *ibid.*), au contraire des ruelles de Saint-Pancré davantage perçues comme des formes de cryptocorrosion développées sous formation superficielle (Gamez *et al.*, inédit).

En dehors du Barrois, on peut signaler dans un contexte lithostratigraphique identique (Crétacé sur Tithonien), le karst de la Forêt de Hesse, à l'ouest de Verdun (Durup de Baleine, 1989, cité par Beaudoin, 1989 et Jaillet, 2000b). Il comporte des formes de soutirage en surface, mais pas de « cavité pénétrable actuellement » (Beaudoin, 1989, p. 63).

#### **A-IV.4.2. Distinction des karsts lorrains avec ceux du site de la capture de la Moselle.**

Les plateaux carbonatés ou gypsifères de Lorraine possèdent des caractéristiques karstologiques assez tranchées, qui nous permettent de les classer en fonction de la typologie des systèmes unaires et binaires indiqués dans le chapitre IV (*cf.* figure IV.1 ; planche IV.5) :

- les karsts binaires riches en formes de surface dominant en Lorraine. L'interfluve Loison-Othain en Woëvre septentrionale, le Pays-Haut et le Barrois en sont les meilleurs exemples, avec leurs nombreuses pertes de contact lithostratigraphique et de fond de vallée, leurs vallons aveugles et percées hydrokarstiques associées, et leurs phénomènes occultes (qui se révèlent parfois en surface ultérieurement), produits sous les recouvrements semi-perméables.

Chacune des régions présente en outre des transits épinoyés reconnus spéléologiquement. S'ils sont tous actifs, les deux derniers karsts connaissent également des morphologies de zone noyée et cryptokarstiques, désactivées ou fossilisées, qui leur confèrent une évolution polygénique. Le Haut-Pays et le revers de la cuesta de Lorraine appartiennent aussi à cette catégorie, mais ils présentent des éléments karstiques un peu ou nettement moins développés ;

- le revers de la cuesta infraliasique et la région de Neufchâteau présentent, quant à elle, des karsts binaires plus pauvres en formes de surface.

Les pertes sont toutefois assez nombreuses, au niveau de contacts lithostratigraphiques ou en fond de vallée (cours d'eau allochtones). Les morphologies endokarstiques sont rarement visibles. Ces karsts sont caractérisés par des formes et phénomènes actifs et désactivés, qui témoignent de modes de fonctionnements semblables au cours du temps ;

- les zones du Keuper, où n'apparaissent que des champs de mardelles, constituent des karsts unaires riches en formes de surface, essentiellement actifs de nos jours, mais sans morphologies endokarstiques.

Globalement, **les plateaux de Haye et des Hauts de Meuse correspondent à des karsts binaires pauvres en formes de surface**, à l'exception de la Haye méridionale. Or, ces massifs calcaires puissants présentent des conditions géomorphologiques de cuestas similaires aux revers plus karstifiés, avec un recouvrement à dominante non carbonatée et des vallées encaissées. Ainsi, les seules explications que l'on a pu émettre sont d'ordre lithologique et tectonique :

- défaut de fracturation des assises calcaires sous couverture ;
- contacts lithostratigraphiques pour lesquels les contrastes lithologiques ne sont pas assez francs, au moins dans le cas de la Haye. Les marnes bathoniennes ne reposent pas directement sur les calcaires " purs " du Bajocien, mais sur la Caillasse à *Anabacia*, roche rognonneuse, « calcaire finement microbioclastique à ciment argileux » et à passées argileuses fréquentes (Le Roux et Renaud, 1985).

A côté des surfaces sommitales des plateaux, pauvres en éléments karstiques de contact lithostratigraphique, les secteurs du site de la capture de la Moselle possèdent **une caractéristique originale au niveau des vallées des grandes artères fluviales d'origine vosgienne**. Il s'agit d'un **karst infratalweg** essentiellement hérité, constitué de morphologies bien développées, dont la genèse présumée s'est produite sous des alluvions siliceuses. Ce milieu à spatialité linéaire axé sur le trajet passé et actuel de la Moselle et de la Meurthe, a donc vraisemblablement connu des infiltrations issues de la nappe phréatique des formations fluviales. Mais une différence importante existe vis-à-vis de la karstification sous couverture sédimentaire : en fond de vallée, les gradients hydrauliques sont tout autres qu'au niveau des interfluves. En outre, ce karst s'inscrit dans un contexte particulier de capture hydrographique majeure.

L'ensemble de ces originalités structurales, fonctionnelles et environnementales par rapport aux milieux karstiques régionaux, confère donc au karst sous-fluvial un intérêt d'étude spécifique. C'est précisément l'objet de la troisième partie de ce travail, où l'on se focalisera sur le secteur de la « Boucle de la Moselle », compte tenu de la richesse morphosédimentaire qui le caractérise.



21-2-2000

Photo A-IV.15 - Nivellement au théodolite des entrées des cavernes de rive droite de la Moselle, à Pierre-la-Treiche (deuxième séance après celle de 1995) ; ici, devant le Portique de la Grotte Sainte-Reine.



20-4-1996

Photo A-IV.16 - Perte de la Meuse à Bazoilles-sur-Meuse.



20-4-1996

Photo A-IV.17 - Détail de la zone de pertes diffuses à travers les dalles calcaires affleurentes.



18-10-1997

banc gypseux  
argilite à filonnets de gypse

Photo A-IV.18 - Mardelle d'affaissement-dissolution dans une carrière de gypse du Keuper (Kemplich - Moselle) (cf. Barth et Löffler, 1998) ; le comblement est constitué par des matériaux issus d'une formation géologique sus-jacente.



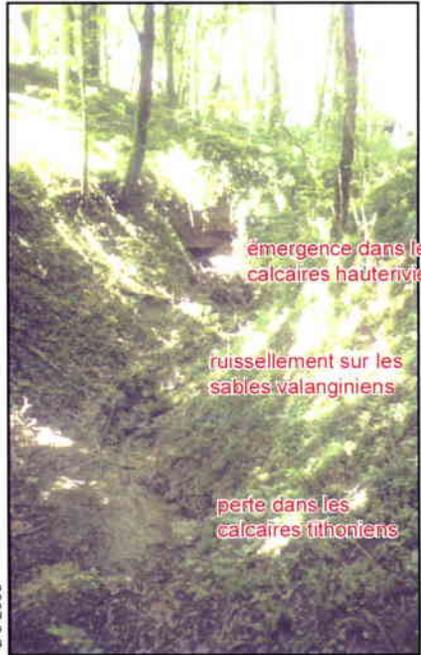
19-4-1996

Photo A-IV.20 - Site de l'émergence de la Manoise, au bout de la reculée du Cul du Cerf, dans les calcaires oxfordiens (Orquevaux - Haute-Marne) (cf. Jailliet, 2000b).



17-1-1998

Photo A-IV.19 - Doline-perte au contact Callovien-Bathonien (Bois du Grand Faily - Pays-Haut - Meurthe-et-Moselle) (cf. Gamez, 1995).



2-6-2000

Photo A-IV.21 - Doline " émergence-perte " au contact Hauterivien-Valanginien-Tithonien (Forêt de Jean d'Heurs - Lisle-en-Rigault - Meuse) (cf. Jailliet, 2000b).



2-6-2000

Photo A-IV.22 - Aspect des coupoles développées dans les viailles, dans les calcaires tithoniens (carrière de Savonnières-en-Perthois - Meuse) (cf. Jailliet, 2000b).

**ANNEXE V.1 - LISTE INTERPRETEE DES FORMATIONS ALLUVIALES  
DE LA MOSELLE ET DE LA MEURTHE EN LORRAINE CENTRALE  
(SITE DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE s.l.).**

Secteur	Localisation - lieu-dit, d'après IGN à 1/25000 : Haroué, 1988 ; Nancy, Neuves-Maisons et Toul, 1990 ; Commercy, 1992 ; Pont-à-Mousson, 1987 (+ Nancy - Toul, 2000)	Altitude basale de la formation		Altitude sommitale de la formation (indicative)		Références relatives aux cotes altitudinales (basales / sommitales), autres que les cartes IGN	Observation(s)	Formation alluviale	
		Valeur absolue (m)	Valeur relative / base minimale de F0 (m)	Valeur absolue (m)	Valeur relative / sommet minimum de F0 (m)			Nom adopté	T de Har98
Méréville – Messein	Barrage de Méréville	212-213,5		219-220		BRGM	2 sondages	F0	
	Barrage de Méréville	216	+4	223,5	+4,5	BRGM	1 sondage	F1	
	Les Grandes Saussaies	215-217	~+4-6	222	~+3	BRGM	7 sondages	F1	
	Moulin Bois (Bois Moulin) ?	(221)	(+10)	226-229	~+7-10	Tro73		F2	0.2
	Moulin Bois (Bois Moulin)	~227-228	~+16-17	230-235	~+11-16	Tao94 ; Los03 / Tao94	Fx3 (i.e. F3) pour Tao94 ; mesures à l'altimètre	F2	0.2
	Moulin Bois	239 ~238-239	~+28 ~+27-28	244 245	~+25 ~+26	BRGM (in Dor97) Los03 / Tro73 ; Los03	1 sondage (?) Mesures à l'altimètre	F3	0.1
	Bois de Grève	~250 ?	~+38 ?	259	+40	Los03 / Gur78	Mesures à l'altimètre	F4	1.2
	Moulin Bois	~249	~+38	250-255	~+31-36	Tao94 ; Los03 / Tao94	Mesures à l'altimètre	F4	1.2
	Richardménil - Le(s) Vert(s) Village(s)	~254-259	~+42-47	260-265	+41-46	Vas81 ; Tao94	Fx2 (i.e. F4) pour Tao94	F5	1.1
	Moulin Bois	258-260 ?	+47-49 ?	263	~+44	Los03	Mesures à l'altimètre	F5	1.1
	Richardménil	(263)	(+51)	270	+51	Tro73		CF1	
	Moulin Bois	~270	~+59	270-275	~+51-56	Tao94	Fx1 (i.e. F5) pour Tao94	CF1	
Bois de Châtel Sud	~405	~+194	~409	~+190,5	Los03 / Aym72 ; Tis73 ; Gur78	Mesures à l'altimètre ; alluvions absentes du replat sommital, mais situées en contrebas	CF17	8.2	
Chaligny – Maron	Neuves-Maisons - Cité de Messein - Cité de la Plaine	209,5-213,5		218-221		BRGM	23 sondages	F0	
	Les Vannes (Prés Brûlés) - Le Rondeau - Les Pâquis	208,5-213		216-221		BRGM	24 sondages	F0	
	Chabottin (Le Saulcy)	208-209		215-216		BRGM	3 sondages	F0	

La Vannerie - Maron	~205-208,5		212-218,5		BRGM	7 sondages	F0	
Pont-St-Vincent Est : La Gravière	214-216	+4,5-6,5	219-220	+1-2	BRGM	6 sondages	F1	
La Vannerie - Maron	210-213	~+5-8	211,5-215	-0,5-+1	BRGM	2 sondages	F1	
Bonne Fontaine			235	+19	TG35		F2	0.2
Faré			240-245	+24-29	Err42		F3	0.1
Plats de Chassard - Tréfot			240-245	+25-30	Err42		F3	0.1
Bonne Fontaine			250-255	+34-39	Err42		F4	1.2
Faré			250-255	+34-39	Err42		F4	1.2
Remenaulaté			265-270	+47-52	Vas79	Alluvions rares ou absentes pour Dor97	F5	1.1
Bonne Fontaine			265-270	+49-54	Err42 ; Vas79		F5	1.1
Faré			260-265	+44-49	Err42		F5	1.1
Plats de Chassard			260-265	+45-50	Err42		F5	1.1
Marie Chanois Sud			360-365	+145-150	Err42		CF13	6.2
Fond de Gréhinvaux			375	+159	Los03	Colluvions possibles	CF14	
Les Essards (Essarts) Sud-Ouest			368	+153	Los03	Mesure à l'altimètre ; quelques galets, colluvions probables	CF14	
Bois de Remenaumont Est	~390	~+180,5	390-395	+172-177	Los03 / Gar28 ; Vas79 ; Los03	Mesures à l'altimètre ; colluvions possibles	CF16	7
Bois (Forêt Communale) de Chaligny Sud-Ouest	~393	~+185	395	+180	Los03 / Dor97 ; Los03		CF16	7
Les Essards (Essarts)			380-385	+164-169	Los03	Colluvions probables	CF16	7
Bois de Remenaumont Ouest	403	+194,5	406	+190	Los03 / Gar28 ; Vas79		CF17	8.2
Carrière Nanquette Ouest	382	+173,5	383	+167	Los03	Mesures à l'altimètre ; colluvions probables	CF17	8.2
Clairlieu Sud-Ouest : Clairlieu Sud			375-385	+159-169	Los03	Colluvions (graviers de quartz)	CF17	8.2
Bois (Forêt Communale) de Neuves-Maisons Est	388	+179,5	390-395	+174-179	Los03	Mesure à l'altimètre ; quelques galets, colluvions probables	CF17	8.2
Bois (Forêt Communale) de Neuves-Maisons	408,5-412 415,5	+200-203,5 +207	410,5-413 417	+194,5-197 +201	BRGM Los03 / Lam01 ; TG35 ; Vas79	2 sondages ; colluvions ? Mesures à l'altimètre	CF18	8.1

Bois de l'Abbé Mansuy – Bois l'Evêque	Seugnon (Haveaux) - Monvaux	204-206,5		212-214		BRGM	3 sondages	F0	
	Ball-trap	205,5		212,5		BRGM	1 sondage	F0	
	Camping de Villey-le-Sec - Grotte du Chaos	204,5-205,5		212		BRGM	2 sondages	F0	
	Les Roueaux	209,5	~+5,5			SN	Rive gauche	F1	
	Seugnon (Haveaux) - Monvaux	209,5	+5,5			SN	Rive droite	F1	
	Grotte du Géant - Grotte du Chaos	208	+4			SN	Deux rives	F1	
	Camping de Villey-le-Sec	208	+4			SN	Rive gauche	F1	
	Tranchée du Bois Monsieur			217-220	+5-8	Gar28 ; Los03	Alluvions essentiellement sablo-limoneuses	F2	0.2
	Le Tremblot			225	+13	Dor97		F2	0.2
	Tranchée du Bois Monsieur Nord	~223	~+19	227-230	+15-18	Dor97 / Gar28 ; Err42 ; Dor97	Mesure au théodolite ? et Fy (i.e. F2) pour Dor97 Mesures à l'altimètre	F3	0.1
		224-225	+20-21	232-233	+20-21	Los03			
	Tranchée du Bois Monsieur Sud	228-229	+24-25	231-232	+19-20	Los03	Mesures à l'altimètre	F3	0.1
	Ball-trap - Refuge des Amis de la Nature			238	+26	Los03	Mesure à l'altimètre ; quelques galets	F4	1.2
	Grotte du Géant	240 ?	+36 ?	242	+30	Los03	Mesures à l'altimètre ; quelques galets	F4	1.2
	Tranchée du Bois Monsieur	~235	~+31	236-237	+24-25	Los03	Mesures à l'altimètre	F4	1.2
	Bois de l'Embanie Sud-Ouest	~236	~+32	237-240	+25-28	Los03	Mesures à l'altimètre ; colluvions sur alluvions	F4	1.2
Le Tremblot	236-237	+32-33	240-243	+28-31	Dor97 ; Los03	Mesures au théodolite ? ; mesures à l'altimètre	F4	1.2	
Ball-trap - Refuge des Amis de la Nature	248	+44	249-252	+37-40	Los03	Mesures à l'altimètre ; quelques galets	F5	1.1	
Tranchée du Bois Monsieur	~243	~+39	245-250	+33-38	Los03 / Gar28 ; Los03 Dor97	Mesures à l'altimètre Base observée et mesurée au théodolite ?	F5	1.1	
	(248)	(+44)	(255 ?)	(+43 ?)					
Tranchée du Bois Monsieur - Ferme du Bois Monsieur - Bois le Duc	264	+60	269-274	+57-62	Dor97 ; Los03	Mesure au théodolite ? ; mesures à l'altimètre	CF2	2.2	

Ball-trap Nord-Est - Refuge des Amis de la Nature Nord	275-276	+71-72	277-282	+65-70	Los03	Mesures à l'altimètre	CF3	2.1
Bois de l'Embanie Sud-Ouest			270	+58	Los03	Mesures à l'altimètre ; quelques galets, colluvions probables	CF3	2.1
Le Tremblot - Côte des Chimpelles (Les Chimpelles)			273-275	+61-63	Los03	Mesures à l'altimètre ; quelques galets, colluvions probables	CF3	2.1
Bois le Duc	~285	~+81	289-294	+77-82	Los03	Mesures à l'altimètre	CF4	3.2
Bois de l'Embanie Sud-Ouest			279-280	+67-68	Los03	Mesures à l'altimètre ; quelques galets, colluvions probables ; replat sans alluvions vers 285 m	CF4	3.2
Côte des Chimpelles (Les Chimpelles)	(282)	(+78)	285-290	+73-78	Los03 / Err42	Alluvions absentes d'après observations personnelles, sauf en poches ; mesure à l'altimètre	CF4	3.2
Bois Monsieur	290 ?	+86 ?	291 ?	+87 ?	Los03	Mesure à l'altimètre ; colluvions ?	CF5	
Bois Monsieur	~301	~+97	305	+93	Los03	Mesures à l'altimètre	CF6	3.1
Bois l'Évêque	305-306	+101-102	307-311	+95-99	Los03	Mesures à l'altimètre	CF7	
Bois de l'Abbé Mansuy - Bois le Duc - Bois l'Évêque	~315-316	~+111-112	316-319	+104-107	Los03 / Har96 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF8	4.3
Bois de l'Abbé Mansuy - Ferme Ste-Anne - Bois l'Évêque	320	+116	328	+116	BRGM	1 sondage (alluvions sous colluvions)	CF9	4.2
	~322-323	~+118-119	325-328	+113-116	Los03 / Har96	Mesures à l'altimètre		
Bois de l'Abbé Mansuy - Bois l'Évêque	330-331	+126-127	330,5-334	+118,5-122	BRGM	2 sondages ; colluvions ?	CF10	
	~331-333	~+127-129	336-337	+124-125	Los03 / Har96 ; Los03	Mesures à l'altimètre		
Bois de Maron - Chemin de la Grande Goutte Nord ?			345	+133	Err42	Alluvions non observées personnellement	CF11	4.1
Bois de l'Abbé Mansuy	~336-340	~+132-136	~345	~+133	Los03	Mesures à l'altimètre	CF11	4.1
Bois (Forêt Communale) de Sexey-aux-Forges Nord-Ouest - Bois de l'Hôpital Sud	~347-349	~+143-145	351	+139	Los03 / Gar28 ; Vas79 ; Har96	Mesures à l'altimètre	CF12	5

Bois de Pierre-la-Treiche, de Chaudeney-sur-Moselle et de Dommartin-lès-Toul	Ecluse de Villey-le-Sec - Au Ras de l'Eau (Radelot)	202,5-206		209,5-211		BRGM ; SN	18 sondages ; rive gauche	F0	
	Grottes de Pierre-la-Treiche (Ste-Reine)	202-204		209-210		BRGM ; SN	7 sondages ; deux rives	F0	
	Pierre-la-Treiche	199,5		208		BRGM	1 sondage	F0	
	La Rochotte - L'Île aux Charmes - La Bouvade	199,5-201		206,5-208,5		BRGM	16 sondages	F0	
	Ecluse de Villey-le-Sec - Au Ras de l'Eau (Radelot)	206,5-208,5	+4-6	210-215	+0,5-5,5	BRGM	7 sondages	F1	
	Grottes de Pierre-la-Treiche (Ste-Reine)	205,5-206,5	+3,5-4,5	210	+1	BRGM	2 sondages	F1	
	La Rochotte - L'Île aux Charmes - La Bouvade	203-203,5	+3,5-4	207	+0,5	BRGM ; SN	1 sondage ; rive droite	F1	
	Chaudeney-sur-Moselle	224	+24,5	228-229	+21,5-22,5	Dor97 ; Los03	Mesure au théodolite ; mesure à l'altimètre	F3	0.1
	La Treiche	235	+33	238	+29	Dor97 ; Los03	Mesure au théodolite ; mesure à l'altimètre	F4	1.2
	Grotte des Puits Ouest	~236	~+34	~239	~+30	Los03	Mesures à l'altimètre	F4	1.2
	Le Cercueil	~234	~+32	239	+30	Dor97	Mesure au théodolite ?	F4	1.2
	Bois de Chaudeney Sud-Ouest	232-235	+32,5-35,5	238-241	+30-33	Los95 ; Dor97 ; Los03	Mesures au théodolite et à l'altimètre	F4	1.2
	Villey-le-Sec Sud : Blanchés Vignes Sud	~243	~+40,5	245	+35,5	Los03	Mesure à l'altimètre ; quelques galets	F5	1.1
	L'Écluse (Forêt Communale de Pierre-la-Treiche Nord)	239	+36,5	242	+32,5	Los03	Mesures à l'altimètre ; Fx3 (i.e. F3) pour Dor97 (mais altitude différente : 230-232 m)	F5 ou F4	1.1 ou 1.2
	La Treiche			244-245	+35-36	Gar28 ; Dor97	Différencié de Fx2 (i.e. F4) par Dor97	F5	1.1
	Bois de Chaudeney Ouest - La Rouge Pierre - Les Gascannades (Les Arbus) - Dommartin-lès-Toul	238-243	+38,5-43,5	245-250	+38,5-43,5	Dou72 (in Har95) ; Los03	7 sondages sur le tracé de l'A31 ; mesures à l'altimètre	F5	1.1
	Dommartin-lès-Toul Sud-Est : Fortes Terres Sud-Ouest	249,5	+50	255	+48,5	BRGM	1 sondage	CF1	
Aven du Vulnot - La Sabottière Sud	259 ?	+56,5 ?	265-270	+55,5-60,5	Los03 / Err42 ; Har96 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF2	2.2	

L'Écluse Est (Bois l'Évêque Nord-Ouest)	~263	~+60,5	265-270	+55,5-60,5	Los03 / Err42	Mesures à l'altimètre ; quelques galets	CF2	2.2
L'Écluse Sud (Forêt Communale de Pierre-la-Treiche Nord)	~260	~+57,5	262-265	+52,5-55,5	Los03 / Err42 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF2	2.2
Bois de Chaudeney Ouest	~260	~+60,5	261-265	+53-57	Los03 / Har96 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF2	2.2
Les Grandes Raies Sud	~262	~+62,5	268	+60	Los03 / Har96 ; Dor97	Mesures à l'altimètre	CF2	2.2
Site de Vaux Ouest : Côte de Lingoute	~256	~+56,5	260-265	+52-57	Los03 / Gar28 ; Err42	Mesure à l'altimètre	CF2	2.2
Dommartin-lès-Toul Est et Sud-Est : Fortes Terres Nord-Est, Le Luxembourg			265-270	+58,5-63,5	Gar28 ; Los03		CF2	2.2
Bois de Chaudeney : Bois sous Roche Sud-Ouest	~275,5	~+73,5	277	+68	Los03	Mesures à l'altimètre	CF3	2.1
Bois l'Évêque Nord-Ouest	280 ?	+77,5 ?	287-292	+77,5-82,5	Los03 / Err42	Mesures à l'altimètre ; colluvions probables	CF4	3.2
Bois de Chaudeney : Bois sous Roche	~284,5-286	~+82,5-84	285-288	+76-79	Los03 / Gar28 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF4	3.2
Bois Blanc - Bois (Forêt Communale) de Dommartin Nord-Ouest	~283-285	~+83,5-85,5	285-290	+77-82	Los03 / Har96 ; Dor97 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF4	3.2
Bois de Chaudeney Sud-Est : Bois Gaillard Est	~293-294	~+91-92	295-296	+86-87	Los03	Mesures à l'altimètre	CF5	
Bois Blanc	290 ?	+90,5 ?	292 ?	+84 ?	Los03	Mesures à l'altimètre ; colluvions ?	CF5	
Bois l'Évêque Ouest	~298	~+95,5	303	+93,5	Los03	Mesures à l'altimètre	CF6	3.1
Bois (Forêt Communale) de Pierre-la-Treiche Est	~296-297	~+93,5-94,5	299-302	+89,5-92,5	Los03 / Vas79 ; Har96 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF6	3.1
Batterie de Bois sous Roche - Batterie de Chaudeney	297,5-298 ~300	+95-95,5 ~+97,5	301-302 311 ?	+91,5-92,5 +101,5 ?	BRGM Los03 / Gar28 ; Vas79 ; Har96	2 sondages ; colluvions ? Mesures à l'altimètre	CF6	3.1
Bois Blanc Nord-Est			299	+90	Vas79 ; Los03	Colluvions ?	CF6	3.1
Bois l'Évêque Ouest	~304	~+101,5	~307	~+97,5	Los03 / Gar28 ; Vas79 ; Los03	Mesures à l'altimètre	CF7	
Bois du Chanot			(~305)	(~+96)	Err42 ; Vas79	Alluvions absentes d'après observations personnelles	CF7	

	Villey-le-Sec Sud-Ouest : Maillosse	318 ?	+115,5 ?	320-325 ?	+110,5- 115,5 ?	Los03		CF8	4.3
	Bois l'Évêque Sud	~323	~+120,5	~326	~+116,5	Los03	Mesures à l'altimètre	CF9	4.2
	Fort de Villey-le-Sec Ouest			~330	~+120,5	Gar28 ; Err42 ; Vas79 ; Har96		CF9	4.2
	Bois l'Évêque Sud	331 ?	+128,5 ?	~335	~+125,5	Los03	Mesures à l'altimètre	CF10	
	Tranchée du Chêne Bocquet			327	+117,5	Vas79	Très rares galets d'après observations personnelles	CF10	

Valcourt – Choloy- Ménillot	Valcourt - Barrage de Chaudeney	199-201		205-206		BRGM	6 sondages	F0	
	Toul	196-196,5		204-205		BRGM	3 sondages	F0	
	Valcourt - Barrage de Chaudeney	207	+8	210	+5	BRGM	1 sondage (étrange !) ; colluvions ?	F1	
	Toul	200,5	+4,5	210	+6	BRGM	1 sondage	F1	
	Valcourt Sud : La Croisette	(223)	(+24)	(225)	(+20)	BRGM	1 sondage ; colluvions probables, comme indiqué plus au nord jusqu'à St-Evre par Gar28 et Err42	F3	0.1
	Toul Nord-Ouest : Briffoux Ouest			230-235	+26-31	Téc95		F4	1.2
	La Justice			235-236	+31-32	Vas79 ; Téc95		F4	1.2
	Écrouves-Bautzen (Bautzen)	(~230)	(~+34)	235-236	+31-32	Téc95 ; Har95 / Har96		F4	1.2
	Quartier Fabvier - Les Écourants Nord - Les Piques Nord			235-236	+31-32	Téc95		F4	1.2
	Centre Pénitentiaire d'Écrouves			235-236	+31-32	Téc95		F4	1.2
	Choloy-Ménillot Nord-Est : Le Foulot, Graphonière, Les Champs Lois	231,5-235 (~230)	+35,5-39 (~+34)	235-236	+31-32	Dou72 (in Har95) Téc95 ; Har96	7 sondages (tracé RN4) Groize en surface au sud- ouest	F4	1.2
	Grandmesnil Sud : La Concorde	~231 ?	~+35 ?	~238 235-240	~+34 +31-36	Hus63 Téc95 ; Har96	Groize en surface	F4	1.2
	Grandmesnil Sud-Ouest : Les Chavies Sud			235-240	+31-36	Téc95 ; Har96	Groize en surface	F4	1.2

Bois du Tillot - Ancien Fort du Tillot - Gare le Cou Sud-Ouest	242,5-243,5	+43,5-44,5	246,5-251 252	+41,5-46 +47	BRGM Vas79	2 sondages	F5	1.1
Le Plateau St-Georges Sud et Sud-Ouest - Bois le Comte Est, Nord et Ouest	237,5-243,5 238,5-244,5	+38,5-44,5 +39,5-45,5	243-253 251-253	+38-48 +46-48	BRGM Dou72 (in Har95) Vas79	14 sondages 24 sondages (tracé RN4) Alluvions absentes du sommet de Bois-le-Comte pour Gar28	F5	1.1
Choloy-Ménillot Sud			250	+45	Téc95		F5	1.1
Le Plateau Saint-Georges Sud	248 252,5	+49 +53,5	253	+48	BRGM Dou72 (in Har95)	1 sondage ; alluvions fines 1 sondage (tracé RN4) ; <i>id</i>	CF1	
Mont St-Michel Est et Sud-Est			(~290)	(~+86)	Err42	Localisation étrange !	CF5	

Val de l'Ane – Pagny-sur-Meuse	Foug Sud : Les Fourrières	~231				Ble99 (in Err42)	1 sondage ; grèze et argile en surface	F4	
	Le Pont de Savonnière	227-229				Dou72 (in Har95)	3 sondages (tracé RN4) ; grèze et argile en surface	F4	
	La Savonnière	229,5				Mar20 (in Err42)	1 sondage ; grèze et argile en surface	F4	
	Les Grèves	224-226				Dou72 (in Har95)	3 sondages (tracé RN4) ; grèze et argile en surface	F4	
	Pagny-sur-Meuse Est : Morte Fontaine	222,5-226				BRGM (in Har95)	2 sondages	F4	
	Pagny-sur-Meuse Est : La Favorite Est			240-245	+42,5-47,5	Gar28		F5	1.1
	Lay-St-Rémy Nord : Chardonnière			245-250	~+46-51	Err42		CF1	
	Les Marais Nord			245-250	~+47-52	Err42		CF1	
	Les Marais Sud			247	~+49	Gar28		CF1	
	Gare de Pagny-sur-Meuse : Le Poteau			245-250	+47,5-52,5	Err42		CF1	
	La Barisienne			245-250	+47,5-52,5	Err42		CF1	
	Le Moulin de Longor	240 ?	+50,5 ?	247,5-248	+50-50,5	Nic11 (in Nor31 et Err42)		CF1	
Les Marais Sud			255-260	~+57-62	Gar28		CF2	2.2	

	Pagny-sur-Meuse Est : Plate Terre		270-275	~+72-77	Gar28		CF4	3.2
	La Barisienne Ouest		275	+77,5	Err42		CF4	3.2
	Pagny-sur-Meuse Est : Les Ouillons, Les Herbues		288-289 ? 284	~+90-91 ? ~+86	Lam01 ; Jol36 Gar28		CF5	
	Pagny-sur-Meuse Nord- Est : Sur le Mont		290-295	+92,5-97,5	Gar28 ; Err42		CF7	
	Bois Moncel		300-305	~+100-105	Lor99 ; Gar25 ; Gar28 ; Vas79		CF8	4.3
	Pagny-sur-Meuse Sud-Est : Dosdevel		308	~+110	Gar28		CF9	4.2
	Trondes Ouest : Bois Juré		335	~+137	Gur84		CF12	5
	Le Juré : Laie des Mares		346	~+148	Gar28		CF13	6.2
	Les Lavaux - Bois de Raumont Sud		370-375	~+170-175	Gar25 ; Gar28		CF16	7

Ourches- sur- Meuse – Troussey – Void	Ourches-sur-Meuse Nord : Woèvre ?	222			DDA ( <i>in</i> Har95)	1 sondage ? ; alluvions post-F4 en surface	F4	
	Gare de Sorcy-Saint-Martin	222,5	240		BRGM ( <i>in</i> Har92)	1 sondage ; alluvions post-F4 en surface	F4	
	Troussey Sud : La Hayotte Nord-Ouest		246	+49	Gar28		CF1	
	Ourches-sur-Meuse Nord : Les Gissants		260	+63	Har92		CF3	2.1
	Troussey Ouest : Entre les Termes		260	~+65	Har92		CF3	2.1
	Troussey Ouest : Voie de Naviot Sud		260	~+65	Gar28		CF3	2.1
	Bois de Troussey Est		265-270	+68-73	Gar28		CF4	3.2
	Troussey Sud : La Croix du Maire		262-265	~+66-69	Har92		CF4	3.2
	Troussey Sud-Ouest : La Croix du Maire Nord-Ouest		275	~+80	Har92		CF5	
	Void Sud-Est : La Sentinelle		275-280	~+82-87	Err42 ; Har92		CF5	
	Ourches-sur-Meuse Nord- Ouest : Le Vély		291	+94	Har92		CF7	

	Ourches-sur-Meuse Nord-Ouest : La Tance			290-293	+93-96	Har92		CF7	
	Bois de Troussey Sud			295	+98	Gar28		CF7	
	Bois de Troussey Nord			285-290	~+91-96	Har92 ; Los03		CF7	
	Troussey Nord : Devant le Sas			290-295	~+95-100	Err42	" Traces d'alluvions " (Err42)	CF7	
	Forêt Domaniale de Dommartin-aux-Fours Ouest			315-320	~+120-125	Err42	" Traces d'alluvions " (Err42)	CF10	
	Bois de Troussey - Bois de Névaux			310-315	~+116-121	Gar28 ; Har92		CF10	
	Sorcy-Saint-Martin Sud-Est : Les Moraires			323	~+130	Gar28		CF11	4.1
	Bois de Névaux Sud-Est			330	~+136	Gar28 ; Err42		CF12	5
	Bois de Void Nord-Est : Burnanvau			340-345	~+146-151	Err42	" Alluvions très fines " (Err42)	CF13	6.2
	Bois de Void Nord			340	~+146	Err42; Har92	" Alluvions fines " (Err42)	CF13	6.2

Void – Ville-Issey – Aulnois-sous-Vertuzey	Sorcy-Saint-Martin	217		232		BRGM (in Har92)	1 sondage; alluvions post-F4 en surface	F4	
	Sorcy-Saint-Martin : La Croix de Mission ?	220		237,5		BRGM (in Har92)	1 sondage; alluvions post-F4 en surface	F4	
	Ville-Issey ?			240-245	~+49-54	Gar28 ; Err42		CF1	
	Vertuzey Sud-Est			250	~+59	Gar28		CF2	2.2
	Vertuzey Nord-Est : Les Montants			250	~+59	Gar28		CF2	2.2
	Void Nord-Ouest : Gauvaux Sud			260	~+67	Har92		CF3	2.1
	Void Nord-Ouest : Grillot			260	~+67	Har92		CF3	2.1
	Ville-Issey Sud-Ouest : La Minchotte Est			260-265	~+69-74	Gar28 ; Har92		CF4	3.2
	Ville-Issey Ouest : La Gane Nord-Est			260-265	~+69-74	Gar28 ; Har92		CF4	3.2
	Vertuzey Sud-Est : Martinchamp			260-265	~+69-74	Gar28 ; Har92		CF4	3.2

	Aulnoy-sous-Vertuzey Sud-Est			265-270	~+74-79	Gar28		CF4	3.2
	Void Nord-Ouest : Nantillière Nord-Ouest, Les Rouges Terres, La Farine			275-279	~+82-86	Err42 ; Har92		CF5	
	Vertuzey Sud-Est : Martinchamp Sud			275-279	~+84-88	Gar28	" Alluvions très fines " (Gar28)	CF5	
	Vertuzey Nord-Est : La Chalée Nord-Est, Les Montants Nord-Est			275-280	~+84-89	Gar28 ; Har92		CF5	
	Sorcy-Saint-Martin Sud- Est : Les Goutis ?			285-290	+93-98	Err42	" Traces d'alluvions " (Err42)	CF7	
	Ville-Issey Sud-Ouest : Le Haut Seuil			285-286	+93-94	Gar28 ; Har92		CF7	
	Laneuville-au-Rupt Nord- Est : La Vatote Nord			310	+118	Gar28 ; Har92		CF10	
	Bois de Ville-Issey Sud-Est			310-315	~+119-124	Gar28		CF10	
	Bois de Ville-Issey			320-325	~+129-134	Err42 ; Har92		CF11	4.1

Croix de Metz – Gondreville	Le(s) Grand(s) Essart(s) - Le Breuil - Le Grand Pâquis	<b>195-198,5</b>		202,5-205		BRGM	27 sondages	F0	
	Le Saussis - La Champagne	<b>195-198</b>		201,5-203		BRGM	13 sondages	F0	
	Gondreville Ouest : La Champagne (La Morte Bichet), Le Grand Pré des Sauts	<b>192-194,5</b>		200-203		BRGM	15 sondages	F0	
	Gondreville Nord : Entre les Eaux, Pré Bichot, Au (Les) Chardonneret(s), A la Queue Mourotte	<b>192,5-194</b>		198,5-200		BRGM	8 sondages	F0	
	Le(s) Grand(s) Essart(s) - Le Breuil - Le Grand Pâquis	<b>199-201</b>	<b>+4-6</b>	204-207	+1,5-4,5	BRGM	3 sondages	F1	
	Le Saussis - La Champagne	<b>198,5-199</b>	<b>+3,5-4</b>	203	+1,5	BRGM	2 sondages	F1	

Gondreville Ouest : La Champagne (La Morte Bichet), Le Grand Pré des Sauts	195,5-196,5	+3,5-4,5	199,5-201	-0,5-+1	BRGM	3 sondages	F1	
Z.I. Croix de Metz Est : Le Patis des Agneaux Nord	210,5-213	+18,5-21	215-218	+15-18	BRGM	4 sondages ; sommet de remblaiement alluvial (et colluvions issues de F3 en surface) ?	F2	0.2
Bois de la Roppe - Bois (Forêt Communale) de Villey-Saint-Étienne Est			~215	~+16,5	Har96 ; Los03		F2	0.2
Bois du Vieux Canton Sud-Est (Pré Amand Nord)			~215	~+16,5	Los03	Mesures à l'altimètre	F2	0.2
Villey-Saint-Étienne Sud-Ouest : La Justice Ouest (Puget Sud-Est)	~208,5	~+16,5	212-213	+13,5-14,5	Los03 / Har96	Mesures à l'altimètre	F2	0.2
Gondreville Nord-Est - Le Pralot Sud	~205	~+13	215-216	+16,5-17,5	D. Harmand inédit / Vas79 ; Har96		F2	0.2
Toul Nord : St-Jacques, Chavigneux Est			225-230	+22,5-27,5	Vas79 ; Téc95 ; Har96		F3	0.1
La Croix de Metz - Z.I. Croix de Metz - Bois (Forêt Communale) de Villey-Saint-Étienne	220-225 ~219-220	+25-30 ~+27-28	227-230 225-230	+25,5-28,5 +23,5-28,5	BRGM Los03 / Gar28 ; Vas79 ; Har96	3 sondages Mesures à l'altimètre	F3	0.1
Dommartin-lès-Toul Nord-Est : Le Pont de Villey Nord-Est			(225) 215-220	(+22,5) +12,5-17,5	Nor31 Vas79 ; Gur84		F3	0.1
Fort de Gondreville Sud-Ouest - La Garenne	(233) ~225	(+38) ~+30	(235) 225-226	(+33,5) +23,5-24,5	BRGM Vas79 ; Gur84 ; Los03	1 sondage ; altitude erronée ? Matériaux anthropiques ?	F3	0.1
Gondreville Sud-Ouest : La Tuilerie	214,5	+22,5	218 220-225	+18 +20-25	BRGM Vas79 ; Gur84	1 sondage ; colluvions probables	F3	0.1
Gondreville Sud-Est : Au (Le) Sorbier Nord-Ouest			220-225	+20-25	Vas79 ; Gur84		F3	0.1
Villey-Saint-Étienne Sud-Ouest : Pré Armand (La Justice)			221-222	+22,5-23,5	Vas79 ; Har96		F3	0.1

	Gondreville Nord-Est : Aux (Les) Loups Est			230-235	+31,5-36,5	D. Harmand inédit	Alluvions fines : sommet de remblaiement alluvial ?	F4 ?	1.2 ?
Fontenoy-sur-Moselle – Malzey	Saussais Malô	191,5-192,5		197,5-198,5		BRGM	3 sondages	F0	
	Villey-Saint-Étienne Est et Nord-Est	190,5-192,5		196-198,5		BRGM	4 sondages	F0	
	Aingeray - Sur la Claire	185,5 189-192		193 194-197		BRGM BRGM	1 sondage (anormal !) 15 sondages	F0	
	Au (Le) Bas de Malzey	188,5-189		195,5-196		BRGM	3 sondages	F0	
	Saussais Malô	195,5	+4	201,5	+4	BRGM	1 sondage	F1	
	Villey-Saint-Étienne Est et Nord-Est	194	+3,5	196	0	BRGM	1 sondage	F1	
	Aingeray - Sur la Claire	192,5-193,5	+3,5-4,5	195-196	+1-2	BRGM ; SN	3 sondages ; rive droite	F1	
	Villey-Saint-Étienne Nord-Est : Aux (Les) Mélagailles (Est)			215-220	+21-26	Har96 ; Los03	Alluvions fines : sommet de remblaiement alluvial ?	F2	0.2
Fontenoy-sur-Moselle Nord-Est : Côte de Voirémont			~214		Los03	1 sondage en fond de vallon ; alluvions fines colluvionnées	F4 ?		
Vallée du Terrouin	Villey-Saint-Étienne Nord-Est : La Carrière Est (En Champot Nord)	~209	~+14	~215	~+16	Los03	Alluvions calcaires	F2	0.2
Bois de la Claire – Frouard	Ecluse d'Aingeray	184,5 187-189		195 192-194,5		BRGM BRGM	2 sondages (anormaux !) 18 sondages	F0	
	Liverdun Ouest : Le Jard, La Garenne, Le Pâquis	184,5-189		191-194		BRGM ; SN	20 sondages ; rive gauche	F0	
	Frouard Ouest : Le Nid	182-183		190		BRGM	2 sondages	F0	
	Ecluse d'Aingeray	190	+3	193,5-194,5	+1,5-2,5	BRGM	4 sondages	F1	
	Liverdun Ouest : Le Jard, La Garenne, Le Pâquis	190-193,5	+5,5-9	197-200,5	+6-9,5	BRGM	4 sondages	F1	
	Le Grand Bois - La Goulotte	186,5	~+3,5			SN	Rive droite	F1	
	La Coissonnière (La Cossonnière)	187	~+4			SN	Rive gauche	F1	

Frouard Ouest : Le Nid	189,5	+7,5	197	+7	BRGM	2 sondages	F1 ou F2	0.2
Livردun Ouest : Le Jard, La Garenne, Le Pâquis	196,5-199	+12-14,5	200-201 200-205	+9-10 +9-14	BRGM Gur84	3 sondages	F2	0.2
Ecluse d'Aingeray	204	+17	205	+13	BRGM	1 sondage	F3 ou F2	0.1 ou 0.2
Livردun Ouest : Le Jard, La Garenne, Le Pâquis	205	+20,5	207,5	+16,5	BRGM	1 sondage	F3	0.1
Bois de la Claire Est	~208	~+21	210-213	+18-21	Los03	Mesures à l'altimètre ; replat exigu corrélatif à 207,5 m sur le versant en face (au-dessus du Trou des Fées)	F3	0.1
La Coissonnière (La Cossonnière) - Grande Terre			~210-215	~+20-25	Gur84		F3	0.1

Nancy	Jarville-la-Malgrange : La Californie	189-190,5		198-201,5		BRGM	5 sondages	F0	
	Nancy Sud-Est	189-190		197-198,5		BRGM	4 sondages	F0	
	Nancy Centre, Est et Nord-Est : Gare (Faubourg) St-Georges, Parc de la Pépinière	183,5-185,5 187-190		195 192-204		BRGM BRGM	3 sondages (anormaux !) 43 sondages	F0	
	Nancy Nord - Maxéville Est : St-Sébastien Nord-Est	182,5-183,5 186,5-189		190 192-196,5		BRGM BRGM	2 sondages (anormaux !) 14 sondages	F0	
	Jarville-la-Malgrange : La Californie	192	+3	198	0	BRGM	1 sondage	F1	
	Jarville-la-Malgrange Nord - Nancy Sud-Est	191-194,5	+2-5,5	197-200,5	0-+3,5	BRGM	8 sondages ; colluvions probables <i>p.p.</i>	F1	
	Ile du Foulon - Nancy Est	191-193,5	+2-4,5	194,5-200	-2,5-+3	BRGM	9 sondages	F1	
	Nancy Centre	191-192	+4-5	197,5-198,5	+5,5-6,5	BRGM	3 sondages	F1	
	Nancy Est - L'Écorcherie (Champ Prunier Ouest)	190-193	+3-6	195,5-202	+3,5-10	BRGM	9 sondages	F1	
	Maxéville Est : St-Sébastien - Grand Meix Ouest - Nancy Nord	189,5-194,5	+3-8	197-203	+5-11	BRGM	15 sondages	F1	

Nancy Sud-Est : Bon Secours (Bonsecours)	198-198,5	+9-9,5	202	+5	BRGM	3 sondages ; alluvions fines	F2	0.2
Tomblaine	199	+10	201,5	+4,5	BRGM	1 sondage	F2	0.2
Nancy Centre	197,5-201	+10,5-14	205-208,5	+13-16,5	BRGM	4 sondages ; alluvions fines <i>p.p.</i>	F2	0.2
Nancy Nord	196-196,5	+9,5-10	202,5-203	+10,5-11	BRGM	2 sondages ; alluvions fines <i>p.p.</i>	F2	0.2
Jarville-la-Malgrange	203	+14	206	+8	BRGM	1 sondage	F3	0.1
Cimetière du Sud Est - Bon Secours (Bonsecours) - Faubourg St-Pierre - Nancy Sud	202-205	+13-16	205-214,5	+8-17,5	BRGM	8 sondages	F3	0.1
Nancy Centre : Prison, Gare, Cours Léopold	200-201	+13-14	203-205	+11-13	BRGM	4 sondages ; colluvions possibles <i>p.p.</i>	F3	0.1
	201,5-206	+14,5-19	205,5-213,5	+13,5-21,5	BRGM	21 sondages		
Nancy Nord-Ouest : La Croix Gagnée Sud-Est (Boudonville Est)	199,5-200,5	+13-14	209-210	+17-18	BRGM	2 sondages ; probable surcreusement de rive concave de méandre	F3	0.1
	201,5-203	+15-16,5	204,5-210	+12,5-18	BRGM	5 sondages		
Jarville-la-Malgrange : La Belle Croix	214	+25	218	+20	BRGM	1 sondage	F4	1.2
Cimetière du Sud Nord-Ouest	212,5-215	+23,5-26	222-223	+25-26	BRGM	3 sondages	F4	1.2
Nancy Ouest : Faubourg St-Jean (Médreville) Nord et Est, Faubourg Stanislas Est (Croix de Bourgogne Nord-Ouest)	206,5-209	+19,5-22	210-217	+18-25	BRGM	14 sondages ; colluvions probables ou possibles	F4	1.2
	209,5-213,5	+22,5-26,5	214-220	+22-28	BRGM	15 sondages		
Nancy Nord-Ouest : La Croix Gagnée Sud-Est (Boudonville Est)	205,5	+19	214	+22	BRGM	1 sondage ; colluvions probables	F4	1.2

Heillecourt Sud-Est : Le Clos St-Ange (Parc de l'Embanie) - Jarville-la-Malgrange Sud : La Sablière - Heillecourt Nord : Manan Pré (La Haute Malgrange Sud) - Vandœuvre-lès-Nancy Est : La Malgrange	216,5-222	+27,5-33	222-233	+24-35	BRGM	7 sondages ; alluvions fines <i>p.p.</i>	F5	1.1
Vandœuvre-lès-Nancy Nord-Est : Brichambeau, Le Charmois Est - Nancy Sud	213-213,5	+24-24,5	225-226	+28-29	BRGM	4 sondages ; alluvions fines <i>p.p.</i> , et colluvions ?	F5	1.1
Nancy Sud-Ouest : Parc Ste-Marie	214,5-219,5	+25,5-30,5	220-240	+23-43	BRGM	28 sondages	F5	1.1
Heillecourt Nord : La Haute Malgrange	215-218,5	+28-31,5	222,5-234	+30,5-42	BRGM	17 sondages	F5	1.1
Vandœuvre-lès-Nancy Nord-Est : Le Charmois Est	227,5	+38,5	237	+39	BRGM	1 sondage	CF1	
Laxou Sud-Est : Cité des Provinces (Les Provinces) Sud-Est	236,5	+47,5	242	+45	BRGM	2 sondages ; alluvions fines	CF1 ou CF2	2.2
Heillecourt Nord : La Haute Malgrange Ouest	~229	~+42			D. Harmand inédit	Alluvions fines	CF1	
Vandœuvre-lès-Nancy Nord : Le Charmois - Nancy Sud-Ouest : La Chiennerie Est	239-239,5 ?	+50-50,5 ?	240	+42	BRGM	2 sondages	CF2	2.2
Villers-lès-Nancy Nord : Les Aiguillettes (Grand séminaire Est)	232-242	+43-53	237-244,5	+40-47,5	BRGM	5 sondages ; colluvions probables et alluvions fines	CF2	2.2
Laxou Nord : (Le) Champ le Bœuf Est - Nancy Nord-Ouest : Gentilly (= La Renaudine Ouest)	239 ?	+52 ?	245 ?	+53 ?	BRGM	1 sondage ; colluvions probables	CF2	2.2
Maxéville Ouest : Ferme St-Jacques Est (Zénith Sud)	342,5-346	+156-159,5	349-349,5 345-350	+157-157,5 +153-158	BRGM Lor99 ; Gur78	2 sondages	CF15	6.1
			350	+158	Gur78		CF15	6.1

Nancy – Frouard	Pixérécourt Ouest - Les Brasseries - Le Pont de Bouxières	184-185,5		190-193,5		BRGM	4 sondages	F0	
	Bouxières-aux-Dames Sud-Ouest : Les Pâquis	182-186,5		189-197,5		BRGM	16 sondages	F0	
	Champigneulles Sud	190-193	+7,5-10,5	194-202	+4-12	BRGM	7 sondages	F1	
	Champigneulles Nord-Est : Les Brasseries	188,5-191,5	+6-9	194,5-199	+4,5-9	BRGM	3 sondages	F1	
	Échangeur de Frouard-Pompey-Champigneulles	190,5-195	+8,5-13	198-203	+9-14	BRGM	6 sondages ; colluvions probables	F2	0.2
	Échangeur de Bouxières-aux-Dames Nord	191,5	+9,5	198	+9	BRGM	1 sondage	F2	0.2
	Échangeur de Frouard-Pompey-Champigneulles	199	+17	204,5	+15,5	BRGM	1 sondage ; colluvions probables	F3	0.1
	Malzéville Nord : Savelon Nord-Est			210-215	+20-25	Gur78		F4	1.2
	Champigneulles Sud : Le Nid Sud-Est (La Fourasse)			308-311	+118-121	Los03	Mesures à l'altimètre ; matériaux anthropiques ?	CF11	4.1
	Champigneulles Ouest : Le Maroc Nord-Ouest			~310	~+120	Los03	Mesure à l'altimètre	CF11	4.1
	Frouard Sud : Le Parc Lattier, Bois de Momont Sud-Ouest, Les Rays, Haut des Plantes, Le Châtillon			358 ? et 368	+169 ? et +179	Tis73 ; Gur78 ; Gur84 ; Los03	Colluvionnement important ; à proximité du sommet 368 m. galets relativement nombreux sur le versant nord (Les Essarts) et très rares sur celui sud (Le Charmois) !	CF16 ? et CF17	7 ? et 8.2
Pompey – Marbache	Pompey Est - Frouard Nord-Est	180,5-184,5		185-194		BRGM	14 sondages	F0 Mo	
	Les Narvannes Sud-Ouest - Château de Clévant (Clévent) Ouest - Échangeur de Custines	181-185		188,5-200		BRGM	20 sondages	F0 Me	
	Marbache Nord-Est : Sous les Roches Est	176-179		185,5		BRGM	4 sondages	F0	
	Frouard Nord-Est	187	+6,5	194	+9	BRGM	1 sondage	F1 Mo	

	Château de Clévant (Clévent) Ouest - Échangeur de Custines	185,5-186	+4,5-5	192-197,5	+3,5-9	BRGM	2 sondages	F1 Me	
	Marbache Est : rive droite	182,5	+6,5	190	+4,5	BRGM	1 sondage	F1	
	Les Narvannes Ouest - Échangeur de Custines	188,5-190,5	+7,5-9,5	198,5-202	+10-13,5	BRGM	4 sondages	F2 Me	0.2 Me
	Pompey Nord-Ouest : Forêt Domaniale de l'Avant-Garde Sud-Est			305-310	~+117-122	Gur78		CF11	4.1
	Forêt entre deux Chemins Est : Sur les Roches			310-315 ?	+125-130 ?	TG35		CF12	5
	Forêt Domaniale de l'Avant-Garde Sud-Est			340 ?	~+152 ?	TG35		CF14	

Belleville – Dieulouard – (Atton)	Viaduc d'Autreville : Les Grandes Fauchées	177-177,5		184,5-185		BRGM	3 sondages	F0	
	Le Pont de Mons	177-177,5		178-183		BRGM	4 sondages	F0	
	Centrale Électrique de Blénod	~173		180-181		BRGM	4 sondages	F0	
	Belleville Est	185,5-188,5	+9,5-12,5	189,5-192	+5-7,5	BRGM	6 sondages	F2	0.2
	Belleville			200	+15,5	Vin87		F3	0.1
	Le Pont de Mons - Loisy			195	+17	Vin87		F3	0.1
	Dieulouard Sud : La Quemine, Terrains de sport			205-207	+27-29	Vin87 ; Los03		F4	1.2
	Dieulouard : Lotissement de la Mine Est	195,5	~+20,5	205,5 200-205	+27,5 +22-27	BRGM Vin87	1 sondage	F4	1.2
	Atton	~198	~+25	~200	~+22	BRGM (in Vin87)	2 sondages	F5 ou F4	1.1 ou 1.2
	Dieulouard Sud : La Quemine, Terrains de sport			215-218	+37-40	Vin87		CF1	
	Dieulouard Sud : Mine de Saizerais Ouest	(226,5)	(+51,5)	230-235	+52-57	Los03 / Vin87 ; Los03	Mesures à l'altimètre ; alluvions colluvionnées	CF2	2.2
	Dieulouard Ouest : Le Maroc, Le Nid, Lotissement de la Mine Nord-Ouest	223-224,5 224,5	+48-49,5 +49,5	226,5-228 225,5 230	+48,5-50 +47,5 +52	BRGM Los03 Vin87	5 sondages Mesure à l'altimètre	CF2	2.2
	Dieulouard Nord-Ouest : La Croix Jeanmaire Sud-Ouest			225-230	+47-52	Vin87		CF2	2.2

	Dieulouard Nord : La Croix Jeanmaire Est		230-235	+52-57	Vin87		CF2	2.2
	Belleville Ouest : Bois Liégeot Sud		255	+70,5	Vin87		CF4	3.2
	Belleville Ouest : Bois de l'Épine Sud-Ouest		260	+75,5	Vin87 ; Los03		CF4	3.2
	Dieulouard Sud-Ouest : Les Grands Rayeux Est		252	+74	TG35 ; Vin87		CF4	3.2

Clés des symboles et abréviations utilisés :

\* Généralités à propos des colonnes : les secteurs sont globalement présentés d'amont en aval ; le deuxième découpage géographique (localisation - lieu-dit) a été basé sur la concentration irrégulière des sondages de fonds de vallées ; l'altitude basale correspond au contact alluvions - bed-rock en un point d'observation toujours particulier ; les noms des formations alluviales relèvent d'une interprétation, de même que la tentative de corrélation avec les terrasses T de D. Harmand *et al.* (1998) concernant l'ensemble de la Haute-Moselle - Meuse entre Epinal et Liège ; seules les références dans lesquelles étaient fournies des valeurs altitudinales (ou à défaut, une carte précise) ont été mentionnées.

\* Altitudes : **gras** = altitudes les plus assurées, utilisées pour la figure ; ~ = imprécision de l'ordre du mètre ; ? = incertitude pouvant correspondre à une imprécision de plusieurs mètres ; ( ) = manque d'information du type d'observation ; *italique* = altitude concernant le Val de l'Ane *s.l.* et la vallée de la Meuse, calculée par extrapolation des valeurs de F4 au niveau du Bois Gaillard, c'est-à-dire +33 m pour la base, +32 m pour le sommet et 7 m d'épaisseur (exemple de calcul pour l'altitude sommitale de 250 m au lieu-dit Chardonnière :  $250 - (224 + 7) + 32 = 51$ ).

\* Références : Aym72 = Aymond, 1972 ; Ble99 = Bleicher, 1899a (sondage mécanique) ; BRGM = sondage(s) mécanique(s) répertorié(s) au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Banque de données du sous-sol à Nancy) ; Dou72 = Douard *et al.*, 1972 (sondages mécaniques) ; Dor97 = Dorniol, 1997 ; DDA = sondage mécanique effectué par la Direction de l'Agriculture de la Meuse ; Err42 = Errard, 1942 ; Gar25 = Gardet, 1925 ; Gar28 = Gardet, 1928 ; Hus63 = Husson, 1863 ; Har92 = Harmand, 1992 ; Har95 = Harmand *et al.*, 1995a ; Har96 = Harmand, renseignement écrit inédit (*cf.* Harmand *et al.*, 1998) ; Har98 = Harmand *et al.*, 1998 ; Jol36 = Joly, 1936b ; Lam01 = de Lamothe, 1901 ; Lor99 = Lorie, 1899 ; Los95 = Losson, 1995 ; Los03 = Losson, ce travail ; Mar20 = Martin, 1920 (sondage mécanique) ; Nic11 = Nicklès, 1911 ; Nor31 = Nordon, 1931 ; SN = mesures ultrasons du fond de la Moselle, effectuées par le Service de la Navigation (Pont-à-Mousson) (interprétations : Y. Bacher) ; Tro73 = Troestler, 1973 ; Tao94 = Taous, 1994 ; Téc95 = Técher, 1995 ; TG35 = Théobald et Gardet, 1935 ; Tis73 = Tisserand, 1973 ; Gur78 = Gury *et al.*, 1978 ; Vas79 = Vaskou, 1979 ; Vas81 = Vaskou, 1981 ; Gur84 = Gury *et al.*, 1984 ; Vin87 = Vincent, 1987.

\* Formations : pour le secteur Pompey - Marbache, Mo = Moselle et Me = Meurthe ; les couleurs sont les mêmes que sur la planche V.2, sauf en ce qui concerne les alluvions anciennes pour lesquelles seules les teintes générales sont indiquées (orange pour CF1 à CF5, rose pour CF6 à CF12 et bleu pour CF13 à CF18).

NB : aux environs du Col du Mauvais Lieu (Bois de Chauvémont - Ludres - ~250 m d'altitude), des alluvions d'origine vosgienne, signalées par différents auteurs (Godron, 1877 ; Huber, 1973 ; Thévenin, 1975 ; Guillaume, 1982), sont présumées colluvionnées depuis les formations F5 et/ou CF1 de Richardménil (secteur Méréville - Messein).

S. Errard (1939, p. 227) indique également « la présence d'alluvions au sud de Custines (+90-100, +75), au nord de Custines (+180, +90-100, +55-60), et sur tout le pourtour du cirque de Millery (+90-100, +75) » (secteurs Pompey - Marbache et Belleville - Dieulouard).

**ANNEXE V.2 - TENTATIVE DE CORRELATIONS DES DIFFERENTS NIVEAUX  
ET FORMATIONS FLUVIATILES, EN FONCTION DE LA NOMENCLATURE  
UTILISEE PAR DIVERS AUTEURS.**

Formations Los03	Terrasses Gar28 Niveaux TG35	Niveaux Cor81	Formations cartes géologiques All77, Gur84, Vin87	Niveaux Pis97, Har98 (et formations Har95)	
CF18	+ 200	QA	Fu	T 8.1	
CF17	(+ 200)	QA	Fu	T 8.2	
CF16	+ 170-175	QA	Fu	T 7	
CF15				T 6.1	10 ?
CF14					
CF13	(+ 140-145)	QA		T 6.2	9
CF12	+ 140-145	QA	Fv	T 5	8
CF11	+ 130	(QI)	Fv	T 4.1	7
CF10	(+ 130)	(QI)	Fv		
CF9	+ 110	(QI)	Fv	T 4.2	
CF8	(+ 110 ou + 90-100)	(QI)	Fw ou Fv	T 4.3	6
CF7	(+ 90-100)	(QI)	Fw		
CF6	+ 90-100	QI	Fw(1)	T 3.1	5'
CF5	(+ 90-100)	(QI)	Fw		
CF4	+ 75	QII'	Fw(2)	T 3.2	
CF3			Fw	T 2.1	5
CF2	+ 55-60	QII''	Fw ou Fx	T 2.2	4 et 4'
CF1	+ 45	(QIII')	Fx(2)		3 ?
F5	+ 30-35	QIII'	Fx(3)	T 1.1 (Fx1)	2 ?
F4	(+ 30-35)	QIII'' ?	Fx(3)	T 1.2 (Fx2)	1
F3	+ 15-20	QIV	Fy(1)	T 0.1 (Fx3)	
F2	+ 5-8 ou + 15-20	QIV ou QV	Fy	T 0.2 (Fy)	
F1		QV ?			
F0	0		Fz	(Fz)	

Auteurs : All77 = Allouc, 1977 ; Cor81 = Corbonnois, 1981 ; Gar28 = Gardet, 1928 ; Har95 = Harmand *et al.*, 1995a ; Har98 = Harmand *et al.*, 1998 ; Los03 = Losson, ce travail ; Pis97 = Pissart *et al.*, 1997a ; TG35 = Théobald et Gardet, 1935 ; Gur84 = Gury *et al.*, 1984 ; Vin87 = Vincent, 1987.

**ANNEXE V.3 - LISTE ALPHABETIQUE DES ZONES DE PRELEVEMENTS  
EN SURFACE.**

<b>Echantillon</b>	<b>Commune</b>	<b>Site</b>	<b>Coordonnées Lambert I ou lieu</b>	<b>N</b>	<b>E</b>
<b>BD-VB</b>	Sexey-aux-Forges	Bois le Duc (vallon de Briffovaux) - P 6	870,325 - 1111,610 - 313,5	1	P
<b>BE(I)</b>	Gondreville	Bois de l'Embanie - P 5	870,240 - 1113,725 - ~313	1	P
<b>BE(II)</b>	Gondreville	Bois de l'Embanie - P 87	870,125 - 1113,475 - ~322	1	P
<b>CF2-BG</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Bois Gaillard (Bois de Chaudeney) - P 6	865,275 - 1111,660 - 261	1	P
<b>CF2-BM</b>	Sexey-aux-Forges	Tranchée du Bois Monsieur - P 66	870,875 - 1112,875 - 264	1	P
<b>CF4-BR</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Bois sous Roche (Bois de Chaudeney) - P 10	865,660 - 1112,340 - 287	1	P
<b>CF6-BR</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Bois sous Roche (Bois de Chaudeney) - P 17	866,310 - 1112,525 - 305	1	P
<b>CSH</b>	Chaligny	Bois de Remenaumont - P 457	878,250 - 1111,825 - ~375	1	P
<b>F0-DT</b>	Toul - Dommartin-lès-Toul	L'Ile des Sables	Ancienne gravière	1	NP
<b>F2-GP(I)</b>	Gondreville - Fontenoy-sur-Moselle	Le Pralot	Nouvelle zone industrielle	1	NP
<b>F2-GP(II)</b>	Gondreville - Fontenoy-sur-Moselle	Le Pralot	Nouvelle zone industrielle	1	NP
<b>F3-BC</b>	Aingeray	Bois de la Claire - P 1	872,440 - 1123,990 - 209,5	1	P/NP
<b>F3-BM</b>	Sexey-aux-Forges	Tranchée du Bois Monsieur - P 64	Parcelle forestière n° 64	1	NP
<b>F3-CM(I)</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Orée du Bois de Chaudeney	864,110 - 1111,475 - 227,5	2	P/NP
<b>F3-CM(II)</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Orée du Bois de Chaudeney	864,090 - 1111,475 - ~226	1	P
<b>F4-BG(I)</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Bois Gaillard (Bois de Chaudeney) - P 2	864,710 - 1111,500 - 239,5	1	P/NP
<b>F4-BG(II)</b>	Chaudeney-sur-Moselle	Bois Gaillard (Bois de Chaudeney) - P 4	865,110 - 1111,400 - 234,5	1	NP
<b>F4-LT</b>	Pierre-la-Treiche	La Treiche	866,175 - 1111,050 - 238,5	1	NP
<b>F4-SR</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	865,550 - 1111,340 - 232	1	P
<b>F5-CM</b>	Chaudeney-sur-Moselle	La Fontaine Eloi	862,900 - 1112,750 - 238,5	1	P/NP
<b>F5-TV</b>	Toul	Valcourt - Chaufour	Echangeur autoroutier A31-RN4	1	NP
<b>VV</b>	Fontenoy-sur-Moselle	Vallon de Voirémont	868,825 - 1119,410 - ~216	1	P

Site : numéros de parcelles forestières (P) d'après la carte IGN - TOP 25 - Nancy-Toul, 2000 ; coordonnées géographiques : dans l'ordre X, Y et Z (altitude en m, au niveau de la surface) ; N = nombre d'échantillons analysés ; E = échantillonnage effectué personnellement (P) ou non (NP, d'où la localisation exacte qui n'est pas toujours définie).

NB : seules des analyses sédimentologiques (pétrographie, minéralogie, morphométrie, état d'altération) ont été réalisées sur ces échantillons (pour comparaison avec l'annexe VIII.1).

**ANNEXE V.4 - TAILLE DU PLUS GROS GALET OBSERVE DANS DIFFERENTES  
FORMATIONS ALLUVIALES DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE »  
(D'APRES DIVERS AUTEURS).**

Lieu	Formation supposée	Taille maximale observée (L grand axe en cm)	Type pétrographique	Auteur
MF M. Chanois	CF18	8,9	Quartzite	Vas79
B. Neuves-Maisons	CF18	28,0	« grès siliceux »	Lam01
B. Neuves-Maisons	CF18	~22,0	Quartzite	Los03
B. de Châtel	CF17	~12,0	Quartzite	Los03
B. Remenaumont	CF17	~12,0	Quartzite	Los03
Les Rays (Frouard)	CF17	~14,0	Quartzite	Los03
B. de Chaligny	CF16	~8,0	Quartzite	Los03
Les Giméys	CF12	45,0	Grès rhétien	Gar26
B. l'Evêque	CF10	~22,0	Quartzite	Los03
B. Abbé Mansuy	CF9	~8,0	Quartzite	Los03
B. l'Evêque	CF9	~12,0	Quartzite	Los03
Villey-le-Sec	CF9	12,4	Quartzite	Vas79
B. l'Evêque	CF8	~8,0	Quartzite	Los03
Villey-le-Sec	CF8	~15,0	Conglomérat	Los03
B. l'Evêque	CF7	~12,0	Quartzite	Los03
B. Monsieur	CF6	~15,0	Quartzite	Los03
B. Blanc	CF6 (ou CF5)	~15,0	Quartzite	Los03
B. de Chaudeney	CF5	~13,0	Quartzite	Los03
B. le Duc	CF4 (ou CF5)	~14,0	Quartzite	Los03
B. de Dommartin	CF4	9,0	Quartzite	Vas79
Refuge des Amis de la Nature	CF3	~15,0	Quartzite	Los03
B. Monsieur	CF2	7,5	Quartzite	Vas79
B. Monsieur	CF2	~15,0	Quartzite	Los03
Côte de Lingoute	CF2	~25,0	Conglomérat	Los03
Dieulouard	CF2	11,5	Quartz	Los03
Dommartin-lès-Toul	CF1 ?	12,9	Quartzite	Vas79
Méréville	F5	~10,0	Quartzite	Los03
Chaudeney-Dommartin	F5	~14,0	Quartzite	Los03
La Justice	F5	7,6	Quartzite	Vas79
Méréville	F4 (ou F5)	~18,0	Quartzite	Los03
La Treiche	F4 (ou F5)	~27,0	Quartz	Los03
B. Gaillard	F4	~14,5	Roche du socle	Los03
Ecrouves-Bautzen	F4	12,5	Quartzite	Vas79
Méréville	F3	~12,0	Granite	Los03
Chaudeney-sur-M.	F3	~12,0	Granite	Los03
Croix de Metz	F3	11,1	Granite	Vas79
B. de la Claire	F3	~14,5	Quartz	Los03
Méréville	F2	~12,0	Quartzite	Los03
B. du Vieux Canton	F2	~15,0	Quartz	Los03
Maron	F0	19,2	Granite	Vas79

Cellules gris foncé = formations de la Meurthe ; ~ = observation de terrain (mesure approximative) ; auteurs : Gar26 = Gardet, 1926 ; Lam01 = de Lamothe, 1901 ; Los03 = Losson, ce travail ; Vas79 = Vaskou, 1979.

**ANNEXE V.5 - LISTE DES TRAVAUX CONSACRES A LA PETROGRAPHIE DES FORMATIONS ALLUVIALES DE LA MOSELLE-MEUSE ET DE LA MEURTHE, DANS LE SECTEUR DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».**

Référence	Formation universitaire de l'auteur	Taille des galets comptés (mm)	Nombre de galets comptés	Profondeur du prélèvement (surface = inférieur à 0,5 m)	Autres observations
Dangana, 1970	Géographique	20-100	100 à 150 ?	Surface ?	Pas de différenciation des granites et autres roches du socle ?
Troestler, 1973	Géographique	20-40, 40-60 et 60-80	15 à 192	Surface ?	Pas de différenciation des granites et autres roches du socle ?
Bonnefont, 1975b	Géographique	20-40 (et 10-20)	?	Coupes	
Rosinski, 1975	Géographique	20-40, 40-60 et 60-80	16 à 67	Coupes (1 ? à 5-6 m)	Pas de différenciation des granites et autres roches du socle ?
Vaskou, 1979	Géologique	>20	100?	Surface et coupes (1 à 6 m)	Pas toujours de différenciation des quartz et des quartzites
Vaskou, 1981	Géologique			Coupes	Pas de différenciation des granites et autres roches du socle
Marchand, 1981	Géographique	?	?	Surface ?	Pourcentage des quartz uniquement
Harmand, 1989 et 1992	Géologique et géographique	>20	200	Surface et coupes (1 à 4 m)	Pas de différenciation des granites et autres roches du socle ?
Taous, 1994	Géologique et géographique	40-60	100	Coupes (0,5 à 9 m)	Etude des faciès granitiques aussi
Técher, 1995	Géographique	40-60	100	Coupes (1 à ? m)	
Harmand <i>et al.</i> , 1995a	Géologique et géographique	40-80	200	Coupes (1 m environ)	
Dorniol, 1997	Géographique	40-80	183 à 391	Surface et coupes (1 à 2 m)	
Losson, ce travail	Géographique	20-50 (et 40-80)	114 à 920 (et 32-170)	Surface et coupes (1 à 2 m)	

**ANNEXE V.6 - ANALYSES PETROGRAPHIQUES DES FORMATIONS  
ALLUVIALES DE LA MOSELLE ET DE LA MOSELLE-MEUSE  
(D'APRES DIVERS AUTEURS).**

**A - Résultats principaux des comptages relatifs aux formations CF2 à F2 du site  
de la « Boucle de la Moselle ».**

Lieu	Form. -nom	Qzt	Qz	Grès - Cong.	Gran.	Autre socle	Calc. - Chai.	Co/So	Gr/So	N	Aut.
<b>Galets de 40-80 mm</b>											
Bois Monsieur (k)	CF2	43,0	26,4	9,0	8,6	8,0	5,0	5,02	0,50	265	Dor97
Bois Monsieur (k)	CF2- BM	47,31	25,81	9,68	0	17,20	0	4,81	0	93	Los03
Chaudeney - Dommartin	F5	49	22	0	17,98	11,02	0	2,45	0,62	200	Har95
Chaudeney - Dommartin	F5- CM	38,78	16,33	2,04	6,12	36,73	0	1,33	0,14	49	Los03
La Treiche	F4	29,2	20,8	3,2	35,0	11,8	0	1,14	0,75	280	Dor97
Sainte-Reine	F4-SR	39,40	18,18	4,04	14,14	17,17	7,07	2,19 [1,97]	0,45	99	Los03
Bois Gaillard	F4	42,32	24,61	1,53	18,29	13,25	0	2,17	0,58	200	Har95
Bois Gaillard	F4	26,4	22,1	3,0	37,0	11,5	0	1,06	0,76	235	Dor97
Bois Gaillard	F4- BG(I)	41,35	12,50	1,92	17,31	26,92	0	1,26	0,39	104	Los03
Bois Gaillard	F4- BG(I)	36,07	11,47	1,64	27,87	22,95	0	0,97	0,55	61	Los03
Bois Gaillard (+)	F4- BG(I)	39,39	12,12	1,82	21,21	25,46	0	1,14	0,45	165	Los03
Bois Monsieur	F3*	32,0	13,3	9,4	36,5	8,8	0	1,21	0,81	285	Dor97
Chaudeney	F3	34,49	13,79	3,44	18,59	29,69	0	1,07	0,39	200	Har95
Chaudeney	F3	31,4	16,3	4,2	40,0	8,1	0	1,08	0,83	391	Dor97
Chaudeney	F3- CM(I)	26,06	12,73	3,64	37,57	20	0	0,74	0,65	165	Los03
Bois de la Claire	F3	42,49	9,74	0,84	14,78	32,15	0	1,13		200	Har95
Bois de la Claire	F3-BC	32,94	12,35	0	33,53	21,18	0	0,83	0,61	170	Los03

(k) = prélèvement en milieu karstique proche de la surface ; (+) = addition des deux comptages précédents effectués au même endroit ; \* = F2 pour l'auteur des comptages.

**Galets de 40-60 mm**

Méréville	CF1*	36 - 37	17 - 18	2 - 3	26 - 29	16	0	1,22 - 1,38		>100	Tao94
Chaudeney - Dommartin	F5	34,32	20,59	2,94	24,51	17,65	0	1,37	0,58	100	Téc95
La Justice	F5	52,07	28,77	0	10,95	8,20	0	4,22	0,57	100	Téc95
Méréville	F4	30 - 32	12 - 13	3 - 4	30 - 34	20 - 22	0	0,82 - 0,92		>100	Tao94
Ecrouves	F4	24,49	18,37	0	38,78	9,18	9,18	0,89	0,81	100	Téc95
Ecrouves	F4	32,30	20,84	0	29,17	12,49	5,2	1,28	0,70	100	Téc95
Choloy-Ménillot	F4	34,31	25,50	0	20,58	9,80	9,80	1,97	0,68	100	Téc95
Méréville	F2*	21 - 22	8 - 11	2 - 3	34 - 37	30 - 31	0	0,49 - 0,56		>100	Tao94

\* = respectivement F5 et F3 pour l'auteur des comptages.

**Galets de 20-50 mm (ou 20-40 mm pour Bon75)**

Bois Monsieur (k)	CF2-CM	37,53	40,96	6,18	2,75	12,58	0	5,52	0,18	437	Los03
Chaudeney - Dommartin	F5-CM	24,85	26,68	2,65	16,29	29,53	0	1,18	0,36	491	Los03
Sainte-Reine	F4-SR	23,79	29,84	4,43	23,39	17,34	1,21	1,46 [1,43]	0,57	248	Los03
Bois Gaillard	F4-BG(I)	30,46	20,3	3,05	22,84	23,35	0	1,16	0,49	197	Los03
Bois Gaillard	F4-BG(I)	17,68	21,72	3,53	33,84	23,23	0	0,75	0,59	198	Los03
Bois Gaillard (+)	F4-BG(I)	24,05	21,01	3,29	28,36	23,29	0	0,94	0,55	395	Los03
Chaudeney	F3-CM(I)	12,68	22,19	2,02	40,34	22,77	0	0,58	0,64	347	Los03
Bois de la Claire	F3-BC	17,72	17,83	0,87	38,04	25,54	0	0,57	0,60	920	Los03
Gondreville	F2	23	21	0	41	14	0	0,80	0,75	?	Bon75

(k) = prélèvement en milieu karstique proche de la surface ; (+) = addition des deux comptages précédents effectués au même endroit.

Form. = formation alluviale (et nom des échantillons personnels). Pétrographie (%) : Qzt = quartzites ; Qz = quartz ; Cong. = conglomérats ; Gran. = granites ; Autre socle = autres roches du socle ; Calc. = calcaires ; Chai. = chailles. Co/So = rapport des roches de couverture (Qzt + Qz + Grès - Cong. + Calc. - Chai.) sur les roches du socle (Gran. + Autre socle) [entre crochets, valeur avec Calc. - Chai. exclus des roches de couverture, car cailloux non roulés] ; Gr/So = rapport des granites sur l'ensemble des roches du socle (Gran. + Autre socle). N = nombre de galets comptés. Aut. = auteur des comptages (Bon75 = Bonnefont, 1975b ; Dor97 = Dorniol, 1997 ; Har95 = Harmand *et al.*, 1995a ; Los03 = Losson, ce travail ; Tao94 = Taous, 1994 ; Téc95 = Técher, 1995).

### B - Résultats complémentaires relatifs aux formations de la Moselle et de la Moselle-Meuse (et à une formation de la Meurthe).

Lieu	Form.	Qzt	Qz	Grès - Cong.	Gran.	Autre socle	Calc. - Chai.	Co/So	Gr/So	N	Aut.
<b>Galets de 20(-100) mm (ou taille inconnue pour Vas81 et Mar81)</b>											
B. Nves-Maisons	CF18 ?	5,8	77	0	1,4					?	Dan70
MF M. Chanois	CF18	57	42			1		99	0	?	Vas79
B. de Moulins (Mouzon)	CF18 ?	100						/	/	200	Har92
B. Châtel	CF17	69	23	0	1,2					?	Dan70
B. Remenaumont	CF17	38	62	0	0			/	/	?	Dan70
B. Remenaumont	CF17	81	4		9	3				?	Vas79
Trou Gérard (Mouzon)	CF17 ?	93,3	1,0				4,4			200	Har92
B. Raumont	CF16		40,93							?	Mar81
Haute Charrière (Saint-Mihiel)	CF16 ?	60,2	31,6	5,1	1,02	1,02				200	Har92
Fort de la Chaume (Verdun)	CF14 ?	61,29	31,18	3,20		4,30		22,25	0	200	Har92
B. Juré	CF12		70,46							?	Mar81
Champneuvville	CF12 ?	64,70	26,14	7,10		1,30				200	Har92
B. Abbé Mansuy	CF11	55	39	0	5					?	Dan70
B. de Chatillon (Liny-sur-Meuse)	CF11 ?	52,48	34,75	7,07	4,25	1,41		16,66	0,75	200	Har92
B. Névaux	CF10		58,59							?	Mar81
B. Evêque	CF10 ?		88	10		2		49	0	?	Vas79
Villey-le-Sec	CF9	45	31		23	1		3,17	0,96	?	Vas79
B. Abbé Mansuy	CF8 ?	34	65	0	0					?	Dan70

B. Moncel	CF8	100						/	/	?	Vas79
B. Moncel	CF8		71,53							?	Mar81
B. Evêque	CF6 ?	97		2		1		99	0	?	Vas79
B. Chaudeney	CF6	68	28	0	?					?	Dan70
Gercourt	CF6 ?	66,17	31,86	0,98	0,49	0,49		99	0,5	200	Har92
B. Dommartin - Chaudeney	CF4 ?	66	33			1		99	0	?	Vas79
B. Dommartin	CF4	61	39	0	0			/	/	?	Dan70
Pagny-sur-Meuse	CF4		63,89							?	Mar81
Saint-Mihiel	CF4 ?	48,83	30,23	2,30	18,60			4,37	/	200	Har92
Belleray	CF4 ?	58,33	39,81			1,86		52,76	0	200	Har92
B. de la Voivre (Golbey)	CF3 ?	29	14	4	46 (+ 7 ?)					?	Vas81
Troussey	CF3		67,66							?	Mar81
Dugny-Ancemont	CF3 ?	61,60	33,60	1,60	3,20			30,25	/	200	Har92
Dugny Sud	CF3 ?	50,60	28,04	0,60	20,12		0,60	3,97	/	200	Har92
B. Monsieur	CF2	52	48					/	/	?	Vas79
Grottes PLT	CF2 ?	38 ?	46	5 ?	11 ?			8,09 ?	?	109	Dan70
Dommartin-lès-T.	CF1 ?	95			5			19	1	?	Vas79
Richardménil	F5	64			36			1,78	?	?	Vas81
Dommartin-lès-T.	F5 ?	64	28	0	7					?	Dan70
B. Tillot	F5	58	27	8	6			15,67	?	?	Dan70
Valcourt Ouest	F5	64	29	0	6					?	Dan70
Pénitencier (Plat. Saint-Georges)	F5	64	22	0	14			6,14	?	?	Dan70
La Justice	F5	41	23		28	6				?	Vas79
La Justice	F5	70			30			2,33	?	?	Vas81
La Justice	F5		34,77							?	Mar81
Cim. milit. (Bois le Comte Nord)	F5	38	14	20	28			2,57	?	?	Dan70
Belleville	F5 ?	33,84	32,33	1,5	30,76	1,5		2,10	0,95	200	Har92
Champneuville	F5 ?	32,25	12,90	2,14	48,38	3,22	1,07	0,94	0,94	200	Har92
Stenay	F5 ?	42,3	27,3	1,5	27,4	1,0	0,5	2,52	0,96	200	Har92
Bonne Fontaine (Chaligny)	F4 ?	16	73	0	14,6					?	Dan70
Ecrouves-Bautzen	F4	44	24	1	30	1		2,23	0,97	?	Vas79
Chaudeney-sur-M.	F3	45	38	0	16					?	Dan70
Chaudeney-sur-M.	F3	38	45	0	29					?	Dan70
ZI Croix de Metz	F3	50	30		20			4,00	?	?	Bon75
ZI Croix de Metz	F3	48	21	1	28	3				?	Vas79
Maron	F0 ?	28	10		49	10,5	1,5			?	Vas79

**Galets de 40-80 mm**

Gdes Raies Sud (B. de Chaudeney)	CF2	62,3	28,3	6,5	1,1	1,8	0	33,48	0,37	263	Dor97
Dieulouard	CF2	52,83	41,51	5,66	0	0	0	/	/	106	Los03
B. de Chaudeney Sud-Ouest	F4	47,0	15,3	4,4	25,1	8,2	0	2,00	0,75	183	Dor97

**Galets de 60-80 mm**

Richardménil	CF1 ?	33	67					/	/	45	Tro73
Méréville	F3	20	40		40			1,5	?	15	Tro73
Méréville	F2 ?	11	0	11	78			0,28	?	27	Tro73

**Galets de 40-60 mm**

Nomexy	CF2 ?	42	50	4	4			24	?	27	Ros75
Richardménil	CF1 ?	26	74		0			/	/	141	Tro73
Bassin de Golbey	F5	26	7	3	45	19		0,39 - 0,61		>100	Tao94
Bassin de Thaon	F5	27	7	2	44	20		0,56 - 0,61		>100	Tao94

Golbey	F4	26	21	7	46			1,17	?	58	Ros75
Bassin de Golbey	F4	12	6	4	52	26		0,25 - 0,3		>100	Tao94
Bassin de Thaon	F4	14	8	4	49	25		0,32 - 0,37		>100	Tao94
Bassin de Charmes	F4	32			43	25		0,43 - 0,54		>100	Tao94
Bassin de Golbey	F3	7	4	5	51	33		0,15 - 0,2		>100	Tao94
Igney	F3	20	13	2	65			0,54	?	54	Ros75
Bassin de Thaon	F3	10	5	5	48	32		0,22 - 0,27		>100	Tao94
Bassin de Charmes	F3	25			44	31		0,28 - 0,33		>100	Tao94
Méréville	F3	30	12	5	53			0,89	?	192	Tro73
Méréville	F2 ?	16	9	2	73			0,37	?	171	Tro73

**Galets de 20-40 mm (ou 20-50 mm pour Los03)**

Nomexy	CF2 ?	30	68	2	0			/	/	49	Ros75
Dieulouard	CF2	45,27	50,00	4,73	0	0	0	/	/	148	Los03
Richardménil	CF1 ?	52	48					/	/	132	Tro73
Golbey	F4	18	37	0	45			1,22	?	67	Ros75
Igney	F3	23	0	6	71			0,41	?	35	Ros75
Méréville	F3	44	15		41			1,44	?	138	Tro73
Méréville	F2 ?	31	8		61			0,64	?	108	Tro73

Cellules grisées = secteurs à l'amont ou à l'aval du site de la « Boucle de la Moselle » (gris foncé = formation de la Meurthe). Form. = formation alluviale. Pétrographie (%): Qzt = quartzites; Qz = quartz; Cong. = conglomérats; Gran. = granites; Autre socle = autres roches du socle; Calc. = calcaires; Chai. = chailles. Co/So = rapport des roches de couverture (Qzt + Qz + Grès - Cong. + Calc. - Chai.) sur les roches du socle (Gran. + Autre socle); Gr/So = rapport des granites sur l'ensemble des roches du socle (Gran. + Autre socle). N = nombre de galets comptés. Aut. = auteur des comptages (Bon75 = Bonnefont, 1975b; Dan70 = Dangana, 1970; Dor97 = Dorniol, 1997; Har92 = Harmand, 1992; Los03 = Losson, ce travail; Mar81 = Marchand, 1981; Ros75 = Rosinski, 1975; Tro73 = Troestler, 1973; Tao94 = Taous, 1994; Vas79 = Vaskou, 1979; Vas81 = Vaskou, 1981).

NB : les résultats sont classés par formation, puis d'amont en aval pour chaque formation (auteurs mélangés).

**ANNEXE V.7 - DONNEES SUR L'EMOUSSE DES GALETS DE GRANITE DES FORMATIONS ALLUVIALES DE LA MOSELLE (D'APRES DIVERS AUTEURS).**

A - Données principales relatives aux formations CF2 à F2 du site de la « Boucle de la Moselle ».

Lieu	Form.	Médiane	Classe modale	2 <sup>ème</sup> classe modale	N	Auteur
<b>Galets de 40-80 mm</b>						
La Treiche	F4	242	225-250	125-150 et 300-325	300	Dor97
Sainte-Reine*	F4-SR	228	200-250		20	Los03
Bois Gaillard	F4	266	250-275	200-225	229	Dor97
Bois Gaillard	F4-BG(I)	347	250-300	450-500	34	Los03
Chaudeney	F3	227	150-175	275-300	376	Dor97
Chaudeney	F3-CM(I)	331	250-300	400-450	60	Los03
Bois de la Claire	F3-BC	378	350-400 et 400-450	200-250 et 250-300	51	Los03

\* = formation alluviale relictuelle.

**Galets de 40-60 mm**

Méréville	CF1*	254	225-250		>100	Tao94
Chaudeney - Dommartin	F5	344			100	Téc95
Méréville	F4	260	225-250	300-325	>100	Tao94
La Treiche	F4	233	400-425	125-150 et 200-225	158	Dor97
Bois Gaillard	F4	260	275-300	175-200 et 400-425	101	Dor97
Ecrouves	F4	392			100	Téc95
Choloy-Ménillot	F4	420			100	Téc95
Chaudeney	F3	222	175-200	125-150	184	Dor97
Méréville	F2*	247	200-225	275-300	>100	Tao94

\* = respectivement F5 et F3 pour l'auteur des comptages.

**Galets de 45-55 mm**

La Treiche	F4	235			71	Dor97
Bois Gaillard	F4	261			60	Dor97
Chaudeney	F3	223			92	Dor97
Gondreville	F2	222			?	Gén97

**Galets de 20-50 mm**

Bois Monsieur (k)	CF2-BM	339	300-350		7	Los03
Chaudeney - Dommartin	F5-CM	327	150-200	450-500	66	Los03
Sainte-Reine*	F4-SR	284	250-300		92	Los03
Bois Gaillard	F4-BG(I)	399	350-400 et 400-450	250-300	103	Los03
Chaudeney	F3-CM(I)	385	350-400	450-500	139	Los03
Bois de la Claire	F3-BC	377	300-350		134	Los03

(k) = prélèvement en milieu karstique proche de la surface, pour lequel le résultat des analyses est donné à titre indicatif uniquement, compte tenu du nombre de galets largement insuffisant ; \* = formation alluviale relictuelle.

Form. = formation alluviale ; N = nombre de galets comptés ; auteurs des comptages : Dor97 = Dorniol, 1997 ; Gén97 = Génin citée par Dorniol, 1997 ; Los03 = Losson, ce travail ; Tao94 = Taous, 1994 ; Téc95 = Técher, 1995.

## B - Données complémentaires relatives à différentes formations de la Moselle.

Lieu	Form.	Méd.	Classe modale	2 <sup>ème</sup> classe modale	N	Auteur
<b>Galets de 20-100 mm</b>						
B. Neuves-Maisons	CF18 ?	220			?	Dan70
B. Abbé Mansuy	CF11	104			?	Dan70
B. Chaudeney	CF6	182			?	Dan70
Refuge Amis Nature	CF3	160			?	Dan70
Grottes PLT	CF2 ?	~190			?	Dan70
Bicqueley	CF2 ?	260			?	Dan70
Dommartin-lès-T.	F5 ?	215			?	Dan70
B. Tillot	F5	200			?	Dan70
Pénitencier (Plat. Saint-Georges)	F5	250			?	Dan70
Cim. milit. (Bois le Comte Nord)	F5	230			?	Dan70
Bonne Fontaine (Chaligny)	F4 ?	206			?	Dan70
Chaudeney-sur-M.	F3	200			?	Dan70
Chaudeney-sur-M.	F3	154			?	Dan70
Neuves-Maisons	F0	188			?	Dan70
Maron	F0	180			?	Dan70
Valcourt	F0	215			?	Dan70
<b>Galets de 60-80 mm</b>						
Méréville	F2 ?	186			?	Tro73
<b>Galets de 40-60 mm</b>						
Bassin de Golbey*	F5	232	200-225		>100	Tao94
Bassin de Thaon	F5	245	250-275		>100	Tao94
Golbey	F4	240			27 ?	Ros75
Bassin de Golbey*	F4	215	200-225		>100	Tao94
Bassin de Thaon	F4	230	200-225 et 250-275		>100	Tao94
Bassin de Charmes	F4	248	300-325	200-225	>100	Tao94
Bassin de Golbey*	F3	197	150-175		>100	Tao94
Igney	F3	280			35 ?	Ros75
Bassin de Thaon	F3	213	175-200		>100	Tao94
Bassin de Charmes	F3	240	175-200	250-275	>100	Tao94
Méréville	F3	250			?	Tro73
Méréville	F2 ?	241			?	Tro73
* = 1 résultat parmi 8 ou 9 analyses réalisées par l'auteur sur des sites différents.						
<b>Galets de 20-40 mm</b>						
Igney	F3	240			25 ?	Ros75
Méréville	F3	260			?	Tro73
Méréville	F2 ?	288			?	Tro73

Cellules grisées = secteurs à l'amont du site de la « Boucle de la Moselle » ; Form. = formation alluviale ; Méd. = médiane ; N = nombre de galets comptés ; auteurs des comptages : Dan70 = Dangana, 1970 ; Ros75 = Rosinski, 1975 ; Tro73 = Troestler, 1973 ; Tao94 = Taous, 1994.

**ANNEXE V.8 - DONNEES SUR L'APLATISSEMENT DES GALETS DE GRANITE  
DES FORMATIONS ALLUVIALES DE LA MOSELLE  
(D'APRES DIVERS AUTEURS).**

A - Données principales relatives aux formations F5 à F3 du site  
de la « Boucle de la Moselle ».

Lieu	Form.	Médiane	Classe modale	2 <sup>ème</sup> classe modale	N	Auteur
<b>Galets de 40-80 mm</b>						
Sainte-Reine*	F4-SR	1,99	2-2,25		20	Los03
Bois Gaillard	F4-BG(I)	2,01	2-2,25	1,5-1,75	34	Los03
Chaudeney	F3-CM(I)	2,15	2-2,25	1,5-1,75	60	Los03
Bois de la Claire	F3-BC	1,98	1,5-1,75	2,75-3	51	Los03

\* = formation alluviale relictuelle.

**Galets de 40-60 mm**

Chaudeney - Dommartin	F5	1,96			100	Téc95
Ecrouves	F4	1,86			100	Téc95
Choloy-Ménillot	F4	1,89			100	Téc95

**Galets de 20-50 mm**

Bois Monsieur (k)	CF2-BM	1,76	1,75-2		7	Los03
Chaudeney - Dommartin	F5-CM	1,94	1,5-1,75	2-2,25	66	Los03
Sainte-Reine*	F4-SR	1,80	1,75-2	1,25-1,5	92	Los03
Bois Gaillard	F4-BG(I)	1,89	1,5-1,75		103	Los03
Chaudeney	F3-CM(I)	1,81	1,5-1,75	2-2,25	139	Los03
Bois de la Claire	F3-BC	1,86	1,5-1,75		134	Los03

(k) = prélèvement en milieu karstique proche de la surface, pour lequel le résultat des analyses est donné à titre indicatif uniquement, compte tenu du nombre de galets largement insuffisant ; \* = formation alluviale relictuelle.

Form. = formation alluviale ; N = nombre de galets comptés ; auteurs des comptages : Los03 = Losson, ce travail ; Téc95 = Técher, 1995.

## B - Données complémentaires relatives à différentes formations de la Moselle.

Lieu	Form.	Méd.	Classe modale	2 <sup>ème</sup> classe modale	N	Auteur
<b>Galets de 20-100 mm</b>						
B. Neuves-Maisons	CF18 ?	2,10			?	Dan70
B. Chaudeney	CF6	1,60			?	Dan70
Refuge Amis Nature	CF3	1,70			?	Dan70
Grottes PLT	CF2 ?	1,54			?	Dan70
Bicqueley	CF2 ?	1,80			?	Dan70
Dommartin-lès-T.	F5 ?	1,75			?	Dan70
B. Tillot	F5	1,90			?	Dan70
Valcourt Ouest	F5	1,60			?	Dan70
Pénitencier (Plat. Saint-Georges)	F5	1,68			?	Dan70
Cim. milit. (Bois le Comte Nord)	F5	1,60			?	Dan70
Bonne Fontaine (Chaligny)	F4 ?	1,52			?	Dan70
Chaudeney-sur-M.	F3	1,90			?	Dan70
Chaudeney-sur-M.	F3	1,94			?	Dan70
Neuves-Maisons	F0	1,80			?	Dan70
Maron	F0	2,15			?	Dan70
Valcourt	F0	1,70			?	Dan70
<b>Galets de 60-80 mm</b>						
Méréville	F2 ?	2,13			?	Tro73
<b>Galets de 40-60 mm</b>						
Bassin de Golbey*	F5	1,56 - 2,10			>100	Tao94
Golbey	F4	1,8			27 ?	Ros75
Golbey	F4	2,1			?	Ros75
Bassin de Golbey*	F4	1,53 - 2,12			>100	Tao94
Bassin de Golbey*	F3	1,58 - 2,00			>100	Tao94
Igney	F3	1,6			35 ?	Ros75
Méréville	F3	1,79			?	Tro73
Méréville	F2 ?	1,85			?	Tro73
* = résultats de 8 ou 9 échantillons sur des sites différents.						
<b>Galets de 20-40 mm (20-30 mm pour Aym72 ?)</b>						
Golbey	F4	1,4			30 ?	Ros75
Golbey	F4	2,0			?	Ros75
Igney	F3	1,4			25 ?	Ros75
Méréville	F3	1,83			?	Tro73
Méréville	F2 ?	1,71			?	Tro73
Messein	F0	1,25			?	Aym72

Cellules grisées = secteurs à l'amont du site de la « Boucle de la Moselle » ; Form. = formation alluviale ; Méd. = médiane ; N = nombre de galets comptés ; auteurs des comptages : Aym72 = Aymond, 1972 ; Dan70 = Dangana, 1970 ; Ros75 = Rosinski, 1975 ; Tro73 = Troestler, 1973 ; Tao94 = Taous, 1994.

**ANNEXE V.9 - DONNEES SUR L'ETAT D'ALTERATION DES GALETS DE GRANITE DES FORMATIONS ALLUVIALES DE LA MOSELLE (D'APRES DIVERS AUTEURS).**

**A - Données principales relatives aux formations CF1 à F2 du site de la « Boucle de la Moselle ».**

Lieu	Form.	Sain	Cortex	Fragile	Friable	Pourri	N	Auteur
<b>Galets de granite de 40-60 mm</b>								
Méréville	CF1*	42	20	28		10	>100 ?	Tao94
Chaudeney - Dommartin	F5	23,72	40,67	25,42		10,16	100 ?	Téc95
Méréville	F4	50	22	20		8	>100 ?	Tao94
Ecrouves	F4	26,53	36,73	28,57		8,16	100 ?	Téc95
Choloy-Ménillot	F4	30,35	35,71	17,85		16,07	100 ?	Téc95
Méréville	F2*	54	23	16		7	>100 ?	Tao94

\* = respectivement F5 et F3 pour l'auteur des comptages.

<b>Galets de granite de 20-80 mm</b>								
Bois Monsieur (k)	CF2	0	8,3	66,7	25	0	12	Los03
Chaudeney - Dommartin	F5	0	25,9	49,4	24,7	0	81	Los03
Sainte-Reine*	F4	1,6	36,5	60,3	1,6	0	63	Los03
Bois Gaillard	F4	0	43,6	42,7	13,7	0	124	Los03
Chaudeney	F3	6,7	44,9	39,9	7,9	0,6	178	Los03
Bois de la Claire	F3	4,6	64,3	27,5	3,6	0	196	Los03

(k) = prélèvement en milieu karstique proche de la surface, pour lequel le résultat des analyses est donné à titre indicatif uniquement, compte tenu du nombre de galets largement insuffisant ; \* = formation alluviale relictuelle.

<b>Galets de roches du socle de 40-80 mm</b>								
Chaudeney - Dommartin	F5	14	51	22	8	5	100	Har95
Bois Gaillard	F4	37	15	39	9	0	100	Har95
Chaudeney	F3	42	3	37	13	5	100	Har95
Bois de la Claire	F3*	85,5	8	5	1,5	0	100	Har95

\* = F2 pour les auteurs des comptages en 1995.

Form. = formation alluviale ; valeurs d'altération en % ; N = nombre de galets comptés ; auteurs des comptages : Har95 = Harmand *et al.*, 1995a ; Los03 = Losson, ce travail ; Tao94 = Taous, 1994 ; Téc95 = Técher, 1995.

**B - Données complémentaires relatives aux formations F5 à F3 de la Haute Moselle.**

Lieu	Form.	Sain	Cortex	Fragile	Friable	Pourri	N	Auteur
<b>Galets de granite de 40-60 mm</b>								
Bassin de Golbey	F5	57	22	13		8	>100 ?	Tao94
Bassin de Golbey	F4	66	18	11		5	>100 ?	Tao94
Bassin de Charmes	F4	60	19	15		6	>100 ?	Tao94
Bassin de Golbey	F3	62	20	12		6	>100 ?	Tao94
Bassin de Charmes	F3	63	23	10		4	>100 ?	Tao94

Cellules grisées = secteurs à l'amont du site de la « Boucle de la Moselle » ; Form. = formation alluviale ; valeurs d'altération en % ; N = nombre de galets comptés ; auteur des comptages : Tao94 = Taous, 1994.

**ANNEXE V.10 - MINÉRALOGIE GLOBALE DES FORMATIONS ALLUVIALES DE  
LA « BOUCLE DE LA MOSELLE »  
(D'APRES LES DONNEES GRAPHIQUES DE P. VASKOU, 1979).**

A - Pourcentages pour les sables de 0,5-1 mm.

Lieu	Formation supposée	Quartz transl.	Quartz laiteux	Feldsp.	Grains ferrug.	Polym.	Aggl. quartz	Total
MF M. Chanois	CF18	16	38	28	2	4	12	100
B. l'Evêque	CF11 ?	20	38	22	2	8	10	100
B. l'Evêque	CF10 ou CF9 ?	34	36	16	4	6	4	100
B. l'Evêque	CF10 ou CF9 ?	24	52	6	6	6	6	100
B. Moncel	CF8	16	18	15	0	2	33	84
B. de Dommartin	CF4	19	36	18	4	10	13	100
La Justice	F5	16	30	8	0	38	6	98
La Justice	F5	8	34	8	4	30	12	96
La Justice	F5	12	28	7	4	36	10	97
Ecrouves-Bautzen	F4	25	22	29	0	10	12	98
B. Monsieur	F3 ?	32	32	16	0	12	8	100
Toul (Chavigneux)	F3	23	37	10	0	20	10	100
Croix de Metz	F3	23	35	17	4	11	4	94
Maron	F0	26	22	2	0	26	24	100

Taille des grains : 0,500 à 1 mm ; nombre de grains comptés : ?

Quartz transl. = quartz translucides ; Feldsp. = feldspaths ; Grains ferrug. = grains ferrugineux ; Polym. = polyminéraux ; Aggl. quartz = agglomérats quartzeux.

B - Pourcentages pour les sables de 0,25-0,5 mm.

Lieu	Formation supposée	Quartz transl.	Quartz laiteux	Feldsp.	Grains ferrug.	Polym.	Aggl. quartz	Total
MF M. Chanois	CF18	37	28	18	2	0	9	94
B. l'Evêque	CF11 ?	46	32	16	2	2	2	100
B. l'Evêque	CF10 ou CF9 ?	?	?	?	?	?	?	/
B. l'Evêque	CF10 ou CF9 ?	?	?	?	?	?	?	/
B. Moncel	CF8	?	?	?	?	?	?	/
B. de Dommartin	CF4	36	43	15	0	0	10	104
La Justice	F5	28	36	8	0	18	4	94
La Justice	F5	34	32	10	0	12	6	94
La Justice	F5	36	30	12	4	8	14	104
Ecrouves-Bautzen	F4	44	20	22	0	10	4	100
B. Monsieur	F3 ?	41	27	16	0	6	6	96
Toul (Chavigneux)	F3	40	26	14	2	14	4	100
Croix de Metz	F3	30	34	14	4	12	6	100
Maron	F0	26	32	2	2	22	16	100

Taille des grains : 0,250 à 0,500 mm ; nombre de grains comptés : ?

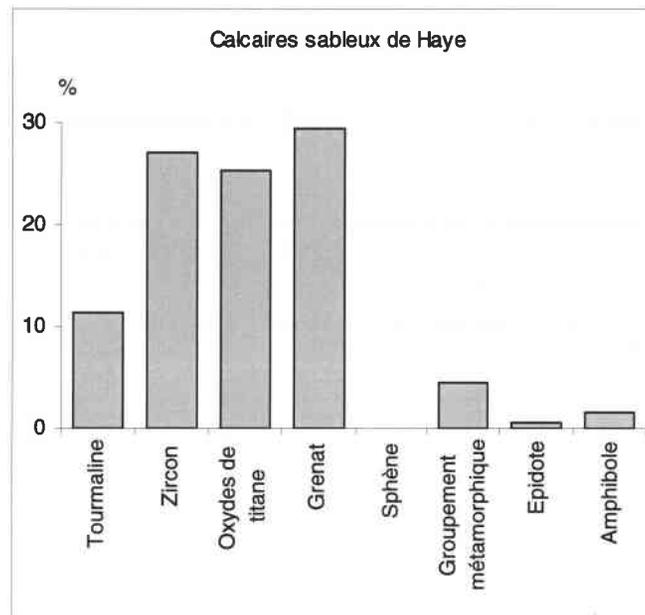
Quartz transl. = quartz translucides ; Feldsp. = feldspaths ; Grains ferrug. = grains ferrugineux ; Polym. = polyminéraux ; Aggl. quartz = agglomérats quartzeux.

**ANNEXE V.11 - POURCENTAGES DES MINÉRAUX LOURDS DE DIFFÉRENTES FORMATIONS PRÉLEVÉES EN SURFACE, DANS LA RÉGION DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE » (ANALYSES : M. BEINER).**

Lieu	Formation/nom	T	Z	Rut	Ana	Bro	G	S	Sta	Dis	And	E	A	Alt.
<b>Formations alluviales</b>														
B. Chaudeney	CF6-BR	71,7	19,0	2,7	1,1	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	304
B. Chaudeney	CF4-BR (sable)	28,5	26,0	4,1	3,3	1,6	6,5	0,0	0,0	0,0	5,7	4,1	20,3	286,5
B. Chaudeney	CF2-BG	20,2	20,2	2,3	2,3	0,0	12,4	0,0	0,0	0,0	3,9	0,8	38,0	260,5
Chaudeney - Dommartin	F5-CM	5,6	22,7	4,9	1,0	0,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,3	37,8	238
Valcourt	F5-TV (sable)	16,1	8,4	3,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,6	1,9	65,8	~250
La Treiche	F4-LT	5,1	15,0	2,8	1,9	0,5	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	64,0	237,5
B. Chaudeney	F4-BG(II)	3,4	30,7	3,4	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,7	3,0	50,9	233,5
B. Chaudeney	F4-BG(I)	2,7	10,4	3,8	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	1,1	0,5	76,9	238
B. Monsieur	F3-BM	3,0	5,6	3,0	0,0	0,0	37,5	1,3	0,9	0,0	0,0	9,1	39,7	~226
Chaudeney	F3-CM(I)-1 (sable)	4,6	27,7	3,5	0,0	1,2	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	53,8	225,5
B. de la Claire	F3-BC	4,7	7,1	2,4	0,0	0,0	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	26,1	208,5
Gondreville	F2-GP(II)	6,6	8,0	2,2	0,4	0,9	15,5	0,4	0,0	0,0	1,3	4,0	60,6	~214
Gondreville	F2-GP(I)	9,1	8,0	1,8	0,7	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	2,9	6,9	60,1	~214
Dommartin	F0-DT	5,2	0,4	0,0	0,0	0,0	35,8	0,4	0,0	0,0	1,3	5,7	51,1	~204
<b>Formation géologique</b>														
B. de Remenaumont	CSH (Calcaires sableux de Haye)	11,3	27,0	24,2	0,0	1,0	29,4	0,0	4,6	0,0	0,0	0,5	1,5	~375

B. = Bois ; (sable) = échantillon issu d'une séquence sableuse (les échantillons sans précision proviennent de matrices de formations alluviales grossières) ; minéraux lourds (%) : T = tourmaline, Z = zircon, Rut. = rutile, Ana. = anatase, Bro. = brookite, G = grenat, S = sphène, Sta. = staurotide, Dis. = disthène, And. = andalousite, E = épidote, A = amphibole ; Alt. = altitude (m).

NB : rutile, anatase et brookite constituent les oxydes de titane ; staurotide, disthène et andalousite constituent le groupement métamorphique.



**Figure A-V.17 - Spectre des minéraux lourds des Calcaires Sableux de Haye (analyses : M. Beiner).**

**ANNEXE VI.1 - LISTE DE QUELQUES REPLATS PRESUMES FLUVIATILES,  
OBSERVES DANS DIFFERENTS VALLONS SECS ET  
DANS LA VALLEE DU PALEO-TERROUIN.**

Secteur	Localisation - lieu-dit, d'après I.G.N. à 1/25000 : Nancy et Neuves-Maisons, 1990 (+ Nancy - Toul, 2000)	Altitude des replats		Observations
		Valeur absolue (m) (mesures à l'altimètre)	Valeur relative approchée / talweg (m)	
Réseau de vallons des Fonds de Monvaux	Chemin du Vallonnier (Le Grand Vallonnier) amont	333	+5	Sur le versant méridional
	Chemin du Vallonnier (Le Grand Vallonnier) amont	324-325	+4	Sur les deux versants
	Chemin du Vallonnier (Le Grand Vallonnier) amont	319-321	+6	Sur le versant méridional
Réseau de vallons des Fonds de la Flie	Bois (Forêt Communale) de Sexey(-les-Bois) Nord-Est	247	+20	Dans une convexité de " méandre " ; origine structurale ?
	Bois (Forêt Communale) de Sexey(-les-Bois) Nord-Est	237	+12	Dans une convexité de " méandre "
	Les Chouères Sud-Est	218,5-219,5	+2	Sur le versant occidental ; alluvions calcaires
Réseau de vallons des Fonds de Toul	Fonds de la Crédence - La Grande Haye	295	+11	Des deux côtés du vallon affluent ; origine structurale ?
	Fonds de la Crédence - La Grande Haye	291	+11	Sur le versant oriental ; origine structurale ?
	Les Baraques Sud (Fourasses de Laxou)	290	+10	Dans une convexité de " méandre "
	Les Baraques Sud	280-285	+10-12	Dans une convexité de " méandre "
	Fonds de Toul - Les Baraques Nord	265	+15-17	Dans une convexité de " méandre " et à l'arrière d'une butte (col)
	Le Noirval	296,5	+2-3	Sur le versant occidental
	Le Noirval	281	+10	Sur le versant occidental
	Val Thiébault	~283	~+10	Dans une convexité de " méandre " (altitude extrapolée)
	Le Maroc	261	+55	
Paléovallée du Terrouin	Le Rond Chêne	235	+45 (+52 / bed-rock)	
	Le Rond Chêne	245	+55 (+62 / bed-rock)	Gélifractions calcaires peu émoussés (non alluviaux)
	Le Nid	263	+73 (+81 / bed-rock)	Eboulis calcaires sans alluvions
	Frouard	273	+85 (+92 / bed-rock)	Sur le versant oriental d'un vallon

NB : les replats sont listés d'amont en aval dans chaque secteur. Ils n'ont pas pu être rangés dans le même tableau que celui des formations alluviales de la Moselle et de la Meurthe (annexe V.1) en raison de :

- l'absence d'alluvions (carbonatées) constatées, à une exception près (les Chouères) ;
- leur discontinuité spatiale trop importante pour pouvoir effectuer des raccords longitudinaux.

**ANNEXE VI.2 - POURCENTAGES DES MINÉRAUX LOURDS  
DE DIFFÉRENTES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA RÉGION  
DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE » (ANALYSES : M. BEINER).**

Lieu	Echantillon	T	Z	Rut	Ana	Bro	G	S	Sta	Dis	And	E	A	Alt.
Bois le Duc	BD-VB (altérite)	31,3	29,1	10,6	1,1	0,6	4,5	2,2	0,6	0,0	1,1	2,8	16,2	313
Bois de l'Embanie	BE(II) (terra fusca)	37,6	24,7	2,2	0,0	0,0	10,8	6,5	0,0	0,0	0,0	1,1	17,2	~322
Bois de l'Embanie	BE(I) (limon)	10,8	30,2	2,2	1,4	0,0	7,2	6,5	0,0	0,0	0,0	2,2	39,6	~313
Vallon de Voirémont	VV-3 (sable)	6,4	5,5	1,9	0,0	0,8	23,5	0,0	0,0	0,0	0,9	2,7	58,3	~214

Minéraux lourds (%) : T = tourmaline, Z = zircon, Rut. = rutile, Ana. = anatase, Bro. = brookite, G = grenat, S = sphène, Sta. = staurotide, Dis. = disthène, And. = andalousite, E = épidote, A = amphibole ; Alt. = altitude (m).  
NB : rutile, anatase et brookite constituent les oxydes de titane ; staurotide, disthène et andalousite constituent le groupement métamorphique.

**ANNEXE VII.1 - INDICES MICROMORPHOLOGIQUES DES AUTRES RESEAUX  
DE LA HAYE CENTRALE (COMPLEMENT AUX OBSERVATIONS REALISEES  
DANS LES GROTTE SAINTE-REINE ET DES PUIITS).**

Dans cette annexe sont détaillées, par rapport au texte, les observations micromorphologiques effectuées dans les réseaux karstiques voisins des Grottes Sainte-Reine et des Puits, à Pierre-la-Treiche, ainsi que dans les autres cavernes de la Haye centrale.

◆ La Grotte Carrière deux Ouvertures.

La Grotte Carrière deux Ouvertures recèlent les mêmes microformes que la Grotte Sainte-Reine. On y rencontre les multiples coupoles de tous types, mais les autres morphologies (petites anastomoses, chenal de voûte, coups de gouge, cannelures et rigoles cascadantes) ne s'observent qu'en un ou deux endroits, en raison du moindre développement du réseau.

Le niveau maximal de la surface piézométrique déduit des coupoles de plafond des galeries supérieures se situe vers 225-226 m, c'est-à-dire proche du niveau 225 m prédéfini pour les Grottes Sainte-Reine et des Puits. Par ailleurs, les coups de gouge, observés à l'entrée du Boyau Plongeant, révèlent un **paléoécoulement dirigé vers l'intérieur du massif**.

◆ Le Colimaçon.

A l'intérieur du Colimaçon existent des galeries avec coupoles, comme partout à Pierre-la-Treiche. Les micromorphologies remarquables de la caverne se situent aux entrées, où l'on observe des petites anastomoses nombreuses sur un joint de stratification et des arêtes d'érosion (appelées encore "vagues cannelures" ; cf. Jaillet, 1995, 2000b ; Beaudoin, 1996) sur une paroi de la galerie recoupée par l'affleurement (cf. photo VII.33). Ces dernières indiquent un paléoécoulement dirigé d'ouest en est.

◆ Les Grottes G16 et de la Nuit.

La Grotte G16 ne présente pas de grande originalité micromorphologique. Dans les zones les plus éloignées du versant s'observent des coupoles adjacentes et communiquant entre elles par des lucarnes de recoupement latéral. Ce dispositif morphologique n'est pas sans rappeler la partie occidentale de la Caverne du Cyclope dans la Grotte Sainte-Reine (où des strates de plafond entre les coupoles se sont effondrées).

Les mêmes microformes de **régime noyé ou épinoyé** sont visibles dans la Grotte de la Nuit, mitoyenne de G16 (coupoles et "coupoles-marmites" formant des petites chambres voisines). Cette caverne comporte en outre dans la galerie occidentale des coups de gouge qui indiquent un sens de **paléoécoulements vers le nord**.

◆ La Grotte des 7 Salles.

L'originalité micromorphologique de la Grotte des 7 Salles tient à l'existence d'un canyon de surcreusement de plus de 4 m de profondeur pour 1 m de largeur moyenne (Canyon, au nord de l'Entrée 3 ; cf. photo VII.37), qui fournit un **jalon significatif de spéléogénèse en écoulement libre**, non observé dans les autres réseaux karstiques de Pierre-la-Treiche. La galerie initiale a dû connaître une phase syngénétique, en zone noyée donc, vers 227-228 m d'altitude. L'incision ultérieure du bed-rock a atteint la cote de 222 m (plancher rocheux visible au sommet du pseudopuits d'accès aux galeries inférieures).

L'existence de ce canyon indique une phase importante d'**abaissement du niveau piézométrique** de la nappe " bajocienne ", dans les grottes de Pierre-la-Treiche. Cette période se place précisément entre les niveaux 232 et 221 m de stagnation relative de la surface piézométrique, définis dans les Grottes Sainte-Reine et des Puits.

L'évolution spéléogénétique complète des diverses cavernes ne pourra être envisagée qu'à la lumière de l'étude des remplissages (chapitre VIII). Mais d'ores et déjà, on remarquera qu'un important comblement a existé dans le Canyon, avant son déblaiement partiel. Les cannelures visibles au plafond de la galerie initiale (photo VII.39), à proximité de l'Entrée 3, le prouvent, de même que les restes de remplissage présents sur les lèvres supérieures du surcreusement. Ces mêmes sédiments obstruent encore totalement le conduit vers le nord.

◆ La Grotte des Excentriques.

En rive gauche de la Moselle, sous la terrasse de la Treiche et la formation F4, la Grotte des Excentriques possède des **micromorphologies de zone noyée ou épinoyée** (coupes de plafond et " coupes-marmites ", joint à anastomoses, coups de gouge de voûte), visibles dans les secteurs de calcaires à entroques uniquement. Malgré leur dissymétrie faiblement affirmée, les coups de gouge présentent, dans chacun des trois endroits repérés, un sens des **paléoécoulements vers le nord, en direction de la vallée actuelle** (cf. figure VII.2). Cette cavité possède donc des indices morphologiques d'une genèse et une évolution karstique similaire aux grottes de rive droite de la Moselle, auxquelles elle était assurément raccordée, avant sa déconnexion liée à l'enfoncement de la vallée.

Il existe également dans le réseau, des banquettes de paroi inclinées vers le nord ou le sud, toujours en parallèle des plafonds de galeries. De toute évidence, une partie du remplissage a été déblayé après la création de ces microformes.

◆ La Grotte du Chaos.

Les quelques observations micromorphologiques réalisées dans la Grotte du Chaos (cf. planche VII.4), montrent des galeries à **genèse noyée ou épinoyée**. Les conduits comportent notamment des coupes de voûte et de paroi. Un plafond plat est visible également dans une galerie à l'est de la Salle du Puits ; il se trouve vers 248-249 m d'altitude.

Les coups de gouge repérés, au plancher du boyau d'accès à la Salle des Draperies notamment, indiquent des **courants vers l'intérieur du massif**.

Quelques micromorphologies témoignent de circulations libres : un petit canyon de surcreusement présent dans un diverticule entre la Salle du Puits et la Salle Basse, une rigole de surcreusement associée aux coups de gouge de plancher précédemment indiqués, et une rigole cascadante dirigée vers la Grande Salle, c'est-à-dire vers le sud, à l'entrée de la galerie principale. Les deux dernières formes résultent de ruissellements postérieurs à la phase de spéléogénèse principale.

Enfin, au moins deux sites permettent de constater le déblaiement partiel du remplissage, souligné par les liserés de calcite sur paroi, aujourd'hui suspendus : dans la galerie principale au SW du Talus d'Argile et au NW de la Salle du Puits.

◆ Les autres cavernes.

Les micromorphologies des autres réseaux karstiques n'ont pas été relevées (Grotte Jacqueline notamment) ou sont rares (Trous des Celtes et des Fées, Grottes du Géant et de la Carrière du CAF). Comme ailleurs, l'aspect général des galeries qui les composent laisse supposer des périodes de **régime noyé ou épinoyé** prépondérantes dans l'évolution spéléogénétique.

On notera simplement l'existence de très belles cupules au sommet de la Lame du Bulldozer (*cf.* photo VII.43), qui se situe, rappelons-le, dans le prolongement de la Grotte de la Carrière du CAF. Compte tenu de leur isolement, ces microformes sont malheureusement difficiles à interpréter.

Compte tenu de leurs développements, les cavernes qui recèlent les meilleurs potentiels d'exploitation, en terme d'indices micromorphologiques, à des fins d'étude spéléogénétique, sont les Grottes du Chaos, des 7 Salles et Jacqueline. Néanmoins, elles semblent globalement moins riches que les Grottes Sainte-Reine et des Puits, pour des raisons géologiques et/ou de cavernement différent, voire d'évolution postgénétique liée aux effondrements par détente lithostatique.

**ANNEXE VIII.1 - LISTE ALPHABETIQUE DES ZONES DE  
PRELEVEMENTS ENDOKARSTIQUES.**

<b>Echantillon</b>	<b>Commune</b>	<b>Site</b>	<b>Lieu</b>	<b>N</b>	<b>T</b>
<b>7S-Can</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des 7 Salles	Canyon	1	AS
<b>7S-E3</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des 7 Salles	Entrée 3	1	AS
<b>7S-GEC</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des 7 Salles	Galerie de l'Épingle à Cheveux	1	AS
<b>7S-GSO</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des 7 Salles	Galerie Supérieure Occidentale	2	AS
<b>AC-Fut</b>	Pierre-la-Treiche	Ancienne Carrière	Cavité du Futur	7	AS et DP
<b>AC-GMC</b>	Pierre-la-Treiche	Ancienne Carrière	Galerie Montante Carrière	2	AS
<b>AC-C20</b>	Pierre-la-Treiche	Ancienne Carrière	Grotte Carrière deux Ouvertures	1	AS
<b>And-GEG</b>	Gondreville	En Andelin	Gouffre de l'Echangeur de Gondreville	1	AS
<b>BE-PGG</b>	Gondreville	Bois de l'Embanie	Petite Grotte du Géant	1	AS
<b>BG-CB</b>	Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	Cavité Bouchée	1	AS
<b>BG-CD</b>	Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	Cavité Débouchée	1	AS
<b>BG-G2</b>	Pierre-la-Treiche	Bois Gaillard	G2 (= C5)	1	AS
<b>BR-G19</b>	Pierre-la-Treiche	Bois sous Roche	G19	1	AS
<b>BV-C21</b>	Villey-le-Sec	Les Blanches Vignes	C21	2	AS
<b>Car-DA</b>	Maron	Grotte de la Carrière	Diaclase Adjacente	0	
<b>Car-GP</b>	Maron	Grotte de la Carrière	Galerie Principale	2	DI
<b>CC-GD</b>	Maron	Carrières du CAF	Grande Diaclase	1	DI
<b>CC-LB</b>	Maron	Carrières du CAF	Lame du Bulldozer	1	AS
<b>CC-Min</b>	Maron	Carrières du CAF	Minifontis	3	AS et DP
<b>CFSA</b>	Sexey-aux-Forges	Carrière de la Ferme Sainte-Anne	Cavité de la Ferme Sainte-Anne	1	AS
<b>CN-CN</b>	Chaligny	Carrière Nanquette	Cavité Nanquette	1	AS
<b>FSJ-DM</b>	Messein	" Falaise Saint-Joseph "	Diaclase de Messein	1	AS
<b>G16-Che</b>	Pierre-la-Treiche	G16	Cheminée	1	AS
<b>GR-EB</b>	Aingeray	Trous de la Grosse Roche	Entrée B	1	AS
<b>GV-AGV</b>	Aingeray	Grande Vau	Affaissement de la Grande Vau	1	AS
<b>Jac-EM</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Jacqueline	Entrée M	1	AS
<b>KO-CS</b>	Gondreville	Grotte du Chaos	Salle des Chauves-Souris	1	AS
<b>KO-Dra</b>	Gondreville	Grotte du Chaos	Salle des Draperies	1	AS
<b>KO-DTA</b>	Gondreville	Grotte du Chaos	Diaclase du Talus d'Argile	1	DP
<b>LS-Arb</b>	Villey-le-Sec	La Sabottière	Cavité de l'Arbuste	1	AS
<b>LT-CST</b>	Pierre-la-Treiche	La Treiche	Cavités Sous la Treiche	1	AS
<b>Pui-DCA</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Diaclase du Courant d'Air	1	AS
<b>Pui-GIO(I)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Galerie Inférieure Ouest - Secteur I	4	DI
<b>Pui-GIO(II)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Galerie Inférieure Ouest - Secteur II	4	DI
<b>Pui-GIO(III)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Galerie Inférieure Ouest - Secteur III	1	AS
<b>Pui-GT</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Galerie Transversale	8	AS et DI
<b>Pui-GVC</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Galerie vers le Chaos	7	DI
<b>Pui-LP3(I)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Labyrinthe du Puits 3 - Coupe I	1	AS
<b>Pui-LP3(II)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte des Puits	Labyrinthe du Puits 3 - Coupe II	1	AS
<b>SR-Cal</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Salle du Calvaire	0	
<b>SR-CC</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Caverne du Cyclope	0	
<b>SR-CGE</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Cheminée de la Galerie de l'Est	1	AS
<b>SR-Clo</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Salle du Clocher	0	

<b>SR-Dia</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Diaclose	0	
<b>SR-Dra</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Salle des Draperies	28	AS, DI et DP
<b>SR-EB(I)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée B - Coupe I	39	AS et AP
<b>SR-EB(II)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée B - Coupe II	0	
<b>SR-EB(III)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée B - Coupe III	1	AS
<b>SR-ED</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée D	7	DI
<b>SR-EE</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée E	44	AS et AP
<b>SR-EG</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Entrée G	1	AP
<b>SR-FC</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Galerie du Calvaire	35	AS et AP
<b>SR-GG</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Galerie Gothique	1	AS
<b>SR-Lac(I)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Les Lacets - Secteur I	1	AS
<b>SR-Lac(II)</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Les Lacets - Secteur II	2	DI
<b>SR-PC</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Petite Chambre	0	
<b>SR-Rot</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Salle de la Rotonde	0	
<b>SR-SAR</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Salle Adjacente de la Rotonde	1	AS
<b>SR-Sou</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Galerie des Soupirs	0	
<b>SR-TM</b>	Pierre-la-Treiche	Grotte Sainte-Reine	Table de Moïse	0	

N = nombre d'échantillons analysés ; T = type(s) d'analyses ; DI = datation isotopique (de concrétions) ; DP = datation paléomagnétique (de sédiments détritiques) ; AP = analyse pollinique (de sédiments détritiques) ; AS = analyse sédimentologique (pétrographie, minéralogie, morphométrie, état d'altération).

## ANNEXE VIII.2 - METHODE D'ETUDE DES COUPES DETAILLEES, ET NOTES SUR LES ANALYSES ET INTERPRETATIONS GRANULOMETRIQUES.

L'étude des coupes détaillées a été réalisée en trois étapes : l'une sur le terrain, la seconde en laboratoire et la dernière sur ordinateur. Le résultat de ces travaux correspond aux dessins, graphiques et indices, ainsi qu'aux interprétations sédimentologiques, présentés sur les planches et dans le texte.

### ◆ Travaux de terrain.

Sur le terrain, le relevé des coupes a été effectué de haut en bas, tandis que les prélèvements l'ont été de bas en haut, pour éviter les contaminations (Cailleux et Tricart, 1959). Les échantillonnages ont concerné des unités aussi homogènes que possible, avec des quantités croissantes avec la dimension des matériaux (fines = 100 g minimum, sables = 200 à 400 g en moyenne ; pour les unités caillouteuses, les 7 à 20 kg souhaitables n'étaient pas toujours atteints, compte tenu des conditions de prélèvement particulières sous terre).

### ◆ Analyses de laboratoire.

Au laboratoire, les échantillons ont été divisés en trois parties, pour les diverses analyses : granulométriques, calcimétriques et minéralogiques (minéraux lourds).

Avant de réaliser les granulométries, une **préparation** est nécessaire. Elle consiste, pour les échantillons sableux et grossiers (entre 100 et 150 g), à :

- laver le sédiment dans le tamis de 50  $\mu\text{m}$  pour séparer les fines, éventuellement à l'aide d'un dispersant (défloculation par l'hexamétaphosphate de sodium). Compte tenu du temps de lavage assez long et de l'importante quantité d'eau nécessaire, nous n'avons **pas utilisé d'eau distillée pour cette opération**, mais de l'eau du robinet, dont le taux de carbonates a été jugé négligeable par rapport au poids des matériaux ;
- sécher les deux catégories de sédiments, après décantation et siphonnage pour les fines ;
- peser les fractions sèches, en pensant à déduire le poids du défloculant éventuellement utilisé pour les fines.

Pour les sédiments sableux et grossiers, les **taux de carbonates et de matière organique, négligeables le plus souvent**, n'a pas nécessité de phase préalable de destruction de ces composants.

Pour les échantillons limono-argileux (~40 g), la préparation différait. Il fallait :

- éliminer les carbonates à l'acide chlorhydrique diluée (HCl) et la matière organique à l'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$  ; cf. Juvigné, 1982). Cette étape est plus importante que dans le cas des sables en raison du poids plus faible de l'échantillon et de la dimension des particules (interactions possibles) ;
- filtrer, en rinçant à l'eau distillée ;

- réaliser la suspension, c'est-à-dire agiter pendant une bonne heure un mélange d'eau distillée et d'hexamétaphosphate de sodium (défloculant) contenant les sédiments (cf. Rivière, 1944).

A partir de ces préparations, on a alors appliqué les techniques granulométriques suivantes :

- **tamissage pour les sables, graviers et galets.** Les tamis utilisés sont ceux du **système français** (AFNOR), c'est-à-dire avec une progression géométrique de raison  $(\sqrt{10})/10$  et de premier terme 1 mm (Cojan et Renard, 1999) ;
- **densimétrie Mériaux pour les fines** (cf. Verger, 1960, 1963 ; Lang, 1968 ; Berthois, 1975). Le chronométrage, de plus en plus espacé, a été suivi jusqu'à **23 h au minimum** et 70 h au maximum, selon les vitesses de sédimentation, ce qui permettait d'atteindre dans tous les cas la fraction granulométrique des argiles ( $< 2 \mu\text{m}$ , et jusqu'à  $1 \mu\text{m}$  au maximum). A la fin des expériences, les résidus sableux de la densimétrie ont subi un tamisage " classique ".

Pour les particules supérieures à  $50 \mu\text{m}$ , on obtient un tableau de chiffres de ce type :

Fractions	...	315-400 $\mu\text{m}$	400-500 $\mu\text{m}$	500-630 $\mu\text{m}$	...	Total
Poids (au labo)						
% (sur informatique)						

Pour les fines, la densité obtenue permet de trouver à partir d'abaques, le diamètre des particules, puis les % cumulés et les % cumulés corrigés en fonction de la température. Un ajustement des données a été opéré avec la fraction sableuse, lors de la réalisation des courbes (cf. ci-dessous).

#### ◆ Exploitation des données.

A partir des données chiffrées (cf. annexe VIII.3), de multiples représentations des analyses granulométriques sont possibles (parmi lesquelles il faut rechercher la plus démonstrative ; Rivière, 1952a ; Berthois, 1975). La plus commune est la **courbe cumulative** (cf. annexe VIII.4 ; choix d'une représentation et d'un cumul des fractions en commençant par les particules les plus grossières), à laquelle on peut adjoindre l'histogramme des fréquences (cf. Perriaux, 1972 ; Hadjouis, 1987 par exemple). Mais compte tenu du nombre d'échantillons analysés, les comparaisons auraient été difficiles, et l'on a préféré les traduire par des **corrélations d'indices** calculés à partir de divers quantiles (cf. infra). Pour chaque coupe étudiée en détail, huit types de représentation ont donc été sélectionnés et effectués par **traitement informatique** (se reporter aux planches des coupes).

Pour les graphiques, conformément aux tamis utilisés, l'échelle des classes granulométriques du système français a été adoptée. En revanche, pour la plupart des indices, l'application de formules créées par des chercheurs américains nécessitait d'utiliser la conversion arithmétique de Krumbein (Chamley, 2000) ; il s'agit de l'**échelle des  $\phi = -\log_2 d = -(\ln d / \ln 2)$** , où  $d$  correspond à une dimension donnée en mm.

Les classes granulométriques adoptées sont donc basées sur le système français :

- blocs = plus de 20 cm ; galets = 2 à 20 cm ; graviers = 0,2 à 2 cm ;
  - sables : grossiers = 0,63 à 2 mm ; moyens = 0,16 à 0,63 mm ; fins = 0,05 à 0,16 mm ;
  - fines : limons grossiers = 20 à 50  $\mu\text{m}$  ; limons fins = 2 à 20  $\mu\text{m}$  ; argiles = moins de 2  $\mu\text{m}$ .
- Elles ont servi à la représentation de la granulométrie globale des échantillons, par grandes catégories.

Le **centile** (ou percentile) correspond à la dimension granulométrique (abscisse) relative à l'ordonnée 1 % de la courbe cumulative, c'est-à-dire pour lequel 99 % du matériel est d'une taille inférieure à celui de la taille considérée. Il révèle la **compétence des écoulements** au moment de la mise en place d'une unité sédimentaire.

Pour les coefficients suivants, ont également été calculés les 5<sup>ème</sup>, 16<sup>ème</sup>, 25<sup>ème</sup>, 50<sup>ème</sup>, 75<sup>ème</sup>, 84<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> percentiles ( $P_5$ ,  $P_{16}$ ,  $Q_1 = 1^{\text{er}}$  quartile,  $Md =$  médiane,  $Q_3 = 3^{\text{ème}}$  quartile,  $P_{84}$  et  $P_{95}$  respectivement).

La **taille moyenne** répond à la formule suivante (en unités  $\phi$  ; Folk et Ward, 1957, cités par Lang, 1968 et Hadjouis, 1987) :

$$T_m = (P_{16} + Md + P_{84}) / 3$$

Elle est convertie en mm ensuite, pour obtenir une signification physique, et traduit la **puissance moyenne des paléocirculations** (meilleure expression que la médiane ; Koldijk, 1968).

A partir de la taille moyenne, on peut évaluer les principales modifications granulométriques, en notant les dérives (positive pour une granodécroissance et négative pour une granocroissance ; cf. Vaskou, 1981). Celles-ci reflètent les changements hydrodynamiques globaux.

Le **classement** répond à la formule suivante (en unités  $\phi$  ; Folk et Ward, 1957, cités par Lang, 1968 et Hadjouis, 1987) :

$$\sigma_i = (P_{84} - P_{16}) / 4 + (P_{95} - P_5) / 6,6$$

Il donne une idée chiffrée de la pente de la courbe cumulative, c'est-à-dire du **tri des sédiments**.

Les catégories de classement, fixées par les auteurs de la formule, ont été adaptées aux résultats obtenus (cf. planche VIII.8).

**Les formes des courbes cumulatives répondent essentiellement à ces deux derniers indices.** Il était donc avantageux de les corrélérer sur un graphique bilogarithmique, et de déterminer dans un second temps des catégories pour chaque type de courbe (cf. planches VIII.7 à VIII.8). La nomenclature utilisée prend en compte la fraction granulométrique dominante ( $G =$  galets,  $Sf =$  sables fins,  $Lm =$  limons moyens, etc), c'est-à-dire la position de la courbe sur l'axe des abscisses, ainsi que le tri (1 = bien classé, 2 = moyennement classé, 3 = mal classé et 4 = très mal classé), qui correspond à la pente de la courbe.

Ce **graphique des "distributions"** permet de définir les **dynamiques de sédimentation**, à partir des courbes interprétées notamment par J. Tricart (1961a, 1962, 1965). Associé à l'indice d'asymétrie (cf. ci-dessous) et au **diagramme classique de Passega** (image CM, planche VIII.10 ; cf. Berthois, 1975 ; Quinif *et al.*, 1979 ; Maire et Quinif, 1988 ; Maire, 1990 ; Arnaud-Fassetta, 1998 ; Blockmans *et al.*, 1999 par exemple), on obtient une vision complète des **conditions hydrodynamiques d'écoulements et d'accumulation**, pour un échantillon donné.

L'**asymétrie** répond à la formule suivante (en unités  $\phi$  ; Folk et Ward, 1957, cités par Lang, 1968) :

$$SK = (P_{84} - P_{16} - 2Md) / (2(P_{84} - P_{16})) + (P_{95} - P_5 - 2Md) / (2(P_{95} - P_5))$$

Elle permet une comparaison de la pente de la courbe cumulative entre les particules plus grosses que la médiane et celles de plus petite dimension.

Une asymétrie positive se rapporte à un classement meilleur des sédiments grossiers (relativement : ils peuvent être fins quand même), à l'inverse d'une asymétrie négative, tandis que le dernier cas de figure correspond à une courbe symétrique, dont le tri global peut varier fortement. On peut rapprocher ces trois types, des courbes dites paraboliques, hyperboliques, et sigmoïdes ou logarithmiques, respectivement (cf. Rivière,

1952b, 1953, 1977 ; Verger, 1960 ; Tricart, 1965 ; Tricart et Vogt, 1967 ; Miskovsky, 1974 ; Berthois, 1975 ; Blanck et Korosec, 1977).

Diverses interprétations existent à propos de la valeur de cet indice. Selon H. Chamley (2000), il exprime le **milieu de dépôt**, plutôt que les conditions de transport. Ainsi, les fortes asymétries positives se rencontrent essentiellement dans les sédiments fluviatiles enrichis en fines décantées en fin de crue (cf. Gall, 1976 aussi), tandis que les asymétries négatives s'observent davantage dans les sables littoraux où les fines sont éliminées par vannage. Pour G. Arnaud-Fassetta (1998 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2000), qui a étudié des matériaux fluviatiles uniquement, SK traduit le fonctionnement du **milieu de sédimentation** et la **dynamique de fin d'accumulation** : enrichissement en particules "grossières" (asymétrie négative ; exemple d'une injection de sables lors d'une crue dans un milieu peu énergétique, tel qu'un marécage) ou de particules "fines" (asymétrie positive). Il peut également indiquer une **évolution postsédimentaire** ; par exemple, un lessivage donnera au dépôt concerné une asymétrie négative.

Dans les remplissages étudiés, d'origine fluviatile également, il semble que l'indice d'asymétrie exprime effectivement la **dynamique fluviale**, ou plus exactement les **caractéristiques hydrologiques** :

- **SK tend vers 1** pour des dépôts mis en place lors d'afflux d'eau soutenus (apport en masse des particules "grossières"), suivis de décroissances régulières des écoulements (arrivée de sédiments de plus en plus fins, donc mal triés) ;
- **SK tend vers -1** pour des dépôts accumulés lors d'afflux d'eau brefs et de diminutions hydrologiques brutales mais incomplètes (quelques particules grossières viennent alors se mêler aux particules fines mieux classées) ;
- **SK est proche de 0** dans trois situations hydrodynamiques : des courants réguliers (qui donnent des sédiments bien triés), des décroissances de circulations brutales faisant suite à des afflux d'eau plus ou moins soutenus (qui génèrent des dépôts très mal classés, éventuellement dus à des blocages spéléomorphologiques), et des afflux peu marqués par rapport aux longues phases de diminution hydrologique (qui fournissent un mélange de matériaux grossiers et fins, englobés dans des sédiments de taille moyenne légèrement majoritaires).

On peut superposer à ces trois cas, des puissances de courants variables, qui joueront uniquement sur la grossièreté ou la finesse globale des échantillons. Ainsi, les afflux d'eau peuvent correspondre à de véritables crues lorsque l'on s'intéresse à un dépôt à galets, ou à une faible intumescence hydrologique dans des écoulements lents, si l'on prend en considération une proportion minoritaire de limons grossiers au sein de particules décantées.

L'**acuité** répond à la formule suivante (en unités  $\phi$  ; Folk et Ward, 1957, cités par Lang, 1968 et Hadjouis, 1987) :

$$Kc = (P_{95} - P_5) / (2,44(Q_3 - Q_1))$$

Cet indice est peu interprété dans la littérature et apparaît **moins significatif** que les précédents. Il traduit le classement comparé des sédiments entre la totalité (moins les extrêmes) et la partie centrale de la courbe cumulative d'un échantillon.

Comme pour l'asymétrie, il existe trois configurations :

- une courbe est dite **mésokurtique** lorsque la totalité et la partie centrale de la distribution granulométrique possèdent des tris similaires, bons ou mauvais. Elle n'indique alors rien de plus que la symétrie précédente ;
- une courbe est dite **leptokurtique** lorsque la totalité de l'échantillon est mal classé par rapport au "corps médian". Dans ce cas, SK peut prendre toutes les valeurs possibles (symétrie, asymétrie positive ou négative) et l'on ne peut rien en tirer ;
- une courbe est dite **platykurtique** lorsque la totalité de l'échantillon est bien classé par rapport au "corps médian". Elle suggère un mélange de deux populations granulométriques très différentes, issu de remaniements éventuels (enrichissement en particules fines et/ou grossières).

Au total, ce sont surtout les **courbes platykurtiques** qui apportent des informations complémentaires aux interprétations des indices précédents, en ce qui concerne les **modifications syn- ou postsédimentaires** des échantillons.

**ANNEXE VIII.3 - ANALYSES GRANULOMETRIQUES ET CALCIMETRIQUES.**

**A - Résultats des analyses granulométriques (pourcentages cumulés)  
de divers remplissages endokarstiques et épigés.**

Taille (mm)	And-GEG	GV-AGV	VV-3	BE(I)	BE(II)	BD-VB	SR-CGE	SR-SAR
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0
31,5-40	0	0	0	0	0	0	0	0
25-31,5	0	0	0	0	0	0	0	0
20-25	0	0	0	0	0	0	0	0
16-20	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5-16	0	0	0	0	0	0	0	0
10-12,5	0	0	0	0	0	0	0	0
8-10	0	0	0	0	0	0	0	0
6,3-8	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6,3	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0.12	0	0
3,15-4	0	0	0	0	0	0.16	0	0
2,5-3,15	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0
2-2,5	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0
1,6-2	0	0	0	0	0	0.24	0.2	0
1,25-1,6	0	0	0.03	0	0	0.28	0.3	0
1-1,25	0	0	0.06	0	0.04	0.36	0.5	0
0,8-1	0	0	0.16	0	0.08	0.48	0.6	0
0,63-0,8	0	0	0.29	0	0.08	0.68	1	0
0,5-0,63	0	0	1.16	0.05	0.12	1.12	1.3	0
0,4-0,5	0	0	3.86	0.19	0.25	1.48	1.6	0
0,315-0,4	0	0	10.88	0.42	0.37	2.03	1.9	0
0,25-0,315	0	0	22.95	0.74	0.58	2.7	2.3	0
0,2-0,25	0	0	37.5	1.38	1	3.57	2.6	0
0,16-0,2	0	0	48.31	2.33	1.46	4.56	2.9	0
0,125-0,16	0.2	0	56.16	3.92	2.38	5.91	3.2	0
0,1-0,125	0.6	0	61.57	6.19	3.76	7.41	3.6	0
0,08-0,1	1.8	0.2	65.56	8.69	5.64	8.87	3.9	0.2
0,063-0,08	3.5	0.7	69.2	11.97	7.94	10.73	4.5	0.6
0,05-0,063	5.7	1.6	71.55	14.65	10.07	12.16	5.6	1.3
0,04-0,05	9.1	3.1					7.8	2.3
0,0315-0,04	14.5	8.3					12	4.7
0,025-0,0315	20.5	15.4					17.6	9
0,02-0,025	27.5	23.8					24.1	14
0,016-0,02	34	31.8					30.5	19.5
0,0125-0,016	40.4	38.7					38	25.6
0,01-0,0125	46.1	45.5					45.1	30.9
0,008-0,01	51.3	52.3					51.5	35.6
0,0063-0,008	56.5	60.6					58	40.8
0,005-0,0063	61	77.7					63.8	45.7
0,004-0,005	66.2	90.1					68.2	50
0,00315-0,004	71.8	94.2					72.5	54.3
0,0025-0,00315	77.8	96					76	58.6
0,002-0,0025	83.5	97.3					78.9	62.2
0,0016-0,002	88.5	98.2					81.7	65.5
0,00125-0,0016	93.5	99					83.7	68.6
0,001-0,00125	97	99.6					85.5	71.3

## B - Résultats des analyses granulométriques (pourcentages cumulés) et calcimétriques du remplissage de l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine.

Taille (mm)	A1	A2a	A2b	A2c	A3'	A3''	B1	B2a	B2b'	B2b''	C1	C2a'	C2a''	C2b'	C2b''	C3a	C3b	C4'	C4''	C4'''	C5a'	C5a''	C5b	C5c	D1'	D1''	D2	D3a	D3b	D4a	D4b	D4c	D4d'	D4d''	D4e	E1a'	E1a''	E1b	E2'	E2''	F1	F2	F3			
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.43	0	0	36.8	42.89	0	12.53	0	0	0		
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.43	0	10.2	59.84	42.89	15.62	45.1	0	0	0			
31,5-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.83	0	10.2	67.63	48.28	22.79	53.16	0	0	0			
25-31,5	0	0	0	0	0	0	0	9.36	14.41	33.51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.77	0	21.46	70.81	48.28	41.37	65.59	0	0	0			
20-25	0	0	0	0	0	0	0	15.42	19.55	40.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36.47	0	28.68	75.93	51.23	51.73	71.32	0	0	0			
16-20	0	0	0	0	0	0	10.98	27.46	30.83	43.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.02	0	35.74	78.72	53.57	57.15	74.67	0	0	0			
12,5-16	0	0	0	0	0	0	12.86	32.94	34.05	49.65	0	0	0	0	0	1.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.33	0	44.61	80.13	54.3	64.74	78.21	0	0	0			
10-12,5	0	0	0	0	0	0	15.95	35.65	34.76	52.82	0	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47.55	0	49.95	81.32	55.97	68.53	79.99	0	0	0				
8-10	0	0	0	2.6	0	0	15.95	36.62	35.15	56.14	3.15	0	0	0	0	3.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	49.49	0	55.88	82.56	57.52	72.71	81.18	0	0	0				
6,3-8	0	0	0	2.6	0	0	17.01	37	36.33	57.94	3.15	0	0.18	0	0	4.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.08	0	59.48	83.53	58.78	75.21	81.89	0	0	0				
5-6,3	0.19	0	0	4.2	0	0	17.36	37.56	37	59.26	3.41	0	0.3	0.8	0	4.59	0	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.55	0	62.05	84.46	59.66	77.21	82.44	0	0.36	0				
4-5	0.29	0	0	5.2	0	0	17.6	38.11	37.17	60.05	3.64	0.1	0.9	0.8	0	5.27	0	0.27	0	0	0	0	0	0	0.06	0.06	1.74	0	0.07	0	0.82	0.09	0	50.96	0.03	63.26	85.05	60.57	78.62	82.82	0	0.5	0			
3,15-4	0.48	0	0	6.2	0.03	0	17.74	38.35	37.44	60.75	3.87	0.13	1.2	1.3	0	5.7	0.1	0.27	0	0	0	0	0	0	0.06	0.06	1.78	0	0.07	0	1.02	0.21	0.07	51.22	0.03	64.08	85.72	61.38	79.77	83.14	0	0.55	0			
2,5-3,15	0.77	0	0	6.7	0.1	0	18.05	38.62	37.86	61.29	3.93	0.23	1.74	1.6	0	6.29	0.13	0.27	0	0	0	0	0	0	0.06	0.18	1.85	0	0.07	0	1.09	0.33	0.07	51.56	0.03	65	86.36	62.25	80.96	83.4	0	0.55	0			
2-2,5	0.96	0	0.2	7.3	0.27	0	18.33	38.93	38.18	61.71	4.1	0.27	2.39	2	0.2	6.75	0.23	0.27	0	0	0	0	0	0.06	0.33	1.95	0	0.1	0	1.29	0.48	0.1	51.82	0.06	65.59	86.88	63.36	81.9	83.85	0	0.57	0				
1,6-2	1.54	0.07	0.3	8	0.51	0.03	18.61	39.17	38.5	61.92	4.19	0.37	3.34	2.3	0.3	7.62	0.39	0.34	0	0	0	0	0	0.12	0.51	1.98	0	0.16	0	1.55	0.63	0.13	51.99	0.12	66.31	87.44	64.4	82.91	84.32	0	0.59	0				
1,25-1,6	1.97	0.14	0.5	8.5	0.61	0.1	18.98	39.53	38.84	62.19	4.33	0.91	4.62	2.6	0.5	8.74	0.65	0.41	0	0	0	0	0	0.15	0	0	0.24	0.72	2.12	0	0.22	0	1.91	0.94	0.16	52.31	0.18	66.96	87.93	65.74	83.77	85.03	0	0.61	0	
1-1,25	2.26	0.17	0.5	8.6	0.68	0.13	19.47	40.01	39.28	62.55	4.79	2.09	6.7	3	0.6	10.48	0.97	0.78	0.03	0.03	0.24	0.03	0	0.43	0.93	2.26	0	0.32	0.1	2.47	1.61	0.19	52.65	0.24	67.67	88.42	67.25	84.67	85.9	0	0.66	0				
0,8-1	2.55	0.2	0.6	8.8	0.71	0.16	20.52	41.14	40.17	63.2	6.41	5.5	11.55	3.5	1.1	14.45	1.58	2.47	0.49	0.09	0.43	0.1	0	0.99	1.14	2.43	0	0.51	0.57	3.72	3.38	0.26	53.38	0.3	68.89	89.14	68.8	85.96	87.33	0	0.75	0				
0,63-0,8	2.74	0.27	0.6	8.8	0.78	0.2	22.42	43.2	41.71	64.4	10.46	12.39	19.07	4.3	2.2	20.8	2.8	6.9	2.07	0.33	0.99	0.27	0	2.35	1.57	2.71	0	0.96	1.71	5.86	7.04	0.33	54.52	0.42	70.36	89.92	70.11	87.33	88.87	0	0.98	0				
0,5-0,63	3.42	0.34	0.6	8.8	1.19	0.54	28.63	48.56	46.48	67.7	23.53	32.3	37.58	6.4	5	35.37	6.53	21.84	11.76	7.31	3.07	1.03	0.2	8.46	2.91	3.55	0	2.25	6.61	11.75	19.9	0.53	57.62	1.04	73.23	91.25	72.22	89.59	91.07	0	1.76	0				
0,4-0,5	4.87	0.54	0.6	8.8	2.31	1.74	36.7	54.12	52.71	71.44	37.81	50.39	53.02	10.1	8.5	47.71	12.51	38.03	26.33	32	7.14	2.62	0.3	18.86	4.62	4.7	0	4.05	14.03	17.87	34.25	0.8	60.83	2.15	75.69	92.15	73.92	91	92.17	0	3.82	0				
0,315-0,4	7.18	1	0.6	8.8	4.65	7.02	47.77	62.78	61.74	76.66	56.25	68.07	69.62	15.1	12.6	60.54	21.26	55.6	45.71	69.84	16.06	6.2	0.5	36.02	6.75	6.03	0	7.17	27.39	26.03	51.53	1.17	64.88	6.03	78.51	93.2	75.94	92.22	92.88	0	18.12	0				
0,25-0,315	9.64	2.12	0.6	8.8	8.28	18.41	55.28	69.15	69.73	80.72	69.32	77.45	79.74	20.5	16.4	68.94	28.4	67.39	59.58	87	27.5	11.17	0.7	51.14	8.31	7.08	0	11.58	40.02	31.75	62.89	1.63	67.57	12.78	80.46	93.97	77.32	92.91	93.21	0.1	39.65	0				
0,2-0,25	12.29	5.76	0.8	9	14.52	35.92	62.5	75.26	77.32	84.82	80.86	83.63	86.73	26	20	75.36	36.76	77.46	71.52	93.43	42.63	19.71	0.8	65.67	10.32	8.23	0	21.65	53.92	38	72.29	2.63	68.83	70.27	23.81	82.24	94.71	78.63	93.43	93.45	0.5	58.39	0			
0,16-0,2	16.49	14.56	1.3	9.3	22.59	52.49	68.02	79.66	83.15	87.7	87.57	86.74	90.36	30.4	23.8	80.2	44.06	84.62	80.23	95.3	56.86	31.6	1.2	76.16	15.08	9.76	0	34.33	66.21	42.93	78.34	4.65	72.34	35.46	83.62	95.26	79.56	93.78	93.63	1.7	70.8	0				
0,125-0,16	25.17	32.3	2.7	10.1	32.6	65.99	72.97	83.59	87.57	90.04	92.08	88.77	92.5	33.9	27.8	83.95	53.19	89.76	87.53	96.53	70.53	49.35	1.8	83.38	28	13.42	0	48.81	77.36	48.72	83.78	8.96	74.41	49.48	85.08	95.87	80.51	94.09	93.81	4.2	80.72	0				
0,1-0,125	36.5	56.59	6	11.9	43.7	74.54	77.03	86.53	90.31	91.65	94.22	90.15	93.72	36.5	31.4	86.58	61.3	93.07	92.27	97.3	80.97	65.87	3.5	88.1	43.45	21.02	0	59.4	84.55	53.65	87.66	16.62	76.37	61.38	86.41	96.37	81.37	94.33	93.96	9.2	86.2	0				
0,08-0,1	46.29	76.94	11.5	15.8	54.83	80.19	80.38	88.85	92.22	92.89	95.43	91.16	94.49	38.5	35	88.41	68.44	94.9	95.5	97.73	88.46	79.51	7.1	91.15	57.87	32.81	0	67.89	89.12	58.32	90.56	29.39	78.29	70.44	87.82	96.87	82.3	94.56	94.09	15.8	89.65	0				
0,063-0,08	55.64	86.5	18.5	20.4	65.01	84.3	83	90.71	93.46	93.78	96.1	91.94	95.12	40.9	39.5	89.77	74.2	95.98	97.26	98.04	92.69	88.78	13.3	93.09	67.75	44.63	0.1	73.65	91.34	62.24	92.48	45.81	80.11	76.6	88.97	97.26	83.28	94.78	94.2	24	91.61	0.1				
0,05-0,063	61.23	90.4	25.6	25.8	70.78	86.47	84.45	91.65	94.06	94.3	96.5	92.41	95.45	43.1	43.4	90.58	77.03	96.52	97.89	98.22	94.62	92.98	21.5	93.89	73.54	52.37	0.9	76.74	92.28	63.98	93.4	58.51	60.91	81.52	79.84	89.58	97.55	84.04	94.86	94.27	32	92.48	0.3			
0,04-0,05			32.1	31										45	46.9																											40	1.5			
0,0315-0,04			39	37.5										47.5	50.7																													49.4	3.5	
0,025-0,0315			45.3	43.6										50.1	54.3																															

## C - Résultats des analyses granulométriques (pourcentages cumulés) et calcimétriques du remplissage de la Salle des Draperies de la Grotte Sainte-Reine.

Taille (mm)	A (t)	A (d)	B1	B2	B3a	B3b	C1	C2	C3 (d)	C3 (t)	D1a	D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4	D5	D6a	D6b	D7	D8a	D8b	D9	D10	D11	D12 (d)	D12(t)	
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31,5-40	0	0	0	0	0	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25-31,5	0	0	0	0	0	13.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-25	0	0	0	0	0	14.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-20	0	0	6.48	0	12.46	15.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12,5-16	0	0	9.85	8.43	12.46	17.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-12,5	0	0	10.93	11.91	16.98	19.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-10	1.09	0	13.06	13.91	17.6	24.6	0	0.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6,3-8	1.79	0	13.8	14.91	19.72	28.05	0	0.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5-6,3	2.26	0	14.61	15.8	20.82	30.07	0.2	0.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	
4-5	2.42	1	14.74	16.47	22.81	31.36	0.27	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0	0	0.3	0	0	
3,15-4	2.65	1	15.52	17.06	24.32	32.45	0.37	0.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.7	0	0	
2,5-3,15	2.77	1	15.72	17.43	25.48	33.43	0.44	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0.8	0.3	0	
2-2,5	3.12	1.3	16.46	18.47	27.4	34.44	0.64	1.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.1	0.3	0	
1,6-2	3.31	1.8	17	19.43	29.39	36.75	0.91	1.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0	
1,25-1,6	3.7	2.3	17.98	21.02	32.33	39.21	1.39	1.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0	
1-1,25	4.28	2.6	19.33	23.17	36.1	42.32	2.34	2.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0	
0,8-1	5.29	3.4	21.89	26.68	42.5	48.64	4.73	4.16	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0.08	
0,63-0,8	6.84	4.5	25.33	31.27	50.27	57.32	9.3	7.43	0	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0.16	
0,5-0,63	10.41	7.6	33.29	41.14	65.27	71.71	24.7	17.09	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	1.3	0.3	0.25	
0,4-0,5	14.06	10.4	40.98	50.46	75.82	80.34	41.33	27.03	0	0.28	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1.5	0	0	1.3	0.3	0.29	
0,315-0,4	19.34	14.3	50.53	61.92	85.89	88.26	59.97	38.31	0	0.51	0.6	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.7	0	0	1.3	0.3	0.38	
0,25-0,315	22.87	16.9	56.74	69.83	90.48	92.14	72.03	46.45	0	0.98	1.6	0	0	0.3	0	0.1	0	0	0.2	0.2	0	0.8	1.8	0	0	1.5	0.3	0.67	
0,2-0,25	25.74	18.7	60.79	74.71	92.6	94.68	81.37	52.68	0.2	1.61	2.5	0	0	0.5	0	0.2	0	0	0.7	0.7	0.1	1.7	2	0	0.2	2	1	1.85	
0,16-0,2	28.22	20	63.22	77	93.56	95.83	86.07	55.64	0.5	2.12	3.5	0	0.1	0.7	0	0.3	0	0.1	1.7	1.3	0.2	2.5	2.1	0	0.8	3.4	4	5.29	
0,125-0,16	31.33	21.9	65.72	79.15	94.28	96.31	87.91	57.54	1.5	2.83	4.2	0.2	0.3	0.8	0.1	0.5	0.2	0.7	3.6	2.1	0.5	4.1	2.5	0.2	2.6	6	11.5	12.43	
0,1-0,125	34.86	24.2	68.59	81.48	94.72	96.54	89.03	59.66	3	4.36	5.1	0.3	0.6	1.2	0.2	1	0.6	3.5	5.9	3.1	1.7	6	3.2	0.5	5.4	9.6	21.8	21.83	
0,08-0,1	39.09	27.4	71.49	84.14	95.1	96.65	90.12	63.21	7.9	8.91	6.3	0.6	2	2.2	0.3	2	1.6	7.8	9.6	4.3	3.4	8.5	4.5	1.3	10	13.4	32	31.74	
0,063-0,08	43.75	31.2	74.96	87.02	95.34	96.7	91.28	68.14	18.5	19.42	8.3	1.3	4.8	4.2	0.8	3.3	3.5	14.6	14.3	5.6	6.9	12.5	6.3	2.7	16.3	17.3	40.8	40.56	
0,05-0,063	47.36	35	76.92	88.35	95.48	96.73	92.13	72.44	34.5	34.25	10.4	1.8	8	7	1.9	5.7	6	22.5	20.9	7.7	12.3	17.8	8.3	5.7	22.5	21.5	47.8	46.1	
0,04-0,05		38.9									52.8	14	2.8	12	10	4.3	10.5	10	31.8	29.8	12	19.8	23.2	11.5	10	29	26.2	54.2	
0,0315-0,04		43.2									74	18.6	4.7	16.3	13.9	8.4	19.2	16.7	41.9	39.8	19.5	28.5	29.8	15.5	17.5	36.5	31.7	60.3	
0,025-0,0315		47.6									90.6	24.2	7.6	21	17.6	13.2	29.9	24	51.7	50	28	37	36.2	21.2	26.5	44	37.8	65.7	
0,02-0,025		52.2									96.4	30.6	11.6	25.6	21	19	39.7	31.5	60.1	58.8	36	44.5	43.2	28	35.8	51.7	44.3	70.5	
0,016-0,02		57.3									97.6	38.4	16.4	30	25	25.9	48.5	39	68.7	66	43.9	51.9	50.1	35.4	44.3	58.5	51.3	75	
0,0125-0,016		62.8									98	47.6	22.2	35.6	29	35.5	57.1	46.3	77.2	71.6	51.5	59	56.5	42.7	52.7	65.7	58.3	79.6	
0,01-0,0125		67.2									98.2	57	28.9	42	32.9	54	64.5	53	85	75.5	57.9	65	62.3	50	59	71.5	64.9	83.4	
0,008-0,01		71.1									98.3	65.8	35.5	53	36.5	79.8	71	59.5	91	79	63.5	70.4	67.4	56.3	64.2	76.8	70.3	86.6	
0,0063-0,008		74.9									98.4	73.9	43	78.5	41.3	90.3	77.5	65.6	94	82.1	69	75.4	72	62.5	69.2	82	75.7	89.5	
0,005-0,0063		77.6									98.5	78.7	50	96.5	45.7	94	82.4	71	95.7	84.4	73.4	79.3	76	67.5	72.9	86	80.3	91.8	
0,004-0,005		79.8									98.7	82.5	56.3	98	49.8	96.1	86.1	76.2	96.3	86.5	76.8	82.5	78.9	71.6	76.2	89	84	94	
0,00315-0,004		82.2									98.8	85.8	63	98.3	53.9	97.7	89.7	81.6	97.3	88.4	80.5	85.5	81.6	75.8	79.5	92	87.3	95.5	
0,0025-0,00315		84.3									99	88.4	68.7	98.6	57.9	98.6	92.5	86.2	97.8	90.4	83.4	88.2	84	79.6	82.3	93.7	89.7	96.8	
0,002-0,0025		86.2									99.2	90.5	73.8	98.9	61.1	99.3	94.4	90.2	98.4	92	85.5	90	85.9	83	84.7	95.3	91.5	97.9	
0,0016-0,002		88									99.4	92.2	78.2	99.4	64.3	99.7	95.7	93.7	98.8	93.5	87.6	91.7	87.6	86.1	87	96.4	93	98.5	
0,00125-0,0016		89.9									99.6	93.5	82.5	99.8	67.7	99.9	96.3	96.5	99.5	95	89.5	93	88.9	89.5	89.5	97.2	94	99.2	
0,001-0,00125		91.5									99.7	94.2	86.5	99.9	70.3	100	96.6	98.6	99.9	96.4	91	94	90	92.1	91.8	97.6	95	99.5	
NB : (d) = granulométrie effectuée par densimétrie ; (t) = granulométrie effectuée par tamisage.																													
Calcimétrie (%)	1,28	1,28	0,31	6,93	0,25	0,05	0	0,07	0	0	0,17	0,18	43,11	45,72	1,47	1,6	10,35	15,69	0,27	0,47	0,31	0,69	1,32	0,53	0,33	1,92	0,83	0,83	

## D - Résultats des analyses granulométriques (pourcentages cumulés) et calcimétriques du remplissage de la Galerie du Calvaire de la Grotte Sainte-Reine.

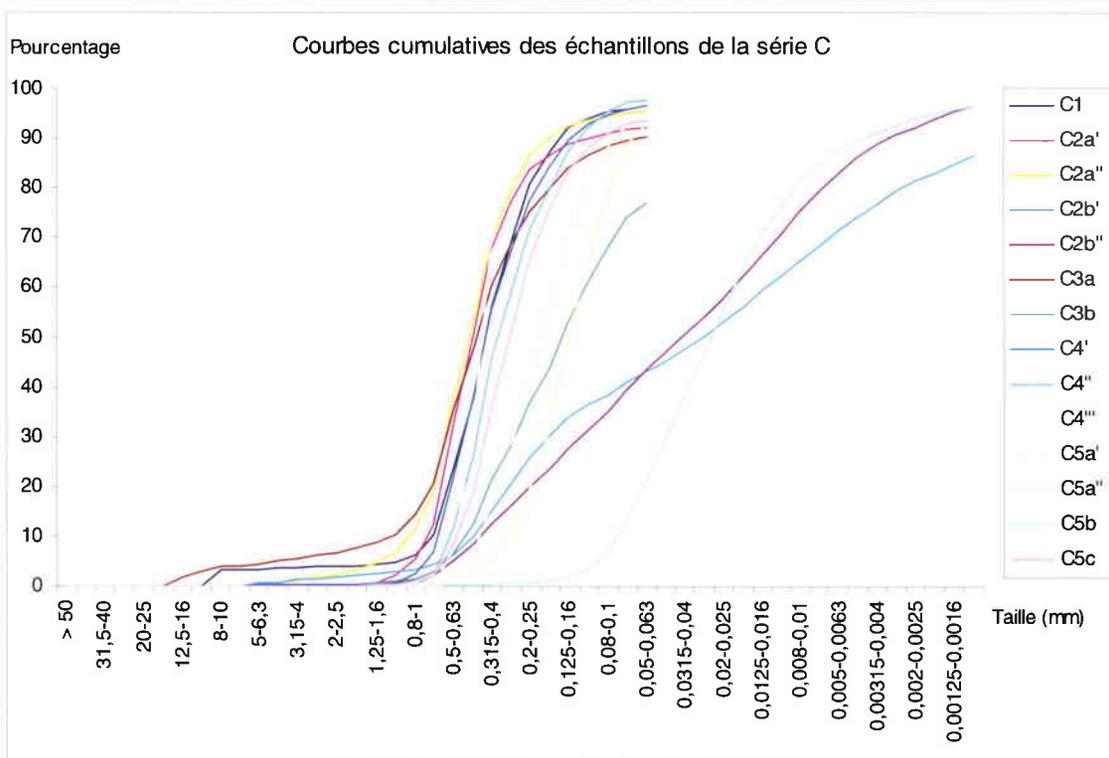
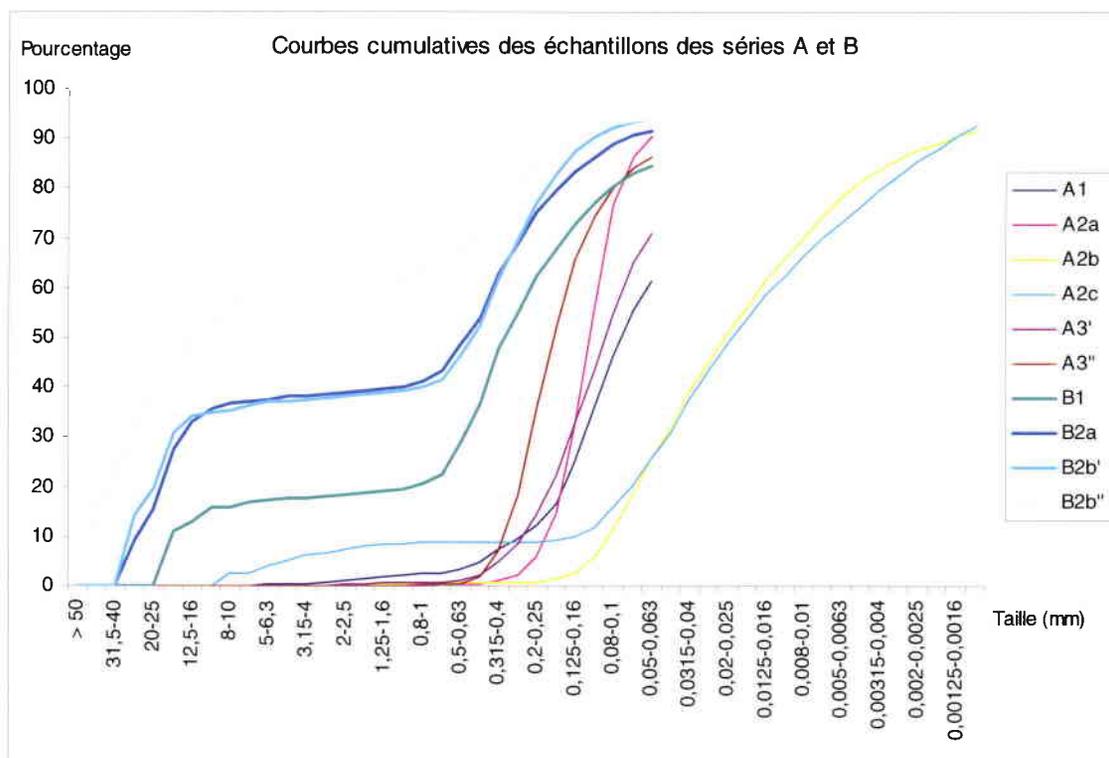
Taille (mm)	B1	B2	B3	B4	C1a	C1b	C1c	C1d	C2a	C2b	C2c	C3a	C3b	D1a	D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	E1a	E1b	E1c	E2	E3	E4a	E4b	E4c	E4d	E4e	F1	F2a	F2b	F3	F4'	F4''			
> 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31,5-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-31,5	0	1.98	0	2.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-25	0	3.25	0	8.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-20	0	10.12	0	33.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5-16	0	32.59	4.24	59.94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-12,5	0	53.81	5.95	68.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-10	0	69.15	10.37	72.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,3-8	0	77.62	17.51	74.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6,3	0.68	81.15	23.24	76.07	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0.99	82.69	27.29	76.53	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3,15-4	1.98	83.92	30.74	76.94	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5-3,15	3.22	84.81	33.23	77.22	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-2,5	5.64	85.59	35.49	77.43	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,6-2	8.3	86.21	37	77.66	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0.53	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,25-1,6	13.23	86.98	39.25	77.99	0	0	0.23	0.08	0.8	0	0	0.13	0	0.3	0	3.86	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1,25	20.17	87.77	42.1	78.39	0.11	0.2	0.96	0.6	1	0	0	0.67	0.03	1.1	0	12.91	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	
0,8-1	35.07	89.05	47.48	79.11	0.62	0.8	3.21	3.54	1.7	0.3	0	2.97	0.29	2.8	0	30.89	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.11	0	0.08	0.04	0	0.39	0	0.2	0	0	0		
0,63-0,8	53.81	90.69	55.26	80.16	3.93	4.9	10.38	14.44	4	1	0	7.92	0.88	4.9	0	52.52	10.9	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0.29	0	0.93	0.19	0	2.13	0	0.7	0.2	0.2	0.2		
0,5-0,63	81.07	93.31	71.78	82.28	27.74	23.8	39.42	50.04	8.5	2.3	0	22.06	5.29	8.1	0	73.74	17.5	0	0	0.11	0.04	0.11	0.35	0.7	3.6	1.98	0.5	7.52	1.68	0	11.12	0.2	3.1	1	1.2	1.2		
0,4-0,5	90.8	94.67	82.61	84.25	57.55	38.1	65.36	73.83	12.6	3.4	0	35.53	19.48	11.9	0	81.33	23.6	0	0	0.43	0.48	0.63	2.97	3.8	14.59	7.39	2.5	15.32	5.43	0	24.14	0.3	5.8	2.1	2.7	2.7		
0,315-0,4	94.12	95.38	90.27	87.04	81.14	48.4	82.95	87.67	17	5.4	0.2	57.11	52.21	17.3	0	87.05	29	0	0.2	2.38	4.88	5.62	17.44	16	42.88	24.85	9.8	30.63	16.54	0.2	47.93	0.8	10	4.1	5.8	5.8		
0,25-0,315	94.74	95.59	93.15	89.45	89.57	52.9	89.59	91.65	21.2	7	0.5	73.78	76.97	22.9	0	89.08	31.8	0	0.3	9.9	19.56	22.24	45.39	31.3	68.96	47	19	49.14	32.1	0.6	68.25	1.6	14.5	6.4	9.9	9.9		
0,2-0,25	95.05	95.69	94.77	91.42	93.42	55.5	93.86	93.84	24.5	9.1	1.1	85.67	91.69	29.6	0	90.17	33.1	0	0.5	28.55	47.28	53.24	76.84	44.6	88.54	68.43	30	71.65	50.99	1.7	81.94	3.2	19.9	9.1	14	14		
0,16-0,2	95.17	95.74	95.48	92.41	94.73	57.3	95.92	94.99	27.6	11.1	2.4	91.35	96.99	36.6	0	90.66	33.9	0.2	1	49.15	70.1	75.3	91.52	53.8	95.85	80.84	39.6	85.87	64.52	3.3	87.42	5.4	24.8	11.6	17.9	17.9		
0,125-0,16	95.23	95.77	95.94	93.03	95.46	58.9	97.1	95.82	30.6	13.1	5.5	94.01	98.44	44.1	0	91.15	34.9	0.8	2.3	66.99	83.25	86.85	96.8	60	98.09	86.61	49	93.14	73.37	5.1	90.42	8.3	30.3	14.5	21.6	21.6		
0,1-0,125	95.26	95.79	96.22	93.51	96.08	60.5	97.79	96.42	34.1	15.5	11.7	95.5	98.97	51.4	0	91.55	36.1	2.9	5.4	76.71	88.7	91.51	98.23	64.6	98.83	89.32	57.4	96.05	79.58	7.7	92.16	11.8	34.7	17.5	24.5	24.5		
0,08-0,1	95.29	95.81	96.42	94	96.73	62.6	98.29	96.94	38	19.6	22.3	96.49	99.27	58.5	0	91.96	38.1	5.9	10.4	82.49	91.17	93.33	98.75	69	99.14	90.94	64.2	97.5	84.6	11.6	93.26	16.1	39	20.7	27.6	27.6		
0,063-0,08	95.32	95.82	96.56	94.43	97.28	65.4	98.63	97.3	43	25.7	36.3	97.12	99.4	64.6	0	92.37	40.9	10.2	17.1	85.68	92.3	94.22	98.92	72.7	99.3	91.88	69.3	98.27	88.47	16.2	93.93	21.5	43.8	23.7	30.5	30.5		
0,05-0,063	95.35	95.83	96.65	94.71	97.64	68.2	98.82	97.46	48	33	49	97.48	99.47	69.4	0.1	92.61	43.8	15.2	24.5	87.2	92.88	94.67	98.99	76	99.38	92.46	73.2	98.63	90.73	22.2	94.32	27.8	48	26.9	33.7	33.7		
0,04-0,05						71			52.3	41.6	60			73.2	0.8		46.5	21.8	31.7					78.8			76.2			29.2		35.4	52.2	30	36.5	36.5		
0,0315-0,04						74			57	50	68.5			77	3.5		49.8	30	39.9					81.5			78.6			37		44.5	56.7	34	40	40		
0,025-0,0315						76.4			61.7	57.1	74.3			80	6.6		52.9	38.5	47.8					83.5			81.4			45		54	61	38	43	43		
0,02-0,025						78.2			65.5	63.2	79.1			82.1	12		55.9	47.4	55					85.5			83.3			53		62.3	65.4	42.2	45.9	45.9		
0,016-0,02						80			69.4	68.5	83			84.1	19.7		59	55.5	61.9					86.7			85			60.6		69.8	69.5	46.5	49	49		
0,0125-0,016						81.7			72.6	73.5	85.5			86	30		62.4	62.2	68					88.2			86.7			67.8		75.8	73.5	51.9	52.2	52.2		
0,01-0,0125						82.9			75.8	77.5	87.5			87.6	42.1		66.4	67.8	72.6					89.5			88.2			74		80.2	77.6	56.9	55.3	55.3		
0,008-0,01						84			78.4	81	89			88.8	53.7		70.2	72.2	76.6					90.6			89.6			79.1		83.5	81	61.9	58.3	58.3		
0,0063-0,008						85.3			81.4	84.2	90.7			90	64.7		73.9	76.1	80.1					92			91.1			84		86.4	84.3	66.8	61.5	61.5		
0,005-0,0063						86.4			83.8	86.9	92			90.7	74		77.4	79.2	82.8					93.2			92.1			87.3		88.3	87.1	71	64.3	64.3		
0,004-0,005						87.8			85.9	89.1	93.1			91.7	80.8		80.4	82	84.9					94.2			93.1			89.3		89.9	90	74.6	67	67		
0,00315-0,004						89			88	91.2	94.4			92.5	86		83.6	84.7	86.7					95			94.1			91.2		91.3	92.1	78.1	69.6	69.6		
0,0025-0,00315						90.6</																																

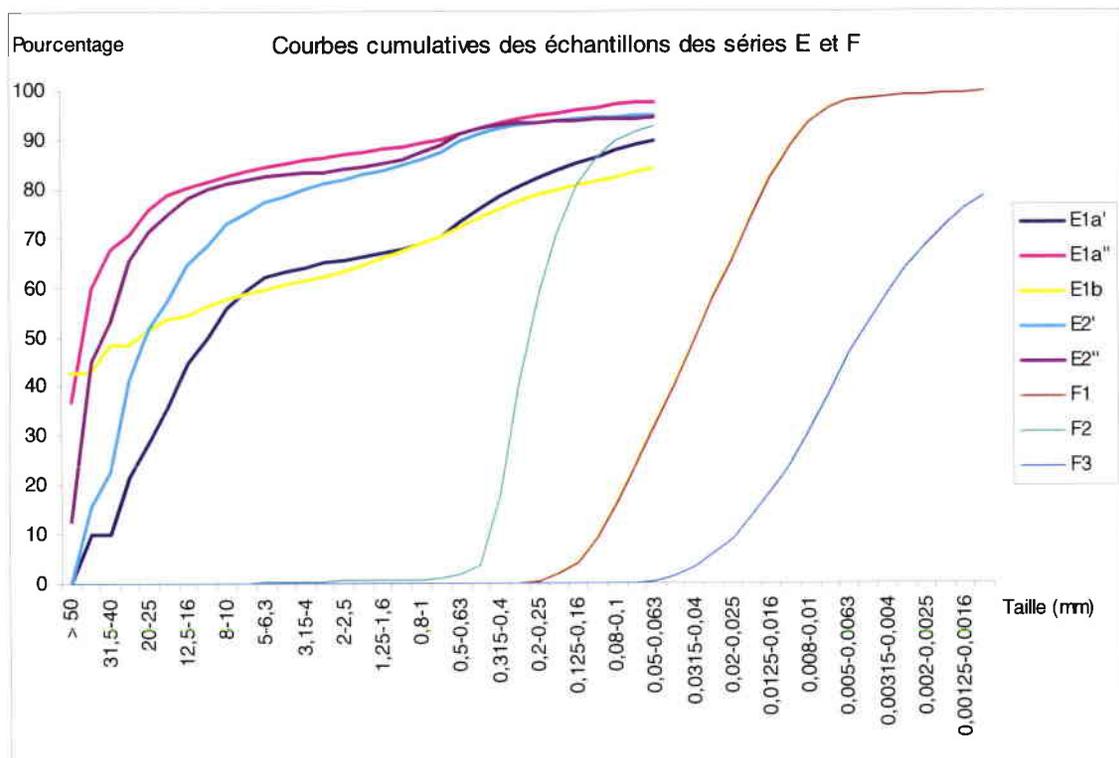
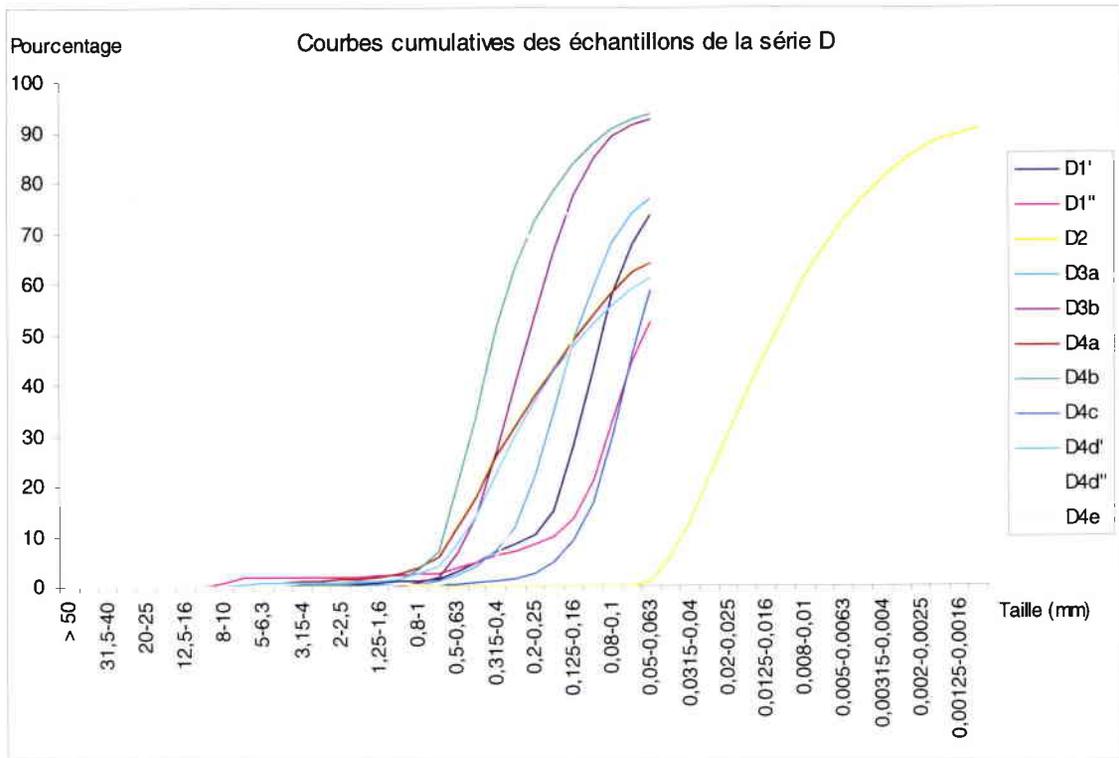
## E - Résultats des analyses granulométriques (pourcentages cumulés) du remplissage de l'Entrée B de la Grotte Sainte-Reine.

Taille (mm)	CI'	CI'''	CI''''	D1'	D2'	D2''	D2'''	D3'	D3''	D4a	D4b'	D4b''	D4b'''	D4c	D4d	D4e'''	D4f	D4g'	D4g''	D5b	D5c	D5e	E1a	E1b	E1c	E3	E4	F1	F2a	F2b	F3	F4		
> 50	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	22.45	0	0	0	35.79	0	0	0	24.47			
31,5-50	13.05	0	0		0	0	0	9.78	4.38	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	45.16	23.18	0	0	48.96	0	0	0	56.12			
20-31,5	13.05	0	0		0	0	0	15.09	19.81	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	59.99	40.53	3.42	0	58.33	0	0	0	71.31			
12,5-20	22.97	1.17	1.3		1.64	2.97	0	18.36	29.38	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	7.51	71.47	56.5	12.93	0	65.61	0	0	0	75.84			
8-12,5	25.79	1.17	2.63	0	2.01	5.21	0.24	20.74	36.14	0	0	0	0	0.47	0	0	0	0	0.25	0	0	9.61	76.4	62.17	16.7	0.5	70.54	0	0.25	0	77.73	0		
5-8	27.37	1.92	3.44	0	2.01	6.13	0.42	21.76	39.64	0	0	0.11	0	1.15	0	0	0	0.27	0.25	0	0	9.61	78.45	64.62	17.17	0.5	73.01	0	0.25	0.16	78.13	0		
3,15-5	31.1	2.9	4.74	0	3.23	9.96	1.67	23.99	44.64	0.04	0.05	0.99	0	2.3	0	0	0	0.92	0.3	0	0.08	10.02	80.56	67.25	18.99	0.93	75.25	0	0.3	0.18	78.39	0		
2-3,15	33.39	5.22	6.04	0.2	5.82	15.71	5.28	25.95	47.74	0.08	0.26	1.68	0.04	3.18	0.08	0	0	1.33	0.32	0	0.23	10.26	81.72	68.78	20.29	1	77.52	0.02	0.32	0.18	78.55	0		
1,6-2	34.56	7.67	7.06	0.2	8.81	19.77	8.6	27.09	49.57	0.12	0.81	2.63	0.11	4.25	0.23	0	0.08	1.84	0.37	0	0.59	10.52	82.18	69.51	21.35	1.07	78.53	0.04	0.34	0.22	78.66	0		
1,25-1,6	35.39	9.59	7.8	0.2	11.31	22.39	10.29	28.03	50.85	0.18	1.72	3.87	0.22	5.56	0.4	0	0.16	2.54	0.46	0.09	1.45	10.93	82.47	70.23	22.34	1.14	80.05	0.06	0.36	0.38	78.79	0		
1-1,25	36.35	12.07	8.85	0.2	14.71	25.67	11.98	29.49	52.72	0.22	3.31	7.07	0.52	8.06	0.82	0	0.45	4.21	0.86	0.18	3.5	11.92	82.82	70.98	24.1	1.32	80.64	0.08	0.41	1.14	79.05	0		
0,8-1	37.52	14.7	9.97	0.5	18.15	29.37	13.61	31.28	54.82	0.26	5.77	12.24	1.39	11.71	1.53	0	1.17	7.53	1.82	0.73	6.58	13.55	83.21	71.85	26.69	2.03	83.14	0.14	0.45	2.9	79.38	0		
0,63-0,8	40.02	21.1	12.95	1.3	25.96	37.11	18.16	35.7	58.98	0.32	11.38	24.77	6.28	19.39	4.21	0	5.67	16.79	5.61	3.04	13.5	17.46	84.13	73.45	33.93	5.53	85.81	0.24	0.56	8.33	80.02	0		
0,5-0,63	44.6	31.41	19.14	3.5	37.09	49.18	27	43.12	65	0.41	20.32	44.52	22.22	29.49	17.57	0	19.7	32.61	19.39	10.24	22.68	23.72	85.74	75.52	45.99	16.04	87.86	0.38	0.77	18.34	80.87	0		
0,4-0,5	50.14	42.62	30.87	5.5	49.68	61.96	38.78	51.6	70.43	0.75	30.77	60.76	46.36	40.08	41.47	0	37.69	47.86	42.72	24.63	32.48	30.82	87.63	77.45	57.13	29.84	90.39	0.65	1.21	29.5	81.68	0		
0,315-0,4	55.77	53.34	45.9	7.5	60.25	72.59	51.37	58.64	74.51	2	40.3	71.03	64.5	48.25	58.22	0	50.32	59.55	61.24	41.14	41.59	36.97	89.43	79.28	66.08	43.49	92.11	1.17	2.52	37.97	82.3	0		
0,25-0,315	61.42	62.6	60.7	9.4	69.29	80.43	64.27	63.82	77.51	6.91	48.24	77.31	74.31	53.5	67.48	0.1	57.36	67.03	70.03	53.87	48.05	41.5	91.1	80.93	73.14	55.5	93.21	2.7	7.73	44.88	82.76	0		
0,2-0,25	66.07	69.6	70.19	10.9	75.04	84.94	73.41	67.27	79.37	17.06	54.12	80.47	77.95	56.37	71.83	0.4	60.52	71.24	73.12	59.96	51.1	44.35	92.39	82.23	77.71	65.08	93.7	6.41	18.64	49.37	83.03	0		
0,16-0,2	69.93	74.83	75.91	12.2	78.48	87.84	79.52	69.63	80.8	30.31	59.37	82.24	79.54	58.87	74.28	0.8	62.88	73.72	75.48	64.57	53.27	46.5	93.3	83.2	81.13	71.44	94.1	13.28	32.89	52.83	83.22	0		
0,125-0,16	73.51	78.27	79.63	13.6	81.02	89.81	83.89	71.76	82.17	44.27	64.65	83.54	80.54	61.62	76.12	1.5	64.83	75.64	77.64	68.91	55.39	48.41	93.98	84.07	83.78	76.3	94.88	22.7	48.52	56.57	83.37	0		
0,1-0,125	76.57	80.62	82.31	14.6	83	91.1	86.77	74.07	83.67	55.87	70.42	84.73	81.46	65.05	77.71	3	67.27	77.12	79.78	73.25	57.97	50.57	94.49	84.82	85.98	79.84	95.14	33.78	60.53	60.83	83.53	0		
0,08-0,1	78.84	81.96	83.75	15.9	84.42	91.88	88.24	75.98	84.91	62.67	74.86	85.7	82.3	68.25	79.26	5.8	69.46	78.55	81.49	76.2	60.84	53.01	94.87	85.46	87.51	82.27	95.44	41.81	68.57	66.07	83.69	0		
0,063-0,08	81.11	83.39	85.17	17.8	85.95	92.54	89.49	78.21	86.3	68.39	79.75	86.8	83.46	71.94	81.18	10.8	72.43	79.9	83.41	79.06	64.15	56.36	95.23	86.13	88.82	84.16	95.68	50.04	74.56	71.76	83.92	0.3		
0,05-0,063	82.63	84.31	86.12	20	87.03	92.89	90.15	79.87	87.24	72.18	82.6	87.55	84.48	74.4	82.64	16.5	74.95	80.84	84.81	81	66.67	58.8	95.39	86.49	89.43	85.41	95.84	55.91	77.86	75.62	84.07	0.7		
0,04-0,05				22.6												22.5																	1.8	
0,0315-0,04				25.6												29.5																	3.1	
0,025-0,0315				28.5												36.4																	4.8	
0,02-0,025				32												43.7																	7	
0,016-0,02				35.8												51.5																	9.9	
0,0125-0,016				40												58.8																	13.3	
0,01-0,0125				44.2												66																	16.5	
0,008-0,01				48.4												71.5																	20.5	
0,0063-0,008				53.3												76																	24.6	
0,005-0,0063				58												80																	29	
0,004-0,005				62.4												83																	33.1	
0,00315-0,004				67.1												86																	37.8	
0,0025-0,00315				71.7												88.3																	42.3	
0,002-0,0025				75												90.2																	46.5	
0,0016-0,002				77.8												91.9																	50	
0,00125-0,0016				80.1												93.3																	53.6	
0,001-0,00125				82.2												94.5																	57	

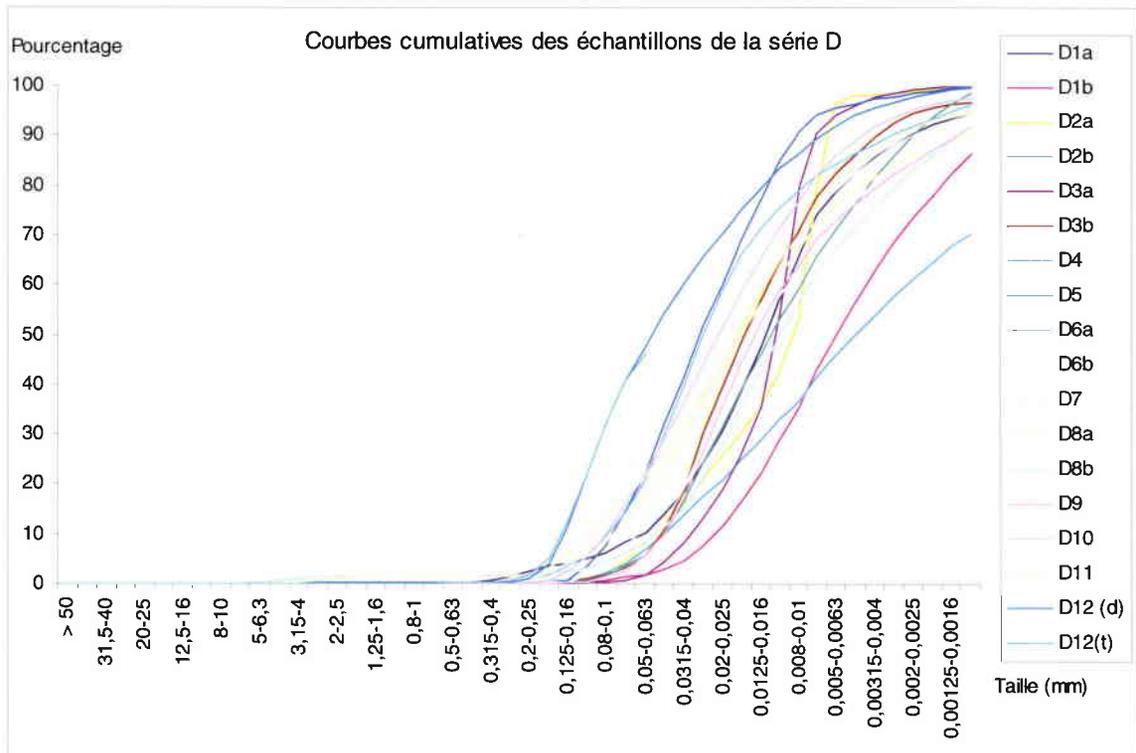
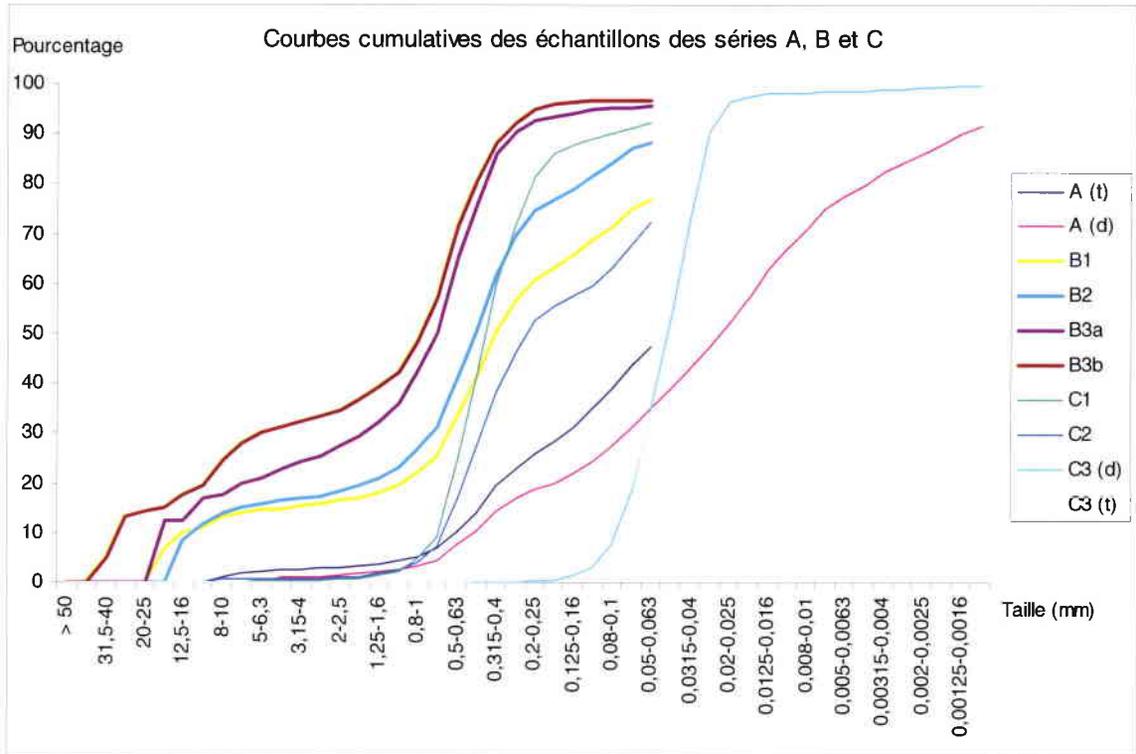
## ANNEXE VIII.4 - COURBES GRANULOMETRIQUES CUMULATIVES.

A - Courbes granulométriques du remplissage de l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine.

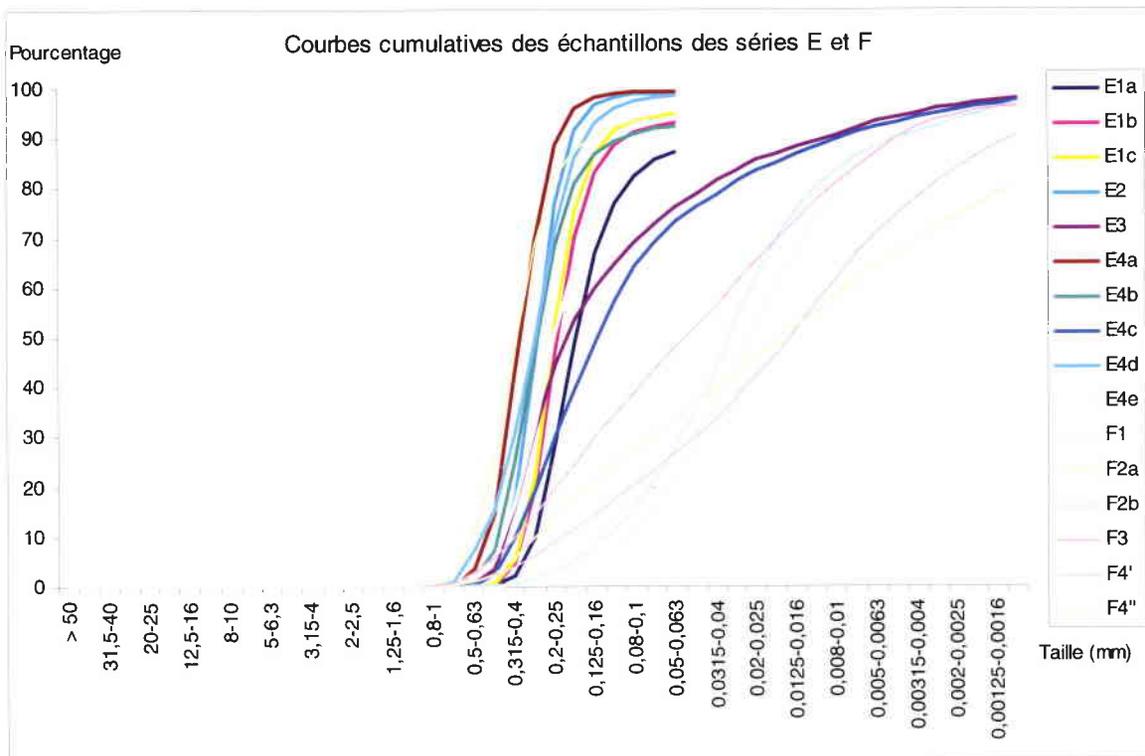
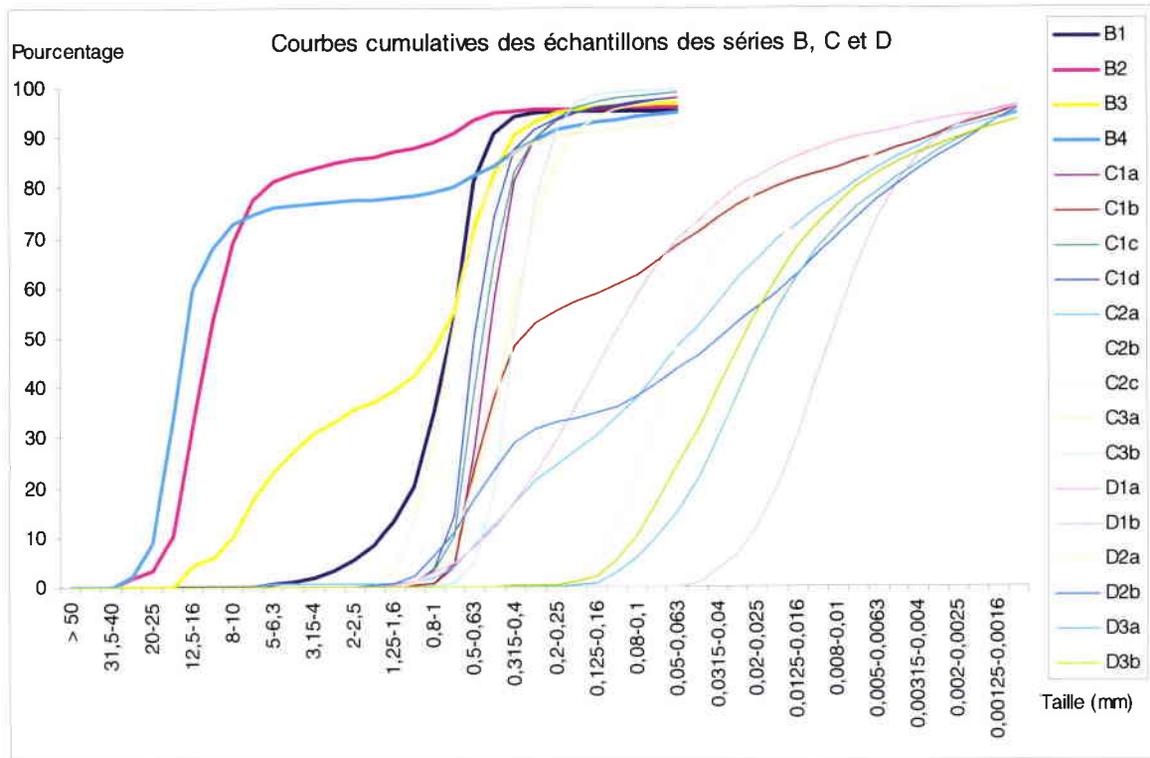




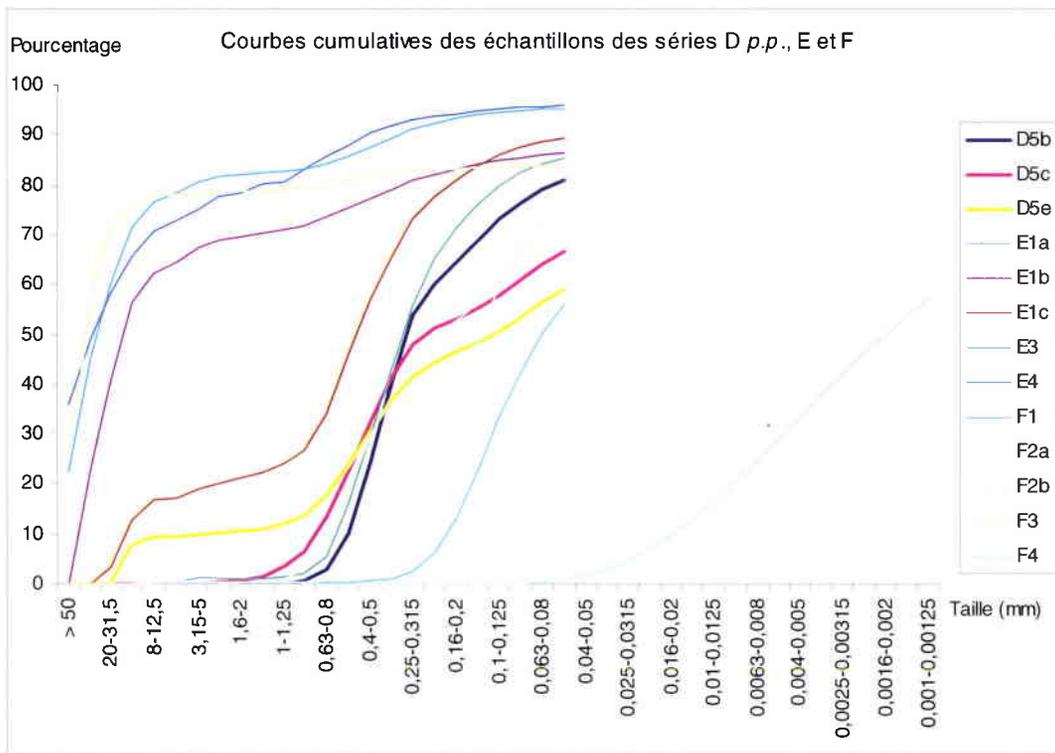
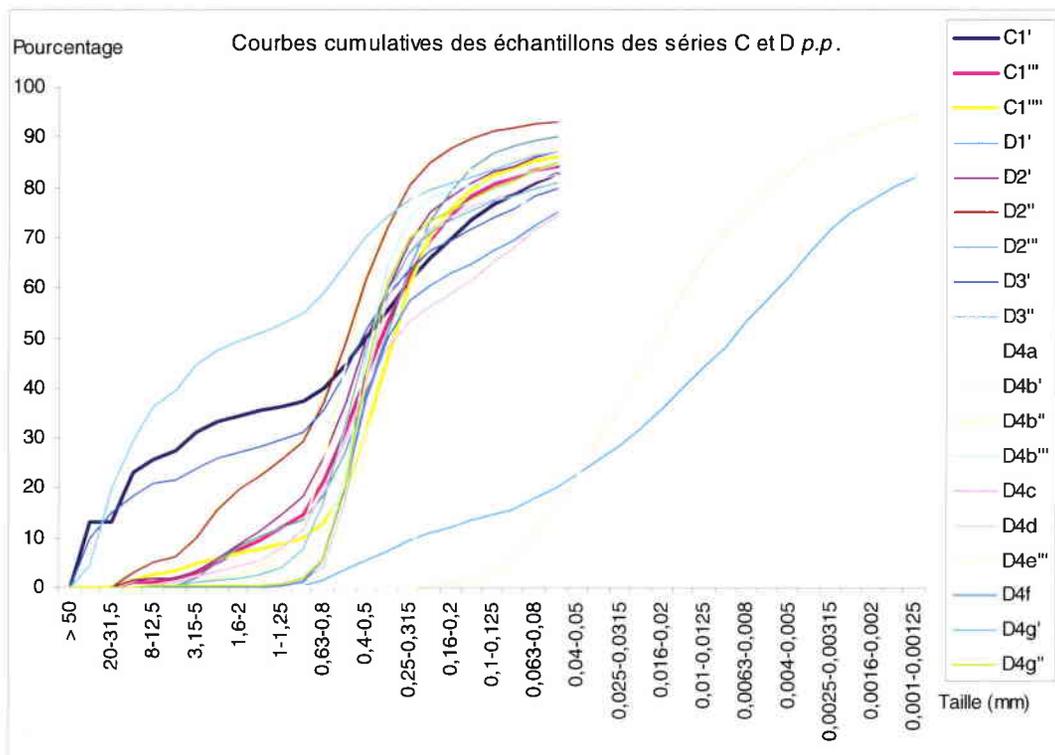
B - Courbes granulométriques du remplissage de la Salle des Draperies de la Grotte Sainte-Reine.



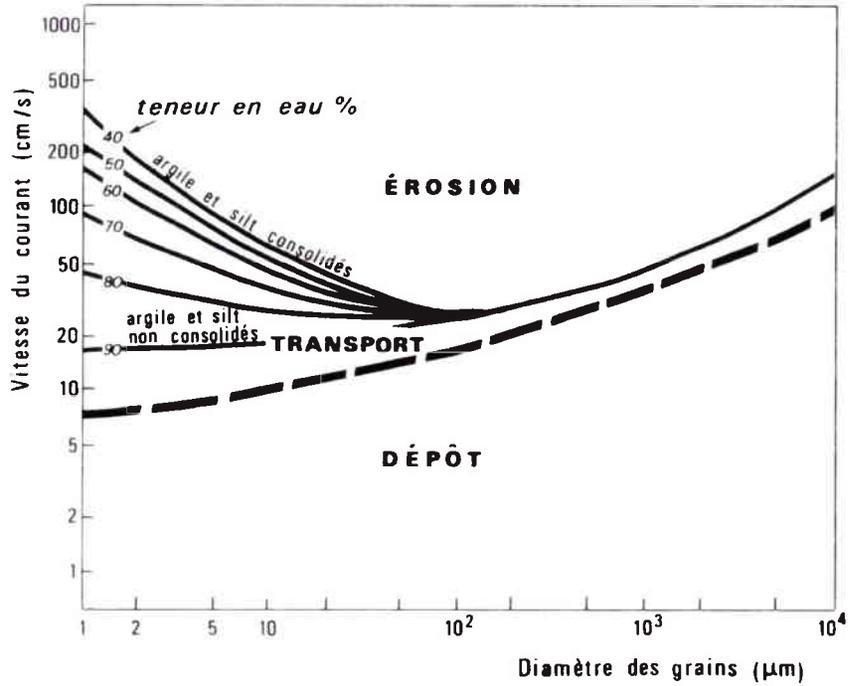
### C - Courbes granulométriques du remplissage de la Galerie du Calvaire de la Grotte Sainte-Reine.



D - Courbes granulométriques du remplissage de l'Entrée B de la Grotte Sainte-Reine.



**ANNEXE VIII.5 - DIAGRAMME DE HJULSTRÖM, MODIFIÉ ET COMPLETE  
PAR H. CHAMLEY (2000, fig. 3.1).**



« Relations entre la vitesse d'un courant aqueux, le comportement de grains de diverses tailles, et leur degré de consolidation ».

**ANNEXE VIII.6 - DESCRIPTIONS DES COUPES SEDIMENTAIRES  
SECONDAIRES, DES CAROTTAGES ET DES PRELEVEMENTS ISOLÉS  
DES GROTTES ET CAVITES DE LA HAYE CENTRALE.**

Dans cette annexe, on s'attache à décrire la trentaine de remplissages complémentaires des cinq sondages principaux étudiés en détail dans le chapitre VIII. Cela permet d'étoffer les caractéristiques morphosédimentaires, vues de façon globale dans le texte (*cf.* § VIII.2.6.), et d'éclairer le lecteur sur certains lieux de prélèvement des échantillons analysés dans la section VIII.3.

Pour ces divers comblements endokarstiques, les corrélations avec les séries des coupes principales sont délicates ou impossibles à effectuer. Une nomenclature simple de superposition des unités sédimentaires est donc préférée. Toutefois, pour les coupes et carottages de la Grotte Sainte-Reine, des raccords stratigraphiques sont recherchés entre remblaiements voisins, afin de faciliter la compréhension de la synthèse relative aux remplissages du réseau (*cf.* conclusion de la section VIII.2.).

**A-VIII.6.1. Les coupes, carottages et prélèvements isolés du réseau Sainte-Reine *s.l.***

Les différents remplissages de ce réseau sont regroupés de la même façon que dans le texte, c'est-à-dire en fonction de leurs contextes macromorphologiques généraux et/ou de leurs proximités géographiques.

◆ Les coupes de l'Entrée B et de la Galerie Montante Carrière.

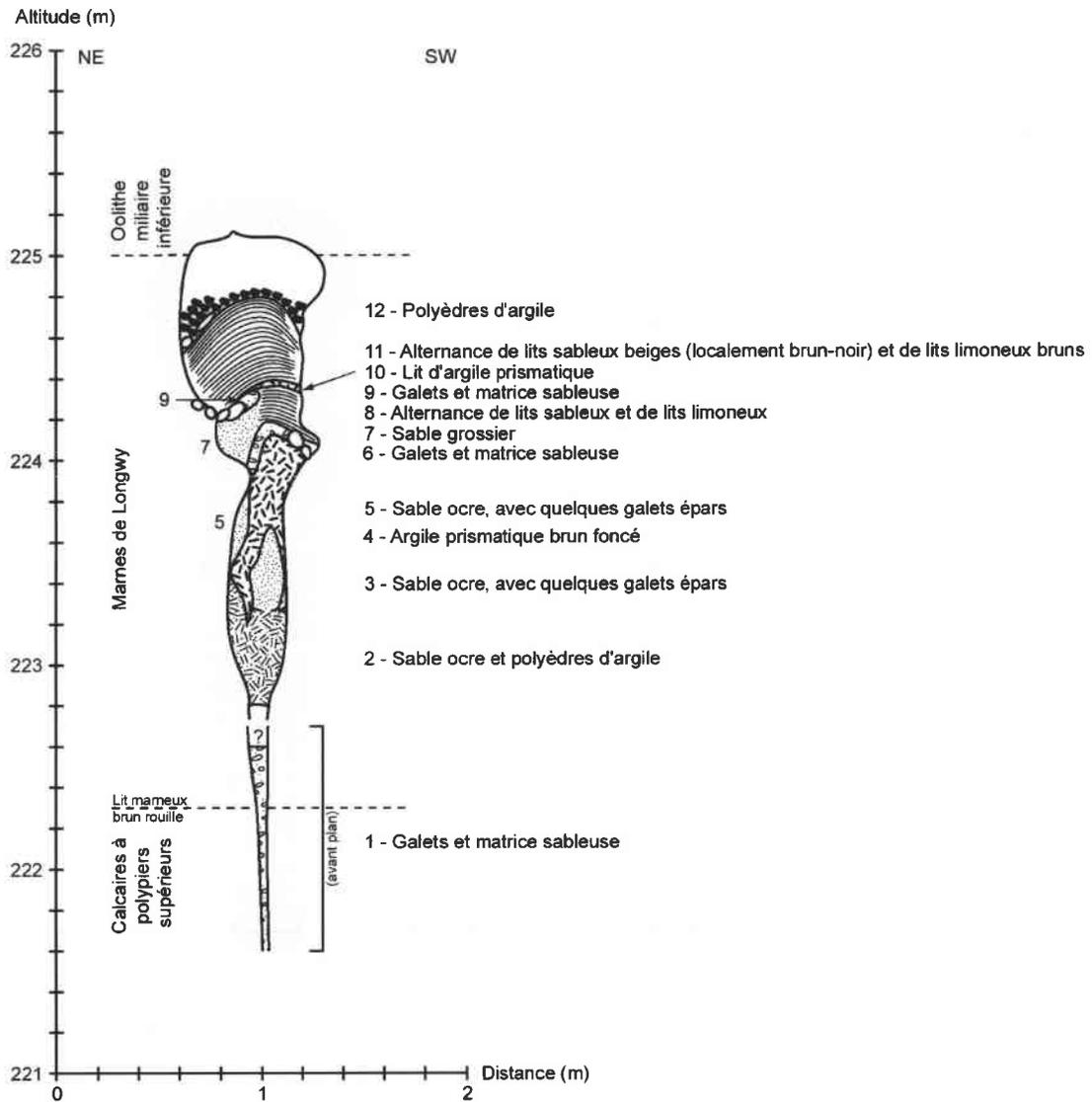
• La coupe SR-EB(II).

La coupe SR-EB(II) se situe à une dizaine de mètres en face de SR-EB(I) étudiée en détail dans le texte, dans la même galerie éventrée par la carrière souterraine. Malgré cette proximité, elle possède un remplissage qui se différencie assez nettement (figure A-VIII.16).

La galerie est ici très étroite, entre 5 et 65 cm de large ; elle se pince vers le bas. Le contexte géologique est le même que celui déjà indiqué pour la coupe SR-EB(I), c'est-à-dire que le conduit apparent est essentiellement développé dans les Marnes de Longwy.

Le remplissage peut être divisé en quatre séries :

- à la base, en avant plan, la diaclase est occupée par des sédiments grossiers (1) ;
- au-dessus, on observe des unités sableuses et limono-argileuses (2-5), indiquant une diminution de puissance des écoulements ;
- puis se sont mis en place des séquences à galets, dans lesquelles s'intercalent des lits sableux ou des lamines sablo-limoneuses alternantes (6-9). Ceci atteste de reprises temporaires d'une compétence marquée des circulations ;
- enfin, on retrouve des sédiments fins liés à des courants de faible intensité (lamines alternantes de sables et de limons), avant une dernière phase de décantation précédant l'assèchement définitif de la galerie (polyèdres argilo-limoneux) (10-12).



Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : SR-EB(II)

Légende commune à tous les sondages (coupes et carottages) non détaillés :

	Unité à galets siliceux		Lits sableux et limoneux alternant
	Unité à galets calcaires		Polyèdres argilo-limoneux
	Unité essentiellement sableuse		Galets siliceux épars
	Unité essentiellement limoneuse		Remblai de carrière
	Unité limono-argileuse		Calcaire (encaissant ou bloc)
	Unité hétérométrique (sable et fines)		Concrétion

NB : l'utilisation du mot " argile " dans les croquis correspond généralement à des sédiments compacts, limono-argileux au sens granulométrique du terme, d'après les analyses effectuées sur d'autres échantillons d'aspect comparable.

**Figure A-VIII.16 - Coupe II de l'Entrée B**  
**(Pierre-la-Treiche - Grotte Sainte-Reine - X = 865,510 - Y = 1111,340 - Z = ~224).**

La comparaison de ces caractéristiques sédimentologiques avec celles des séries de la coupe SR-EB(I), montre que **les variations longitudinales de faciès sont rapides**. Seules trois séquences semblent correspondre entre les deux coupes situées en vis-à-vis : les deux unités caillouteuses supérieures et les polyèdres argilo-limoneux sommitaux.

- La coupe SR-EB(III).

A environ 3 m au SSW de la coupe I de l'Entrée B, un conduit adjacent, probablement connectée à la galerie principale (soit au nord, soit à l'est avant l'exploitation de la pierre), est visible dans la carrière souterraine. Il est largement obstrué par un remplissage alluvial, représenté par la coupe SR-EB(III) (figure A-VIII.17). Les données géologiques définies pour la coupe détaillée sont exactement identiques ici.

On distingue de bas en haut :

- une diacalse remplie de sable, avec galets épars (1) ;
- une grosse unité à galets, qui apparaît stratifiée horizontalement à son sommet en raison d'une passée sableuse intercalée (2-4) ;
- un lit limoneux (5) ;
- des polyèdres argilo-limoneux au-dessus de blocs calcaires effondrés (6).

Les conditions hydrodynamiques à l'origine de ces dépôts peuvent être reprises de l'étude de la coupe SR-EB(I), puisque des bonnes ressemblances existent entre les deux remplissages. Ainsi, la série E peut être corrélée aux unités {SR-EB(III)-2 à 4} et les polyèdres argilo-limoneux sommitaux sont aussi probablement synchrones. On peut effectuer les mêmes liaisons stratigraphiques avec la coupe SR-EB(II). En outre, on constate une similitude de faciès entre les séquences SR-EB(III)-1 et {SR-EB(II)-3 ou 5}.

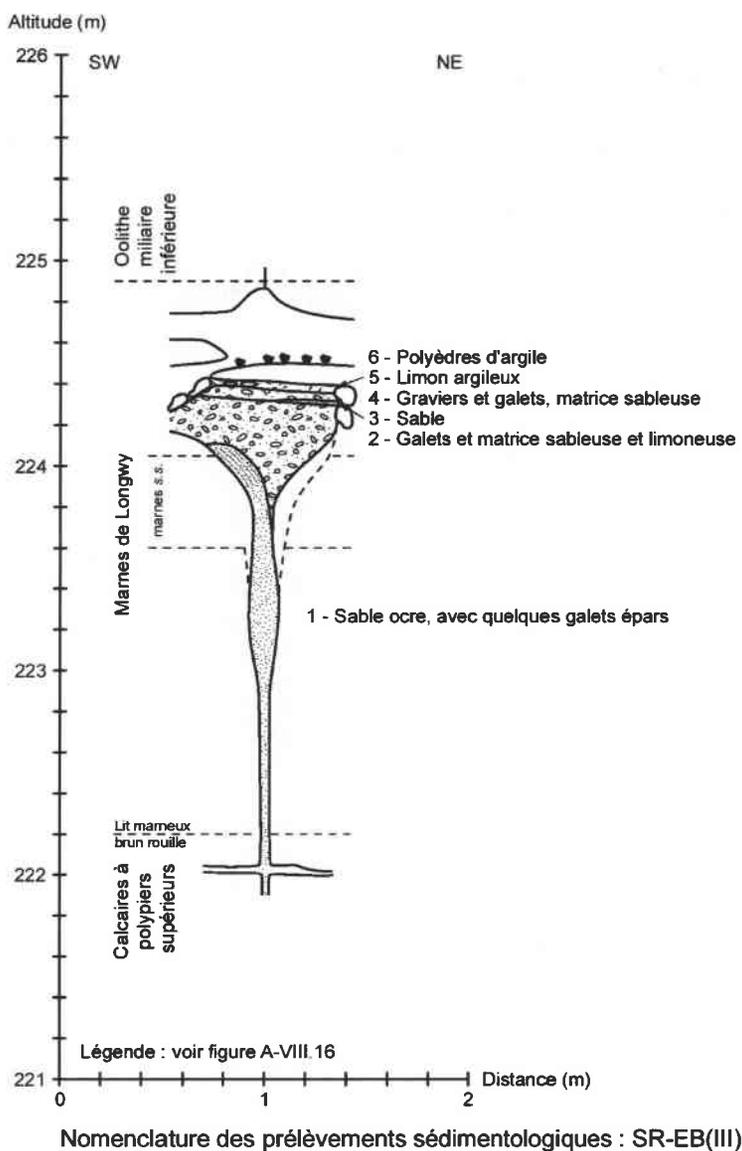
- Le remplissage de la Galerie Montante Carrière (AC-GMC).

Dans l'Ancienne Carrière, entre la Grotte Sainte-Reine et la Cavité du Futur, se trouve la Galerie Montante Carrière. Il s'agit d'un gros conduit développé dans les Calcaires à polypiers supérieurs, les Marnes de Longwy et l'Oolithe miliaire inférieure, et obstrué par des alluvions au bout d'une dizaine de mètres. Le remplissage a été relevé très schématiquement, au niveau de la paroi occidentale, à la limite des deux formations du Bajocien supérieur, vers 228 m d'altitude (figure A-VIII.18).

Le comblement est constitué de trois unités :

- à la base, sur la strate marneuse des Marnes de Longwy, reposent des sables dans lesquels s'intercalent des lamines limoneuses (1). La stratification est subhorizontale et le dépôt résulte de courants d'intensité variable ;
- au-dessus s'est mis en place un important volume à galets, de type "*clast-supported*", grâce à des écoulements puissants (2) ;
- la dernière unité (3), essentiellement sableuse, consiste en une variation latérale de faciès, au nord de la séquence précédente. Sa postériorité par rapport à cette dernière n'est pas établie avec certitude, mais supposée en raison des amas de galets qu'elle contient de façon éparse, et qui pourraient provenir de l'unité (2).

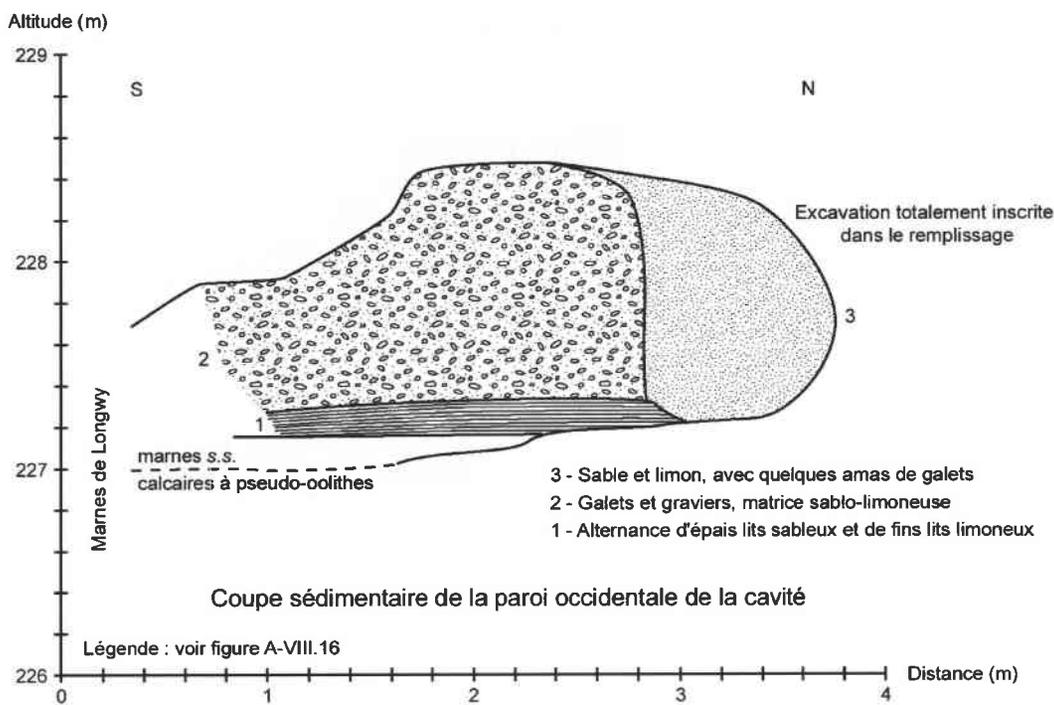
**Ce remplissage s'apparente à celui de la Cavité du Futur** : la séquence grossière AC-GMC-2 (et AC-GMC-3 aussi peut-être) provient sans doute de "puits-cheminées" tout proches, mais non observés, alors qu'en dessous existent des sédiments transportés et accumulés par des circulations fluviales souterraines d'origine plus lointaine.



**Figure A-VIII.17 - Coupe III de l'Entrée B  
(Pierre-la-Treiche - Grotte Sainte-Reine - X = 865,510 - Y = 1111,340 - Z = ~224).**

◆ Les carottages de la Galerie de l'Est.

La Galerie de l'Est de la Grotte Sainte-Reine est peu propice à la réalisation de carottages au nord du Puisard, en raison des dimensions restreintes qui la caractérisent (moins d'un mètre de diamètre en général). Deux endroits présentent tout de même un relèvement de plafond, à la faveur de coupes : l'un se situe dans les Lacets, l'autre correspond à la Petite Chambre (*cf.* planches VII.17 et VIII.2).



Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : AC-GMC

**Figure A-VIII.18 - Croquis du remplissage de la Galerie Montante Carrière (Pierre-la-Treiche - X = 865,625 - Y = 1111,325 - Z = 228).**

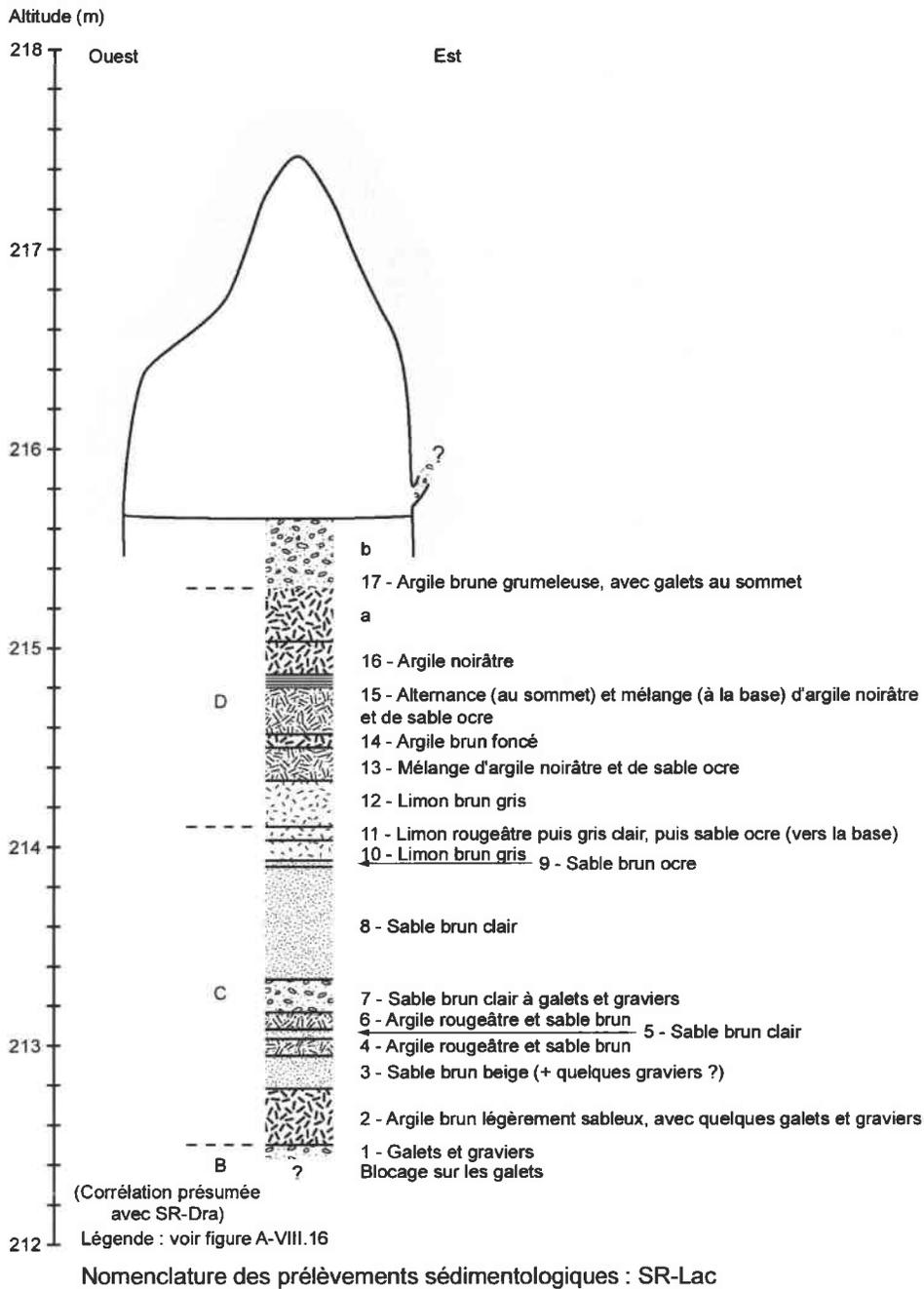
- Le carottage des Lacets (SR-Lac).

Le carottage des Lacets a été effectué dans le virage à 120° opéré par la galerie, une quinzaine de mètres à l'ENE du Puisard. A cet endroit existe dans la paroi orientale un minuscule boyau contenant des galets. Ces matériaux pourraient être issus de la Galerie du Canyon, toute proche en plan et vraisemblablement plus haute d'un point de vue altitudinal.

Le remplissage a été creusé sur 35 cm en surface, pour échantillonner les galets descendus par le boyau. Il a ensuite été carotté jusqu'à un blocage par des galets, à une profondeur totale de 3,2 m (212,4 m en altitude absolue). Le forage a révélé de nombreuses variations stratigraphiques, que l'on peut diviser en trois séries.

De bas en haut, ce sont (figure A-VIII.19) :

- une unité caillouteuse (1), à l'origine de l'arrêt du carottage ;
- une série à dominante sableuse, constituée de onze séquences (2-12). Les faciès sont hétérogènes, puisqu'ils vont des fines sableuses aux sables à galets et graviers ;
- une série essentiellement limono-argileuse, avec quelques passées sableuses (12-17). Au sommet, les galets issus du minuscule boyau sont mélangés aux fines, mais ils disparaissent rapidement lorsque l'on s'éloigne du virage.



**Figure A-VIII.19 - Carottage des Lacets (Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Est).**

A une phase de forts écoulements ont donc succédé des circulations variables, encore assez puissantes parfois, avant que ne se déposent des particules fines dans des courants plus faibles. **Cette évolution hydrodynamique générale évoque la stratigraphie des séries B à D des coupes principales.** Les galets en surface peuvent être mis en rapport avec la série E, bien qu'ils ne constituent pas une unité sédimentaire distincte et qu'ils n'aient pas connu de redistribution fluviale.

- Le carottage de la Petite Chambre (SR-PC).

La Petite Chambre se localise à peu près au milieu de la Galerie de l'Est. Il s'agit du seul endroit où l'on puisse se mettre debout au-delà du Puisard, et également un des lieux les plus bas du réseau Sainte-Reine, en altitude.

Après une petite coupe de 50 cm creusée à la pelle, le remplissage a été carotté sur 1,8 m supplémentaire, avant blocage sur le bed-rock, un bloc calcaire, ou des galets<sup>1</sup>. Le comblement est donc relevé sur 2,3 m au total, jusqu'à 208,5 m d'altitude absolue (figure A-VIII.20).

Deux séries sont visibles de bas en haut :

- la série basale est essentiellement sableuse, avec quelques lits plus limoneux (1-5) ;
- la série supérieure est composée de sept séquences argilo-limoneuses (6-12). On note la présence de grains calcaires grossiers au sein de certains sédiments fins.

La texture révèle donc une diminution de puissance des paléoécoulements au cours de la sédimentation. Des **corrélations correctes avec le carottage des Lacets** semblent possibles : la succession des faciès {SR-PC-1 à 6} et {SR-PC-11 et 12}, sont très semblables à celles {SR-Lac-8 à 12} et {SR-Lac-16 et 17}, respectivement. Dans cette hypothèse de raccords stratigraphiques, le blocage du forage sur une unité à galets paraît se confirmer.

- ◆ Les carottages de la Galerie de l'Ouest.

La Galerie de l'Ouest de la Grotte Sainte-Reine possède des volumes de vides plus importants que la Galerie de l'Est ; elle est donc plus favorable à la réalisation de carottages. Cinq endroits répartis de part et d'autre de la coupe de la Galerie du Calvaire, dans la partie médiane de la Galerie de l'Ouest, ont été sélectionnés : au nord de la Galerie des Soupirs, dans la Salle du Calvaire, dans la Galerie du Calvaire à côté de la Table de Moïse, dans la Caverne du Cyclope et dans la Salle de la Rotonde (cf. planches VII.17 et VIII.2).

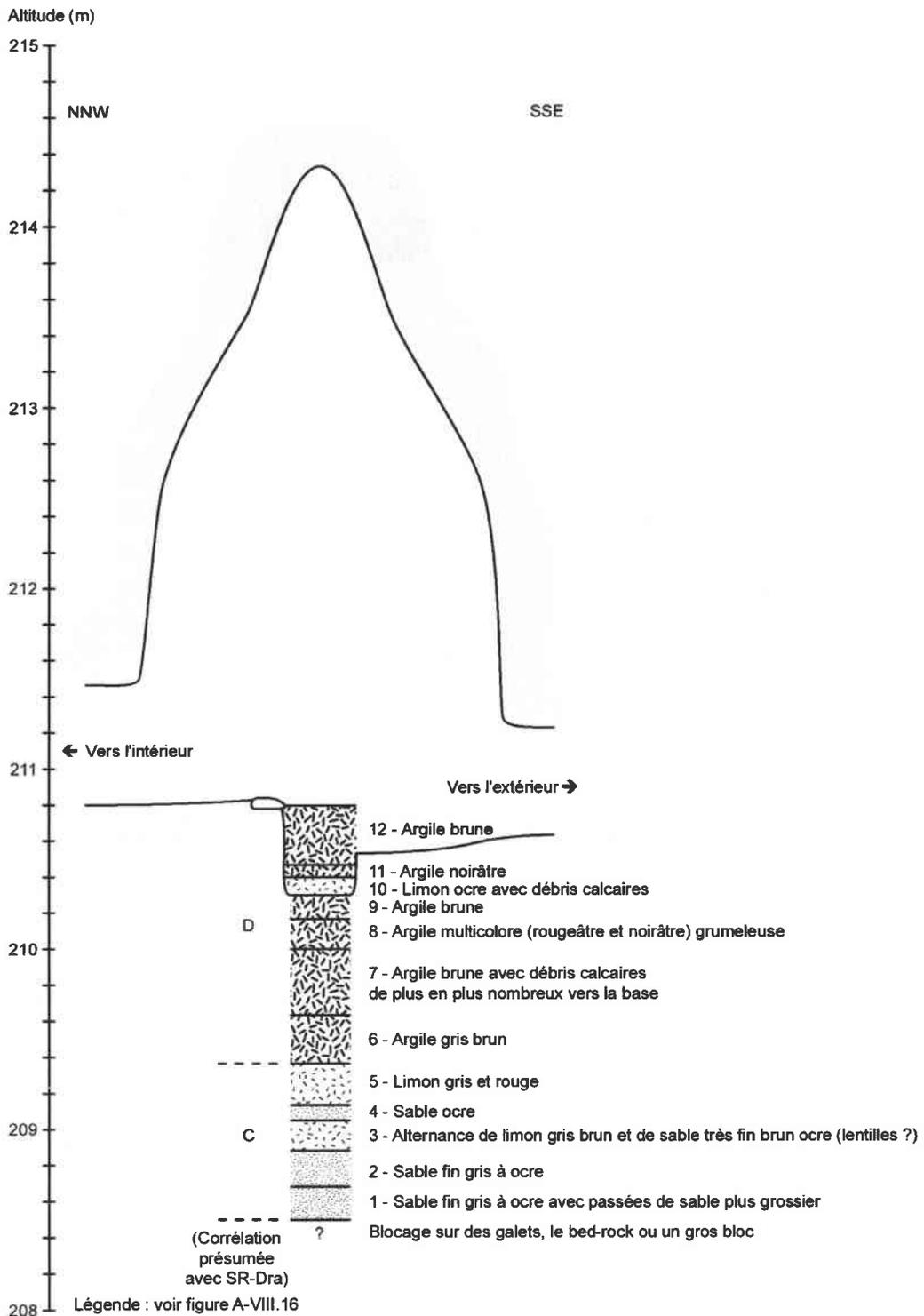
- Le carottage de la Galerie des Soupirs (SR-Sou).

La Galerie des Soupirs est un conduit de section appréciable, vraisemblablement remblayé sur une grande épaisseur (figure A-VIII.21 ; cf. photo VII.5). Le carottage effectué dans la descente vers le Passage de la Tête de Renard, a traversé 3,2 m (carottier au maximum) de sédiments à texture homogène, sans atteindre le bed-rock. Hormis quelques lits de sable, le remplissage est uniquement constitué de fines ou de mélange limono-sableux. On ne détecte donc qu'**une seule série sédimentaire**, difficile à corréliser avec d'autres comblements connus.

Les faciès rencontrés résultent d'accumulations réalisées dans des courants de faible puissance, ce qui s'accorde avec les caractéristiques spéléomorphologiques locales : on suppose que les écoulements se dirigeaient vers le Passage de la Tête de Renard, qui s'apparente à un siphon. Le ralentissement des circulations est donc logique (mise en charge à l'amont d'une étroiture ; Jaillet, 1999b), et il est probable que des analyses granulométriques des sédiments fourniraient des classements très mauvais, liés à l'**entrave morphologique au déplacement des charges solides**.

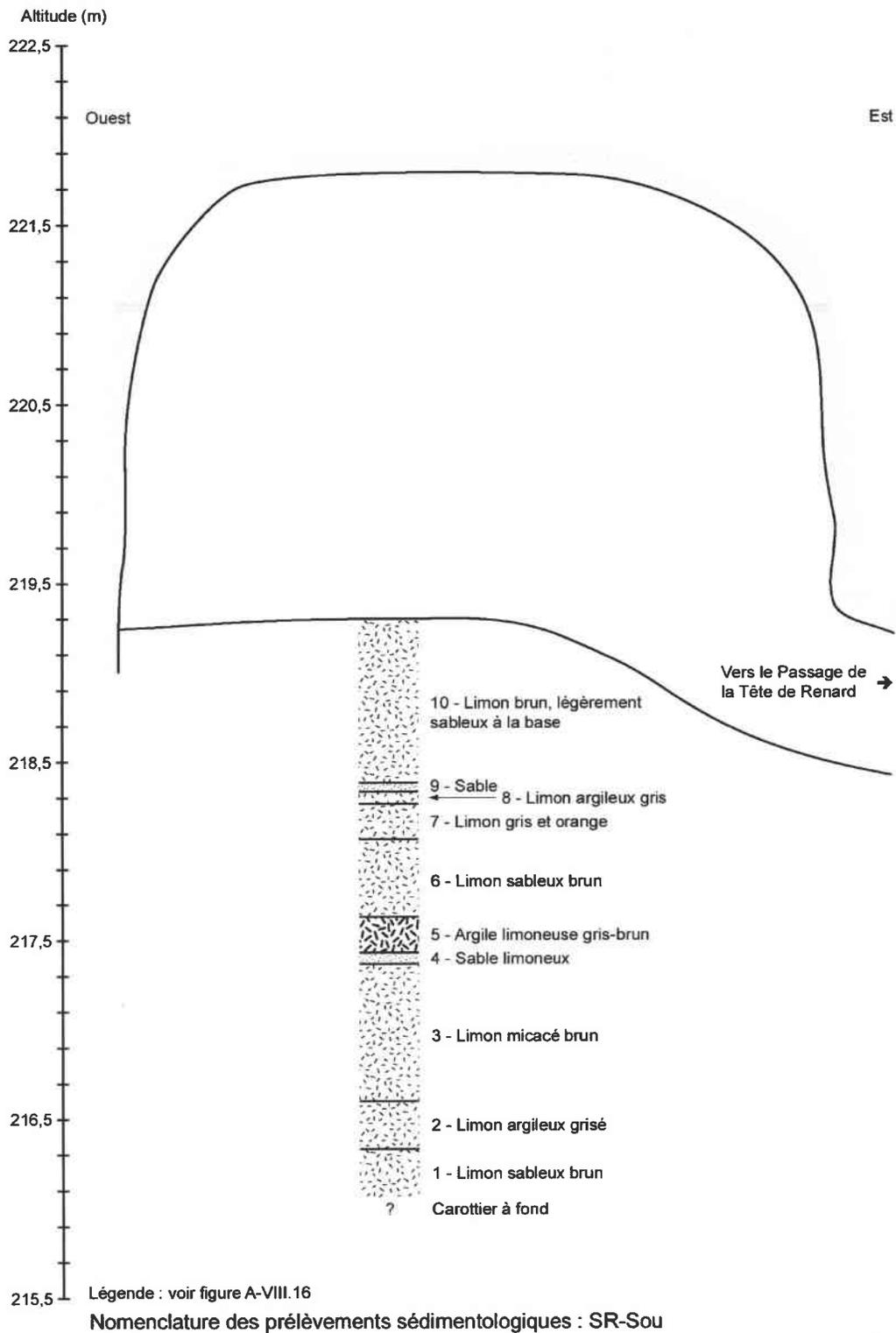
---

<sup>1</sup> Un premier forage, effectué 20 cm plus au sud-est, a été bloqué par la paroi qui allait en biais, à une profondeur de 1,15 m.



Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : SR-PC

**Figure A-VIII.20 - Carottage de la Petite Chambre  
(Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Est).**



**Figure A-VIII.21 - Carottage de la Galerie des Soupirs (Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Ouest).**

- Le carottage de la Salle du Calvaire (SR-Cal).

Immédiatement au nord du Passage de la Tête de Renard et une petite quinzaine de mètres au sud de la fosse de la Galerie du Calvaire, se trouve la Salle du Calvaire, qui ne

correspond qu'à un élargissement de conduit au croisement de plusieurs galeries. Le carottage a été effectué au nord de la " salle ", avant le plongement de la voûte en direction de la Galerie du Calvaire.

Le remplissage a pu être traversé par le carottier jusqu'à une profondeur de 2,8 m environ, soit près de 214,2 m en altitude absolue (figure A-VIII.22). Le blocage est probablement dû à la paroi ou à un gros bloc calcaire, éventuellement au bed-rock. A 2,2-2,3 m de profondeur, le carottier a déjà été gêné par un gros bloc (ou la paroi) situé du côté septentrional du forage.

D'un point de vue sédimentaire, on peut diviser le comblement en trois séries :

- à la base se sont accumulés des limons, dans lesquels sont mélangés quelques grains grossiers calcaires ou siliceux, ou bien une fraction sableuse minoritaire (1-2) ;
- au-dessus se rencontrent des sables plus ou moins purs (3-6) ;
- la troisième série est constituée d'une alternance de séquences argilo-limoneuse (7-9), sableuse (10) et limono-sableuse hétérométrique (11-12). On retrouve des grains calcaires grossiers dans un des lits argilo-limoneux.

Les faciès révèlent donc des variations modérées des conditions hydrodynamiques à l'origine de la sédimentation dans la Salle du Calvaire. A la puissance croissante des écoulements pour les deux premières séries, succède une diminution globale des vitesses de circulations, entrecoupée par des courants temporaires plus forts.

Compte tenu du contexte spéléomorphologique du lieu de forage, situé dans le même conduit que la Fosse du Calvaire (étudiée en détail dans le texte) et sans galeries adjacentes visibles, on peut s'attendre à une similitude des remplissages entre les deux endroits. Dans les faits, comme dans la carrière souterraine de l'Entrée B, les modifications longitudinales sont importantes et les **raccords stratigraphiques difficiles à réaliser**. A titre d'hypothèse, on peut corréliser les unités 1 et 2 à la série D, celles 3 à 6 à la série E et le reste à la série F.

- *Le carottage de la Table de Moïse (SR-TM).*

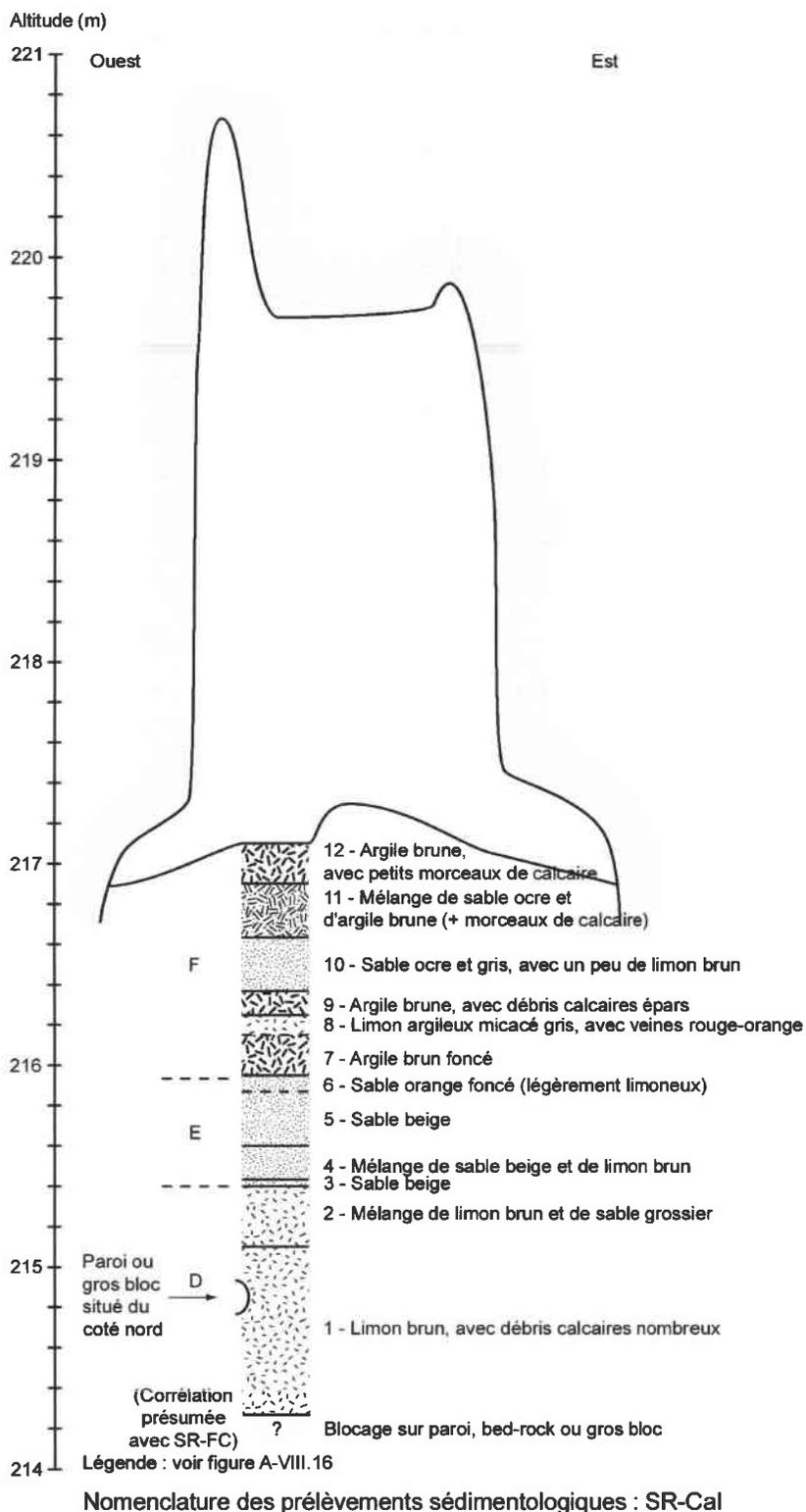
Le carottage de la Table de Moïse se situe dans la Galerie du Calvaire, à 2,65 m au nord de la coupe transversale septentrionale de la Fosse du Calvaire. Malgré cette proximité, le remplissage diffère fortement de celui observé dans l'excavation.

Le carottage de 3,2 m de profondeur (ou 215 m en altitude absolue) n'a pas atteint le bed-rock, mais a été gêné par une banquette, probablement, vers 1,8-2 m de profondeur.

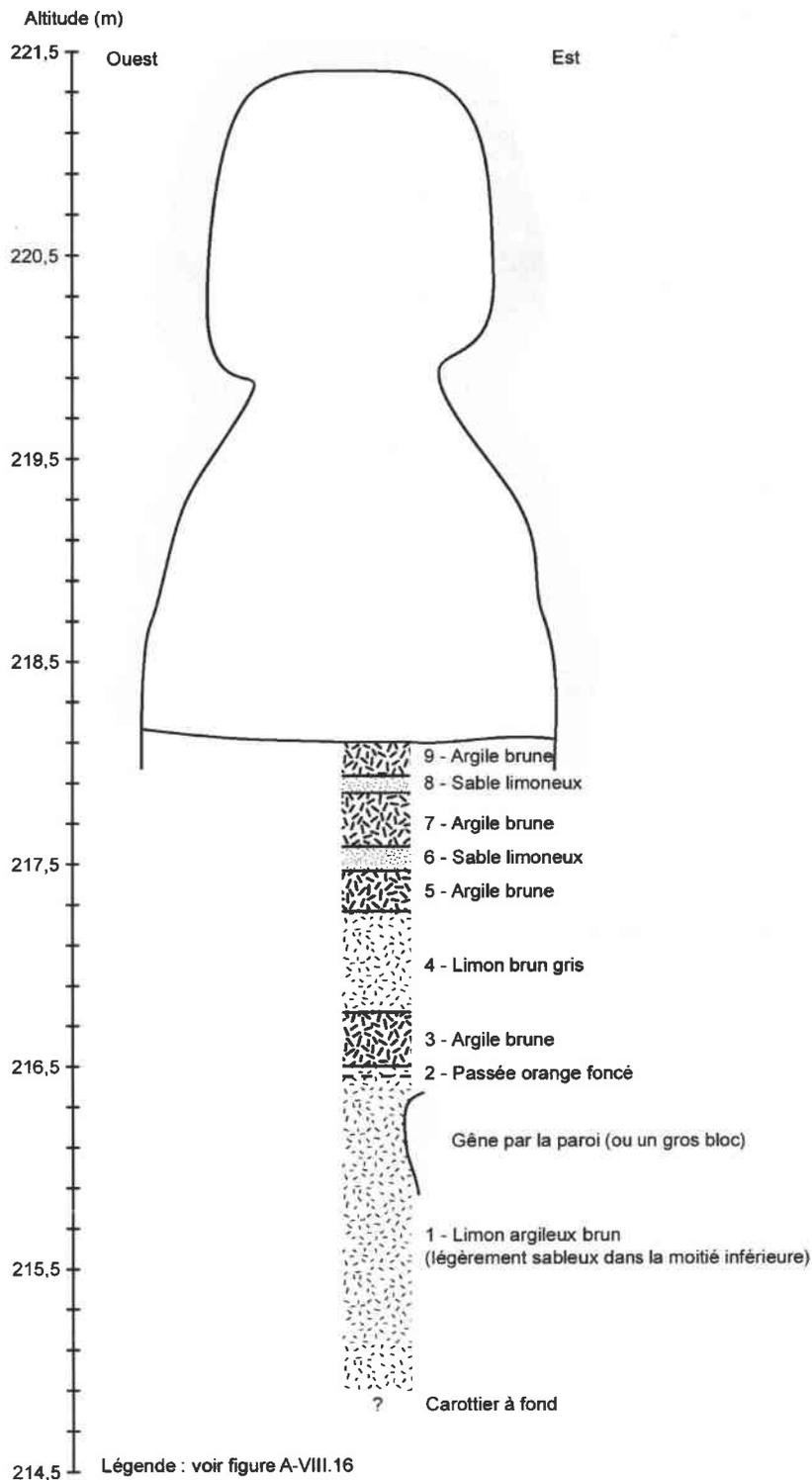
Les faciès traversés sont assez homogènes (figure A-VIII.23) :

- une série limoneuse de plus de 2,3 m d'épaisseur est visible à la base (1-3) ;
- elle est surmontée par une alternance de séquences argilo-limoneuses et d'unités sableuses (4-8).

La **disparition totale de la série E très sableuse**, observée dans la fosse, constitue un mystère. De toutes les hypothèses imaginables, aucune n'est réellement satisfaisante : variations longitudinales de faciès très importantes sur une distance inférieure à 3 m (effet de " barre de chute " particulièrement marqué au niveau de la Fosse du Calvaire, qui se trouve à la sortie d'un passage bas ; cf. Sorriaux, 1982), éventuellement en raison d'un obstacle important (gros bloc ?) ; érosion ou non accumulation des unités sableuses, avec peut-être des variations latérales de faciès ; existence d'une galerie confluyente, cachée par le remplissage, qui aurait modifié les conditions de la sédimentation ?



**Figure A-VIII.22 - Carottage de la Salle du Calvaire (Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Ouest).**



Carottage effectué 2,65 m au nord de la coupe transversale septentrionale de la fosse de la Galerie du Calvaire

Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : SR-TM

**Figure A-VIII.23 - Carottage de la Table de Moïse  
(Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Ouest - Galerie du Calvaire).**

- *Le carottage de la Caverne du Cyclope (SR-CC).*

Au nord de la Galerie du Calvaire se développe la Caverne du Cyclope, qui constitue une salle au croisement de plusieurs galeries. Le carottage SR-CC se situe au centre de cette salle, donc à une dizaine de mètres au nord de SR-TM. Il a été réalisé dans une petite excavation anthropique préexistante, d'une cinquantaine de centimètres de profondeur.

Avec la hauteur maximale fournie par le carottier (bed-rock non atteint), le remplissage peut être décrit sur 3,8 m d'épaisseur.

Comme dans SR-TM, les textures fines sont largement prédominantes (figure A-VIII.24) :

- une série basale limono-argileuse (1-5) est visible sur environ 2 m ;
- une série supérieure est constituée d'une alternance de séquences argilo-limoneuses et d'unités sableuses (6-14).

Ces deux séries semblent correspondre globalement à celles rencontrées dans SR-TM. Les différences principales résident dans une épaisseur plus importante de la série supérieure et dans l'existence d'une séquence argilo-limoneuse multicolore, avec passées de grains calcaires grossiers (2), dans la série inférieure, pour le cas de SR-CC.

Le remplissage de la Caverne du Cyclope possède en outre **certaines similitudes de faciès avec les unités sédimentaires de la fosse de la Galerie du Calvaire**. Ainsi, la succession stratigraphique {SR-CC-1 à 6} peut être corrélée avec les séquences D1 à F1, grâce à différents indices :

- fines claires surmontées de fines foncées multicolores avec lits de gros grains, comme dans la série D ;
- augmentation granulométrique (série E, limoneuse au lieu d'être sableuse), suivie d'un dépôt fin à nouveau (unité F1).

Ces raccords stratigraphiques, qui incluent des variations longitudinales de faciès assez importantes (série E), sont ici moins étonnantes que dans le cas de SR-TM, en raison de l'éloignement des deux remplissages comparés et des modifications spéléomorphologiques multiples entre les deux endroits ("confluence" de plusieurs conduits, galerie aux formes de plafond variables et changements dimensionnels).

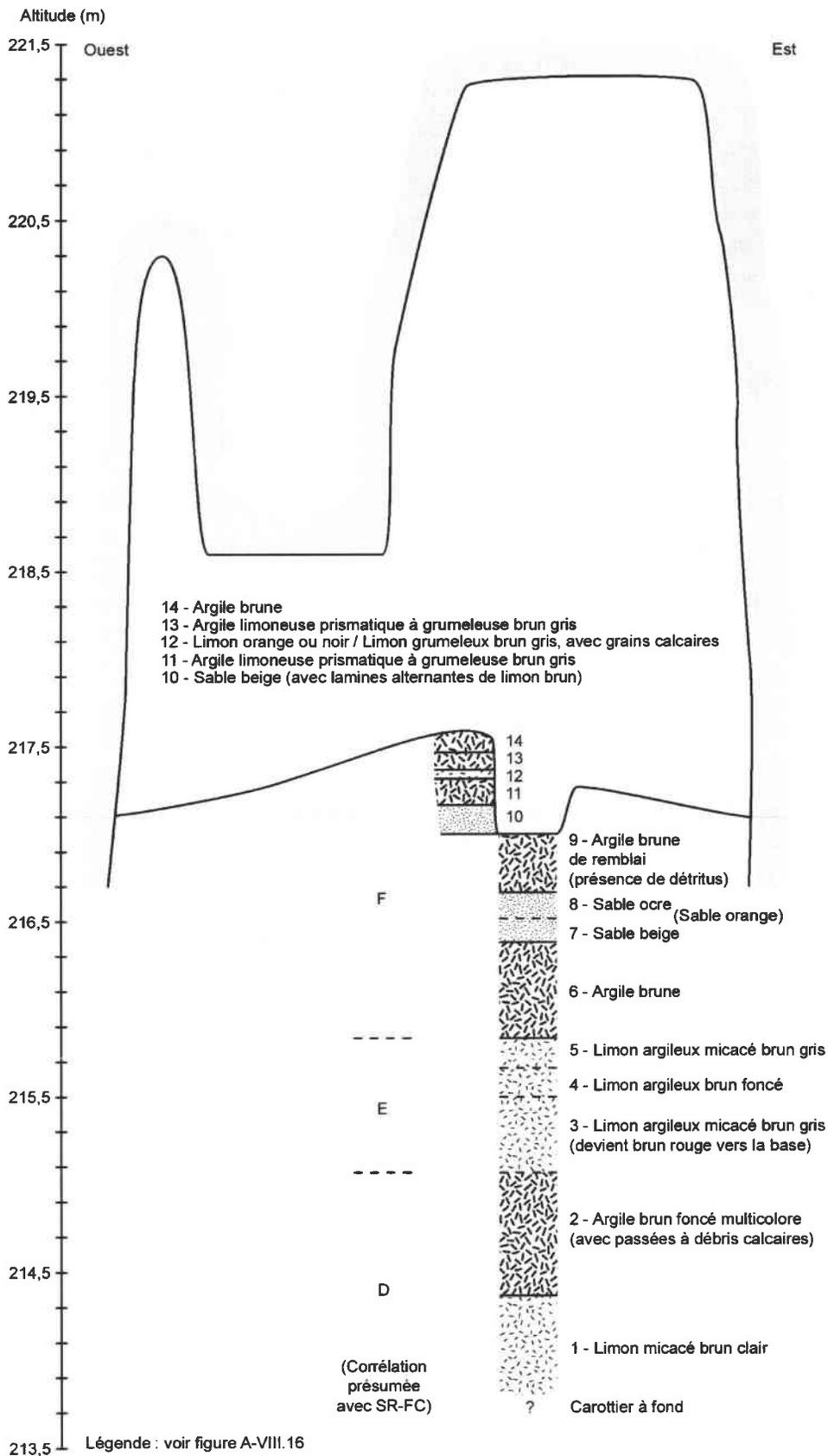
- *Le carottage de la Salle de la Rotonde (SR-Rot).*

La Salle de la Rotonde se situe au-delà de passages bas et étroits dans la Galerie de l'Ouest. Elle correspond en quelque sorte à une très grosse coupole, vis-à-vis de la galerie qui y mène (*cf.* photo VII.9). La suite septentrionale du réseau se trouve au plafond, au niveau du joint de stratification entre Calcaires à polypiers supérieurs et Marnes de Longwy.

Le carottage a été réalisé à la base de la bosse d'origine anthropique que forme le remplissage, sous l'échelle métallique fixée par les spéléologues. Il n'a pas atteint le bed-rock au bout des 3,2 m du carottier (figure A-VIII.25).

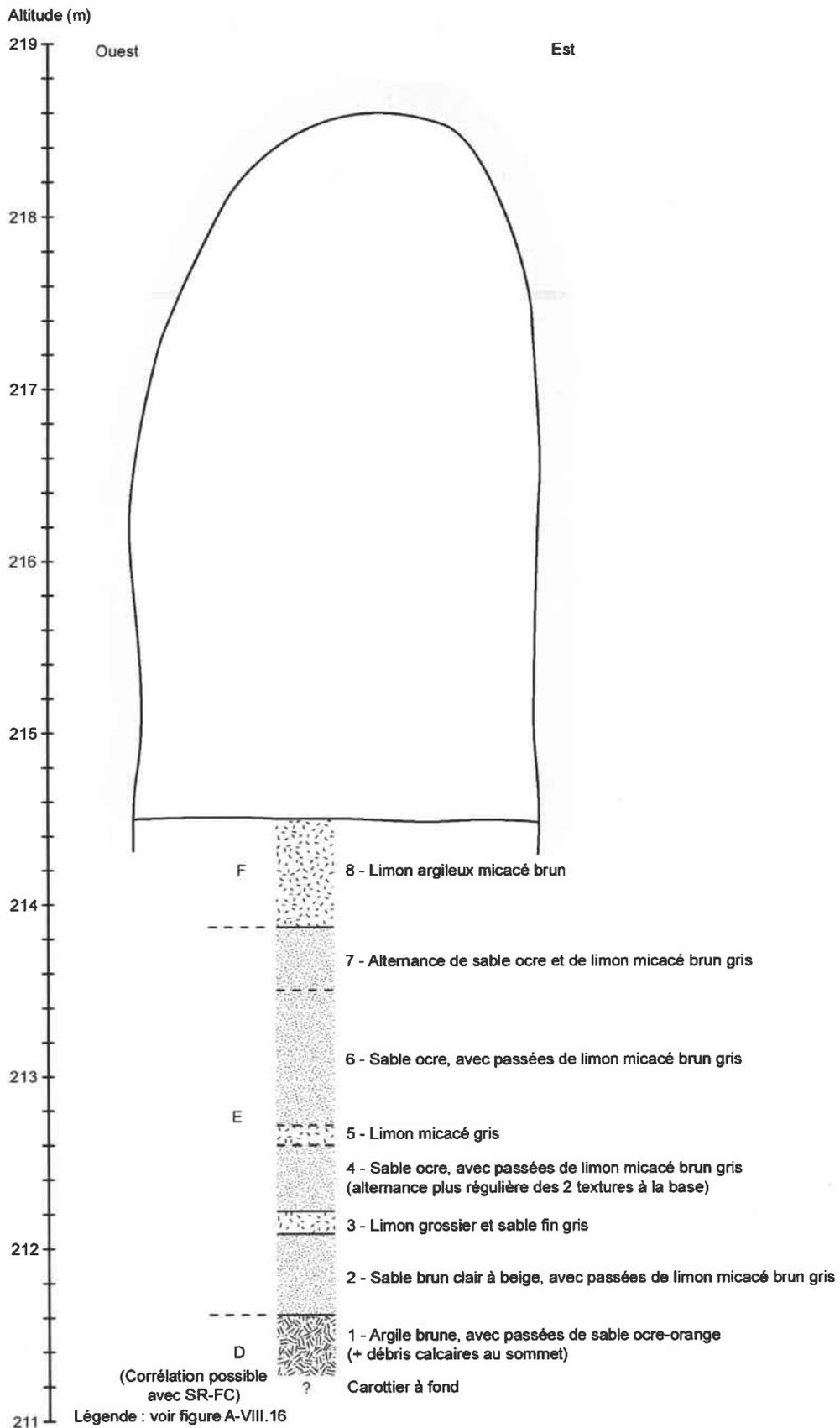
Le remplissage peut être divisé en trois séries :

- à la base existe un dépôt argilo-limoneux à passées sableuses et grains calcaires grossiers (1), sur un peu plus de 30 cm d'épaisseur ;
- les 2,2 m sus-jacents sont composés de sable essentiellement, avec séquences et lits limoneux fréquemment intercalés (2-7) ;
- au sommet se développe une séquence limono-argileuse de 60 cm de puissance (8).



Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : SR-CC

**Figure A-VIII.24 - Carottage de la Caverne du Cyclope (Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Ouest).**



**Figure A-VIII.25 - Carottage de la Salle de la Rotonde (Grotte Sainte-Reine - Galerie de l'Ouest).**

Dans l'ensemble, les faciès sont peu variés et indiquent des paléoécoulements de force moyenne à assez faible. En dehors du repère constitué par les grains calcaires grossiers, les **raccords stratigraphiques** avec l'excavation de la Galerie du Calvaire ou les carottages voisins, sont **déliés**. A titre d'hypothèse, on peut suggérer que les trois séries définies se rapportent aux séries D, E et F de la fosse de la Galerie du Calvaire. On notera également une bonne similitude de faciès entre l'unité 3 et la séquence C3 de la Salle des Draperies.

◆ Les carottages des galeries de jonction.

Les Galeries de l'Est et de l'Ouest sont reliées par deux conduits de jonction, l'un au centre (Galerie Transversale) et l'autre au nord de la grotte. Un carottage a été effectué dans chacun d'eux. On commencera par décrire celui de la Salle du Clocher, plus complet que le forage multiple de la Diaclase (*cf.* planches VII.17 et VIII.2).

• Le carottage de la Salle du Clocher (SR-Clo).

La Salle du Clocher consiste en une très haute coupole (plus de 8 m), qui interrompt une galerie de jonction de petite dimension (1 m de diamètre au maximum). Le forage se situe sur le bord occidental de la bosse que forme le remplissage dans la " salle ". Il n'a pas atteint le bed-rock au bout des 3,2 m du carottier.

De bas en haut, les faciès rencontrés sont les suivants (figure A-VIII.26) :

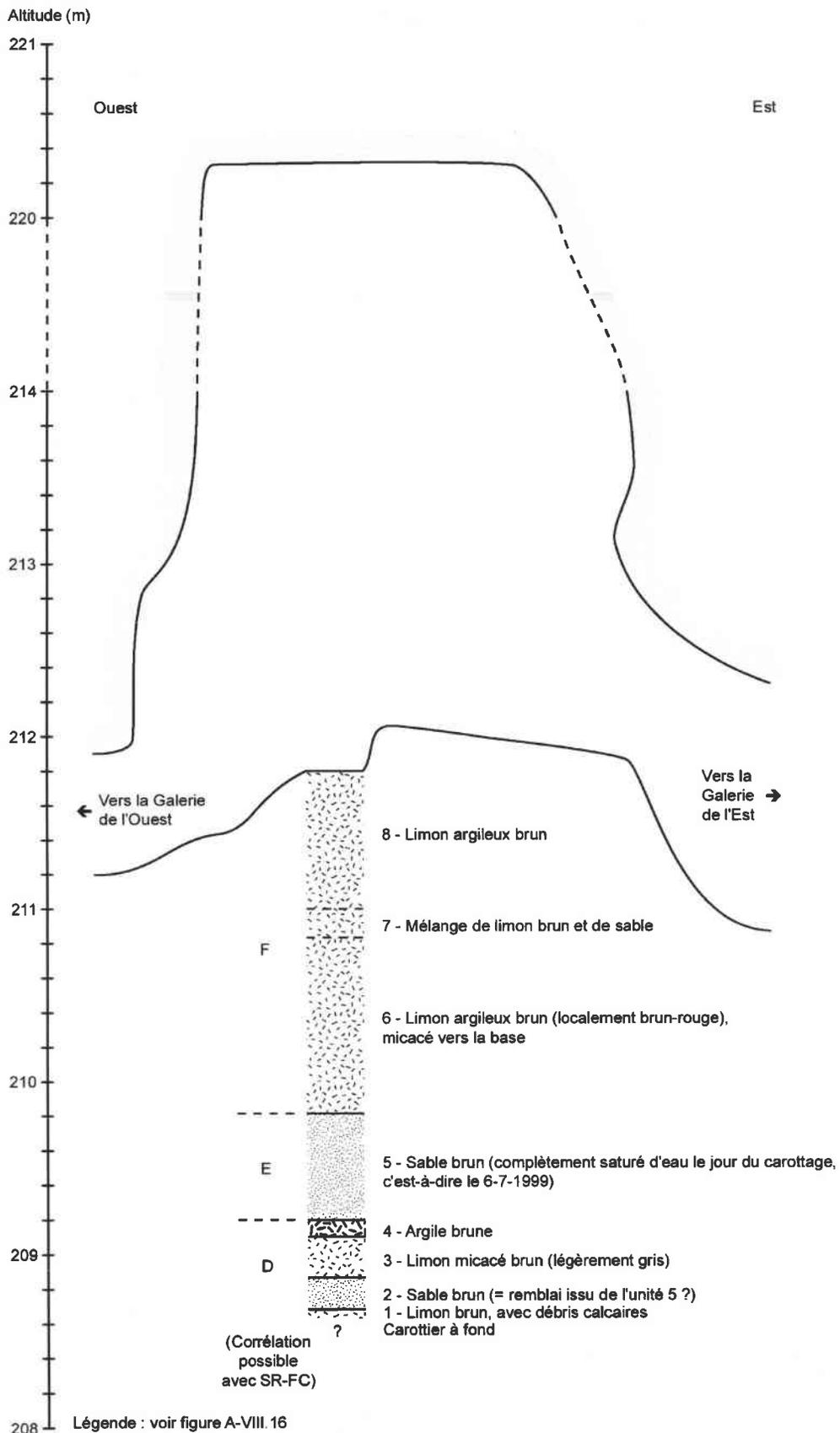
- une série basale constituée de deux séquences limoneuses et d'une argilo-limoneuse (1, 3 et 4). L'unité 2 sableuse constitue un possible remblai en provenance de la série sus-jacente) ;
- une série sableuse (5) qui était complètement saturée d'eau le jour du carottage (le 6-7-1999), ce qui s'explique par l'ennoyage temporaire régulier (au moins chaque hiver ?) de cette zone du réseau. Cette unité se comporte comme un petit aquifère intrasédimentaire très perméable, à vidange lente ;
- une série limono-argileuse de près de 2 m d'épaisseur, passagèrement sableuse (6-8).

De conditions hydrodynamiques calmes, on est donc passé à des écoulements un peu plus puissants, avant de revenir à des courants faibles. **Cette succession rappelle la stratigraphie des séries D à F de la fosse de la Galerie du Calvaire** ou du carottage SR-Rot, mais les proportions sédimentaires diffèrent sensiblement, puisque dans la Salle du Clocher, la série sableuse ne mesure que 60 cm d'épaisseur. Un seul point de repère est utilisable : il s'agit des grains calcaires grossiers présents dans la séquence 1, ce qui est insuffisant pour obtenir des corrélations assurées.

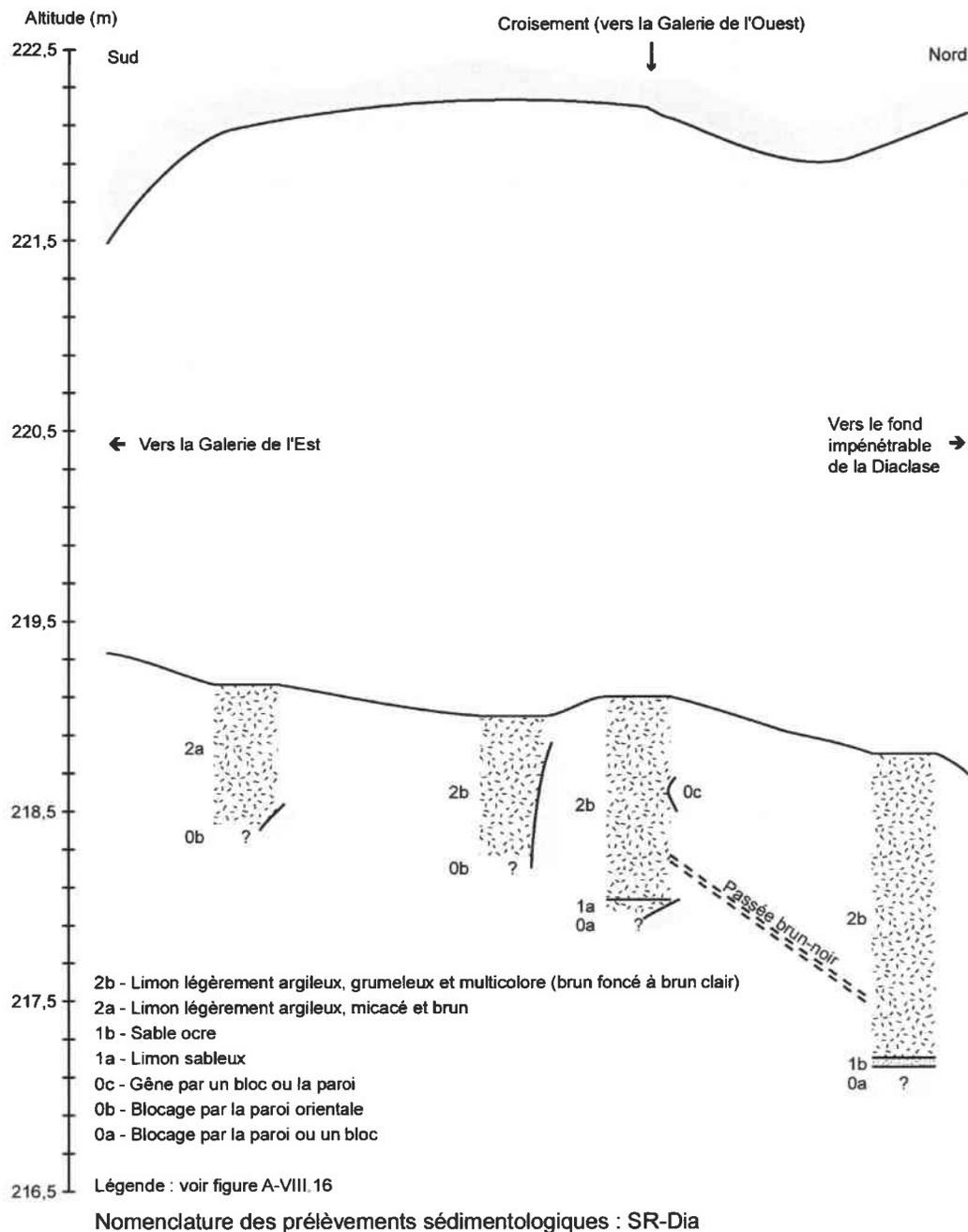
• Le carottage multiple de la Diaclase (SR-Dia).

La Galerie Transversale est de faible dimension sur toute sa longueur, à l'exception du croisement avec la Diaclase. Un premier carottage effectué à cet endroit a été très vite bloqué par la paroi, qui descendait en biais. Trois autres forages, réalisés de part et d'autre de ce premier essai, n'ont pas connu beaucoup plus de succès. A chaque fois, la paroi ou un gros bloc est venu interrompre le carottage, à une profondeur comprise entre 70 cm et 1,65 m (figure A-VIII.27).

Le remplissage traversé par le carottier est semblable dans les quatre forages voisins : essentiellement limoneux, il devient cependant sableux sur quelques centimètres d'épaisseur à la base du carottage le plus profond. Une passée brun-noir rencontrée dans les fines de deux des sondages, permet de constater un fort pendage en direction du fond impénétrable de la Diaclase.



**Figure A-VIII.26 - Carottage de la Salle du Clocher (Grotte Sainte-Reine - Galerie de Jonction Septentrionale).**



**Figure A-VIII.27 - Carottage multiple de la Diaclase (Grotte Sainte-Reine - Galerie Transversale).**

◆ Les prélèvements isolés.

Deux prélèvements isolés ont été effectués dans le réseau Sainte-Reine : l'un se situe dans la Salle adjacente de la Rotonde (SR-SAR), et l'autre dans la Cheminée obstruée de la Galerie de l'Est (SR-CGE).

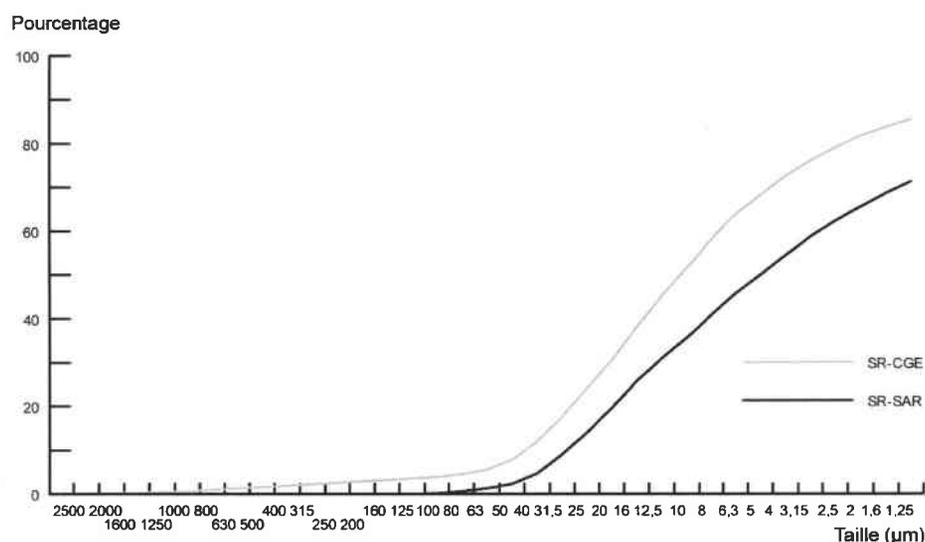
Les deux échantillons sont des fines polyédriques, de couleur brune ou ocre à brun foncé. Le premier provient de la surface du remplissage qui obstrue le conduit au sud de la

Salle adjacente de la Rotonde. Le second est issu du sommet de la Cheminée, qui est formé de sédiments meubles en partie éboulés.

Leur granulométrie, obtenue par densimétrie, révèle les caractéristiques hydrodynamiques suivantes (figure A-VIII.28) :

- SR-SAR : sédiments accumulés par **décantation** (distribution de type Lf-4, image CM = T), de texture très proche des polyèdres argilo-limoneux SR-EB(I)-F4 ou de la séquence SR-EE-F3. L'asymétrie légèrement positive indique que les particules les plus fines ont été apportées en fin de " décrue ", par décroissance granulométrique régulière. L'acuité n'est pas significative en raison de la proportion importante d'argiles inférieures à 1  $\mu\text{m}$  (plus de 25 %) ;
- SR-CGE : **dépôt en vrac par excès de charge** (distribution Lm-4, acuité mésokurtique), pour lequel le contexte spéléomorphologique joue probablement un rôle prépondérant. Le centile élevé de cet échantillon révèle l'accumulation brutale de toutes les particules transportées. Mais l'asymétrie positive prouve que des cycles hydrologiques de type " crue-décruie " ont eu lieu également. Et les " crues " étaient suffisamment soutenus pour fournir une fraction grossière mieux classée que les particules plus fines arrivées ultérieurement.

Les observations rapides de ce deux échantillons au microscope binoculaire confirment leur hétérométrie dans la fraction limoneuse. Pour le cas de SR-CGE, il existe de véritables passées sableuses, avec des grains de quartz jusqu'à 1 mm de diamètre. En dehors des quartz, les micas sont assez fréquents, de même que des minuscules granules de matière organique, déposés sur les faces de dessiccation des polyèdres irréguliers (d'où leur teinte noirâtre, opposée au brun plus clair à l'intérieur des polyèdres).



**Figure A-VIII.28 - Granulométrie des sédiments endokarstiques de la Salle Adjacente de la Rotonde (SR-SAR) et de la Cheminée de la Galerie de l'Est (SR-CGE) de la Grotte Sainte-Reine.**

#### **A-VIII.6.2. Quelques remplissages d'autres grottes de la Haye centrale.**

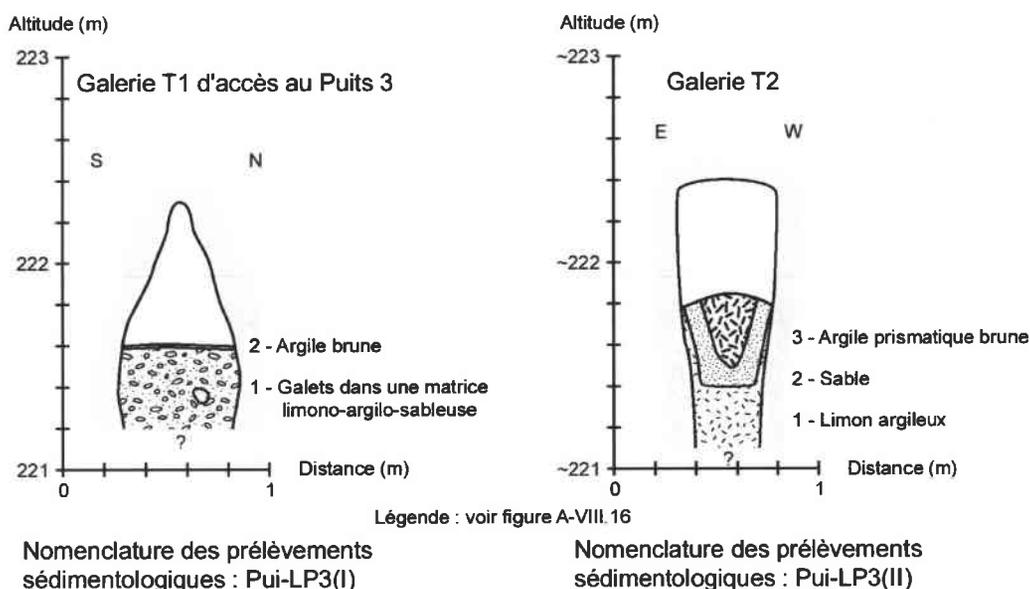
Pour compléter les connaissances des comblements souterrains obtenues dans la Grotte Sainte-Reine et l'Ancienne Carrière, d'autres remplissages de réseaux et cavités karstiques du plateau central de Haye ont été étudiés, notamment à des altitudes différentes. Les coupes (et carottages) suivantes ont fait l'objet de prélèvements, qui sont analysés dans la section VIII.3., afin de déterminer l'origine des matériaux hypogés.

### A-VIII.6.2.1. La grotte des Puits.

La Grotte des Puits se situe environ 400 m à l'est de la Grotte Sainte-Reine (cf. planche VII.3). Dans les différents niveaux de galeries, quatre sites ont été particulièrement étudiés, en raison de leur intéressant remplissage : deux se localisent dans les Galeries Inférieures (Labyrinthe du Puits 3 et Galerie Inférieure Ouest) et deux dans les Galeries Supérieures (Galerie Transversale et Diaclase du Courant d'Air) (cf. planche VII.18).

#### ◆ Les remplissages du Labyrinthe du Puits 3.

Autour du Puits 3, qui ne correspond pas à un puits au sens génétique du terme, mais à une diaclase, se développe un ensemble de petits conduits, à une altitude voisine de 221 m. Des remplissages variés et assez importants occupent ces galeries tentaculaires. Deux d'entre eux ont été relevés, avant prélèvements (figure A-VIII.29).



**Figure A-VIII.29 - Croquis de deux remplissages du Labyrinthe du Puits 3 de la Grotte des Puits (Pierre-la-Treiche - X = 865,950 - Y = 1111,375 - Z = 221,5).**

#### • Le remplissage de la galerie T1 (Pui-LP3(I)).

Dans le boyau d'accès au " carrefour " du Puits 3, un comblement caillouteux encombre le passage sur une épaisseur inconnue. Les galets se trouvent dans une matrice hétérométrique, qui rappelle les " pseudoflots de débris " des Entrées E et B de la Grotte Sainte-Reine. On peut émettre l'hypothèse que ces matériaux sont issus de la haute diaclase voisine, dans laquelle sont visibles quelques galets. Ceux-ci ne proviennent probablement pas directement de la surface, qui se trouve au moins 17 m plus haut et est dépourvue d'alluvions, mais plus sûrement d'une **galerie sus-jacente** non accessible.

- Le remplissage de la galerie T2 (Pui-LP3(II)).

Dans le conduit voisin, situé au sud du Puits 3, les 70 cm supérieurs du comblement sont visibles en coupe. On distingue trois unités sédimentaires, avec à la base et au sommet des fines, entre lesquelles s'intercale une séquence sableuse. Les **structures de chenaux emboîtés** rappellent la série F de l'Entrée E de la Grotte Sainte-Reine. De même, le bombement sommital s'apparente aux formes superficielles du remplissage de nombreuses galeries (cf. chapitre VII).

On découvre là une des explications possibles de l'existence des bombements centraux : après la mise en place des particules argilo-limoneuses de l'unité 3, l'assèchement du conduit s'est accompagné d'un durcissement des sédiments. Ultérieurement, on peut supposer le retour temporaire d'écoulements, qui permettent le déblaiement partiel des sables, en bordure du remplissage, en raison de leur érosion plus facile que les fines consolidées (cf. diagramme de Hjulström ; Chamley, 2000).

- ◆ Le remplissage de la Galerie Inférieure Ouest.

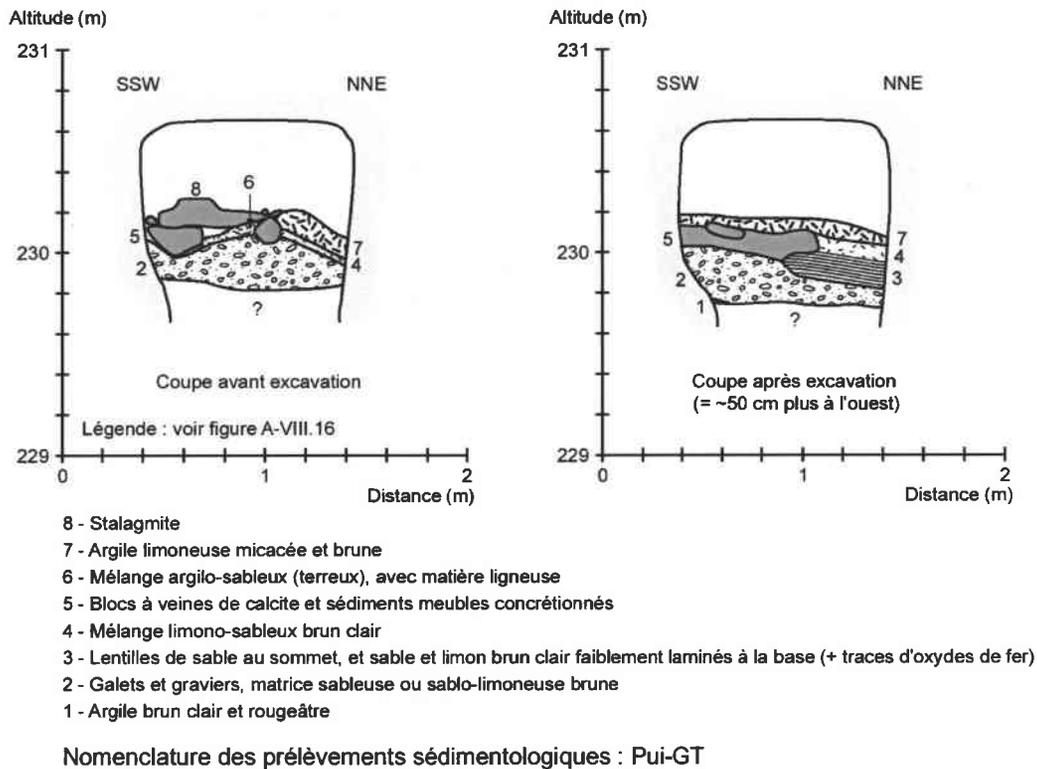
Dans la Chicane Etroite de la Galerie Inférieure Ouest, aux alentours de 225-226 m d'altitude, on observe un remplissage sableux qui obstrue fortement le passage (Pui-GIO(III)). Il pourrait s'agir du même comblement sableux qui existait plus au sud, dans la zone de **soutirage** méridionale (Pui-GIO(I)). En effet, sous le plancher stalagmitique en suspend (cf. figure IX.4, photo IX.2), un petit tube de calcite formé par un "goutte à goutte" avant l'édification du spéléothème, atteste de la présence ancienne de sable en surface (Quinif, renseignement oral).

Entre les deux secteurs (Pui-GIO(II)), le sommet du remplissage est constitué de fines sur au moins 40 cm d'épaisseur (d'après un sondage rapide). Les empreintes positives des fentes de retrait, visibles à la base du plancher stalagmitique (cf. figure IX.4, photo IX.6), confirment le caractère argilo-limoneux du comblement superficiel à cet endroit.

- ◆ Le remplissage de la Galerie Transversale (Pui-GT).

Dans la Galerie Transversale, à 230 m d'altitude, existe un remplissage intéressant, en raison de la variété des faciès rencontrés (figure A-VIII.30). Sur 40 à 50 cm d'épaisseur, on détermine huit unités sédimentaires, dont six sont des matériaux meubles et deux des concrétions. Le fond rocheux ne doit pas être très profond à cet endroit, compte tenu de l'observation du bed-rock au niveau de la Galerie Centrale Ouest toute proche.

La principale séquence est caillouteuse (2), avec une matrice moins chargée en fines que dans le cas de Pui-LP3(I)-1. Il semble que l'on retrouve cette même couche dans la Galerie Centrale Est, notamment dans le tournant où subsiste un tout petit plancher stalagmitique avec quelques galets incrustés dessous. La même observation vaut pour la Galerie Centrale Ouest, au niveau de la montée étroite. On peut donc suggérer que le Boyau Plongeant s'est créé tardivement, a **sectionné une partie du réseau supérieur**, et a soutiré une partie des alluvions qui encombraient ce dernier.

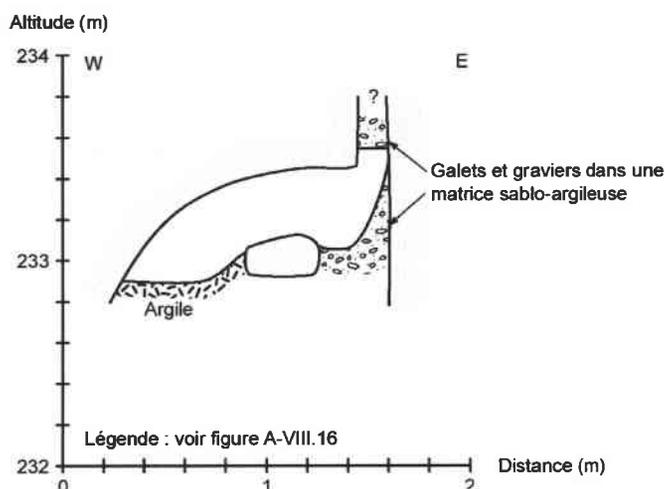


**Figure A-VIII.30 - Croquis du remplissage de la Galerie Transversale de la Grotte des Puits (Pierre-la-Treiche - X = 865,925 - Y = 1111,400 - Z = 230).**

Les autres éléments intéressants du remplissage de la Galerie Transversale sont les concrétions, dont une stalagmite qui a fait l'objet de datations par la méthode U/Th (*cf.* chapitre IX). Sur les galets, concrétionnés au sommet, reposaient des blocs à veines de calcite, qui soutenaient la grosse stalagmite supérieure. Entre les deux "spéléothèmes" existait un vide, partiellement occupé par des sédiments riches en matière organique (6). De toute évidence, des matériaux meubles ont été évacués après la formation de la stalagmite. On note par ailleurs, la présence de fistuleuses cassées, à la fois sous les blocs veinés et sur le bord du spéléothème supérieur (fistuleuse reconcrétionnée).

◆ Le remplissage de la Diaclase du Courant d'Air (Pui-DCA).

Le dernier remplissage de la Grotte des Puits où a été effectué un prélèvement, se situe au nord de la Petite Salle Basse, vers 233 m d'altitude. A cet endroit, la paroi orientale est calée sur une diaclase, dans laquelle s'observent des matériaux grossiers (figure A-VIII.31). Ceux-ci sont probablement descendus depuis une **galerie sus-jacente** non accessible (la surface, environ 22 m plus haut, est dépourvue d'alluvions), et sont venus s'accumuler dans le conduit menant au Chaos.



Nomenclature du prélèvement sédimentologique : Pui-DCA

**Figure A-VIII.31 - Croquis du remplissage de la Diaclase du Courant d'Air de la Grotte des Puits (Pierre-la-Treiche - X = 865,925 - Y = 1111,425 - Z = 233).**

#### ***A-VIII.6.2.2. La grotte des 7 Salles.***

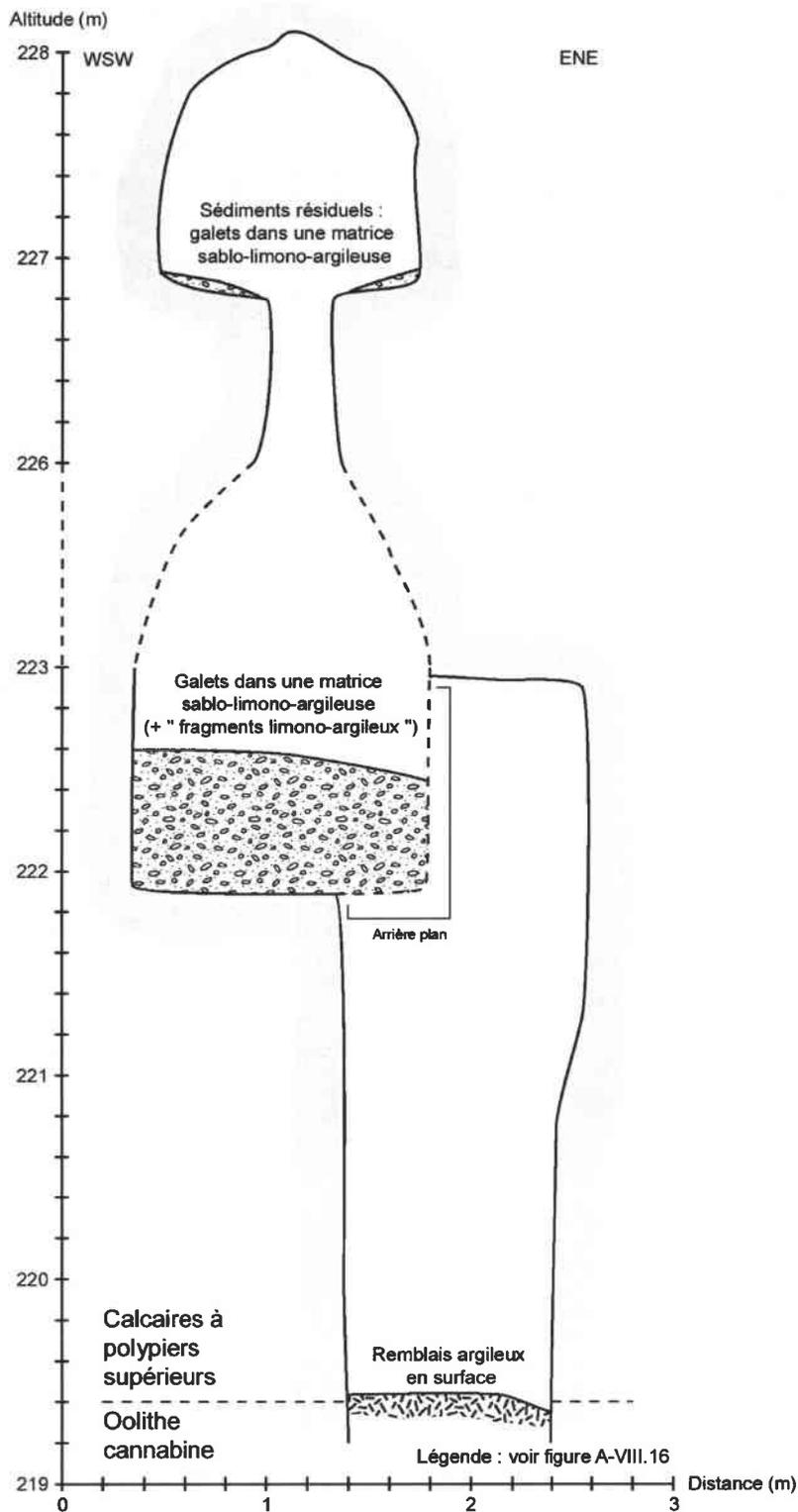
La Grotte des 7 Salles se développe entre 100 et 400 m à l'est de la Grotte des Puits (*cf.* planche VII.3). Trois sites y ont été sélectionnés pour des prélèvements de galets : deux se situent dans les galeries supérieures à l'ouest de l'ancien réseau, et le dernier se trouve dans la galerie principale du nouveau réseau.

#### ◆ Le remplissage de l'Entrée 3 et du Canyon (7S-E3 et 7S-Can).

Le Canyon constitue la galerie supérieure accessible par l'Entrée 3 et qui aboutit dans les conduits inférieurs au niveau de la section J du plan de M. Louis et D. Lehmuller (1966).

Dans le pseudopuits de l'Entrée 3, ouvert par l'USAN à la fin des années 90 (Prévoit, 1997), on remarque un remplissage résiduel caillouteux, entre les blocs calcaires plus ou moins stables. De toute évidence, en surface, ce comblement doit correspondre à une poche isolée à galets, telle que l'on en a observée ailleurs dans le Bois Gaillard (*cf.* planche V.2 ou VI.1). En effet, hormis ces " tâches " alluviales ponctuelles, le versant au-dessus de la Grotte des 7 Salles est totalement dépourvu de matériaux fluviatiles. Par conséquent, l'hypothèse sur l'existence de **puits comblés d'alluvions grossières et trépanés par l'érosion de surface**, se confirme.

Les galets sont ainsi descendus depuis une formation alluviale épigée, aujourd'hui disparue, jusque dans le Canyon, où ils sont omniprésents. On les retrouve à la base du pseudopuits de l'Entrée 3, sur les banquettes supérieures de la galerie en trou de serrure et au fond de cette même galerie (figure A-VIII.32 ; *cf.* photo VII.37). Ils sont emballés dans une matrice hétérométrique, typique des " pseudoflots de débris ".



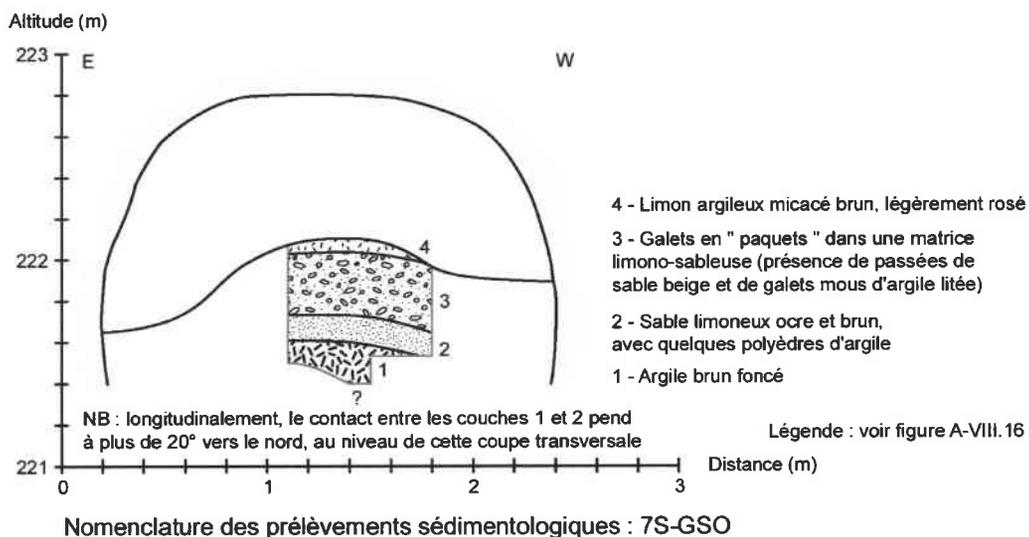
Nomenclature du prélèvement sédimentologique : 7S-Can

**Figure A-VIII.32 - Croquis du remplissage du Canyon de la Grotte des 7 Salles (Pierre-la-Treiche - X = 866,060 - Y = 1111,375 - Z = 222).**

◆ Le remplissage de la Galerie Supérieure Occidentale (7S-GSO).

Le remplissage de la Galerie Supérieure Occidentale est plus varié et structuré que celui du Canyon. Son altitude, à 222 m, correspond à la base de ce dernier. Une petite excavation dans le comblement a permis de distinguer quatre unités sédimentaires sur 70 cm de profondeur (figure A-VIII.33). Il s'agit de fines (1 et 4), de sable limoneux (2) et de galets dans une matrice hétérométrique abondante (3). On note par ailleurs, un fort pendage (plus de 20°) en direction du nord, dans une galerie pourtant subhorizontale, ce qui pourrait signifier la présence d'un **soutirage intrasédimentaire**.

Enfin, on peut signaler qu'une partie des alluvions grossières de ce petit réseau supérieur est descendue au niveau de l'à-pic qui lui donne accès (" Passage Dangereux " du plan de M. Louis et D. Lehmuller, 1966).

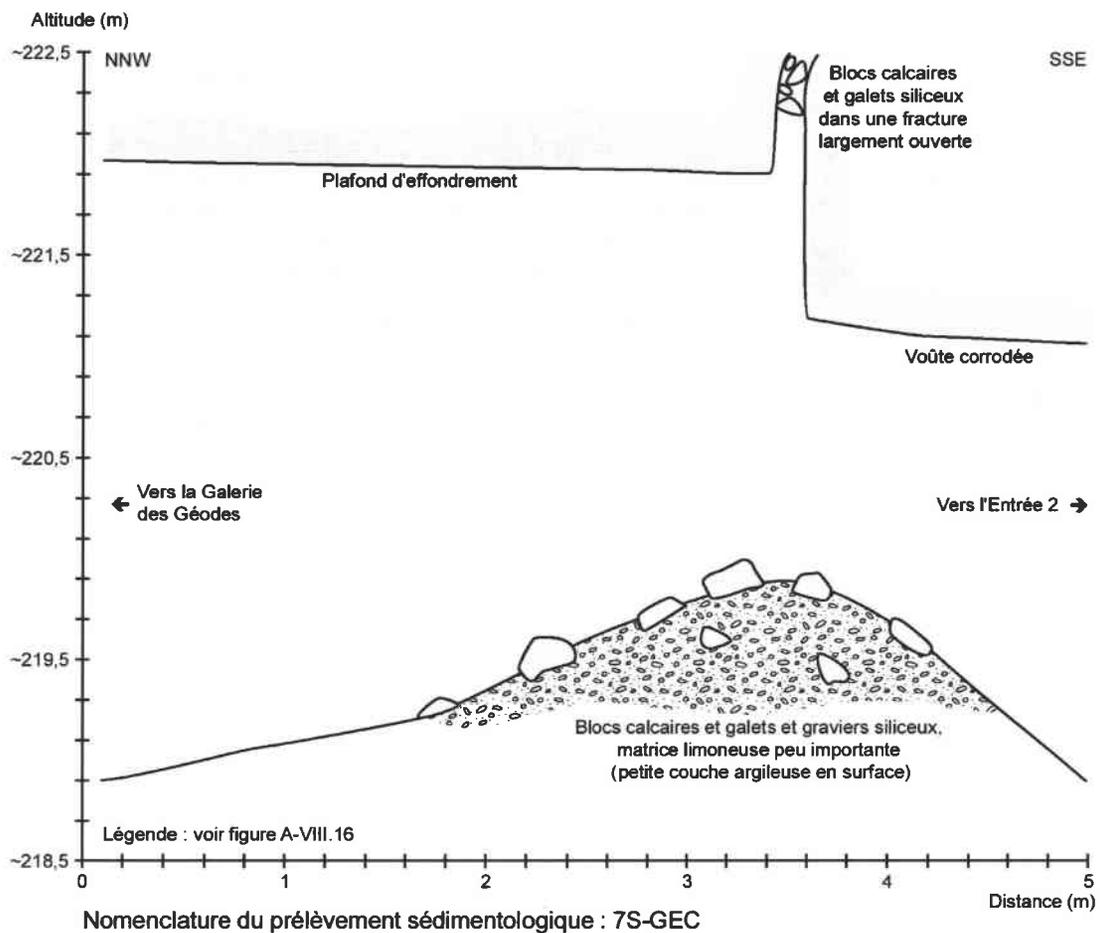


**Figure A-VIII.33 - Croquis du remplissage de la Galerie Supérieure Occidentale de la Grotte des 7 Salles (Pierre-la-Treiche - X = 866,010 - Y = 1111,440 - Z = 222).**

◆ Le remplissage de la Galerie de l'Épingle à Cheveux (7S-GEC).

Dans le nouveau réseau de la Grotte des 7 Salles existent plusieurs conduits obstrués par des matériaux alluviaux soutirés (Louis, 1988 ; cf. planche VII.3). La galerie principale est elle-même traversée à deux endroits par une large diaclase par où sont descendus des galets. Le prélèvement a été réalisé dans la Galerie de l'Épingle à Cheveux, dans l'intumescence du comblement endokarstique, située sous la diaclase (figure A-VIII.34). Les galets sont ici mélangés à des blocs calcaires et possède une matrice limoneuse peu fournie.

L'origine gravitaire des matériaux grossiers est également mis en lumière par une petite coupe superficielle dans le remplissage, à quelques mètres au SE du tas de galets, dans laquelle on observe des sables siliceux lités, mis en place par une dynamique fluviale.



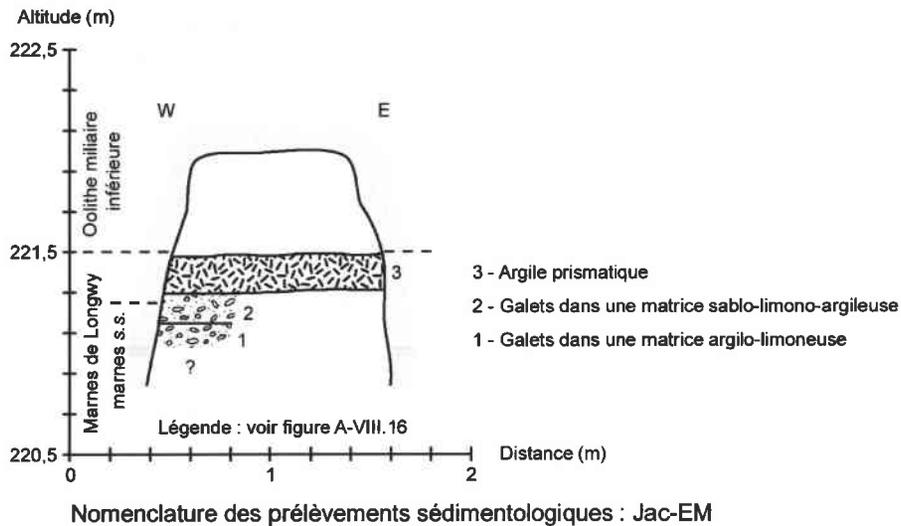
**Figure A-VIII.34 - Croquis du remplissage de la Galerie de l'Épingle à Cheveux de la Grotte des 7 Salles (Pierre-la-Treiche - X = 866,240 - Y = 1111,400 - Z = ~219,5).**

### *A-VIII.6.2.3. D'autres grottes à Pierre-la-Treiche.*

Presque toutes les grottes et cavités de Pierre-la-Treiche possèdent des remplissages à alluvions mosellanes d'origine vosgienne. Parmi elles, on peut décrire brièvement le contexte morphologique de trois comblements intéressants : l'Entrée M de la Grotte Jacqueline, la Cheminée de la Grotte G16 et la Cavité G19.

#### ◆ L'Entrée M de la Grotte Jacqueline (Jac-EM).

La Grotte Jacqueline se situe 200 à 300 m à l'ouest de la Grotte Sainte-Reine. Plusieurs de ses entrées sont encombrées de galets (Entrées A, J et M notamment). On a effectué une toute petite coupe à l'Entrée M, vers 221 m d'altitude, afin de prélever les matériaux grossiers déposés sous l'unité argilo-limoneuse de surface de remplissage (figure A-VIII.35). Le faciès des séquences caillouteuses est très semblable à celui de la série E des coupes des Entrées E et B du réseau Sainte-Reine.



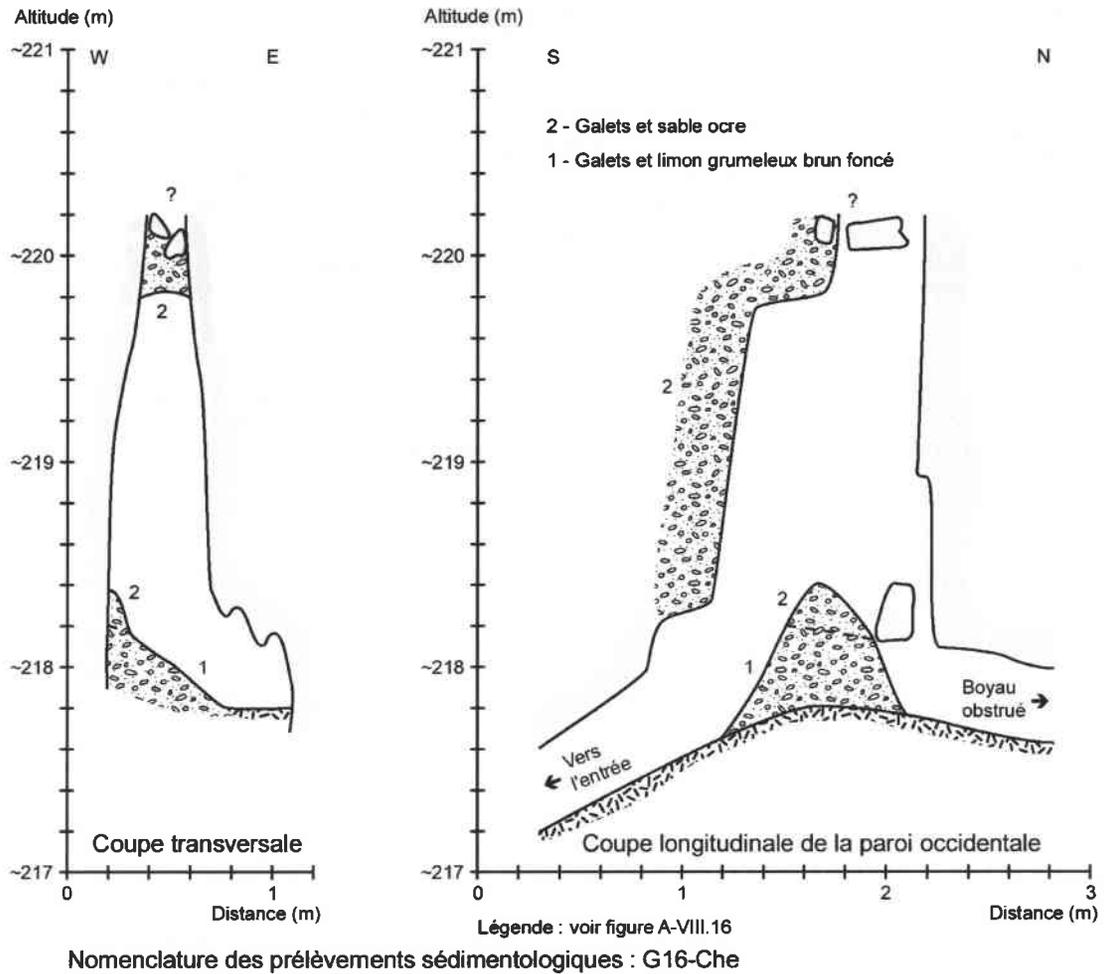
**Figure A-VIII.35 - Croquis du remplissage de l'Entrée M de la Grotte Jacqueline (Pierre-la-Treiche - X = 865,325 - Y = 1111,350 - Z = 221,5).**

◆ La Cheminée de la Grotte G16 (G16-Che).

La Grotte G16 est voisine de la Grotte des Puits. Dans la partie NW du petit réseau, une désobstruction récente par l'USAN a mis à jour un "puits-cheminée" (sur diaclase ?) totalement encombrée d'alluvions grossières (figure A-VIII.36). Vers le nord, le boyau devient rapidement impénétrable en raison du concrétionnement dont est affecté le remplissage meuble.

Dans le comblement à galets, on distingue une séquence inférieure à matrice limoneuse et une séquence supérieure (dans la Cheminée) à matrice sableuse. Ceci est peut-être simplement dû à la migration interstitiel des fines vers le bas de la série sédimentaire soutirée.

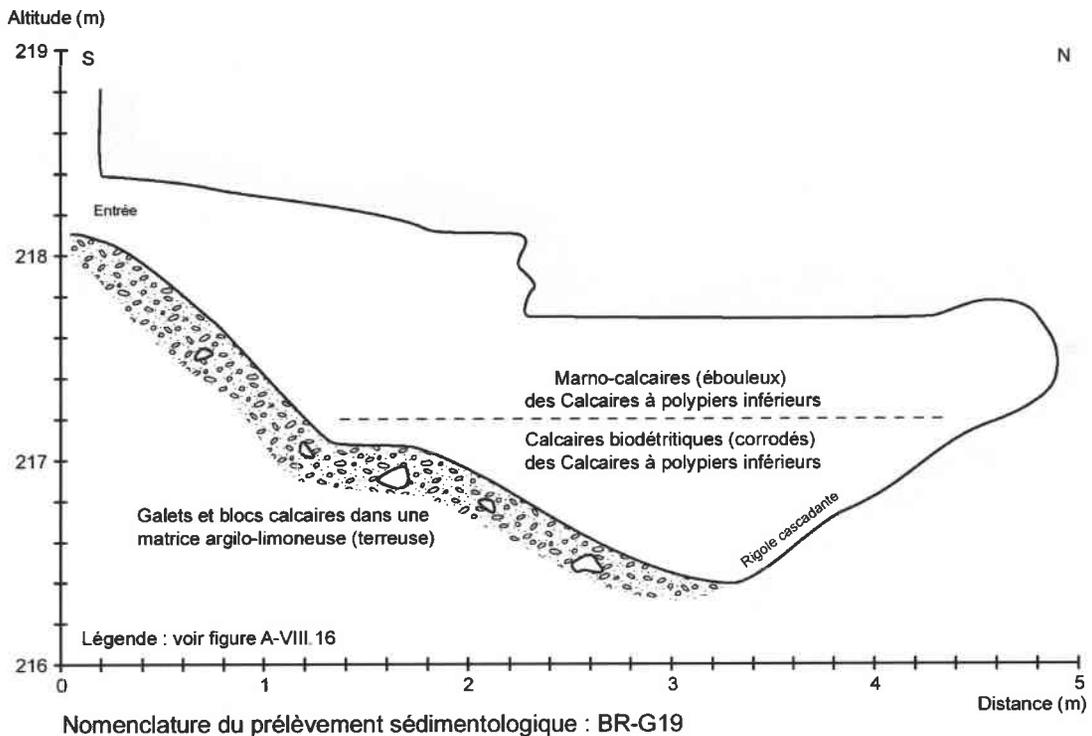
L'origine de ce **soutirage** peut être recherchée dans une communication karstique possible entre la Galerie obstruée T3 du Labyrinthe du Puits 3 de la Grotte des Puits et la Cheminée de la Grotte G16. La distance entre les deux endroits n'est que de 10-15 m et il existe une dénivelée estimée à 1 m entre le conduit obstrué et le sommet visible du "puits-cheminée".



**Figure A-VIII.36 - Croquis du remplissage de la Cheminée de la Grotte G16 (Pierre-la-Treiche - X = 865,960 - Y = 1111,350 - Z = ~218,5).**

◆ La Cavité G19 (BR-G19).

La Cavité G19 se trouve à proximité de la Grotte des 7 Salles, à 217-218 m d'altitude. Elle présente des coupes de paroi et de plancher, et un plafond ébouleux lié à la lithologie de l'encaissant. Un remplissage à galets et matrice fine hétérométrique occupe la moitié méridionale de la base de la cavité (figure A-VIII.37). Il semble qu'un " pseudoflot de débris " est venu bourrer cette petite chambre karstique, aujourd'hui déconnectée d'un quelconque réseau.



**Figure A-VIII.37 - Croquis du remplissage de la cavité G19 (Pierre-la-Treiche - X = 866,100 - Y = 1111,350 - Z = 217).**

#### *A-VIII.6.2.4. D'autres cavités de la Haye centrale.*

Les remplissages endokarstiques à alluvions grossières de la Moselle ne sont pas l'apanage des grottes de Pierre-la-Treiche, mais se rencontrent en de multiples endroits de la vallée inscrite dans le plateau de Haye. Ils se présentent le plus souvent comme un comblement en vrac, complet ou résiduel, de galets accompagnés d'une matrice plus ou moins abondante. Localement toutefois, des sédiments fins et une stratification de type fluviale organisent les remplissages.

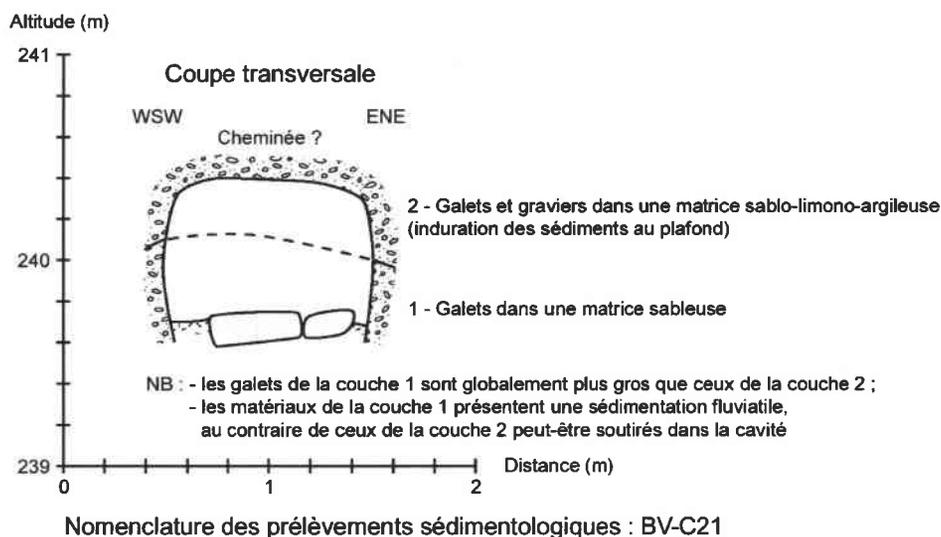
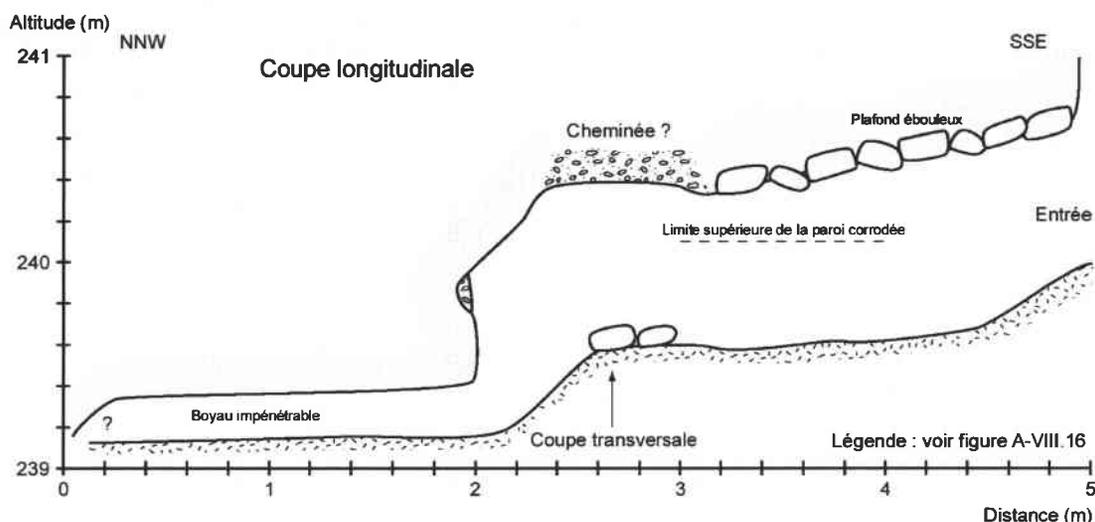
Six secteurs du plateau central de Haye sont concernés par ces descriptions succinctes de comblements souterrains : les anciennes carrières de Villey-le-Sec, la Grotte du Chaos, les carrières du CAF, la carrière Nanquette, la corniche de Messein et les Trous de la Grosse Roche (*cf.* figure VIII.1).

#### ◆ A Villey-le-Sec.

- La Cavité C21 des Blanches Vignes (BV-C21).

Dans les anciennes carrières des Blanches Vignes, on a recensé 35 cavités karstiques avec remplissage alluvial, libre ou concrétionné (*cf.* planche IV.4 et photo IV.8). Un des remblaiements souterrains les plus intéressants, compte tenu du contexte morphologique, est celui de la Cavité C21, à 240 m d'altitude. Il consiste en une série grossière conservée de façon résiduelle contre les parois et au plafond de la galerie (figure A-VIII.38). On distingue

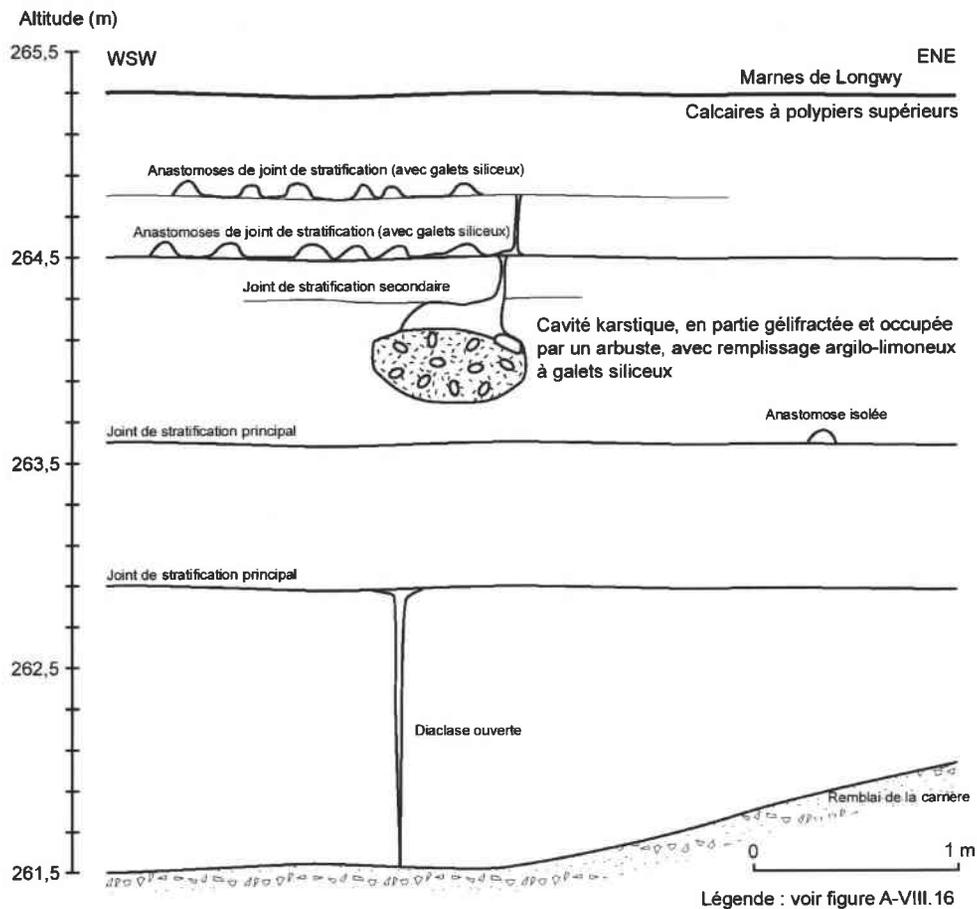
en réalité deux séquences caillouteuses superposées, avec à la base une matrice sableuse et au sommet une matrice hétérométrique, parfois indurée. La couche inférieure s'apparente à un dépôt fluviatile, au contraire de celle supérieure qui semble s'être mise en place par gravité. Il est donc possible que l'on soit à l'aplomb d'un " puits-cheminée ".



**Figure A-VIII.38 - Croquis du remplissage de la Cavité 21 des Blanches Vignes (Villey-le-Sec - X = 868,010 - Y = 1112,225 - Z = 240).**

- *Dans la carrière du Vulnot (LS-Arb).*

La carrière du Vulnot se situe plus à l'ouest, à une altitude comprise entre 260 et 265 m. On y observe de nombreuses anastomoses de joint de stratification et quelques cavités impénétrables, aux alentours immédiats de l'Aven du Vulnot. Une des cavités possède un remplissage argilo-limoneux, dans lequel se mêlent des galets siliceux épars (figure A-VIII.39). Le faciès de ce comblement grossier endokarstique diffère nettement de ce qui a été décrit jusqu'à présent, avec un support matriciel fin et abondant.



Nomenclature du prélèvement sédimentologique de la cavité comblée de galets : LS-Arb

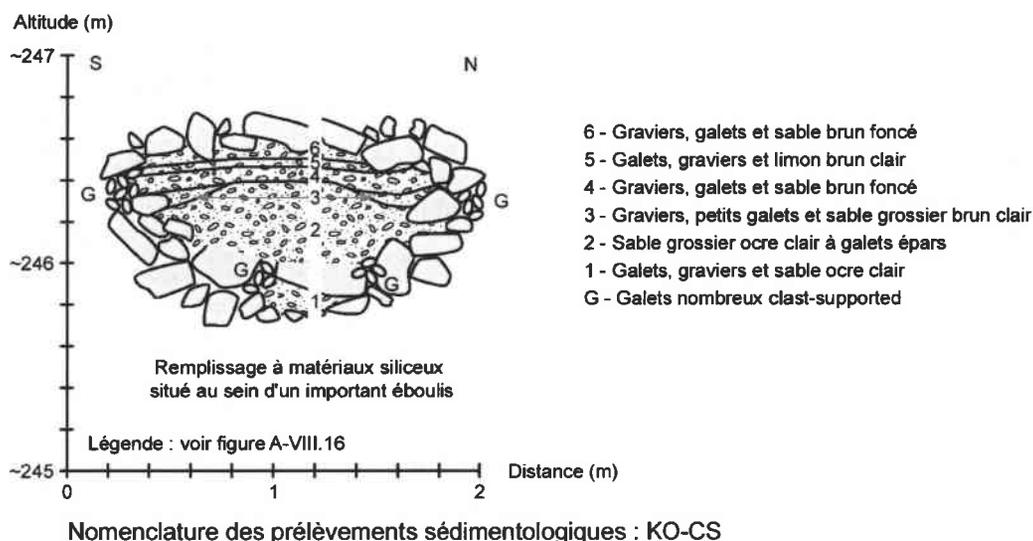
**Figure A-VIII.39 - Croquis de la partie orientale de la carrière du Vulnot (Villey-le-Sec - La Sabottière - X = 867,650 - Y = 1112,100 - Z = 264).**

◆ Le remplissage de la Salle des Chauves-Souris dans la Grotte du Chaos (KO-CS).

Dans la Grotte du Chaos se trouve un **remplissage souterrain très particulier**, au regard de son contexte spéléomorphologique. Il se situe à l'extrémité occidentale de la Salle des Chauves-Souris, vers 246 m d'altitude (*cf.* planche VII.4). A cet endroit existe une importante **trémie**, dans laquelle le plafond (instable) est totalement façonné. Au milieu de cet éboulis, on observe un dépôt fluviatile formé de séquences à galets stratifiées (figure A-VIII.40 ; *cf.* photo VIII.22). La stratification tient à des variations minimales de texture, à la fois des matériaux grossiers (proportions relatives des graviers et galets) et de la matrice (sableuse ou limoneuse, et plus ou moins abondante). Entre les blocs calcaires environnants, des galets à support clastique sont également insinués.

Comment expliquer un tel agencement sédimentaire, constitué de matériaux allochtones structurés, au sein de blocs autochtones mis en place par gravité ? Deux hypothèses peuvent être avancées :

- soit l'éboulis s'est installé en deux étapes, entre lesquelles se situe l'accumulation de type fluviatile ;
- soit les alluvions sont arrivées après la création de la trémie, auquel cas il faut envisager une consolidation temporaire de l'éboulis (par concrétionnement par exemple), ce qui n'est plus visible actuellement.



**Figure A-VIII.40 - Croquis du remplissage de la Salle des Chauves-Souris de la Grotte du Chaos (Gondreville - X = 869,740 - Y = 1112,990 - Z = ~246).**

◆ Les carrières du CAF.

Les carrières du CAF recèle les remplissages endokarstiques les plus élevés en altitude (292 à 294 m environ), qui soient encore constitués d'une certaine variété sédimentologique, avec une stratigraphie fluviale évidente. C'est le cas du comblement de la Grotte de la Carrière, que l'on peut observer à l'extérieur, dans la coupe du Minifontis, ou à l'intérieur.

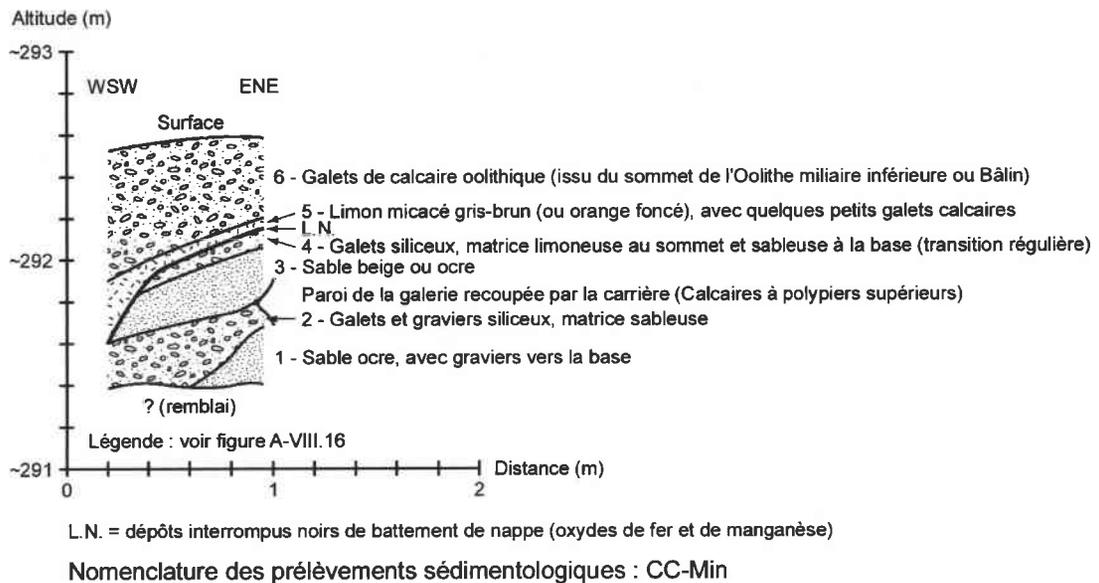
• La coupe du Minifontis (CC-Min).

La coupe du Minifontis se situe à côté de la Lame du Bulldozer. Elle résulte de l'affaissement du remplissage d'une galerie sectionnée par l'exploitation de la carrière et que l'on peut rattacher à la Grotte de la Carrière, même si elle semble légèrement décalée par rapport à l'axe du gros conduit formé par la Lame du Bulldozer et la Grotte proprement dite. L'affaissement sédimentaire fait suite à la désobstruction récente qui a eu lieu dans la Grotte du Bulldozer, dont une des entrées se trouve sous la Lame.

La coupe permet de découvrir 1,2 m d'épaisseur d'un remplissage varié, dans lequel on a distingué six unités (figure A-VIII.41 ; cf. photo IX.7) : deux sont sableuses (1 et 3), deux caillouteuses (2 et 4) et une limoneuse (5). La dernière unité est également caillouteuse (6), mais constituée de matériaux calcaires et non siliceux, comme le reste du comblement.

Ces **galets carbonatés** sont les seuls véritablement fluviaux que l'on ait pu constater dans tous les remplissages hypogés de la Haye centrale. Ils sont constitués d'oolithes homométriques et proviennent donc vraisemblablement du sommet de l'Oolithe miliaire inférieure (Bâlin). Or, cette formation se trouve près de 20 m plus haut, dans la stratigraphie bajocienne à l'endroit de la coupe. Si, comme on peut le penser, les écoulements qui ont mis en place ces matériaux venaient du sud, c'est-à-dire de l'amont pendage, il faut envisager une nécessaire **descente verticale** des matériaux calcaires dans le réseau karstique, avant leur transport longitudinal souterrain.

Enfin, on note la présence dans le remplissage de liserés d'accumulation d'oxydes ferro-manganiques, synonymes de **battements de nappe d'eau** au sein des sédiments. Un pendage assez fort vers l'ouest affecte également les diverses unités de la coupe, ce qui pourrait être lié à un phénomène de soutirage.



**Figure A-VIII.41 - Coupe du Minifontis  
(Maron - Carrières du CAF - X = 872,910 - Y = 1112,310 - Z = ~292).**

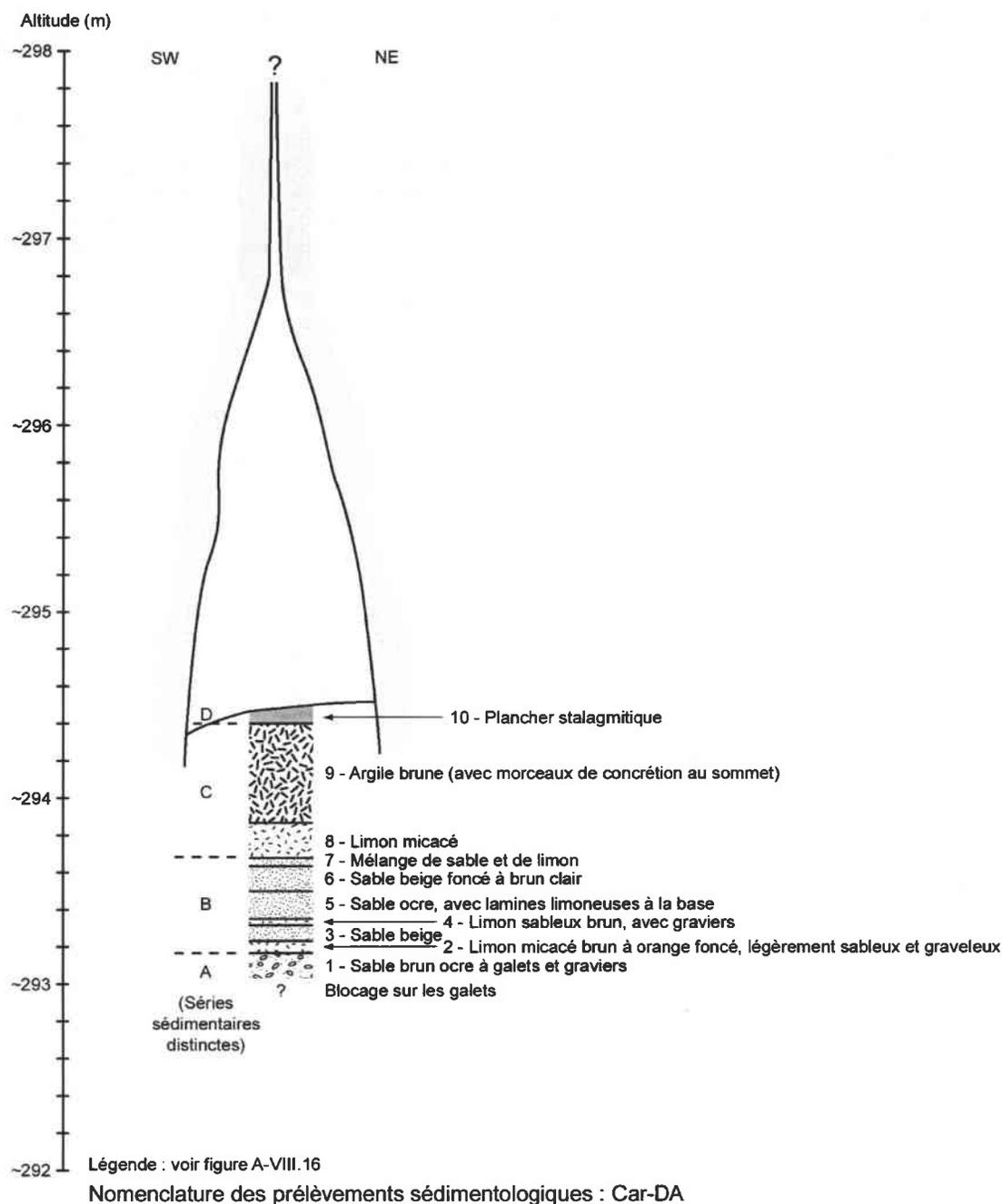
- Le carottage de la Grotte de la Carrière (Car).

A l'intérieur de la Grotte de la Carrière a été effectué un carottage, dans une des galeries-diaclases adjacente du gros conduit. Le choix du lieu a été dicté par la rareté des secteurs de la grotte qui ne soient pas recouverts d'un épais plancher stalagmitique.

Le forage a révélé quatre séries sédimentaires distinctes, avec dix séquences au total (figure A-VIII.42) :

- à la base, le carottier a été bloqué par une unité caillouteuse, à matrice sableuse, à 1,45 m de profondeur ;
- au-dessus a été traversée une série d'une cinquantaine de centimètres d'épaisseur, essentiellement sableuse, avec quelques séquences limoneuses intercalées ;
- la série sus-jacente consiste en des dépôts de fines sur 70 cm de puissance ;
- le remplissage meuble est localement recouvert par un plancher stalagmitique.

Le remplissage de la Grotte de la Carrière est donc caractérisé par une granularité globalement décroissante, au moins dans une de ses galeries secondaires. La fin des circulations fluviales n'a pourtant pas été synonymes d'assèchement complet et définitif, puisque des suintements intenses, encore actifs de nos jours, ont pris le relais (concrétionnement, mais flux insuffisants pour le transport de sédiments meubles supérieurs aux argiles).

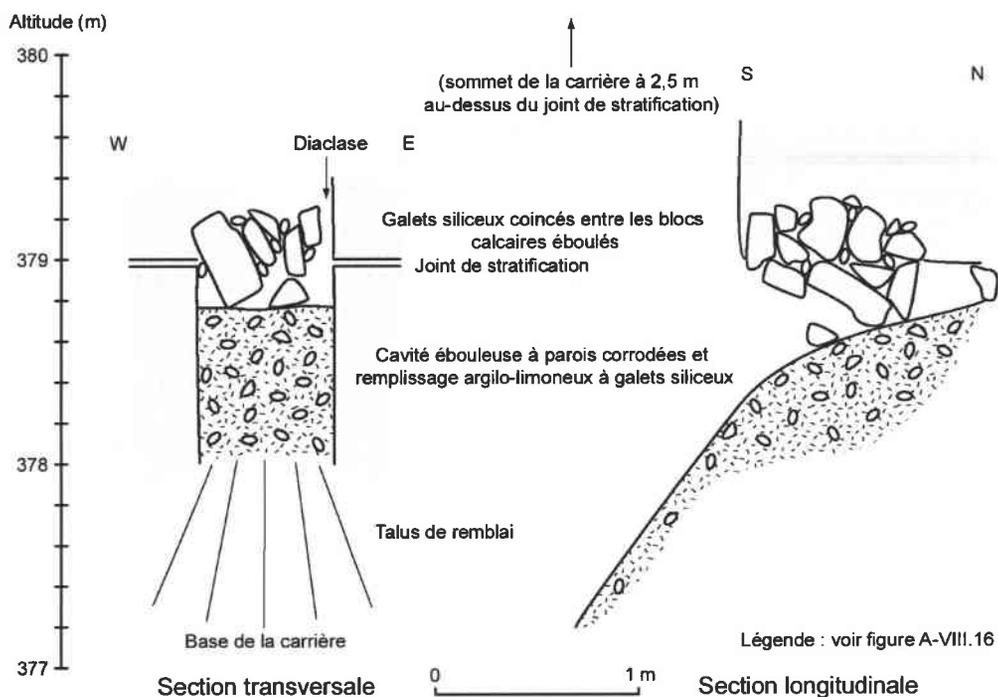


**Figure A-VIII.42 - Carottage de la Grotte de la Carrière du CAF.**

◆ La carrière Nanquette (CN-CN).

Au nord de Chaligny, à 378 m d'altitude, la Cavité Nanquette, située dans la carrière du même nom, possède un remplissage argilo-limoneux à galets siliceux (figure A-VIII.43). Le caractère ébouleux de la cavité ne permet pas de circonscrire exactement le comblement, mais il semble que les matériaux grossiers sont **descendus par une diaclase**, en même temps que des éléments carbonatés, depuis la surface. Les galets coincés entre les blocs calcaires du plafond instable du conduit endokarstique, plaident en ce sens.

Au sommet du front de taille, les cailloux siliceux sont assez rares. L'érosion aréolaire qui a décapé la surface du substratum à proximité du vallon du Val Fleurion, a pu faire disparaître une formation alluviale au-dessus de la cavité. Ou bien les colluvions sont issues de l'unité fluviatile encore présente à l'ENE de la carrière (CF17).



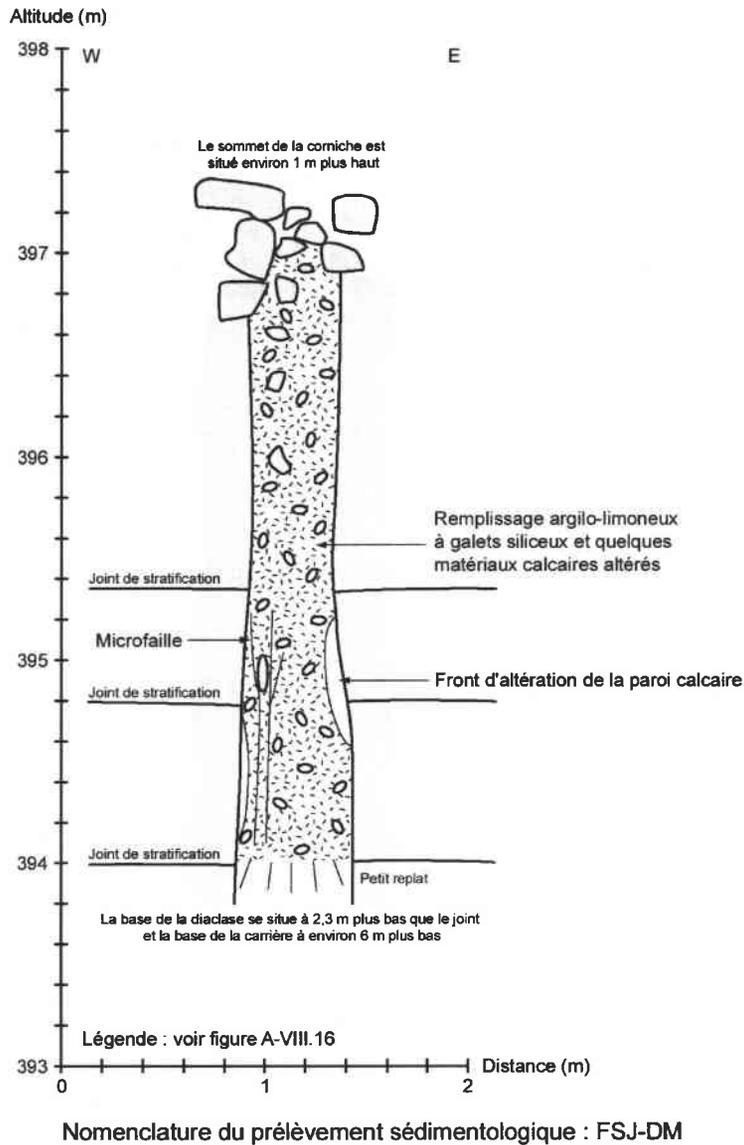
Nomenclature du prélèvement sédimentologique : CN-CN

**Figure A-VIII.43 - Croquis de la Cavité Nanquette  
(Chaligny - Carrière Nanquette - X = 877,000 - Y = 1110,900 - Z = 378).**

◆ La corniche de Messein (FSJ-DM).

La corniche de Messein recèle plusieurs **diaclasses**, plus ou moins larges, dans lesquelles s'observent des galets, emballés ou non dans une matrice argilo-limoneuse. C'est le cas de la Diacalse de Messein, vers 395 m d'altitude, large de 50 cm en moyenne, et haute de plus de 5 m (figure A-VIII.44 ; cf. photo VIII.19). Si le remplissage endokarstique diffère peu de celui de la Cavité Nanquette, on y note la présence de microfailles et de fronts d'altération des parois calcaires.

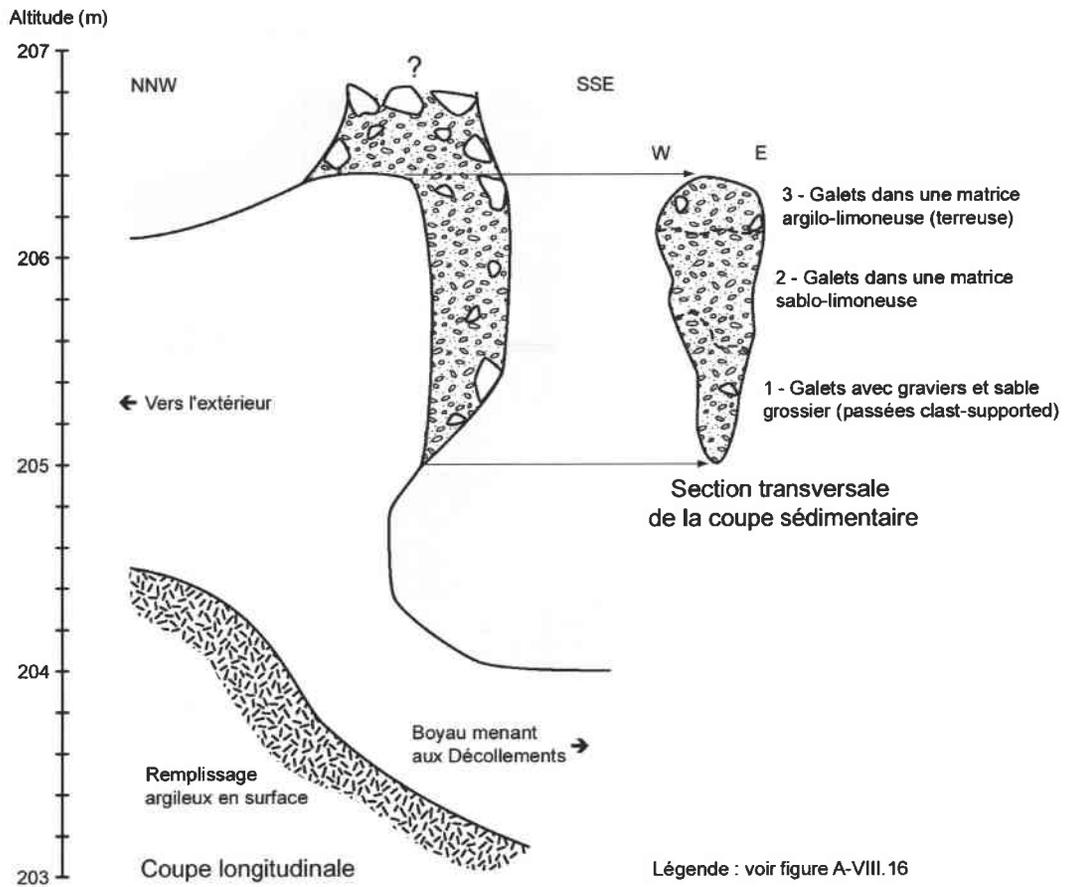
Par ailleurs, on peut rappeler que sur le plateau, au-dessus de la corniche, subsiste une formation alluviale résiduelle (CF17). Ce sont ses matériaux fluviatiles qui ont dû être entraînés dans les anfractuosités du substratum bajocien.



**Figure A-VIII.44 - Croquis du remplissage de la Diacalse de Messein (Messein - X = 879,740 - Y = 1108,960 - Z = ~394).**

◆ Les Trous de la Grosse Roche (GR-EB).

Au nord de la Haye centrale, dans la vallée anaclinale de la Moselle, les Trous de la Grosse Roche possèdent un comblement caillouteux, directement issu de la formation alluviale sus-jacente (*cf.* chapitre IV). A l'Entrée B, un remplissage à galets a été conservé dans une poche pariétale, que l'on soupçonne d'être en relation avec un " **puits-cheminée** " (figure A-VIII.45). Des blocs calcaires sont mélangés aux cailloux siliceux et la matrice varie légèrement de bas en haut de la petite coupe : grossière et peu abondante à la base (1), elle s'enrichit en sable (2), puis en fines (3), vers le sommet.



Nomenclature des prélèvements sédimentologiques : GR-EB

**Figure A-VIII.45 - Croquis du remplissage à galets de l'Entrée B des Trous de la Grosse Roche (Aingeray - X = 872,440 - Y = 1123,990 - Z = 206).**

Conclusion de l'annexe VIII.6.

Ces multiples descriptions sédimentaires montrent la **variété des remplissages du karst infratalweg**, dans des grottes et cavités qui ont connu une évolution spéléogénétique similaire. Cette diversité tient à l'âge des comblements souterrains, aux cycles climatiques qui se répercutent sur la fourniture alluviale, aux conditions macromorphologiques et aux variations hydrodynamiques des circulations à l'origine des dépôts (cf. Audra, 1997b).

**ANNEXE VIII.7 - TAILLE DU PLUS GROS OU DU PLUS GRAND GALET  
PRELEVE DANS DIFFERENTS REMPLISSAGES ENDOKARSTIQUES  
DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».**

Secteur	Echantillon	Dimension du plus gros galet prélevé (valeurs en cm)	Type pétrographique	Dimension du plus grand galet prélevé (valeurs en cm)	Type pétrographique
Neuves-Maisons	FSJ-DM	12,8 x 5,5 x 4,5	Quartzite		
	CN-CN	10,8 x 9,5 x 5,2	Quartzite		
Maron	CFSA	4,67 x 2,98 x 2,32	Quartz	4,89 x 2,00 x 1,20	Quartzite
	CC-LB	9,6 x 7,1 x 4,8	Granite	9,65 x 5,6 x 2,6	Conglomérat
Bois Embanie	KO-Dra	8,55 x 4,7 x 2,5	Quartzite		
	KO-CS	8,8 x 5,6 x 4,2	Quartz	8,95 x 4,7 x 3,65	Roche du socle
	BE-PGG	10,0 x 7,5 x 4,4	Quartzite		
Villey-le-Sec	LS-Arb	5,9 x 5,3 x 3,0	Quartzite		
	BV-C21-2	6,4 x 3,8 x 2,8	Quartz		
	BV-C21-1	9,1 x 7,0 x 5,75	Quartzite	10,25 x 5,5 x 3,25	Quartzite
Pierre-la-Treiche	LT-CST	10,2 x 8,6 x 6,6	Quartz		
	BG-G2	9,4 x 7,4 x 6,3	Quartzite		
	Jac-EM-2	12,0 x 6,7 x 4,5	Roche du socle		
	SR-EB(III)-2	8,6 x 7,9 x 5,7	Quartzite	9,05 x 6,05 x 3,25	Quartzite
	SR-EE-E2			L ~20	Quartzite
	SR-GG	9,4 x 6,0 x 4,5	Quartzite		
	SR-Dra-B3b	6,82 x 5,57 x 2,66	Quartzite		
	SR-FC-B2			L ~5,65	Quartz
	SR-Lac-17b	~9,0 x 7,5 x 6,0	Quartzite	L ~11,0	Roche du socle
	AC-Fut-E2'	10,45 x 7,1 x 5,2	Quartzite		
	AC-Fut-B2	10,2 x 7,8 x 4,0	Roche du socle	11,8 x 5,2 x 3,4	Quartzite
	AC-GMC-2	10,0 x 7,1 x 6,25	Conglomérat-quartzite	10,75 x 6,0 x 3,35	Granite
	Pui-DCA	10,0 x 6,3 x 3,6	Roche du socle		
	Pui-GT-2	8,5 x 3,7 x 3,4	Roche du socle		
	Pui-LP3(I)-1	10,3 x 6,2 x 5,1	Roche du socle		
	G16-Che-2	8,15 x 5,8 x 4,25	Quartz		
	7S-E3	8,4 x 7,5 x 3,55	Quartzite		
	7S-Can	10,65 x 4,2 x 3,05	Quartzite		
	7S-GSO-3	8,3 x 5,5 x 3,6	Quartzite		
	7S-GEC	8,6 x 7,0 x 3,25	Granite		
BR-G19	9,0 x 7,85 x 5,95	Quartzite			
Liverdun	GR-EB	10,15 x 6,7 x 6,5	Quartzite	10,35 x 6,15 x 4,7	Roche du socle

~ = observation de terrain (mesure approximative) ; chailles et calcaires, même corrodés, ont été exclus.

NB : comme cela est précisé, les mesures ont porté essentiellement sur des galets prélevés ; il est donc tout à fait possible que les remplissages comportent des galets plus gros ou plus grands.

**ANNEXE VIII.8 - ANALYSES PETROGRAPHIQUES DES ECHANTILLONS  
ENDOKARSTIQUES DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».  
DONNEES DU PREMIER TABLEAU UTILISEES POUR LA PLANCHE VIII.19.**

Secteur	Echantillon	Qzt	Qz	Grès - Cong.	Gran.	Autre socle	Calc. - Chai.	Co/So	Gr/So	N	Alt.
<b>Galets de 20-50 mm</b>											
N-M	FSJ-DM	53,45	39,22	6,47	0	0,86	0	/	/	232	395
	CN-CN	60,87	31,88	4,06	0	0	3,19	/	/	345	378
Maron	CFSA	36,8	57,36	5,33	0	0,51	0	/	/	394	303
	CC-LB	38,57	33,06	1,23	9,59	16,53	1,02	2,79	0,37	490	291,5
Bois Emb.	KO-Dra	24,13	28,16	3,19	12,62	31,07	0,83	1,27	0,29	721	249,4
	KO-CS	28,09	26,17	2,55	15,53	27,66	0	1,32	0,36	470	246,4
	BE-PGG	30,74	29,45	0,65	17,8	21,36	0	1,55	0,45	309	238
VLS	LS-Arb	30,25	58,03	8,33	0	2,16	1,23	/	/	324	264
	BV-C21-2	17,35	20,82	2,52	29,02	30,29	0	0,69	0,49	317	240,2
	BV-C21-1	26,8	27,01	2,18	16,56	27,45	0	1,27	0,38	459	239,8
PLT	LT-CST	20,8	24,8	2,2	26,2	26	0	0,92	0,50	500	235
	BG-G2	28,69	23,32	1,34	20,14	26,51	0	1,14	0,43	596	224,5
	Jac-EM-2	32,12	24,48	2,78	18,57	21,01	1,04	1,50	0,47	576	221,2
	SR-EB(I)-F3	42,03	24,64	0	11,59	21,74	0	2,00	0,35	69	224,2
	SR-EB(I)-E4	29,69	29,69	1,56	21,87	17,19	0	1,56	0,56	128	224
	SR-EB(I)-E1b	23,13	30,6	0,75	21,64	23,88	0	1,20	0,48	134	224
	SR-EB(I)-E1a	32,67	30,67	0,66	22,67	13,33	0	1,78	0,63	150	223,7
	SR-EB(I)-E	28,64	30,34	0,97	22,09	17,96	0	1,50	0,55	412	
	SR-EB(III)-2	33,85	21,86	3,48	18,76	20,31	1,74	1,51	0,48	517	224,2
	SR-EE-E2"/8	24,61	35,16	1,56	12,11	26,56	0	1,59	0,31	256	224,8
	SR-EE-E2"/7	23,4	27,66	2,13	19,5	27,31	0	1,14	0,42	282	224,7
	SR-EE-E2"/6	25,61	34,45	1,22	17,68	20,73	0,31	1,60	0,46	328	224,7
	SR-EE-E2"/5	22,71	29,83	1,7	19,66	25,42	0,68	1,20	0,44	295	224,7
	SR-EE-E2"/4	34,5	32,16	0,59	11,11	21,64	0	2,05	0,34	171	224,5
	SR-EE-E2"/3	27,06	31,77	2,94	15,29	22,94	0	1,62	0,40	170	224
	SR-EE-E2"/2	20,99	28,86	3,09	14,66	31,63	0,77	1,14	0,32	648	224
	SR-EE-E2"/1	33,33	33,33	2,61	9,9	20,83	0	2,25	0,32	192	223,4
	SR-EE-E2	24,98	31,13	2,14	15,41	26	0,34	1,41	0,37	2342	
	SR-EE-E1a"/4	24,61	36,15	3,08	13,85	22,31	0	1,77	0,38	130	223,3
	SR-EE-E1a"/3	23,74	35,25	1,44	10,07	28,78	0,72	1,56	0,26	139	223,2
	SR-EE-E1a"/2	28	29,5	1,5	17	23,5	0,5	1,46	0,42	200	223,1
	SR-EE-E1a"/1	25,31	38,59	3,74	8,71	23,65	0	2,09	0,27	241	222,8
	SR-EE-E1a	25,63	34,93	2,54	12,25	24,37	0,28	1,72	0,33	710	
	SR-EE-E	25,13	32,01	2,23	14,68	25,62	0,33	1,47	0,36	3052	
	SR-EE-B2b"/4	28,57	39,29	0	7,14	23,21	1,79	2,24	0,24	56	221,3
	SR-EE-B2b"/3	22,68	38,15	4,12	10,31	22,68	2,06	1,97	0,31	97	220,9
	SR-EE-B2b"/2	29,83	21,05	1,75	3,51	22,81	21,05	2,00	0,13	57	220,6
	SR-EE-B2b"/1	31,48	30,86	2,47	11,73	23,46	0	1,84	0,33	162	220,5
	SR-EE-B2b" *	28,25	34,6	2,54	10,48	23,18	0,95	1,94	0,31	315	
	SR-GG	27,81	30,57	0,59	18,54	22,09	0,4	1,45	0,46	507	218,7
	SR-Dra-B3b	26,45	23,81	2,12	11,64	34,39	1,59	1,14	0,25	189	216
	SR-FC-B2	28,06	36,19	0,93	11,22	23,53	0,07	1,88	0,32	1390	215,4
SR-Lac-17b	26,44	30,29	3,37	11,54	13,46	14,9	2,40	0,46	208	215,4	
AC-Fut-E2'	30,03	28,83	2,7	15,77	22,52	0,15	1,61	0,41	666	229,2	
AC-Fut-B2	27,78	32,1	2,47	16,05	21,6	0	1,66	0,43	162	228,1	

	AC-Fut-B1"	20,54	16,76	4,05	20	38,11	0,54	0,71	0,34	370	227,9
	AC-GMC-2	32,59	33,8	1,81	13,08	17,71	1,01	2,22	0,42	497	227,5
	BG-CD	25,56	31,67	2,78	12,22	27,22	0,55	1,52	0,31	180	231,1
	Pui-DCA	31,79	29,48	2,89	14,45	20,23	1,16	1,85	0,42	346	233,6
	Pui-GT-2	31,3	34,67	1,13	9,47	22,79	0,64	2,08	0,29	623	229,9
	Pui-LP3(I)-1	29,95	28,79	1,66	14,64	23,3	1,66	1,59	0,39	601	221,4
	BG-CB	17,42	25,83	1,5	25,52	29,73	0	0,81	0,46	333	218,6
	G16-Che-2	27,29	27,95	3,71	15,07	18,34	7,64	1,76	0,45	458	218,5
	7S-E3	31,29	28,8	1,82	15,19	21,54	1,36	1,69	0,41	441	229
	7S-Can	30,84	32,57	2,59	14,41	18,44	1,15	2,01	0,44	694	222,2
	7S-GSO-3	33,08	26,28	0,76	18,43	19,34	2,11	1,59	0,49	662	221,9
	7S-GEC	23,28	27,02	1,19	22,39	25,22	0,9	1,08	0,47	670	219,6
	BR-G19	29,57	24,92	3,87	17,65	23,37	0,62	1,42	0,43	646	217,2
Liv.	GR-EB	20,61	16,92	1,02	37,79	23,66	0	0,63	0,61	786	206

\* L'échantillon SR-EE-B2b"/2 a été exclu du total, en raison de ses nombreux calcaires anguleux (plus de 20 %), qui modifient les proportions des autres roches.

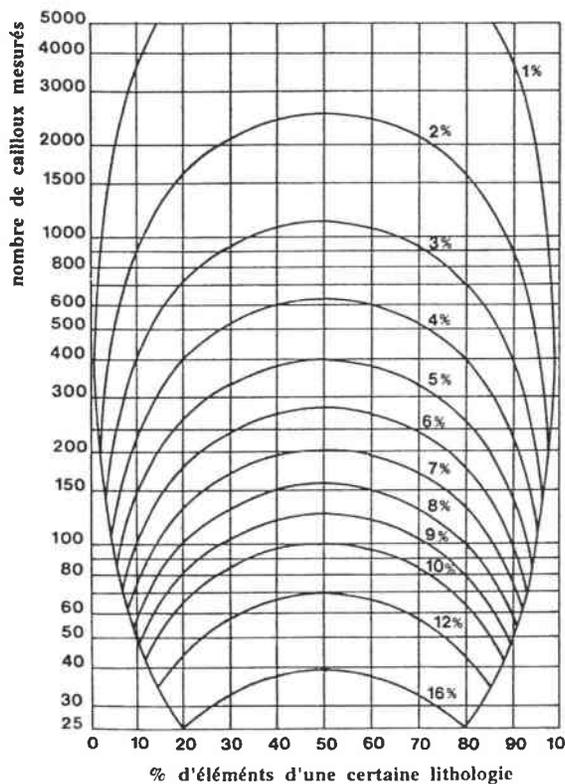
Secteur : N-M = Neuves-Maisons ; Emb. = Emblan ; VLS = Villey-le-Sec ; PLT = Pierre-la-Treiche ; Liv. = Liverdun. Pétrographie (%) : Qzt = quartzites ; Qz = quartz ; Cong. = conglomérats ; Gran. = granites ; Autre socle = autres roches du socle ; Calc. = calcaires ; Chai. = chailles. Rapports pétrographiques : Co/So = rapport des roches de couverture (Qzt + Qz + Grès - Cong.) sur les roches du socle (Gran. + Autre socle) [Calc. - Chai. exclus du calcul, car cailloux non roulés] ; Gr/So = rapport des granites sur l'ensemble des roches du socle (Gran. + Autre socle). N = nombre de galets comptés. Alt. = altitude (m). En gris = cumul de plusieurs échantillons issus de la même unité sédimentologique.

Secteur	Echantillon	Qzt	Qz	Grès - Cong.	Gran.	Autre socle	Calc. - Chai.	Co/So	Gr/So	N	Alt.
<b>Galets de 40-80 mm</b>											
N-M	FSJ-DM	70,89	16,45	11,39	0	1,27	0	/	/	79	395
	CN-CN	78,14	12,57	5,46	0	0,55	3,28	/	/	183	378
Maron	CC-LB	49,36	24,89	0,43	9,01	13,31	3	3,35	0,40	233	291,5
Bois	KO-Dra	31,49	12,96	1,85	12,96	38,89	1,85	0,89	0,25	54	249,4
Emb.	KO-CS	42,06	16,67	3,97	12,7	24,6	0	1,68	0,34	126	246,4
	BE-PGG	50,54	20,43	0	16,13	12,9	0	2,44	0,56	93	238
VLS	LS-Arb	50	30,56	11,11	0	0	8,33	/	/	36	264
	BV-C21-2	31,03	6,9	0	27,59	34,48	0	0,61	0,44	29	240,2
	BV-C21-1	40	7,69	4,61	13,85	33,85	0	1,10	0,29	65	239,8
PLT	LT-CST	33,65	12,15	3,74	23,36	27,1	0	0,98	0,46	107	235
	BG-G2	41,74	15,65	1,74	13,91	26,96	0	1,45	0,34	115	224,5
	Jac-EM-2	35,66	25,58	3,1	15,5	20,16	0	1,80	0,43	129	221,2
	SR-EB(III)-2	43,44	15,15	6,06	15,15	15,15	5,05	2,13	0,50	99	224,2
	SR-EE-E2"/8	29,41	11,76	0	15,69	43,14	0	0,70	0,27	51	224,8
	SR-EE-E2"/7	40,35	22,81	3,51	19,3	14,03	0	2,00	0,58	57	224,7
	SR-EE-E2"/6	42,97	18,75	1,56	17,97	17,19	1,56	1,80	0,51	128	224,7
	SR-EE-E2"/5	39,35	18,03	0	16,39	24,59	1,64	1,40	0,40	61	224,7
	SR-EE-E2"/4	50	14,82	3,7	12,96	18,52	0	2,18	0,41	54	224,5
	SR-EE-E2"/3	50	16	2	18	14	0	2,12	0,56	50	224
	SR-EE-E2"/2	42,75	16,67	3,62	15,94	19,57	1,45	1,78	0,45	138	224
	SR-EE-E2"/1	55,93	15,25	0	5,09	23,73	0	2,47	0,18	59	223,4
	SR-EE-E1a"/4	43,4	20,75	1,89	15,09	18,87	0	1,94	0,44	53	223,3
	SR-EE-E1a"/3	31,03	20,69	3,45	17,24	20,69	6,9	1,45	0,45	29	223,2
	SR-EE-E1a"/2	48,65	16,22	4,05	13,51	17,57	0	2,22	0,43	74	223,1
	SR-EE-E1a"/1	44,44	33,33	0	7,41	14,82	0	3,50	0,33	27	222,8
	SR-EE-B2b"/4	45	35	0	0	15	5	5,33	0,00	20	221,3
	SR-EE-B2b"/3	44,12	14,71	11,76	14,71	8,82	5,88	3,00	0,63	34	220,9
	SR-EE-B2b"/1	42,19	20,31	6,25	7,81	23,44	0	2,20	0,25	64	220,5
	SR-GG	44	17	2	14	23	0	1,70	0,38	100	218,7

SR-Dra-B3b	40	20	6,67	13,33	20	0	2,00	0,40	15	216	
SR-FC-B2	33,33	11,9	0	14,29	40,48	0	0,83	0,26	42	215,4	
SR-Lac-17b	35,48	15,05	1,08	10,75	16,13	21,51	1,92	0,40	93	215,4	
AC-Fut-E2'	38,58	17,32	3,94	17,32	22,05	0,79	1,52	0,44	127	229,2	
AC-Fut-B2	40,17	20,51	2,56	13,68	23,08	0	1,72	0,37	117	228,1	
AC-Fut-B1"	33,33	4,17	8,33	20,83	29,17	4,17	0,92	0,42	24	227,9	
AC-GMC-2	48,2	25,18	0	17,27	8,63	0,72	2,86	0,67	139	227,5	
BG-CD	34,55	16,36	3,64	7,27	36,36	1,82	1,25	0,17	55	231,1	
Pui-DCA	38,16	17,11	2,63	14,47	25	0	1,47	0,37	76	233,6	
Pui-GT-2	46,15	23,08	1,71	5,98	21,37	1,71	2,59	0,22	117	229,9	
Pui-LP3(1)-1	49,09	10,91	0	11,82	24,54	3,64	1,65	0,33	110	221,4	
G16-Che-2	38,89	8,33	1,39	13,89	16,67	20,83	1,59	0,45	72	218,5	
7S-E3	34,85	22,73	3,03	12,12	25,76	1,51	1,60	0,32	66	229	
7S-Can	45,2	17,81	0	16,44	15,07	5,48	2,00	0,52	73	222,2	
7S-GSO-3	41,74	16,52	0,87	13,91	21,74	5,22	1,66	0,39	115	221,9	
7S-GEC	33,62	15,52	3,45	15,52	30,17	1,72	1,15	0,34	116	219,6	
BR-G19	39,44	19,01	4,93	14,08	22,54	0	1,73	0,38	142	217,2	
Liv.	GR-EB	29,69	16,41	0,78	32,81	20,31	0	0,88	0,62	128	206

Secteur : N-M = Neuves-Maisons ; Emb. = Embanie ; VLS = Villey-le-Sec ; PLT = Pierre-la-Treiche ; Liv. = Liverdun. Pétrographie (%) : Qzt = quartzites ; Qz = quartz ; Cong. = conglomérats ; Gran. = granites ; Autre socle = autres roches du socle ; Calc. = calcaires ; Chai. = chailles. Rapports pétrographiques : Co/So = rapport des roches de couverture (Qzt + Qz + Grès - Cong.) sur les roches du socle (Gran. + Autre socle) [Calc. - Chai. exclus du calcul, car cailloux non roulés] ; Gr/So = rapport des granites sur l'ensemble des roches du socle (Gran. + Autre socle). N = nombre de galets comptés. Alt. = altitude (m).

**ANNEXE VIII.9 - GRAPHIQUE DE VAN DER PLAS ET TOBI (1965)  
POUR UNE VALIDATION STATISTIQUE DES COMPTAGES DE GALETS  
(D'APRES PISSART *et al.*, 1998a, fig. 1).**



« Graphique proposé par Van der Plas et Tobi (1965) pouvant servir à déterminer, en fonction du nombre de cailloux considérés, l'intervalle dans lequel se trouve avec une probabilité de 95 % la valeur réelle de l'indice d'émoussé. Exemple d'utilisation pour un comptage  $n$  de 150 cailloux : si 60 cailloux d'une nature déterminée (soit 40 %) sont trouvés, le graphique montre que le pourcentage réel se trouve avec une probabilité de 95 %, dans un intervalle de 8 %, c'est-à-dire entre 32 et 48 %. »

**ANNEXE VIII.10 - DONNEES SUR LES MORPHOMETRIES  
DES GALETS DE GRANITE DES REMPLISSAGES ENDOKARSTIQUES  
DU SITE DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».  
DONNEES DU PREMIER TABLEAU UTILISEES POUR LA FIGURE VIII.12.**

Secteur	Echantillon	Médiane des émoussés	Médiane des aplatissements	Nombre de galets	Altitude (m)
<b>Galets de 20-50 mm</b>					
Maron	CC-LB	351	2,07	41	291,5
Bois de l'Embanie	KO-Dra	364	2,03	79	249,4
	KO-CS	327	1,86	55	246,4
	BE-PGG	370	1,76	47	238
Villey-le-Sec	BV-C21-2	322	1,88	76	240,2
	BV-C21-1	333	1,64	57	239,8
Pierre-la-Treiche	LT-CST	381	1,73	87	235
	BG-G2	401	1,92	104	224,5
	Jac-EM-2	287	1,83	84	221,2
	SR-EB(III)-2	299	1,87	81	224,2
	SR-EE-E2"/8	416	1,68	27	224,8
	SR-EE-E2"/7	367	1,92	49	224,7
	SR-EE-E2"/6	407	1,70	49	224,7
	SR-EE-E2"/5	369	1,76	47	224,7
	SR-EE-E2"/4	429	2,00	16	224,5
	SR-EE-E2"/3	351	1,65	19	224
	SR-EE-E2"/2	390	1,75	92	224
	SR-EE-E2"/1	435	1,86	16	223,4
	SR-EE-E2	388	1,76	315	
	SR-EE-E1a"/4	306	1,85	18	223,3
	SR-EE-E1a"/3	415	1,62	12	223,2
	SR-EE-E1a"/2	407	1,74	33	223,1
	SR-EE-E1a"/1	314	1,96	18	222,8
	SR-EE-E1a	360	1,84	81	
	SR-EE-B2b"/3	376	1,65	10	220,9
	SR-EE-B2b"/1	463	1,80	18	220,5
	SR-EE-B2b"/1-3	435	1,77	28	
	SR-GG	394	1,72	82	218,7
	SR-Dra-B3b	309	1,78	22	216
	SR-FC-B2	359	1,77	146	215,4
	SR-Lac-17b	346	1,70	18	215,4
	AC-Fut-E2'	303	1,80	85	229,2
	AC-Fut-B2	405	1,68	25	228,1
	AC-Fut-B1"	323	2,06	57	227,9
	AC-GMC-2	329	1,89	48	227,5
	BG-CD	340	1,67	22	231,1
	Pui-DCA	359	1,84	48	233,6
	Pui-GT-2	390	1,62	43	229,9
	Pui-LP3(I)-1	377	1,90	84	221,4
BG-CB	385	1,64	73	218,6	
G16-Che-2	338	1,85	55	218,5	
7S-E3	377	1,86	57	229	
7S-Can	344	1,73	74	222,2	
7S-GSO-3	348	1,73	110	221,9	

	7S-GEC	359	1,80	122	219,6
	BR-G19	370	1,74	94	217,2
Liverdun	GR-EB	376	1,82	206	206

En gris = cumul de plusieurs échantillons issus de la même unité sédimentologique.

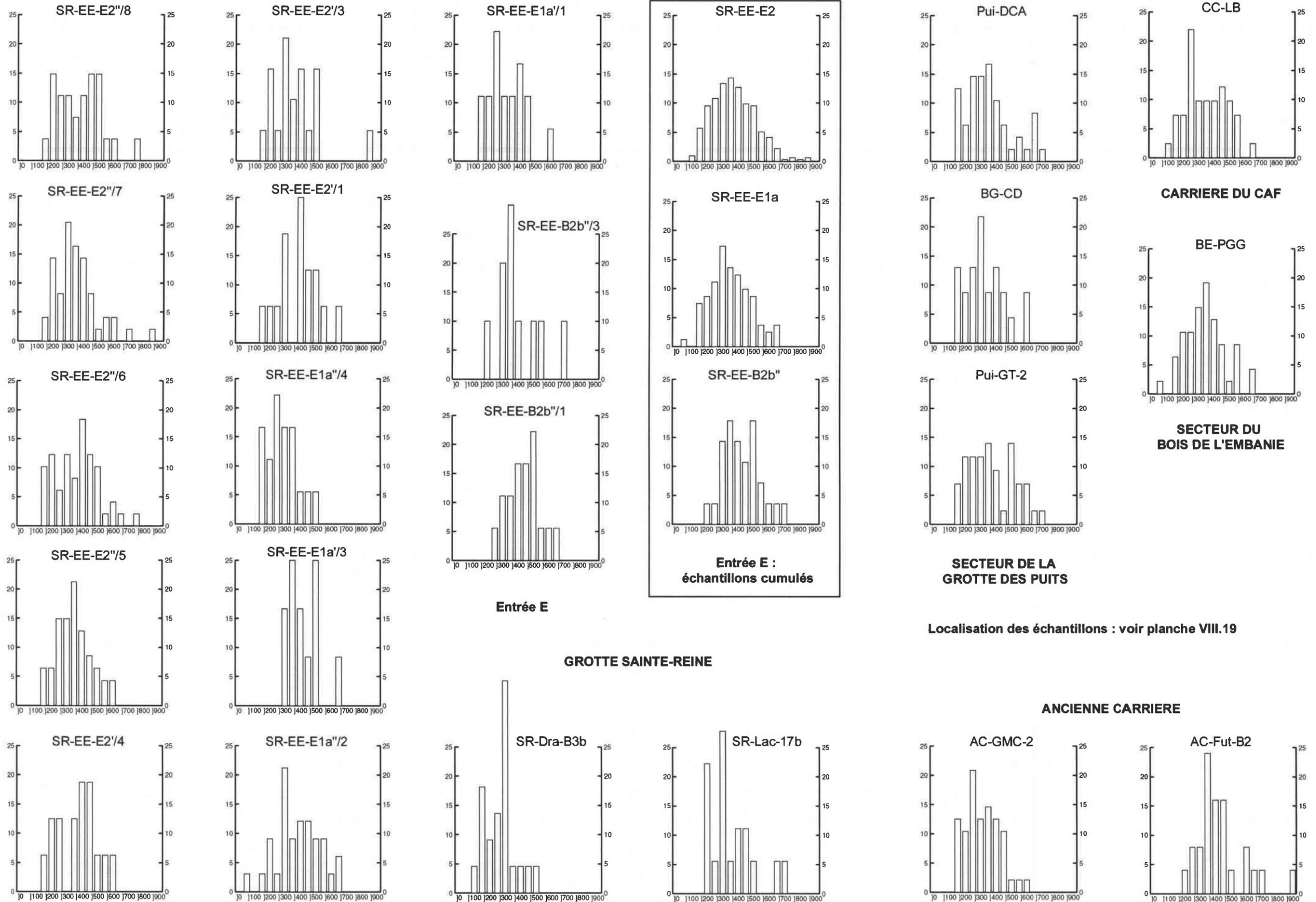
NB : pour les échantillons de moins de 20 (Cailleux et Tricart, 1959) ou 25 galets (Krumbein, 1941, cité par Pissart *et al.*, 1998a), les valeurs sont données à titre indicatif, car elles sont peu significatives.

Secteur	Echantillon	Médiane des émoussés	Médiane des aplatissements	Nombre de galets	Altitude (m)
<b>Galets de 40-80 mm</b>					
Maron	CC-LB	321	2,38	19	291,5
Bois de l'Embanie	KO-CS	323	2,04	11	246,4
	BE-PGG	352	1,95	14	238
Pierre-la-Treiche	LT-CST	451	1,98	19	235
	BG-G2	333	2,03	15	224,5
	Jac-EM-2	390	1,91	19	221,2
	SR-EB(III)-2	310	1,89	14	224,2
	SR-EE-E2"/6	332	1,69	23	224,7
	SR-EE-E2'/2	397	1,95	22	224
	SR-EE-E2	348	1,84	86	
	SR-EE-E1a"/2	390	1,70	10	223,1
	SR-EE-E1a	360	1,74	24	
	SR-EE-B2b"/1-3	339	1,82	10	
	SR-GG	304	1,86	14	218,7
	AC-Fut-E2'	278	1,88	20	229,2
	AC-Fut-B2	391	1,74	15	228,1
	AC-GMC-2	306	1,77	19	227,5
	Pui-LP3(I)-1	336	2,24	12	221,4
	7S-Can	411	1,93	10	222,2
	7S-GSO-3	309	1,96	15	221,9
	7S-GEC	345	1,80	17	219,6
	BR-G19	375	1,80	18	217,2
	Liverdun	GR-EB	370	2,07	35

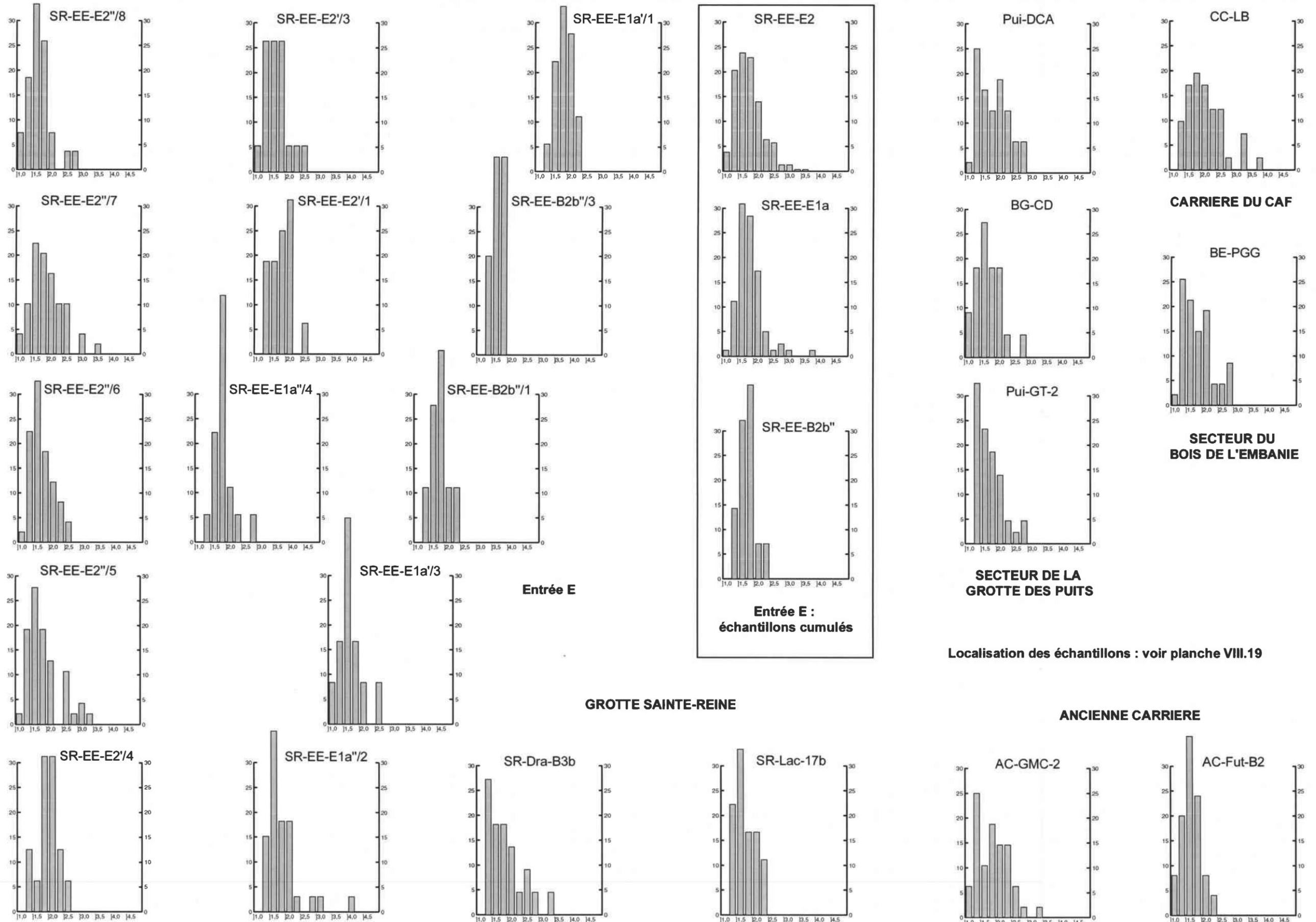
En gris = cumul de plusieurs échantillons issus de la même unité sédimentologique.

NB : pour les échantillons de moins de 20 (Cailleux et Tricart, 1959) ou 25 galets (Krumbein, 1941, cité par Pissart *et al.*, 1998a), les valeurs sont données à titre indicatif, car elles sont peu significatives. Les échantillons de moins de 10 galets ont été éliminés.

**ANNEXE VIII.11 - ANALYSES MORPHOMETRIQUES DES ALLUVIONS ENDOKARSTIQUES DU SITE DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE :  
EMOUSSE DES GALETS DE GRANITE DE 20-50 mm ; ANALYSES COMPLEMENTAIRES DE LA PLANCHE VIII.21, NON INTERPRETABLES CAR RELATIVES  
AUX ECHANTILLONS COMPORTANT MOINS DE 50 GALETS ET A PRELEVEMENTS ADDITIONNES POUR L'ENTREE E DE LA GROTTA SAINTE-REINE.**



**ANNEXE VIII.12 - ANALYSES MORPHOMETRIQUES DES ALLUVIONS ENDOKARSTIQUES DU SITE DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE :  
 APLATISSEMENT DES GALETS DE GRANITE DE 20-50 mm ; ANALYSES COMPLEMENTAIRES DE LA PLANCHE VIII.22, NON INTERPRETABLES CAR RELATIVES  
 AUX ECHANTILLONS COMPORTANT MOINS DE 50 GALETS ET A PRELEVEMENTS ADDITIONNES POUR L'ENTREE E DE LA GROTTTE SAINTE-REINE.**



**ANNEXE VIII.13 - ANALYSES DE L'ALTERATION DES GALETS DE GRANITE  
DE 20-80 mm, ISSUS DE DIFFERENTS REMPLISSAGES ENDOKARSTIQUES DE  
LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».**

Secteur	Echantillon	Sain	Cortex	Fragile	Friable	Pourri	N	Alt. (m)
Maron	CC-LB	0	44,8	39,7	13,8	1,7	58	291,5
Bois de l'Embanie	KO-Dra	1,1	25,0	65,2	8,7	0	92	249,4
	KO-CS	0	35,5	50,0	14,5	0	76	246,4
	BE-PGG	0	24,6	62,3	13,1	0	61	238
Villey-le-Sec	BV-C21-2	0	49,5	40,0	10,5	0	95	240,2
	BV-C21-1	0	39,0	51,9	9,1	0	77	239,8
Pierre-la-Treiche	LT-CST	0	36,5	48,9	9,5	5,1	137	235
	BG-G2	0	45,2	42,9	11,9	0	126	224,5
	Jac-EM-2	0	51,8	43,9	4,4	0	114	221,2
	SR-EB(III)-2	0	55,8	39,4	4,8	0	104	224,2
	SR-EE-E2"/8	0	27,3	54,5	18,2	0	33	224,8
	SR-EE-E2"/7	0	49,2	42,4	5,1	3,4	59	224,7
	SR-EE-E2"/6	1,4	52,2	36,2	5,8	4,3	69	224,7
	SR-EE-E2"/5	1,6	45,9	36,1	14,8	1,6	61	224,7
	SR-EE-E2"/4	0	59,1	36,4	4,5	0	22	224,5
	SR-EE-E2"/3	10,0	56,7	23,3	10,0	0	30	224
	SR-EE-E2"/2	3,0	28,7	52,5	15,8	0	101	224
	SR-EE-E2"/1	0	42,9	38,1	19,0	0	21	223,4
	SR-EE-E2	2,0	42,9	41,9	11,6	1,5	396	
	SR-EE-E1a"/4	0	40,0	55,0	5,0	0	20	223,3
	SR-EE-E1a"/3	0	29,4	47,1	23,5	0	17	223,2
	SR-EE-E1a"/2	0	45,9	48,6	5,4	0	37	223,1
	SR-EE-E1a"/1	0	54,5	36,4	4,5	4,5	22	222,8
	SR-EE-E1a	0	43,8	46,9	8,3	1,0	96	
	SR-EE-B2b"/3	7,7	30,8	61,5	0	0	13	220,9
	SR-EE-B2b"/1	14,3	19,0	47,6	19,0	0	21	220,5
	SR-EE-B2b"/1-3	11,8	23,5	52,9	11,8	0	34	
	SR-GG	3,1	50,0	37,8	9,2	0	98	218,7
	SR-Dra-B3b	4,3	52,2	39,1	4,3	0	23	216
	SR-FC-B2	5,1	50,6	40,4	3,8	0	156	215,4
	SR-Lac-17b	0	51,7	41,4	6,9	0	29	215,4
	AC-Fut-E2'	0,9	58,3	33,0	7,8	0	115	229,2
	AC-Fut-B2	0	62,5	28,1	9,4	0	32	228,1
	AC-Fut-B1"	0	53,3	40,0	6,7	0	75	227,9
	AC-GMC-2	0	55,8	29,9	14,3	0	77	227,5
	BG-CD	8,7	17,4	73,9	0	0	23	231,1
	Pui-DCA	0	41,5	41,5	17,0	0	53	233,6
	Pui-GT-2	0	28,3	66,7	5,0	0	60	229,9
	Pui-LP3(I)-1	0	57,4	38,3	4,3	0	94	221,4
BG-CB	9,1	50,0	27,3	13,6	0	88	218,6	
G16-Che-2	0	51,4	44,3	4,3	0	70	218,5	
7S-E3	0	65,2	33,3	1,4	0	69	229	
7S-Can	1,0	45,7	47,6	5,7	0	105	222,2	
7S-GSO-3	0	45,7	46,5	7,8	0	129	221,9	
7S-GEC	1,3	54,9	37,9	5,9	0	153	219,6	
BR-G19	0	32,2	56,2	9,1	2,5	121	217,2	
Liverdun	GR-EB	0,3	55,1	39,6	3,5	1,6	316	206

Valeurs d'altération en %. N = nombre de galets comptés. Alt. = altitude. En gris = cumul de plusieurs échantillons issus de la même unité sédimentologique.

**ANNEXE VIII.14 - MINERALOGIE DES SABLES DE 0,315-0,4 mm ISSUS DE  
REMPLISSAGES ENDOKARSTIQUES DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE ».**

Secteur	Echantillon	Quartz transl.	Quartz laiteux	Feldsp.	Micas noirs	Micas blancs	Grains Fe-Mn	Polym.	Aggl. quartz	Autres min.
Maron	CC-Min-3	34,5	48,5	14,5	0,5	0	1	1	0	0
	CC-Min-1	32	39	20	0	0	1	6	0	2
Pierre-la-Treiche	SR-EE-F2	44	14	30	3	1	1	4	3	0
	SR-EE-E2'	39	23	17	1,5	0,5	2	8	0	9
	SR-EE-E1a'	32	20	32	2	0	1	11	0	2
	SR-EE-D4e	20	24	38	7	2	0	8	1	0
	SR-EE-D4d'	22	29	29	3	1	1	10	4	1
	SR-EE-D4c	22	18	16	15	1	0	18	10	0
	SR-EE-D4b	50	6	30	4	0	0	8	2	0
	SR-EE-D4a	38	10	38	2	0	1	9	0	2
	SR-EE-D3b	50	20	21	2	0	0	7	0	0
	SR-EE-D3a	34	28	24	6	2	0	4	2	0
	SR-EE-D1"	26	32	26	3,5	0,5	0	6	6	0
	SR-EE-C5c	46	14	24	4	1	1	10	0	0
	SR-EE-C5a"	44	18	28	5	1	0	4	0	0
	SR-EE-C5a'	20	26	36	5	0	2	6	4	1
	SR-EE-C4"	31,5	35,5	25,5	1,5	0	2	4	0	0
	SR-EE-C3b	32	23	28	7	1	1	6	2	0
	SR-EE-B2b'	42	22	22	4	1	1	6	0	2
	SR-EE-B2a	40	23	27	5	0	1	4	0	0
	SR-EE-B1	42	20	28	3	2	1	4	0	0
	SR-EE-A3'	29	29	21	9	1	0	4	6	1
	SR-EE-A2a	8	8	8	36	6	2	10	22	0
	SR-EE-A1	39	41	7	4,5	0,5	2	1	5	0
	SR-Dra-C3	18	38	16	12	2	2	8	4	0
	SR-Dra-C2	38	14	30	5	1	4	6	2	0
	SR-Dra-C1	42	16	30	4	0	2	6	0	0
	SR-Dra-B3b	40	26	24	2	2	2	4	0	0
	SR-Dra-B3a	22	46	20	2	0	2	8	0	0
	SR-Dra-B2	42	26	24	2	0	2	4	0	0
	SR-Dra-B1	34	22	36	2	0	1	5	0	0
	SR-Dra-A	28	20	26	1	0	1	24	0	0
	SR-FC-F2a	36	18	32	1	0	3	6	4	0
	SR-FC-E4e	28	18	28	2	1	1	8	10	4
	SR-FC-E4d	44	24	18	0	0	1,5	10	0	2,5
SR-FC-E4b	30	25	29	2	0,5	0	10	1,5	2	
SR-FC-E4a	32	20	36	0	0	0	8	4	0	
SR-FC-E2	36	20	28	1	0	0	12	3	0	
SR-FC-E1c	38	3	32	8	1	1	4	4	9	
SR-FC-E1b	27	15	41	6,5	0,5	0	0	6	4	
SR-FC-E1a	12	20	34	10	2	0	14	2	6	
SR-FC-D2a	22	31	33	0	0	1	8	5	0	
SR-FC-C3b	21	52	17	2	0	2	6	0	0	
SR-FC-C3a	30	33	28	1	0	0	8	0	0	
SR-FC-C1d	32	19	38	0,5	0	2,5	8	0	0	
SR-FC-C1c	32	27	25	0,5	0	3	10,5	2	0	

SR-FC-C1a	42	29	21	0,5	0	1,5	2	0	4
SR-FC-B4	23	34	17	1	1	1	20	0	3
SR-FC-B3	32	28	16	1	0	1	18	0	4
SR-FC-B2	38	20	20	1	0	1	8	0	12
SR-FC-B1	30	30	20	0,5	0	1	16	2	0,5
Pui-GT-3	29	57	5	2,5	0	0,5	4	0	2
7S-GSO-2	20	38,5	35	3	0	1,5	2	0	0

Minéralogie (%) : Quartz transl. = quartz translucides ; Feldsp. = feldspaths ; Grains Fe-Mn = grains ferromanganiques ; Polym. = polyminéraux ; Aggl. quartz = agglomérats quartzeux ; Autres min. = autres minéraux (limonite, glauconie,...).

**ANNEXE VIII.15 - POURCENTAGES DES MINÉRAUX LOURDS  
DE DIFFÉRENTS REMPLISSAGES ENDOKARSTIQUES DE LA RÉGION  
DE LA « BOUCLE DE LA MOSELLE » (ANALYSES : M. BEINER).**

Sect.	Echantillon	T	Z	Rut.	Ana.	Bro.	G	S	Sta.	Dis.	And.	E	A	Alt.
Mar.	CFSA	48,1	27,9	8,7	1,0	1,0	3,8	2,9	1,0	0,0	1,9	2,9	1,0	303
	CC-Min-3	17,4	8,2	2,8	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	1,8	1,1	59,9	291,8
Bois Emb.	KO-Dra	6,7	21,5	3,1	0,0	0,0	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	21,5	249,4
	KO-CS	5,8	12,2	4,3	1,4	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,7	3,6	59,7	246,4
VLS	BV-C21-2	5,9	18,5	6,7	2,5	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,8	2,5	37,8	240,2
	BV-C21-1	7,6	15,7	3,5	2,9	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,7	57,0	239,8
PLT	SR-EE-F3	6,3	14,4	4,5	0,9	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	58,6	224,9
	SR-EE-F2	5,7	5,7	1,9	0,6	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	1,9	2,5	75,5	224,6
	SR-EE-E1a'	3,1	20,1	2,3	0,0	0,0	10,4	0,4	0,0	0,0	1,2	2,7	59,8	222,8
	SR-EE-D4d'''	5,4	24,8	0,8	0,4	0,4	7,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,3	58,5	224,3
	SR-EE-D4c	3,4	2,3	1,7	1,1	0,6	4,5	0,0	0,6	0,0	1,1	1,7	83,0	222,3
	SR-EE-C5a''	3,2	7,8	3,2	1,3	0,0	6,5	0,0	0,6	0,0	0,6	1,9	74,7	221
	SR-EE-C4''	6,1	12,8	3,4	0,7	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	67,6	221,3
	SR-EE-B2b''	8,5	17,6	3,5	0,7	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	2,1	2,8	56,3	220,1
	SR-EE-A1	2,8	7,0	2,1	3,5	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	1,4	3,5	74,1	220,5
	SR-Dra-D12	2,5	9,1	2,0	0,0	0,0	23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	57,4	221,6
	SR-Dra-D5	1,9	17,2	10,2	0,6	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	43,3	220,2
	SR-Dra-C3	3,4	16,4	8,9	1,4	0,0	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	50,0	216,9
	SR-Dra-C1	2,2	26,1	12,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,5	2,2	48,9	216,3
	SR-FC-F3	3,3	5,5	2,8	0,6	0,0	17,7	0,0	0,0	0,6	1,1	2,8	65,7	218,4
	SR-FC-F2a	4,4	8,5	1,4	0,3	0,3	21,4	0,3	0,0	0,0	0,7	3,4	59,3	218,4
	SR-FC-E4a	4,7	14,2	2,4	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,8	3,1	69,3	217,6
	SR-FC-C3b	3,2	5,2	1,9	0,6	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	1,9	1,3	81,8	216,2
	SR-FC-C1c	1,7	18,2	7,9	1,7	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	2,1	1,7	61,2	215,7
	SR-FC-B1	3,8	8,5	0,8	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	1,5	2,3	79,2	214,7
	SR-GG	7,1	26,0	5,9	0,6	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	46,7	218,7
	AC-Fut-E2'	7,1	15,3	3,1	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,4	3,9	58,4	229,2
	AC-Fut-D2b	3,5	13,5	1,2	0,0	0,0	21,5	0,4	0,0	0,0	0,4	4,6	55,0	228,7
	AC-Fut-C1a''	7,2	11,6	2,4	0,5	0,0	13,0	1,0	0,0	0,0	1,0	7,2	56,0	228,2
	AC-Fut-C1a'	4,8	21,5	6,1	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	0,0	0,4	2,2	52,6	228,1
	AC-GMC-2	7,1	17,9	6,1	0,9	0,0	11,3	1,4	0,0	0,0	0,9	1,4	52,8	227,5
	AC-GMC-1 ?	1,1	0,8	0,8	0,4	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,8	92,0	227,2
	AC-C2O	6,7	5,6	3,9	2,2	0,0	12,9	0,0	0,6	0,0	1,1	5,1	61,8	215
	Pui-GT-3	6,3	21,1	4,2	0,4	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,7	5,3	43,3	229,9
	Pui-GIO(I)	9,5	3,7	3,3	0,8	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	1,2	2,9	72,6	225
	Pui-LP3(II)-2	9,1	11,7	3,0	1,7	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,9	2,6	58,3	221,5
G16-Che-2	8,3	17,2	2,1	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	58,3	218	
7S-GSO-2	7,1	19,2	1,7	0,0	0,8	11,7	0,0	0,0	0,0	0,8	1,3	57,3	220,7	
Liv.	GR-EB	3,5	8,4	1,3	0,4	0,0	52,0	0,0	0,0	0,0	1,3	4,0	29,1	206

Sect. = secteur : Mar. = Maron, Emb. = Embanie, VLS = Vилley-le-Sec, PLT = Pierre-la-Treiche, Liv. = Liverdun. Minéraux lourds (%) : T = tourmaline, Z = zircon, Rut. = rutile, Ana. = anatase, Bro. = brookite, G = grenat, S = sphène, Sta. = staurotide, Dis. = disthène, And. = andalousite, E = épidote, A = amphibole. Alt. = altitude (m).

NB : rutile, anatase et brookite constituent les oxydes de titane ; staurotide, disthène et andalousite constituent le groupement métamorphique.

**ANNEXE IX.1 - RESULTATS DES DATATIONS U/Th DE SPELEOTHEMES  
PAR SPECTROMETRIE  $\alpha$   
(ANALYSES : Y. QUINIF - CERAK, FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS).**

Echantillon	[U] <sub>ppm</sub>	<sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>234</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>232</sup> Th	[ <sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U] <sub>t=0</sub>	Age (en ka BP)
Pui-GIO(II)-1.2	0,185±0,002	1,315±0,014	1,072±0,083	3,6±0,6	2,091	442 [+inf./-166]
Pui-GIO(II)-1.1	0,254±0,002	1,272±0,012	1,050±0,079	9,2±2,8	1,830	398 [+inf./-133]
Pui-GIO(II)-1.1bis	0,253±0,003	1,279±0,011	3,908±0,366	73±23	-----	-----
Pui-GIO(II)-2	0,253±0,004	1,243±0,020	0,969±0,042	19±3	1,518	269,8 [+64/-41]
SR-Lac(II)-1	161,3±0,627	1,663±0,005	0,856±0,011	82±5	2,069	169,9 [+4,8/-4,7]
SR-Lac(II)-1bis	159,6±0,385	1,664±0,003	0,858±0,007	101±5	2,072	170,6 [+3,1/-3,0]
Car-GP-1.2	0,144±0,002	1,248±0,013	0,418±0,130	3,6±2,4	1,291	57,5 [+26/-21]
Car-GP-1.1	0,150±0,002	1,221±0,014	0,475±0,188	1,2±0,6	1,267	68,2 [+44,5/-31,9]
CC-GD	0,158±0,002	1,010±0,011	1,530±0,042	102±16	-----	-----
Pui-GVC-1	2,053±0,006	1,358±0,004	0,317±0,008	15±2	1,401	40,7 [+1,2/-1,2]
Pui-GT-8.4	2,090±0,009	1,384±0,006	0,116±0,011	10±5	1,398	13,2 [+1,4/-1,3]
Pui-GT-8.3	1,963±0,007	1,391±0,005	0,257±0,368	-----	1,428	31,7 [+68/-32]
Pui-GT-8.2	1,993±0,006	1,427±0,004	0,185±0,038	2,3±0,8	1,417	22,0 [+5,1/-4,8]
Pui-GT-8.1	2,013±0,005	1,279±0,010	0,336±0,011	71±26	1,483	43,5 [+1,6/-1,7]
Pui-GT-8bis	2,015±0,012	1,394±0,007	0,048±0,118	0,4±1,1	1,400	5,3 [+14,2/-5,3]
Pui-GT-8ter	2,603±0,009	1,374±0,004	0,256±0,014	42±29	1,408	31,6 [+2,1/-2,0]
SR-ED-2.7	0,156±0,002	1,262±0,015	0,054±0,007	4,3±1,3	1,266	6,0 [+1,8/-1,7]
SR-ED-2.6	0,145±0,003	1,289±0,021	0,031±0,004	24±25	1,292	3,4 [+0,4/-0,4]
SR-ED-2.5	0,113±0,001	1,257±0,009	0,056±0,016	22±90	1,261	6,2 [+1,8/-1,7]
SR-ED-2.4	0,123±0,001	1,298±0,012	0,127±0,024	5,3±3,3	1,311	14,6 [+3,1/-2,9]
SR-ED-2.3	0,142±0,002	1,244±0,013	0,076±0,008	11±6	1,250	8,5 [+1,0/-0,9]
SR-ED-2.2	0,070±0,001	1,257±0,014	0,117±0,041	41	1,267	13,5 [+5,1/-4,9]
SR-ED-2.1	0,075±0,001	1,279±0,010	0,127±0,016	16±13	1,290	14,7 [+2,0/-2,0]
SR-Dra-1.3	0,044±0,001	1,156±0,033	-----	-----	-----	-----
SR-Dra-1.2	0,060±0,001	1,192±0,019	0,151±0,108	0,9±0,8	1,202	17,7 [+14,6/-12,9]
SR-Dra-1.1	0,195±0,003	1,329±0,012	0,092±0,133	0,9±1,3	1,338	10,4 [+17,0/-10,4]

Nota : les échantillons dont le nom possède un même 1<sup>er</sup> chiffre se rapportent à une même concrétion ; le 2<sup>ème</sup> chiffre est croissant de bas en haut du spéléothème. Les échantillons dont le nom est suivi de " bis " ou " ter " correspondent à des essais de vérification.

Lecture du tableau (Y. Quinif) :

« La première colonne comprend le nom de l'échantillon, la deuxième colonne donne la teneur en uranium exprimée en ppm (parties par millions, soit le nombre de milligrammes d'uranium par kilogramme de stalagmite), la troisième le rapport isotopique entre l'uranium-234 et l'uranium-238, la quatrième le rapport isotopique entre le thorium-230 et l'uranium-234, la cinquième le rapport isotopique entre le thorium-230 et le thorium-232, la sixième le rapport isotopique entre l'uranium-234 et l'uranium-238 à l'instant initial et, enfin, la septième, l'âge de l'échantillon. Le rapport isotopique entre l'uranium-234 et l'uranium-238 intervient dans le calcul de l'âge parce que ces deux isotopes, bien que possédant les mêmes propriétés chimiques (ce sont tous les deux de l'uranium), ont la plupart du temps un rapport isotopique différent de 1 dans les eaux d'infiltration et, par là même, dans les spéléothèmes. Le rapport isotopique entre le thorium-230 et l'uranium-234 constitue l'horloge proprement dite. Le rapport isotopique entre le thorium-230 et le thorium-232 est plus délicat à interpréter. L'isotope 232 du thorium est étranger à la famille de l'uranium. C'est une famille radioactive autonome. La présence de  $^{232}\text{Th}$  dans une stalagmite est un indice qu'il pourrait y avoir du  $^{230}\text{Th}$  en provenance d'une source autre que son " père " direct, l' $^{234}\text{U}$ . On estime que, pour qu'un âge soit fiable, il faut que ce rapport isotopique soit supérieur à 20. En dessous, il existe une probabilité non négligeable que l'âge soit faux, généralement plus vieux que l'âge réel à cause de la présence de ce thorium-230 " étranger ". Le rapport isotopique entre l'uranium-234 et l'uranium-238 à l'instant initial est calculé à partir des autres paramètres. C'est une variable qui n'intervient pas dans l'âge mais qui apporte des informations précieuses sur la géochimie de la concrétion étudiée. Enfin, les erreurs indiquées entre parenthèses proviennent de la nature statistique des mesures. Il faut les lire de la manière suivante. 10 ( $\pm 2$ ) signifie qu'il y a 67 % de chance pour que la valeur se situe entre 8 et 12, 10 étant la valeur la plus probable. »

**ANNEXE IX.2 - OBSERVATIONS ET COMMENTAIRES A PROPOS DES  
DATATIONS U/Th DE SPELEOTHEMES PAR SPECTROMETRIE  $\alpha$   
(EXTRAITS DES INTERPRETATIONS DE Y. QUINIF - CERAK,  
FACULTE POLYTECHNIQUE DE MONS).**

<b>Echantillon</b>	<b>Observations et commentaires par Y. Quinif</b>
Pui-GIO(II)-1.2 et Pui-GIO(II)-1.1	Plancher stalagmitique divisé en deux : 1) partie inférieure faite de calcite blanche assez friable non stratifiée ; 2) partie supérieure qui comprend une strate rouge. Les deux résultats donnent un âge égal ou supérieur à la limite de la méthode. Les rapports isotopiques $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ sont en effet égaux à 1. Les rapports isotopiques $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ sont plus grands que 1. Le plancher est donc plus jeune que 1,5 million d'années environ. Les rapports isotopiques $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ sont faibles surtout pour Pui-GIO(II)-1.2. Ils indiquent donc la possibilité d'avoir une contamination de la calcite et rendent les âges incertains. Néanmoins, la concordance des deux résultats pour deux échantillons en succession stratigraphique rend la chronologie vraisemblable. Je penche donc pour un âge égal ou supérieur à 400.000 ans pour ce plancher.
Pui-GIO(II)-1.1bis	Vieux plancher, tel celui prélevé précédemment. Même stratification que le premier avec une grosse couche inférieure blanche et une couche supérieure plus complexe, stratifiée et rougeâtre. La calcite blanche inférieure est assez friable et paraît altérée. Prise de deux échantillons équivalents dans la couche inférieure blanche. Faible rendement sur le thorium. L'échantillon est géochimiquement ouvert.
Pui-GIO(II)-2	Vieux plancher mais en place. La stratigraphie est plus complexe mais on reconnaît la couche de calcite blanche inférieure. Prise uniquement de celle-là. La calcite est néanmoins beaucoup plus contaminée, notamment par de l'argile nichée dans des trous. Bonne analyse, l'âge n'est pas géochimiquement contestable.
SR-Lac(II)-1	Petite stalagmite hérissant un plancher sur lequel des stalactites cassées sont soudées. La calcite est blanche et tout à fait opaque. La stalagmite a 5 à 8 cm de haut. Elle est complexe dans le temps. Prise du sommet central. Bonne analyse avec une teneur en uranium vraiment anormale ! Age fiable.
Car-GP-1	Stalagmite découpée en deux : 1) vieux ; 2) jeune. La calcite est jaune, elle paraît corrodée avec des plans de clivage apparent. Elle est stratifiée. A nouveau, les rapports isotopiques $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ sont faibles mais les deux âges sont remarquablement concordants, malgré également une forte erreur expérimentale imputable à une résine échangeuse d'ions défectueuse.
CC-GD	Petit plancher stalagmitique interstratifié dans le remplissage d'une diaclase élargie actuellement à l'air libre. Très bonne analyse mais le système est géochimiquement ouvert.
Pui-GVC-1	Petit plancher. La partie inférieure est en calcite sombre. Elle englobe des prismes d'argile. Il y a une partie supérieure de calcite blanche. J'ai été obligé de tout mélanger. Très bonne analyse, résultat fiable.
Pui-GT-8	Grosse concrétion aplatie constituée stratigraphiquement de 3 parties. La partie inférieure est une argile prismatique indurée par la calcite. C'est en fait le sommet du remplissage détritique. Vient ensuite une première stalagmite (échantillon 1). Elle est surmontée d'une autre stalagmite en discordance avec, par endroits, une strate argileuse. Trois échantillons ont été découpés dans la partie supérieure (2 : plus vieux ; 4 : plus jeune). De plus, en guise d'essai, deux autres échantillons ont été découpés latéralement dans la partie supérieure de la stalagmite (8bis et 8 ter). Les résultats sont de qualité inégale. <ol style="list-style-type: none"> <li>Toutes les teneurs se situent autour de 2 ppm. L'échantillon test 8ter s'en distingue.</li> <li>L'échantillon 1 est de loin le plus fiable : bonne analyse, rapport isotopique <math>^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}</math> élevé. Il se situe dans le stade isotopique 3 sans ambiguïté.</li> <li>Les échantillons 8bis et 3 ont eu une mauvaise préparation chimique à cause du problème de la résine défectueuse.</li> <li>L'échantillon 2 se situe à un âge stratigraphiquement cohérent avec le 1. Son rapport isotopique <math>^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}</math> est malheureusement très faible.</li> </ol>

	<p>5. L'échantillon 4 a eu une bonne analyse et bénéficie d'un rapport isotopique <math>^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}</math> moyen. Il indique que le sommet de la stalagmite est dans l'Holocène.</p> <p>6. L'échantillon 8ter est particulier. Son analyse est bonne, son rapport isotopique <math>^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}</math> élevé. Mais la teneur différente en U semble indiquer que j'ai prélevé quelque chose de différent que la suite stratigraphique. Son âge ne peut donc, à mon sens, pas être utilisé pour infirmer un âge holocène probable de la stalagmite sommitale. Néanmoins, il est possible qu'elle se soit développée en partie dans le stade 2 ainsi que l'indiquerait aussi l'échantillon 2.</p>
SR-ED-2	<p>Grosse concrétion. La calcite est hélas tendre, blanche, opaque, vacuolaire. Il y a un petit plancher transversal qui paraît plus favorable. J'ai effectué une découpe en succession stratigraphique stricte de 7 tranches : 1-2-3-4-5-6-7. Certains échantillons gros ont été divisés en deux pour servir de test. Le petit plancher latéral a été laissé de côté. Les analyses sont bonnes, avec un faible rapport isotopique <math>^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}</math> pour les échantillons 3 et surtout 4. Néanmoins, la concordance stratigraphique porte à penser que la base de l'échantillon date de l'Holocène ancien ou du Tardiglaciaire.</p>
SR-Dra-1	<p>Stalagmite sommitale d'une concrétion en 5 parties. L'échantillon 3 est très pauvre en thorium ce qui le place dans l'actuel (quelques dizaines d'années).</p>

**ANNEXE IX.3 - RESULTATS DES DATATIONS U/Th DE SPELEOTHEMES  
PAR SPECTROMETRIE DE MASSE A THERMO-IONISATION  
(ANALYSES : E. PONS-BRANCHU - CEREGE,  
UNIVERSITE AIX-MARSEILLE III ; PONS-BRANCHU, 2001).**

Echantillon	[U] <sub>ppm</sub>	<sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>234</sup> U	<sup>230</sup> Th/ <sup>232</sup> Th	[ <sup>234</sup> U/ <sup>238</sup> U] <sub>t=0</sub>	Age (en ka BP)
Pui-GIO(I)-2.2	0,300±0,001	1,291±0,005	0,605±0,011	9,2±0,1	1,383±0,005	96,467 [±1,152]
Pui-GIO(I)-2.1	0,375±0,001	1,256±0,004	0,623±0,003	66±0,2	1,342±0,004	101,379 [±0,397]
Pui-GIO(I)-3.2	0,195±0,001	1,310±0,007	0,032±0,001	7,2±0,1	1,310±0,003	3,490 [±0,022]
Pui-GIO(I)-3.1	0,256±0,001	1,304±0,005	0,036±0,001	2,8±0,0	1,307±0,003	3,972 [±0,010]
Pui-GVC-2.5	1,790±0,008	1,514±0,009	0,351±0,002	66±0,2	1,585±0,010	45,800 [±0,363]
Pui-GVC-2.4	1,895±0,010	1,440±0,009	0,396±0,004	1019±10,1	1,513±0,006	53,216 [±0,666]
Pui-GVC-2.4bis	2,254±0,007	1,441±0,007	0,396±0,003	939±8,8	1,513±0,009	53,267 [±0,486]
Pui-GVC-2.3	2,400±0,008	1,407±0,012	0,397±0,004	1263±3,7	1,473±0,014	53,574 [±0,654]
Pui-GVC-2.2	2,693±0,009	1,450±0,007	0,403±0,003	75±0,4	1,526±0,008	54,403 [±0,445]
Pui-GVC-2.1	2,225±0,008	1,503±0,006	0,409±0,005	21±0,3	1,589±0,009	55,305 [±0,953]

Nota : les échantillons dont le nom possède un même 1<sup>er</sup> chiffre se rapportent à une même concrétion ; le 2<sup>ème</sup> chiffre est croissant de bas en haut du spéléothème. L'échantillon dont le nom est suivi de " bis " correspond à un essai de vérification.

**ANNEXE IX.4 - OBSERVATIONS A PROPOS DES SPELEOTHEMES  
DATES PAR TIMS  
(EXTRAITS DU RAPPORT ANDRA D RP 0 GTR 99-001 - D. CARBON, 1999).**

<b>Echantillon</b>	<b>Observations par D. Carbon</b>
Pui-GIO(I)-2	Stalagmite qui s'est développée sur [un plancher stalagmitique]. Un bloc calcaire détaché de la paroi repose sur [le plancher], arrêtant la croissance de la stalagmite. La coupe de l'échantillon montre une séquence laminée qui débute par de la calcite de couleur marron clair translucide laissant apparaître de fines lamines en transparence. Les laminations sont plus marquées dans la deuxième partie de la séquence. Un diastème (niveau de contamination) se distingue à la fin de cette séquence (lamine rouge). Des lamines à structure fibro-radiée se développent clairement ensuite dans la troisième partie de la séquence.
Pui-GIO(I)-3	Plancher stalagmitique qui s'est développé sur un remplissage limono-argileux comme en témoigne le moulage de ces dépôts par la calcite. La structure du plancher est finement laminée avec des alternances de lamines blanches translucides et de lamines blanches laiteuses. L'épaisseur du concrétionnement est de 3 à 4 cm.
Pui-GVC-2	Portion d'ancien plancher stalagmitique effondré, surmonté d'une petite stalagmite. Ce plancher, dont une partie est restée en place sur la paroi de la galerie, s'est développé sur un remplissage limono-argileux comme en témoigne le moulage de ces dépôts par la calcite. La coupe de l'échantillon montre une calcite opaque laminée de couleur noire, très compacte et non vacuolaire. Des lamines de calcite plus claire terminent la [croissance] du plancher stalagmitique.

**ANNEXE IX.5 - RESULTATS DES ANALYSES DE PALEOMAGNETISME DE  
SEDIMENTS DETRITIQUES (ANALYSES ET INTERPRETATIONS : P. AUDRA ET  
P. ROCHETTE - CEREGE, UNIVERSITE AIX-MARSEILLE III).**

Echantillon	M (mA/m)	Décl.	Incl.	Polarité	Commentaires des analyses par P. Rochette
CC-Min-5 (292 m)	0,5	164	-43	I	Aimantation secondaire très peu stable normale, puis tendance vers une aimantation inverse mal définie, mais probablement primaire. Ces deux échantillons sont donc pré 780 ka probablement
KO-DTA (256 m)	3,2	88	5	I ?	
AC-Fut-C2 (228 m)	1,5	37	63	N	Aimantation normale, bien stable, probablement portée par un mélange de magnétite et d'hématite (un peu d'aimantation parasite finale sur AC-Fut-C2)
SR-Dra-D5 (220 m)	1,2	343	57	N	
SR-Dra-C3 (217 m)	1,4	24	67	N	

M = valeur d'aimantation brute ; Décl. (déclinaison magnétique) et Incl. (inclinaison magnétique) = direction " caractéristique " estimée par désaimantation par champ alternatif à partir de 10 mT.

Polarité : N = normale ; I = inverse.

**ANNEXE IX.6 - COMPTE-RENDU DES ANALYSES POLLINIQUES DE  
SEDIMENTS DETRITIQUES (J. ARGANT - ARPA, UNIVERSITE LYON I -  
quelques modifications de nomenclature).**

**Réseau karstique de Sainte-Reine.  
Pierre-la-Treiche (Meurthe-et-Moselle)  
Analyse pollinique**

Jacqueline ARGANT

A.R.P.A., UFR des Sciences de la Terre, Université Claude Bernard LYON I, 27-43 Bd du 11 novembre 1918,  
69622 VILLEURBANNE Cedex.

**1- Prélèvements**

Effectués le 6 janvier 2000, ils concernent plusieurs points du réseau karstique de Sainte-Reine à Pierre-la-Treiche :

SRE = Entrée E : 13 échantillons

SRB = Entrée B : 1 échantillon d'argile noire recueilli en surface

SRC = Galerie du Calvaire : 6 échantillons à environ 150 m de l'entrée

SRG = Entrée G : 1 échantillon

La position des échantillons est précisée sur le dessin des coupes correspondantes.

**2- Traitement des échantillons**

Comme convenu des tests ont été réalisés sur une partie des échantillons afin d'évaluer la richesse éventuelle des sédiments en matériel pollinique.

Ont été choisis les neuf échantillons suivants :

Echantillon	Couche	Nature du sédiment
SRE - 1	SR-EE-A3a'	sable et limon
SRE - 3	SR-EE-C4"	sable
SRE - 5	SR-EE-D1"	limon et sable
SRE - 7	SR-EE-E1a"	galets à matrice limono-sableuse
SRC - 1	SR-FC-F4"	limono-argileux compact
SRC - 2	SR-FC-F1	limono-sableux
SRC - 4	SR-FC-D3b	limons et argiles bariolés
SRG - 1	lambeau de remplissage adhérent à la paroi (8 m de l'entrée, 17 cm du plafond)	
SRB - 1	SR-EB(1)-F4	argile noire polyédrique et molle, au-dessus de dalles calcaires

Les échantillons ont été traités selon la méthode suivante, particulièrement efficace, comprenant :

- mise en suspension dans l'héxamétaphosphate de sodium et tamisage
- décarbonatation par l'acide chlorhydrique

- désilicification par l'acide fluorhydrique
- élimination de la matière organique par la potasse à chaud
- concentration en liqueur dense (liqueur de Thoulet  $d = 2$ ) après mixage et centrifugation
- montage du culot dans la glycérine.

### 3- Résultats

Sept échantillons se sont révélés totalement stériles : SRE - 1, SRE - 3, SRE - 5, SRE - 7, SRC - 2, SRC - 4 et SRB - 1.

Les échantillons SRC - 1 et SRG - 1 ont fourni chacun un spectre pollinique dont le détail est donné dans le tableau A.

#### *SRC - 1 (couche SR-FC-F4") :*

Le matériel pollinique de cet échantillon est relativement abondant et riche en taxons (au nombre de 34), ce qui permet a priori de penser qu'il donne une bonne image de la végétation contemporaine du dépôt du limon argileux compact constituant le sol actuel de la galerie.

Le pourcentage de pollen arboréen (39,2 %) et la nature des taxons rencontrés plaident en faveur d'un paysage ouvert. La partie boisée est occupée principalement par des feuillus : *Quercus* (le chêne, 13,4 %), *Corylus* (le noisetier, 7,6 %), arbuste héliophile poussant généralement en lisière, et, moins abondants, *Tilia* (le tilleul, 2,3 %) et *Fagus* (le hêtre, 1,7 %). *Betula* (le bouleau), *Juniperus* (le genévrier), *Alnus* (l'aulne) et *Salix* (le saule) exigeants en lumière, confirment le caractère peu dense du couvert arboréen. Les deux derniers supposent également un substrat humide. Les conifères sont représentés modestement par *Pinus* (le pin, 5,2 %) et *Abies* (le sapin, 1,1 %).

Les herbacées sont dominées par les *Poaceae* (= *Gramineae*, 11,1 %), les autres taxons ayant une représentation équilibrée. Le plus surprenant est la présence parmi ceux-ci d'un pourcentage élevé de céréales (4 %), supposant des champs cultivés dans un environnement proche différent de l'actuel. L'existence de cultures et de prairies est d'ailleurs également suggérée par *Linum* (le lin), peut-être par le genre *Prunus* et par le cortège des plantes généralement liées aux cultures, aux prairies ou aux zones habitées (*Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Plantago*, *Ranunculaceae*, *Fabaceae*, *Centaurea*, *Sanguisorba*...).

Les caractéristiques de ce spectre ne peuvent que conduire à la conclusion d'un dépôt contemporain d'une occupation humaine importante, marquée par le déboisement et la mise en culture des terrains, à situer peut-être à la fin du Subboréal ou plus probablement au Subatlantique (soit dans ce cas, postérieurement à 2700 BP).

Comment expliquer un tel spectre, à 150 m de l'entrée en un point du réseau où l'introduction de pollen par le vent est tout à fait exclue ? D'autres facteurs d'apport doivent donc être évoqués :

- Une première hypothèse pourrait être un apport secondaire de pollen dans des limons de surface beaucoup plus anciens, par les pattes et la fourrure d'animaux fouisseurs (blaireaux par exemple...) pénétrant dans les galeries... ou bien par les visiteurs spéléologues eux-mêmes !

L'expérience montre que les animaux transportent ainsi en effet une grande quantité de pollen (Argant, 1990). Il peut en être de même pour les spéléologues surtout si des travaux de déblaiement pour agrandir le passage ont été réalisés (apport par les vêtements, les chaussures ou les outils utilisés). Il faudrait tout de même une très forte concentration des passages pour expliquer une telle quantité de pollen dans le sédiment, ou des travaux répétés au même endroit. Ceux-ci ne devraient pas non plus perturber trop le sédiment.

- La deuxième hypothèse est celle d'un apport par de l'eau ayant circulé dans la grotte à l'Holocène récent, avec un dépôt de limons argileux en conditions calmes. A cette occasion des pollens anciens (âge tertiaire ?) auraient pu être remaniés et redéposés avec les pollens récents. Ces pollens anciens représentent environ 7 % de la somme pollinique (tableau A).

#### *SRG - 1 (Entrée G) :*

Le contenu de ce lambeau de remplissage resté accroché à la paroi près du plafond de la galerie (17 cm) et à 8 m de l'Entrée G du réseau, est très surprenant. D'abord par sa richesse en pollen (au moins 10000 grains par gramme de sédiment), puis par le très grand nombre de grains de pollen de *Tilia* rencontrés (64,1 %). Ils dominent très largement ceux des autres arbres qui ne sont représentés le plus souvent que par un grain de pollen : *Corylus*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus*, *Juniperus*. Parmi les herbacées, se remarquent surtout les *Campanulaceae* (5,1 %) d'ordinaire très peu abondantes dans les spectres, *Cichorioideae*, *Centaurea*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*... toutes plantes entomophiles et mellifères réputées tout comme *Tilia* (Maurizio et Louveaux, 1965). Par ailleurs il n'y a pratiquement pas de pollen de plantes anémophiles.

Il y a donc tout lieu de penser à un dépôt lié à l'activité d'insectes collecteurs de nectar et de pollen. Quand on connaît le très faible pouvoir de dispersion du pollen de *Tilia*, c'est à mon sens la seule explication possible pour une telle quantité de pollen de ce taxon. La même remarque vaut pour les herbacées. Ce dépôt est difficilement datable mais il ne peut être très ancien (Holocène récent, peut-être subactuel).

#### **4- Conclusions**

L'analyse pollinique de Sainte-Reine a donné quelques résultats - contre toute attente - mais malheureusement ils ne traduisent que des phénomènes anecdotiques et probablement peu anciens. Ils n'apportent pas d'indications sur les phases de remplissage plus anciennes des galeries.

Il me semble inutile de poursuivre les investigations.

XXXXXXXX

Tableau A : analyse pollinique de deux échantillons de la Grotte Sainte-Reine, Pierre-la-Treiche (54).

SAINTE-REINE – GALERIE DU CALVAIRE				
Couche	SR-FC-F4''		SR-EG	
Echantillon n°	SRC - 1		SRG - 1	
	n	%	n	%
<i>Abies</i>	2	1,17		
<i>Alnus</i>	3	1,75	1	0,34
<i>Betula</i>	3	1,75		
<i>Corylus</i>	13	7,60	4	1,37
<i>Fagus</i>	3	1,75	1	0,34
<i>Hedera</i>	1	0,58		
<i>Juniperus</i>	2	1,17	1	0,34
<i>Pinus</i>	9	5,26		
<i>Quercus</i>	23	13,45	1	0,34
<i>Salix</i>	2	1,17		
<i>Prunus type</i>	2	1,17		
<i>Tilia</i>	4	2,34	188	64,16
<b>Total AP</b>	<b>67</b>	<b>39,18</b>	<b>196</b>	<b>66,89</b>
<i>POACEAE</i>	19	11,11	2	0,68
<i>Cerealia</i>	7	4,09		
<i>Linum</i>	1	0,58		
<i>CYPERACEAE</i>	3	1,75	1	0,34
<i>ANTHEMIDEAE</i>			1	0,34
<i>Ambrosia type</i>	1	0,58		
<i>Centaurea</i>	2	1,17	25	8,53
<i>CAMPANULACEAE</i>	1	0,58	15	5,12
<i>CHENOPODIACEAE</i>	3	1,75		
<i>BRASSICACEAE</i>	7	4,09		
<i>CICHORIOIDEAE</i>	4	2,34	9	3,07
<i>Filipendula</i>	5	2,92		
<i>APIACEAE</i>	6	3,51	6	2,05
<i>Plantago</i>	7	4,09	4	1,37
<i>RANUNCULACEAE</i>	8	4,68		
<i>SCROFULARIACEAE</i>	6	3,51		
<i>FABACEAE</i>	4	2,34	13	4,44
<i>LAMIACEAE</i>	4	2,34	5	1,71
<i>LILIACEAE</i>	1	0,58		
<i>ROSACEAE</i>			8	2,73
<i>Sanguisorba minor</i>	1	0,58		
<i>Polygonum</i>	1	0,58		
Indéterminables	10	5,85	8	2,73
<b>Total NAP</b>	<b>101</b>	<b>59,06</b>	<b>97</b>	<b>33,11</b>
Spores monolètes	1	0,58		
Spores trilètes	2	1,17		
<b>Total spores</b>	<b>3</b>	<b>1,75</b>		
<b>Somme pollinique totale</b>	<b>171</b>		<b>293</b>	
Pollens anciens remaniés				
Conifères	11	6,43		
<i>Tsuga</i>	1	0,58		
<i>Pterocarya</i>	1	0,58		

**ANNEXE IX.7 - AUTRE ANALYSE POLLINIQUE SUR LE SITE  
DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE  
(D'APRES DUBOIS ET DUBOIS, 1933).**

<b>Lieu</b>	<b>Faciès et stratigraphie</b>	<b>Résultat</b>
Jarville	" Lignite " - base de F3	Climat assez froid et humide ; stade de l'Eemien possible

**ANNEXE IX.8 - LISTE DES FAUNES DECOUVERTES DANS LES GROTTES ET FORMATIONS ALLUVIALES DU SITE DE LA CAPTURE DE LA MOSELLE (D'APRES DIFFERENTS AUTEURS).**

Espèce	Lieu	Stratigraphie	Réf.	Age		Réf.
				Chronozones Europe Nord	Stades	
<i>Ursus spelæus</i>	SR (jusqu'au Passage TR et Gal. Est)	Argile superf. (parfois sous concrétion)	Hus63 Hus64	Saalien au Weichselien Fin Saalien à Weichselien	8→2 6 ?→2	FG92 Bar84
<i>Hyæna spelæa</i> ( <i>Crocota spelæa</i> )	SR (Galerie Ouest et Est)	Argile superf.	Hus63 Hus64	Waalien au Weichselien	>31→2	FG92
<i>Elephas antiquus</i> ( <i>Palæoloxodon antiquus</i> )	CLB et VLS	Alluvions (CF15 ?) et alluvions indéterminées	Ble83 Ble87 Ble99 CM31	Cromerien au Weichselien	21 ou 19→2	FG92
<i>Elephas antiquus</i> ( <i>Palæoloxodon antiquus</i> )	LSR	CF2 ?	CM31	Cromerien au Weichselien	21 ou 19→2	FG92
<i>Elephas primigenius</i> ( <i>Mammuthus primigenius</i> )	Grandmesnil et Longor et Nancy et Jarville	F4 et CF1 et F4 ? et F3	Hus65 Nic11 CM31 DD33 Abr50	Eemien et Weichselien <i>Existence au Saalien III</i> Apparition à l'Elsterien	5→2 6 12 ou 10→	FG92 DP80 Ali66
<i>Rhinoceros tichorhinus</i> ( <i>Cælodonta antiquitatis</i> )	SR (Gal. du Puisard et Portique)	Argile superf. et sédiments remaniés	Hus64 God78	Saalien au Weichselien	8→2	FG92
<i>Rhinoceros tichorhinus</i> ( <i>Cælodonta antiquitatis</i> )	Liverdun	F2 ?	Ble86 Ble87	Saalien au Weichselien	8→2	FG92
<i>Equus caballus</i>	Jarville	F3	Abr50	Waalien à Holocène	>31→1	Ali66
<i>Equus priscus</i>	Vallée de l'Ingressin	?	Hus67	?	?	
<i>Cervus tarandus</i> ( <i>Rangifer tarandus</i> )	SR (Portique) et CLB	Sédiments remaniés et alluvions (CF15 ?)	Hus64 God78 Ble96	Elsterien à Holocène Apparition au Waalien	12 ou 10→1 >31→	FG92 Ali66
<i>Bos primigenius</i> ( <i>Bos primigenius</i> )	CLB et SR (Portique et ?)	Alluvions (CF15 ?) et ?	Ble87 Del29 Hen60	Waalien à Holocène	>31→1	FG92
<i>Bos primigenius</i> ( <i>Bos primigenius</i> )	Toul	Sous-sol gallo-romain	Hus70	Waalien à Holocène	>31→1	FG92
<i>Arctomys marmotta</i> (= <i>Marmota marmota</i> ?)	SR (Portique)	Sédiments remaniés	Hus64 God78	Elsterien à Holocène	12 ou 10→1	Cha66
<i>Arctomys marmotta</i> (= <i>Marmota marmota</i> ?)	Liverdun	?	Ble96	Elsterien à Holocène	12 ou 10→1	Cha66
<i>Castor fiber</i>	Trou des Celtes	?	God78	Waalien à Holocène	>31→1	Cha66
Insectes : <i>Geotrupes vernalis</i> , <i>stercorarius</i> et <i>sylvaticus</i> ; <i>Carabus monilis</i> ; <i>Feronia</i>	SR (Gal. du Puisard)	Argile superf.	Hus64			
Cerf	SR (Gal. des Soupirs)	Argile superf.	Hus63 Hus64			

Sanglier	SR (Gal. Mauresque)	Argile superf.	Hus63 Hus64			
Chauves-souris	SR-CGE	Argile superf.	Hus64			
Loup	SR (Gal. du Puisard)	Argile superf.	Hus64			
Chevreuil	SR (Gal. du Puisard et ?)	Argile superf. (parfois sous concrétion)	Hus64			

## Abréviations :

- Lieu : CGE = Cheminée de la Galerie de l'Est ; CLB = Champ-le-Bœuf ; Gal. = Galerie ; LSR = Lay-Saint-Rémy ; SR = Grotte Sainte-Reine ; TR = Tête de Renard ; VLS = Villey-le-Sec ;
- Stratigraphie : superf. = superficielle ;
- Réf. = références : Abr50 = Abrard, 1950 ; Ali66 = Alimen, 1966 ; Bar84 = Barthe, 1984 ; Ble83 = Bleicher, 1883 ; Ble86 = Bleicher, 1886 ; Ble87 = Bleicher, 1887 ; Ble96 = Bleicher, 1896a ; Ble99 = Bleicher, 1899b, 1900a ; Cha66 = Chaline, 1966 ; CM31 = Corroy et Minoux, 1931 ; Del29 = Delafosse, 1929 ; DP80 = Delpech et Prat, 1980 ; DD33 = Dubois et Dubois, 1933 ; FG92 = Faure et Guérin, 1992 ; God78 = Godron, 1878b ; Hen60 = Henry, 1960 ; Hus63 = Husson, 1863 ; Hus64 = Husson, 1864 ; Hus65 = Husson, 1865a, 1865b ; Hus67 = Husson, 1867a ; Hus70 = Husson, 1870 ; Nic11 = Nicklès, 1911 ;
- Stades = stades isotopiques  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (corrélation avec les chronozones d'Europe du Nord d'après Veldkamp et Van den Berg, 1993 ; Antoine *et al.*, 1998 ; Hoffmann, 1998, cité par Le Fillâtre, 2001) ;
- en *italique* = valable pour le Sud-Ouest de la France ; en gris = découvertes en surface (par opposition aux découvertes endokarstiques).

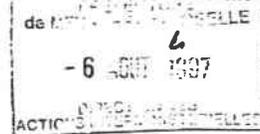
NB : les ossements endokarstiques de Pierre-la-Treiche ont été récoltés par plusieurs personnes (Moreau, famille Husson, Gaiffe, Benoît, Godron) et déterminés par D.-A. Godron, P. Gervais, d'après les différents écrits de N. Husson et D.-A. Godron. D'autres ossements d'animaux actuels, parfois domestiques, non reportés dans le tableau, ont été trouvés également dans la Grotte Sainte-Reine (*cf.* Husson, 1864).

**ANNEXE IX.9 - COPIE DE L'AUTORISATION DE FOUILLE A L'ENTREE E  
DE LA GROTTTE SAINTE-REINE.**

**MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION**  
Préfecture de la Région Lorraine



Monsieur le Maire de la Commune de  
**PIERRE-LA-TREICHE**  
*S/C de Monsieur le Sous-Préfet de TOUL*  
54426 - PIERRE-LA-TREICHE  
S/C de Monsieur le Préfet de Meurthe-et-  
Moselle



Direction régionale  
des affaires culturelles  
Lorraine  
Service Régional  
de l'Archéologie  
☎ 03 87 56 41 10

Metz, le 21 juillet 1997

Affaire suivie par : MM BLOUET-LEGENDRE  
poste : 115

DRAC/SRA/VB/MK/97-2379

Objet : PIERRE-LA-TREICHE (54)  
Trou Sainte-Reine

Monsieur le Maire,

A l'occasion d'un sondage géologique effectué dans le porche d'une des grottes dite Sainte-Reine (cf. plan joint), des géographes de la faculté de Metz ont recoupé des niveaux archéologiques qui, en première analyse, pourraient être attribués au Paléolithique moyen (environ 80 000 avant notre ère).

Suite à cette découverte fortuite, le Ministère de la Culture et de la Communication entend engager une opération de fouille de sauvetage urgent en application de la loi du 27 septembre 1941. C'est pourquoi je sollicite de votre part l'autorisation d'effectuer ces travaux, les terrains étant propriété communale.

Par ailleurs, il pourrait s'avérer utile que vous rencontriez sur le terrain Madame le Conservateur Régional de l'Archéologie afin qu'elle puisse vous exposer les modalités techniques et les objectifs de cette intervention.

Dans cet esprit, je vous saurais gré d'avoir l'obligeance de prendre son attache afin de convenir avec elle d'un rendez-vous.

Dans l'attente de vous lire, je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de ma considération distinguée

*Vu et transmis*  
le 3. SEP. 1997.

Le Sous-Préfet

l'Arrondissement de TOUL

*Philippe MILLET*

AVIS FAVORABLE  
Pierre-la-Treiche, le 23.07.1998  
Le Maire,



Le Directeur Régional des  
Affaires Culturelles

*Bernard FALGA*

Toute correspondance doit être adressée *personnellement* à Monsieur le Directeur Régional des Affaires Culturelles  
6, place de Chambre - 57045 METZ CEDEX 1 ☎ 87.56.41.00 - Fax 87.75.28.28

**ANNEXE IX.10 - CONCORDANCE DES CHRONOZONES D'EUROPE DU NORD AVEC LES STADES ISOTOPIQUES, D'APRES DIFFERENTS AUTEURS.**

