

AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Nancy 2 Département de Géographie



École Doctorale LTS « Langages, Temps, Société » CERPA - Centre d'Études et de Recherches sur les Paysages

THÈSE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN GÉOGRAPHIE

Présentée et soutenue publiquement, le lundi 1^{er} octobre 2012, par

Jean-Paul FIZAINE

Les paléokarsts et les formations ferrugineuses associées dans le Bassin parisien et ses bordures : caractérisations et évolutions géomorphologiques

Livre II Annexes



Jury

Dominique HARMAND, professeur au CERPA, Université de Lorraine (directeur de thèse)
Jeannine CORBONNOIS, professeur à l'Université du Mans (rapporteur)
Alain DEMOULIN, professeur à l'Université de Liège (rapporteur)
Jacques BRULHET, géologue à l'ANDRA, Chatenay-Malabry (examinateur)
Jacques LE ROUX, Maître de Conférences (ER), Université de Lorraine (invité)
Marc LEROY, archéométallurgiste, Métallurgies et Cultures - IRAMAT-UMR 5060 (examinateur)
Denis MORIN, Maître de Conférences, CNRS TRACES, Université de Toulouse (examinateur)
Robert WYNS, géologue au BRGM, Orléans (examinateur)



Les paléokarsts et les formations ferrugineuses associées dans le Bassin parisien et ses bordures : caractérisations et évolutions géomorphologiques

Livre II

Paleokarsts and associated ferricrusts in the basin of Paris and its borders:
Characterizations and geomorphologycal evolutions

BIBLIOGRAPHIE

Α

- ABRARD R. (1950) Géologie régionale du bassin de Paris. Masson, Paris, 397 p., 34 fig.
- ADAMS A.-E., MACKENZIE W.-S. et GUILFORD C. (1994) Atlas des roches sédimentaires. Masson, Paris, 102 p.
- ADOLPHE J.-P. (1981) Observations et expérimentations géomicrobiologiques et physicochimiques des concrétionnements carbonatés continentaux. Thèse (Sciences), Université P. et M. Curie Paris 6, Mémoires des sciences de la terre, n°81-34, 339 p., 78 pl.
- AGARD J. coord. (1975) Carte métallogénique à 1/400.000e des gîtes minéraux des Vosges et de la Forêt noire. BRGM, Orléans.
- AERMC (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse) (1999) Guide technique n° 3 Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines des régions karstiques. 44 p.
- ALLOUC J. *et al.* (2007) Carte géologique à 1/50.000° de Revigny-sur-Ornain (190). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 11 p., 8 tab., 6 fig.
- AMBERT (1991) L'évolution géomorphologique du Languedoc central (Grands causses méridionaux Piedmont languedocien) depuis le Néogène. Thèse (Géographie), Université de Marseille II, 314 p.
- ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) (1998) Du minerai à la fonte La Fonderie d'Écurey. 18 p.
- ANDRE M.-J., ÉTIENNE S., LAGEAT Y., LE CŒUR C. et MERCIER D. coord. (1976) Du continent au bassin versant Théories et pratiques en géographie physique Hommage au professeur Alain Godard. Presses Universitaires Blaise Pascal, Paris, 592 p.
- ARBOIT G. et FERRAI J.-B. (1997) Terres-Rouges, le fer et le feu à Audun-le-Tiche. C.E. ARBED mines France, 286 p.
- ARCHANJO J.-D. (1982) Le Sidérolithique du Quercy Blanc (France): Altérations polyphasées paléogènes sur roches sédimentaires Essai de datation. Thèse, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 140 p.
- ARCHIAC A (d') (1843) Description géologique du département de l'Aisne. *Mémoires de la Société géologique de France*, 1^{ère} série, n°3, 297 p., 4 tab., 11 pl., 1 carte.
- ARDAENS R. J.-N., BONDEAU A. et RENARD M. (1983) Carte géologique à 1/50.000° de Raucourt et Flaba (87). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 40 p.
- ARNOULD-BANTQUIN É. (1978) La sidérurgie traditionnelle et son déclin dans le département de la Meuse. Actes du 103^{ème} Congrès national des sociétés savantes, Nancy-Metz, pp. 165-186.
- ARSANDAUX H. (1909) Contribution à l'étude des latérites. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 109, p. 682 et sqg.
- ASTE J.-P. et al. (1977) Étude géotechnique de la ZAC de Béthoncourt. BRGM, Orléans, rapport 77-SGN-311-JAL, 27 p., 8 fig., 3 pl. h.t.

- ASTIER J., DEMANGE M. et TROLY G. (2002) Généralités sur les minerais de fer et la sidérurgie. Les Techniques de l'Industrie Minérale, n°16, pp. 7-17.
- ASTRUC J.-G. (1988) Le paléokarst quercynois au Paléogène, altérations et sédimentations associées. *Documents du BRGM*, n° 133, 135 p., 26 pl., 63 fig. 5 tab.
- ASTRUC J.-G. et SIMON-COINÇON R. (1992) Enregistrement de l'évolution climatique et tectonique par les paléokarsts (Exemple du Quercy et de ses marges). In: Salomon J.-N. et Maire R. (dir.), Karst et évolutions climatiques (hommage à Jean Nicod). Presses Universitaires de Bordeaux, pp. 497-508
- AUBAGUE M. et al. (1977) Les gîtes minéraux de la terminaison méridionale du massif central et de sa bordure languedocienne. Bulletin du BRGM, (2), II, 3, 96 pp. 139-167, Répertoire et index alphabétique des gîtes.
- AUBERT G. (1963) Note sur l'origine du gîte de fer, barytine, fluorine du Rossignol près Chaillac (Indre). *Mémoires du BRGM*, n°15, pp. 705-706.
- AUBERT G. et SEGALEN P. (1966) Projet de classification des sols ferrallitiques. Cahier ORSTOM, série Pédologie, pp. 97-112.
- AUBERT G., GUILLEMIN C. et PIERROT R. (1978) *Précis de minéralogie*. Paris, Masson, 335 p.
- AUDRA P. (1994) Karsts alpins: genèse des grands réseaux souterrains. Exemples: le Tennenbirge (Autriche), l'île de Crémieu, la Chartreuse et le Vercors (France). Thèse, Université de Grenoble, 279 p.
- AUTRAN A. et. al. (1983) La carte métallogénique de France. In: Carte métallogénique de l'Europe et des pays limitrophes. UNESCO, 560 p.

В

- BAECKEROOT G. (1929) Sur l'existence de la Pierre de Stonne entre la Meuse et la Moselle (Grand-Duché du Luxembourg). Annales de la Société géologique du Nord, t. 54, pp. 87-94.
- BAECKEROOT G. (1931) Observations sur les niveaux d'érosion tertiaire de l'Ardenne. *Bulletin de l'Association des Géographes français*, n°52, p. 81.
- BAKALOWICZ M. et collab. (1999) Guide technique n3: Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. Lyon, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 44 p., 11 fig., 11 photos.
- BAIZE D. (2000) -Guide des analyses en pédologie. INRA, Paris, 257 p.
- BAIZE D. (2004) -Petit lexique de pédologie. INRA, Paris, 271 p.
- BALME C. et collab. (1998) Découverte géologique du Luberon Réserve naturelle géologique du Luberon). Orléans, Éditions du BRGM, 1 carte à 1/100.000^è ,1 guide 179 p.
- BARCHI J. et collab. (2006) Cartographie de l'aléa retraitgonflement dans le département du Pas-de-Calais. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53817-FR, p. 38.

- BARDOSSY G. et collab. (1970) Le métamorphisme de contact de la bauxite de Bédarieux et quelques aspects généraux du métamorphisme des bauxites. Bulletin de la Société géologique de France, 7^{ème} série, t. 12, n°5, pp. 856-869.
- BARRIER P. et al. (2000) Carte géologique à 1/50.000° de Belâbre (592). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 109 p.
- BARRIER P. et LORENZ J. (2007) Géologie, archéologie, patrimoine minier, bâti et légende de Brenne : découvertes à partir des levers géologiques. Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 44, n°2, pp. 5-20.
- BARRIERE J. et collab. (2003) Inventaire préliminaire des cavités souterraines de l'Orne (61), Basse-Normandie. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53374-FR, 98 p., 11 fig., 3 tabl., 4 annexes.
- BATTIAU-QUENEY Y. (1993) Le relief de la France Coupes et croquis. Masson, Paris, 252 p.
- BAULIG H. (1931) Observations sur les niveaux d'érosion tertiaire de l'Ardenne. *Bulletin de l'Association des Géographes français*, n°52, p. 84.
- BAYLY B. (1976) *Introduction à la pétrologie*. Masson, Paris, 356 p.
- BEAU E. (1858) Note géologique sur les minerais de fer de l'Aubois. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 15, pp. 673-678.
- BEAU M. (2003) *L'art de la thèse*. La Découverte, Paris, collection Repères, 187 p.
- BEAUCHAMP J. (2005) Cours de sédimentologie. www.u-picardie.fr/~beaucham/cours-sed/sed-0.htm
- BEAUDOUIN G. (2006) Gîtologie et métallogénie- Manuel de cours. Faculté des sciences et de génie, Québec, pp. 107-108.
- BEAUDOIN J.-P. (1989) *Karsts en Meuse*. CNDP Académie de Nancy-Metz, 93 p., 24 diapositives.
- BEAUVAIS A. (1991) Paléoclimats et dynamique d'un paysage cuirassé du Centrafrique Morphologie, pétrologie et géochimie. Thèse (sciences), Université de Poitiers, 315 p., 154 fig., 53 tab., 6 pl., 8 annexes.
- BEGUINOT P. (1975) –Une grande industrie haut-marnaise disparue: la fabrication de la fonte et du fer. 165 fig., 292 p.
- BELLEVILLE L. (1985) Géométrie, fonctionnement et karstogenèse de systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche (Ardèche, Gard). Thèse d'état (géologie), Université de Grenoble 1, 225p.
- BELTRANDO G. (2004) Les climats : Processus, variabilité et risques. Armand Colin, Paris, collection U, 261 p.
- BENOIT E. (1855) Note sur le terrain sidérolithique des environs de Montbéliard. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 7, pp. 1025-1039.
- BENOIT E. (1859) Note sur l'identité de formation du terrain sidérolithique dans la Bresse, le pourtour du plateau central et le Jura oriental. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème}série, t. 16, pp. 439-448, p 11 pl.
- BENOIT A. (1929) Le fer dans les terrains du département des Ardennes. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, pp. 77-90.

- BENOIT P., DEROUIN J.P., et LORENZ C. et J (1988) Environnement géologique du minerai de fer de Fontenay (Côte d'Or), son exploitation au Moyen Age. Actes du 113^{èrre} Congrès National des Sociétés Savantes, Techniques minières, Strasbourg, pp. 133-148, 10 fig.
- BENOIT P. et LORENZ J. (2001) Paléokarst et minerai de fer de l'abbaye de Fontenay (Côte d'Or). Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 38, n° 3, pp. 40-43.
- BENOIT S. (1987) L'approvisionnement en minerai de fer de la grande forge de Buffon (Côte d'Or): premier bilan d'une recherche historique. *Revue Scientifique du Bourbonnais*, 2 cartes, pp. 175-193.
- BERNARD A. (1958) Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Thèse (sciences), Université de Nancy, 2 t., 640 p.,26 pl.
- BERNARD A.-J. (1978) Le rôle métallogénique de la karstification Le karst : son originalité physique, son importance économique. Colloque de Tarbes (17 et 18/10/1978), pp. 135-162.
- BERNER R.-A. (2004) *The phanerozoic carbon cycle*: CO₂ and O₂. Oxford University Press, Oxford & New-York, 150 p.
- BERTEMES G. (1930) Excursion botanique du 22 juin 1930 de Raucourt à Bulson. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle* des Ardennes, t. 25, pp. 33-36.
- BERTHAUD M. (1869) Description géologique du Mâconnais. 192 p., 1 pl.
- BERTHOUMIEU V. (1900) Atlas géologique du département de l'Allier. Auclaire, Moulins, 16 p., 1 carte.
- BESNUS Y. (1977) Étude géochimique comparative de quelques gisements supergènes de fer. *Mémoires Sciences géologiques, Strasbourg,* n°47, 145 p.
- BESTEL F. (1898) Compte-rendu de l'excursion du 29 mai. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, t. 5, pp. 58-64.
- BESTEL F (1908) Compte-rendu géologique de l'excursion de Rémilly (Ardennes). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes*, t. 15, pp. 113-122.
- BESTEL F et HARLAY V (1901) Grès ferrugineux et argile réfractaire du Bois des Ivis. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, t. 8, pp. 49-53.
- BICHELONNE J. et ANGOT P. (1939) Le bassin ferrifère de Lorraine. Berger-Levrault, Nancy, pp 1-56.
- BICHET V. et CAMPY M. (2008) Montagnes du Jura, géologie et paysages. Néo-éditions, Besançon, 304 p.
- BIENFAIT P. (1991) Éléments sur la karstification et l'évolution paléogéographique du Jura. *Karstologia*, n° 17 (1991) 1, pp 11-30.
- BIGEREL R. et NOËL M. (1965) L'Industrie sidérurgique dans le bassin de Longwy, des origines à 1950. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n°2 (1965), pp. 45-85.
- BIGNOT F., QUESNEL F. et BOURDILLON C. (1997) Le Crétacé terminal et le Paléocène basal de l'Europe nord-occidentale. *Géologie de la France*, n°3, pp. 21-27, 3 fig.

- BILLAUD Y. (1982) Les Paragenèses phosphatées du paléokarst des phosphorites du Quercy. Thèse de 3^{ème} cycle (géologie), Université Claude Bernard-Lyon 1, 136 p., 66 fig., 14 tab., 4 pl.
- BINTZ J. (2001) Les faciès du bajocien moyen sur le plateau du Katzenberg (Moselle). Bulletin Société Naturaliste Luxembourgeoise, n°102, pp. 145-148, 2 fig.
- BINTZ J. et STORONI A. (2009) Les minerais de fer luxembourgeois. Editions Schortgen, Esch-sur-Alzette (Luxembourg), 24 p.
- BLANC J.J (1995) Étapes et facteurs de la spéléogenèse dans le Sud-est de la France. *Karstologia*, n° 26 (1995) 2, pp. 19-40.
- BLANC-VALLERON M.-A. et THIRY M. (1997) Clay Minerals, paleoweathering, Paleolandscapes and Climatic Sequences: The Paleogene Continental Deposits in France. *In Paquet H. et Clauer N. (dir.): Soils and sediments*. Berlin, Springer, pp. 223-247.
- BLAVIER E. (1837) Essai de statistique minéralogique et géologique du département de la Mayenne. Carillian-Gœury, Paris, 196 p., 12 fig., 1 carte.
- BLEICHER G. (1885) Recherches sur le terrain tertiaire d'Alsace et du Territoire de Belfort. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar*, 44 p., 2pl.
- BLEICHER G. (1887) Guide du géologue en Lorraine. Berger-Levrault et C^{ie}, Paris, 210 p., 2 pl.
- BLEICHER G. (1894a) Recherches sur la structure et le gisement du minerai de fer pisolithique de diverses provenances françaises et de la Lorraine en particulier. Berger-Levrault, Nancy, Communication de la séance du 14/04/1894 de l'École supérieure de Pharmacie, 9 p., 1 pl.
- BLEICHER G. (1894b) Le minerai de fer de Meurthe et Moselle. Berger-Levrault, Nancy, 22 p., 17 fig.
- BLEICHER G. (1897) Compte-rendu de l'excursion du 4 septembre à Roppe, environs de Belfort. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^{ème} série, t. 25, pp. 973-986.
- BLEICHER G. (1900) Sur les phénomènes de métamorphisme, de production de minerai de fer, consécutifs à la dénudation du plateau de Haye (Meurthe et Moselle). Paris, Gauthier-Villars, Compte rendu de l'Académie des Sciences, 3 p.
- BLEICHER M. et BEAUPRE J. (1901) Note sur l'exploitation du minerai de fer fort et oolithique en Lorraine, dans l'Antiquité. Paris, Imprimerie Nationale, *Bulletin archéologique*, pp. 204-207.
- BLONDEAU A. et al. (1965) Stratigraphie du Paléogène du Bassin de Paris en relations avec les bassins avoisinants. Bulletin de la Société géologique de France, 7^{ème} série, t. 7, pp. 200-221.
- BLONDEAU A. *et al.* (1988) Carte géologique à 1/50.000^e de Sainte-Menehould (160). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 40 p.
- BLONDEL F. ET MARVIER L. dir. (1952) Symposium sur les minerais de fer dans le monde (Europe Afrique Amérique Asie). Actes du XIX^{ème} Congrès Géologique International, Alger, t. 1 et 2, 648 p.
- BLONDEL F. dir. (1953) La genèse des gîtes de fer. Actes du XIX^{ème} Congrès Géologique International, Alger, section X, 185 p.

- BLOT A. (2004) Caractérisation des chapeaux de fer en milieu cuirassé. *Compte-rendu Géoscience*, n° 336 (2004), pp. 1474-1480.
- BOGDANOFF S. *et al.* (1988) Carte géologique à 1/50.000° de Saint-Sulpice-des-Feuilles (615). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 35 p.
- BOIGUES RAMBOURG et C^{ie} (Société) (1857) Organisation pour l'exploitation des minerais de fer du Berry, Imprimerie Ledoux, Montluçon, 70 p.
- Boisse A. (1870) Esquisse géologique du département de l'Aveyron. Imprimerie Nationale, Paris, 407 p., 43 coupes, 1 carte.
- BONIFAY E. (1956) Les sédiments détritiques grossiers dans les remplissages des grottes Méthodes d'étude morphologique et statistique. *L'Anthropologie*, pp. 447-461.
- BONTE A. (1939) Sur l'origine et la genèse du minerai de fer oxfordien de Neuvizy (Ardennes). Compte-rendu de l'Académie des Sciences, pp. 452-454.
- BONTE A. *et al.* (1960) Carte géologique à 1/50.000^e de Renwez (68). SCGF, Paris, 1 carte.
- BORDET P. (1968) *Précis d'optique cristalline*. Masson, Paris, 219 p.
- BORGER H. et. al. (2001) Indian laterites, and laterious residues of southern Germany: A petrographic, mineralogical and geological comparison. Zeitschrift für Geomorphologie, n°45, 2, pp. 177-200.
- BOSREDON S. (1985) Essai de synthèse sur l'hydrologie des karsts des hauts bassins versants du Gard, de la Cèze et de la rive droite de l'Ardèche. Thèse de 3^{ème} cycle (sciences), Université des Sciences et Techniques du Languedoc de Montpellier, 93 p., 5 fig., 3 annexes, 1 carte h.t.
- BOUCART J. (1959) La géologie, introduction aux sciences de la terre. Colin, Paris, 109 fig., 204p.
- BOUCON J. (2001) La route du fer, France-Belgique-Luxembourg. Editions Association Patrimoine du Pays de Longwy, 93 p.
- BOULANGER C. (1844) Statistique géologique et minéralurgique du département de l'Allier. Desrosiers, Moulins, 482 p., 1 atlas
- BOULVAIN F. (2007) Cours de sédimentologie, les sédiments ferrifères. www.ulg.ac.be/geol/sed/sedim/sedimentologie.htm
- BOULVAIN F. (2010) Géologie Pétrologie élémentaire Des roches aux processus. Ellipses, Paris, collection Technosup, 264 p.
- BOULVERT Y. et SALOMON J.N. (1988) Sur l'existence de paléocrypto-karsts dans le bassin de l'Oubangui (République Centrafricaine). *Karstologia* n° 11-12 (1988) 1-2, pp 37-48.
- BOURGUEIL B., MOURIER J.-P. et DHOSTE M. (1987) Carte géologique à 1/50.000° de Gençay (613). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 42 p.
- BOUTHIER A. et al. (1987) La métallurgie du fer à l'époque gallo-romaine dans le Nord-Ouest de la Nièvre et le Nord du Berry. In : Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines. Actes du colloque Caesarodunum XXII (26 et 27/04/1986). Edition Errance Paris, pp. 252-270.

- BOYE M., GOURDON N. et LEGIGAN P. (1970) Emploi d'un code couleur pour évaluer la concentration en sel de fer (exprimé en fer total) dans les sols, altérites et sédiments. Revue de Géographie physique et Géologie dynamique, vol. 12, fasc. 5, pp. 449-464.
- BOYRIES P. (1987) Le karst de l'Entre-deux-Mers (Gironde). Mémoire de DEA (géographie physique), Université de Bordeaux 3, 168 p., 25 fig., 5 tab., 3 photos, annexes et carte à 1/25.000°.
- BOSAK P. et al. (1989) Paleokarst, a systematic and regional review. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New-York, Tokyo, 725 p.
- BRACONNIER M.-A. (1871) Les minerais de fer du département de Meurthe. Statistiques pour 1870. Collin, Nancy, 85 p., 4 pl.
- BRACONNIER M.-A. (1872) Richesses minérales du département de Meurthe-et-Moselle. Dunod, Paris, 209 p.
- BRACONNIER M.-A. (1879) Description des terrains qui constituent le sol du département de Meurthe-et-Moselle. Préfecture de Meurthe-et-Moselle, Nancy, 280 p., 1 carte.
- BRACONNIER M.A. (1883) Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe et Moselle. Savy, Nancy, 436 p., 264 fig., 1 carte.
- BRAJNIKOV B. et DUPLAIX S. (1944) Sur les associations de minéraux lourds de quelques rivières de la bordure sud du Bassin de Paris. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 218, pp. 204-205.
- BRAVARD J.-P. et al. (2009) La géologie Les sciences de la Terre appliquées à l'archéologie. Editions Errance, Paris, collection "Archéologiques", 238 p.
- BRAYER J.-B.-L. (1824) Département de l'Aisne Topographie, population, histoire, administration. Réédition Res Universis, Paris, pp. 7-15.
- BROECK (Van den) J. (1881) Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques, étudiés dans leur rapport avec la géologie stratigraphique. Mémoires Académie royale de Belgique, t. 64, pp. 1-180.
- Brewer R. (1964) Fabric and mineral analys of soils. Wiley, New-York, 470 p.
- BRONGNIART A. (1828) Notice sur les brèches osseuses et les minerais de fer pisiformes de même position géognostique. Annales des Sciences naturelles, t.14, pp 410-434, 2 pl.
- BRUCKERT S. et GAIFFE M. (1980) Pédogenèse en pays glaciaires ou karstiques / Analyse des facteurs de formation et de distribution des sols en pays calcaires glaciaires ou karstiques / Plaine de Frasne-Bonnevaux et montagne du Laveron Jura Central. *Annales scientifique de l'Université de Besançon*, 4^{ème} série, fasc. 1 (1980), pp. 19-67, 17 fig., 1 pl.
- BRUET E. (1927a) Sur la découverte du Pliocène supérieur dans la vallée de l'Aujon. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, Séance du 23/05/1927, pp. 1262-1263.
- BRUET E. (1927b) Sur le Pliocène supérieur dans la vallée de l'Aujon. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, Séance du 26/09/1927, pp. 602-603.

- BRUET E. (1927c) Sur la nature et l'âge des limons des plateaux au nord-est de la Ferté-sur-Aube. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 10/10/1927, pp. 723-724.
- BRUET E. (1928) Sur les conditions de formation et de conservation du Pliocène de la vallée de l'Aujon. Compterendu de l'Académie des Sciences, Séance du 28/02/1928, pp. 510-512.
- BRUET E. (1929) Sur un faciès particulier de la vallée de l'Aujon (Haute-Marne). *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, Séance du 06/05/1929, pp. 1262-1264.
- BRUET E. (1930) Observations sur l'altération continentale de certains sédiments. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, Séance du 8/12/1930, pp. 1140-1142.
- BRUET E. et AUFRÈRE L. (1931) La morphologie pliocène de la forêt de Châteauvillain et d'Arc-en-Barrois. *Bulletin des Géographes français*, pp. 22-31.
- BRUXELLES L. (2001) Dépôts et altérites des plateaux du Larzac central : Causses de l'Hospital et de Campestre (Aveyron, Gard, Hérault) Évolution morphogénétiques, conséquences géologiques et implications pour l'aménagement. Thèse (géographie physique), Université de Provence Aix-Marseille 2, 266 p.
- BRUYÉRES L. (2004) Néogenèses silico-alumineuses en contexte cryptokarstique: l'halloysite de Beez (Namur, Belgique), et de Aïn Khamouda (Kasserine, Tunisie). Thèse (sciences), Université de Paris 9 Orsay, 231 p., 138 fig., 29 tab., 3 annexes.
- BUBENICEK L. (1960) Recherches sur la constitution et la répartition des minerais de fer dans l'Aalénien de Lorraine. Thèse d'ingénieur-docteur. *Sciences de la terre*, t. 9, n° 1-2 (1961), pp. 5-204, 45 fig., 39 tab., 16 pl. h.-t.
- BUBENICEK L. (1970) Géologie des gisements de fer de Lorraine. Institut de Recherches de la Sidérurgie française – Saint-germain-en-Laye, 146 p.
- BUFFART R. (1993) Les gisements de fer de la région de Kinsanga (Shaba méridional, Zaïre) Colmatages d'un paléokarst du Protérozoïque supérieur. *Karstologia*, n° 21 (1993) 1, pp. 51-55.
- BULARD M. (1904a) L'industrie du fer en Haute-marne (1^{er} article). *Annales de Géographie*, vol. 13, n° 69, 5 fig., pp. 223-242.
- BULARD M. (1904b) L'industrie du fer en Haute-marne (2^{ème} article). *Annales de Géographie*, vol. 13, n° 70, 2 fig., pp. 310-321.
- Burger D. (1989) Dolomit weathering and micromorphology of the paleosoils in the Franconian Jura. *Catena*, Suppl. 15, pp. 261-267.
- BUVIGNIER A. (1852) Statistique, géologique, minéralogique et paléontologique du département de la Meuse. Baillière, Paris, 694 p., 1 atlas, 32 p., 29 pl.

C

- CACARIÉ (1888) Description géologique du département des Deux-Sèvres, Société de statistiques des Deux-Sèvres, Niort, pp. 197-282, 9 coupes.
- CAILLEUX A. (1945) Distinction des galets marins et fluviatiles. Bulletin de la Société géologique de France, t. 25, pp 375-404, 12 tab.

- CAILLEUX A. et CHAVAN A. (1959) Détermination pratique des minéraux. Société d'édition d'enseignement supérieur, 173 p.
- CAILLEUX A. (1959) Code expolaire des couleurs des sols,. Boubée, Paris, 1 dépliant, 1 notice, 15 p.
- CAILLEUX A. et CHAVAN A. (1959) Détermination pratique des minéraux. Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris, 173 p.
- CAILLAUX (1875) Carte minière de la France à 1/1.250.000°. S.n.
- CALBA et al. (1979) Relations entre le développement la craie, la dynamique et la qualité des eaux souterraines du Pays de Caux. Bulletin de la Société Géologique de Normandie, n° 4, pp. 45-68.
- CALLOT G. (1976) Analyse d'un système géo-pédologique régional Étude sédimentologique et cartographie des sols et formations superficielles sur plate-forme peu déformée région Nord-Aquitaine. Thèse (sciences naturelles), Université de Montpellier, 107 p.
- CALS D., PREVER-LOIRI R. et ROUSSET C. (1980) Les terres rouges des Grands Causses du Massif Central (France). Revue de Géographie physique et Géologie dynamique, vol. 22, fasc. 4-5, pp. 343-356.
- CAMPREDON L. (1923) Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur. Béranger, Paris, 916 p.
- CAMPY M. (1982) Le Quaternaire Franc-Comtois, essai chronologique et paléoclimatique. Thèse (sciences), Université de Besançon, 575 p.
- CAMPY M. (1990) L'enregistrement du temps et du climat dans les remplissages karstiques. *Karstologia Mémoires*, n° 2, pp. 11-22, 11 fig.
- CAMPY M. et CONTINI D. (1973) Terrasses alluviales et cours anciens de la Saône en Haute-Saône. *Annales scientifiques de l'Université de Besançon*, 3^e série, fasc. 19 bis, pp. 225-233
- CAMPY M. et al. (1983) Carte géologique à 1/50.000° de Pesmes (501). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 40 p., 4 tab.
- CAMPY M et MACAIRE J.-J. (1989) Géologie des formations superficielles Géodynamique, faciès, utilisation. Masson, Paris, 433 p.
- CAMPY M. et MACAIRE J.-J. (2003) Géologie de surface Érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux. Dunod, Paris, 2^{ème} édition, collection Sciences Sup., 440 p.
- CARCARIÉ M. (1888) Description géologique du département des Deux-Sèvres. S.n., pp. 197-282, 9 cartes.
- CAMUS H. (2003) Vallées et réseaux karstiques de la bordure carbonatée sud-cévenol : relations avec la surrection, le volcanisme et les paléoclimats. Thèse (géographie physique), Université de Bordeaux 3, 720 p.
- CARCAUD N. (s. d.) Le Pays-Haut: étude géomorphologique d'un secteur représentatif. Mémoire de Maîtrise (géographie physique), Université de Nancy 2, 98 p.
- CARLET J. (1854) Géologie et minéralogie du département de la Côte d'Or. Lemarche et Drouelle, Dijon, 156 p., 3 cartes.

- CARPENTIER A. (1926) Sur l'extension du Wealdien dans le Nord de la France. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 18/10/1926, pp. 667-669.
- CARPENTIER A. (1927) La région de Fourmies (Aisne): Géographie, géologie, industrie, histoire & tourisme. Études publiées à l'occasion du cinquantenaire de la fondation de la Société Industrielle, pp. 88-107.
- CARRIERE C. (1850) Recherches sur la minéralogie des gîtes métallifères de Framont. *Annales de la Société d'émulation du département des Vosges*, t. 6, 50 p.
- CARRON J.M. et collab. (1992) Comprendre et enseigner, la planète Terre. Ophrys Paris, 254 p., 233 fig., 4 pl.
- CASAROTTO J.-T. et al. (1996) L'utilisation du minerai de fer oolithique et le développement de la sidérurgie ancienne avant le haut-fourneau Lorraine du feu, Lorraine du fer, Metz. Archives départementales de la Moselle, 275 p.
- CAYEUX A. (1969) Les roches ferrifères. In: La Science de la terre. Encyclopédie géographique, Bordas, Paris, pp. 230-231.
- CAYEUX L. (1909) Étude des gîtes minéraux de la France, Les minerais de fer oolithiques de France: minerais de fer primaires. Imprimerie Nationale, Paris, 294 p., 37 fig., 29 pl.
- CAYEUX L. (1922) Étude des gîtes minéraux de la France, Les minerais de fer oolithiques de France: minerais de fer secondaires. Imprimerie Nationale, Paris, 948 p., 63 fig., 35 pl.
- CAYEUX L. (1931) Les mines de fer de l'ouest de la France. Paris. Chambre syndicale des mines de fer de l'ouest de la France, 55 p.
- CELERIER G., DUCHADEAU-KERVAZO Ch. et GOURDON-PLATEL N. (1990). Les dalles silico-ferrugineuses du Bassin de la Dronne: origine, caractérisation et utilisation préhistorique. Actes du V^{ème} colloque international sur le silex, Cahier du Quaternaire, n°17, pp. 111-117, 2 fig., 2 pl.
- CHABERT C. coord. (1981) Les grandes cavités françaises. Fédération Française de Spéléologie, Paris, 154 p.
- CHAMELET H. (2004) Bases de Sédimentologie. Dunod, Paris, 2^{ème} édition, collection Sciences Sup., 178 p.
- CHAMPIER L. (1953) Fossé bressan et bas-dauphinois. Zone de contact entre aire continentale posthercynienne et géosynclinal alpin d'après les prospections géophysiques. Revue de géographie de Lyon, vol. 28, n° 2, 2 fig., pp.101-112.
- CHAPUT J.-L (2006) *Initiation à la géomorphologie*. Ellipses, Paris, collection Universités Géographie, 172 p.
- CHARIN V. (1933) Gisements de manganèse des Pyrénées et de leur contreforts. Le génie Civil, tome II, n°18, p. 420.
- CHAURIS L. et GUIGUES J. (1969) Gîtes minéraux de la France. Notices explicatives régionales des feuilles de la carte à 1/320.000°. 1: Massif Armoricain (Feuilles de Brest, Rennes et Nantes). *Mémoires du BRGM*, n°74, 96 p., 15 fig., 4 tab.
- CHAVANTON G. (1986) Bibliographie non exhaustive sur le minerai de fer de Franche-Comté (partie géologique). DRAC Besançon, 9 p.

- CHERY J.L. (1982) Étude hydrochimique d'un aquifère karstique alimenté par perte de cours d'eau (la Loire) : le système des calcaires de la Beauce sous le Val d'Orléans. Thèse de 3^{ème} cycle (hydrogéologie), Université d'Orléans, 258 p., 44 fig., 81 tab., 4 pl. h.t.
- CHEVALLOT P. (1998) L'exploitation du minerai de fer fort à la Borne de fer (Pays-Haut) Etude de géographie historique. Mémoire de Maîtrise (géographie), Université de Nancy 2, 146 p.
- CHOLLEY A. *dir.* (1956) Carte morphologique du Bassin de Paris. *Mémoires et Documents*, Éditions du CNRS Paris, t. 5, vol. 4, pp. 9-103, 4 cartes.
- CHOPPY J. (1987) Dépôts d'oxydes métalliques, Notes de l'auteur, pp. 6-12.
- CHOPPY J. (2008) Pourquoi se creusent les grottes? Karstologia Mémoires, nº16, 200 p.
- CHRISTARAS B. (1987) Les bauxites du karst de Chalcidique, caractères paléogéographique et paléoclimatique Contribution à l'évolution géotectonique de la bordure orientale des Hellenides. *Bulletin de la Société géologique de France*, 8^{ème} série, t. 3, n°8, pp. 935-938.
- CLAUZON G. (1996) Limites de séquences et évolution géodynamique. *Géomorphologie : relief, processus, environnement,* n°1, pp. 3-22.
- CLÉMENT C. (1864) Aperçu général de la constitution géologique de la richesse minérale du Luxembourg. Brück, Arlon (Belgique), 159 p., 5 pl.
- CLÉMENT C. (2009) Projet éolien de la communauté de communes des Deux Rivières. Reconnaissances géophysiques pour la réduction du risque souterrain. ANTÉA, 9p. + annexe. 41 p.
- CLERCX B. (1970) Le gisement de fer de Rougé (Loire Atlantique). *Annales de la Société géologique de Belgique*, t. 93, pp. 317-330, 4 fig.
- COJAN I. et RENARD M. (1997) *Sédimentologie*. Dunod, Paris, 2^{ème} édition, collection Sciences Sup., 418 p.
- COJAN I. et al. (2007) A multi-disciplinary approach to the eastern Jurassic border of the Paris Basin. *Mémoires de la Société géologique de France*, nouvelle série, n° 178, pp. 135-155, 19 fig.
- COLLETE C. et al. (1986) La géologie du département de l'Aube, essai de synthèse. Association Géologique Auboise Troyes, 213 p., 18 tab., 176 fig., 1 carte à 1/200.000°.
- COLLIGNON B. (1988) Spéléologie : approches scientifiques. Édisud, Aix-en-Provence, 236 p.
- COLLIGNON F. (1970) Le bassin inférieur de la Chiers Étude géomorphologique. Mémoire de Maîtrise (géographie), Université de Nancy 2, 118 p.
- COMBES P.-J. (1978) Karst précoce et karst secondaire du troisième horizon de bauxite de la zone du Parnasse (Grèce). 4 th. Int. Congress for study of bauxites, Athen, vol. 1, pp. 101-113.
- COMITÉ DÉPARTEMENTAL DE SPÉLÉOLOGIE DU CHER (1999) Contribution à un inventaire des cavités naturelles et artificielles du département du Cher. non paginé.

- CONTEJEAN C. (1862) Esquisse d'une description physique et géologique de l'arrondissement de Montbéliard. Rothschild, Paris, 47 p., 3 pl. h.t.
- CONTINI D. et al. (1973) Carte géologique à 1/50.000° de Montbéliard (474). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 19 p.
- CONTINI D. et al. (2000) Carte géologique à 1/50.000^e de Lure (443). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 68 p.
- COQUAND H. (1849) Mémoire sur les minerais de fer des départements de l'Aveyron, du Lot-et-Garonne, du Tarn, du Lot, du Tarn-et-Garonne et de la Charente inférieure. Bulletin de la Société géologique de France, 2^{ème} série, t. 6, pp. 328-374, 4 fig.,1 dépl.
- COQUAND H. (1855) Discussion sur les sables et les argiles ferrifères dans la série des terrains tertiaires sur le plateau central et notamment dans les départements qui font partie de l'ancienne Aquitaine, et ceux de la Charente, du Lot, de l'Aveyron et du Tarn. Bulletin de la Société géologique de France, 2^{ème} série, t. 12, pp. 395-397.
- COQUAND H. (1857) Sur les minerais de fer pisiformes de la Charente. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 14, pp. 894-895.
- COQUAND H. (1858) Description physique, géologique, paléontologique et minéralogique du département de la Charente. Dodivers et C^{ie}, Besançon, t. 1, 542 p., 80 fig., 1 carte.
- COQUAND H. (1860) Description physique, géologique, paléontologique et minéralogique du département de la Charente. Barlatier-Feissat et Demonchy, Besançon, t. 2, 420 p., 7 fig., 9 pl.
- COQUE R. (2002) Géomorphologie. Armand Colin, Paris, collection U, 503 p.
- COQUEREL G. *et al.* (1993) La grotte du funiculaire (Le-Ménilsous-Jumièges, Seine-Maritime). *Karstologia*, n° 22 (1993) 2, pp. 35-42.
- CORBION J. (2003) Le savoir... fer, Glossaire du Haut-Fourneau (4° édition), chez l'auteur 57290 Sérémange, 4 t., 3341 p.
- CORBONNOIS J. (1981) –L'avant-côte de Moselle au Sud de Metz (Étude de géographie physique). Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Nancy 2, 322 p.
- CORBONNOIS J., GAMEZ P. et SARY M. (1985) Le régime des transports solides et dissous dans le karst couvert de la dalle d'Étain (interfluve Othain-Loison, Lorraine septentrionale). Spelunca-Mémoires, n°129, pp. 129-136.
- CORDIER S., FRECHEN M., HARMAND D. *et* BEINER M. (2005) Middle and upper pleistocene fluvial evolution of the Meurthe and Moselle valleys in the Paris basin and the rhenish massif. *Quaternaire*, 3^{ème} série, n°16, pp. 201-215, 8 fig.
- CORNUEL J. (1839a) Sur les minerais de fer du canton de Poissons. *Bulletin de la Société géologique de France*, Séance du 18/03/1839, t. 9, p.139.
- CORNUEL J. (1839b) Mémoire sur les terrains du Crétacé inférieur et supra-Jurassique de l'arrondissement de Wassy. *Mémoires Société géologique de France*, Séance du 06/05/1839, t. 4, pp. 233-273, 2 pl.

- CORNUEL J. (1879) Observations sur les puits naturels des calcaires portlandiens des départements de la Haute-Marne et de la Meuse et sur le minerai de fer qu'ils renferment. Bulletin de la Société géologique de France, 3^{ème} série, t. 7, pp. 722-739.
- CORRA G. (1979) –Caractéristiques géologiques et importance économique de l'ocre jaune qui fossilise le paléokarst de la colline de Vérone (Italie). *In : Annales de la Société* géologique de Belgique, t. 102, pp. 145-149.
- CORRE G. (1975) Esquisse de géologie régionale. L'ouest du département de la Sarthe. Région des Coëvrons. CRDP de la Sarthe, 85 p., 23 fig. et pl. h.t.
- CORROY G. (1925) Le Néocomien de la bordure orientale du bassin de Paris. Thèse (sciences), Université de Nancy. Bulletin de la Société des Sciences de Nancy, pp. 171-504, 11 pl.
- COSSIN R. (s. d.) Avant hier l'univers... hier la Lorraine : découverte de l'univers et introduction à la géologie et à la paléontologie locale. Chez l'Auteur 88390 Darnieulles, 59 p.
- COUDERC J.M. (1970) Inventaire descriptif des phénomènes d'hydrologie karstique en Touraine. *Etudes ligériennes*, n° 5, pp. 28-56.
- COUDERC J.M. (1984) Les enceintes métallurgiques en Touraine. Bulletin de la Société archéologique de Touraine. t. 40, pp. 737-752.
- COUDERC J.M. et AUDIN M.P. (1986) Bilan de la métallurgie antique en Touraine. *In: Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines. Actes du colloque Caesarodunum XXII (26 et 27/04/1986).* Edition Errance Paris, pp. 237-251.
- COUDERT J. (1993) Historique des minières de Saint-Pancré. Notes manuscrites de l'auteur, 12 p.
- COUËFFÉ R. et collab. (2004) Inventaire préliminaire des cavités souterraines du Calvados Basse-Normandie. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52908-FR, 16 p., 9 fig., 3 tab., 5 annexes.
- COUËFFÉ R. et collab. (2005) Inventaire préliminaire des cavités souterraines de Haute-Normandie Phase 1, Tranche 1. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53893-FR, 129 p., 10 fig., 5 tab., 8 annexes.
- COUËFFÉ R. et collab. (2006a) Inventaire préliminaire des cavités souterraines de Haute-Normandie Phase 1, Tranche 2. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-54790-FR, 126 p., 9 fig., 7 tab., 6 annexes.
- COUËFFÉ R. et collab. (2006b) Inventaire préliminaire des cavités souterraines de Haute-Normandie Phase 1, Tranche 3. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-55111-FR, 92 p., 5 fig., 8 tab., 6 annexes.
- COULIER C. (1985) Hydrologie du massif de la Sainte-Baume occidentale, relations avec les exutoires littoraux. Thèse de 3ème cycle (hydrologie), Laboratoire de Géologie Appliquée, Université de Provence Aix-Marseille, 395 p.
- COUVREUR G. (1984) La mer de rochers (Fedenmeer) d'Hemer (Sauerland, Westphalie, Allemagne). *Karstologia*, n° 4 (1984) 2, pp 58-59.
- CROUZEL F. et MEYER R. (1977) Les calcaires lacustres du Miocène aquitain. Sciences de la terre, t. 21, n°3, pp. 237-250.

CUSSET F. et al. (1952) – Répartition géographique et géologique des minerais de fer en France. *In : Symposium d'Alger*, chap. 2, pp. 129-222.

D

- DAUBRÉE A. (1846a) Observations sur le minerai de fer qui se forme journellement dans les marais et les lacs. *Mémoires Société géologique de France*, Séance du 12/01/1846, t. 3, 2^{ème} série, pp. 145-153.
- DAUBRÉE A. (1846b) Notice sur une zone d'amas ferrugineux placés le long des failles à la jonction du grès des Vosges et du Muschelkalk, dans le Bas-Rhin. *Mémoires Société géologique de France*, Séance du 12/01/1846, t. 3, 2^{ème} série, pp. 169-174.
- DAUBRÉE A. (1852) Description géologique et minéralogique du Département du Bas-Rhin. Simon, Strasbourg, 501 p., 5 pl., 1 carte.
- DAVID A. (1983) -Les ressources du sous-sol castelbriantais. Barrre-Dayez, Paris, 115 p.
- DAVID L. (1985) Géoécriture ou l'art d'écrire la géologie. Éditions du BRGM, Orléans, collection Manuels & Méthodes, N° 10, 150 p.
- DEBARD É. (1988) Le Quaternaire du Bas-Vivarais d'après le remplissage d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche Dynamique sédimentaire, paléoclimatologie et chronologie. Thèse de doctorat (géologie), Laboratoire de Géologie, Université de Lyon, 294 p., 125 fig., 13 tab., 11 pl.
- DEBELMAS J., MASCLE G. (2008) Les grandes structures géologiques. Dunod, Paris, $4^{\rm eme}$ édition, 322 p.
- DEBRAND-PASSARD S. *et al.* (1975) Carte géologique à 1/50.000° d'Issoudun (545). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 26 p.
- DEBRAND-PASSARD S. *et al.* (1977) Carte géologique à 1/50.000^e de Bourges (519). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 45 p.
- DEBRAND-PASSARD S. *et al.* (1978) Carte géologique à 1/50.000° de Vatan (518). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 48 p.
- DEBRAND-PASSARD S. (1982) Le Jurassique supérieur du Berry (sud du bassin de Paris). *Mémoires du BRGM*, n° 119, 227 p.
- DEBRAND-PASSARD S.et al. (1997) Drainages et rivages cénozoïques de la France. In: Pierres et carrières. Actes des journées Claude Lorenz (18 et 18/11/1995). Association des Géologues du Bassin de Paris, pp. 55-64.
- DELAFOND F. et DEPÉRET C. (1894) Études des gîtes minéraux de la France : les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignite et de minerais de fer. Imprimerie Nationale, Paris, t. 1^{er} : 332 p., 58 fig., 1 carte, t. 2^{ème} : 19 pl.
- DELAMETTE M. (1988) L'évolution du domaine helvétique (entre Bauges et Morcles) de l'Aptien supérieur au Turonien : séries condensées, phosphorites et circulations océaniques (Alpes occidentales franco-suisses). Thèse de doctorat (sciences de la terre), Université de Genève (Suisse), 106 p., 35 pl. h.t.
- DELANCE J.-H. et al. (1988) Carte géologique à $1/50.000^{\circ}$ de Nevers (521). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 55 p.

- DELANNOY J.J. (1997) Recherches géomorphologiques sur les massifs karstiques du Vercors et de la transversale de Ronda (Andalousie) Les apports morphogéniques du karst. Thèse (géographie physique), Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier Grenoble 1, 677 p.
- DELAUNAY A. (1974) Contribution à l'étude sédimentologique des faciès continentaux de l'Éocène du Sancerrois au Gâtinais : le problème des silicifications. Thèse de 3^{ème} cycle (géologie), Université d'Orléans, 63 p., 11 pl., 18 fig.
- DELBOS J. et KŒCHLIN-SCHLUMBERGER J. (1866) Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. Perrin, Mulhouse, t. 1 : 484 p., t. 2 : 547 p., 1 carte, 4 pl.
- DELCAILLAU B. (2004) *Tropicalité : Relief et tectonique récente.* Vuibert, Paris, 259 p.
- DELEPINE G. (1924) Pierre de Stonne, caillou de Beaumont et dépôts wealdiens sur la feuille de Mézières. *Annales Société géologique du Nord*, Imprimerie Centrale, Lille, t. 49, pp. 130-148.
- DELFOUR J. et E. (1993) ROCMIN: un logiciel de calcul et de report graphique des données géochimiques des roches et minéraux sur compatible PC. Géologie de la France, n° 2, pp. 67-72.
- DELHEZ J.-C. (2004) Les mines de fer du pays gaumais. Chez l'auteur 55600 Thonne-la-Long, 223 p.
- DELHEZ J.-C. (2005) L'apparition du Haut-fourneau en Lorraine du nord. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n°1 (2005), pp. 13-24.
- DELHEZ J.-C. (2009) Notes personnelles sur quelques analyses chimiques d'échantillons de minerais de la Lorraine belge.
- DELON c. (1880) Le sol, roches et minerais. Hachette, Paris, 188 p., 46 fig.
- Delvigne J.-E. (1997) Atlas of Micromorphology of Minéral Atération and Weathering *In : the Canadian Mineralogist*, Orstom, Paris, 495 p.
- DEMANGE M. (2009) Les minéraux des roches Caractères optiques, composition chimique, gisement. Presse des Mines, Paris, collection Sciences de la Terre, 174 p., 1 CD.
- DEMANGEOT J. (1999) *Tropicalité : Géographie physique intertropicale*. Armand Colin, Paris, collection U, 340 p., 109 fig., 57 tab., 48 photos.
- DEMOULIN A. (1989) Indurations siliceuses et ferrugineuses des sédiments de couverture en Haute Belgique. Zeitschrift Fuer Geomorphologie, n°33, 1, pp. 103-188.
- DEMOULIN A. (1990) Les silicifications tertiaires de la bordure, nord de l'Ardenne et du Limbourg méridional. Zeitschrift Fuer Geomorphologie, n°34, 2, pp. 179-197.
- DEMOULIN A. (2003) Paleosurfaces and residual deposits in Ardenne-Eifel: historical overview and perspectives. *Géologie de la France*, n°1, pp. 17-21, 1 fig.
- DEMOULIN A. et DIMANCHE F. (1988) L'apport des minéraux opaques à l'étude des paléoaltérations: exemple de quelques sables tertiaires de Haute Belgique. *Catena*, vol. 15, pp. 269-280.

- DENNEBORG M. (2001) L'influence des systèmes de circulation souterraine à l'échelle régionale sur la phase initiale de spéléogenèse des systèmes karstiques profonds (spéléogenèse dans les Alpes et au Mexique). Thèse (sciences naturelles), Rheinisch-Westfälische technische Hochschule Aachen (Allemagne), 133 p.
- DENYS-THOMAS E. (2006) Ressources en eau, écoulement de surface et souterrain sur le revers de la Côte de Meuse: exemple de la région de Grand (plateau du Haut-Pays). Mémoire de Master 2 Recherche (géographie physique), Université de Nancy 2, 108 p., 57 fig., 58 photos, 6 tab., 2 cartes h.t.
- DEPÉRET C. (1894) Sur le gisement sidérolithique de mammifères de l'Éocène moyen, à Lissieu, près de Lyon. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 118, pp. 822-823.
- DERCOURT J. (2004) Géologie et géodynamique de la France Outremer et européenne. Dunod, Paris, collection Sciences Sup., 329 p.
- DERCOURT J., PAQUET J., THOMAS P. et LANGLOIS C. (2006) *Géologie Objets, méthodes et modèles.* Dunod, Paris, 12^{ème} édition, 534 p.
- DEROSIER P. (1984) Approche du fonctionnement hydraulique et physico-chimique des aquifères karstiques littoraux, Exemple du karst de la Gardiole. Thèse de 3^{ème} cycle (sciences), Université des Sciences et Techniques du Languedoc de Montpellier, 129 p., 3 annexes.
- DERRUAU M. (1962) *Précis de géomorphologie*. Masson, Paris, 3^{ème} édition, 413 p.
- DERRUAU M. (2001) Les formes du relief terrestre : Notions de géomorphologie. Armand Colin, Paris, 8^{ème} édition, collection U. 119 p.
- DESCHAMPS M. (1960) Les rapports du Sidérolithique du Cher, daté Sannoisien supérieur, avec le petit bassin tongrien de Gouzon (Creuse). Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 250, pp 730-732.
- DESCHAMPS M. (1973) Étude géologique du sidérolithique du Nord-Est et du Centre du Massif Central français et des terrains qui lui sont associés. Thèse (sciences naturelles), Université de Paris 6, 1270 p.
- DESIRÉ-MARCHAND J. (1985). Notice de la carte géomorphologique du Grand-Duché de Luxembourg. Publ. Serv. Géol. Luxembourg, Bull. 13, 47 p.
- HIE J. et al. (2004) Les systèmes fluviatiles pléistocènes de la Creuse (Bassin moyen de la Loire, Région Centre, France). Quaternaire, 4^{ème} série n°15 (1-2), pp.77-86.
- DESPRIE J. *et al.* (2007) Les nappes alluviales pléistocènes de la vallée moyenne du Cher (Région Centre, France) : Contexte morphosédimentaire, chronologie ESR et préhistoire, premiers résultats. *Quaternaire*, 4^{ème} série n°18 (4), pp.349-368.
- DEUBERGUE A. et LEMIERE B. (1985) Les formations ferrugineuses du bassin de Chaillac (Indre) : caractérisation géochimique et pétrographique. Contexte paléogéographique. *Géologie de la France*, n°2, pp. 227-235, 4 fig., 1 pl. photos.
- DEVANTOY J.-B. (1952) Bibliographie de la géologie et de la minéralogie de la porte de Bourgogne et d'Alsace ou Trouée de Belfort. Centre d'Études pour l'aménagement de la région de Belfort-Montbéliard-Lure et des régions limitrophes, Belfort, 70 p.

- DEVANTOY J.-B. (1955) Le Sidérolithique et les dépôts à minerai de fer pisolithique des environs de Belfort. *Bulletin de la Société belfortaine d'émulation*, n°59, pp. 181-193.
- DEVOS A. et SARY M. (1995) Captures actives et hydrologie entre Marne et Meuse (Lorraine). Revue Géographique de l'Est, n°3-4 (1995), pp. 309-320.
- DEVISMES P. (1978) Atlas photographique des minéraux d'alluvions. *Mémoires du BRGM*, n°95, 206p.
- DEWOLF Y. (1982) Le contact Île de France / Basse-Normandie, Évolution géodynamique. *Mémoires et Documents de géographie*, Éditions du CNRS - Paris, 253 p., 11 pl. photos.
- DEWOLF Y. et BOURRIÉ G. coord. (2008) Les formations superficielles Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. Ellipses Éditions, Paris, 798 p.
- DEWOLF Y. et PENVEN M.-J. (2007) Les grands épandages détritiques des marges nord du Massif central. *In: Du continent au bassin versant: théories et pratique en géographie physique*. Presses Universitaires Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, pp. 121-131.
- DIDEROT et ALEMBERT (D') (1751-1772) L'Encyclopédie Art des mines. Inter-Livres, Réédition 2002, 35 p.
- DIDEROT et ALEMBERT (D') (1751-1772) L'Encyclopédie Forges. Inter-Livres, Réédition 2002, 52 p.
- DIETRICH P.-F. (de) (1786) Description des gîtes de minerai de la France. Diderot éditeur, Paris, 1^{ère} et 2^{ème} parties, Pyrénées, 597 p.
- DIETRICH P.-F. (de) (1789) Description des gîtes de minerai de la France. Diderot éditeur, Paris, 3^{ème} et 4^{ème} parties, Haute et Basse-Alsace, 418 p.
- DIETRICH P.-F. (de) (an VIII [1800]) Description des gîtes de minerai de la France. Diderot éditeur, Paris, 5^{ème} et 6^{ème} parties, Lorraine méridionale, 540 p.
- DIEUDONNÉ-GLAD N. et DUMASY F. (1990) La métallurgie du fer dans le Berry avant la réduction indirecte. Actes du Symposium international du comité pour la sidérurgie ancienne de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques (Belfort-Sévenans, 1-3/11/1990), pp. 249-254.
- DIEULAFAIT M. (1885) Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains sédimentaires. Leur liaison avec les minerais de fer et les argiles des terrains sidérolithiques. *Annales de physique chimie*, 6^{éme} série, t. 5, pp. 204.
- DONNADIEU J.-P. (1976) Données nouvelles sur les formations de l'Éocène continentale (Bartonien sens large) du Sud-Ouest du Bassin Parisien: les dépôts de Brenne et des confins du Poitou. *Bulletin de la Société géologique de France*, 6^{ème} série, t. 18, pp. 1647-1658.
- DORIA B. (1986) Le Causse Noir et les canyons bordiers (Gorges de la Jonte, de la Dourbie et du Trévezel). Thèse de 3^{ème} cycle (géographie physique), Institut de Géographie d'Aix-en-Provence, 202 p., 35 fig., 34 photos, annexe : 116 p., carte h.t.
- DOUVILLE H. (1875) Note sur le système du Sancerrois et le terrain sidérolithique du Berry. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^{ème} série, t. 4, pp. 104-111.

- DREYFUSS M. et al. (1970) Carte géologique à 1/50.000^e de Gy (472). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 11 p.
- DREYFUSS M. et al. (1972) Carte géologique à 1/50.000^e de Baume-les-Dames (473). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 11 p.
- DUCHAUFOUR P. (1972) Processus de formation des sols : biochimie et géochimie. CRDP Nancy, collection Études et Recherches, 182 p.
- DUCHAUFOUR P. (2004) Introduction à la science des du sol-Sol, végétation, environnement. Dunod, Paris, collection Sciences Sup., 331 p.
- DUCHAUFOUR P. et SOUCHIER B. dir. (1977) Pédologie : 1. Pédogénèse et classification. Masson, Paris, 496 p.
- DUCHAUFOUR P. et SOUCHIER B. dir. (1979) Pédologie : 2. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, 459 p.
- DUHAMEL fils et LELIÈVRE (1800) Caractères physiques des mines de Saint-Pancré, rapport du 11 Messidor an VIII [30/06/1800]. Archives Départementales de la Moselle, 11 p.
- DUMAS É. (1875) Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département du Gard. Bertrand, Paris, 735 p., 9 pl.
- DUMASY F. (1993) La métallurgie du fer dans la cité des Bituriges Cubi. Colloque sur la sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen (Besançon, 10-13/11/1993), pp. 213-222.
- DUPLAIX S. (1958) Détermination microscopique des minéraux des sables. Béranger, Paris, 96 p., 69 fig.
- DUPERET C. (1894) Sur un gisement sidérolithique de mammifères de l'Eocène moyen, à Lissieu, près de Lyon. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 118, pp. 822-823.
- DUPONT F. et LE JEUNE F. (2000) Étude par microgravimètrie sur d'anciens travaux miniers à Cordesse (71). BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-50163-Fr, 18 p., 3 fig.
- DUPRAZ J. *et al.* (1985) Un gouffre-minier : Le gouffre à Maule (massif de la Grande-Chartreuse, Isère). *Spelunca*, n°19, pp 22-24.
- DURAND-DELGA M G. et collab. (1980) itinéraires géologiques : Aquitaine, Languedoc, Pyrénées. Bulletin du Centre de Recherches Eploration-Production d' Elf Aquitaine, Pau, Mémoire 3, 349 p.
- DUREPAIRE P. (1985) Inventaire et étude géologique, hydrologique et géomorphologique détaillés de cavités naturelles du bassin d'alimentation de la source du Lez, Hérault. Mémoire de DES (sciences), Université des Sciences et Techniques du Languedoc de Montpellier, 2 vol., 323 p., 55 pl.

Ε

- EBRAY T. (1858) Études géologiques sur le département de la Nièvre. Baillière & fils, Nevers, 572 p., 25 pl.
- EINECKE G. (1950) *Die Eisenerzvorräte der Welte.* Verlag Stahleisen MBH, Düsseldorf (Allemagne), t. 1: Textband 418 p., t. 2: Atlasband 95 pl.

- EQUILBEY E. et al.(2003) Inventaire préliminaire des cavités de l'Orne (61) Basse-Normandie. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52374-FR, 45 p., 11 fig., 3 tab., 4 annexes, 1 carte h t
- ERHART H. (1967) La genèse des sols en tant que phénomène géologique: esquisse d'une théorie géologique et géochimique Biostasie et rhexistasie. Masson, Paris, 177 p.
- ERHART H. (1973a) Itinéraires géochimiques et cycle géologique de l'aluminium (Genèse des minerais d'alumine -Latéritisation - Bauxitisation - Aluminification). Doin Editeurs, Paris, 253 p.
- ERHART H. (1973b) Itinéraires géochimiques et cycle géologique du silicium (catamorphisme des silicates primaires, genèse et évolution de la silice de néoformation). Doin Editeurs, Paris, 217 p.
- ERTUS R. et DUPUIS C. (1989). Dynamique sédimentaire des paléokarsts oligo-miocènes de l'Entre-Sambre-et-Meuse (Belgique). Actes du 2ème congrès français de sédimentologie (20 au 22/11/1989 Paris), pp. 123-124.
- ESTEOULE-CHOUX J. (1983) Altérations et silicifications au Tertiaire dans le Massif armoricain. Géologie de la France, n°4, pp. 345-352, 2 fig., 1 pl.

F

- FABER A., GAMEZ G., HANZO M. et MIRAMBET F. AMOFERLOR MUSÉE DU FER DE JARVILLE (1999) Le fer. *In: Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 36, n° 1, pp. 27-33.
- FABRIES J., TOURET J. et WEISBROD A. (1982) Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lamarre-Poinat Paris, 382 p.
- FARINA S. (1999) Contribution à l'étude du bassin moyen de la Chiers. Mémoire de Maîtrise (géographie physique), Université de Nancy 2, 64 p.
- FAVROT J.-C. et BOUZIGUES R. (1975). Études préliminaires en vue du drainage du département de l'Eure. DDA de l'Eure.
- FEHLMANN H. (1951) Les gisements de fer de la Suisse, Commission géotechnique suisse et Société d'Études Minières, Berne et Zurich (Suisse), pp. 502-527, 3 pl.
- FÉNELON P. (1951) Le Périgord : étude morphologique. Thèse (Géographie), Université de Paris, 526 p.
- FÉNELON P. (1967a) Vocabulaire français des phénomènes karstiques. *Mémoires et Documents*, Éditions du CNRS, Paris, N^{lle} série, vol. 4, pp. 18-68.
- FÉNELON P. (1967b) Sur l'origine des argiles de décalcification. *Mémoires et Documents*, Éditions du CNRS, Paris, N^{lle} série, vol. 4, pp. 143-148.
- FÉNELON P. coord. (1975) Phénomènes karstiques (II). Mémoires et Documents, Éditions du CNRS, Paris, vol. 15, 322 p.
- FÉRAUD J. (2002) Rapport annuel des travaux effectués en appui aux études d'archéologie minière dans le cadre de la convention nationale SDA-BRGM. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-51644-FR, 112 p., 3 fig.

- FÉRAUD J. et collab. (2004) Rapport annuel des travaux effectués en appui aux études d'archéologie minière dans le cadre de la convention nationale SDA-BRGM. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53585-FR, 52 p., 8 fig., 2 tab., 15 photos.
- FINATON C. (1934) Les minerais de fer oolithiques et le passage du Toarcien au médio-jurassique en Franche-Comté. *Bulletin de la Société géologique de France*, 5^{ème} série, t. 4, pp. 347-367, 2 fig.
- FISCHER J.-C. (2004) Guide des fossiles de France et des régions limitrophes. Dunod, Paris, 3^{ème} édition, 484 p.
- FISCHER C. et NGUYEN-THE D. (2005) Mise à jour de l'inventaire du département de la Meuse – Secteur sudouest du plateau du Barrois. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53628-FR, 27 p., 6 fig., 5 tab.
- FIZAINE J.-P. (1980) Relations entre la fissuration et la spéléogénèse. *Spéléo L*, n°12, pp.155-176.
- FIZAINE J.-P. (2005) Contribution à l'étude des paléokarsts et des ferricrètes dans le Pays-Haut, la Lorraine belge et le Gutland. Mémoire de DEA (géographie physique), Université de Nancy 2, 137 p., 63 fig., 58 photos, 11 tab.
- FIZAINE J.-P. (2006) Les paléo-paysages hérités de l'exploitation du "Fer fort" dans le Pays-Haut, la Lorraine belge et le Gutland. *Le Pays Lorrain*, 103^e année, vol. 87, pp. 262.264.
- FIZAINE J.-P. (2008) Paléokarsts et ferricrètes : l'exemple du Pays-Haut (Nord Meurthe et Moselle). *Spéléo L*, n° 17, pp. 59-68.
- FIZAINE J.-P. (2009) Paléokarsts et ferrictètes: l'exemple du Pays-Haut. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, 2^e série, 52^e année, n°1-2009, pp. 34-38.
- FLEURY E. (1909) Le Sidérolithique Suisse, Contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments. *Mémoires de la Société fribourgeoise des Science naturelles*, vol. 6, 260 p., 4 tab.
- FLUCK G. et WEIL R. (1975) Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes. *Mémoires du BRGM*, n° 87, pp. 68-89.
- FLUTEAU F. (2004) Histoire de climats de la Terre : des causes aux conséquences. Résumé colloque de paléogéographie (8 et 9/03/2004 Paris), 2 p.
- FONCIN M.-P. (1901) Landes & dunes de Gascogne. *Images géographiques*. Notice n°22, 20 p.
- FOUCAULT A., RAOULT J.F. (2003) Dictionnaire de géologie. Masson, Paris, $5^{\rm ème}$ édition, 379 p.
- FOUR M. (1849) Note sur les dépôts de minerai de fer pisiforme de la Haute-Saône. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 12, pp.1231-1234.
- FOURNEAU R.O. (2001) Le Fondry des chiens à Nismes (Belgique). $Eco\ Karst, n^{\circ}45, pp. 1-4.$
- FOURNEL H. (1831) Indications des points de la France où l'on extrait du minerai de fer hydraté et statistiques des hautsfourneaux que ce minerai alimente. Imprimerie Everat, Paris, 132 p.
- FOURNIER E. (1915) Les gîtes de fer et de manganèse des environs de Grachaux (Haute-Saône). Société d'Histoire naturelle du Doubs, n°28, pp. 40-42, 1 pl.

- FOURNIER E. (1919) Gouffres, grottes, cours d'eau, souterrains, résurgences, etc. du département du Doubs. Essai de statistique géologique, pédologique et paléontologique. Jacques et Demontrond, Besançon, 303 p.
- FOURNIER E. (1923a) Explorations souterraines en Franche-Comté : les gouffres. Jacques et Demontrond, Besançon, 51 fig., 212 p.
- FOURNIER E. (1923b) Explorations souterraines en Franche-Comté: Grottes et rivières souterraines. La Solidarité, Besançon, 59 fig., 185 p.
- FOURNIER E. (1926) Les eaux souterraines : sources, résurgences et nappes aquifères. Imprimerie de l'Est, Besançon, 222 p.
- FOURNIER E. (1928) Phénomènes d'érosion et corrosion spéciaux aux terrains calcaires - Applications scientifiques et pratiques de la spéléologie et de l'hydrologie souterraine. Imprimerie de l'Est, Besançon, 350 p.
- FRISCHMANN É. (1997) Le Muschelkalk supérieur de la périphérie du bassin houiller : problèmes de karstification, aménagement et gestion des ressources. Mémoire de Maîtrise (géographie), Université de Metz, 111 p., 47 fig.

G

- GABERT P. (1961) Un problème de l'altération quaternaire : le « ferretto » de l'Italie du Nord. Compte-rendu de la Société géologique de France, 7^{ème} série, t. 3, pp 22-24.
- GAIFFE M. et KUBLER B. (1990) Contribution à l'histoire des sols du Jura par l'analyse de leurs nodules ferrugineux. *Annales scientifique de l'Université de Besançon*, 4^{èmè} série, fasc. 10 (1990), pp. 31-36.
- GAIFFE M. et KUBLER B. (1992) Relationships between mineral composition and relative ages of iron nodules in Jurassian soil sequences. *Geoderma*, Eslsevier Science Publishers, Amsterdam, n°52, pp. 343-350.
- GAMEZ P. (1992) Hydrologie et karstologie du bassin du Loison (Woëvre septentrionale, Lorraine). Thèse (1992), Université de Metz (Mosella, t. 21 (parution 1995), 453 p.
- GAMEZ P., GRAS F. et SARY M. (1979) Le revers de la dalle d'Etain en Lorraine septentrionale: un exemple de l'influence du karst sur la géodynamique externe. *In*:

 Annales de la Société géologique de Belgique, t. 102, pp. 47-52.
- GAMEZ P., WHERLI A., FIZAINE J.-P. et SCAPOLI J. (1995) Captures actives et hydrologie entre Marne et Meuse (Lorraine). Revue Géographique de l'Est, n° 3-4, pp. 297-307.
- GAMEZ P. et LOSSON B. (1998) Premiers résultats de l'Étude des remplissages dans le karst de Pierre-la-Treiche (54); L'entrée Est du réseau Sainte-Reine. *Mosella*, n° 3-4, pp. 41-59.
- GAMEZ P., FIZAINE J.P., Mansuy D. et SCAPOLI J. (2001) Origine des circulations souterraines dans la vallée de l'oued Guigou (Moyen-Atlas septentrional, Maroc). In: Actes du colloque franco-marocain « eaux et société dans les montagnes du Maroc et des pays voisins » (21-26/09/1999 Fès). Mosella, t. 25, n°3-4, pp. 195-216.

- GAMEZ P., FIZAINE J.-P., Mansuy D. et SCAPOLI J. (2001) La dayat Afourgagh: un exemple de surexploitation des eaux souterraines (Moyen-Atlas septentrional, Maroc). *In: Actes du colloque franco-marocain « eaux et société dans les montagnes du Maroc et des pays voisins » (21-26/09/1999 Fès). Mosella*, t. 25, n°3-4, pp. 217-225.
- GAMEZ P., HARMAND D. et CARAMELLE F. (2000) Karst et paléoécoulements dans le Pays-Haut (Lorraine) : l'exemple du versant de la vallée d'Anderny-Malavillers. *Revue Géographique de l'Est*, t. 40, n°1-2, pp. 67-82.
- GAMEZ P ET HARMAND D. (2010) La Lorraine du Nord, la Gaume et le Gutland. In : Liedtke et al.. Die Oberflächenformen in der Grenzregion Saarland Lothringen Luxembourg. Verhöffentlichungen des Instituts f'r Landeskunde im Saarland, band 48 Saarbrücken, 367 p., 1 carte.
- GARDET G. et CAPOT-REY R. (1929) Sur l'extension des Grès tertiaires dans le Nord-Est du Bassin parisien. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4ème série, n° 6-7, pp. 419-442
- GARDET G et MOULINET G. (1932) Le minerai de "Fer fort" du front de la côte bajocienne de la région de Longuyon Longwy Villerupt. Bulletin de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole des Mines de Douai, pp. 408-434.
- GAUCHON C. (1997) Grottes et gouffres des montagnes françaises : essai de géographie culturelle et patrimoine du karst profond, Thèse (géographie humaine), Université Joseph Fourier Grenoble 1, 424 p., 66 fig., 8 pl., index, annexes h.t.
- GENDRON J.-P. (1984) Les paléokarsts des Alpes occidentales. *Karstologia*, n° 4 (1984) 2, pp. 3-10.
- GENNA A. et al. (2005) Les karsts latéritiques de nouvelle-Calédonie. Karstologia, n°45-46 (2005) 1-2, pp. 19-40.
- GÉROME-KUPPER M. (1981) Les vitesses d'érosion du calcaire Étude de processus actuels sous différents climats. Thèse (sciences), Université de Liège, 238 p., 16 cartes, 16 schémas, 28 tab., 48 listings.
- GÉZE B. (1938) Contribution à la connaissances des phosphorites du Quercy. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 07/03/1938, pp. 123-146.
- GÉZE B. (1940) Sur les phosphorites du Bas-Languedoc. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 28/04/1940, pp. 87-99.
- GEOLOR & AGMP (2005) Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. Pétange (GDL), Heintz, 152 p.
- GILG H.A. (2003) Isotopic tools of dating paleoweathering in Europe. *Géologie de la France*, n°1, pp. 49-51.
- GILLI É. (1985) Recherches sur le creusement et la stabilité des grands volumes karstiques souterrains. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Provence Aix-Marseille 1, 2 t., 277 p.
- GILLI É. (1998) Travaux de karstologie appliquée, Soutenance d'Habilitation à diriger des Recherches. Université de Provence Aix-Marseille 1.
- GILLOT M. (1931) Le travail du fer. Revue artistique et littéraire La Thiérache, Vervins, N°3, pp. 19-21.
- GINSBURG *et al.* (1982) La faune de l'Eocène supérieur d'Audincourt (Doubs). Bulletin de la Société géologique de France, 7^{ème} série, n°24, pp.: 375-378.

- GIOT D. et collab. (2001) Processus de continentalisation dans le sud du bassin de Paris, développement d'un profil d'altération de type calcrète. Livre des excursions du 8° Congrès Français de Sédimentologie, ASF, N° 37, pp. 40-59.
- GODARD G. et al. (1994) Un fleuve yprésien du Berry à la Vendée, témoin de l'évolution paléogéographique et tectonique du Centre-Ouest de la France au Cénozoïque. Géologie de la France, n°4, pp. 35-56, 8 fig., 2 tab.
- GOGUEL J. dir. (1968) Carte géologique de la France à 1/1.000.000°. BRGM, Orléans, 1 carte (2 pl.).
- GOHAU G. (2003) Naissance de la géologie historique La terre, des « théories » à l'histoire. Vuibert, Paris, collection « inflexions »,124 p., 25 fig.
- GONZALEZ G. (2001) Inventaire préliminaire des cavités souterraines (mines et carrières) Département du Var. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-5151-FR, 155 p., 1 fig., 5 tab., cartes.
- GONZALEZ G. (2003) Inventaire préliminaire des cavités souterraines (mines et carrières) Département des Hautes-Alpes. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52090-FR, 241 p., 2 fig., 3 tab., 3 annexes.
- GONZALEZ G. et collab. (2000) Inventaire des cavités souterraines (mines et carrières) Département du Vaucluse. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-50142-FR, 39 p., 3 fig., 2 annexes, cartes.
- GONZALEZ G. et collab. (2002) Inventaire préliminaire des cavités souterraines (mines et carrières) Département des Alpes-Maritimes. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52090-FR, 201 p., 2 fig., 5 tab., 2 annexes.
- GORNITZ V. (2009) Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments. Springer, New-York, 1047 p.
- GOURDON N. (1973) Étude de quelques concentrations en oxydes de fer dans diverses formations continentales du Bassin Aquitain, Essai de classification. Thèse (sciences de la terre), 2 t., 189 p., 32 fig., pl. h.t.
- GOURDON-PLATEL N. (1975) Les minerais de fer en Aquitaine et leur intérêt historique. *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. 5, n°4-6, pp. 33-47.
- GOURDON-PLATEL N. (1977) Hypothèses sur la formation des dalles silico-ferrugineuses de la bordure Nord-Aquitaine. Revue de Géomorphologie dynamique, t. 36, n° 2, pp. 59-65
- GOURDON-PLATEL N (1980) Les cuirasses du Tertiaire continental de la bordure Nord-Aquitaine: typologie des pisolites et hypothèses sur leur formation. *Revue de Géomorphologie dynamique*, n° 27, pp. 129-142.
- GOURDON-PLATEL N. et DUBREUIL J. (1992) Les ferruginisations et les argiles associées au paléokarst tertiaire du Périgord. *In : Salomon J-N. et Maire R. (dir.), Karst et évolutions climatiques (hommage à Jean Nicod).* Presses Universitaires de Bordeaux, pp. 449-460.
- GOURDON-PLATEL N. et al. (2000) La Formation de Rouffignac, témoin d'une paléoaltérite cuirassée intra-éocène en Périgord-Quercy. Géologie de la France, n° 1, pp. 65-74, 6 fig., 1 tab.

- GOURDON-PLATEL N. et MAURIN B. (2004) Le fer des marais, encroûtement superficiel holocène sur les sites de Sanguinet (Landes, France). *Géologie de la France*, n°1, pp. 449-460.
- GRANDGIRARD V. (1997) Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage. Thèse (géographie physique), Université de Fribourg (Suisse), 210 p.
- GRANDIN G (2008) Les cuirasses latéritiques aluminisitation et ferruginisation In: Dewolf Y. et Bourrié G. coord. Les formations superficielles Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. Ellipses Éditions, Paris, pp. 362-372.
- GRAS J. (1963) Le Bassin de Paris méridional, Étude géomorphologique. Thèse (géographie Physique), Université de Paris, 494 p., 118 fig.
- GRAS S. (1835) Statistique minéralogique du département de la Drôme. Prudhomme, Grenoble, 296 p., 1 carte.
- GRAS S. (1862) Description géologique du département de la Vaucluse. Savy, Paris, 438 p., 1 pl.
- GRESSLY A. (1838) Observations géologiques sur le Jura solurois. *Mémoires de la Société helvétiques des Sciences*, naturelles, t. 14-15, 71 p.
- GRIGNON. (1761) Observations sur la formation des mines de fer par dépôt dans la province de Champagne. S.n.
- GROSSOUVRE A. (de) (1886) Étude sur les gisements de minerai de fer du centre de la France. *Annales des Mines*, 8^{ème} série, t.10, pp. 311-418, 2 pl.
- GUENDON J.-L. (1981) Les paléokarsts de Coulon (Vaucluse, France) Sédimentation et altération d'une série détritique siliceuse sur substratum carbonaté: karstification sous couverture, accumulation de gibbsite, paléosols. Thèse, Université des sciences d'Aix-Marseille, 179 p., 9 pl.
- GUENDON J.-L. (1984) Les paléokarsts des Alpes Occidentales du Trias à l'Éocène. *Karstologia*, n°4, (1984) 2, pp. 2-10.
- GUENDON J.-L., PARRON C. et TRIAT J.-M. (1983) Incidences des altérations crétacées sur la notion de sidérolithique dans le Sud-Est de la France. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7^{ème} série, t. 25, n°1, pp. 41-50.
- GUENDON J.-L., SALOMON J.-N. et NICOD J. (1987) Karstification sous couverture, comparaison entre le karst actuel et paléokarst. *Annales de Géographie*, n° 537, 1 fig., pp. 557-563.
- GUILLIER A. et TRIGER J. (1886) *Géologie du département de la Sarthe.* Comptoir géologique de Paris, 46 p., 1 carte.
- GUILLOCHEAU F. et al. (2002) Le Jurassique de l'Est du Bassin parisien. Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris. vol. 39, n°3, pp. 23-47.
- GUNN J. Édit. (2002) Encyclopedia of Caves and Karst Science. Fitzroy Dearborn, New-York, London, 92 p.

Н

- HAJ-HASSAN M.-F. (1987) Recherches géomorphologiques sur le relief karstique des Causses de Martel et de Gramat. Thèse (géographie), Université de Bordeaux 3, 508 p., 76 fig., 15 pl., 49 tab., 50 photos, 3 annexes, 4 cartes h.t.
- HAMON B. et al. (1995). Aux origines du fer à Avril, Moyeuvre, Neufchef et Rosselange. Impressions Editeur, Bitche, 166 p.

- HANOTEL (1894). Compte-rendu de l'excursion de Poix-Terron à Flize (15/04/1894). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, t. 1, fasc. 1, pp. 23-30.
- HANZO M. coord. (1999). Mines de Lorraine et du Luxembourg, Journées d'études d'automne (1-3 octobre 1998). Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 36, n°1, pp. 5-6.
- HARDENBOL J. dir. (1998) Mesozoic and cenozoic sequence stratigraphy of European basins. Society for Sedimentary Geology, 786 p.
- HARMAND D. (1989) La Meuse lorraine. Contribution a l'étude des alluvions anciennes de la vallée entre Pagny-sur-Meuse et Mouzon (Ardennes). Tentative d'une reconstitution paléogéographique et dynamique actuelle du bassin. Thèse (géographie), Université de Nancy 2.
- HARMAND D. (2004) Genèse et évolution du réseau hydrographique (creusement des vallées et captures) dans les régions de moyenne latitude : exemple de l'est du Bassin de Paris. Mémoire d'Habilitation à diriger des Recherches, Université de Nancy 2.
- HARMAND D. et al. (1998) L'évolution du paléo-bassin de la Meuse: Les enseignements des captures et leurs implications environnementales, pp. 157-173.
- HARMAND D. et al. (2002) Incision anté et post-capture dans les vallées de l'Ornain et de la Saulx (Est du bassin de Paris). Revue Géographique de l'Est, tome 62, n\(^4\), 171-183.
- HARMAND D. et al. (2004) Dynamique de l'érosion dans le Barrois et le Perthois (Est du bassin de Paris) : incision et karstification dans les bassins versants de la Marne, de la Saulx et de l'Ornain. Quaternaire, 4^{ème} série n° 15, pp.305-318.
- HARMAND D. et LE ROUX J. (2006) Évolution géomorphologique de la Lorraine. In: Lexa-Chomard et Pautrot, Géologie et géographie de la Lorraine. Editions Serpenoise Metz, pp. 153-167.
- HARMAND D., LE ROUX J. (2009). Les réorganisations du réseau hydrographique sur les marges de la Champagne et de la Loraine au Quaternaire. *In Annales de l'Est, numéro spécial. Actes du Colloque Lorraine-Champagne*, Metz, octobre 2008, pp. 19-43.
- HATRIVAL J.-N., DELATTRE C. et WATERLOT G. (1969) Carte géologique à 1/50.000° d'Hirson (51). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 15 p.
- HATRIVAL J.-N., BEUGNIES A. et MACAR P. (1969) Carte géologique à 1/50.000° de Charleville-Mézières (69). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 23 p.
- HEBERT R. (1998) Guide de pétrologie descriptive. Nathan-Université, Paris, 160 p.
- HERMANS W.-F. (1955) Description et genèse des dépôts meubles de surface et du relief de l'Oesling (Ardennes luxembourgeoises). *Publications du service géologique du Luxembourg*, vol. 11, pp. 12-38.
- HEUERTZ M. (1969) Documents préhistoriques du territoire luxembourgeois : le milieu naturel, l'homme et son œuvre. Publication du musée d'histoire naturelle et de la société des naturalistes luxembourgeois, fasc. 1, pp. 31-265.
- HILL C.-A. et FORTI P. (1986) *Cave minerals of the world.*National Speleogical Society- Huntsville (Etats-Unis), 238 p., 135 fig., 33 pl.

- HILLY J. et HAGUENAUER B. (1979) Guides géologiques régionaux : Lorraine / Champagne. Masson, Paris, 216 p.
- HOFFMANN F. (1998) Les tufs et les travertins en Périgord Quercy, Étude de la dynamique passée et du fonctionnement actuel de dépôts carbonatés exokarstiques (géomorphologie, sédimentologie, hydrochimie, anthropisation). Thèse (géographie physique), Université de Bordeaux 3, 703 p.
- HORIKOSHI K. (1992) *L'industrie du fer dans la Lorraine pré-moderne*. Thèse (histoire), Université de Nancy 2, 2 t., 717 p.
- HORON H. et collab. (1962) Carte à 1/1.000.000° des gisements de fer. BRGM, Orléans, 2 feuilles avec 6 encarts au à 1/200.000°.
- HORON. H (1977) Les gisements de fer de la France In WALTHER H.-W. et ZITZMANN A. edit. The iron deposits of Europe and adjacent area. International Geological Congress Hannover, vol. 1, pp. 143-159.
- HOTTENGER G. (1923) Les anciennes minières de fer fort de Saint-Pancré et d'Aumetz. *Bulletin de la Société Industrielle de l'Est*, n°167 et 168, 37 p.
- HOTTENGER G. (1928) L'ancienne industrie du fer en lorraine. Bulletin de la Société Industrielle de l'Est. pp. 8-21, 34-35, 63-65.
- HUARD M. (1972) Étude géologique du district à fluorine et sidérite de la bordure septentrionale du massif Canigou-Carança (Pyrénées orientales). *Bulletin du BRGM*, n° 4, pp. 1-43, 9 fig., 2 pl., 1 carte h.t.
- HUGONIE G. (2003) Les dépressions semi-continentales de la France de l'Est et du Centre. In : Les espaces "naturels" des Français, les complexes physiques locaux. Éditions du Temps, Nantes, pp. 83-88.
- HURLEY P. (1999) Minerais, Mines et industrie métallurgiques du Berry et du Nivernais, notes manuscrites de l'auteur. 13 p.

ı.

- JACOB J.-P. et MANGIN M. dir. (1990) De la mine à la forge en Franche-Comté Des origines au XIX^e siècle. Annales littéraires de l'Université de Besançon, série archéologie n° 37, 315 p.
- JACQUOT E. (1849) Mémoire : les Mines et les minières de fer de la partie occidentale du département de la Moselle. Annales des mines, t. 16, pp. 427-494.
- JACQUOT E. (1854) Esquisse géologique et minéralogique de la Moselle, Pallez et Rousseau, Metz, 436 p., 3 pl.
- JACQUOT E. (1870) Description géologique, minéralogique et agronomique du département du Gers. Imprimerie Nationale, Paris, 158 p., 1 pl.
- JACQUOT E. et collab. (1868) Description géologique et minéralogique du département de la Moselle, Raçon et C^{ie}, Paris. 32 p.
- JAEGER J.-L. et OVTRACHT A. (1955) La minéralisation des Hautes-Corbières (Aude). *Bulletin de la Société géologique de France*, 6^e série, t. V, pp. 416-418.

- JAEGER J.-L., MEUNIER A. et OVTRACHT A. (1958) Géologie du secteur manganésifère du Minervois. Bulletin de la Société géologique de France, 6^e série, t. VIII, pp. 121-279.
- JAILLET S. (2000) Le Barrois et son karst couvert. Structure, fonctionnement, évolution. Thèse, Université de Bordeaux 3, Karstologia Mémoires, n°12, 2005, 335 p.
- JAMBON A et THOMAS A. (2009) *Géochimie. Géodynamique et cycles*. Dunod, Paris, collection Sciences Sup., 404 p.
- JEANNIN P.-Y. (1996) Structure et comportement hydraulique des aquifères karstiques. Thèse (géographie physique), Université de Neufchâtel (Suisse), 237 p., 10 pl.
- JÉBRAK G. et MARCOUX E. (2008) -Géologie des ressources minérales. Ressources naturelles et Faune, Québec, 667 p.
- JOLY F. (1987) Carte géomorphologique de la France à 1/1.000.000° (quart Nord-Ouest). Reclus, Montpellier, collection mode d'emploi, n°11, 39 p., 1 carte.
- JOLY F. (1989) Carte géomorphologique de la France à 1/1.000.000e (quart Nord-Est). Reclus, Montpellier, collection mode d'emploi, n°13, 24 p., 1 carte.
- JOLY F. (1992) Carte géomorphologique de la France à 1/1.000.000^e (quart Sud-Est). Reclus, Montpellier, collection mode d'emploi, n°19, 32 p., 1 carte.
- JOLY F. (1993) Carte géomorphologique de la France à 1/1.000.000^e (quart Sud-Ouest et Corse). Reclus, Montpellier, collection mode d'emploi, n°20, 39 p., 1 carte.
- JOLY F. (1994) Carte géologique de la France à 1/1.000.000°. Géologie de la France, n°2, pp. 39-44, 2 fig.
- JOLY F. (1997) Glossaire de géomorphologie Base de données sémiologiques pour la cartographie. Armand Colin, Paris, collection U, 325 p.
- JOLY F. et DEWOLF Y. (2008) -Cartographie des formations superficielles In: Dewolf Y. et Bourrié G. coord. Les formations superficielles Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques). Ellipses Éditions, Paris, pp. 531-538.
- JOLY H. (1911) Géographie physique de la Lorraine et de ses enveloppes. Barbier, Nancy, 350 p., 2 pl.
- Joly J. (1954) Les minerais de fer anciennement exploités en Côte-d'Or. *Mémoires de l'Académie de Dijon*, 1947-1953, pp. 221-226.
- JOUBERT J.-M., QUENARDEL J.-M. et LEROUGE G. (1992) Carte géologique à 1/50.000° de Montmorillon (614). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 55 p.
- JOURNAUX X. (1956) Les plaines de la Saône et leurs bordures montagneuses. Imprimerie Caron, Caen, 532 p., 111 fig., 35 photos.
- JULIAN M. et NICOD J. (1984) Les paléokarsts et paléogéomorphologie néogènes des Alpes Occidentales et régions adjacentes. Karstologia, n°4 (1984) 2, pp. 11-18.

Κ

KARPINSKI R.-W. (1931) – Contribution à l'étude métallogénique des Vosges méridionales (vallées du Rahin, de l'Oignon, du Breuchin, du Raddon). Thèse (sciences), Université de Sciences de Nancy, 142 p., 4 fig., 4 pl. h.t.

- KARPOFF et al. (1973) Géochimie d'une toposéquence de sols tropicaux du Tchad. Utilisation des méthodes statistiques. Bulletin des Sciences Géologique, n°26, pp. 315-338.
- KAUFMANN O. (2000) Les effondrements du Tournaisis : genèse, évolution, localisation, prévention. Thèse (sciences), Université Polytechnique de Mons (Belgique), 349 p.
- KLEIN C. (1961a) À propos de « sidérolithique » sous-vendéen. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 03/07/1961, t. 253, pp. 151-153.
- KLEIN C. (1961b) Sur la « formation de la Brenne » et ses extensions en Montmorillonnais et en Châtelleraudais. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 06/11/1961, t. 253, pp 2087-2089.
- KŒCHLIN-SCHLUMBERGER J. (1856) Etudes géologiques sur le Haut-Rhin. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 13, pp. 729-769.
- KOSAKEVITCH A. (1979) "Chapeaux de fer" : problème de définition et de nomenclature pratique. *Bulletin du BRGM*, 2^{ème} série, n°2-3, pp. 141-149.
- KRAUSKOPF K.-B. (1979) Introduction to geochimistery. Mc Graw-Hill Book Compagny, New-York, 617 p.
- KUNTZ G. et al. (1977) Carte géologique à 1/50.000^e de Saint-André-de-l'Eure (180). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 44 p.
- KUNTZ G. *et al.* (1981) Carte géologique à 1/50.000^e de Beaumont-le-Roger (149). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 38 p.
- KUNTZ G. *et al.* (1982) Carte géologique à 1/50.000° de Breteuil-sur-Iton (179). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 39 p.
- KUNTZ G. et al. (1984) Carte géologique à 1/50.000^e de Bernay (148). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 28 p.
- KUNTZ G. et al. (1985) Carte géologique à 1/50.000^e de Rugles (178). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 42 p.
- KUPPELS I. (1981) Die Karstspalten der Schwäbische Alb als leitformen für die Morphogenese (Étude géomorphologique de l'Alb - Héritage tropicaux). Kölner Géographie Arbeiten, n°39, 221 p., 12 cartes h.t.

L

- LABLANCHE G. (1982) Les calcaires lacustres paléogène de la champagne berrichonne. Étude cartographique, topographique, reconstitution du milieu de sédimentation. *Documents du BRGM*, n° 49, 102 p., 28 fig., 10 pl. photos, 4 cartes en annexe.
- LABLANCHE G. (1984) Carte géologique à 1/50.000^e de Châteauneuf-sur-Cher (546). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 81 p.
- LABLANCHE G. et al. (1984) Carte géologique à 1/50.000^e de Sancerre (546). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 40 p.
- LABLANCHE G. et al. (1994) Carte géologique à 1/50.000^e de Saint-Amand-Montrond (572). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 34 p.

- LACOMBE O et OBERT D. (2000) Héritage structural et déformation de couverture : plissement et fracturation tertiaires dans l'ouest du bassin de Paris. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 330, pp. 793-798.
- LACROIX A. (1896) Minéralogie de la France Description physique et chimique des minéraux Etude des conditions géologiques de leurs gisements. Baudry et C^{ie}, Paris, t. 1, 723 p.
- LACROIX A. (1897) Minéralogie de la France Description physique et chimique des minéraux Etude des conditions géologiques de leurs gisements. Baudry et C^{ie}, Paris, t.2, 804 p.
- LACROIX A. (1901-1909) Minéralogie de la France Description physique et chimique des minéraux Etude des conditions géologiques de leurs gisements. Béranger, Paris, t. 3, 815 p.
- LACROIX A. (1910) Minéralogie de la France Description physique et chimique des minéraux Etude des conditions géologiques de leurs gisements. Béranger, Paris, t. 4, 923 p.
- LACROIX A. (1913) Minéralogie de la France Description physique et chimique des minéraux Etude des conditions géologiques de leurs gisements. Béranger, Paris, t. 5, 501 p.
- LAGARDE G. (1988) Minéralogie et histoire des mines métalliques du Bourbonnais (département de l'Allier). Les cahiers du Bourbonnais, n°3, 73p.
- LAGEAT Y. (2004) Les milieux physiques continentaux, Belin, Paris, collection Mémento, 191 p.
- LAIGNEL B. (1997) Les altérites à silex de l'ouest du bassin de Paris : caractérisation lithologique, genèse et utilisation potentielle comme granulats. Thèse (sciences de la Terre), Université de Rouen, 219p.
- LAMOTTE M. et ROUGERIE G. (1962) Les apports allochtones dans la genèse des cuirasses ferrugineuses. *Revue de Géomorphologie dynamique*, 13^{ème} année, n° 10-11-12, pp. 145-160.
- LANGLOIS et JACQUOT E. (1851) Etudes minéralogiques et chimiques sur les minerais du département de la Moselle. Annales des mines, t. 20, pp. 109-140.
- LAPPARENT A. (de) (1879) Le terrain crétacé inférieur dans le département des Ardennes. Bulletin de la Société géologique de France, t. 7, pp. 613-619.
- LAPPARENT A. (de) (1906) *traité de géologie*. Masson, Paris, 5^{ème} édition, .3 vol., 2015 p.
- LARQUE P. (2002) Diffractométrie et minéralogie de la fraction argileuse *In: Miskovsky J.-C (dir.) Géologie de la Préhistoire.* Géopré, Paris, pp. 601-613.
- LARUE J.-P. (2009) L'induration ferrugineuse des alluvions du Loir à Cré-sur-Loir, Sarthe, France. *Physio-géo Géographie Physique et Environnement*, vol. III, pp. 85-95.
- LAUNAY J. (de) (1913) Traité de métallogénie Gîtes et minéraux métallifères (Gisements, Recherche, Production et commerce des minéraux utiles et minerais Description des principales mines). Béranger, Paris, 2 t., 801 p.
- LAUTRIDOU J.-P. (1985) Le cycle périglaciaire en Europe du Nord-Ouest et plus particulièrement en Normandie. Thèse d'état (géomorphologie), Université de Caen, 2 t., 908 p.

- LEBERT F. et DUPONT F. (2001) Délimitation des zones d'exploitation des anciennes mines de fer de la région de Nancy. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-50975-FR, 41 p., 3 fig., 1 tab., 1 annexe.
- LEBRET P. et al. (1996) Carte géologique à 1/50.000° de Verneuil (215). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 82 p.
- LEDOUX C. (1868) Étude sur les terrains triasique et jurassique et les gisements de minerai de fer de l'Ardèche. Savy, Privas, 115 p., 3 pl.
- LE FILLATRE V. (2001) Les dépôts dans le karst en Périgord-Quercy et leurs significations. Thèse (géographie physique), Université de Bordeaux 3, 497 p., 180 fig.,44 tab., 51 photos.
- LEJEUNE O. (2005) Dynamiques d'érosion des bas plateaux de l'Est de la France : l'exemple du bassin-versant amont de la Marne. Thèse (géographie physique), Université de Reims Champagne-Ardenne.
- LEJEUNE O. et al. (2002) Les phases d'incision de la vallée de la Marne entre Joinville et Vitry-le-François (Est du Bassin parisien, France). Revue Géographique de l'Est, tome 62, n⁴, pp 163-170.
- LELIVEC (de Trésurin) H. (1804-1805) Sur les mines de fer et les forges du département du Mont-Blanc. *Journal des Mines*, n°98, pp. 123-164.
- LEROUGE J., DEBRAND-PASSARD S. et GELY J.-P. (1995) Analyse morpho-structurale du sud du bassin de Paris Incidence de la lithologie et de la tectonique. *Actes des journées Claude Lorenz (11/1995)*. Association des Géologues du Bassin de Paris, pp. 71-74.
- LE ROUX J. (1980). La tectonique de l'auréole orientale du Bassin de Paris. Ses relations avec la sédimentation. Bulletin de la Société géologique de France, t. XXII, nº4, pp. 655-667.
- LE ROUX J. (1999). Le contexte structural de l'Est du bassin de Paris et les relations avec la sédimentation journées d'étude d'automne (1-3 octobre 1998). *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 36, n° 1, pp. 7-13.
- LE ROUX J. (2000). Reconstitution de la carte topographique et géologique. In : Analyse de l'évolution morphologique des confins Meuse-Haute-Marne. Andra, pp. 8-32.
- LE ROUX J. et HARMAND D. (2003) Origin of the hydrographic network in the Eaestern paris Basin an its border massif. Hypothesis, structural, morphologic and hydrographic consequences. *Géologie de la France*, n° 1, pp. 105-110, 5 fig.
- LE ROUX J., HARMAND D. et GAMEZ P. (s. d.) L'enregistrement de l'évolution de la surface des continents par le réseau hydrographique : l'exemple du Nord-Est de la France. Genèse du réseau hydrographique dans l'Est du bassin de Paris et ses bordures (soumis à Geodinamica Acta).
- LEROY M. (1993) La sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut-fourneau. Thèse (archéologie), Université de Franche-Comté, 447 p.
- LEROY M. (2005) L'utilisation de la minette dans le développement de la sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut-fourneau. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n° 1, pp. 6-12.

- LEROY M. et CASAROTTO J.-T. (1990) « Minette » et « Fer fort »: une nouvelle approche de l'histoire de la sidérurgie ancienne en Lorraine. Actes du Symposium international du comité pour la sidérurgie ancienne de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques (Belfort-Sévenans, 1-3/11/1990), pp. 249-254.
- LEROY M. et Collab. (1997) La sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut-fourneau, l'utilisation du minerai de fer oolithique en réduction directe. Monographie du CRA18, Éditions du CNRS, Paris, 305 p.
- LEROY M., MERLUZZO P. et LE CARLIER C. (2004) L'activité sidérurgique sur le site antique de Florange-Daspich-Ébange (Moselle). Rééxamen critique des découvertes archéologiques. Les Cahiers Iorrains, n° 1, pp. 4-25.
- LESQUER R. (2005) Minerais, Mines et industrie métallurgiques du Berry et du Nivernais, Notes de l'auteur, 26 p.
- LEVALLOIS J. (1862) Aperçu de la constitution géologique du département de la Meurthe. Raybois, Nancy, 60 p.
- LEXA-CHOMARD A. et PAUTROT C. dir. (2006) Géologie et géographie de la Lorraine. Editions Serpenoise, Metz, 286 p.
- LEYMERIE A. (1846) Statistique géologique et minéralogique du département de l'Aube. Laloy, Troyes, 676 p.
- LEYMERIE A.et RAULIN V. (1858) Statistique géologique du département de l'Yonne. Perriquet et Rouillé, Auxerre, 863 p., 4 pl.
- LIEDTKE H. et al. (2010) Die Oberflächenformen in der Grenzregion Saarland – Lothringen - Luxembourg. Verhöffentlichungen des Instituts f"r Landeskunde im Saarland, band 48 - Saarbrücken, 367 p., 1 carte.
- LISMONDE B., DROUIN P. et al. (1985) La Chartreuse souterraine. Grenoble, Comité départemental de Spéléologie de l'Isère, 389 p.
- LONGUEMAR A. (Le Touzé de) (1870) Études géologiques et agronomiques sur le Département de la Vienne. Dupré, Poitiers, 496 p.
- LONGUEMAR A. (Le Touzé de) (1872) Études géologiques et agronomiques sur le Département de la Vienne. Dupré, Poitiers, 452 p., 6 pl., 1 carte.
- LORENZ J. (2000) Le Berry : quelques étapes de son histoire géologique, Aspects et évolutions géologiques du bassin parisien, Mémoire hors série n°6, pp. 167-180, 18 fig.
- LORENZ J. et MEGNIEN C. coord. (2000) Karst et Paléokarst. *Géochronique*, n°76, pp. 7-8.
- LORIOL P. (de) et PELLAT E. (1866) Monographie paléontologique et géologique de l'étage portlandien des environs de Boulogne-sur-Mer. Ramboz et Schuchardt, Genève, 200 p., 11 pl.
- LORIOL P. (de) et PELLAT E. (1874) Monographie paléontologique et géologique des étages supérieurs de la formation jurassique des environs de Boulogne-sur-Mer. Savy, Paris, 482 p., 26 pl..
- LORY C. (1860) Description géologique du Dauphiné (Isère, Drôme, Hautes-Alpes), Savy, Paris, 3 t., 747 p., 3 pl., 1 carte.
- LOSSON B. (2004) Karstification et capture de la Moselle (Lorraine, France) : vers une identification des interactions. *Mosella*, t. 29 n°1-2, 491 p, 1 CD-R.

- LOSSON B. et CORBONNOIS J. (2006) Les modes de sédimentation détritique : nouvelle méthode de détermination appliquée à des remplissages karstiques. *Geologica Belgica*, n° 9/3-4, pp. 121-129, pp. 257-265.
- LOSSON B. et al. (2011) IKARE: Inventaire des phénomènes karstiques et des écoulements en milieu calcaire. Base de données spéléo-karstologique du bassin Rhin-Meuse et des régions limitrophes. AERM, CEGUM, CERPA, GEREEA, 41 p.
- LOUIS M. (1970) Vers un inventaire souterrain des cavités naturelles de la Haute-Marne et de la Meuse, Saint-Dizier. Spélé-Eau-boue. Revue de l'Association Spéléologique de la Haute-Marne], n°5, pp. 49-75.
- LUCIUS G. (1952) Notions générales sur les gisements de minerai de fer et sur l'évolution de l'industrie sidérurgique dans le pays de Luxembourg. Revue Technique Luxembourgeoise, 44ème année, n°1, 21 p.
- LUDVIGSON P. et. al. (1998) Meteoric sphaerosiderite lines and their use paleohydrology and paleoclimatology. *Geology*, vol. 26, n°11, pp. 1039-1042, 4 fig.

М

- MACAIRE J.-J. (1985) Relations entre les altérites formées sur les roches endogènes du Massif Central français et les épandages détritiques périphériques, au Cénozoïque récent. *Géologie de la France*, n°2, pp. 201-212, 4 fig.
- MACKENZIE W.-S. et GUILFORD C. (1992) Atlas de pétrographie / Minéraux de roches observées en lame mince. Masson, Paris, 98 p.
- MACKENZIE W.-S. et ADAMS A.-E.(2002) *Initiation à la pétrographie*. Dunod, Paris, collection Sciences Sup., 192 p.
- MAIRE R. (1990) La haute montagne calcaire: Karsts Cavités
 Remplissages Quaternaire Paléo-climats. Thèse,
 Université de Nice, Karstologia Mémoires, n°3, 731 p.
- MAIRE R., POMEL S. SALOMON J.N. dir. (1994) Enregistreurs et indicateurs de l'évolution de l'environnement en zone tropical. Espaces tropicaux [Presses Universitaires de Bordeaux], n°13, 492 p.
- MALINVAUD F (1833) Mémoire sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de fer de la vallée de l'Aubois. *Annales des Mines*, t. 4, p. 247-269.
- MALTERRE M. (1976) Les formations superficielles de la carte de Bourges à 1/50.000°. Thèse de 3^{ème} cycle (géologie), Université d'Orléans, 148 p., 45 pl.
- Manès W. (1847) Statistique minéralogique, géologique et minérallurgique du département de Saône-et-Loire. Dejussieu Macon, 242 p., 1 carte.
- MANIVIT J. et al. (1994) Carte géologique à 1/50.000° de Vierzon (491). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 54 p.
- MANSUY D. (s. d.) Discordances et paléosurfaces. Notes de l'auteur, 15 p.
- MANSUY D. (2003) Observations sur 6 lames minces d'indurations ferrugineuses de la Lorraine belge et du Pays-Haut. Notes de l'auteur, 2p.

- MANSUY D. (2005) L'eau dans les formations argileuses et calcaires du Trias au sud de la Lorraine (France) Rôle des facteurs du milieu et des lithologies sur les processus de transfert de l'eau Fonctionnement hydrologique des bassins versants et des cours d'eau. Thèse (géographie physique), Université de Metz, 224 p., 3 annexes, 23 cartes.
- MAQSOUD A. et al. (1996) La craie du bassin Artois-Picardie peut-elle être karstifiée ? Annales de la Société géologique du Nord, t. 4 (2° série), pp. 99-109.
- MARCHAND T. (1986) La Chartreuse méridionale, Étude des grands réseaux karstiques, Recherches hydrologiques et géomorphologiques. Thèse de 3^{ème} cycle (sciences), Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1 vol., 308 p., 1 vol. cartes.
- MARECHAL J.R. (1986) Évolution de la métallurgie du fer en Gaule Belgique. In : Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines. Actes du colloque Caesarodunum XXII (26 et 27/04/1986). Edition Errance Paris, pp. 281-286.
- MARI G. (2008) Mines & minéraux de la Provence cristalline (Maures, Esterel, Tanneron). Serre Editeurs, Nice, 258 p.
- MARTEAU P. et collab. (2004) Contexte géologique et gîtologique des minières de fer de la région de Poissons (Haute-Marne), BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-53425-FR, 45 p., 2 fig. 24 photos.
- MARTEAU P. et collab. (2005) Inventaire départemental des cavités souterraines Département de l'Aube. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52090-FR, 201 p., 2 fig., 5 tab., 2 annexes.
- MARTINI J. (2005) Étude des paléokarsts des environs de Saint-Remèze (Ardèche, France) : mise en évidence d'une rivière fossilisée durant la crise de salinité messinienne. Karstologia, n° 45-46 (2005) 1-2, pp. 1-18.
- MASSEN F. et al. (1997) The Moestroff cave, a study on the geology and climate of Luxembourg's largest maze cave.

 Chez l'Auteur L9233 Diekirch, (Grand-Duché-du-Luxembourg), 200 p. + 8 pages couleurs.
- MAUBEUGE P.-L. (1955) Observations géologiques dans l'Est du bassin de Paris (Terrains triasiques moyens-supérieurs et jurassiques inférieurs-moyens). Thèse (sciences), 2 t, 1074 p.
- MAUBEUGE P.-L. (1959) Carte géologique à 1/50.000° de Longwy / Audun-le-Roman (113). IGN, Paris, 1 carte + 1 notice, 8 p.
- MAUBEUGE P. –L. (1964) Les minerais de fer de la région au SW de Longuyon (Meurthe-et-Moselle) : la stratigraphie du Callovien de la Woëvre septentrionale. *Bulletin du Service de la carte géologique*, t. 61, n°278 (1966), pp.31-36.
- MAUBEUGE P.-L. et CLERMONTE J. (1965) Carte géologique à $1/50.000^{\rm e}$ de Commercy (228). IGN, Paris, 1 carte + 1 notice, 8 p.
- MAUBEUGE P.-L. (1969) Carte géologique à 1/50.000° de Longuyon / Gorcy (112). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 11 p.
- MAUBEUGE P.-L. (1970) Carte géologique à 1/50.000° de Gondrecourt-le-Château (266). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 8 p.
- MAUBEUGE P.-L. (1974) Carte géologique à 1/50.000° de Neufchâteau (302). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 17 p.

- MAUBEUGE P.-L. (1976) Carte géologique à 1/50.000° de Stenay (111). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 20 p.
- MAUBEUGE P.-L. et BEUGNIES A. (1982) Carte géologique à 1/50.000° de Montmédy-Francheval (88). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 32 p.
- MAURICE J. (1888) Notice sur les mines de fer de Dielette (Manche). S.n., pp. 237-272.
- MAUVAIS R. (1958) Différents aspects de la Chiers dans son cours supérieur. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy,* n° 3-1958, pp. 87-91.
- MÉGNIEN C. coord. (1980) Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mémoires du BRGM*. N° 101, 466 p.; n° 102, 50 cartes, 5 annexes; n°103, 467 p.
- MELAS P. (1982) Étude sédimentologique, paléogéographique et géochimique du Lias carbonaté du Nord-Lodévois. Thèse, Université de Montpellier, 519 p.
- MÉLOUX (1977-1985) Carte à 1/500.000^e des gîtes minéraux de France. BRGM, Orléans. 8 cartes + catalogue.
- MENILLET F. et al. (1994) Carte géologique à 1/50.000^e de Dreux (214). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 67 p.
- MENILLET F. et al. (1998) Carte géologique à 1/50.000° de L'Aigle (214). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 114 p.
- MERCIER D. dir. (2004) Les formes du relief terrestre : Notions de géomorphologie. Armand Colin, Paris, 8^{ème} édition, collection U, 256 p.
- MERLE A. (1905) Les gîtes minéraux et métallifères du Département du Doubs. Thèse, Université de Besançon, 217 p., 1 carte.
- MEUGY A. (1855) Recherches sur le terrain crétacé du nord de la France et notamment sur le gisement, l'âge et le mode de formation des minerais de fer de l'arrondissement d'Avesnes et de la Belgique, et des minerais de fer en général. Thèse (sciences), Université de Paris, Victor Dalmont Paris, pp. 3-56, 3 pl.
- MEUNIER A. (2003) *Argiles*. Société Géologique de France, collection Géosciences, 433 p.
- MEUNIER S. (1910) Origine et Mode de Formation du Minerai de fer oolithique de Lorraine. *Bulletin des Séances de la Société des Sciences de Nancy*. 3^{ème}série, t. 11, fasc. 1.
- MEUNIER S. (1919) Les gîtes minéraux. Dunod, Paris, 394 p.
- MEYER L. (1895) Essai d'une minéralogie des environs de Belfort. *Bulletin de la Société belfortaine d'émulation*, n° 14, pp. 153-195.
- MEYER R. (1987) Paléoaltérites et paléosols L'empreinte du continent dans les séries sédimentaires. Éditions du BRGM, Orléans, collection Manuels & Méthodes n° 13, 164 p.
- MICHEL F. (2007) Roches et paysages : reflets de l'histoire de la terre. Paris, Belin, collection pour la science, 255 p.
- MICHEL J. -P., CARPENTER M. et FAIRBRIDGE R. (2004) Dictionnaire des Sciences de la Terre Anglais / Français et Français / Anglais. Dunod, Paris, 4^{ème} édition, 496 p.

- MICHOT D. et al. (1997) Cartographie géophysique des sols et des formations superficielles. Cas du grison en forêt de Fréteval (loir et Cher). Colloque GEOFCAN de Bondy, Abstracts, pp. 53-57.
- MILLOT G. (1964) Géologie des argiles Altération, Sédimentologie, Géochimie. Masson, Paris, 499 p.
- MILON Y. (1932) L'extension des formations sidérolithiques éocènes dans le centre de la Bretagne. Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Séance du 18/04/1932, t. 194, pp. 1360-1362.
- MISKOVSKY J.-C. (2008) Méthodes d'études des formations superficielles en laboratoire. *In: Dewolf Y. et Bourrié* G. coord. Les formations superficielles Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques. Ellipses Éditions, Paris, pp. 468-480.
- MISKOVSKY J.-C. et DEBARD E. (2002) Granulométrie des sédiments et étude de leur fraction grossière. *In : Miskovsky J.-C. (dir.) Géologie de la Préhistoire*. Géopré, Paris, pp. 479-501, 1 CD-R.
- MOJON P.-O. (2005) Paléokarsts, crocodiles nains et micropaléontologie du Valanginien d'Arzier (Jura, Suisse). Recherches sur la Pangée mésozoïque. Mojon Éd., Lausanne, pp. 48-69.
- MONTENAT C. et BARRIER P. (2008) La boutonnière du Pays de Bray et ses entours: Géologie et paysages, pédologie, terres cuites et patrimoine bâti. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 45, n°3, pp. 7-21.
- MONTENAT C. et al. (2012) Une pierre étrange... le grison, dans l'histoire du bâti entre Val de Seine et bords de Loire. Mémoires hors série N°8 de l'AGBP, 128 p.
- MONTJOIE A. (1979) Méthodes de prospection appliquées aux phénomènes karstiques. *In*: Annales de la Société géologique de Belgique, t. 102, pp. 31-40.
- Monthel J. (2003) Les anciennes mines de fer de Montbéliard (Doubs) Données géologiques et gîtologiques. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52640-FR, 26 p., 4 fig., 2 pl. h.t.
- MOREAUX G. (1894) Étude industrielle des gîtes métallifères. Librairie polytechnique, Paris, 452 p.
- MORET F. et collab. (2002) Inventaire départemental des cavités souterraines d'Eure-et-Loire. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-54058-FR, 144 p., 32 fig., 3 tab., 11 annexes.
- MORIN D. (1993) Les systèmes d'exploitation du minerai de fer sédimentaire en Franche-Comté (XVI^e au XIX^e siècle) -Archéologie, typologie, Dynamique des systèmes. Thèse (Histoire), Université de Besançon, 4 t., 669 p., 32 pl., 292 annexes.
- MORIN D. (2001). Evolution of underground iron ore mining techniques (Liasic and supra liasic) in Eastern France (XVIth-XIXth centuries). 5th International Mining History Congress. Milos Island, Greece. 12 15 september 2000, pp. 324-341.
- MORIN D. et ROSENTHAL P. (1993) Minerais de fer sédimentaires et système d'exploitation en Franche-Comté (XVI^e au XIX^e siècle : les sites miniers de Rougemont (25) et de Fallon (70). Actes des journées nationales du programme H3 (13 et 14/11/993 Besançon), 19 p.

- MORIN D. et ROSENTHAL P. (1995a) L'exploitation du minerai de fer dans le karst des plateaux du Jura: Les mines de Béthoncourt et Onans (Doubs, France). Akten des 10. Nationalen Kongresses für Höhlen-forschiung (Breitenbach – Schweiz), pp. 260-265.
- MORIN D. et ROSENTHAL P. (1995b) techniques minières et vicissitudes de l'approvisionnement en minerai du district de Montbéliard (Franche-Comté, France), de la Renaissance au XIX^e siècle. *Actes du colloque de Norberg (Suède)*. 10 p.
- MORIN D. et ROSENTHAL P. (2006) Etude diachronique des traces d'exploitation et traitement du minerai de la Gaule romaine au XX^e siècle. Mines et minerais de fer de Provence et des Alpes du Sud. 4000 ans d'histoire des mines. Actes des Rencontres Nationales de Châteaudouble, Bilan sur 10 ans d'archéologie minière en région PACA (Var), Janvier 2000. pp. 113-133.
- MORIN-HAMON H. (2005) *in* Morin D. (*dir.*) Projet collectif de Recherches "Minerais, mines et minéralurgie en Haute-Marne". *Ermina*.
- MOSSER C. (2002) Les éléments traces des argiles. *In : Miskovsky J.-C (dir.) Géologie de la Préhistoire*. Géopré Paris, pp. 615-621.
- MOURIAUX P. Rapport. (1994) Compte-rendu de la réunion « Fer-Lorraine » (11/12/1994) à Metz (Moselle), 8 p.
- MOURIAUX P. (1998) Phénomènes de karstification dans le calcaire grossier lutétien de nord de l'Île-de-France et de la Picardie. Actes du 1^{er} congrès franco-belge de spéléologie, pp. 47-69.
- MOURIAUX P. (2006) Fer et karst: quelques éléments bibliographiques. Notes de l'auteur, 24 p.
- MOURIER J.P. (1989) Carte géologique à 1/50.000° de La Trimouille (591). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 42 p.
- MOTTET G. (1997) *Géographie physique de la france.* Presses Universitaires de France, Paris, 738 p.
- MÜLLER A (1853) Ueber die Entstehung der Eisen und der Maganerze im Jura . *Verh.* Basel, I, s.98.
- MUNSELL (1973) Munsell book of color. Macbeth Division off Kollmorgen Corporation, Baltimore, 1600 teintes, 40 p.
- MUSSY (1869) Description géologique des ressources minérales du canton de Vicdessos. *Annales des Mines*, t. 15, 242 p., 3 pl.
- Mussy (1870) Carte géologique et minéralurgique du département de l'Ariège Texte explicatif. Pomiès, Foix, 275

Ν

- NAHON D. (1976) Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal et en Mauritanie Systèmes évolutifs : géochimie, structures, relais et coexistence. Sciences Géologiques Mémoires, 232 p.
- NALOVIC L. (1977) Recherches géochimiques sur les éléments de transition dans les sols. Étude expérimentale de l'influence des éléments traces sur le comportement du fer et l'évolution des composes ferriques au cours de la pédogenèse. *Travaux de Documents de l'ORSTOM*, n° 66, 235 p.

- NEURAY C., QUINIF Y. et VAN MOL J.-J. (1987) Itinéraire de la Calestienne 28 km à travers les paysages calcaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse, de Couvin à Treignes. *Hommes et Paysages*, Société Royale de Géographie, n°3, 41 p.
- NEYROUD M. (1982) Paysage global et karst de la Haute-Chaîne du Jura - Étude morphologique de la partie méridionale du Pays des Molunes. Mémoire de Maîtrise (géographie physique), Université de Lyon 2, 255 p.
- NICKLES R. et JOLY H. (1907) Sur la tectonique du nord de Meurthe et Moselle. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, 4 p.
- NICOD J. (1972) Pays et paysages du calcaire. Presses Universitaires de France, Paris, 244 p., 31 fig., 8 tab.
- Nicop J. (1994) Colloque mines et karsts (28-29/05/1994 Paris). *Karstologia*, n°23 (1994) 1, pp. 58-59.
- NICOD J. (1995) Carte géomorphologique des karsts de France : notice d'une maquette à 1/3.000.000^e environ. *Karstologia*, n°25 (1995) 2, pp. 21-34.
- NICOD J. (1996) Karst et mines en France et en Europe : gîtes, grottes-mines et géotechnique. Karstologia, n° 27 (1996) 1, pp. 1-20.
- NICOD J. (1998a) Impact des exploitations minières dans les paléokarsts. Quelques exemples en Europe centrale. Mosella, t. 23, n° 3-4, pp. 1-22.
- NICOD J. (1998b) Recherche sur les altérations et l'arénisation des dolomies. Rapport inédit de la réunion à Königstein (Franken Alb, Allemagne). 14 p.
- NICOD J. (2002) Karsts, paléo-géomorphologies, paléoenvironnements – Panorama des recherches récentes en France (1992-2001). *Géomorphologie*, n°3, pp. 253-268.
- NICOD J. et SALOMON J. -N. (1990) Les Mogotes, des reliefs karstiques tropicaux et/ou hérités ? Revue Géomorphologie dynamique, t. 39, n°1, pp. 1-10.
- NICOLAS J. et BILDGEN P. (1979) Relations between the location of the karst bauxites in the northern hemisphere, the global tectonics and the climatic variation during geological time. Paleogegraphy, Paleoclimatology, paleoecology, n°28-79, pp. 205-239.
- NICOLAS J. et BILDGEN P. (1980) Les bauxites des pays méditerranéens. *Cahiers Géologiques*, n° spécial 1980, 28 p., 1 carte, 1 pl. photos.
- NICOLINI P. (1970) Gîtologie des concentrations minérales stratiformes. Gauthier-Villars, Paris, 729 p.
- NICOLINI P. (1990) *Gîtologie et exploitation minière*. Lavoisier Paris, 589 p., 193 fig., 41 tab., 41 pl.
- NICOU P. (1910) Le bassin ferrifère de Meurthe-et-Moselle Les minerais de Briey. Comité des Forges et des Mines de fer de Meurthe-et-Moselle, 23 p. 2 pl.
- NICOU P. (1911) Ressources de la France en minerais de fer. Dunod, Paris, 108 p.
- NUFFER R. (1973) Cavités et phénomènes karstiques de la Haute-Saône. Groupe Spéléo Graylois, 187 p., 42 pl., 6 cartes.

0

- ODENT B.-E. et collab. (2003) Inventaire départemental des cavités souterraines du département du Jura. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-52586-FR, 78 p., 23 fig., 4 tab., 6 annexes.
- ODENT B.-E. et collab. (2005) Inventaire départemental des cavités souterraines du département de la Saône-et-Loire. BRGM, Orléans, rapport BRGM/RP-54616-FR, 84 p., 17 fig., 6 annexes.
- OGÉRIEN Frère. (1865) Histoire naturelle du Jura et des départements voisins. Masson, Paris. 1^{er} fasc. : Géographie physique, hydrographie, météorologie, agriculture minérale, minéralogie, pétrologie et paléontologie, 384 p., 1 carte ; 2^{ème} fasc. : Géologie proprement dite appliquée aux arts, à l'industrie et surtout à l'agriculture, pp. 385-947, 536 fig., 1 carte.

P

- PAGIS G. (1983) Altération du gisement aurifère de Salsigne (Aude, France). Thèse (docteur-ingénieur), Ecole Nationale des Mines (Paris), 171 p.
- PAPIER S et BAELE. J.-M. (2011). Les mattes bactériennes ferro-oxydantes. *In : Journées d'études de printemps de l'Association des Géologues du Bassin de Paris (2 au 4 juin 2011).* pp. 41-46.
- PAQUET J. (2007) *Géologie Travaux dirigés*. Dunod, Paris, 2^{ème} édition, collection Sciences Sup., 232 p.
- Parfenoff A., Pomerol C. et Toureno J. (1970) Les minéraux en grains Méthode d'étude et de détermination. Masson Paris, 578 p., 8 pl.
- PARENT G.-H. (1968) Phénomènes karstiques intéressants sur la côte bajocienne et dans le nord de la France. *Bulletin des Naturalistes Belges*, t. 49, n°10, pp. 565-583.
- PARISOT L. (1877) Description géologique et minéralogique du territoire de Belfort. Extrait des Mémoires de la Société belfortaine d'Émulation, 226 p., 2 pl.
- PARRIAUX A. (2006) Géologie Bases pour l'ingénieur. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne (Suisse), 516 p. fig., 1 CD-R.
- PASSY A. (1874) Description géologique du département de l'Eure. Hérisse & fils, Évreux, 290 p.
- PAUL J.-D., ROSENTHAL P. et MORIN D. (1993) Variabilité des minerais et évolution des techniques d'extraction et de réduction dans un petit district sidérurgique: La région de Briaucourt - Conlans-sur-Lanterne (Haute-Saône, France). Colloque sur la sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen (Besançon, 10-13/11/1993), pp. 89-100.
- Pawlowski A. (1926) Le minerai de fer et les mines de fer en France: minerais des Pyrénées, Normandie, Anjou, Bretagne. Charles & Brunet, Paris, 145 p.
- PEDRO G. (1968) Distribution des principaux types d'altération chimiques à la surface du globe. Présentation d'une esquisse géographique. *Revue Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 10, 5, pp. 457-470.
- PEDRO G. dir. (2007) Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. Académie des Sciences, 427 p.

- PELISSIE T. et al. (1999) Les phosphatières du Quercy. Spelunca, n°73, pp 23-38.
- PELLANT C. (2002) Roches et minéraux : 500 spécimens, Bordas, Paris, 256 p.
- Pellegrin J.-C. (1997) Un exemple de cryptokarst en région tempérée : le karst de Casteljaloux Géomorphologie et hydrochimie. Thèse (géographie physique), Université de Bordeaux 3, 238 p.
- PELLENARD P.-E. (1998) Approche sédimentologique du bajocien supérieur / bathonien inférieur du nord-ouest de la Bourgogne (sud-est du bassin de Paris): dynamique sédimentaire et reconstitution paléogéographique d'un secteur d'une plate-forme. Géologie de la France, n° 1, pp. 21-38, 8 fig.
- PERETTE Y. (2000) Étude de la structure interne des stalagmites Contribution à la connaissance géographiques environnementales du Vercors (France) Développement et approche multiparamètre des archives stalagmitiques. Thèse (géographie physique), Université de Savoie, 323 p.
- PERMINGEAT F. coord. (1960-1964) Carte à 1/320.000° des gîtes minéraux de France. BRGM, Orléans. 14 cartes.
- Perriaux J. (1961) Contribution à la géologie des Vosges gréseuses, Strasbourg. Mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine, n°18, pp. 158-160, Tab. 31-37.
- PERROUX A.-S. (2005) Contribution à la lecture des mémoires paléogéographiques et environnementales Application aux systèmes karstiques de Choranche (Vercors) et d'Orgnac (Bas-Vivarais). Thèse (géographie physique), Université de Savoie, 418 p., 183 fig., 33 photos, 29 tab.
- PETITFILS B. (1981) Étude d'un système karstique dans les calcaires jurassiques de la Nièvre Aspect hydrodynamique, hydrochimique et géophysique. Thèse de 3^{ème} cycle (géologie appliquée), Université d'Orléans, 236 p., 58 fig., 19 tab., 12 annexes.
- PEYBERNES B. et COMBES P.-J. (1999) Paléosurfaces d'érosion et paléokarsts dans la série de passage Crétacé / Tertiaire des Corbières occidentales (Aude, France). Compte-rendu de l'Académie des Sciences Sciences de la terre et des Planètes, n°329, pp. 815-822.
- PEYCRU P. dir. (2008) Géologie Tout en un 1^{ère} et 2^{ème} années BCPST. Paris, Dunod, collection j'intègre, 641 p.
- PHARIZAT A., KUNTZ G. et CHAUVE P. (1995) Un nouvel affleurement de conglomérat et d'argiles sidérolithiques (Eocène supérieur ?) dans le nord du Jura près de Montbéliard : Implications paléodynamiques et hydrologiques. *Annales scientifiques de l'Université de Franche-Comté Géologie*, n° 4 (12), pp. 19-25.
- PICOT P. et JOHAN Z. (1977) Atlas des minéraux métalliques. *Mémoires du BRGM*, n°90, 403 p.
- PIERRE G. (1999) Les sables ferruginisés de Rocroi : contribution à l'étude de la morphogenèse tertiaire de l'Ardenne méridionnale. *Géologie de la France*, n° 3, pp. 3-10, 4 fig., 1 tab.
- PIERRE G. (2000) Signification des sables tertiaires de l'Ardenne méridionale : du nouveau sur la capture de la Meuse Lorraine. *Geodinamica Acta*, n°1, pp. 45-54.

- PISSART A. (1960) L'Ardenne du Sud-Ouest. Études de géomorphologie. 1^{ère} partie : le réseau hydrographique. Thèse de doctorat inédite. Université Liège, 151 p.
- PISSART A. (1961) Les terrasses de la Meuse et de la Semois. Annales de la Société Géologique de Belgique, t. 84, pp. 1-108
- PISSART A. coord. (1976) Géomorphologie de la Belgique. Hommage au professeur Macar. Université de Liège, Laboratoire de Géologie et Géographie physique, 224 p.
- PISSART A., KROOK L. et HARMAND D. (1997) La capture de l'Aisne et les minéraux denses des alluvions de la Meuse dans les Ardennes. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences Sciences de la terre et des Planètes*, n° 325, pp. 411-417.
- PISSART A. Et al. (1998) La détermination pratique des intervalles de confiance des comptages de cailloux et des mesures d'émoussé. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°3, pp. 195-214.
- PLASSMANN G. (1998) Développement et gestion durable en milieu alpin Le cas d'une ressource naturelle sensible : l'eau karstique Étude comparée de six pays alpins. Thèse (géographie physique), Université Joseph Fourier, 371 p.
- PLAZIAT J.-C. et FREYTET P (1978) Le pseudo-microkarst pédologique : un aspect particulier des paléo-pédogenèses développés dans les dépôts lacustres dans le Tertiaire du languedoc. *Compte-rendu de l'Académie des Sciences*, t. 286, pp. 1661-1664.
- PLOQUIN A. (sd) Notes sur quelques analyses chimiques de minerais de fer fort et oolithiques. Jarville, CRPG/LAM, Paléométallurgie du fer en Lorraine, 13 p.
- PLOQUIN A. et al. (1992) Apport de la pétrographie et de la géochimie à l'interprétation du site protohistorique du Camp d'Affrique, Messein, (Meurthe et Moselle). Bulletin de la Société géologique de France, t. 160, pp.55-65.
- POCHON M. (1976) Les processus d'altération de quelques types de calcaire dans les sols du Haut-Jura suisse. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7^{ème} série, t. 18, n° 1, pp. 33-39.
- POIROT G. (1930) Les exploitations minières et sidérurgiques anciennes en Meurthe et Moselle. 2 p., 1 carte, 1 pl.
- POLROT F. (1998a) Les dépressions anthropiques sur les karsts Exemples dans l'est de la Belgique. Actes du 1^{er} congrès franco-belge de spéléologie, pp. 25-37.
- POLROT F. (1998b) Petit lexique pour visiter les grottes de Wallonie. Actes du 1^{er} congrès franco-belge de spéléologie, pp. 77-87.
- POMEL S., SALOMON J.-N. (1994) Accumulations et gisements de fer dans les terrains karstiques, exemple du Périgord et du Franken Alb. *In : Benoit P. éd.*, Karst et Mines, 10 p. (non paru)
- POMEROL C. (1975) Stratigraphie et paléogéographie Ére mésozoïque. Doin, Paris, 383 p.
- POMEROL C. *et al.* (1977) Carte géologique à 1/50.000^e d'Évreux (150). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 17 p.
- POMEROL C., LAGABRIELLE Y. et RENARD M. (2006) *Eléments de géologie*. Dunod, Paris, 13^{ème} édition, 762 p.

- PONS-BRANCHU E. (2001) Datation haute résolution des spéléothèmes (230 Th/234U et 226 Ra/238U) - Application aux reconstitutions environnementales autour des sites du Gard et Meuse/Haute-Marne (France). Thèse (géologie), Université de Marseille 3.
- POULLAIN A. (1864) De quelques restes celtiques qui se trouvent dans la forêt d'Arc-en-Barrois, Chaumont. Lhuillier, Chaumont, 15 p.
- POULLAIN A. (1879) Le territoire d'Arc-en-Barrois. Cavaniol, Chaumont, 51 p., 1 carte.
- PURSER B.-H. coord. (1989) Dynamique et méthodes d'étude des bassins sédimentaires. Technip, Paris, 443 p.
- PUYG J.M. (1987) Le système karstique de la fontaine de Vaucluse. Thèse de 3^{ème} cycle (géologie appliquée). Faculté des Sciences d'Avignon, 208 p., 69 fig., 27 tab.

Q

- QUESNEL F. (1997) Cartographie numérique en géologie de surface Application aux altérites à silex de l'ouest de Paris. Thèse (sciences de la Terre), Université de Rouen, 255p., 10 annexes.
- QUESNEL F. et al. (2002) Apport des paléoaltérations et des paléosurfaces à la reconstitution de l'histoire géologique de l'Est de la France. Journées de partenariat de recherche et développement entre le BRGM et l'ANDRA (05/03/2002), BRGM, Orléans, pp. 57-62.
- QUESNEL F. (2003a) Apports scientifiques de Léon Voisin en géomorphologie et géologie de la surface. *Géologie de la France*, n°1, pp. 10-14.
- QUESNEL F. coord. (2003b) -The "Pierre de Stonne" and the "Borne de Fer", as main features of Meso-Cenozoic paleoweathering of the Upper Lorraine and Ardennian areas (Ardennes and Moselle departments, France). Special conference on paleoweathering and paleosurfaces in the Ardenne-Eifel region at Preizerdaul (Luxembourg) on 14 to 17 may 2003. Field trip guides. Géologie de la France, n°1, 49 p.
- QUESNEL F. (2003c) Paleoweathering and paleosurfaces from northern and eastern France to Belgium and Luxembourg: geometry, dating and geodynamic implications. Special conference on paleoweathering and paleosurfaces in the Ardenne-Eifel region at Preizerdaul (Luxembourg) on 14 to 17 may 2003. Géologie de la France, n°1, pp. 95-104, 3 fig.
- QUESNEL F. et al. (2006) Paléoaltérations mésozoïques et cénozoïques en Ardenne et ses bordures : caractérisation, datation et reconstitution géométrique des paléosurfaces associées et analyse de leurs déformations successives. Géologie de la France, n°1-2, pp. 99-102, 3 fig.
- QUINIF Y. (1994) Les dépôts karstiques, concepts et méthodologie. In: Maire R., Pomel S. Salomon J.N. (dir). Enregistreurs et indicateurs de l'évolution de l'environnement en zone tropical. Presses Universitaires de Bordeaux, n°13, pp. 55-72.
- QUINIF Y. (1999a) Fantômisation, cryptoaltération et altération sur roche nue - le triptyque de la karstification. *Extrait des Actes du colloque Karst-*99, 10 p.
- QUINIF Y. (1999b) Karst et évolution des rivières : le cas de l'Ardenne. *Geodinamica Acta*, vol. 12, n°3-4, pp. 267-277.

- QUINIF Y. et J. (2002) Méthodes et éléments de cartographie d'un paléokarst L'exemple de la carrière du Clypot (Hainaut, Belgique). *Karstologia*, n°39 (2002) 1, pp. 1-8.
- QUINIF Y., MEON H. et YANS J. (2006) Nature and dating of karstic filling in the Hainaut (Belgium) *Geodynamica Acta*, n°19/2, pp. 73-85.
- QUINIF Y et al. (2012) Les failles récentes et le laboratoire souterrain de la grotte de lorette à Rochefort : contexte structural, relations karst tectonique. Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 49, n°1, pp. 9-15
- QUIQUEREZ A. (1850-1852) Recueil d'observations sur le terrain sidérolithique dans le Jura bernois et plus particulièrement dans le val de Delémont et de Moutier *Mémoires de la Société helvétique des Sciences.*

R

- RABANNES B. (1959) Le relief de la région de Longwy. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n°1, pp. 46-49.
- RABANNES B. (1961) Le relief de la région de Longwy (suite). Bulletin des Amis du Vieux Longwy, n°1, pp. 37-44.
- RANGHEARD Y. et al. (1978) Carte géologique à 1/50.000° de Gray (471). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 24 p.
- RASPLUS L. (1978) Contribution à l'étude géologique des formations continentales détritiques tertiaires de la Touraine, de la Brenne et de la Sologne. Thèse (sciences), Université d'Orléans, 3 t., 454 p., 133 fig., 25 pl. photo, 12 cartes h.t.
- RASPLUS L. *et al.* (1989a) Carte géologique à 1/50.000^e de Buzançais (543). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 39 p.
- RASPLUS L. *et al.* (1989b) Carte géologique à 1/50.000^e de Saint-Gaultier (569). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 39 p.
- RAT P. et al. (1977) Carte géologique à 1/50.000° de Mirebeau (470). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 41 p.
- RAT P. et al. (1989) Carte géologique à 1/250 000^e de Dijon (19). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 66 p.
- RAUTUREAU M., CAILLERE S. et HENIN S. (2004) Les argiles. Septima, Paris, 83 p., 29 fig., 8 tab.
- RENAULT P. (1967) Contributions à l'étude des actions mécaniques et sédimentologique dans la spéléogenèse : les actions mécaniques à l'échelle du massif. *Annales de Spéléologie*, t. 23, fasc. 1, pp. 259-307.
- RENAULT P. (1968a) Contributions à l'étude des actions mécaniques et sédimentologique dans la spéléogenèse : les actions mécaniques à l'échelle de la cavité. *Annales de Spéléologie*, t. 22, fasc. 2, pp. 209-267.
- RENAULT P. (1968b) Contributions à l'étude des actions mécaniques et sédimentologique dans la spéléogenèse : les facteurs sédimentologiques. *Annales de Spéléologie*, t. 23, fasc. 3, pp. 529-596.
- RENAULT P. (1990) Réflexions sur la notion de remplissage karstiques. *Karstologia Mémoires*, n°2, pp. 61-62.
- RENAULT P., SIMON-COINÇON R. et ASTRUC J.G. (1992) Problèmes des Causses du Quercy. In : Karst et évolutions climatiques, Presses Universitaires de Bordeaux, pp. 469-508.

- RENOUX L. (1978) Les mines de fer, la sidérurgie et l'ancien moulin de Châtenois. S.n, 29 p., 4 pl., 2 cartes.
- RÉSAL H.A. (1864) Statistique géologique, minéralogique et minéralurgique des départements du Doubs et du Jura. Dodivers et C^{ie}, Besançon, 374 p.
- RICORDEL C. (2007) Datations par paléomagnétisme des paléoaltérations du Massif Central et de ses bordures : implications géodynamiques. Thèse (sciences), École Nationale Supérieure des Mines (Paris), 172 p., 109 fig., 20 tab.
- RIGAUD F. (1878) Notice sur les minières de la Haute-Marne. Annales des Mines, 7^{ème} série, t. 14, n°4, pp. 9-62.
- RIGAUX .E (1892) *Notice géologique sur le Bas Boulonnais*. Deligny, Boulogne-sur-Mer, 108 p., 2 tab., 2 pl.
- RINNE F. (1959) La Science des roches Études théorique et pratique. Lamarre, Paris, pp. 515-524.
- RIOULT M. (1991) Éléments de longue durée / L'arrière olan minéral. *In : La métallurgie normande du XII ^e au XVII ^e./ La révolution du haut-fourneau.* Cahiers de l'inventaire, Évreux, n°14, pp. 15-19.
- RISER J. dir. (1961) Le Quaternaire : Géologie des milieux naturels. Dunod, Paris, 320 p.
- ROBINOT S. (1998) Étude d'un géosystème industriel de la vallée de la Saulx : Écurey-en-Barrois. Mémoire de Maîtrise, Université de Nancy 2, 109 p., 30 fig., 20 photos.
- RODET J. (1981) Contribution à l'étude du karst de la craie : l'exemple normand et quelques comparaisons. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Paris I, 427 p., 87 fig., 58 photos.
- RODET J. (1991) Les karsts de la craie: Etude comparative. Thèse d'État, Université de Paris IV, 562 p.
- RODET J. (1992) Le karst dans l'évolution quaternaire de la Basse Seine (Normandie). *In*: *Salomon J.-N. et Maire R. (dir.), Karst et évolutions climatiques (hommage à Jean Nicod).* Presses Universitaires de Bordeaux, pp. 363-382.
- RODET J. (1997) Typologie des karsts dans la craie du bassin de Paris. *Annales de la Société géologique du Nord*, t. 5 (2^{éme} série), pp. 351-359.
- ROGINE F. (1872) Notes sur la géologie de la Thiérache. La Thiérache Recueil de documents concernant l'histoire, les beaux-arts, les sciences naturelles et l'industrie de cette ancienne division de la Picardie, Vol. 2, pp. 61,92,125,155.
- ROLLIER G. (1897) Note complémentaire à l'excursion du 4 septembre à Roppe, environs de Belfort. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^{ème} série, t. 25, pp. 987-990.
- ROSENTHAL P. (1990) Les ressources minières de la Franche-Comté: minerais métalliques. *In*: De la mine à la forge en Franche-Comté Des origines au XIX^e siècle. Annales littéraires de l'Université de Besançon, série archéologie n° 37, pp. 13-48.
- ROSENTHAL P. (1990-1991) Les minerais de fer de Franche-Comté. Bulletin de la Société d'Histoire naturelle du Doubs, pp. 25-61.
- ROSENTHAL P. (1992) Les minerais de fer de Franche-Comté, diversité et localisation des gisements. *Mémoires de la société d'émulation du Doubs*, n^{lle} série, n°34, pp. 1-25.
- ROSENTHAL P. (1994) Sidérolithique et minerais pisolitiques Définitions, acceptions et historique, 12 p., non paru.

- ROSENTHAL P., ESCHENLOHR L., MORIN D. et PAUL J.-D. (1993) Recherches sur l'origine de certains minerais de fer utilisés en paléosidérurgie en Franche-Comté et dans le canton du Jura. Colloque inaugural du réseau transfrontalier (Besançon, 23-24/09/1993), 1 p.
- ROSENTHAL et MORIN D. (1997) Les mines de fer karstiques de l'Est et du Sud-Est de la France Données archéologiques et chronologiques. *Preceedings of the12th International congress of speleology (La chaux-de-fonds, Suisse)*, pp. 225-228
- ROUBAULT M. et. collab. (1982) Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lamarre-Poinat, Paris, 382 p.
- ROUILLER D. (1987) Étude des systèmes karstiques de la Touvre et de la Lèche (Angoulême, Charente), Géologie Hydrodynamisme, Hydrochimie. Thèse de 3^{ème} cycle, Université d'Avignon, 211 p., 109 fig., 20 tab., 3 annexes.
- Rousset C. (1967) Sur la nature et la genèse des minerais de fer du Haut-Var. Leurs relations avec la paléogéographie locale. Rapports et différences avec les formations bauxitiques et les "terra-rossa". Bulletin de la Société géologique de France, 7série, t. 9, pp. 640-651, 3 fig., 3 tab.
- ROUSSET C. (1968) Contribution à l'étude des karsts du Sud-Est de la France : altérations morphologiques et minérales, Paris. Thèse de doctorat en sciences, Université d'Aix-Marseille, 536 p., 83 fig., 5 pl., 1 carte géomorphologique h.t.
- ROUTHIER P. (1963) Les Gisements métallifères Géologie et principes de recherche. Masson, Paris, 1282 p., 411 fig., 11 h t
- ROUZAUD F., MAUDUIT É. et CALVET J.-P. (1995) La grotte-mine du Calel à Sorèze (Tarn). *Spelunca* n°57, pp 15-22.
- ROY B. (1983) Géologie, Géophysique, Hydrologie des formations d'âge jurassique moyen dans le Nord-Ouest de la Nièvre. Thèse de 3^{ème} cycle, Institut des Sciences de la Terre, Université de Dijon, 174 p., 39 fig., 17 pl.
- ROYER et BAROTTE. (1865) Notice explicative sur la carte géologique du département de la Haute-Marne. 78 p.

S

- SACRE J. (xxxx) Un maître de forges ardennais: Louis-Augustin Raux (1743-1815). Revue « au pays des Rièzes et des Sarts », n°67, 17 p.
- SACRE J. (1979) Un maître de forges chimacien: Victor-François-Marie Despret (1772-1835). Revue « au pays des Rièzes et des Sarts », n°80, pp.653-668.
- SALOMON J.-N. (1986) Le Sud-Ouest de Madagascar. Université d'Aix-Marseille 2. Thèse (géographie physique), 4 vol., 991 p., 191 fig., 33 tab., 68 photos, 3 cartes h.t.
- SALOMON J.-N. (1999) Le facteur temps dans la karstification. *Géomorphologie : relief, processus, environnement,* n°3, pp. 195-213.
- SALOMON J.-N. (2001) *Précis de Karstologie*. Presses Universitaires de Bordeaux, 226 p.
- SALOMON J.-N. (2005) Un paléokarst menacé : le Parc Naturel de Cabarceno (Monts Cantabriques Espagne). *Travaux Laboratoire Géographie Appliquée*, Bordeaux, n° 23, pp. 21-

- SALOMON J.-N. (2008) Distribution des formations superficielles dans les paysages karstiques. *In : Dewolf Y. et Bourrié G. coord. Les formations superficielles Genèse, typologie, classification, paysages et environnements, ressources et risques.* Ellipses Éditions, Paris, pp. 651-676.
- SALOMON J.-N. et ASTRUC J.G. (1992) Exemple en zone tempérée d'un paléocryptokarst tropical exhumé (la cuvette du Sarladais, Dordogne). *In : karst et évolutions climatiques*, Presses Universitaires de Bordeaux, pp. 432-447.
- SALOMON J. -N., POMEL S. et NICOD J. (1995) L'évolution des cryptokarsts; comparaisons entre le Périgord-Quercy (France) et le Franken Alb (Allemagne). Zeitschrift Fuer Geomorphologie, n°39, 4, pp.381-409.
- SALOMON J.-N. et POMEL S. (2005) Karsts et mines, Accumulations et gisements de fer dans les terrains karstiques : exemple du Périgord et du Jura franconien. Travaux Laboratoire Géographie Appliquée - Bordeaux, n° 23, pp. 11-20.
- SALOMON J.-N. et PULINA M. (2005) Les karsts des régions climatiques extrêmes. *Katstologia-Mémoires*, n° 14, 220 p., 126 fig., 11 tab., 60 photos.
- SALZARD H. (1878) Minières et minerais de fer du département de la Haute-Marne. Typographie Henriot et Godard, Saint-Dizier, 95 p.
- SAMAMA J.-C. coord. (1990) Les paléosurfaces et leur métallogenèse. *Mémoires du BRGM*, n°104, 414.
- SAUREL P. et collab. (1976) Présence d'une cuirasse gravillonnaire ferrugineuse dans le Rognacien de Sénas (Bouches-du-Rhône, France). Bulletin de la Société géologique de France, 7^{ème} série, t. 18, n°1, pp. 59-67.
- SAUVAGE C. et BUVIGNIER A. (1842) Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes. Trécourt, Mézières, 554 p., 126 fig., 2 pl.
- SAVATON P. (1999) Évolution des cartes géologiques de la France depuis le début du XIX^e siècle. Géologie de la France, n°2, pp. 65-78, 6 fig.
- SCHMITT J.-M (1999) Weathering, rainwater and atmosphere chemistry / Example and modelling of granite weathering in present conditions, in a CO₂ rich, and in an anoxic paleoatmosphere. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, n°27, pp. 21-41.
- SEEMANN R. (1982) Elementarer Schwefel in Dachstein-Mammuthöle (Vorläufer Bericht). *Die Höhle – Zeitschrift für Karst und Hölenkunde*, n°33, pp. 1-6.
- SERRA O. coord. (1989) Principaux types de cartes en géologie But, utilisation, élaboration. Technip, Paris, 346 p.
- SIMON V. (1859) Notice sur les amas de minerais de fer pisolitique de la côte d'Arry. Mémoires de l'Académie impériale de Metz, XL^{ème} année, 2^{ème} série, pp. 529-534.
- SIMON-COINÇON R. *et al.* (1983) Mise au point sur les paléoaltérations tertiaires du Massif Central. *Géologie de la France*, n°1-2, pp. 155-165.
- SIMON-COINÇON R. et ASTRUC J.G. (1991) Les pièges karstiques en Quercy : rôle et signification dans l'évolution des paysages. *Bulletin de la Société géologique de France*, t. 162, n°3, pp. 595-605.

- SIMON-COINÇON R, THIRY M. et QUESNEL F. (2000) Paléopaysages et paléoenvironnements sidérolithiques du nord du Massif central (France). Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 330, pp. 693-700.
- SIMON-COINÇON R. et collab. (2007) Paléoaltérations et paléopaysages sidérolithiques du Massif central et de ses bordures. In: du continent au bassin versant: théories et pratique en géographie physique. Presses Universitaires Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, pp. 209-218.
- SIZARET S. et al. (2001) Anosotropie de susceptibilité magnétique et chimie des traces: une nouvelle méthodologie pour démêler processus hydrothermaux et supergènes Application au gisemment de Chaillac (Indre, France). Compte-rendu de l'Académie des Sciences, t. 332, pp. 431.437.
- SORNEIN J.-F. (1980) Altération supergène de minéralisations ferrifères : les chapeaux de fer du gisement de sidérite de Batère (Pyrénées Orientales) et du gisement de pyrite de Saint-Bel (Rhône). Thèse de Docteur-Ingénieur, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 150 p., 69 fig., 2 annexes.
- SOUCHEZ M. (1966-1967) L'évolution de la Lorraine belge nord-orientale au Néogène. *Annales Société Géologique de Belgique*, t. 90, pp. 151-171.
- SOUCHEZ-LEMMENS M. (1967) Les altérations tertiaires de la Lorraine belge septentrionale et leur intérêt géomorphologique. Revue belge de géographie, 91 ème année, fasc. 1 à 3, pp.103-111.
- SOUCHEZ-LEMMENS M. (1968) Accumulations ferrugineuses absolues en Lorraine belge septentrionale. *Annales Société Géologique de Belgique*, t. 91, pp. 145-158.
- SOUCHEZ-LEMMENS M. (1971) Les indurations ferrugineuses et l'évolution de la Lorraine belge nord-orientale. *Revue Belge de Géographie*, 95^{ème} année, fasc. 1 et 2, 143 p.
- STCHEPINSKY M. (1959) Carte géologique à 1/50.000° de Barle-Duc (227). IGN, Paris, 1 carte.
- STCHEPINSKY M. (1962a) Histoire géologique de la Haute-Marne et des régions voisines. Thèse (sciences), Université de Paris, 223 p.
- STCHEPINSKY M. (1962b) Carte géologique à 1/50.000° de Joinville (265). IGN, Paris, 1 carte.
- STEINBERG M. (1968) L'Éocène continental du détroit poitevin. Colloque sur l'Éocène Paris, mai 1968. *Mémoires du BRGM*, n°58, pp. 435-447.
- STEINBERG M. (1970) Contribution de la sédimentation et de la géochimie à l'étude des formations continentales azoïques Faciès sidérolithique du détroit poitevin. Thèse d'état (sciences), Université d'Orsay, 175 p., 31 fig.
- STEINER B. (1980) *Lithostratigraphie et fracturation du Dogger lorrain*. Thèse (sciences), Université de Nancy 1, 219 p., 94 fig.
- STORONI A. (2001) Parmi les thèses: les formes d'affaissement minier dans le bassin ferrifère luxembourgeois Essai de géomorphologie karstique. Revue géographique de l'Est, t. 41, n°4, pp. 181-187.
- STOW D.-A.-V. (2006) Sedimentary rocks in the field: a coulour guide. Manson, london, 302 p.

- STRAKHOV N.-M. (1967-1970) Principles of lithogenesis. Oliver & Boyd, Edinburgh, 3 vol.
- SUSTRAC G. et al. (1994) Inventaire international des thèses et diplômes. Géologie de la France, n° 2/1994, pp. 45-86.
- SWYSEN L. (1971) Les lapiès du "Fondry des chiens" à Nismes (Belgique). *Annales Société Géologique de Belgique*, t. 94, pp. 165-171.
- Swysen L. (1979) Les abannets de Nismes (Belgique). Livretguide des excursions du colloque franco-belge de karstologie appliquée (24-27/05/1979), p. 10, 4 cartes, 2 photographies aériennes.
- SWYSEN L. et OVERLAU P (1979) Les abannets de Nismes (Belgique). Annales de la Société Géologique de Belgique, t. 102, pp.175-178.
- SZTRAKOS K. *et al.* (1998) L'Éocène du bassin sud-aquitain : lithostratigraphie, biostratigraphie et analyse séquentielle. *Géologie de la France*, n°4, pp. 57-105, 27 fig.

Т

- TABEAUD M. (2004) *Climatologie générale*. Armand Colin, Paris, collection Synthèse, 96 p.
- TARDY Y. (1993) Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Masson, Paris, 459 p.
- TARDY Y. et ROQUIN C. (1998) Dérive des continents, paléoclimats et altérations tropicales. Éditions du BRGM, Orléans, 473 p.
- TECHNIP. (Ingénierie, technologies et réalisation de projets pour l'industrie du pétrole et du gaz) (1991) Normalisation des figurés, symboles et abréviations utilisés en exploration et production pétrolières. Technip, Paris142 p.
- THEOBALD N. et DEVANTOY J. (1963) Carte géologique à 1/50.000° de Belfort (444). SCGF, Paris, 1 carte.
- THEOBALD N., CONTINI D. et KUNTZ G. (1983) Carte géologique à 1/50.000° de Vesoul (442). BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 8 p.
- THÉVENIAUT H. et al. (2002) Étude paléomagnétique de la Borne de fer. Journées de partenariat de recherche et développement entre le BRGM et l'ANDRA (05/03/2002, BRGM, Orléans, pp. 63-65.
- THÉVENIAUT H. et al. (2007) Paleomagnetic dating of the « Borne de fer » ferricrete (NE France): Lower Cretaous continental weathering. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, n°253, pp. 271-279.
- THIBAUT P.M. et RALAY F. (2001) Inventaire des minières de fer de la Haute-Marne. Etat d'avancement des travaux réalisés en 2001. rapport BRGM 2001-SEP-417, 27 p., 2 fig., 3 tab.
- THIRIET A. (1894) Recherches géologiques sur le Lias de la bordure sud-ouest du massif ardennais. Anciaux, Charleville, 220 p.
- THIRRIA É. (1833) Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône. Outhenin Chalandre, Besançon, 468 p., 2 dépl.
- THIRRIA É. (1834) Notice sur des gîtes de minerai de fer pisiforme (Bohnerz) du département du Doubs, recouverts par des dépôts lacustres appartenant aux terrains tertiaires. Sci. Géol. bul., Strasbourg. t. 32, pp. 165-180.

- THIRRIA É. (1835) Notes sur des gîtes de minerai de fer pisiforme (Bohnerz) du département du Doubs, recouvert par un dépôt lacustre appartenant à des terrains tertiaires. Résumé des travaux de la Société Géologique de France, Séance du 08/09/1834, 1^{ère} série, t. 6, pp. 32-37.
- THIRRIA É. (1836) Mémoire sur le terrain jura-crétacé de la Franche-Comté. *Annales des Mines*, 3^{ème} série, t. 10, pp. 95-146
- THIRRIA É. (1838) Bohnerz entre Mirebeau et Esselone (Côte d'Or). Bulletin Société Géologique de France, t. 9, p. 375.
- THIRRIA É. (1839) Notice géologique sur les gîtes de fer du terrain néocomien du département de la Haute-Marne. *Annales des Mines*, 3^{éme} série, t. 15, pp. 11-44.
- THIRRIA É. (1851) Mémoires sur les similitudes qui existent entre les minerais de fer en grains de la Franche-Comté et ceux du Berry et sur les particularités qui peuvent conduire à expliquer le mode de formation des gîtes de ces minerais. *Annales des Mines*, t. 19, pp. 49-88.
- THIRY M. (1981) Sédimentation continentale et altérations associées: calcitisations, ferruginisations et silicifications; les argiles plastiques du Sparnacien du bassin de Paris (extraits mémoire de thèse d'état). Mémoires Sciences géologiques, Strasbourg, n°64, 173 p.
- THIRY M. et al. (1983) Les périodes de silification au Cénozoïque dans le bassin de Paris. Bulletin de la Société géologique de France, t. 25, n°1, pp. 31-40.
- THIRY M. et TURLAND M. (1985) Paléo-toposéquences de sols ferrugineux et de cuirassements siliceux dans le Sidérolithique du nord du Massif Central (bassin de Montluçon-Domérat). Géologie de la France, n° 2, pp. 175-189, 8 fig., 4 tab., 1 pl. photos.
- THIRY M. et al. (2004) La France et la Belgique continentales au Crétacé inférieur : paléoaltérations et paléotopographies. Colloque de paléogéographie (8 et 9/03/2004), 2 p.
- THIRY M. et al. (2005) Altération bauxitique associée aux argiles à chailles sur la bordure sud-est du bassin de Paris. Bulletin de la Société géologique de France, t. 176, n° 2, pp. 199-214
- THIRY M. et al. (2006) Continental France and Belgium during the early Creataous: paleoweathering and paleoforms. Bulletin de la Société géologique de France, t. 177, n° 3, pp. 155-175.
- THIRY M. et al. (2011) Datation des paléoaltérations du massif cristallin des Vosges : implications pour l'évolution géodynamique du massif. Livre des résumés du 13° Congrès de Sédimentologie, Dijon. Publication ASF, Paris, n°68, 342 p.
- THOMASSIN B. (2005) Le karst de la forêt de Jaulnay en lorraine septentrionale (Meuse), Mémoire de DEA (géographie physique), Université de Nancy 2.
- THORENT (1838) Mémoire sur la constitution géologique de la partie nord du département de l'Aisne. *Mémoires de la Société géologique de France*, t. 3, n°7, p. 246-250, 1 carte.
- THURMANN J. (1838) Discussion relative au Bohnerz. *Bulletin de la Société géologique de France*, 1^{ère} série, t. 9.
- THYS G. et MICHEL G. dir. (2009) Atlas du karst wallon Bassin du Viroin). Commission Wallone d'Etude et de protection des Sites Souterrains, Jambes (Belgique), 296 p.

- TOMBECK M. (1875a) Note sur les puits naturels du terrain portlandien de la haute-Marne. *Bulletin de la Société géologique de France*. 3^e série, t. 3, séance du 18/01/187, pp. 168-179.
- TOMBECK M. (1875b) Addition à la note sur les puits naturels du terrain portlandien de la haute-Marne. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3° série, t. 3, séance du 07/06/1874, pp. 554-555.
- TOUCHART L. (2003) *Hydrologie : Mers, fleuves et lacs*. Armand Colin, Paris, collection Campus, 503 p.
- TOURNAIRE J. (1990) Les forges de Clavières (Indre) 1666-1874. Chez l'Auteur - 36000 Châteauroux, 59 p.
- TOURNOUER R. (1866) Sur les terrains tertiaires de la vallée supérieure de la Saône. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^{ème} série, t. 23, n°5, pp. 769-804.
- TRAUTH N. et al. (1985) Géodynamique des altérations ferralitiques sur roches sédimentaires, en bordure sud-ouest crétacée du Massif Central : paysages sidérolithiques en Quercy Blanc, Haut Agenais, Bouriane et Périgord Noir. Géologie de la France, n°2, pp. 151-160, 5 fig.
- TRIAT J.-M. A. (2010) Les ocres. CNRS Éditions, Paris, 198 p.
- TRICART J. (1949a) Cours de géomorphologie 1^{ère} partie : Géomorphologie structurale. Fascicule I : Le relief des côtes. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 137 p.
- TRICART J. (1949b) Cours de géomorphologie 1^{ère} partie : Géomorphologie structurale fascicule II : Les types de bordure de massifs anciens. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 120 p.
- TRICART J. (1949c) La partie orientale du bassin de Paris -Étude géomorphologique - t. 1 : La genèse du bassin. Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, Paris, 210 p., 30 fig., 8 photographies, 1 pl.
- TRICART J. (1952) La partie orientale du bassin de Paris Étude géomorphologique t. 2 : L'évolution morphologique au Quaternaire, Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, Paris, pp. 215-474, 60 fig., 1pl., 15 photos.
- TRICART J. (1965) *Principes et méthodes de géomorphologie*. Masson, Paris, 496 p.
- TROMPETTE R. (2003) La Terre : Une planète singulière. Belin, Paris, collection pour la science, 303 p.
- TROUILLARD-PERROT C. et ZORNETTE N. (2003a) *Inventaire des cavités souterraines d'Indre-et-loire*. BRGM, Orléans, rapport BRGM 2002-RIS-407, 126 p., 28 fig., 9 annexes.
- TROUILLARD-PERROT C. et ZORNETTE N. (2003b) Inventaire des cavités souterraines du Loir-et-Cher. BRGM, Orléans, rapport BRGM 2002-RIS-417, 112 p., 10 annexes.
- TROUILLARD-PERROT C., LEPRETRE J.-P et ZORNETTE N. (2003c)

 Inventaire des cavités souterraines du Loiret. BRGM,
 Orléans, rapport BRGM 2002-RIS-440, 90 p., 24 fig., 3 tab.,
 10 annexes.
- TURPAULT M.-P. (2009) Compte rendu de visite organisée par l'Andra – Suivi des écosystèmes forestiers. INRA Champenoux, 7 p.

U

- UGARTE-ELORZA F. (1985) Recherches géomorpholologiques dans le karst d'Aralar-Mendi, Guipozcoa-Navarra, Pays Basque, Bassin Cantabrique. Thèse de 3^{ème} cycle (géographie physique), Université de Provence Aix-Marseille, 2 t., 422 p., 140 tab., fig. et cartes h.t.
- UNION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE DE LONGWY (1956) Longwy / Villerupt. SDE Éditions, Paris, 91 p.

V

- VACHER A. (1908) Le Berry. Contribution a l'étude géographique d'une région française. Thèse (lettres), Faculté des Lettres Paris, Armand Colin, Paris, pp. 126-128.
- VACHER D. (1950) Étude morphologique de l'axe en dépression dit "golfe du Luxembourg" (partie française) jusqu'à l'affleurement du Rauracien. t. 1: Étude paléogéographique et tectonique, 1-58 p.; t. 2: Étude morphologique, pp. 60-183.
- VACHER D. (1958a) L'eau et le plateau longovicien. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n°2, pp. 40-50.
- VACHER D. (1958b) La région longovicienne à travers les âges géologiques. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n° 3, pp. 107-112.
- VACHER D. (1959) Les conséquences géographiques des tassements miniers. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n° 1 : pp. 13-18, n°2 : pp.76-81.
- VACHER D. (1961) Quelques rectifications au sujet de la circulation souterraine des trous de Rouge-Brûle. *Bulletin des Amis du Vieux Longwy*, n°3, pp. 105.
- VALADAS B. (2005) *Géomorphologie dynamique*. Armand Colin, Paris, collection Campus, 192 p.
- VANARA N. (1998) Le karst des Arbailles (Pyrénées occidentales, France) Contrôles tectonique, climatique, hydrogéologique et anthropique de la morphogenèse. Thèse (géographie physique), Université Michel de Montaigne Bordeaux 3, 320 p.
- VANARA N., MAIRE R. et LACROIX J. (1997) La surface carbonatée du massif des Arbailles (Pyrénées Atlantiques) : un exemple de paléoréseau hydrographique néogène déconnectée par la surrection. Bulletin de la Société géologique de France, t. 168, n°2, pp. 255-265.
- VAN VLIET-LANOË N. et al. (1998) Le Mio-Pliocène du Massif armoricain. Données nouvelles. Compte-rendu de l'Académie des Sciences de la terre et des planètes, n° 326, pp. 333-340.
- VAN DER PLAS L. et TOBI A.C. (1965) A chart of judging the reliability of point counting results. *American Journal of Science*, n°263, pp. 87-90.
- VAN VLIET-LANOË N. *et al.* (2002) Palaeogepgraphic evolution of northwestern Europe during the upper Cenozoic. *Geodiverstas*, n°24 (3), pp. 511-527.
- VATAN A. (1939) Les structures oolithiques et pisolithiques dans les terrains tertiaires continentaux du centre de la France. Compte-rendu de la Société géologique de France, n°6, pp. 89-91.
- VATAN A. (1947) La sédimentation continentale tertiaire dans le Bassin de Paris méridional. Éditions Toulousaines de l'Ingénieur, 215 p., 7 pl.

- VAROQUAUX J. A. (1995) Histoire d'une profession : Les Mines de fer en France. Union des Mines et de la Métallurgie, Paris, 276 p.
- VENTOSE V. (1993) Études des minéraux lourds dans un profil latéritique (cuirasse de Gangaol, Burkina Fasso). Mémoire de DEA, Université des sciences et techniques de Languedoc, Montpellier, 2 vol., 45 p., 23 pl.
- VERGARI A. (2003) "Ghost rocks": a new way of speleogenis, a new key for paleogeographies. *Géologie de la France*, n°1, pp. 43-46, 4 fig.
- VERHOEFF P. (1966). Geomorphological and pedological investigations in the Redange sur Attert Area (Grand Duche of Luxemburg). Thèse, Université d'Utrecht (Pays-Bas).
- VERREAS G. (1978) Un exemple de minéralisations liées au karst : le gisement de Montardier (Gard). Colloque de Tarbes (17 et 18/10/1978), pp. 163-175.
- VILLAIN F. (1899) Sur la genèse des Minerais de Fer de la Région Iorraine. *Compte-rendu Académie des Sciences*, Séance du 23 mai 1899.
- VILLAIN F. (1902) Le gisement de minerai de fer oolithique de la Lorraine. Dunod, Paris, 179 p., 8 pl.
- VIGUIER (1887) Études géologiques sur le département de l'Aude (bassin de l'Aude et Corbières). Thèse (sciences), Université de Paris, 308 p., 11 pl., 1 carte.
- VINCIENNE H. (1948) Rapport géologique sur le gisement de fer du bassin de Chaillac (Indre). Chambre de Commerce et d'industrie de l'Indre, 45 p., 4 pl., 1 carte.
- VOINCHET P. et al. (2007) Datation par ESR de quartz fluviatiles dans le bassin de la Loire moyenne en région Centre : Mise en évidence de l'importance de la tectonique quaternaire et de son influence sur la géométrie des systèmes de terrasses. Quaternaire, 4^{ème} série n°18 (4), pp.335-347.
- VOISIN L. (1967) Les ferruginisations en Ardenne occidentale : leur rôle morphologique. Revue Géographique de l'Est, n°4-1967, pp. 417-425.
- VOISIN L. (1978). La sablière de Prez Ardennes, observations récentes 1976-1978. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, t. 68, 33-36.
- VOISIN L. (1981) Les silicifications en Thiérache ardennaise: Implications paléogéographiques. Revue Géographique de l'Est, n°4-1981, pp. 265-276.
- VOISIN L. (1988) Introduction à l'étude de la Pierre de Stonne et des formations siliceuses associées au sud-ouest de l'Ardenne. Mémoire hors série de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes, 45 p., 1 carte h.t.
- VOISIN L. (1994) L'extraction du minerai de fer dans les Ardennes. Chez l'Auteur - 08000 Charleville-Mézières, 173 p.
- VOISIN L. (1999) Le minerai de fer dans les Ardennes. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 6, n°3, pp. 25-28.
- VOLTZ L. (1833a) Procès verbal de visite faite aux minières de Saint-Pancré. Rapport du 09/09/1883. Archives Départementales de la Moselle, 4 p.

VOLTZ L. (1833b) - Procès verbal de visite faite aux minières d'Aumetz et d'Audun-le-Tiche. Rapport du 10/11/1883. Archives Départementales de la Moselle, 3 p.

W

- WALTHER H.-W. et ZITZMANN A. edit. (1977) The iron deposits of Europe and adjacent area. *International Geological Congress Hannover*, vol. 1, 418 p.
- WALTHER H.W.. et ZITZMANN A. edit. (1978) The iron deposits of Europe and adjacent area List and tables. *International Geological Congress Hannover*, vol. 2, 386 p., 24 tab.
- WEHMANN M. (1911) La Borne de fer près d'Aumetz. *Annuaire* de la Société Lorraine d'histoire et d'archéologie, t. 22, 134 p.
- WILHELM E. et KOSAKEVITCH A. (1979) Utilisation des chapeaux de fer comme guide de prospection. *Bulletin du BRGM*, 2^{eme} série, n°2-3, pp. 109-140, 22 fig., 2 tab., 3 pl.
- WOLHGEMUTH J. (1883) Recherches sur le jurassique moyen à l'est du bassin de Paris. Savy, Paris, 340 p., 4 pl., 1 carte.
- WRIGHT W.-P. (1982) The recognition and interpretation of paléokarsts: two exemples form the lower Carboniferous of South Wales. *Jour. Sedim. Petrol.*, vol. 52, n°1, pp. 83-94.
- WYNS R. (2002) Climat, eustatisme, tectonique : quels contrôles pour l'altération continentale?: Exemples de séquences d'altérations cénozoïques en France. Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 39, n° 2, pp. 109-114.
- WYNS R. (2009) Les paléoaltérations en Lorraine : origine et conditions de formation du fer fort. Livret-guide des journées de printemps de l'Association des Géologues du Bassin de Paris (21-23/05/2009), pp. 20-28, 7 fig.
- WYNS R. *et al.* (2003) Major weathering in France related to lithospheric deformation. *Géologie de la France*, n° 1, pp. 79-87. 4 fig.
- WYNS R. et FIZAINE J.-P. (2010) Le Fer Fort Crétacé-Tertiaire. Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris, vol. 47, n°1, pp. 3-12.

Υ

YANS. J. (2003) – Chronologie des sédiments kaoliniques de faciès wealdiens (Barrémien moyen Albien supérieur; Bassin de Mons) et de la saprolite polyphasée (Crétacé inférieur et Miocène inférieur; Haute-Lesse). Implications géo-dynamiques et paléoclimatiques. Thèse, Faculté polytechnique de Mons et Université de Paris-Sud Orsay, 316 p.

Z

ZANETTA V. (2002) – La géohistoire des mines de fer de Lorraine. Thèse (géographie humaine et économique), Université de Nancy 2.

FIGURES

Introduction

- Fig. 1.01 : Carte géomorphologique simplifiée du Bassin parisien et des régions périphériques
- Fig. 1.02 : Zonalité régionale de la couverture détritique (du nord au sud)
- Fig. 1.03 : Extrait de la carte géomorphologique des karsts de France
- Fig. 1.04 : Extrait de la carte des minerais de fer en France, principalement karstiques
- Fig. 1.05 : Cycle géochimique simplifié du fer

Chapitre 1 : État de la question (Altération continentale – Karst et paléokarst – Régions étudiées)

- Fig. 1.06 : Évolution de la teneur en CO₂ depuis la Précambrien
- Fig. 1.07 : Coupe-type d'un profil latéritique avec positions des gisements supergènes
- Fig. 1.08 : Typologie générale d'un profil latéritique
- Fig. 1.09 : Creux hydrique dans un profil latéritique aboutissant à la formation d'une cuirasse ferrugineuse hématitique
- Fig. 1.10 : Évolution des climats en Europe occidentale
- Fig. 1.11 : Typologie des altérites en relation avec les déformations de la lithosphère
- Fig. 1.12 : Schéma de télescopage des faciès nodulaires et pisolitiques dans une cuirasse ferrugineuse en cours d'évolution
- Fig. 1.13 : Système karstique unaire
- Fig. 1.14 : Système karstique binaire
- Fig. 1.15: Divers stades d'évolution d'un karst tels qu'ils peuvent se fossiliser
- Fig. 1.16 : Quelques types de gîtes dans les paléokarsts d'après leur situation habituelle en Europe
- Fig. 1.17 : Carte géologique et géomorphologique simplifiée du Bassin parisien et des régions limitrophes
- Fig. 1.18 : Coupe géologique Ouest-Est, de Île de France au fossé rhénan
- Fig. 1.19 : Coupe géologique Sud-Nord, du Massif central à la plaine de Flandre
- Fig. 1.20 : Les antiformes lithosphériques (losanges bleus) résultant des ouvertures océaniques au Crétacé inférieur, siège des altérations latéritiques infra-crétacées
- Fig. 1.21 : Schéma structural de la gouttière wealdienne et de ses bordures au Barrémien
- Fig. 1.22 : Coupe géologique suivant le corridor Loire-Loing
- Fig. 1.23 : Évolution des reliefs entre la fin du Jurassique et l'actuel
- Fig. 1.24 : Courbes du soulèvement de quelques régions du Bassin parisien et de ses bordures depuis la fin du Jurassique

Chapitre 2 : Problématique – Objectifs - Méthodologie

- Fig. 2.01 : Localisation des sites étudiés
- Fig. 2.02 : Systématique simple de détermination des principaux minéraux, basée sur l'observation macroscopique et essais de terrain
- Fig. 2.03 : Assemblage élémentaire dans un sol
- Fig. 2.04 : Principaux types de séparations plasmiques
- Fig. 2.05 : Exemples de traits pédologiques
- Fig. 2.06 : Exemple de graphique ternaire
- Fig. 2.07 : Exemple de graphique circulaire ou "radar"
- Fig. 2.08 : Principe du diffractométrie
- Fig. 2.09 : Exemple de courbe cumulative de granulométrie de la fraction sableuse
- Fig. 2.10 : Exemples de courbe de fréquence de la fraction sableuse
- Fig. 2.11 : Coupe sismique interprétée / Révélation d'une poche karstique sur le revers du plateau dominant les minières de Saint-Pancré

Chapitre 3 : Les formations ferrugineuses continentales au sud de l'Ardenne (de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut)

- Fig. 3.01 : Carte générale des sites étudiés
- Fig. 3.02 : Carte géologique et localisation des sites de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut
- Fig. 3.03 : Carte géomorphologique et localisation des sites de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut
- Fig. 3.04 : Localisation du gîte de la Butte au Genet (Bucilly)
- Fig. 3.05 : Carte géologique du gîte de la Butte au Genet (Bucilly)
- Fig. 3.06 : Carte géologique / Poches wealdiennes de Prez et environs
- Fig. 3.07 : Localisation du site des Minières du bois des Ivis à Neuville-lès-This
- Fig. 3.08 : Carte géologique du site des Minières du bois des Ivis (Neuville-lès-This, Ardennes)
- Fig. 3.09 : Bois des Ivis Topographie des phénomènes karstiques révélés par l'exploitation minière
- Fig. 3.10 : Localisation des minières du bois d'Enelle à Balaives-et-Butz
- Fig. 3.11 : Carte géologique des sites du bois d'Énelle, d'Élan et de Sapogne et Feuchères (Ardennes)
- Fig. 3.12 : Coupe du gisement du bois d'Énelle, au sud de la ferme Éva (Balaives-et-Butz)
- Fig. 3.13 : Bois d'Énelle : Coupe lithologique du puits principal
- Fig. 3.14 : Bois d'Énelle : Topographie des phénomènes karstiques révélés par l'exploitation minière
- Fig. 3.15 : Localisation des gîtes de minerai de fer de Sapogne-et-Feuchères et de grès saccharoïde à Élan
- Fig. 3.16 : Localisation des minières du bois de l'Agace à Haraucourt
- Fig. 3.17 : Carte géologique des minières du bois L'agace (Haraucourt, Ardennes)
- Fig. 3.18 : Log des formations lithologiques du gîte du bois l'Agace à Haraucourt
- Fig. 3.19 : Coupe géologique du gîte du bois l'Agace à Hauraucourt
- Fig. 3.20 : Bois de l'Agace Topographie des phénomènes karstiques révélés par l'exploitation minière
- Fig. 3.21 : Localisation du gîte de la Truche à Amblimont
- Fig. 3.22 : Carte géologique du gîte de la Truche (Amblimont, Ardennes)
- Fig. 3.23 : Localisation des minières de la ferme d'Heurtebise à Stenay
- Fig. 3.24 : Carte géologique des minières de la ferme d'Heurtebise (Stenay, Meuse)
- Fig. 3.25 : Localisation du paléokarst du bois de Nouart à Tailly
- Fig. 3.26 : Carte géologique du gîte du bois de Nouart (Tailly, Ardennes)
- Fig. 3.27 : Plan de l'ancienne exploitation (extraction de sable pour fonderie)
- Fig. 3.28 : Paléokarst du bois de Nouart à Tailly / Coupe en bordure de la grande doline
- Fig. 3.29 : Paléokarst du bois de Nouart à Tailly / Sondage à la tarière
- Fig. 3.30 : Paléokarst du bois de Nouart à Tailly / Granulométrie de la fraction sables et granules du sondage à la tarière
- Fig. 3.31 : Localisation des minières de Signy-Montlibert et environs
- Fig. 3.32 : Carte géologique des minières de Signy-Montlibert et environs (Ardennes)
- Fig. 3.33 : Log des formations lithologiques des interfluves de la Chiers et de la Meuse
- Fig. 3.34 : Coupe géologique des minières de Signy-Montlibert et environs (Ardennes)
- Fig. 3.35 : Bois de Signy et de Champel Topographie des phénomènes karstiques révélés par l'exploitation minière
- Fig. 3.36 : Bois de Champel Plan et coupe du gouffre-minière n^a du bois de Signy
- Fig. 3.37 : Localisation des gîtes de Verneuil-Grand et Thonne-la-Long
- Fig. 3.38 : Carte géologique des gîtes de Verneuil-Grand et Thonne-la-Long (Meuse)
- Fig. 3.39 : Localisation des différents sites du gîte de Fer fort de Saint-Pancré (Meurthe & Moselle)
- Fig. 3.40 : Carte géologique des gîtes de Saint-Pancré et d'Allondrelle-la-Malmaison
- Fig. 3.41 : Log des formations lithologiques du gîte de Saint-Pancré et du gouffre-minière du Haut des Scieries
- Fig. 3.42 : Coupes géologiques du gîte de Saint-Pancré et du gouffre-minière du Haut des Scieries

- Fig. 3.43: Les ruelles du Bois du Pas Bayard
- Fig. 3.44 : Le paléoréseau de Saint-Pancré
- Fig. 3.45 : Le lapiaz de Saint-Pancré
- Fig. 3.46 : Reconstitution du contact des calcaires du Bajocien et des formations superficielles (revers du plateau, Tellancourt / Saint-Pancré)
- Fig. 3.47 : Localisation des minières de La Malmaison (Allondrelle-La Malmaison)
- Fig. 3.48 : Localisation des sites de Fer fort de la vallée de la Crusnes
- Fig. 3.49 : Carte géologique des sites de la Cauätte et de la Couleuvre
- Fig. 3.50 : Localisation des minières du la forêt de Selomont
- Fig. 3.51 : Carte géologique des gîtes des minières d'Hussigny-Godbrange (15a et 15b) et de Godewiese
- Fig. 3.52 : Localisation des gîtes de la Borne de Fer à Audun-le-Tiche (Moselle) et du Bois de Butte à Villerupt (Meurthe & Moselle)
- Fig. 3.53 : Carte géologique des gîtes de la Borne de Fer, du bois de Butte, de Reserveviertel et de Godewiese
- Fig. 3.54 : Log des formations lithologiques du gîte de la Borne de Fer et de carrière de Reserveviertel
- Fig. 3.55 : Coupes géologiques du gîte de la Borne de Fer, des carrières Billert et Reserveviertel
- Fig. 3.56 : Coupe stratigraphique / Paroi nord de la doline du sommet de la Borne de Fer (Audun-le-Tiche)
- Fig. 3.57 : Grande doline du sommet de la Borne de Fer à Audun-le-Tiche / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 5-0501/23
- Fig. 3.58 : Localisation de la carrière de Volmerange-les-Mines
- Fig. 3.59 : Localisation du gîte des Minières (Villécloye, Meuse)
- Fig. 3.60 : Carte géologique du gîte des Minières de (Villécloye, Meuse)
- Fig. 3.61 : Plan de localisation de l'entrée de la rivière souterraine du Failly (bois du Petit Failly, Rupt-sur-Othain, Meuse) ainsi que des vestiges de bas-fourneaux et du gouffre-perte n°725 (bois de Parfondevaux, Saint-Lauren t sur-Othain)
- Fig. 3.62 : Carte géologique de l'interfluve Loison-Othain avec entrée de la rivière souterraine du Failly et le gouffre-perte n°725
- Fig. 3.63 : Topographie de rivière souterraine du Failly (Delut, Meuse)
- Fig. 3.64 : Site du méandre abandonné de la Chiers (Charency-Vézin, Meurthe et Moselle)
- Fig. 3.65 : Carte géologique du méandre abandonné de la Chiers et des minières d'Allondrelle-la-Malmaison
- Fig. 3.66 : Profils transversaux des niveaux d'érosion fluviatile de la Chiers et de ses affluents
- Fig. 3.67 : Histogramme de distribution des indices d'émoussé (I) des Pierres de Stonne / Paléo-terrasses de la Chiers (Braumont, Viviers-sur-Chiers
- Fig. 3.68 : Histogramme de distribution des indices d'aplatissement (Ap) des Pierres de Stonne / Paléo-terrasses de la Chiers (Braumont, Viviers-sur-Chiers
- Fig. 3.69 : Localisation de la grotte-minière du Haut des Scieries [Haut de Sery] et de son contexte (Viviers-sur-Chiers, Meurthe et Moselle)
- Fig. 3.70 : Carte géologique de la grotte-minière du Haut des Scieries et de la paléo-terrasse de la Chiers
- Fig. 3.71 : Topographie (coupe et plan) du gouffre-minière du Haut-de-Sery ou Haut des Scieries (Viviers-sur-Chiers)
- Fig. 3.72 : Gouffre-minière du Haut des Scieries (Viviers-sur-Chiers)/ Granulométrie de la fraction sableuse et graveleuse de l'échantillon 5-0101/1
- Fig. 3.73: Localisation du site de Russange (Moselle)
- Fig. 3.74 : Graphique ternaire des principaux composants (Fe₂O₃, SiO2 et Al₂O₃) des minerais karstiques des Crêtes préardennaises
- Fig. 3.75 : Diagramme radar des analyses chimiques récentes et anciennes des Crêtes pré-ardennaises
- Fig. 3.76. : Graphique ternaire des principaux composants (Fe₂O₃, SiO2 et Al₂O₃) des minerais de Fer fort du Pays-Haut, de la Lorraine belge et du Gutland
- Fig. 3.77 : Diagramme radar des analyses chimiques récentes et anciennes des minerais de Fer fort du Pays-Haut, de la Lorraine belge et du Gutland
- Fig. 3.78 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des échantillons récents des Crêtes pré-ardennaises

Les paléokarsts et les formations ferrugineuses associées dans le Bassin parisien et ses bordures : caractérisations et évolutions géomorphologiques

- Fig. 3.79 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de Fer fort du Pays-Haut, de la Lorraine belge et du Gutland
- Fig. 3.80 : Plan des minières de Saint-Pancré établi par l'ingénieur des Mines Jacquot en 1849
- Fig. 3.81 : Plan des minières de la Borne de Fer et du bois de Butte établi par l'ingénieur des Mines Jacquot en 1849
- Fig. 3.82 : Statistique des directions préférentielles de fracturation relevés sur les gîtes de Saint-Pancré, du bois de Butte et de la Borne de Fer
- Fig. 3.83 : Statistique des directions préférentielles des failles mentionnées sur les cartes géologiques de Longuyon / Gorcy et Longwy / Audun-le-Roman
- Fig. 3.84 : Coupe théorique projetée de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut
- Fig. 3.85 : Stades d'évolution des éléments de minerai de fer sédimentaire piégés dans les vasques des galeries du karst
- Fig. 3.86 : Esquisse de reconstitution paléogéographique de la bordure sud de l'Ardenne au Wealdien
- Fig. 3.87 : Coupe des formations exploitées à la sablière de Prez (Ardennes)
- Fig. 3.88 : Coupe interprétée du gîte de la Butte au Genêt (Hirson, Ardennes)
- Fig. 3.89 : Coupe des minières de Saint-Pancré établie par l'ingénieur des Mines Jacquot en 1849
- Fig. 3.90 : Hypothèses d'interprétation de la paléogéographie et des datations respectives induites des gîtes de Saint-Pancré et de la Borne de Fer
- Fig. 3.91 : Cartes de répartition des éléments de Pierre de Stonne dans le Pays-Haut

Chapitre 4 : Les formations ferrugineuses du Contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne

- Fig. 4.01 : Carte géologique et localisation des sites du Barrois et du Vallage
- Fig. 4.02 : Carte géomorphologique et localisation des sites du Vallage, du Barrois et du Haut-Pays
- Fig. 4.03 : Carte des sites d'extraction de minerai de fer du Vallage
- Fig. 4.04 : Localisation des minières de Poissons et de Montreuil-sur-Thonnance
- Fig. 4.05 : Carte géologique des minières de Poissons et de minières de Montreuil-sur-Thonnance
- Fig. 4.06 : Contexte géomorphologique du paléokarst de Poissons (sites de Mélaire et du Laiçon) et localisation des prélèvements des échantillons
- Fig. 4.07 : Log des formations lithologiques des gîtes de Poissons et de Montreuil-sur-Thonnance
- Fig. 4.08 : Coupe géologique des gîtes de Poissons et de (Montreuil-sur-Thonnance
- Fig. 4.09 : Coupe stratigraphique de la ferme de la Houpette (Les Hautes-Minières, Montreuil sur-Thonnance)
- Fig. 4.10 : Log stratigraphique de la ferme de la Houpette(Les Hautes-Minières, Montreuil sur-Thonnance)
- Fig. 4.11 : Carte des sites d'extraction de minerai de fer géodique du Barrois
- Fig. 4.12 : Localisation des gîtes des minières de Morley
- Fig. 4.13 : Carte géologique des sites de Morley et Montiers-sur-Saulx
- Fig. 4.14: Minières du bois de Morley (Morley, Meuse) / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 5-0501/23
- Fig. 4.15 : Gîte du bois des Minières (Morley)
- Fig. 4.16: Localisation des gîtes de Montiers-sur-Saulx
- Fig. 4.17 : Gîtes de la tranchée du Charmoi (Montiers-sur-Saulx)
- Fig. 4.18 : Localisation des minières de Biencourt-sur-Orge et de Tréveray
- Fig. 4.19 : Carte géologique des minières de Biencourt-sur-Orge et de Tréveray
- Fig. 4.20 : Relevé topographique du cirque de La Vau / Forêt de Tréveray
- Fig. 4.21 : Localisation des minières de l'Épinotte à Orquevaux
- Fig. 4.22 : Carte géologique de la corniche de la côte de l'Oxfordien et des minières de l'Épinotte
- Fig. 4.23 : Log des formations lithologiques des minières de l'Épinotte à Orquevaux
- Fig. 4.24 : Coupe géologique des minières de l'Épinotte à Orquevaux
- Fig. 4.25 : Graphique ternaire des principaux composants (Fe₂O₃, SiO2 et Al₂O₃) des minerais karstiques du Barrois, du Vallage et du Haut-Pays

- Fig. 4.26 : Diagramme radar des analyses chimiques récentes des minerais de fer du Barrois, du Vallage et du Haut-Pays
- Fig. 4.27 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer du Barrois, du Vallage et du Haut-Pays
- Fig. 4.28 : Coupe simplifiée montrant la position des différents dépôts ferrugineux sédimentaires et les dépôts résiduels (Vallage, Barrois, Haut-Pays)
- Fig. 4.29: Croquis explicatif figurant dans le rapport du garde-mine Dembour (03/02/1859) relatif au projet de creusement d'une galerie horizontale dans le bois de Frinval (Poissons)
- Fig. 4.30 : Minières de Poissons / Coupe d'un puits d'extraction du minerai de fer

Chapitre 5 : Les formations ferrugineuses continentales au nord du Massif central (De la Champagne berrichonne au Montmorillonnais)

- Fig. 5.01 : Carte géologique et localisation des sites étudiés de la bordure sud du Bassin parisien (de la Champagne berrichonne au Montmorillonnais)
- Fig. 5.02 : Carte géomorphologique et localisation des sites étudiés de la bordure sud du Bassin parisien (de la Champagne berrichonne au Montmorillonnais)
- Fig. 5.03 : Plan de situation du site de la carrière de Bois Minon (Méntou-Couture, Cher
- Fig. 5.04 : Carte géologique de la carrière du Bois Minon (Méntou-Couture, Cher) à la Loire
- Fig. 5.05 : Log des formations lithologiques du Val de Germiny (rive gauche de la Loire)
- Fig. 5.06 : Coupe géologique des minières du bois Minon à la Loire
- Fig. 5.07 : Plan détaillé de la carrière de Bois Minon (Ménetou-Couture, Cher)
- Fig. 5.08 : Log stratigraphique des sondages entrepris à la carrière de Bois Minon (Ménetou-Couture, Cher)
- Fig. 5.09 : Plan de situation du site du Buisson des Noirs à Crézancy-en-Sancerre (Cher)
- Fig. 5.10 : Carte géologique du Buisson des Noirs (Crézancy-en-Sancerre, Cher) à la Loire
- Fig. 5.11: Log des formations lithologiques du Sancerrois (sud du Pays Fort)
- Fig. 5.12 : Coupe géologique du gîte de grès ferrugineux du Buisson des Noirs à la Loire
- Fig. 5.13 : Localisation des sites étudiés de la vallée du Cher
- Fig. 5.14 : Carte géologique des sites de la vallée du Cher aux environs de Rosières (Cher)
- Fig. 5.15 : Log des formations lithologiques de la vallée du Cher
- Fig. 5.16 : Coupe géologique SWW-NEE au voisinage de la grotte-minière de Chanteloup (Lunery, Cher)
- Fig. 5.17 : Coupe détaillée montrant l'allure de la couche de minerai sur le site voisin de Dun-le-Roi [Dun-sur-Auron]
- Fig. 5.18 : Plan de la grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) et localisation des coupes et des prélèvements d'échantillons
- Fig. 5.19 : Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) / Zone d'entrée / Coupe n°1
- Fig. 5.20 : Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) / Réseau sud / Zone des chatières / Coupe n°2
- Fig. 5.21 : Plan et coupe de la grotte minière du Patouillet (Lunery, Cher)
- Fig. 5.22 : Plan de situation des sites de la carrière du Subeau au Subdray (Cher)
- Fig. 5.23 : Carte géologique de la carrière du Subeau au Subdray (Cher)
- Fig. 5.24 : Plan de la carrière GSM Italcimenti (Le Subdray, Cher)
- Fig. 5.25 : Coupe théorique d'un filon du bois de l'Eguillé [Aiguille] au Subdray
- Fig. 5.26 : Plan des "filons" du bois de l'Éguillé [Aiguille]
- Fig. 5.27 : Coupe stratigraphique simplifiée (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Fig. 5.28 : Plan de situation des sites de la ferme du Pont-Chauvet (La Celle-Condé, Cher)
- Fig. 5.29 : Carte géologique de la minière de Pont-Chauvet et du bassin lacustre tertiaire de Lignières
- Fig. 5.30 : Structure du bassin lacustre de Lignières, d'âge priabonien à stampien
- Fig. 5.31 : Schéma de répartition des différents faciès tertiaires
- Fig. 5.32 : Log des formations lithologiques du bassin tertiaire de Lignières
- Fig. 5.33 : Coupe géologique du bassin tertiaire de Lignières
- Fig. 5.34 : Coupe de la minière ennoyée de la ferme du Pont-Chauvet (La Celle-Condé, Cher)

- Fig. 5.35 : Plan de situation des sites de la Forge à Bras du bois de Meillant (Meillant, Cher)
- Fig. 5.36 : Carte géologique du bois de Meillant
- Fig. 5.37 : Plan de situation des sites de grès ferrugineux de Massay (Cher)
- Fig. 5.38: Carte géologique des sites de la Chaumette et des Sentiers (Massay, Cher)
- Fig. 5.39 : Log des formations lithologiques à Massay (Cher)
- Fig. 5.40 : Plan de situation du site de la Maison Neuve (Mézières-en-Brenne, Indre)
- Fig. 5.41 : Carte géologique des environs de Mézières-en-Brenne
- Fig. 5.42: Log des formations lithologiques de la Brenne
- Fig. 5.43 : Coupe géologique du site de la cuirasse de la Maison Neuve (Mézières-en-Brenne) à l'Ozance
- Fig. 5.44 : Plan de situation du site de Sainte-Thérèse (Vendœuvres, Indre)
- Fig. 5.45 : Carte géologique des environs de Vendœuvres
- Fig. 5.46 : Site des minières des Chaumettes (Saint-Léomer, Vienne)
- Fig. 5.47: Log des formations lithologiques du Montmorillonnais
- Fig. 5.48 : Carte géologique des sites aux environs de La Trimouille. (10) minière des Chaumettes à Saint-Léomer, (11) doline ennoyée des Fosses à Thollet, (13) site de la Clairaudie à La Trimouille
- Fig. 5.49: Coupe géologique de la confluence du Salleron et du Vairon au socle du Massif Central
- Fig. 5.50 : Doline ennoyée des Fosses (Thollet, Vienne)
- Fig. 5.51 : Doline de la Clairaudie (La Trimouille, Vienne)
- Fig. 5.52 : Carrière des ajoncs de Siouvre et des phénomènes karstiques voisins / Sillars (Vienne)
- Fig. 5.53 : Carte géologique de la carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars)
- Fig. 5.54 : Carrière des Ajoncs de Siouvre à Sillars / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 6-0821/2b
- Fig. 5.55 : Macroscopie des sables de la carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars) / Échantillon 6-0821/2b
- Fig. 5.56 : Minières de la Pouge (Verrières, Vienne) et phénomènes karstiques voisins
- Fig. 5.57 : Carte géologique de la minière de la Pouge (Verrières)
- Fig. 5.58 : Graphe ternaire des échantillons de l'ensemble des échantillons prélevés en Champagne berrichonne
- Fig. 5.59 : Signature polymorphe des minerais de fer pisolitique de la Champagne berrichonne
- Fig. 5.60 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer de la Champagne berrichonne et du Seuil du Poitou
- Fig. 5.61 : Coupe théorique projetée du Montmorillonais à la Champagne berrichonne
- Fig. 5.62 : Synthèse des itinéraires géochimiques et de la genèse d'évolution d'un remplissage karstique de minerai de fer sidérolithique
- Fig. 5.63 : L'enregistrement des niveaux aquifères des témoins dues processus successifs de l'enfoncement du Cher dans le remplissage de la salle d'entrée de la grotte-minière de Chanteloup (Lunery, Cher)

Chapitre 6 : Les formations ferrugineuses des plateaux crayeux à l'ouest du Massif armoricain (Pays d'Ouche et Plaine de Saint-André)

- Fig. 6.01 : Carte géologique et localisation des sites du Pays d'Ouche (Eure)
- Fig. 6.02 : Carte géomorphologique et localisation des sites du Pays d'Ouche (Eure)
- Fig. 6.03 : Représentation schématique de la formation des mardelles et du piégeage des éléments ferrugineux
- Fig. 6.04 : Site des minières des Clos (La Ferrière-sur-Risle, Eure)
- Fig. 6.05 : Carte géologique des minières de la Ferrières-sur-Risle et Sainte-Marthe
- Fig. 6.06: Log des formations lithologiques du Pays d'Ouche
- Fig. 6.07 : Coupe géologique de la Soudière (Beaumont-le-Roger) à la Ferrière-sur-Risle
- Fig. 6.08 : Site des minières des Vallées (Sainte-Marthe, Eure)
- Fig. 6.09 : Sites des minières de Damville (Eure) et localisation des prélèvements d'échantillons
- Fig. 6.10 : Carte géologique des minières de Damville et environs

- Fig. 6.11 : Sites des minières de Nogent-le-Sec (Eure)
- Fig. 6.12 : Carte géologique des minières de Nogent-le-Sec
- Fig. 6.13 : Site des minières du Buisson Houdier (Saint-Nicolas d'Attez, Eure)
- Fig. 6.14 : Carte géologique des minières de Saint-Nicolas d'Attez et environs
- Fig. 6.15 : Graphe ternaire des échantillons de l'ensemble des échantillons du Pays d'Ouche et de la Plaine-Saint-André (Eure)
- Fig. 6.16 : Signature polymorphe des minerais de fer du Pays d'Ouche et de la Plaine-Saint-André (Eure)
- Fig. 6.17 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer du Pays d'Ouche et de la Plaine-Saint-André (Eure)
- Fig. 6.18 : Tracé des fracturations supposées ou probables et localisation des gîtes d'exploitation de minerai de fer du Pays d'Ouche et de la Plaine Saint-André (Eure)
- Fig. 6.19: Formation de sphærosidérites dans un milieu lacustre ou lagunaire et processus géomicrobiologique responsable de la variation du δ^{13} C dans les spectres des sphærosidérites météoriques

Chapitre 7 : Les formations ferrugineuses continentales de la charnière des Rifts rhénan et bressan (Du fossé de la petite Saône aux collines pré-jurassiennes)

- Fig. 7.01 : Carte géologique / Principales régions géologiques et localisation des sites de Franche-Comté
- Fig. 7.02 : Carte géomorphologique / Principales régions naturelles et localisation des sites de Franche-Comté
- Fig. 7.03 : Répartition des principaux gîtes de minerai d'origine continentale recensé dans le département de la Haute-Saône
- Fig. 7.04 : Site des minières des Épinottes (Chargey-lès-Gray, Haute-Saône)
- Fig. 7.05 : Log des formations lithologiques de la vallée de la Saône à proximité de Gray
- Fig. 7.06 : Log des formations lithologiques de la Vallée de la Saône à proximité de Gray
- Fig. 7.07 : Coupe géologique de la vallée de la Saône à proximité de Gray
- Fig. 7.08 : Site des minières de la Corne Saint-Adrien (Gray, Haute-Saône)
- Fig. 7.09 : Carte géologique de la rive gauche de la Saône entre Gray et les minières de la Corne Saint-Adrien
- Fig. 7.10 : Site des minières du Grand Raroy (Beire-le-Châtel, Côte d'Or)
- Fig. 7.11 : Carte géologique de l'interfluve Tille-Vingeanne et des minières du Grand Raroy
- Fig. 7.12: Log des formations lithologiques du synclinal de la Tille
- Fig. 7.13 : Coupe géologique du synclinal de la Tille
- Fig. 7.14 : Localisation de la grotte-minière des Équevillons (Montcey, Haute-Saône)
- Fig. 7.15 : Carte géologique de Vesoul à la grotte-minière de Montcey
- Fig. 7.16 : Log des formations lithologiques de la région de Vesoul
- Fig. 7.17 : Coupe géologique du plateau au NE de Vesoul
- Fig. 7.18 : Plan et coupe de la grotte-minière des Équevillons (Montcey, Haute-Saône)
- Fig. 7.19 : Grotte-minière des Équevillons/ Coupe réseau 26
- Fig. 7.20 : Granulométrie des sables de l'échantillon 7-0614/11 / Réseau 26, base puits 22, grotte des Équevillons
- Fig. 7.21 : Localisation de la grotte-minière de Champtourneau (Bucey-lès-Gy, Haute-Saône)
- Fig. 7.22 : Carte géologique de Bucey-lès-Gy à la grotte-minière de Champtourneau
- Fig. 7.23 : Log des formations lithologiques de la région de Gy
- Fig. 7.24 : Coupe géologique du contact fossé de la Saône plateaux de Vesoul
- Fig. 7.25 : Plan de la grotte de Champtourneau (Bucey-lès-Gy, Haute-Saône)/ Localisation des prélèvements des échantillons
- Fig. 7.26 : Site des minières du Coteau (Éguenigue, Territoire de Belfort)
- Fig. 7.27 : Carte géologique des minières d'Éguenigue et environs
- Fig. 7.28 : Site des minières du bois de la Brusse (Bethoncourt, Doubs)
- Fig. 7.29 : Carte géologique des minières du bois et de la Brusse et de Bethoncourt

- Fig. 7.30 : Log des formations lithologiques de la région de Montbéliard
- Fig. 7.31 : Coupe géologique du contact des Collines pré-jurassiennes et du fossé du Rhin
- Fig. 7.32 : Site des minières du bois de la Côte (Fallon, Haute-Saône)
- Fig. 7.33 : Carte géologiques des minières de Fallon et environs
- Fig. 7.34 : Plan des minières du bois de la Côte (Fallon, Haute-Saône) et localisation de la coupe et du prélèvement des échantillons
- Fig. 7.35 : Plan et coupe de la grotte-minière du Creux des Morts (Minières du bois de la Côte, Fallon) et localisation de la coupe 1
- Fig. 7.36 : Creux des morts / Galerie inférieure, Coupe 1 (Minières du bois de la Côte, Fallon)
- Fig. 7.37 : Carrière Voye de Lisle (Romain, Doubs)
- Fig. 7.38 : Carte géologique des collines pré-jurasiennes aux environs de Romain
- Fig. 7.39 : Graphe ternaire des échantillons de l'ensemble des échantillons prélevés sur les plateaux de Vesoul et dans le fossé de la petite Saône
- Fig. 7.40 : Signature polymorphe des échantillons des plateaux de Vesoul et du fossé de la petite Saône
- Fig. 7.41 : Indices d'altération et de lessivage des plateaux de Vesoul et du fossé de la petite Saône
- Fig. 7.42 : Coupe théorique projetée du fossé de la petite Saône à la Porte de Bourgogne
- Fig. 7.43 : Profil hypothétique du fossé de la Saône lors du paroxysme de l'encaissement au début du Quaternaire
- Fig. 7.44 : Coupe des minières de Châtenois-les-Forges (Territoire de Belfort)
- Fig. 7.45 : Statistique des directions préférentielles de fracturation relevées sur les gîtes des plateaux de Vesoul et des Collines préjurassiennes
- Fig. 7.46 : Statistique des directions préférentielles des failles mentionnées sur les cartes géologique de la région étudiée

Chapitre 8 : Conclusions générales, restrictions et perspectives

- Fig. 8.01 : Graphe ternaire de l'ensemble des échantillons des formations ferrugineuses du Bassin parisien et de la Franche-Comté
- Fig. 8.02 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des formations ferrugineuses du Bassin parisien de la Franche-Comté
- Fig. 8.03 : Répartition minérale des diffractométries des formations ferrugineuses du Bassin parisien et de la Franche-Comté (35 échantillons)
- Fig. 8.04 : Répartition minérale des diffractométries des formations argileuses et sableuses du Bassin parisien et de la Franche-Comté (15 échantillons)
- Fig. 8.05 : Localisation des sites avec différenciation de l'encaissant carbonaté par étage géologique
- Fig. 8.06 : Carte des gîtes à ferricrètes dans leur contexte karstique

Livre II (Annexes)

- Fig. 9.01 : Carte de différentes régions étudiées par les auteurs cités dans l'éphéméride
- Fig. 9.02 : Gîte de minerai de fer pisiforme du Lavoir du Mettenberg (Saugern, Jura de Bâle)
- Fig. 9.03 : Gîte de minerai de fer sur la même montagne (Saugern, Jura de Bâle)
- Fig. 9.04 : Gîte de minerai de fer pisiforme de la Charbonnière (pente du Mettemberg, Jura de Bâle)
- Fig. 9.05 : Croquis issus du rapport du 4 avril 1834 de l'ingénieur ordinaire des mines sur les minières de Villerschemin (Haute-Saône)
- Fig. 9.06 : Croquis issus du rapport du 4 avril 1834 de l'ingénieur ordinaire des mines sur les minières de Villerschemin (Haute-Saône)
- Fig. 9.07 : Coupe détaillée de la minière de Lembuche (Mayenne)
- Fig. 9.08 : Coupe détaillée de la minière du Gué-de-la-Charte (Mayenne)
- Fig. 9.09 : Minières du plateau de Mélaire à Poissons (Haute-Marne)
- Fig. 9.10 : Minières de la Côte de Jouy à Chatonrupt (Haute-Marne)
- Fig. 9.11 : Vue en coupe d'une exploitation de minerai de fer en grains dans les bois de Ville-Houdlémont [anciennement département de la Moselle]

- Fig. 9.12: Coupe d'un amas ferrugineux karstiques à Goersdorf (Bas-Rhin)
- Fig. 9.13 : coupe d'un rognon ferrugineux à Seltz (Bas-Rhin)
- Fig. 9.14 : Plan des minières de Saint-Pancré [anciennement département de la Moselle]
- Fig. 9.15 : Vue en coupe des minières de Saint-Pancré
- Fig. 9.16 : Coupe du terrain sidérolithique à Roppe (territoire de Belfort)
- Fig. 9.17 : Coupe d'une poche à minerai pisolitique dans les poches du calcaire jurassique (Vienne)
- Fig. 9.18 : Coupe d'une excavation naturelle avec argile, sable et minerai de fer (Vienne)
- Fig. 9.19: Orientation préférentielle des poches à minerais de Saint-Pancré (Meurthe & Moselle)
- Fig. 9.20 : Structure théorique d'une poche de minerai (Champagne berrichonne)
- Fig. 9.21 : Structure théorique d'une poche de minerai (Champagne berrichonne)
- Fig. 9.22 et 9.23 : Coupe montrant la disposition de gîtes en "filon" (Champagne berrichonne)
- Fig. 9.24 : Diverses structures du minerai de fer pisolithique
- Fig. 9.25 : Le minerai de fer fort de Saint-Pancré [Pays-Haut, Meurthe-et-Moselle]
- Fig. 9.26 : Poche à minerai de fer en grains dans les calcaires du Bathonien inférieur, carrière de Velesmes (Doubs)
- Fig. 9.27 et 9.28 : Coupes relevées dans la galerie du puits de la Blancherie à Delémont (Suisse)

PHOTOGRAPHIES

Chapitre 2 : Objectifs - Problématique - Méthodologie

- Photo 2.01: Loupe trinoculaire Perfex Sciences Zoom Pro 10.46
- Photo 2.02: Microscope Motic PM -2805
- Photo 2.03 : Scie d'arasement Brot
- Photo 2.04: Machine à roder Brot
- Photo 2.05 : Microscope métallurgique
- Photo 2.06 : Exemple de cliché d'un échantillon observé au microscope métallurgique
- Photo 2.07 : Echantillons pour analyse chimique à l'issue de la fusion à 1000°
- Photo 2.08: Spectromètre d'émission à source plasma (automate ICP-OES)
- Photo 2.09 : Microbroyeur oscillant / Atelier de litholamellage de l'université Henri Poincaré de Nancy
- Photo 2.10 : Détail du jeu de galets libres du microbroyeur à l'issue du broyage d'un échantillon contenant de la gœthite
- Photo 2.11 : Diffractomètre Siemens D500X et écran de visualisation des diagrammes de diffractométriques RX
- Photo 2.12 : Diffractomètre Siemens D500X et écran de visualisation des diagrammes de diffractométriques RX
- Photo 2.13: Tamiseuse Endecolls et colonne de tamis / Laboratoire de géographie, CERPA, Nancy 2
- Photo 2.14 : Ensemble du matériel d'acquisition (ordinateur portable, batterie, boîtier de synchronisation du tir et de l'enregistrement
- Photo 2.15 : Géophone connecté sur le câble d'acheminement des données
- Photo 2.16: Déclenchement de l'onde de choc par frappe sur la cible (plaque métallique) avec une masse
- Photo 2.17: Système informatique permettant la visualisation des signaux et l'acquisition des données

Chapitre 3 : Les formations ferrugineuses continentales au sud de l'Ardenne (de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut)

- Photo 3.01 : Réseaux karstiques recoupés par la voie ferrée de Charleville-Mézières à Hirson / La Butte au Genet (Bucilly)
- Photo 3.02 : Microscopie d'un échantillon de minerai (6-0807/1) / la Butte au Genet (Bucilly)
- Photo 3.03 : Minières du bois des Ivis / Fosses d'extraction abandonnées
- Photo 3.04 : Minière du bois des Ivis / Bloc de Mine poivrée* (échantillon 9-0506/1)
- Photo 3.05 : Microscopie à faible grossissement d'une surface polie de Mine poivrée* / Minières du bois des Ivis (Neuvillelès-This)
- Photo 3.06 : Microscopie à faible grossissement d'une lame mince de Mine poivrée* / Minières du bois des lvis (Neuvillelès-This)
- Photo 3.07 : Microscopie à fort grossissement de Mine poivrée* / Minières du bois des Ivis (Neuville-lès-This)
- Photo 3.08 : Microscopie métallurgique de Mine poivrée* / Minières du bois des Ivis (Neuville-lès-This)
- Photo 3.09: Bois d'Énelle / Ancienne fosse d'extraction
- Photo 3.10: Bois d'Énelle / Ancienne fosse d'extraction
- Photo 3.11 : Bloc de minerai fortement hématisé (Mine en clous) / Minières du bois d'Enelle (Balaives-et-Butz)
- Photo 3.12 : Macroscopie optique de l'échantillon mine en clous / Minières du bois d'Enelle (Balaives-et-Butz
- Photo 3.13 : Microscopie optique à faible grossissement de l'échantillon de Mine à clous / Minières du Bois d'Énelle (Balaives-et-Butz)
- Photo 3.14 : Microscopie métallurgique à fort grossissement de l'échantillon de Mine à clous / Minières du Bois d'Énelle (Balaives-et-Butz)
- Photo 3.15 : Microscopie d'un échantillon de grès saccharoïde / Gîte du bois d'Enelle (Balaives-et-Butz)
- Photo 3.16 : Microscopie à fort grossissement d'un grain de zircon / Échantillon de grès saccharoïde / Gîte du bois d'Enelle (Balaives-et Butz)
- Photo 3.17 : Microscopie d'un échantillon de calcaire silicifié / Forêt d'Élan (Élan)
- Photo 3.18 : Microscopie d'un échantillon de calcaire silicifié / Forêt d'Élan (Élan)

- Photo 3.19 : Coupe macroscopique d'un rognon de fer construit autour de géodes / Site de la Côte des Vignes (Sapogneet-Feuchères)
- Photo 3.20 : Microscopie d'un rognon de fer construit autour de géodes / Site de la Côte des Vignes (Sapogne-et-Feuchères)
- Photo 3.21 : Gravier avec oolithes silicifiées / Bois de l'Agace (Haraucourt)
- Photo 3.22 : Microscopie d'un échantillon de minerai de fer (7-0923/1) / Bois de l'Agace (Haraucourt)
- Photo 3.23: Microscopie d'un échantillon de grès ferrugineux (6-1209/4) / La Truche (Amblimont)
- Photo 3.24 : Microscopie d'un échantillon de grès ferrugineux (6-1209/4) / Détail des enveloppes coalescentes d'oxyde de fer
- Photo 3.25 : Tranchée de la route D947 entre Baâlon et Stenay
- Photo 3.26: Microscopie de l'échantillon minerai de fer (6-1209/3) / Ferme de Heurtebise (Stenay)
- Photo 3.27 : Anciennes fosses d'extraction de sable et d'argile / Gîte du bois de Nouart (Tailly)
- Photo 3.28: Vestiges d'installations industrielles / Gîte du bois de Nouart (Tailly)
- Photo 3.29: Travaux relatif à la coupe stratigraphique /Gîte du bois de Nouart (Tailly)
- Photo 3.30 : Remplissage en place d'une des doline du gîte du bois de Nouart (Tailly)
- Photo 3.31: Minières du bois de Signy (Signy-Montlibert)
- Photo 3.32: Microscopie d'un nodule de minerai de fer (9-0318/6) / Bois de Signy (Signy-Montlibert)
- Photo 3.33 : Entrée de la galerie de la grotte-minière n°2 du bois Champel (Signy-Montlibert)
- Photo 3.34 : Microscopie d'un échantillon de calcaire altéré (9-0522/2) / Minières du bois de Champel (Signy-Montlibert)
- Photo 3.35: Microscopie d'un échantillon de minerai de fer (9-0318/5) / Vallon du Trou du Diable (Thonne-le-Thil)
- Photo 3.36 : Microscopie de grès ferrugineux (9-0214/1) / Ermitage Saint-Walfroy (Bièvres)
- Photo 3.37: Microscopie d'un échantillon de fer fort (9-0214/4) / Le Haut des Essarts (Verneuil-Grand)
- Photo 3.38 : Microscopie des quartz néoformés / Échantillon de fer fort / Le Haut des essarts (Verneuil-Grand)
- Photo 3.39: Microscopie d'un échantillon de grès ferrugineux (9-0214/12) / La Redoute (Thonne-la-Long)
- Photo 3.40 : Microscopie à fort grossissement d'un échantillon de grès ferrugineux (9-0214/12) / La Redoute (Thonne-la-Long)
- Photo 3.41 : Doline / Minières du Bois du Pas Bayard (Saint-Pancré)
- Photo 3.42 : Ruelle / Minières du bois du pas Bayard (Saint-Pancré)
- Photo 3.43 : Doline de la Blanche-Haye (Saint-Pancré) / Aspect avant remblaiement
- Photo 3.44 : Doline de la Blanche-Haye (Saint-Pancré) / Bloc massif de Fer fort
- Photo 3.45 : Macroscopie d'un bloc de limonite néoformée et empreintes de cardites (doline de la Blanche-Haye, Saint-Pancré)
- Photo 3.46 : Microscopie d'une limonite néoformée / Échantillon 5-0501/1 (doline de la Blanche-Haye, Saint-Pancré)
- Photo 3.47 : Microscopie d'une limonite néoformée / Échantillon 5-0501/1 (doline de la Blanche-Haye, Saint-Pancré)
- Photo 3.48 : Microscopie d'une limonite néoformée / Échantillon 5-0501/1 (doline de la Blanche-Haye, Saint-Pancré)
- Photo 3.49: Microscopie d'un faciès massif de Fer fort/ Echantillon 5-0501/2 (doline de la Blanche-Haye, Saint-Pancré)
- Photo 3.50 : Microscopie d'un faciès massif de Fer fort / Échantillon 5-0501/2 (doline de la Blanche-Haye (Saint-Pancré)
- Photo 3.51 : Paléoréseau (Endokarst de Saint-Pancré)
- Photo 3.52 : Paléoréseau (Endokarst de Saint-Pancré)
- Photo 3.53: Lapiaz exhumé (Saint-Pancré)
- Photo 3.54 : Lapiaz exhumé (Saint-Pancré)
- Photo 3.55 : Microscopie d'un faciès massif / Échantillon 5-0501/5 (lapiaz du bois du Pas Bayard, Saint-Pancré)
- Photo 3.56 : Microscopie à fort grossissement d'un faciès massif / Échantillon 5-0501/5 (lapiaz du bois du Pas Bayard, Saint-Pancré)
- Photo 3.57 : Travaux de terrassement de l'éolienne 6
- Photo 3.58 : Travaux de terrassement de l'éolienne 8

Photo 3.59: Microscopie d'un faciès massif de Fer fort/ Échantillon 4-1231/6 (mlnières d'Allondrelle- Lamalmaison)

Photo 3.60 : Microscopie d'un faciès massif de Fer fort/ Échantillon 4-1231/6 (minières d'Allondrelle- La Malmaison

Photo 3.61: Organisation interne d'un nodule de Fer fort / Échantillon 5-0101/2 (La Caüatte, Pierrepont)

Photo 3.62 : Pisolite à cortex unique / Échantillon 5-0101/2 (La Caüatte, Pierrepont)

Photo 3.63 : Microscopie à faible grossissement d'un l'échantillon de Fer fort / Échantillon 9-0214/2/2 (La Couleuvre, Mercy-le-Bas)

Photo 3.64 : Détail / Échantillon 9-0214/2/2 (La Couleuvre, Mercy-le-Bas)

Photo 3.65: Rognon de Fer fort, faciès massif / Échantillon 5-0501/3 (Les Minières, Hussigny-Godbrange

Photo 3.66: Rognon de Fer fort, faciès massif / Échantillon 5-0501/3 (Les Minières, Hussigny-Godbrange)

Photo 3.67 : Microscopie métallurgique, rognon de Fer fort, faciès massif / Échantillon 5-0501/3 (Les Minières, Hussigny-Godbrange)

Photo 3.68 : Microscopie métallurgique, rognon de Fer fort, faciès massif / Échantillon 5-0501/3 (Les Minières (Hussigny-Godbrange)

Photo 3.69 : Vue aérienne de la Borne de Fer (Audun-le-Tiche, Moselle)

Photo 3.70 : Vestige du réservoir (capacité initiale de 100 m³) destiné à alimenter les lavoirs à minerai de Fer fort de la Borne de Fer

Photo 3.71: Fer fort en place / Paroi nord de la doline du sommet de la Borne de Fer (Audun-le-Tiche)

Photo 3.72 : Empreinte de fossile de cardite sur un bloc de Fer fort à faciès massif / Gîte de la Borne de Fer (Audun-le-Tiche)

Photo 3.73: Organisation interne d'un faciès massif / Échantillon 4-1231/2 (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.74: Détail d'un protopisolite avec cœur évidé / Échantillon 4-1231/2 (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.75 : Découpe d'un bloc de Fer fort à faciès pisolitique (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.76 : Détail de l'organisation du faciès massif au contact de la pellicule de lépidocrocite / Échantillon 5-0501/11 (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.77 : Pisolite à cortex unique vu au microscope métallurgique / faciès protopisolitique, échantillon 5-0501/11 (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.78: Pisolite à cortex multiples vu au microscope métallurgique / Faciès propisolitique, échantillon 5-0501/11 (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Photo 3.79 : Bloc de Fer fort à faciès massif (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.80 : Découpe du bloc de Fer fort de la photo précédente

Photo 3.81: Microscopie de la zone de transition (C1 / C2) / Échantillon 5-0501/7 (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.82 : Fossile altéré (C₁) / Échantillon 5-0501/7 (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.83 : Fantôme de Clypeina / Échantillon 5-0501/7 (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.84: Cristaux de quartz néoformés / Échantillon 5-0501/7) (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.85 : Papule / Échantillon de Fer fort à faciès massif (minières du bois de bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.86: Fossile altéré (C1) / Échantillon 5-0501/7 (minières du bois de Butte, Villerupt)

Photo 3.87 : Microscopie optique / Échantillon de Fer fort à faciès massif 5-0501/6 (carrière de Reserveviertel, Volmerangeles-Mines

Photo 3.88 : Microscopie optique/ Échantillon de Fer fort à faciès massif 5-0501/6 (carrière de Reserveviertel, Volmerangeles-Mines)

Photo 3.89 : Microscopie métallurgique / Échantillon de Fer fort à faciès massif 5-0501/6 (carrière de Reserveviertel, Volmerange-les-Mines

Photo 3.90 : Microscopie métallurgique / Échantillon de Fer fort à faciès massif 5-0501/6 (carrière de Reserveviertel, Volmerange-les-Mines

Photo 3.91 : Conglomérat de pisolites et galets de quartz (Les Minières, Villécloye)

Photo 3.92 : Découpe conglomérat de pisolites et galets de quartz (Les Minières, Villécloye)

Photo 3.93: Conglomérat de pisolites et galets de quartz/ Échantillon 9-0303/1, Les Minières (Villécloye)

Photo 3.94 : Détail de la micromorphologie d'un conglomérat de pisolites et galets de quartz / Échantillon 9-0303/2, Les Minières (Villécloye)

- Photo 3.95: Scories de bas-fourneaux (bois de Parfondevaux, Saint-Laurent-sur-Othain)
- Photo 3.96: Gouffre-perte n°725 (bois de Parfonde vaux, Saint-Laurent-sur-Othain)
- Photo 3.97: Ruisseau souterrain du Failly (Delut) / Siphon terminal
- Photo 3.98: Ruisseau souterrain du Failly (Delut) / Été 1976
- Photo 3.99 : Méandre abandonné de la Chiers à Charency-Vézin (Meurthe-et-Moselle)
- Photo 3.100 : Nodules de Fer fort en provenance du lobe du méandre abandonné de la Chiers
- Photo 3.101 : Galet de Pierre de Stonne / Échantillon 5-0501/10 (méandre abandonné de la Chiers, Charency-Vézin)
- Photo 3.102 : Micromorphologie d'un galet de Pierre de Stonne / Échantillon 5-0501/10 (méandre abandonné de la Chiers, Charency-Vézin)
- Photo 3.103 : Macroscopie d'un galet de Pierre de Stonne / Échantillon 5-0501/8 (paléo-terrasse en rive droite de la Chiers, Viviers-sur-Chiers)
- Photo 3.104 : Micromorphologie Pierre de Stonne / Échantillon 5-0501/8 (paléo-terrasse en rive droite de la Chiers, Viviers-sur-Chiers)
- Photo 3.105 : Gouffre-minière du Haut des Scieries (Viviers-sur-Chiers) / Ancien chantier de fouille en interstrate
- Photo 3.106 : Gouffre-minière du Haut des Scieries (Viviers-sur-Chiers) / Détail du remplissage
- Photo 3.107: Microscopie à faible grossissement des micropisolites / Échantillon 5-0101/1 (grotte-minière du Haut-de-Sery (Viviers-sur-Chiers)
- Photo 3.108: Détail d'un micropisolite / Échantillon 5-0101/1 (grotte-minière du Haut-de-Sery, Viviers-sur-Chiers)
- Photo 3.109 : Échantillon de grès ferrugineux / Échantillon 9-0214/6 (Godwiese, Russange)
- Photo 3.110 : Micromorphologie d'un nodule de grès ferrugineux / Échantillon 9-0214/6 (Godwiese, Russange)
- Photo 3.111 : Cuirasse à faciès métanodulaire en place (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.112 : Cuirasse à faciès métanodulaire / Détail (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.113 : Cuirasse à faciès massif (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.114 : Cuirasse à faciès massif / Détail (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.115 : Cuirasse massive légèrement dégradée (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.116 : Cuirasse massive légèrement dégradée (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)e
- Photo 3.117 : Cuirasse dégradée / Faciès protopisolitique (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.118 : Cuirasse très dégradée / Faciès parapisolitique (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.119 : Pisolites sphériques ou ovoïdes libres (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)
- Photo 3.120 : Coupe d'un pisolite libre (Borne de Fer, Audun-le-Tiche)

Chapitre 4 : Les formations ferrugineuses du Contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne

- Photo 4.01 : Vue aérienne des minières de Mélaire
- Photo 4.02 : Minière dite « Au petit pont rocheux » à Poissons
- Photo 4.03 : Puits en voie de comblement sur le site de Laiçon à Poissons
- Photo 4.04 : Minerai de fer en place dans un puits, site du Laiçon à Poissons
- Photo 4.05 : Minerai de fer en place / Minière dite " Au petit pont rocheux" / Le Laiçon (Poissons)
- Photo 4.06 : Découpe d'un échantillon prélevé dans un puits des minières de Mélaire (Poissons)
- Photo 4.07 : Microscopie d'un faciès massif de minerai / Échantillon 6-0711/11 (Minières du Laiçon, Poissons)
- Photo 4.08 : Microscopie d'une géode de calcite néoformée / Échantillon 6-0711/11 (Minières du Laiçon (Poissons)
- Photo 4.09 : Tranchée ouverte sur le site des Hautes-Minières (Montreuil-sur-Thonnance)
- Photo 4.10 : Bloc de minerai récolté sur le site des Hautes-Minières (Montreui-sur-Thonnance)
- Photo 4.11 : Microscopie de l'échantillon 6-0711/3 (Les Hautes-Minières, Montreuil-sur-Thonnance)
- Photo 4.12: Détail d'une fente de dessiccation de l'échantillon 6-0711/3

Photo 4.13 : Microscopie d'un échantillon de minerai oolithique remanié / Échantillon 9-0711/6 (Les Hautes Minières, Montreuil-sur-Thonnance)

Photo 4.14: Microscopie d'un échantillon de minerai oolithique remanié / Échantillon 9-0711/6 (Les Hautes Minières, Montreuil-sur-Thonnance)

Photo 4.15: Macroscopie d'un calcaire ferrugineux / Échantillon 6-0711/10 (Les Hautes-Minières, Montreuil-sur-Thonnance)

Photo 4.16: Macroscopie d'un calcaire ferrugineux / Échantillon 6-0711/10 (Les Hautes-Minières, Montreuil-sur-Thonnance)

Photo 4.17 : Echantillon de fer géodique (minières du bois de Morley, Morley)

Photo 4.18 : Microscopie à fort grossissement de minerai de fer géodique (minières du bois de Morley, Morley)

Photo 4.19 : Coupe F1 (tranchée du Charmoi, bois de Montiers, Montiers-sur-Saulx)

Photo 4.20 : Cliché à faible grossissement d'un échantillon de minerai de fer géodique / Échantillon 9-0311/1

Photo 4.21 : Microscopie d'échantillon de minerai de fer géodique 9-0311/1 (tranchée du Charmoi, bois de Montiers)

Photo 4.22 : Détail d'une fente de dessiccation de l'échantillon 9-0311/1 (tranchée du Charmoi, bois de Montiers)

Photo 4.23 : Échantillon de minerai de fer géodique / Échantillon 9-1001/2 (gîte du Jardinot, Montiers-sur-Saulx)

Photo 4.24 : Microscopie d'un échantillon d'un minerai de fer géodique / Échantillon 9-1001/2 (gîte du Jardinot, Montiers-sur-Saulx)

Photo 4.25 : Microscopie à faible grossissement d'un échantillon d'un minerai oolithique remanié / Échantillon 9-0811/1 (minières du bois Foucherotte, Biencourt-sur-Orge)

Photo 4.26: Microscopie d'un échantillon d'un minerai oolithique remanié / Échantillon 9-0811/1 (minières du bois Foucherotte, Biencourt-sur-Orge)

Photo 4.27 : Minières de la forêt de Tréveray / Cirque de La Vau

Photo 4.28 : Minières de la forêt de Tréveray / Cirque de La Vau / Détail d'un chicot

Photo 4.29: Microscopie d'un échantillon de "fer fort" / Échantillon 9-0811/2 (minières de l'Épinotte, Orquevaux)

Photo 4.30 : Microscopie à fort grossissement d'un échantillon de "fer fort" / Échantillon 9-0811/2 (minières de l'Épinotte, Orquevaux)

Chapitre 5 : Les formations ferrugineuses continentales au nord du Massif central (De la Champagne berrichonne au Montmorillonnais)

Photo 5.01 : Organisation interne d'un callot de pisolites / Échantillon 6-1003/1 (carrière de Bois Minon, Mentou-Couture)

Photo 5.02 : Conglomérats de pisolites / Échantillon 6-0823/1 (carrière de Bois Minon, Ménetou-Couture)

Photo 5.03 : Grès ferrugineux barrémien épigénisé par les oxydes de fer (Crézancy-en-Sancerre) / Concentration fossilifère

Photo 5.04 : Grès ferrugineux barrémien à faciès continental (Crézancy-en-Sancerre) / Échantillon 6-0728/1 / Organisation du fond matriciel

Photo 5.05 : Grès ferrugineux barrémien à faciès continental (Crézancy-en-Sancerre) / Échantillon 6-0728/1 / Détail de la pénétration des grains de quartz par les oxydes de fer

Photo 5.06: Grès ferrugineux barrémien à faciès continental (Crézancy-en-Sancerre) / Échantillon 6-0728/1 / Grain polycristallin de quartz

Photo 5.07 : Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) / Entrée

Photo 5.08 : Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher)/ Réseau nord

Photo 5.09: Grotte de Chantelou (Lunery, Cher) / Coupe nºl / Formation (I) / Transition des unités (A) et (B)

Photo 5.10: Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) / Coupe nºl / Formation I / unité C / Sous-unités (2) et (3)

Photo 5.11 : Grotte de Chanteloup (Lunery, Cher) / Coupe n°2 / Vue générale de la coupe

Photo 5.12 : Grotte de Chantelou (Lunery, Cher) / Coupe nº / Unités (A) à (C)

Photo 5.13: Lame mince 6-0824/1 / Organisation des cristaux de calcite (Grotte de Chanteloup)

Photo 5.14 : Lame mince 6-0824/1 / Détail de l'organisation des cristaux de calcite à la périphérie d'un pisolite (Grotte de Chanteloup)

Photo 5.15 : Pisolite à cortex unique et pisolite "vrai" (Grotte de Chanteloup) / Échantillon 6-0824/1

Photo 5.16 : Conglomérat ovoïde de pisolites agrégés (Grotte de Chanteloup) / Échantillon 6-0824 /1

- Photo 5.17 : Détail de l'organisation du plasma argileux et des cristaux de calcite (Grotte de Chanteloup) / Échantillon 6-0824/3
- Photo 5.18 : Détail de l'organisation des cristaux de calcite à la périphérie des pisolites (Grotte de Chanteloup)
- Photo 5.19: Détail des cristaux maclés automorphes de calcite (Grotte de Chanteloup) / Echantillon 6-0824/3)
- Photo 5.20: Pisolite "vrai" (Grotte de Chanteloup) / Echantillon 6-0824/3
- Photo 5.21: Encroûtement ferrugineux (Grotte de Chanteloup) / Échantillon 6-0824/4 / Vue globale
- Photo 5.22 : Encroûtement ferrugineux (Grotte de Chanteloup) / Échantillon 6-0824/4 / Détail
- Photo 5.23: Grotte du Patouillet (Lunery, Cher) / Galerie d'exploitation
- Photo 5.24: Grotte du Patouillet. (Lunery, Cher) / "Callot" de pisolites en place
- Photo 5.25 : Organisation des vides autour des pisolites et à l'intérieur du plasma (grotte du Patouillet) / Échantillon 6-0825/5
- Photo 5.26 : Organisation des cristaux de calcite à la périphérie d'un pisolite (grotte du Patouillet) / Échantillon 6-0824/5
- Photo 5.27 : Organisation interne d'un pisolite "vrai" à cortex multiple (grotte du Patouillet) / Échantillon 6-0825/1
- Photo 5.28 : Conglomérat ovoïde de pisolites agrégés (Ø : 7,2 mm) réunis par un cortex unique (grotte du Patouillet)
- Photo 5.29: Affleurement d'argile à minerai de fer pisolitique du Fourneau (Saint-Florent-sur-Cher, Cher)
- Photo 5.30 : Détail de l'affleurement d'argile à minerai de fer pisolitique du Fourneau (Saint-Florent-sur-Cher, Cher)
- Photo 5.31: Pisolites à cortex multiples (affleurement du Fourneau) / Échantillon 10-0102/3
- Photo 5.32 : Détail d'un pisolite éclaté (affleurement du Fourneau) / Échantillon 10-0102/3
- Photo 5.33 : Poche karstique fossilisée / Vue générale / Carrière des Baguettes (Châteauneuf-sur-Cher)
- Photo 5.34 : Poche karstique fossilisée / Détail / Carrière des Baguettes (Châteauneuf-sur-Cher)
- Photo 5.35: Conduit karstique / Vue générale / Carrière des Baquettes (Saint-Florent-sur-Cher)
- Photo 5.36 : Conduit karstique / Détail / Carrière des Baguettes (Saint-Florent-sur-Cher)
- Photo 5.37 : Photographie aérienne du Champ ou bois de l'Aiguille [Bois del'Éguillé]
- Photo 5.38: Vue de la coupe stratigraphique du front nord de la carrière Italcimenti du Subdray
- Photo 5.39: Vue du front de la carrière Italcimenti du Subdray au point d'observation 4b / Diaclase avec épontes recouvertes de concrétions de calcite
- Photo 5.40 : Vue du front de la carrière Italcimenti du Subdray au point d'observation 4b / Diaclase remplie de pisolites
- Photo 5.41 : Organisation des vides autour des pisolites et à l'intérieur du plasma / Echantillon 1002/3 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.42: Organisation interne des pisolites dans un callot / Echantillon 6-1002/3 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.43: Organisation interne d'un pisolite "vrai" / Echantillon 1002/5 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.44: Organisation interne d'un conglomérat de pisolites / Echantillon 6-1002/5 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.45: Coupe de la poche à minerai au point d'observation 4c (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.46: Détail du remplissage de la poche à minerai au point d'observation 4c (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.47: Organisation interne d'un pisolite "vrai" / Echantillon 6-1002/7 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.48: Organisation interne d'un conglomérat de pisolites / Echantillon 6-1002/7 (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.49: Poche à minerai au point d'observation 4d (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.50 : Détail du remplissage de la poche à minerai au point d'observation 4d (carrière Italcimenti, Le Subdray)
- Photo 5.51 : Minière de la ferme de Pont-Chauvet (La Celle-Condé, Cher) / Vue générale
- Photo 5.52 : Minière de la ferme de Pont-Chauvet (La Celle-Condé, Cher) / Détail de la berge où a été réalisée la coupe
- Photo 5.53: Organisation interne d'un callot de pisolites / Échantillon 6-0823/1 (Pont-Chauvet, La Celle-Condé)
- Photo 5.54 : Conglomérats de pisolites / Échantillon 6-0823/1 (Pont-Chauvet, La Celle-Condé)
- Photo 5.55 : Organisation interne de la cuirasse ferrugineuse / Échantillon 6-0823/ 3 (bois de Meillant, Meillant)
- Photo 5.56: Organisation interne de la cuirasse ferrugineuse / Échantillon 6-0823/4 (bois de Meillant, Meillant)
- Photo 5.57 : Lame mince d'un grès ferrugineux albien faiblement altéré / Échantillon 6-0507/3 (ferme des Sentiers, Massey)
- Photo 5.58 : Lame mince d'un grès ferrugineux altéré / Échantillon 6-0507/4 (ferme de la Chaumette, Massey)

Photo 5.59 : Cuirasse ferrugineuse de Brenne (Ferme de la Gaudonnerie (Mézières-en-Brenne, Indre)

Photo 5.60 : Organisation micromorphologique de la cuirasse ferrugineuse / Échantillon 6-0724/8 (Mézières-en-Brenne, Indre)

Photo 5.61 : Coupe de la D.925 entre à proximité du château de Sainte-Thérèse (Vendœuvres, Indre)

Photo 5.62 : Microscopie d'un conglomérat du complexe détritique de la Brenne / Échantillon 6-0822/ (Vendœuvres, Indre)

Photo 5.63 : Minières des Chaumettes (Saint-Léomer, Vienne) / Callot de taille métrique

Photo 5.64: Minières des Chaumettes (Saint-Léomer, Vienne) / Détail d'un callot de pisolites

Photo 5.65 : Pisolites à cœur constitué d'un fragment de cortex / Échantillon 6-0820/2 (Les Chaumettes, Saint-Léomer)

Photo 5.66: Organisation interne du callot* de pisolites / Échantillon 6-0820/2 (Les Chaumettes, Saint-Léomer)

Photo 5.67 : Conglomérat de pisolites avellanaires (Les Fosses, Thollet)

Photo 5.68 : Détail de la découpe du conglomérat présenté photo précédente / Échantillon 6-1004/6 (Les Fosses, Thollet)

Photo 5.69: Pisolites avellanaires / Échantillon 6-1004/6 (Les Fosses, Thollet)

Photo 5.70: Échantillon 6-1004/6 (Les Fosses, Thollet) / Plasma et squelette

Photo 5.71 : Callot de micro-pisolites / Échantillon 6-0821/3 (La Clairaudie, La Trimouille)

Photo 5.72 : Callot de micro-pisolites / Échantillon 6-0821/3 (La Clairaudie, La Trimouille) / Détail

Photo 5.73 : Carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars, Vienne)

Photo 5.74 : Détail de la carapace ferrugineuse de la carrière des Ajoncs Siouvre (Sillars, Vienne)

Photo 5.75 : Carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars) / Échantillon 6-0821/2a

Photo 5.76 : Détail de la photo précédente / Échantillon 6-0821/2a

Photo 5.77: Carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars) / Échantillon 6-0821/2b / Sables 100 µm

Photo 5.78: Carrière des Ajoncs de Siouvre (Sillars) / Échantillon 6-0821/2b / Sables 500 µm

Photo 5.79: Minières de la Pouge (Verrières, Vienne) / Échantillon 6-1005/8

Photo 5.80 : Minières de la Pouge (Verrières, Vienne) / Échantillon 6-1005/8

Photo 5.81: Poche karstique du Patouillet (Lunery, Cher)

Photo 5.82 : Détail du dépôt de calcite néoformée de la poche karstique du Patouillet (Lunery, Cher)

Chapitre 6 : Les formations ferrugineuses des plateaux crayeux à l'ouest du Massif armoricain (Pays d'Ouche et Plaine de Saint-André)

Photo 6.01 : Vestige d'une fosse d'extraction de minerai (Breteuil-sur-Iton, Eure)

Photo 6.02 : Bloc de grison employé dans le bâti (église de Breteuil-sur-Iton, Eure)

Photo 6.03 : Microscopie minerai karstique (La Ferrière-sur-Risle) / Échantillon 7-0621/2

Photo 6.04 : Cristaux de sphærosidédite sur minerai karstique (La Ferrière-sur-Risle) / Échantillon 7-0621/2

Photo 6.05 : Macroscopie d'un rognon de minerai karstique (Sainte-Marthe) / Échantillon 7-0621/1

Photo 6.06: Microscopie minerai karstique (Sainte-Marthe) / Échantillon 7-0621/1

Photo 6.07: Microscopie d'un minerai karstique (Damville) / Échantillon 7-0620/3

Photo 6.08 : Microscopie à fort grossissement d'un minerai karstique (Damville) / Échantillon 7-0620/3

Photo 6.09: Macroscopie d'un rognon de minerai de fer karstique (Nogent-le-Sec) / Échantillon 7-0620/5

Photo 6.10 : Rognon de minerai de fer karstique (Nogent-le-Sec) / Échantillon 7-0620/5

Photo 6.11 : Structure pisolitique (Nogent-le-Sec) / Échantillon 7-0620/5

Photo 6.12 : Fantôme de fossile épigénisé par les oxydes de fer (Nogent-le-Sec) / Échantillon 7-0620/5

Photo 6.13: Microscopie minerai karstique (Saint-Nicolas-d'Attez) / Échantillon 7-0620/4

Photo 6.14: Microscopie minerai karstique (Saint-Nicolas-d'Attez) / Échantillon 7-0620/4

Photo 6.15 : Sources ferrugineuses de la carrière Danube-Bouchon à Hautrage (Hainaut belge)

Photo 6.16 : Sources ferrugineuses de la carrière Danube-Bouchon à Hautrage (Hainaut belge) / Détail

Chapitre 7 : Les formations ferrugineuses continentales de la charnière des Rifts rhénan et bressan (Du fossé de la petite Saône aux collines pré-jurassiennes)

- Photo 7.01 : Loupes ou éponges de fer issues du creuset d'un bas fourneau / Ferme des Minières (Chargey-lès-Gray, Haute-Saône)
- Photo 7.02 : Surface polie d'un échantillon de fer d'une des loupes de fer (Ferme des Minières, Chargey-lès-Gray)
- Photo 7.03: Macroscopie d'une concrétion ferrugineuse / Échantillon 8-0819/2 / Les Épinottes (Chargey-lès-Gray)
- Photo 7.04: Microscopie à fort grossissement d'une concrétion ferrugineuse / Échantillon 8-0819/2 / Les Épinottes (Chargey-lès-Gray)
- Photo 7.05 : Surface polie / Échantillon 8-0819/2 / Les Épinottes (Chargey-lès-Gray)
- Photo 7.06: Surface polie / Échantillon 8-0819/2 / Les Épinottes (Chargey-lès-Gray)
- Photo 7.07 : Détail de l'organisation du plasma argileux et du squelette de cristaux de calcite / Échantillon 8-0819/3
- Photo 7.08: Détail de l'organisation des cristaux de calcite à la périphérie des pisolites / Échantillon 8-0819/3
- Photo 7.09: Nodules calcaires de Castillot* / Échantillon 8-0819/2 / Minières de la Corne Saint-Adrien (Gray, Haute-Saône)
- Photo 7.10 : Brèche calcaire avec pisolites de gœthite / Échantillon 7-0219/1 / Minières de Grand Raroy (Beire-le-Châtel, Côte d'Or)
- Photo 7.11 : Microscopie de la brèche calcaire à pisolites de gœthite / Échantillon 7-0219/1 / Minières de Grand Raroy (Beire-le-Châtel)
- Photo 7.12 : Microscopie de l'organisation des méga-cristaux de calcite néoformée / Échantillon 7-0219/1 (Minières de Grand Raroy (Beire-le-Châtel)
- Photo 7.13 : Puits d'entrée de la grotte des Équevillons (Montcey, Haute-Saône)
- Photo 7.14 : Galerie principale de la grotte des Équevillons (Montcey, Haute-Saône)
- Photo 7.15 : Galerie artificielle inférieure de la grotte-minière des Équevillons (Réseau 26)
- Photo 7.16 : Galerie artificielle inférieure de la grotte-minière des Équevillons (Réseau 26)
- Photo 7.17 : Encroûtement ferrugineux de la coupe du réseau 26, (unité E, sous-unité 1, échantillon 7-0614/03) / Grotteminière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.18 : Microscopie de la partie conglomératique de l'échantillon 7-0614/3 (coupe 26) / Grotte-minière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.19 : Brèche calcaire avec pisolites / Réseau 26, base puits 22 / Grotte-minière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.20: Microscopie de la brèche calcaire avec pisolites / Échantillon 7-0614/3, réseau 26, base puits 22 / Grotteminière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.21: Microscopie de la brèche calcaire avec pisolites / Échantillon 7-0614/3, réseau 26, base puits 22/ Grotte-minière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.22: Microscopie de la brèche calcaire avec pisolites / Échantillon 7-0614/3, réseau 26, base puits 22 / Grotteminière des Équevillons (Montcey)
- Photo 7.23 : Grotte-minière de Champtourneau (Bucey-lès-Gy, Haute-Saône) / Sommet P7
- Photo 7.24 : Grotte-minière de Champtourneau (Bucey-lès-Gy, Haute-Saône) / Galerie inférieure
- Photo 7.25 : Bloc de minerai à faciès massif / Grotte-minière de Champtourneau (Bucey-lès-Gy)
- Photo 7.26 : Surface polie d'un bloc de minerai à faciès massif/ Échantillon 7-0615/1 / Grotte-minière de Champtourneau (Bucey-lès-Gy)
- Photo 7.27 : Microscopie d'un bloc de minerai scoriacé / Échantillon 7-0615/4, sommet du P7 / Grotte-minière de Champtourneau
- Photo 7.28 : Microscopie à fort grossissement d'un bloc de minerai scoriacé / Échantillon 7-0615/4, sommet du P7 / Grotteminière de Champtourneau
- Photo 7.29 : Minières du Coteau (Éguenigue, Territoire de Belfort)
- Photo 7.30 : Brèche calcaire des minières du Coteau (Éguenigue, Territoire de Belfort)
- Photo 7.31 : Microscopie à faible grossissement d'une brèche calcaire à pisolites de gœthite / Échantillon 8-0820/6, minière du Coteau
- Photo 7.32 : Microscopie d'une brèche calcaire à pisolites de gœthite / Échantillon 8-0820/6, minière du Coteau
- Photo 7.33 : Minières du bois de la Brusse (Béthoncourt, Doubs)

Photo 7.34 : Minières du bois de la Brusse (Béthoncourt, Doubs) / Bloc conglomératique

Photo 7.35 : Microscopie à faible grossissement d'un conglomérat pisolitique / Échantillon 9-0414/1, minières du bois de la Brusse

Photo 7.36 : Microscopie à fort grossissement d'un conglomérat pisolitique / Échantillon 9-0414/1, minières du bois de la Brusse

Photo 7.37 : Gîte du parcours de santé (Bethoncourt, Doubs) / Bloc conglomératique

Photo 7.38 : Microscopie à faible grossissement d'un conglomérat pisolitique / Échantillon 9-0414/1, gîte du parcours de santé

Photo 7.39 : Minières de la Grande Raie, bois de la Côte (Fallon, Haute-Saône)

Photo 7.40 : Minières du Creux des Morts, bois de la Côte (Fallon, Haute-Saône)

Photo. 7.41 : Faciès de minerai appelé "greluche" par les mineurs (Minières du bois de la Côte)

Photo 7.42 : Découpe d'un nodule de greluche (Minières du bois de la Côte)

Photo 7.43: Microscopie d'une greluche / Échantillon 10-0601/3, minières de la Grande Raie, bois de la Côte

Photo 7.44 : Microscopie d'une greluche / Échantillon 10-0601/3, minières de la Grande Raie, bois de la Côte

Photo 7.45: Microscopie d'une greluche / Échantillon 10-0601/3, gîte du bois des Cotelots (Fallon)

Photo 7.47 : Puits karstique / Carrière de Voye de Lisle (Romain, Doubs)

Photo 7.48 : Fossile de mollusque céphalopodes nautiloïdes / Carrière de Voye de Lisle (Romain, Doubs)

Photo 7.49 : Découpe d'un échantillon (9-0630/1) d'un nodule ferrugineux / Carrière de Voye de Lisle

Photo 7.50 : Microscopie à faible grossissement d'un échantillon (9-0630/1) d'un nodule ferrugineux / Carrière de Voye de Lisle

Livre II (Annexes)

Photo 9.01 : Page de garde de la Description des gîtes de minerai de la Lorraine méridionale (5° et 6° parties)

Photo 9.02 : Début du chapitre consacré aux mines de fer de Saint-Pancré (5^e et 6^e parties)

Photo 9.03 : Extrait du rapport du11 messidor an VIII (1800) de l'ingénieur des mines

TABLEAUX

Chapitre 1 : État de la question (Altération continentale – Karst et paléokarst – Régions étudiées)

- Tab. 1.01 : Tableau des thèses récentes, de diverses disciplines (Géologie, archéologie, Sciences de la terre), réalisées dans un environnement karstique avec remplissage latéritique
- Tab. 1.02 : Tableau des thèses récentes en géomorphologie karstique
- Tab. 1.03 : Tableau des articles récents dans les domaines de la karstologie et des ferricrètes
- Tab. 1.04 : Tableau des ouvrages récents dans les domaines de la géologie de surface et des latérites
- Tab. 1.05: Classification de structures nodulaires, granulaires ou pisolitiques
- Tab. 1.06: Différents minéraux du fer s.l.
- Tab. 1.07 : Place des dépôts épikarstiques ferrugineux dans les sédiments karstiques
- Tab. 1.08 : Principaux types de plateaux karstiques sous couverture argileuse, sableuse et/ou détritique
- Tab. 1.09 : Les Minerais associés au karst
- Tab. 1.10: Tableau des faciès et formations karstifiables à la bordure sud de l'Ardenne
- Tab. 1.11 : Tableau des faciès et formations karstifiables du contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne
- Tab. 1.12 : Tableau des faciès et formations karstifiables à la bordure nord du Massif central
- Tab. 1.13 : Tableau des faciès et formations karstifiables des plateaux crayeux de Normandie
- Tab. 1.14 : Tableau des faciès et formations karstifiables de la charnière entre les Rifts bressan et rhénan

Chapitre 2 : Objectifs - Problématique - Méthodologie

- Tab. 2.01 : Ouvrages et articles rédigés par les auteurs anciens (XVIIIe et XIXe siècles) avec localisation
- Tab. 2.02 : Détermination visuelle de la sphéricité et d'émoussé des grains
- Tab. 2.03a et b : Échelle de dureté de Mohs (1822)
- Tab. 2.04 : Incertitudes et limites de détermination du dosage des éléments majeurs
- Tab. 2.05 : Limites des tailles des particules définissant les fractions granulométriques
- Tab. 2.06: Identification des tamis

Chapitre 3 : Les formations ferrugineuses continentales au sud de l'Ardenne (de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut)

- Tab. 3.01 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0807/1
- Tab. 3.02 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0807/1
- Tab. 3.03 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0506/1
- Tab. 3.04 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0506/1
- Tab. 3.05 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0506/2 (comparés à l'analyse chimique réalisée sur un échantillon de mine en clous
- Tab. 3.06 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0506/2
- Tab. 3.07 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0506/3
- Tab. 3.08 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0110/4
- Tab. 3.09 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 7-0110/4
- Tab. 3.10 : Analyse chimique du minerai du bois de l'Agace
- Tab. 3.11 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 7-0416/2
- Tab. 3.12: Paléokarst du bois de Nouart à Tailly / Granulométrie de la fraction sables et granules du sondage à la tarière
- Tab. 3.13 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0318/6
- Tab. 3.14 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0318/6

- Tab. 3.15: Analyse chimique du minerai de Thonne-le-Thil
- Tab. 3.16: Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/0
- Tab. 3.17 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/0
- Tab. 3.18 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/1
- Tab. 3.19 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/1
- Tab. 3.20 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/2
- Tab. 3.21 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/2
- Tab. 3.22 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0101/2
- Tab. 3.23 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/3
- Tab. 3.24 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/3
- Tab. 3.25 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/11
- Tab. 3.26 : Grande doline du sommet de la Borne de Fer à Audun-le-Tiche / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 5-0501/23
- Tab. 3.27 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/7
- Tab. 3.28 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/7
- Tab. 3.29 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0501/6
- Tab. 3.30 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 5-0501/6
- Tab. 3.31 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0303/1
- Tab. 3.32 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0303/1
- Tab. 3.33 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 5-0101/1
- Tab. 3.34 : Gouffre-minière du Haut des Scieries (Viviers-sur-Chiers)/ Granulométrie de la fraction sableuse et graveleuse de l'échantillon 5-0101/1
- Tab. 3.35: Synthèse des analyses chimiques récentes effectuées sur les formations ferrugineuses continentales, des Crêtes pré-ardennaises (Thiérache ardennaise au Pays de Montmédy) et du Pays-Haut s.l. (Pays-Haut, Lorraine belge, Gutland)
- Tab. 3.36 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des échantillons récents des Crêtes pré-ardennaises
- Tab. 3.37 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de Fer fort du Pays-Haut, de la Lorraine belge et du Gutland
- Tab. 3.38 : Synthèse minéralogique des formations ferrugineuses et des argiles, de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut
- Tab. 3.39 : Synthèse des modelés karstiques de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut
- Tab. 3.40 : Relation entre les dépôts ferrugineux et le karst, de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut

Chapitre 4 : Les formations ferrugineuses du Contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne

- Tab. 4.01 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0711/7
- Tab. 4.02 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0711/7
- Tab. 4.03 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0711/3
- Tab. 4.04 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0711/3
- Tab. 4.05 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0711/1
- Tab. 4.06 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0711/1
- Tab. 4.07: Minières du bois de Morley (Morley, Meuse) / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 5-0501/23
- Tab. 4.08: Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0311/1
- Tab. 4.09 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0311/1
- Tab. 4.10 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0311/2
- Tab. 4.11: Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0811/1
- Tab. 4.12 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 9-0811/2
- Tab. 4.13 : Synthèse des analyses chimiques récentes effectuées dans le Barrois, le Vallage et le Haut-Pays

- Tab. 4.14: Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer du Barrois, du Vallage et du Haut-Pays
- Tab. 4.15: Synthèse minéralogique des indurations ferrugineuses du Barrois et du Vallage
- Tab. 4.16 : Synthèse des modelés karstiques (Vallage, Barrois, Haut-Pays)
- Tab. 4.17 : Relation entre les dépôts ferrugineux et le karst (Vallage, Barrois, Haut-Pays)

Chapitre 5 : Les formations ferrugineuses continentales au nord du Massif central (De la Champagne berrichonne au Montmorillonnais)

- Tab. 5.01 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0824/1
- Tab. 5.02 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0824/1
- Tab. 5.03 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0824/2
- Tab. 5.04 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0824/2
- Tab. 5.05 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0824/4
- Tab. 5.06 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0825/1
- Tab. 5.07 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0825/1
- Tab. 5.08 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 9-0102/3
- Tab. 5.09 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 10-0102/2
- Tab. 5.10 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-1002/2
- Tab. 5.11 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-1002/3
- Tab. 5.12 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-1002/3
- Tab. 5.13 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-1002/5
- Tab. 5.14 : Résultats analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-1002/7
- Tab. 5.15 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-1002/7
- Tab. 5.16 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-1002/8
- Tab. 5.17 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-1002/10
- Tab. 5.18 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-1002/10
- Tab. 5.19 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0823/3
- Tab. 5.20 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0823/1
- Tab. 5.21 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0823/3
- Tab. 5.22 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0823/3
- Tab. 5.23 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 6-0820/2
- Tab. 5.24 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 6-0820/2
- Tab. 5.25 : Carrière des Ajoncs de Siouvre à Sillars / Granulométrie de la fraction sableuse de l'échantillon 6-0821/2b
- Tab. 5.26 : Synthèse analyses chimiques de la Champagne berrichonne et du Seuil du Poitou
- Tab. 5.27 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer de la Champagne berrichonne et du Seuil du Poitou
- Tab. 5.28 : Synthèse minéralogique des diffractométrie de la Champagne berrichonne
- Tab. 5.29 : Synthèse des modelés karstiques de la Champagne berrichonne au Montmorillonais
- Tab. 5.30 : Relation entre les dépôts ferrugineux et le karst, de la Champagne berrichonne au Montmorillonais

Chapitre 6 : Les formations ferrugineuses des plateaux crayeux à l'ouest du Massif armoricain (Pays d'Ouche et Plaine de Saint-André)

- Tab. 6.01 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0621/2
- Tab. 6.02 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon -7-0621/2
- Tab. 6.03 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0621/1
- Tab. 6.04 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon -7-0621/1

- Tab. 6.05 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0620/3
- Tab. 6.06 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 7-0620/3
- Tab. 6.07 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon 7-0620/2
- Tab. 6.08 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0620/5
- Tab. 6.09: Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon -7-0620/5
- Tab. 6.10 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0620/4
- Tab. 6.11 : Synthèse du diagramme de l'analyse diffractométrique RX de l'échantillon -7-0620/4
- Tab. 6.12 : Synthèse analyses chimiques du Pays d'Ouche et de la Plaine Saint-André (Eure)
- Tab. 6.13 : Indices d'altération et de lessivage de l'ensemble des minerais de fer du Pays d'Ouche et de la Plaine Saint-André (Eure)
- Tab. 6.14 : Synthèse minéralogique des diffractométrie du Pays d'Ouche et de la Plaine-Saint-André (Eure)
- Tab. 6.15. Relation entre les dépôts ferrugineux et le karst du Pays d'Ouche et de la Plaine-Saint-André
- Tab. 6.16. Typologie des modelés karstiques, du Pays d'Ouche et de la Plaine Saint-André (Eure)

Chapitre 7 : Les formations ferrugineuses continentales de la charnière des Rifts rhénan et bressan (Du fossé de la petite Saône aux Collines pré-jurassiennes)

- Tab. 7.01 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 8-0819/2
- Tab. 7.02 : Synthèse de l'analyse diffractométrique RX des échantillons de l'échantillon 8-0819/2
- Tab. 7.03 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0614/10
- Tab. 7.04 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0614/3
- Tab. 7.05 : Synthèse de l'analyse diffractométrique RX des échantillons de la coupe du réseau 26
- Tab. 7.06 : Granulométrie des sables de l'échantillon 7-0614/11 / Réseau 26, base puits 22, grotte des Équevillons
- Tab. 7.07 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0615/2
- Tab. 7.08 : Résultats de l'analyse chimique des 10 principaux éléments de l'échantillon 7-0615/4
- Tab. 7.09 : Synthèse de l'analyse diffractométrique RX des échantillons de la coupe de la zone d'entrée de la grotte de Champtourneau
- Tab. 7.10 : Synthèse des analyses chimiques des échantillons des plateaux de Vesoul et du fossé de la petite Saône
- Tab. 7.11 : Indices d'altération et de lessivage des plateaux de Vesoul et du fossé de la petite Saône
- Tab. 7.12 : Synthèse minéralogique des diffractométries des échantillons des plateaux de Vesoul et du fossé de la petite Saône
- Tab. 7.13. Relation entre les dépôts ferrugineux et le karst du fossé de la petite Saône à la Porte de Bourgogne
- Tab. 7.14. Typologie des modelés karstiques, du fossé de la petite Saône à la Porte de Bourgogne

Chapitre 8 : Conclusions générales, restrictions et perspectives

- Tab. 8.01 : Synthèse des échantillons de minerai ayant fait l'objet d'une analyse chimique et d'une diffractométrie RX
- Tab. 8.02 : Tableau de synthèse des encaissants carbonaté des sites

Livre II (Annexes)

- Tab. 9.01 : Synthèse chronologique des auteurs anciens avec nature de leur interprétation
- Tab. 9.02 : Tableau des analyses des minerais de Saint-Pancré et Tellancourt (en ⁰/₀₀)

SIGLES

ANDRA Agence Nationale pour la gestion des Déchets RadioActifs

BRGM Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CDS Comité Départemental de Spéléologie

CERPA Centre de Recherches et d'Études des Paysages (Université de Nancy 2)

CRPG Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, Service d'analyse des roches et des

Minéraux du CNRS, Vandœuvre-lès-Nancy (Meurthe-et-Moselle)

FFS Fédération Française de Spéléologie

G2R Laboratoire de Géologie et de Gestion des Ressources Minérales et Energétiques (UMR 7566 UHP-

CNRS)

GRESB Groupe de Recherches et d'Etudes Spéléologiques de Bourges (Cher)

GSA Groupe Spéléo d'Aubigny (Cher)
IGN Institut Géographique National

INRA Institut National de la Recherche Agronomique

LAM Laboratoire d'Archéologie des Métaux Musée de l'Histoire du Fer (Jarville-la-Malgrange)

MNHN Muséum National d'Histoire Naturelle, Service Paléobiodiversité et paléoenvironnement, CNRS-UMR

5143, Paris (Seine)

SCAV Spéléo-Club Archéologique de Veaugues (Cher)

UHP Université Henri Poincaré (Nancy)

USBL Spéléo Union Sportive du Bassin de Longwy (Meurthe et Moselle), Section Spéléologie

L'APPORT DE LA RELECTURE DES AUTEURS ANCIENS

PRÉAMBULE

Cette analyse de la relecture des auteurs anciens, est matérialisée par des citations, et chaque fois que présentes, par des illustrations. Dans l'espace, elle se veut l'œuvre d'auteurs francophones ou germanophones traitant du Bassin parisien et des régions limitrophes. Dans le temps, les limites d'investigation ont été fixées arbitrairement des dernières années de la Monarchie absolue à celles précédant la seconde Guerre mondiale.

Nous nous sommes attachés principalement aux observations réalisées par ces auteurs ainsi qu'aux diverses hypothèses émises sur les modes de formation. En effet, si la description révèle une observation attentive et pertinente, la détermination des âges de ces formations a été laborieuse et sujette à controverses ; de même les théories sur leur mode de formation n'ont pas manqué de promoteurs à l'imagination débordante (Rosenthal, 1994).

Selon, le spécialiste incontesté du Sidérolithique, Fleury (1909), les anciens naturalistes ne paraissent pas avoir remarqué ces formations ferrugineuses et ce n'est qu'exceptionnellement que quelques-uns d'entre eux en font mention. De fait, l'étude régulière et suivie des minerais de fer en grains ne commença qu'avec les années qui suivirent l'époque troublée de l'épopée napoléonienne. Pour Fleury « Pour tout ce qui a été écrit avant 1820, il n'y a d'ailleurs que peu de chose et il n'est évoqué presqu'exclusivement que leurs propriétés industrielles. On rencontre toutefois quelques analyses, souvent erronées, ou des rapports plus ou moins scientifiques... ».

Ainsi, le premier travail véritablement intéressant consacré aux minerais de fer en grains, cité par le géologue suisse, serait celui de Baillet (1799) consacré au site historique des minières de Poissons (Haute-Marne). Même Fleury admet succinctement que certains ouvrages peu connus à son époque contiennent des renseignements précieux (Duhamel, de Saussure), mais jamais il ne fait référence à l'immense travail de celui qui nous apparaît comme le tout premier auteur d'un inventaire exhaustif des sites "minéralurgiques" de la France et également le premier descripteur attentif d'un autre gîte historique, celui de Saint-Pancré (ancien département de la Moselle): de Dietrich, entre autres, commissaire à la visite des mines du Royaume.

On peut donc suivre, au travers les opinions des différents auteurs, l'acquisition de la maîtrise de la description des sites et des minerais, l'évolution de l'argumentation tant au sujet de l'âge des formations que des hypothèses de formation. Ces hypothèses quant à la genèse vont opposer successivement : les partisans des théories d'une origine interne et imprégnées de catastrophisme, définitivement abandonnées depuis la fin du XIX^e siècle (théories hydrothermales et phréatomagmatiques) et les défenseurs des idées modernes qui sont à la base des explications actuellement reconnues.

Comment ne pas citer à nouveau, Fleury à qui, nous avons repris l'idée de cette recherche historique de l'évolution de la pensée scientifique sur les indurations ferrugineuses d'origine continentale en nous concentrant sur les gîtes karstiques et en l'élargissant géographiquement et temporellement (tableau 9.01).

1800 00 28 31 33 36 37 40 41 42 49 51	Pays-Haut (Iorraine) Pays-Haut (Iorraine) Suisse Aubois (Cher) Haute-Saône Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes Ancien département de la Moselle	Terrains jurassiques Terrains jurassiques Sidérolithique Terrains jurassiques et éocènes Terrains jurassiques et éocènes Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques Sidérolithique		1 2 3 4 5 6 7
28 31 33 36 37 40 41 42 49	Suisse Aubois (Cher) Haute-Saône Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Sidérolithique Terrains jurassiques et éocènes Terrains jurassiques et éocènes Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		3 4 5 6
31 33 36 37 40 41 42 49	Aubois (Cher) Haute-Saône Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Terrains jurassiques et éocènes Terrains jurassiques et éocènes Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		4 5 6
33 36 37 40 41 42 49 51	Haute-Saône Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Terrains jurassiques et éocènes Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		5
36 37 40 41 42 49	Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		6
37 40 41 42 49 51	Suisse Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Sidérolithique Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		
37 40 41 42 49 51	Mayenne Haute-Marne Suisse Ardennes	Terrains paléozoïques Terrains jurassiques		
40 41 42 49 51	Haute-Marne Suisse Ardennes	Terrains jurassiques		
41 42 49 51	Suisse Ardennes	·		8
42 49 51	Ardennes			9
49 51		Terrains jurassigues		10
51		Terrains jurassiques		11
	Berry et Franche-Comté	Sidérolithique		12
JŁ	Meuse	Terrains jurassiques		13
52	Bas-Rhin	Sidérolithique		14
52 52		· ·		
52 53	Suisse	Sidérolithique		15
	Suisse	Sidérolithique		16
		, ,		17
	_	· ·		18
		, ,		19
	` '	·		20
	, , ,			21
	Pays de Montbéliard	Sidérolithique		22
64	Doubs et Jura	Terrains jurassiques		23
66	Haut-Rhin	Sidérolithique		24
71	Ancien département de la Meurthe	Terrains jurassiques		25
72	Vienne	Terrains jurassiques		26
76	Haute-Marne	Terrains jurassiques		27
77	Territoire de Belfort	Sidérolithique		28
78	Haute-Marne	Terrains jurassiques		29
79	Haute-Marne et Meuse	Terrains jurassiques		30
81	Théorie globale			31
83	Meurthe-et-Moselle	Terrains jurassiques		32
85	Théorie globale	, ,		33
86	, and the second	Sidérolithique		34
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· ·		35
				36
		, ,		37
				38
				39
				40
		·		
		,		41
				42
	` ` `	· ' '		43
		, ,		44
	54 55 55 55 59 62 64 66 71 72 76 77 78 79 81 83 85 86 94a 94a 95 96 97 97 98 98 98 98 98 98 98 98 98 98	55 Pays de Montbéliard 55 Haute-Saône 55 Avesnois (Nord) 59 Côte d'Arry (Moselle) 62 Pays de Montbéliard 64 Doubs et Jura 66 Haut-Rhin 71 Ancien département de la Meurthe 72 Vienne 76 Haute-Marne 77 Territoire de Belfort 78 Haute-Marne 79 Haute-Marne et Meuse 81 Théorie globale 83 Meurthe-et-Moselle 85 Théorie globale 86 Cher et départements limitrophes 94a Lorraine 94a Meurthe-et-Moselle 95 Doubs 96 Suisse 98 Ardennes 29 Suisse 10 Lorraine 15 Franche-Comté 23 Pays-Haut (Iorraine) 32 Haute-Marne	Pays de Montbéliard Haute-Saône Terrains jurassiques et éocènes Avesnois (Nord) Terrains paléozoïques Côte d'Arry (Moselle) Pays de Montbéliard Sidérolithique Pays de Montbéliard Sidérolithique Haute-Rhin Ancien département de la Meurthe Terrains jurassiques Vienne Haute-Marne Terrains jurassiques Terrains jurassiques	55 Pays de Montbéliard Sidérolithique 55 Haute-Saône Terrains jurassiques et éocènes 55 Avesnois (Nord) Terrains paléozoïques 59 Côte d'Arry (Moselle) Terrains jurassiques 62 Pays de Montbéliard Sidérolithique 64 Doubs et Jura Terrains jurassiques 66 Haut-Rhin Sidérolithique 71 Ancien département de la Meurthe Terrains jurassiques 72 Vienne Terrains jurassiques 76 Haute-Marne Terrains jurassiques 77 Territoire de Belfort Sidérolithique 78 Haute-Marne Terrains jurassiques 79 Haute-Marne et Meuse Terrains jurassiques 81 Théorie globale Terrains jurassiques 83 Meurthe-et-Moselle Terrains jurassiques 84 Cher et départements limitrophes Sidérolithique 94a Lorraine Terrains jurassiques 95 Doubs Terrains jurassiques 96 Suisse

Tab. 9.01 : Synthèse chronologique des auteurs anciens avec nature de leur interprétation - (JPF, 2011)



Fig. 9.01 : Carte de différentes régions étudiées par les auteurs cités dans l'éphéméride —Le n° mentionné sur la carte renvoie au n° correspondant dans le chapitre 9.1.2 - (Extrait de la carte géomorphologique au 1/2500000°, Joly *et al.*, 1987-1989).

ÉPHÉMÉRIDE DES AUTEURS (par ordre chronologique des ouvrages cités)

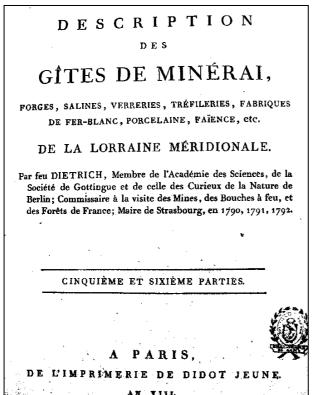
1.DIETRICH (**DE**) **A.** (1789-an VIII [1800], commissaire du Roi à la visite des mines, des bouches à feu et des forêts du Royaume, membre de l'Académie des sciences – Description des gîtes de minerai (5^e à 6^e parties, éditées de manière posthume).

C'est au baron de Dietrich que l'on doit une première description exhaustive de l'ensemble des mines du territoire français. Ce travail laborieux et complet s'est déroulé dans les dernières années de l'ancien régime et les premières années de la Révolution. (photo 9.01). Forte personnalité que de Dietrich : tout d'abord haut fonctionnaire zélé au service de Louis XVI, il sera très rapidement acquis aux idéaux humanistes de la Révolution. Ami de Lafayette et de Rouget de Lisle, il fut maire de Strasbourg de 1790 à 1792. Son destin connaîtra ensuite une issue tragique : il sera guillotiné sous la Terreur le 29 décembre 1793.

Il décrit, entre autres, sur une vingtaine de pages les minières de fer fort de Saint-Pancré (ancien département de la Moselle) et porte son regard sur l'aspect qualitatif des minerais et les méthodes d'exploitation (photo 9.02) :

« De toutes les mines dont j'ai eu à parler dans cette partie de la lorraine, il n'y en a point qui puissent être comparées pour l'abondance, ni pour l'excellence de leur qualité à celle de Saint-Panceix [Saint-Pancré]... Ces mines sont en grains et renferment un grand nombre d'hématites arrondies, auxquelles on a donné le nom de mine en truffe.

La façon de fouiller la mine consiste à creuser des trous les uns à coté des autres, à ranger les déblais tout autour des bords de ces ouvertures, et à extraire les terres qui renferment le minerai jusqu'à ce que les eaux empêchent de s'enfoncer d'avantage, ou que la trop grande profondeur rende le minerai trop cher aux maîtres de forge... ».



(452) De toutes les mines dont j'ai eu à parler dans cette Bailliage de partie de la Lorraine , il n'y en a point qui puissent Villers-la-Monétre comparées pour l'abondance , ni pour l'excellence Mine de fer de leur qualité, à celles de Saint-Pancreix.Ce village de St. Pancreix. est situé à sept mille toises N. O. de Villers-la-Montagne, et à cinq mille cent toises N. N. E. de Longuyon. Sous le nom de mines de Saint-Pancreix, sont comprises celles des bois de Saint-Pancreix même, de ceux de Thavern, celles de Ville-Houdelmont, de Gorcy et de Beuré-la-Ville. Ces mines sont en grains, et renferment un grand nombre d'hématites arrondies, auxquelles on a donné le nom de mine en truffe. Exploitation. La façon d'y fouiller la mine consiste à creuser des trous les uns à côté des autres, à ranger les déblais tout autour des bords de ces ouvertures, et à extraire les terres qui renferment le minérai jusqu'à ce que les eaux empêchent de s'enfoncer davantage, ou que la trop grande profondeur rende le minérai trop cher aux maîtres de forges. Il résulte de ce genre de travail de nombreux inconvéniens, que des tranchées ouvertes suivies, ou des travaux souterrains, lorsque la profondeur des mines l'exige, auroient absolument prévenus. Les déblais amoncelés autour des bords de ces fosses, s'éboulent souvent dans les travaux ; et lorsque les eaux ou la grande profondeur forcent d'abandonner une fosse, et qu'on se dispose à en ouvrir de nouvelles auprès, les déblais entassés causent un embarras et des frais considérables; de manière que ceux qui exploitent. évitent, à cause de cette dépense, de fouiller tout le terrain qu'ils ont ainsi ouyert. Outre l'inconyénient

Photo 9.01 : Page de garde de la Description des gîtes de minerai de la Lorraine méridionale (5e et 6 parties) – (Dietrich, 1800)

Photo 9.02 : Début du chapitre consacré aux mines de fer de Saint-Pancré (5^e et 6^e parties) – (Dietrich, 1800)

2 DUHAMEL (fils) (1800), ingénieur des mines - Rapport sur les mines de Saint-Pancré (ancien département de la Moselle).

À notre connaissance, c'est à l'ingénieur des mines, Duhamel fils, que revient la première tentative d'explication de la genèse du gîte de minerai de fer fort de Saint-Pancré et son interprétation gîtologique. Dans un rapport du 11 messidor an VIII [30 juin 1800], il opte pour la genèse d'une sédimentation lacustre :

« Pour avoir une idée assez exacte de la disposition du minerai de Saint-Pancré, il faut imaginer :

- 1. Qu'avant le dépôt du fer, le territoire de ces mines offrait une légère dépression... qui représentait un lac assez large mais peu profond;
- 2. Que les pierres calcaires qui servaient de sol étaient crevassées verticalement...
- 3. Qu'une révolution quelconque a comblé le lac de terre et de minerai de fer... il résulte de cette disposition... que les fentes qui existaient dans les rochers ont du être remplies de terre et de minerai...
- 4. Qu'en raison de la gravitation, la partie inférieure a du être presqu'exclusivement remplie du minerai le plus dense tandis qu'il était moins riche et plus terreux vers la partie supérieure... ».

De même, c'est toujours à Duhamel fils, sur les différentes qualités de fer fort, que l'on doit une première description "pétrographique" et une pertinente interprétation minérale des couleurs (Photo 9.03):

« - La première qualité est aussi la plus riche, et la moins réfractaire. Elle est composée de fragments angulaires très légèrement usés... Ils sont susceptibles de prendre un éclat métallique. Il a une légère action sur l'aiguille aimantée. Sa poussière est d'un jaune foncé presque couleur terre d'ombre. La cassure offre : des parties lisses jaunâtres d'une pâte fine et serrée, happant fortement la langue, indiquant des couches concentriques ; d'autres parties plus brunes un peu plus brillantes et inégales, avec de petites cavités dont les unes sont légèrement tapissées d'oxyde jaune de fer, tandis que les autres en sont remplies ; de petits points d'un brillant métallique répandus indistinctement ci et là, mais en petite quantité dans toutes les parties de cette pierre.

Je la considère comme une mine de fer limoneuse en partie à l'état d'hématite et mêlée à un peu de fer oligiste.

- La 2^e qualité est une variété de la première. Elle en diffère seulement, en ce qu'elle n'est pas attirable à l'aimant, que sa couleur est d'un jaune plus clair, qu'elle est moins pesante et moins riche, qu'elle ne contient ordinairement ni de l'hématite, ni du fer oligiste. C'est simplement une mine de fer limoneuse.
- la 3^e qualité est composée de morceaux arrondis, inégaux, raboteux. La forme arrondie doit être naturelle à cette espèce sans pouvoir être attribuée au froissement. Elle a, à peu près le même aspect et la même pesanteur que la première qualité. Sa poussière est brune. Sa cassure est [pour la] partie métallique d'une couleur de grain d'acier et [pour la] partie terreuse d'un rouge violet... On y aperçoit quelques nœuds enchatonnés dans la pâte générale.

Je regarde cette espèce comme une mine de fer oligiste mêlée avec de la mine de fer limoneuse, et de la terre martiale en stalactites ».

Caractères Phisiques des Mines de S. Panere. On distingue o qualitée des Mines de S. Pance La Jeu de trouve Jans les Boil de Cosne et. de S. Pancie Lal' Dans let Mois de frenoi La S. Dans la partie del Bois appellée la voie des vaches. Caractered. La premiere qualité est aussi la plus riche, et la moins refractaire, elle est composée de fraquents angulaires trick legerement use's dont les plus volumineur ne pas. quetes 3 à 4. Centimetres leur aspect est bun. fla Sont Simentibles de Se polir par le fivtement et de prendre une edat presque métassique, le poids de ce minerar m'apara assez considerable . IL a une legere action Sur l'aiguille aimentee . Sa poussière est d'un jaune fonce presque conteur terre d'embre La cassure offic 1º des parties lisser jaunatres, d'une pate fine et Serie, happant Poitement à la lanque, indiquant des couches commenting

Photo 9.03: Extrait du rapport du11 messidor an VIII (1800) de l'ingénieur des mines - (Duhamel fils, 1800)

3 Brongniart A. (1828), professeur de minéralogie de l'Académie royale des Sciences – Notice sur les brèches osseuses et les minerais de fer pisiforme de même position géognostique.

Dans un travail très intéressant sous plus d'un rapport, mais combien étrange parfois (Fleury, 1909), Brongniart essaya de démontrer le parallélisme des brèches osseuses et des minerais pisiformes. S'il attribue l'origine du minerai pisiforme des terrains "clysmiens", à une précipitation chimique de l'oxyde de fer des eaux thermales venant de la profondeur terrestre, l'éminent pionnier de la géologie nous a laissé plusieurs coupes de gîtes qui témoignent de ses grandes qualités d'observation et sont, à cet égard, très instructives :

« C'est dans des dépressions plus ou moins profondes du calcaire jurassique, dans des fentes et fissures très multipliées, d'une étendue très variable, et dans des cavités souterraines et sinueuses ouvertes à travers les couches de calcaire jurassique, mais aboutissant toutes à la surface du sol ou au moins à celles des derniers bancs de la formation jurassique, que gît ce minerai de fer [pisiforme]. Il remplit ces diverses cavités, pénètre dans toutes les fissures ; ses grains liés par un ciment marno-ferrugineux, sont accompagnés de fragments anguleux de calcaire jurassique :

Tantôt ce sont des fentes verticales dans un calcaire fin ». (fig. 9.02).

- « Tantôt des dépressions en forme de bassin dans ce même calcaire, renfermant au milieu des marnes argileuses et ocreuses qui en constituent la masse du minerai de fer pisolithique, et des masses de calcaire qui sont tombées dans cet amas ». (fig. 9.03).
- « Plus loin, vers le couchant, c'est une dépression en bassin ou une espèce d'entonnoir terminé par un puits naturel à peu près cylindrique ». (fig. 9.04).

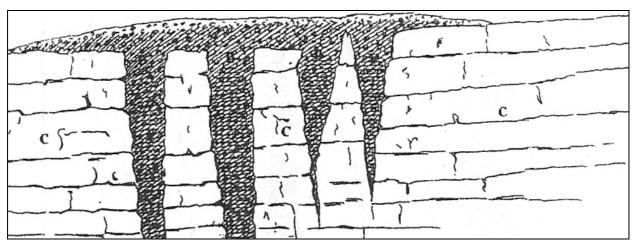


Fig. 9.02 : Gîte de minerai de fer pisiforme du Lavoir du Mettenberg (Saugern, Jura de Bâle) – (C) Calcaire compact fin ; (B). Cavités naturelles remplies de minerai pisiforme presque pur, et poursuivie jusqu'à 11 mètres de profondeur - (Brongniart, 1828)

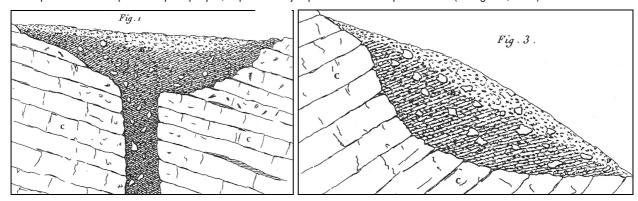


Fig. 9.03: Gîte de minerai de fer sur la même montagne (Saugern, Jura de Bâle) - Fente et fissures verticales coupant les couches de calcaire jurassique (C). Ces fissures sont remplies de minerai pisiforme (B) - (Brongniart, 1828).

Fig. 9.04 : Gîte de minerai de fer pisiforme de la Charbonnière (pente du Mettemberg, Jura de Bâle) – (C) Calcaire compact fin jurassique, en bancs inclinés ; (B) Dépression dans ce calcaire renfermant la brèche ferrugineuse - (Brongniart, 1828).

Si Brongniart considère, à juste titre le minerai de fer en grains pisiformes comme un précipité d'oxydes de fer, il est un des adeptes de la théorie du Catastrophisme qui, plus ou moins révisée, servira de référence pendant plus d'un demi-siècle. Il conforte son hypothèse en deux temps : un remplissage *per ascensum* lié à une précipitation du fer puis un remaniement cataclysmique du minerai initial par transport aqueux aboutissant à un remplissage *per descensum* des cavités demeurées partiellement ou totalement libres de remplissage :

« Le minerai de fer pisiforme passant au noduleux, même au concrétionné, n'est point interposé dans un terrain marin, il ne renferme évidemment aucune coquille marine qu'on puisse attribuer au milieu dans lequel il s'est formé. On peut le regarder comme un précipité d'oxyde de fer fourni par des eaux minérales ferrugineuses qui sortaient par les fissures dans les calcaires compacts jurassiques ou autres, avec l'abondance, l'impétuosité, la saturation, et avec toute la puissance d'action qui était l'attribut des phénomènes géologiques de cette époque...

La grande catastrophe aqueuse qui est venue balayer la surface du globe... a de même rejeté dans les fissures et cavernes le minerai pisolitique qui en sortait ».

4 MALINVAUD F. (1831), ingénieur des mines – Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de fer de l'Aubois (Cher).

Dans un mémoire de 1831 (contemporain de Thirria) consacré aux minières de la vallée de l'Aubois (Cher), Malinvaud nous livre une observation stratigraphique intéressante sur l'âge des calcaires de la roche encaissante et sur ceux qui surmontent les remplissages :

« La détermination de l'étage du calcaire renfermant le minerai de fer est indifférente de la fixation de l'époque à laquelle s'est déposé le minerai.... Un calcaire forme une espèce de couche ou plutôt de bancs qui recouvrent l'argile qui contient le minerai [les calcaires lacustres du Berry]...

Le minerai de fer et calcaire dont il est question sont de formation contemporaine... L'existence de ce calcaire est ici fort importante; car quoique je n'y aie point trouvé de fossiles, sa ressemblance complète avec certains calcaires d'eau douce, dont l'âge est déterminée de manière à peu près positive, servira avec d'autres analogies à fixer l'époque à laquelle se sont formés les minerais de fer en grains qui nous occupent...

J'ai seulement trouvé, dans un tas de minerai de fer, une coquille qui paraît être une modiole [mollusque bivalve] mais qui provient du calcaire [jurassique] sur lequel repose la formation du minerai de fer, et ne peut, par conséquent servir à la détermination de l'âge de cette formation ».

5 THIRRIA E. (1833), ingénieur au corps royal des mines – Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône.

Comme Brongniart, Thirria admit une origine hydrothermale pour la silice et la matière ferrugineuse. Bien que refusant d'accorder une trop grande importance à l'action chimique, il suggère néanmoins les prémices d'itinéraires géochimiques présidant à la formation des minerais de fer pisolitique dont la structure concentrique résulterait de l'attraction moléculaire :

« Comme il n'existe dans ce terrain aucune matière cristalline, on doit conclure que ses parties constituantes sont dû à un dépôt mécanique ou opéré par voie de sédiment. Il est probable cependant que la matière ferrugineuse et la majeure partie de la silice ont été formées par voie de précipité chimique, et produites par des sources d'eaux minérales qui sourdaient dans le bassin où le terrain s'est déposé.

Mais l'action chimique ou de cristallisation n'a pu s'y développer, et c'est sans doute à sa faible intensité qu'il faut attribuer la structure en couches concentriques du minerai de fer pisiforme, laquelle n'a pu résulter que d'une attraction moléculaire occasionnée par une simple tendance à la cristallisation ».

Mais il faut reconnaître que Thirria se perd un peu en conjectures sur l'âge des formations en considérant comme représentative, en matière de datation, la présence de fossiles provenant du remaniement ou de l'encaissant calcaire :

« On doit considérer le terrain du minerai pisiforme comme s'étant formé dans un liquide analogue à la mer actuelle, puisque les restes organiques qu'il recèle, proviennent tous d'animaux marins »

Partisan de la théorie catastrophiste, il attribue la présence de vestiges végétaux au déluge universel :

« La présence de débris végétaux terrestres qu'on y observe est due nécessairement à une tourmente qui est survenue pendant son dépôt, et qui a détruit une partie de la végétation dont étaient couverts les terrains situés alors hors des eaux ».

Homme de terrain, il se livre à une description détaillée des vides karstiques (galeries et boyaux) de l'encaissant calcaire :

« Le calcaire jurassique, dans lequel se trouvent des fentes et boyaux remplis de minerai de fer diluvien, ou à l'étage inférieur, comme celui de Marat, de Chavanne, de Fallon et de Montcey, ou à l'étage moyen, comme celui de Malans, Brévilliers et de Bussurel, ou enfin à l'étage supérieur, comme celui de Loulans et de Larrians. Les fentes ont leurs parois à peu près verticales, onduleuses et parfaitement lisses...

Les boyaux sont en général étroits et sinueux; leur hauteur varie de 1 à 5 mètres, et leur longueur atteint fréquemment 200 mètres. Ils communiquent avec la surface par des cheminées ou des soupiraux peu spacieux. Quelques-uns cependant, comme ceux de Loulans, paraissent entièrement recouverts, sans avoir aucune communication avec l'extérieur: mais il est hors de doute qu'il en existent d'invisibles... Leurs parois n'ont aucune aspérité; elles sont polies comme si elles avaient été usées par un liquide érosif ». (fig. 9.05 et 9.06)

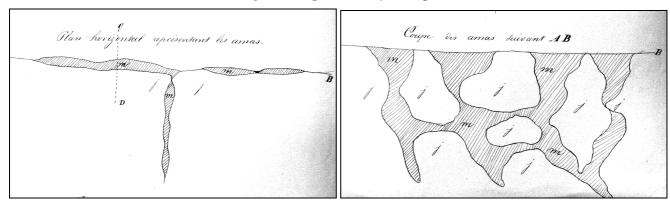


Fig. 9.05 : Croquis issus du rapport du 4 avril 1834 de l'ingénieur ordinaire des mines sur les minières de Villerschemin (Haute-Saône) – Plan (vue de dessus de la minière) – (Thirria,1833)

Fig. 9.06: Croquis issus du rapport du 4 avril 1834 de l'ingénieur ordinaire des mines sur les minières de Villerschemin (Haute-Saône) – Coupe suivant le plus grand axe (A-B) — (Thirria,1833)

Reprenant les considérations exposées par Brongniart, il évoque l'action de corrosion chimique sur les calcaires :

« Ce qui nous paraît le plus vraisemblable, c'est que ces grottes ont été creusées par l'action corrosive d'eau contenant du gaz acide carbonique.

Les roches calcaires ayant été formées vraisemblablement en majeure partie par des sources d'eaux minérales chargées de gaz carbonique, on peut admettre qu'il est resté du gaz dans les interstices et cavités de certaines d'entre elles, que ce gaz s'est dégagé par les fissures... et qu'en parvenant dans des couran[t]s d'eau... il a permis à ces couran[t]s de les élargir et de les transformer en grottes ou boyaux ».

Il convient de signaler que dans ses idées premières, Thirria fait du terrain pisiforme, le 4^e étage de la formation jurassique reposant sur le "Kimmeridge-clay" [Kimmerigien] et le "Portlandstone" [Portlandien / Tithonien]. Mais bientôt, il le sépara du Jurassique pour en faire un intermédiaire au "Green Sand" [Crétacé] ayant reconnu un *superstratum* marno-calcaire avec des fossiles d'eau douce (planorbes, paludines…).

6 THURMANN J. (1836) - Réunions de la Société géologique de France à Strasbourg, des naturalistes allemands à Stuttgart et des naturalistes suisses à Soleure.

Consécutivement à ces diverses réunions, une nouvelle ère semble s'ouvrir : Thurmann crée et propose pour les minerais pisiformes, l'expression de "Sidérolithique". Cette initiative était louable : il importait de préciser par une dénomination rigoureuse et exacte, ces minerais si divers, pisiformes pour les uns, d'alluvions pour les autres (Fleury, 1909).

Les débats et querelles du Sidérolithique étaient lancés pour de nombreuses décennies... pourtant, Fleury n'avait pas manqué de préciser que le Sidérolithique était avant tout « une modalité, un faciès continental » et que l'expression ne saurait être généralisée à l'ensemble des dépôts ou être une traduction littérale du *bohnherz* des auteurs allemands... à moins d'user de synecdoque!

7 BLAVIER É. (1837), ingénieur au Corps Royal des Mines – Essai de statistique minéralogique et géologique du département de la Mayenne.

Fin observateur, Blavier nous livre, à défaut d'une description narrative détaillée, deus coupes explicites de gîtes de minerai de fer karstique du département de la Mayenne :

« Les principales minières du département, sont celles de Lembuche [fig. 9.07] et des Essarts (Saint-Pierre-Lacour), du Bourgneuf et de Chambouquet (Bourgneuf) et du Gué-de-la-Charte Saint-Ouen,... [fig. 9.08] »

Les masses ferrugineuses sont enveloppées d'une argile onctueuse, le plus ordinairement très blanche ; quelques fois jaunâtre ».

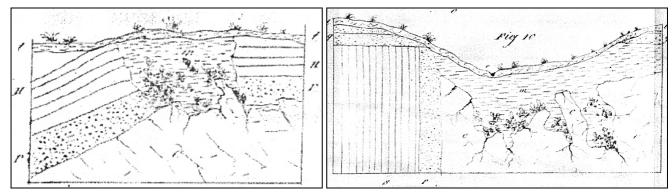


Fig. 9.07 : Coupe détaillée de la minière de Lembuche (Mayenne) - (t) Couche végétale ; (m) Dépôt de minerai de fer d'argile ; (H) couche de terrain houiller ; (P) poudingues ; (C) calcaire-marbre - (Blavier, 1837)

Fig. 9.08 : Coupe détaillée de la minière du Gué-de-la-Charte (Mayenne) – (t) Couche végétale ; (m) Dépôt de minerai de fer d'argile ; (g) Grès coquillier tertiaire ; (C) Calcaire-marbre ; (S) Schistes silice ···· (D) Doudingues ; (r) ruisseau - (Blavier, 1837)

8 CORNUEL J. (1840), membre de la Société géologique de France – Mémoire sur les terrains crétacés inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Wassy (Haute-Marne).

Dans son mémoire de 1840, Cornuel suggère une hypothèse sur le remaniement du minerai de fer géodique à l'intérieur du karst et nous livre quelques coupes instructives, notamment à Poissons et à Chatonrupt :

« Sur le plateau de Melair [Poissons, fig. 9.09], l'action des eaux continuant, les strates des roches se sont divisées en se fragmentant : de là des fentes, des crevasses, des entonnoirs, dans lesquelles les eaux se sont précipitées...

De là, enfin, des couloirs et des espèces de chambres comme on en rencontre dans plusieurs minières...

Au milieu d'un tel désordre, le fer géodique, dont on trouve les restes de toutes parts, a cédé le dernier à la dénudation ; puis, quand il s'est trouvé lui-même divisé par un réseau de fissures, il a été remanié, lavé, et ses parties les plus massives ont été entraînées dans les gouffres où les eaux se précipitaient...

À Chatonrupt, la puissance du minerai [de fer géodique] atteint 4,85 mètres... La figure [9.10] représente une coupe où le minerai se contourne de manière remarquable ».

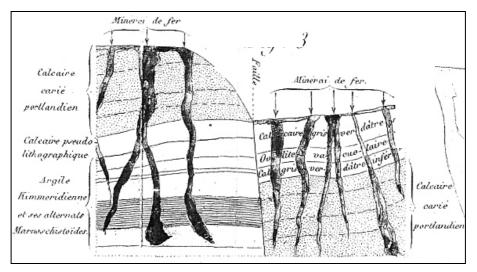


Fig. 9.09: Minières du plateau de Mélaire à Poissons (Haute-Marne) - (Cornuel, 1840)

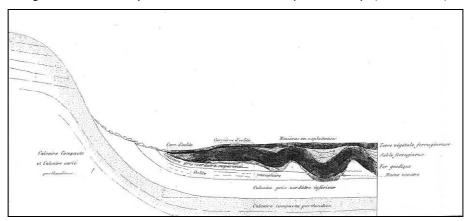


Fig. 9.10: Minières de la Côte de Jouy à Chatonrupt (Haute-Marne) - (Cornuel, 1840)

Adepte, comme beaucoup des géologues de la première moitié du XIX^e siècle, de la théorie cataclysmique, il précise :

« Résidu d'un lavage cataclysmien, le minerai du canton de Poissons est formé de la partie la plus riche du dépôt originaire... Des ossements de mammifères de l'époque diluvienne se rencontrent à toutes les profondeurs, dans certaines minières de Poissons ».

9 GRESSLY A. (1841), géologue – Observations géologiques sur le Jura soleurois (Suisse).

Adepte des théories de Brongniart sur le caractère éruptif qu'il croit reconnaître dans la tectonique du Jura. Le géologue suisse, sur le fait que le Sidérolithique ne contient pas de fossiles marins, développe la théorie du plutonisme par opposition au neptunisme. Observateur de première force (Fleury, 1909), sa théorie catastrophique phréatomagmatique se fonde sur les ressemblances qu'il a observé par rapport aux dépôts de certaines sources thermominérales avec le processus suivant :

- « 1. Des vapeurs incandescentes, riches en acides et en oxydes parcourant des crevasses aujourd'hui remplies de brèches.
- 2. Des épanchements réels de matière ferrugineuse en fusion ou en pâte boueuse, par les failles et les crevasses qui en dérivent.
- 3. Des filets d'eau apportant par des fissures du sol bouleversé, les silicates terreux et les argiles smectites.

- 4. Des sources en ébullition très puissante, dans lesquelles se forment les minerais pisolithiques.
- 5. Enfin de véritables cratères d'éruption situés le long des failles ».

De même, comment ne pas être sensible à cette remarque du géologue suisse, à rapprocher de celle de Lapparent (1906) :

« La formation sidérolithique a duré à la fin de l'époque jurassique, de la période infracrétacée, en diminuant d'intensité graduellement et d'étendue, jusqu'à l'époque molassique, où elle paraît avoir fait le dernier effort pour disparaître ».

10 SAUVAGE C. (1842), ingénieur des mines – Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes.

Dans cet ouvrage rédigé avec Buvignier, dix ans plus tard, de la Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse, 1852), Sauvage nous livre une description précise du faciès des minerais et la morphologie des diverses cavités ayant piégé ces derniers.

« Le diluvium qui remplit les dépressions, les cavités, les fentes et les boyaux de l'étage inférieur du terrain jurassique, est remarquable par la variété et l'importance des substance qui le constituent. Ces substances sont : le fer oxydé sous diverses formes : en grains, en concrétions tuberculeuses, en stalactites, au milieu d'argiles rougeâtres qui contiennent ça et là des cailloux de quartz blanc...

Les cavités sont de simples dépressions (poches) qui existent à l'affleurement, ou des fentes irrégulières et des boyaux creusés dans le calcaire. Les poches ont une profondeur variable, qui va souvent jusqu'à 25 et 30 mètres. Elles présentent un orifice plus ou moins dilaté, et les parois, toujours irrégulières, vont en s'inclinant et se rapprochant vers le fond. Les dépressions de cette nature existent principalement dans l'oolithe inférieure proprement dite [Bajocien] ».

Buvignier, fidèle à la théorie cataclysmique diluvienne de ses confrères, ne manque pas toutefois de signaler l'occurrence de la distribution géologique et les similitudes observées dans d'autres régions comme la Franche-Comté :

« Les fentes et les boyaux se rencontrent surtout dans la grande oolithe [Bathonien]. Ce sont des cavités fort irrégulières, souvent étroites et sinueuses, qui s'étendent souterrainement à de grandes distances. Ces boyaux ont ordinairement une issue à la surface du sol, et quelques fois débouchent latéralement sur le flanc des montagnes...

Ils ont d'ailleurs une grande analogie avec les grottes nombreuses signalées dans le terrain jurassique de la Haute-Saône, et remplies postérieurement par les débris des grands animaux de la période diluvienne. Enfin ils ont probablement la même origine, et on été creusés ou élargis comme elles par l'action des eaux chargées d'acide carbonique ».

11 JACQUOT E. (1849), ingénieur des mines – Mémoire sur les mines et minières de la partie occidentale du département de la Moselle [limites avant le traité de Francfort, 10 mai 1871].

Dans cet ouvrage exclusivement consacré aux mines et minières, Jacquot nous décrit successivement l'hydroxyde oolithique [minerai de fer aalénien ou "Minette"] ainsi que le minerai en grains remplissant les cavités dans l'étage oolitique inférieur [minerai de fer fort dans le karst du Bajocien]. Concernant ce dernier minerai, Jacquot s'attarde longuement sur les faciès des minerais de Fer fort et sur la nature des argiles remplissant les poches du calcaire :

« Les minerais et les masses siliceuses qui les accompagnent se présentent en grains ou en rognons de diverses grosseurs. Il y a des grains qui ne dépassent pas les dimensions d'une tête d'épingle et des blocs dont le volume atteint plusieurs m³.

Ces blocs offrent souvent à leur surface des aspérités délicates qui excluent l'idée d'un transport même à petite distance ; la petite mine ou la mine moyenne, au contraire, sont généralement lisses.

La forme des rognons de minerai est presque toujours un indice de leur qualité. Quand le minerai est riche, ils sont plats et présentent des arêtes vives ; quand il est siliceux, au contraire, ils sont arrondis et tuberculeux. L'argile qui renferme le minerai est colorée en jaune ou en rouge. elle se divise en fragments recouverts à la surface d'un enduit très mince d'oxyde de fer brun ou bleuâtre, et dû soit à l'oxyde de fer, soit à l'oxyde de manganèse ; elle est quelques fois sableuse.

Cette argile est rarement en contact avec la roche calcaire ; il arrive qu'elle repose souvent sur une argile stérile, plus compacte. L'argile qui renferme le minerai est colorée en jaune ou en rouge ».

Document unique, il nous livre une fidèle illustration de la coupe d'une poche karstique avec la distribution préférentielle du minerai de fer fort à l'intérieur des argiles :

« Cette argile est rarement en contact avec la roche calcaire ; il arrive le plus souvent qu'elle repose sur une argile stérile, plus compacte que les mineurs reconnaissent facilement et qu'ils désignent sous le nom de paroi ou de talus. La disposition est quelques fois très complexe et très bizarre. La figure [9.11] montre une de ces dispositions, que j'ai observée dans le bois de Ville-Houdlémont ».

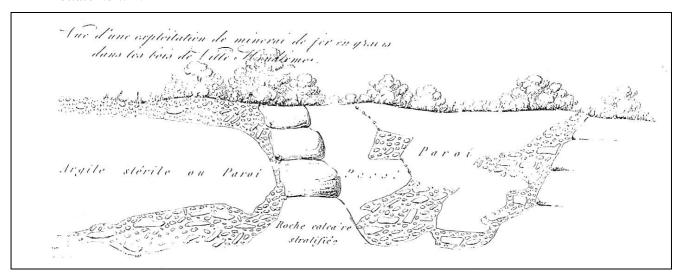


Fig. 9.11: Vue en coupe d'une exploitation de minerai de fer en grains dans les bois de Ville-Houdlémont [anciennement département de la Moselle] - On voit l'argile minérale remplir au milieu de l'argile stérile, des espèces de poches reliées entre elles par de petits filons - (Jacquot, 1849).

12 THIRRIA E. (1851), ingénieur général des mines – Sur les similitudes entre les minerais de fer en grains de la Franche-Comté et du Berri [Berry], et sur les particularités qui peuvent conduire à expliquer le mode de formation des gîtes de ces minerais.

En 1851, Thirria modifie les hypothèses qu'il a émises en 1833 : le minerai pisolithique, les concrétions et plaquettes ferrugineuses se formeraient par précipitation dans les bassins lacustres, à partir de sources thermales très minéralisées libérant acide carbonique et peut-être sulfurique.

La corrosion des parois des fentes et boyaux du substratum calcaire trouve une explication liée à la formation même du minerai.

« Les minerais de fer en grains de Franche-comté et ceux du Berri [Berry] ont été formés à la même époque et dans les mêmes circonstances, puisque leurs caractères minéralogiques et géologiques sont identiques... Ces gîtes de minerai de fer en grains ont été remaniés à l'époque diluvienne... Il me parait très probable que ces minerais de fer en grains sont le produit des sources d'eaux minérales et thermales dans lesquelles le fer et le manganèse se trouvaient à l'état de carbonates de protoxyde.

On sait en effet que, que ces deux carbonates, de même que le carbonate de chaux, sont solubles dans l'eau chargée de gaz carbonique, et si l'on admet que des sources tenant en dissolution ces deux substances, ont surgi du terrain jurassique, à l'époque de formation de l'étage moyen des terrains tertiaires, on expliquera parfaitement le mode de formation de ces minerais de fer en grains et toutes les circonstances de leur gisement ».

13 BUVIGNIER A. (1852), membre de la Société géologique de France – Statistique géologique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse.

A *contrario* du département des Ardennes écrite avec Sauvage, on ne retrouve pas dans la Statistique géologique de la Meuse, le même détail de précisions. Sans doute, cela est dû à la relative faible importance, par rapport aux départements voisins, des minerais de fer karstiques :

« Les parties ferrugineuses [des alluvions de l'Oolithe supérieure – Tithonien] sont restées à la surface du sol ou ont rempli les cavités et les fentes qui existaient. Ces dépôts ferrugineux sont surtout développés entre l'Ornain et la Saulx.

On trouve, à la surface et dans les fissures du plateau oolithique [oolithe inférieure – Bathonien / Bajocien], des argiles rouges avec minerais de fer, tantôt en grains, tantôt en fragments anguleux. Très abondants dans les départements voisins [Haute-Marne, Ardennes, Moselle d'avant 1871], ils sont peu développés dans celui de la Meuse... Dans les environs de Commercy, sur les hauteurs de Frémeville et de Giroinville, on trouve, tantôt dans les fissures, tantôt à la surface du sol corallien, des blocs ou cailloux de fer hydraté, en grains pisolithiques ou anguleux formant une sorte de poudingue ou brèche ».

14 DAUBRÉE J. (1852), ingénieur au corps des mines, doyen de la faculté des sciences de Strasbourg – Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin.

La disposition singulière des amas ferrugineux dans les vides du calcaire n'avait pas échappé à Daubrée qui note la relation avec la corrosion des calcaires à l'origine du "cavernement":

« Le terrain de minerai pisolithique consiste en argiles et en marnes, dans la partie inférieure desquelles sont disséminés de nombreux grains arrondis ou pisolithes de fer hydroxydé... Le gîte remplit des bassins de formes variées qui sont creusés dans la roche sous-jacente...

La couche de minerai repose sur le calcaire jurassique dont la configuration est très irrégulière... La surface du calcaire en contact avec le minerai est échancrée avec des formes sinueuses dont la vue rappelle immédiatement une corrosion, de même que les parois de beaucoup de cavernes des terrains calcaires ».

Si en terme de datation, Daubrée avoue sa perplexité, il replace cependant de manière judicieuse la succession des événements ayant présidé à la mise en place des dépôts :

« Comme les argiles auxquelles sont subordonnées ces amas de minerai, sont dépourvues de fossiles, on ne peut déterminer leur âge...

La relation des dépôts ferrugineux avec les lignes de dislocation du sol....

Il est à remarquer que la sortie du minerai de fer n'a eu lieu que longtemps après l'ouverture des failles... probablement à l'époque tertiaire ».

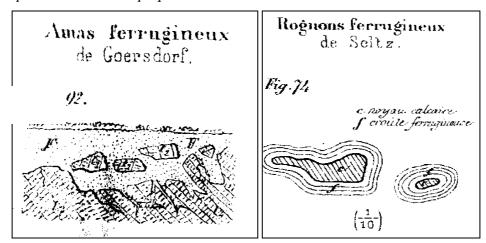


Fig. 9.12: Coupe d'un amas ferrugineux karstiques à Goersdorf (Bas-Rhin) – (F) Amas ferrugineux ;(t₂) calcaire du Muschelkalk - (Daubrée 1852).

Fig. 9.13 : coupe d'un rognon ferrugineux à Seltz (Bas-Rhin) – (c) Noyau calcaire ; (f) croûte ferrugineuse (Daubrée, 1852)

15 QUIQUEREZ A. (1852), Médecin – Recueil d'observations sur le terrain sidérolithique dans le Jura bernois et plus particulièrement dans le val de Delémont et de Moutier.

L'importance visionnaire du mémoire de l'érudit helvète, nous est rappelée par Fleury (1909) :

« Ce mémoire marque dans la bibliographie, le dernier grand effort de la vieille école sidérolithique : le catastrophisme va faire place à l'évolutionnisme qui, avec Müller (1853) et Koechlin (1856), avait vainement tenté de se frayer un passage. De fait, l'orientation nouvelle est provoquée par deux faits principaux, mais non nouveaux : l'admission d'un superstratum sidérolithique et la découverte d'ossements dans les dépôts ».

16 MÜLLER A. (1853), professeur – Über die Entstehung der Eisen und manganerze im Jura.

Müller, originaire de Bâle, est l'auteur d'une hypothèse sidérolithique qui tend vers l'actualisme de Thirria (1833, 1851) mais qui n'arrive pas à se dégager du catastrophisme de Gressly (1841).

L'originalité des travaux de Müller réside dans le fait qu'il fonde ses hypothèses sur des expériences de laboratoire. C'est le premier semble t'il qui ait songé à utiliser l'expérimentation comme méthode de recherche dans la problématique du Sidérolithique : il a observé l'action de l'acide carbonique sur les roches calcaires avec une dissolution donnant un résidu de sable et d'argiles. C'est ainsi que Fleury (1909) rapporte :

« Tous les calcaires étant riches en fer oxydé, en silice, en magnésie et en manganèse (toutes les substances que l'on retrouve dans les matériaux sidérolithiques), on suppose que des eaux capables de les dissoudre et d'en séparer les éléments par précipitation... il n'est pas difficile d'expliquer la provenance et le mode de formation du bohnerz ».

17 JACQUOT E. (1854), ingénieur des mines – Esquisse géologique et minéralogique du département de la Moselle [limites avant le traité de Francfort, 10/05/1871].

Dans l'Esquisse géologique et minéralogique de la Moselle, Jacquot apporte des réflexions complémentaires intuitives sur la relation de la fissuration et de la spéléogenèse :

« Le gisement de ces minerais [en grains] est très remarquable. Le plus souvent le dépôt argileux remplit de grands intervalles coniques ou des cavités allongées dont les parois sont formées par l'étage oolithique inférieure [Bajocien]; quelques fois, il est simplement superficiel...

Ces amas offrent des particularités dignes de remarques. Ils se composent uniformément d'un groupe d'entonnoirs très profonds qui occupent le centre et le point culminant du gîte, et de cavités qui s'étendent en ligne droite, à des distances considérables sur les flancs des collines qui le renferment ». (Figure 9.14).

De même, il convient d'apprécier la coupe topographique du gisement de Saint-Pancré qui nous renseigne de façon explicite sur la disposition du gîte piégé dans les ruelles et dolines perforant les calcaires du Bajocien (à noter la présence d'une "butte" aujourd'hui disparu et comparable au site de la Borne de Fer à Aumetz). (Figure 9.15).

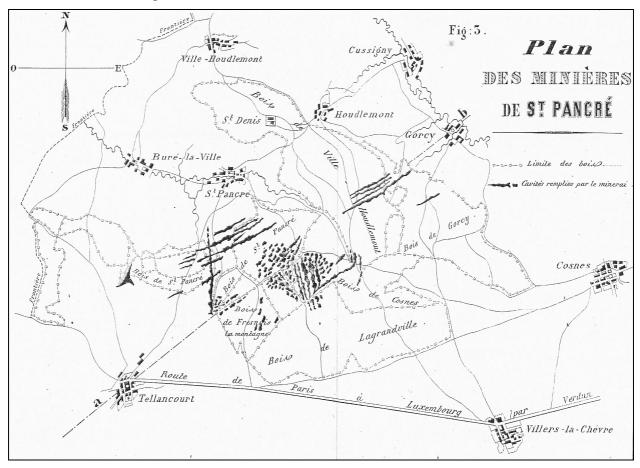


Fig. 9.14: Plan des minières de Saint-Pancré [anciennement département de la Moselle] - Le gîte a deux systèmes semblables de cavités; l'un fait avec l'est un angle de 30 à 40°, l'autre s'éloigne peu de la ligne n ord-sud - (Jacquot, 1854)

Quant à l'origine, Jacquot reprend les théories de ses confrères partisans d'une origine interne hydrothermale :

« La formation des puissants dépôts d'Aumetz, de Butte et de Saint-Pancré paraît devoir être attribuée à des sources minérales qui, au moyen de l'acide carbonique dont elles étaient chargées, tenaient en dissolution de l'oxyde de fer et de la silice... Ces sources ont pu arriver au jour par des conduits souterrains dans le fond des grandes cavités dont nous avons signalé l'existence; elles se sont élargies en corrodant les parois...

... puis le trop-plein s'est déversé dans les fissures latérales et a creusé dans les roches voisines ces galeries que l'on observe à l'extrémité des veines. Le carbonate de fer et la silice ont dû se déposer à mesure que l'acide carbonique se dégageait... ».

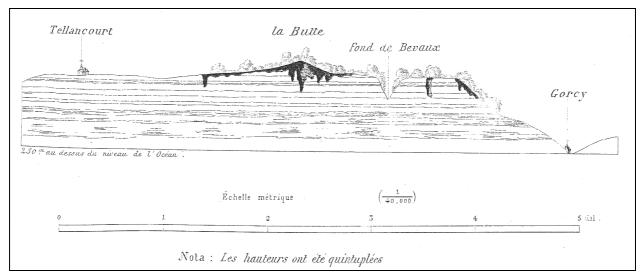


Fig. 9.15 : Vue en coupe des minières de Saint-Pancré - Coupe suivant la ligne a-b de la figure 9.14 - (Jacquot, 1854)

18 BENOÎT E. (1855) – Note sur le terrain sidérolithique des environs de Montbéliard

A l'instar de ses contemporains, Benoît fait siennes les théories hydrothermales qu'il applique aux minerais pisolithiques de la région de Montbéliard :

« Le terrain sidérolithique étant en grande partie un produit d'éruption aqueuse plutôt qu'un dépôt sédimentaire, on conçoit qu'il se soit fait jour dans les lieux les plus bas, et si on le voit dans quelques localités du Jura suisse élevé assez haut sur le flanc des montagnes, cela est dû à des mouvements postérieurs du sol...

On voit sur bien des points, dans les environs de Montbéliard, comment le minerai de fer est venu à la surface du sol par des fentes ou des failles, sorties des cratères à parois corrodées ou bréchiformes ».

19 FOUR M. (1855) – Note sur les dépôts de minerai de fer pisiforme de la Haute-Saône.

Four observe dans le canton d'Autrey-les-Gray, deux dépôts superposés de minerai de fer pisolitique qu'il illustre par de nombreuses coupes détaillées. Il attribue ces dépôts à la succession de deux déluges universels qu'il porte au paroxysme :

« L'époque géologique appelée erratique est la conséquence du soulèvement de la grande chaîne des Andes... Les mers bouleversées ont couvert une partie du globe terrestre... Inutile de dire que pendant l'envahissement de la France par les mers, les minerais pisiformes [appelé localement "mère mine"], reposant directement sur les calcaires portlandiens] qui empâtaient les ossements de mastodontes qui depuis cette époque n'ont plus reparu...

Alors un nouveau cataclysme produisit un nouveau déluge qui moins grand que celui de l'époque erratique couvrit néanmoins toute l'Europe... c'est de cette époque que date le second dépôt de minerai de fer pisiforme [appelé localement "cordon"].

Depuis 1850, j'avais le projet de soumettre ces idées à la Société [géologique de France] ; j'ai toujours retardé, me trouvant de trop faibles moyens pour décrire de si grandes choses ; il a fallu pour m'y déterminer, que nos dépôts de minerais de fer pisiformes superposés vinssent corroborer mon opinion sur ces deux grandes époques diluviennes ».

20 MEUGY A. (1855) – Recherches sur le terrain crétacé au nord de la France, et notamment sur les gisements, l'âge et le mode de formation des minerais de fer de l'arrondissement d'Avesnes et de la Belgique, et des minerais de fer en général.

Dans sa thèse de géologie, Meugy souligne, entre autres, les similitudes de morphologie des gîtes du Pays-Haut (Saint-Pancré, bois de Butte, Borne de fer), de Franche-Comté et des Ardennes (Bois d'Enelle). Bien entendu - on ne s'en étonnera point – il fait appel à la théorie interne quant à leur genèse :

« Il est probable que ces masses, se sont formées dans les crevasses de terrains préexistants où les eaux ferrugineuses se sont épanchées et où le dépôt est à l'abri des agitations causées par le bouillonnement des sources ».

Plus séduisante, est son observation quant aux recours à la contemporanéité des fossiles du remplissage pour déterminer l'âge des dépôts :

« Les empreintes [fossiles] sont ordinairement empruntées à la roche encaissante et n'apprennent rien, par conséquent sur l'âge. C'est ainsi que les minerais wealdiens du nord de la France renferment des fossiles dévoniens, et que ceux de la Moselle [limites du département antérieures à 1871], quoique tertiaires, portent des empreintes jurassiques ».

21 SIMON V. (1859) – Notice sur les amas de fer pisolitique de la Côte d'Arry (Moselle).

Dans un court article des Mémoires de l'Académie impériale de Metz, Simon nous révèle un gîte ancien (non signalé par Jacquot) qu'il attribue au Tertiaire et dont la description ne laisse aucun doute sur l'origine karstique d'un minerai présentant une grande similitude avec les autres gîtes de même nature du département :

« Au dessus du village d'Arry [Moselle], on a découvert plusieurs cavités, la plupart plus que métriques, contenant des calcaires d'eau douce, soit compacts, soit concrétionnés, dans lesquels se trouvait une grande quantité de minerai de fer pisolitique dont les plus gros grains étaient pisaires et quelques uns avellanaires [de la taille d'une noisette]... Parmi les cavités qui existent sur cette côte, la plus remarquable est une galerie naturelle... remplie de marnes et d'un calcaire rouge compact contenant des couches de fer pisolitique ».

Sur la genèse de ces dépôts, il convient de mentionner deux observations intéressantes émises par Simon : il relie le mode de dépôt de ces minerais à l'existence d'une paléosurface antérieure au creusement des vallées et effectue des rapprochements avec les silicifications qu'il a observées :

« En effet, le courant ou la nappe d'eau qui les [les minerais de fer] a déposés dans les cavités où on les voit mêlés à des dépôts calcaires... à des galets vosgiens siliceux, n'a pu exister dans ces lieux que lorsque le sol présentait une surface unie et par conséquence avant la formation de cette côte... Ce serait ici le lieu de rechercher l'époque à laquelle ces fers ont été déposés. Ils sont généralement classés dans la période tertiaire ; mais il apparaît qu'ils sont contemporains des nappes de galets et de sables siliceux qui dominent les rives de la Moselle sur les hauteurs... D'ailleurs, des galets de ces nappes siliceuses ont été soudés à la surface du sol par du fer qui a formé des poudingues... ».

22 CONTEJEAN C. (1862), docteur ès sciences, préparateur au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris–Esquisse d'une description physique et géologique de l'arrondissement de Montbéliard.

Dans cette esquisse, Contejean, reprend les idées de Gressly (théorie catastrophique phréatomagmatique) pour expliquer les gîtes sidérolithiques de la région de Montbéliard :

« La formation sidérolithique consiste en argiles, en sables éruptifs et en fer en grains, confusément entassés dans les crevasses et les dépressions ouvertes dans tous les étages du Jurassique, mais principalement dans les supérieurs... Ces faits indiquent que le terrain sidérolithique a surgi du sein de la terre, et qu'il est le produit de volcans boueux, sortes de geysers dont les eaux chaudes ont entraîné avec elles des argiles, des sables, du fer et des substances acides ».

23 RESAL H. (1864), ingénieur des mines – Statistique géologique, minéralogique et minéralurgique des départements du Doubs et du Jura.

Dans cette statistique, à l'instar de ses confrères ayant rédigé ce type d'ouvrage hautement représentatif de l'état des recherches au XIX^e siècle, Resal nous décrit la nature des ces gisements.

« Le fer oxydé pisiforme existe en amas sur plusieurs points dans le terrain tertiaire supérieur et moyen, dans le diluvium, enfin dans les cavités du terrain jurassique... À la limite Est du territoire de Bethoncourt, ce gisement est constitué par une série de cavités en entonnoir dont l'une est grande et les autres petites. Ces entonnoirs sont remplis d'une argile blanche et rosée dans laquelle se trouvent disséminés des grains de fer oxydé de la grosseur d'un pois, formés de couches concentriques ».

Adepte de la théorie phréatomagmatique, sa dubitation se révèle toutefois lorsqu'il nous livre sa prudente vision :

« On attribue la formation du terrain sidérolithique à des sources d'eau chaude ; cette conjecture se justifie par l'aspect du calcaire jurassique en contact avec les dépôts sidérolithiques, et qui paraît avoir été soumis à l'action d'une chaleur intense. Les épanchements sidérolithiques n'occupent que des espaces très circonscrits ; ils ont été remaniés presque partout et le minerai de fer , souvent entraîné à de grande distance, se retrouve dans toutes les alluvions de la plaine. Les calcaires jurassiques avec lesquels le terrain sidérolithique se trouve en contact ont tellement été attaqués par les agents plutoniques, qu'il est souvent difficile de reconnaître à quelle époque ils appartiennent ».

24 DELBOS J. et **KŒCKLIN-SCHLUMBERGER C.** (1866) – Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin.

Déjà en 1856, à l'occasion du gîte sidérolithique de Roppe (actuel Territoire-de-Belfort), Kœchlin-Schlumberger avait émis une hypothèse complexe reprenant les théories hydrothermales de Thirria et de Müller, et liait la corrosion des calcaires à la libération d'acide carbonique lors des phases d'oxydation formant le peroxyde de fer à partir du carbonate de fer. Dix ans plus tard, Delbos et Kœcklin-Schlumberger attribuent un caractère de formations superficielles aux dépôts sidérolithiques :

« Les argiles à minerai, ou dépôts sidérolithiques proprement dits, sont ferrugineuses, rouges, plus ou moins mêlées de carbonate de chaux. Elles contiennent le minerai (fer oxydé) à l'état de grains ronds formés de couches concentriques. Ces argiles ne représentent pas un étage proprement dit; ce sont des dépôts accidentels qui se sont accumulés dans les crevasses des terrains jurassiques et qui ont continué à se produire pendant le charriage des conglomérats qui les recouvrent souvent ».

De même, il rappelle, à propos, les diverses opinions émises par ses confrères depuis le début du siècle :

« Les premiers géologues qui se sont occupés de l'âge de ce terrain, ont penché pour le mettre au niveau du terrain jurassique, se fondant sur de nombreux fossiles de l'époque qu'on y a trouvé dans le duché de Bade et dans d'autres contrées. Plus tard, on l'a considéré comme contemporain du terrain néocomien ou crétacé inférieur (Thirria, Thurmann, Gressly, Marcou). Brongniart, dès 1829, l'avait placé dans le diluvium, classement qui ne pouvait convenir qu'aux gîtes remaniés. Il paraît enfin que Voltz le considérait comme tertiaire ».

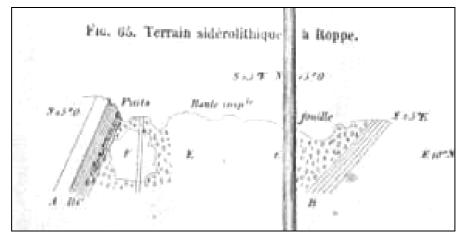


Fig. 9.16: Coupe du terrain sidérolithique à Roppe (territoire de Belfort) – (K) Kimmeridgien; (E) Terrain sidérolithique - (Delbos & Sclumberger, 1866)

Enfin, l'identification de fossiles providentiels [ossements et dents de *Palætherium* et de *Crocodilus*] recueillis dans les gîtes proches du Jura de Delémont, lui permet d'affirmer :

« Avec ces fossiles, il n'est plus possible de concevoir que la formation du terrain sidérolithique ait eu lieu avant l'époque tertiaire a laquelle ils appartiennent. Ce terrain ne peut être plus ancien que le terrain éocène ; mais à la rigueur il pourrait être plus récent... ».

25 Braconnier M.-A. (1871), ingénieur des mines – Minerais de fer du département de la Meurthe.

Dans un premier ouvrage consacré aux minerais du département de la Meurthe, rapporte la situation de quelques gîtes du département (rappelons qu'alors le département de la Meurthe ne comprenait pas l'arrondissement de Briey, rattaché à la Moselle, mais qu'en revanche l'arrondissement Château-salins en faisait partie) :

« Le fer oxydé en grains que l'on rencontre dans les anfractuosités des calcaires de l'oolithe inférieure [Bajocien, Bathonien] et qui forme des gîtes si nombreux dans le département de la Moselle [d'avant 1871], est au contraire assez rare dans celui de la Meurthe (Bouxières-aux-Dames, Lay-Saint-Christophe, Malzéville, Messein, Sexey-aux-Forges, forêt de Haye). Le minerai a été reconnu dans ces localités à remplir non seulement des fentes ou poches verticales qui couronnent les côtes, mais encore des boyaux ou sortes de couloirs qui s'étendent sous ces bancs et qui ont été probablement creusés par des eaux chargées d'acide carbonique ».

26 LONGUEMAR (LE TOUZÉ DE) A. (1891) – Études géologiques et agronomiques sur le département de la Vienne.

À propos des gîtes minerai karstique, Le Touzé de Longuemar est peu disert sur l'origine supposée, mais il illustre sa description de différents gîtes par les croquis ci-dessous (fig. 9.17 et 9.18) :

« Les minerais de fer de la Vienne se présentent sous la forme de grains arrondis plus ou moins gros, mais généralement de la taille d'un pois, ce qui leur a valu le nom de pisolithique.

Tantôt ces grains sont isolés, comme dans les argiles rouges mixtes et les sables de transport des plateaux, tantôt ils sont agglutinés en petites masses arrondies ou ovoïdes, et forment alors des rognons enveloppés d'un [cortex] de même nature. C'est à cet état qu'on les rencontre dans les argiles jaune-brun sous-jacentes aux marnes d'eau douce, et dans les argiles rouges mixtes qui tapissent les calcaires jurassiques inférieurs ».

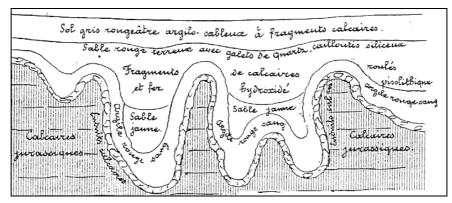


Fig. 9.17: Coupe d'une poche à minerai pisolitique dans les poches du calcaire jurassique (Vienne) - (Longuemar, 1891).

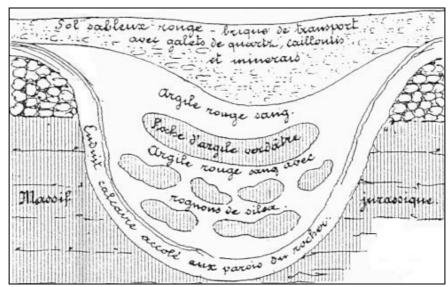


Fig. 9.18 : Coupe d'une excavation naturelle avec argile, sable et minerai de fer (Vienne) - Coupe réalisée le long de la route de La Roche à Poitiers – (Longuemar, 1891)

27 RIGAUD H. (1876), ingénieur des mines – Notice sur les minières de la Haute-Marne.

Dans la notice sur les minières de la Haute-Marne, Rigaud identifie 8 familles de minerai de fer dont celle du Néocomien inférieur remanié :

« Sur les plateaux qui dominent la Marne et la Thonnance, aux environs de Joinville, on rencontre des minerais d'excellentes qualités... Ils ont pour traits communs de se trouver fort irrégulièrement distribués dans les fissures ou dans les cavités des calcaires portlandiens ».

L'origine naturelle et la genèse des cavités n'échappent pas à Rigaud qui précise et même anticipe des perspectives plausibles non encore vérifiées :

« Rien n'est moins régulier que la forme générale de ces fissures ; elles ont cependant un faciès très particulier à propos duquel il est impossible de se méprendre : leurs parois sont absolument verticales, et, en plan, leurs formes sont légèrement ondulées avec une semi-régularité, tandis que, suivant la verticale, toutes les assises de pierre ressortent sous forme bombée.

On reconnaît là la disposition de toutes les roches calcaires attaquées par les eaux si corrodées par leur action prolongée : il paraît donc évident que les fissures ont été soumises à des corrosions lentes qui, sans doute, ont agi suivant les cassures naturelles dues à des mouvements antérieurs...

Peut-être les fentes s'arrêtent-elles avant la base des marnes du Portlandien [niveau de base actuel], peut-être au contraire, s'y épanouissent-elles en forme de grottes ».

28 PARISOT L. (1877) – Description géologique & minéralogique du Territoire de Belfort.

Le territoire de Belfort, initialement arrondissement du Haut-Rhin, n'a pas été annexé lors du traité de Francfort de 1871. Il constitue un département à part entière et la première description géologique dans ses nouvelles frontières administratives est l'œuvre de l'érudit maire de Belfort, Parisot dont les écrits perpétuent les anciennes théories du cataclysme diluvien et de l'origine interne hydrothermale :

« Mais à l'époque de la première période tertiaire de puissants courants d'eau douce démantelaient les couches superficielles des précédentes formations et y produisaient de grandes ablations dont les produits roulés et charriés s'entassaient sous forme de conglomérats dans les crevasses et les dépressions des étages supérieurs jurassiques. Vers le même temps des sources d'eaux thermales chargées de sels de fer donnaient naissance au minerai de fer pisiforme ; ce conglomérat et ce minerai ont formé le terrain pisolitique ».

À l'instar des contemporains et prédécesseurs, sa description de la caractéristique des gisements est tout à fait classique :

« Les assises du terrain sidérolithique (Bonherz)... contiennent, en plus ou moins grandes quantités, de l'hydrate de peroxyde de fer, à l'état de grains de tailles diverses, globuleux et formés de couches concentriques. Ces argiles sont dépourvues de toute stratification; elles se sont déposées, en nids ou chaudières, en poches, en nappes ou en couches, à la surface du terrain jurassique supérieur et dans toutes les dépressions et crevasses de ce terrain ».

29 SALZARD E. (1878), garde-mines et directeur des mines et hauts-fourneaux d'Eurville – Minières et minerais de fer du département de la Haute-Marne.

Curieusement, seulement un an après la notice sur les minières de la Haute-Marne par l'ingénieur des mines Rigaud, Salzard édite une notice comparable (mais ne cite à aucun moment celui qui fut vraisemblablement son supérieur) et réfute par des observations sur le terrain les idées de la théorie interne encore professées par les scientifiques d'alors :

« M^r de Chancourtois, professeur de géologie à l'École nationales des mines de Paris, dit que les minerais sont arrivés au jour par des émanations souterraines... Si ces minerais sont arrivés au jour par les anfractuosités dont les plateaux portlandiens sont criblés, il faut admettre que ces espèces de puits étaient les points d'émergence de sources sulfureuses... Or les minerais que l'on exploite dans ces immenses excavations contiennent du soufre, c'est vrai, mais on ne trouve jamais de gypse, ni de pyrite, et ils ne se recouvrent jamais d'efflorescences de sulfate de fer ».

De même, il étaie une hypothèse quant à l'origine des remplissages sur l'observation de fossiles remaniés de façon concomitante à la formation néocomienne inférieure dont serait issu le minerai :

« Les trigonies et les pholadomies [bivalves] en minerai hydroxydé, que j'ai trouvées à une quarantaine de mètres de profondeur dans les minières de Montreuil-sur-Thonnance, étant analogue à celles que l'on rencontre dans le calcaire néocomien indiquent que le remplissage des cavités portlandiennes provient de la destruction des assises néocomiennes transportées par les eaux diluviennes ».

30 CORNUEL J. (1879), membre de la Société géologique de France – Observations sur les puits naturels des calcaires portlandiens des départements de la Haute-Marne et de la Meuse, et sur les minerais qu'ils renferment.

Quarante ans plus tard, Cornuel réaffirme son point de vue, sur la théorie cataclysmique diluvienne :

« Il est certain que l'eau qui entraînait le minerai s'élevait assez pour passer par-dessus les plateaux, à l'altitude qu'ils avaient alors, et qu'elle s'engouffrait par le haut dans toutes les cavités béantes. Témoins les os des mammifères qu'elle y a déposés et que j'ai mis sous les yeux de la Société géologique, dans sa séance du 11 septembre 1856... ».

De même par le biais d'un croquis détaillé, et d'une description il suggère une hypothèse crédible quant au comblement de la cavité et rejette l'idée qu'il convenait d'attribuer le minerai karstique à un remaniement du minerai néocomien supérieur (voir chapitre consacré au Vallage et au Barrois).

31 Broeck (Van den) E. (1881), géologue – Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques, étudiés dans leur rapport avec la géologie stratigraphique.

Avec Van den Broek, s'affirme l'adhésion progressive aux idées modernes de l'origine externe qui sont à la base des explications actuellement reconnues. Il regarde, entre autres, l'argile à silex comme le résidu de l'action dissolvante exercée sur la craie par les eaux météoriques chargées d'acide carbonique.

Les dépôts sidérolithiques sont également pour lui le résultat de l'infiltration des eaux superficielles dans les roches calcaires; elles ont par dissolution et oxydation, éliminé l'élément calcaire et laissé un résidu argilo-ferrugineux dans lequel l'oxyde de fer s'est concrétionné par un transport moléculaire

Dans son mémoire, le géologue belge expose notamment, de manière explicite, les phénomènes d'altération :

« Les argiles ferrugineuses ou plastiques, le fer hydraté, le minerai de fer en grains, sont généralement le résidu de l'altération, de dissolution, de concrétionnement et de métamorphisme [transformation] hydro-chimique des dépôts soumis à des phénomènes accentués d'altération sur place ».

32 Braconnier M.-A. (1883), ingénieur des mines – Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle.

À l'issue de l'annexion de l'Alsace-Moselle et consécutivement au rattachement de l'arrondissement de Briey, Braconnier, reprend dans sa description, le gîte historique de Saint-Pancré et affine les réflexions intuitives de Jacquot sur la relation de la fissuration et de la spéléogenèse :

« On rencontre ces minerais en grains et en rognons, de grosseur quelque fois considérable [fer fort] disséminés dans une argile sableuse, jaune rougeâtre ou rouge qui recouvre la surface des calcaires et remplit des poches coniques, en forme d'entonnoirs, d'où partent souvent des boyaux et corridors souterrains qui se prolongent plus ou moins loin dans les calcaires. La plupart de ces poches à minerai sont allongées et orientées...

Les directions, auxquelles ces alignements sont parallèles, sont E. 21° N. et N. 2,5° O.; ce sont précisément les directions des deux systèmes de lignes de fracture dont on retrouve la trace dans le département ».

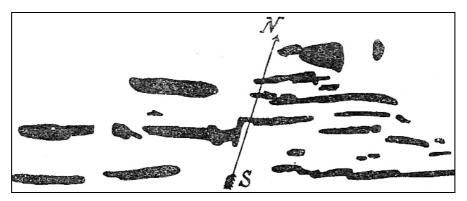


Fig. 9.19: Orientation préférentielle des poches à minerais de Saint-Pancré (Meurthe & Moselle) – Il s'agit ici vraisemblablement du secteur des grandes ruelles du bois du Pas Bayard. L'échelle n'est pas précisée sur le document original - (Braconnier, 1883)

Par ailleurs, il utilise la constante présence majoritaire d'oxydes de fer et de silice dans les analyses chimiques (tab. 9.02) des minerais de fer fort et des éléments de quartz [Pierre de Stonne], pour conforter sa théorie de l'hydrothermalisme :

	sJuice.	ALUMINE.	peroxybe de fer	PEROXYDE de manganèse.	CHAUX.	MAGNÉSIE	ACIDE phosphorique.	PERTE AU FEU.
	17	13	23))	501	1	0,8	435
α			~ 5 7	 D	508	1	1,4	431
b	40	21						1 11
c	800	13	40	1)	30	1	0,4	52
d	545	137	37))	100	1	0,2	175
e	780	80	46	3)	3))	0,4	91
f	651	68	23	3)	80	1	0,5	172
g	620	91	154	27	18	1	0,3	85
h	310	96	514	15	4.))	0,5	75
i	475	108	344	tr.	3))	1,0	69
j	495	101	343	tr.	5	1)	0,8	53
li	150	35	708	tr.	2))	0,2	85
l	395	69	407	17.	3	1	1,8	120
m	887	37	40	3)	7))	1,5	25
22	894	28	75	19	3	"	0,2	35
0	905	25	35	1)	2	'n	0,4	30
p	879	31	52	3)	3	»	0,5	27

Tab. 9.02 : Tableau des analyses des minerais de Saint-Pancré et Tellancourt (en $^{0}/_{00}$) – (h,k) Minerais riches ; (i, j, l) minerais peu riches ; (m,n, o, p) quartz compacts [Pierre de Stonne] des environs de Tellancourt et Longuyon - (Braconnier, 1883)

« Il n'est point douteux que l'oxyde de fer et la silice n'aient été déposés dans ces cavités par des sources minérales chargées d'acide carbonique et venant de la profondeur par les lignes naturelles de cassure. En même temps qu'elle déposait de l'oxyde de fer et la silice, l'eau minérale agrandit les cavités en dissolvant le calcaire des parois.

Ces dépôts de quartz sont très intéressants au point de vue géologique; car, si l'on admet qu'ils aient été produits par des sources, on n'aura aucune peine à reconnaître que la formation des porphyres de Raon-les-l'Eau [Massif vosgien, vallée de la Plaine] et le durcissement des argiles de la côte de Thélod [Xaintois, Cheminée volcanique avec labradorites] sont dus à des sources siliceuses analogues ».

33 DIEULAFAIT M. (1885) - Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains sédimentaires. Leur liaison avec les minerais de fer et les argiles des terrains sidérolithiques.

Pionnier des théories actuelles, Dieulafait établit un parallèle intéressant entre les phosphorites et les minerais de fer et argiles sidérolithiques et propose pour la première fois des causes externes à la genèse de ces formations :

« Les eaux météoriques sont naturellement acides par leur aptitude à dissoudre le dioxyde de carbone de l'air, elles ont une action corrosive per descendum sur les calcaires lors de leur infiltration et sont responsables des vides qui s'y trouvent. Leur pouvoir corrosif serait accentué par un lessivage des sulfures et substances bitumineuses dans les roches. Les produits sidérolithiques seraient constitués des résidus de la corrosion des calcaires par les eaux d'infiltration. Il le prouve expérimentalement en montrant les relations entre 68 dépôts sidérolithiques et leur substratum calcaire » (Rosenthal, 1994, non paru).

34 GROSSOUVRE (**DE**) **A.** (1886), ingénieur des mines - Étude sur les gisements de minerai de fer du centre de la France.

S'il trouve la théorie émise par Brongniart [soutenue par les *actualistes*] séduisante, Grossouvre (de) en matière de genèse restera un des derniers irréductibles de la théorie interne de Brongniart :

« La théorie des altérations superficielles rend difficilement compte de certaines autres particularités des gisements ou paraît même incompatibles avec elles, tandis qu'elle trouve une explication facile dans l'hypothèse d'une origine interne...

Sans parler de l'exemple si souvent cité des pisolites de Carlsbad, nous voyons tous les jours de véritables pisolithes concrétionnées se déposer dans les chaudières à vapeur alimentées par des eaux calcaires. Il ne serait pas difficile de les reproduire dans des conditions analogues... Nous considérons donc les dépôts sidérolithiques comme résultant d'épanchements boueux accompagnés de jaillissement de sources minérales chargées de fer, de silice, de gypse, etc. ».

Néanmoins, il convient de souligner le monumental travail en matière d'observation, de description et de précision agrémenté de croquis de l'auteur :

« Les gisements superficiels dits gisements en poches, consistent simplement en amas logés dans des cavités superficielles du calcaire jurassique, affleurant par suite au jour, ou seulement recouverts d'un limon sableux mêlé de graviers. Les cavités, occupées par le minerai, offrent les formes les plus diverses; elles affectent le plus souvent celle d'un entonnoir ou d'un tronc de cône renversé, celle d'une chaudière ou d'un bassin plus ou moins régulier en fond de bateau que toutes ces cavités présentent, d'ailleurs, ce caractère général d'être évasées par la partie supérieure et de se rétrécir par le bas, de telle sorte que leur section par un plan vertical est toujours en forme de coin, à angle plus ou moins aigu.

Parfois le minerai occupe des cavités à parois presque verticales, de véritables crevasses du calcaire jurassique ou des puits cylindriques plus ou moins profonds ; il arrive en outre qu'il s'étende horizontalement, intercalé entre les assises du terrain encaissant parallèlement à la stratification. Le gisement proprement dit est formé par une argile plastique ocreuse, veinée de blanc, dans laquelle sont empâtés les grains de minerai et qui constitue ce que les mineurs appellent le terrage ; en se rapprochant des bords de la poche, cette argile s'imprègne de calcaire, se durcit peu à peu et passe à des marnes cristallines dans lesquelles sont englobés des grains de minerai, mais en proportion beaucoup moins grande que dans le terrage proprement dit...

C'est à cette roche cristalline, dans laquelle sont disséminés quelques grains de minerai, que les mineurs donnent, suivant le plus ou moins de consistance, le nom de roc mineux ou celui de castillard. La structure de la poche peut donc être indiquée théoriquement par les figures ciaprès ». (fig. 9.20 et 9.21).

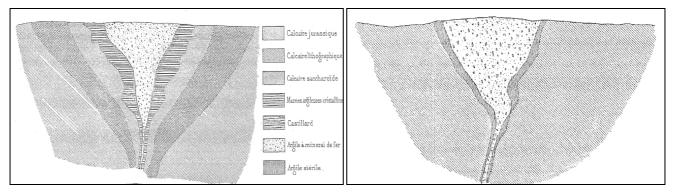
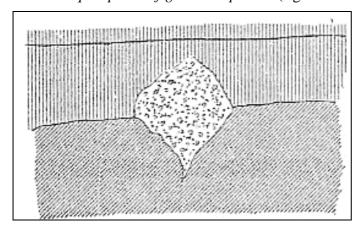


Fig. 9.20: Structure théorique d'une poche de minerai (Champagne berrichonne) - Elle montre les zones successives d'altération du calcaire jurassique produites au contact du minerai: Castillard, marnes cristallines, calcaire cristallin et calcaire jurassique durci - (Grossouvre, 1886).

Fig. 9.21 : Structure théorique d'une poche de minerai (Champagne berrichonne) - Cette coupe montre une poche dans laquelle le minerai est séparé du calcaire jurassique par une salbande d'argile stérile appelée *conroi* - (Grossouvre, 1886).

« Les gîtes souterrains sont des gisements n'affleurant pas au jour et complètement encaissés dans des roches calcaires. Ils affectent une forme en couche ou lenticulaire, constituée d'amas ou de "filons" de minerai reposant sur le calcaire jurassique et [ils sont] recouverts par le calcaire lacustre... En d'autres termes, on a considéré les filons comme résultant du remplissage, par le minerai, d'une crevasse superficielle du calcaire jurassique, recouverte postérieurement par le calcaire lacustre. Par suite, les filons se rapporteraient aux types indiqués par les figures ci-après ». (fig. 9.22 et 9.23).



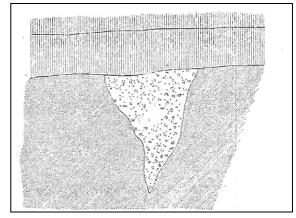


Fig. 9.22 et 9.23 : Coupe montrant la disposition de gîtes en "filon" (Champagne berrichonne) - Ces figures représentent, d'après la supposition généralement adoptée, un "filon" considéré comme le remplissage d'une crevasse superficielle du calcaire jurassique, recouvert postérieurement par le calcaire lacustre - (Grossouvre, 1886)

35 BLEICHER G. (1894a), professeur d'histoire naturelle à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Nancy – Recherche sur la structure et le gisement du minerai de fer pisolithique de diverses provenances françaises et de la Lorraine en particulier.

Pharmacien de formation, instruit de l'intérêt que présente l'observation microscopique, Bleicher se livre aux premiers travaux de pétrographie sur plusieurs échantillons de minerai de fer pisolitique de Lorraine (Pays-Haut et sud du département de la Lorraine) mais aussi de Franche-Comté et du Berry (fourni par Grossouvre).

« Le minerai de fer pisolithique, quel que soit son gisement, tertiaire ou quaternaire se prête aux recherches microscopiques... les échantillons ont été tirés des localités suivantes : des plateaux de Nancy, des fissures et de la surface des plateaux jurassiques couverts du diluvium ancien (Lexy, mines de fer fort anciennement exploitées du groupe de Saint-Pancré), Ferme de Mervaville (Flin) du diluvium superficiel recouvrant le Muschelkalk...

Le diluvium remplit souvent de vraies cavités d'effondrement qui conservent des traces des étages géologiques disparus... On peut admettre que le fer pisolithique de Lorraine a la même origine que les rognons ferrugineux qu'il accompagne toujours, c'est-à-dire qu'il est le résultat de la transformation, au cours des temps et dans des conditions connues, de rognons ou nodules ferrugineux provenant de terrains sédimentaires disparus des plateaux lorrains ».

En fait, il sera sans doute le premier à mettre en évidence la progression de l'évolution des faciès d'une cuirasse ferrugineuse en définissant implicitement les stades para et proto-pisolitiques repris par Tardy (1993) un siècle plus tard :

« En choisissant ses échantillons, on peut établir une série allant du nodule dont la structure n'est pas très nette encore, au nodule dans lequel les pisolithes sont prêts à sortir de leur gangue... Les pisolithes devraient donc leur origine à une simple dislocation de certains nodules ferrugineux, dont la structure s'est modifiée au cours des temps par infiltration siliceuse de manière à prendre peu à peu la disposition zonée ».

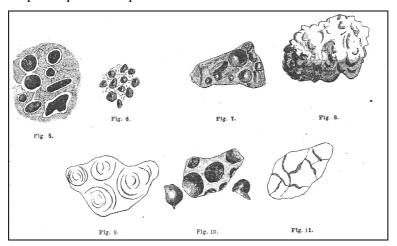


Fig. 9.24: Diverses structures du minerai de fer pisolithique – (5) Coupe d'une roche pisolithique de Pérouse (Territoire de Belfort), les pisolithes sont enchâssés au milieu de la roche silico-calcaire traversée de veinules anastomosées de calcite; ils sont entourés chacun d'une coque blanche de calcite; (6) coupe de la roche pisolithique de Lexy (Meurthe-et-Moselle), les pisolithes sont engagés dans une roche silico-ferrugineuse parcourue de fines veinules anastomosées de calcite; (7) nodules ferrugineux avec ébauches de pisolithes, d'un minerai pisolithique du Cher (Don de l'ingénieur des mines de Grossouvre); (8) nodule ferrugineux mamelonné des terrains superficiels de la ferme de Mervaville (Flin, Meurthe et Moselle); (9) coupe schématique d'un nodule de type nº7; (10) Nodule ferrugineux du type nº7, de même provenance, montrant les pisolithes se dégageant de la masse du nodule; (11) Coupe d'un nodule du plateau de Malzéville (Meurthe et Moselle) avec réseau noir silico-ferrugineux se détachant sur la masse brune, ocreuse, homogène - (Bleicher, 1894a)

36 BLEICHER G (1894b), professeur d'histoire naturelle à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Nancy – Le minerai de fer de Meurthe-et-Moselle.

Dans un autre article extrait du Bulletin de la société industrielle de l'Est, Bleicher relate une expérience digne d'intérêt : Il traite à l'acide chlorhydrique un échantillon de fer fort à faciès massif pour détruire les oxydes fer. Après solidification par absorption de paraffine, il réalise une lame mince au microtome. L'observation microscopique lui permet de mettre en évidence la distribution du quartz et de l'alumine :

« Nous avons pu étudier les différentes sortes de ce minerai : riches ou peu siliceuses, pauvres ou très siliceuses... après traitement à l'acide chlorhydrique, le résidu observé au microscope se montre de lamelles extrêmement minces, formant un réseau, dans lequel on peut rencontrer des grains quartzeux, et même sur certaines sortes pauvres, des géodes microscopiques tapissées de cristaux de quartz ».

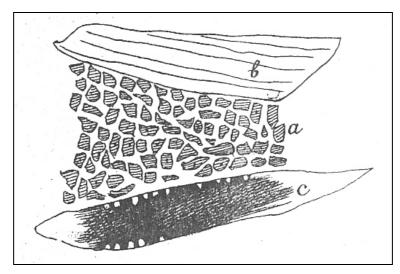


Fig. 9.25 : Le minerai de fer fort de Saint-Pancré [Pays-Haut, Meurthe-et-Moselle] - Après l'action des acides, (a) est un réseau silico-ferrugineux, dans lequel les parties blanches dont l'épaisseur est exagérée, représentent les mailles du réseau siliceux qui retient l'hydroxyde de fer qui se trouve dans les parties ombrées ; (b) représente les inclusions argilo-ferrugineuses zonées qu'on rencontre dans ce minerai ; (c) les géodes étroites et allongées tapissées de petits cristaux de quartz - (Bleicher, 1894b)

Quant à l'origine, son opinion s'affranchit nettement des anciennes théories sur l'origine interne, en laissant supposer l'existence de sédiments aujourd'hui disparus, surmontant les étages jurassiques :

« Partout, dans nos régions où affleure le calcaire, qu'il soit jurassique ou triasique, on trouve dans les fissures, du minerai de fer de ce genre [fer fort]. Il est associé aux graviers diluviens venant des Vosges, même aux cotes les plus élevées, et souvent mêlé à des ossements et à des dents d'éléphants fossiles qui pourraient appartenir à une espèce plus ancienne que le mammouth ... Enfin certains échantillons recueillis aux environs de Nancy portent des empreintes en creux [en fait, moulage de fossile de l'encaissant calcaire] de fossiles marins. On comprendra dès lors qu'il est permis d'y voir le résultat d'un lavage qui a fait disparaître une certaine épaisseur de couches à la surface de nos plateaux plutôt que le résultat d'une émission geysérienne provenant des fissures ».

37 MERLE A. (1905) – Les gîtes minéraux et métallifères et les eaux minérales du département du Doubs.

Élève de Fournier, Merle, dans sa thèse consacrée aux gîtes minéraux et métallifères du Doubs, nous livre une n^{ème} description et coupe d'une poche karstique de minerai en grains (fig. 9.26) et suggère l'hypothèse d'un remaniement de minerai en place :

« Minerais en grains – Les grains de limonite sont de forme très irrégulière et de grosseur variable. Quelques uns sont arrondis, d'autres forment des polyèdres irréguliers

Les grains ou fragments de limonite forment, dans les calcaires du médio ou du suprajurassique, des poches ou nids, toujours restreints, dont les éléments sont inadhérents et séparés par une gangue argileuse. Leur nature et leur mode de gisement ne laissent aucun doute sur l'origine de leur formation qui est due à la décalcification, puis au remaniement par les eaux, des éléments ferreux et argileux... Dans le département du Doubs, ces gisements ne sont recouverts par aucun niveau géologique défini, ce qui ne permet pas de leur attribuer un âge précis. Toutefois le minerais en grains paraît, la plupart du temps, en relation avec les formations ferrifères, en place, appartenant aux étages les plus divers ».

Les paléokarsts et les formations ferrugineuses associées dans le Bassin parisien et ses bordures : caractérisations et évolutions géomorphologiques

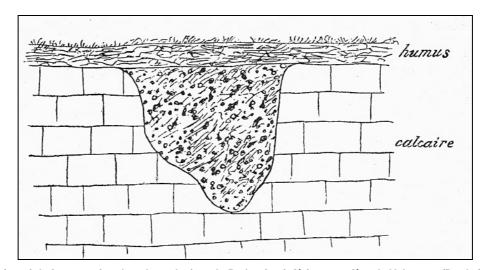


Fig. 9.26 : Poche à minerai de fer en grains dans les calcaires du Bathonien inférieur, carrière de Velesmes (Doubs) - (Merle, 1905)

Plus intéressantes, sont ses observations sur l'itinéraire biochimique supposé à l'origine de la formation des pisolites :

« La forme sphérique n'est pas due à une action mécanique [érosion] mais bien à un phénomène chimique de concrétion... Le fer, maintenu en dissolution dans l'eau par certains principes dus à la décomposition des végétaux [cf. Daubrée, 1846a, acide crénique], se précipite au contact de l'air en formant une boue ocreuse qui durcit peu à peu et se concrétionne en sphéroïdes ».

38 LAPPARENT (DE) A. (1906), membre de l'Institut – Traité de géologie

Avec le XX^e, s'affirment de manière définitive les théories actuelles ; à titre d'exemple, la définition du Sidérolithique proposée par Lapparent... Définition dont l'évolution est à comparer avec celle de Gressly (1841) :

« Ce n'est pas que le phénomène sidérolithique ou l'ensemble des processus qui ont engendré ce type spécial de terrain se soient produits à d'autres époques. Il est certain qu'on en trouve des traces dès la fin du Crétacé; que plusieurs dépôts similaires sont, par leur faune terrestre, déjà Lutétien supérieur ou Bartonien; enfin qu'il s'en soit formé jusqu'au début du Miocène ».

39 Bestel F. (1908) – Compte-rendu géologique de l'excursion de Remilly (Ardennes)

Dans ce compte-rendu, Bestel esquisse le façonnement de la paléo-surface infra-crétacée adossée à l'Ardenne et en souligne le rôle :

« La partie géologique de l'excursion comprenait l'études des affleurements du Lias et de l'Oolithe sur la rive gauche de la Meuse, entre Remilly et Autrecourt, avec notamment l'observation des sables et minerais tertiaires au sommet du plateau.

Dans toute cette partie des Ardennes, ces gisements se trouvent sur le Bathonien moyen ou inférieur avec la même allure : association d'argiles rougeâtres ou parfois jaunes et blanches, avec de l'oxyde de fer en grains ou concrétionné, et assez souvent des cailloux roulés de quartz blanc. Ils sont tous au sommet des collines à des altitudes variant de 300 à 350 mètres.

Cette remarquable uniformité d'altitude et l'existence de ces dépôts sur les deux rives de la Meuse sur celles de Bar et celles de la Vence, fait penser qu'à l'époque de leur formation, la surface de l'Oolithe devait former au pied du massif ardennais, une plaine ou un plateau peu élevé.

Sur ce plateau, les eaux d'infiltration à travers les fissures du calcaire ont produit par érosion physique et chimique, un réseau de conduits souterrains, analogues à ceux qu'on observe actuellement dans la région des Causses ».

Reprenant les observations de son article dans le Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle des Ardennes (1901), il souligne l'intérêt de la corrélation des silicifications et des minerais et préfigure ainsi les travaux réalisés par Voisin (1981 et 1988) :

« Tous ces lambeaux [de sables] épars sur l'oolithe sont les restes de dépôts de la mer landénienne, qui a couvert presque tout le département. Cette mer a formé un grand golfe peu profond... dans lequel s'est accumulé le sable.

Après le retrait de la mer, le dépôt sableux plus ou moins agrégé s'est transformé en certains endroits en grès siliceux [Pierre de Stonne, grès saccharoïdes], en grès ferrugineux [type bois des Ivis]; en d'autres encore, il resté meuble et a cédé facilement aux causes de désagrégation ».

40 FLEURY E. (1909), géologue - Le Sidérolithique Suisse, Contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments. Mémoires de la Société fribourgeoise des Science naturelles.

Dans son volumineux ouvrage, l'auteur, en préambule, développe une analyse critique des travaux de ses illustres prédécesseurs (Brongniart, Thirria, Voltz, etc.) et revient sur les travaux de Thurmann [à qui l'on doit le terme "Sidérolithique"]. De fait l'apport fondamental de l'auteur tient dans la description des deux grandes phases de l'élaboration des faciès sidérolithiques qu'il résume ainsi :

- « 1. La phase de latérite, pendant laquelle sous conditions climatiques spéciales, les produits sidérolithiques se sont formés, par dissolution et désagrégation des roches suivant un processus plus ou moins comparable à celui qui forme les latérites des régions tropicales...
- 2. La phase du Sidérolithique proprement dit, caractérisée par un travail lent des eaux d'infiltration sur la latérite primitive. La stratification des dépôts, la formation des pisolites, la concentration de certains éléments sont les principaux résultats de cette remise en marche in situ...

C'est encore pendant cette seconde phase que l'allure et la répartition géographique des matériaux ont été modifiées, que leur faciès s'est individualisé... des causes accidentelles, bouleversements tectoniques, abrasions, eaux souterraines ont pu aussi, pendant cette longue évolution, jouer des rôles divers, influents, restricteurs...

Enfin, l'évolution du Sidérolithique n'est pas terminée; elle se poursuit actuellement encore, en même temps que la décalcification qui est la forme atténuée de l'altération superficielle. Les deux actions se confondent et souvent, superposent leur matériaux et ainsi, des produits récents, actuels, se trouvent mélangés à des matériaux anciens ».

Et, tournant définitivement et sans ambiguïté les pages des vieilles théories, il conclut :

« Le sidérolithique suisse ne saurait donc être plus attribué, comme le voulaient les catastrophistes à des bouleversements anormaux et puissants ; c'est au contraire une formation régulière des agents météoriques, de l'eau de pluie en infiltration surtout : c'est le résultat d'une altération superficielle des roches continentales par voie hydrochimique ».

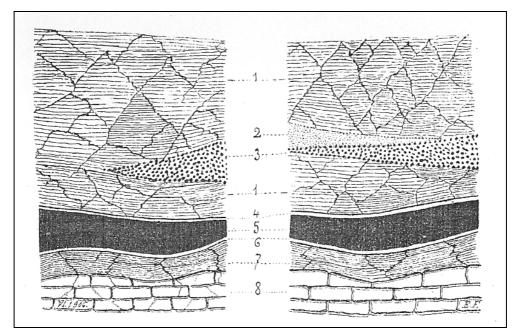


Fig. 9.27 et 9.28 : Coupes relevées dans la galerie du puits de la Blancherie à Delémont (Suisse) - (1) Bol rouge, jaune (inférieur) ; (2) sable siliceux ; (3) bohnherz lévigué (Floetz) ; (4.) fleur (supérieur) ; (5) banc des bohnerz ; (6) fleur (inférieur) ; (7) bol de roche (brun) ; (8) calcaires (Kimméridgien) - (Fleury, 1909)

41 MEUNIER S. (1910) – Origine et mode de formation du minerai de fer oolithique de Lorraine.

Meunier lie la présence du fer fort piégé dans les vides du calcaire du Bajocien à un remaniement [per ascencum ?] interne du minerai de fer aalénien :

« Il est impossible de se faire une idée complète des gisements de fer oolithique de Lorraine sans mentionner les mines de fer fort. On désigne ainsi des poches de formes extrêmement variées, ouvertes dans les masses calcaires au moyen d'une érosion tout à fait incontestable et qui sont remplies par de la limonite plus ou moins concrétionnée et tuberculeuse, dérivant sans aucun doute d'un remaniement souterrain du fer oolithique ». [Nota : le fer fort se rencontre sur la surface des 400 mètres alors que le gisement sédimentaire aalénien, lui est à l'altitude de 910 m au maximum)].

Cet argument est repris par l'auteur anonyme de l'ouvrage du cinquantenaire des Aciéries de Longwy (1880-1930) :

« Les affleurements du gisement lorrain ont été progressivement découverts par les cours d'eau, au cours de leur travail d'érosion... Il n'en fut pas de même dans la partie nord du gisement. Celle-ci n'étant balayée par aucun fleuve, les éléments du minerai entraînés par les eaux pluviales se rassemblaient dans les premières cuvettes où ils pouvaient se déposer ».

42 FOURNIER E. (1915-1923), géologue et spéléologue – Explorations souterraines & recherches hydrologiques en Franche-Comté

Le célèbre géologue franc-comtois, rappelle dans cet ouvrage la morphologie éminemment karstique de certains gîtes de minerais de fer. Il utilise, à cet effet, les termes du nouveau vocabulaire de karstologie initié par Edouard Alfred Martel, le pionnier de la spéléologie :

« J'ai montré, dans d'autres régions calcaires, que certains gîtes minéraux tels que les minerais de fer sidérolithiques et les phosphates, étaient accumulés dans des poches, analogues à nos gouffres actuels, dans des dépressions semblables aux dolines et remplissaient en certains points, des diaclases élargies ou des lapiaz ».

Quant à l'origine, Fournier, adhère totalement aux théories de son prédécesseur Fleury :

« Il est aujourd'hui bien établi que les phénomènes éruptifs ou geysériens n'ont joué absolument aucun rôle dans le creusement des cavernes... Toutes ces formations sidérolithiques sont des dépôts de décalcification, produits par des eaux chargées d'acide carbonique; ces phénomènes de décalcification sont accompagnés de phénomènes de transport qui se traduisent par la présence de galets de quartz et de lentille de kaolin ».

43 HOTTENGER G. (1923) – Les anciennes minières de fer fort de Saint-Pancré et d'Aumetz.

L'opinion d'Hottenger procède des hypothèses de Meunier (1919) Meunier estime que le minerai de fer fort des gîtes de Saint-Pancré et d'Aumetz est d'origine alluviale. Selon l'auteur, il proviendrait du démantèlement de la côte de l'Aalénien qui se serait avancée autrefois très loin dans le golfe du Luxembourg. À ce compte, ce ne serait que le résidu de lentilles compactes gréso-ferrugineuses, usées par les courants fluviatiles circulant sur l'ancien plateau lorrain :

« Les gisements de minerai en place (en l'occurrence le minerai aalénien) ont une bordure plus ou moins rapprochée et plus ou moins dense de dépôts alluvionnaires, provenant de leur érosion et parfois de leur dissolution.

Mais autant le "minerai en place", engagé dans les couches même où il s'est formé, est compact et s'étend en veines continues, autant le "minerai d'alluvion" est dispersé en dépôts irréguliers dans des dépressions du terrain, notamment en Lorraine, dans les fissures des terrains calcaires ».

44 Bruet E. (1932), docteur ès sciences – Recherches sur l'évolution continentale de quelques sédiments.

Bruet croit qu'il faut user avec modération du terme "d'altération continentale" ou "altération superficielle", car s'il reconnaît au mot "altération" la signification de changer l'état des choses, il réfute le sens qualificatif qu'on lui prête alors que l'on rencontre souvent dans les phénomènes superficiels une minéralisation par substitution et une consolidation de la roche. C'est la raison pour laquelle il préfère le terme "d'évolution continentale des sédiments".

Apport essentiel, il conforte ses théories, à l'instar de Bleicher, par des observations microscopiques en lumière naturelle et en lumière polarisée sur diverses formations, notamment sur des pisolites et nodules ferrugineux de la forêt de Châteauvillain et d'Arc-en-Barrois (Haute-Marne) :

« Au microscope, des lames très fines permettent de déceler la composition interne des pisolites... L'étude micrographique permet de voir que les pisolithes et les nodules ferrugineux sont formés in situ : comme Van den Broek l'avait déjà entrevu, ils proviennent de la minéralisation ultime des calcaires. Cette minéralisation est assurée par la source de fer importante qui était disponible dans le Callovien ».

45 GARDET.G. ET MOULINET G. (1932) – Le minerai de fer fort du front de la côte bajocienne.

Géologue lorrain réputé, Gardet distingue deux types de minerai de fer fort : le "minerai roulé" et le "minerai difforme ". S'il admet l'origine fluviatile, par contre, il réfute la théorie du remaniement du minerai aalénien :

« Le minerai de fer fort ne saurait provenir des couches aaléniennes démantelées par l'érosion. C'est ce que confirme l'analyse chimique et physique : la "Minette" est d'origine sédimentaire, elle est constituée d'un agglomérat d'oolithes ferrugineuses ; le "fer fort" résulte de la concentration moléculaire au sein d'une formation argilo-siliceuse, peut-être continentale, des particules ferrugineuses disséminées dans la masse ou des dépôts cristallins au toit des fissures du support calcaire sous l'action de l'eau d'infiltration chargée de CO_2 ».

De même, Gardet évoque pour la première fois la "surface des 400 mètres" dont les témoins du nivellement sont les débris d'une ancienne cuirasse :

« Le minerai de fer fort roulé est associé à des éléments quartzitiques également roulés qui sont bien connus sous le nom de "Pierre de Stonne". Cette association d'éléments roulés justifie l'origine alluviale de ce "minerai de fer fort; mais l'ablation de couches aaléniennes même lointaines, n'a pu donner de résidus fluviatiles de composition physique et chimique aussi différente, car il n'existe aucun banc de quartzite inclus dans la formation ferrugineuse lorraine... Ces vestiges nivellent une surface d'érosion de 400 mètres... Elle représente par suite, comme le pense Baulig (1931), les débris d'une cuirasse qui protégeait jadis la surface aquitanienne à une altitude supérieure, elle est donc d'âge tertiaire ».

Enfin, il établit une similitude avec les gisements historiques de Damville (Eure) :

« La formation de "fer fort" au sein d'une formation argilo-siliceuse, peut-être éluviale, n'a d'ailleurs rien d'extraordinaire; on peut la rapprocher de celle des nodules gréso-ferrugineux qui se recueillent dans la couverture sableuse et lévigée de la craie à Migraster de la région d'Évreux, par exemple. ».

Enfin, pour l'anecdote, Fleury (1909) nous rapporte une "théorie extra-terrestre" que lui aurait soumis Frey, ingénieur des mines du Jura, sur la genèse des pisolites :

« D'après M^r Frey, les pisolithes ferrugineuses seraient dues à une pluie de fer provenant de nuages chargés de vapeur de fer, refroidis et condensés. En tombant et en continuant à se condenser, la matière ferrugineuse devait prendre la forme globuleuse.

Cette interprétation, d'après M^r Frey, expliquerait, ce que ne font pas les autres hypothèses, la forme des pisolites et leur distribution dans les *bols* : *elle résulterait en fait d'une sorte de pluie fossile* »

DIFFRACTOMÉTRIE

CARACTÉRISATION DIFFRACTOMÉTRIQUES DES MINÉRAUX RENCONTRÉS (50 échantillons MNHN)

	Classe		1ère	raie	2ème	raie	3ème	raie	4ème	raie	5ème	raie	6ème	raie	7ème	raie	8ème raie	
Minéraux	Système cristallin	Formule chimique	Å	Intensité	Å	Intensité												
Albite	Tectosilicates Triclinique	NaAlSi₃O ₈	2,933	2	3,196	10	3,509	1	3,663	2	3,684	2	3,780	3	4,030	2	6,390	2
Alunite	Sulfates Rhomboédrique	KAI ₃ (SO4) ₂ (OH) ₆	1,498	1	1,755	1	1,920	2	2,284	2	3,000	10	3,520	3	4,980	4	5,760	1
Anatase	Oxydes Quadratique	TiO ₂	1,268	2	1,339	2	1,484	3	1,669	4	1,704	3	1,899	5	2,380	2	3,530	10
Calcite	Carbonates Rhomboédrique	CaCO ₃	1,049	4	1,608	4	1,877	6	1,922	7	2,100	5	2,290	5	2,510	4	3,050	10
Chamosite Chlorite	Phylosilicates Monoclinique	(Mg, Al, Fe) ₆ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	2,009	2	2,447	2	2,544	2	2,862	3	3,580	6	4,770	7	7,160	10	14,300	6
Dolomite	Carbonates Rhomboédrique	CaMg (CO ₃) ₂	1,389	1	1,783	3	1,804	2	2,015	1	2,192	3	2,405	1	2,670	1	2,886	10
(Fluo)apatite	Phosphates Hexagonal	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH, F, CI)	1,837	3	1,937	2	2,250	2	2,624	3	2,702	6	2,772	5	2,800	10	3,442	4
Gœthite	Sulfosels Orthorhombique	FeO (OH)	1,563	3	1,719	5	2,180	4	2,440	7	2,690	8	4,160	2	4,210	10	5,020	2
Hématite	Oxydes Rhomboédrique	F ₂ O ₃	1,058	5	1,313	4	1,457	5	1,488	5	1,697	7	1,843	6	2,520	8	2,690	10
Illite	Phylosilicates Monoclinique	(K, H ₃ O) Al ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ (H ₂ O, OH) ₂	2,005	5	2,990	2	3,200	1	3,340	10	4,440	1	4,480	2	5,020	5	10,000	9
Kaolinite	Phylosilicates Triclinique	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2,293	5	2,338	5	2,347	5	3,579	9	3,847	5	4,186	6	4,366	8	7,170	10
Lépidocrocite	Oxydes Orthorhombique	Gamma FeO (OH)	1,196	3	1,570	3	1,739	2	1,943	6	2,090	2	2,480	5	3,300	7	6,300	10
Microcline	Tectosilicates Triclinique	KAISi ₃ O ₈	3,247	10	3,286	5	3,368	4	3,466	3	3,484	3	3,704	3	3,831	3	4,213	5
Muscovite	Phylosilicates Monoclinique	KAI ₂ (Si, AI) ₃ O ₁₀ (OH), F) ₂	1,651	8	1,995	10	2,134	8	2,570	10	3,330	10	4,490	8	5,000	8	9,980	8
Orthoclase	Tectosilicates Moclinique	KAISi ₃ O ₈	2,901	3	2,992	5	3,240	6	3,290	6	3,310	10	3,470	4	3,770	8	4,220	7
Quartz	Tectosilicates Rhomboédrique	SiO ₂	0,792	4	1,183	4	1,379	6	1,542	4	1,817	5	2,460	3	3,340	10	4,250	6
Zircon	Orthosilicates Quadratique	ZrSiO₄	1,651	1	1,712	4	1,751	1	1,908	1	2,066	2	2,518	4	3,032	10	4,434	4

Source : http:/webmineral.brgm.fr

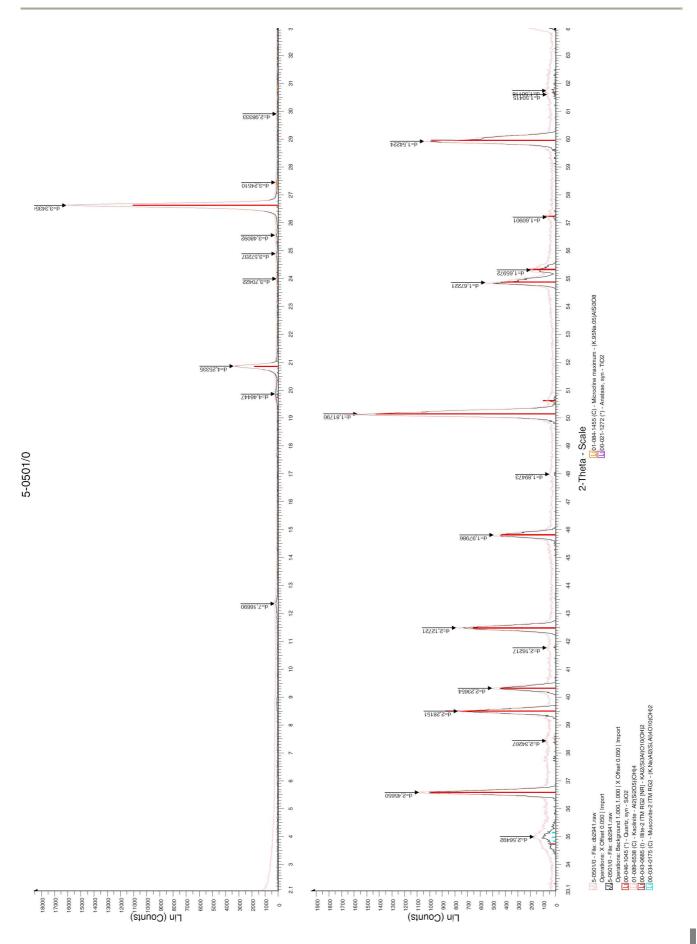
ses

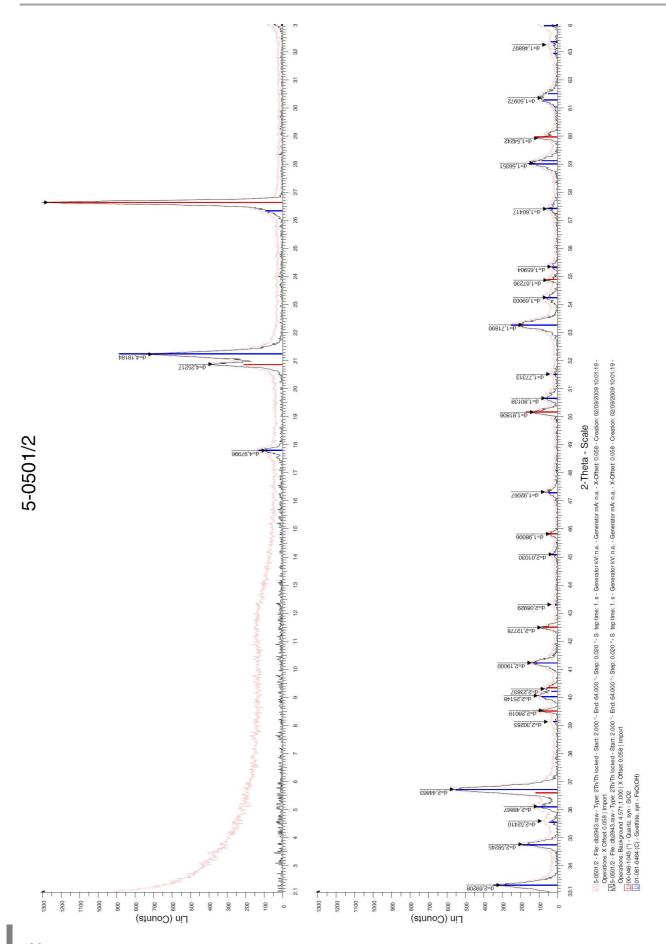
bordures:

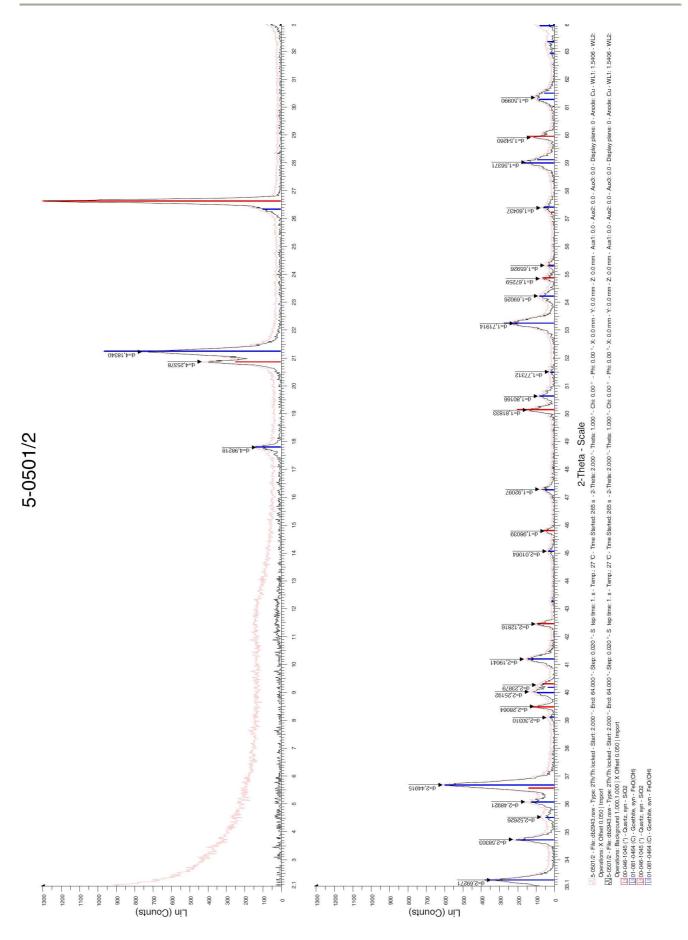
DIFFRACTOMÉTRIE RX (50 échantillons)

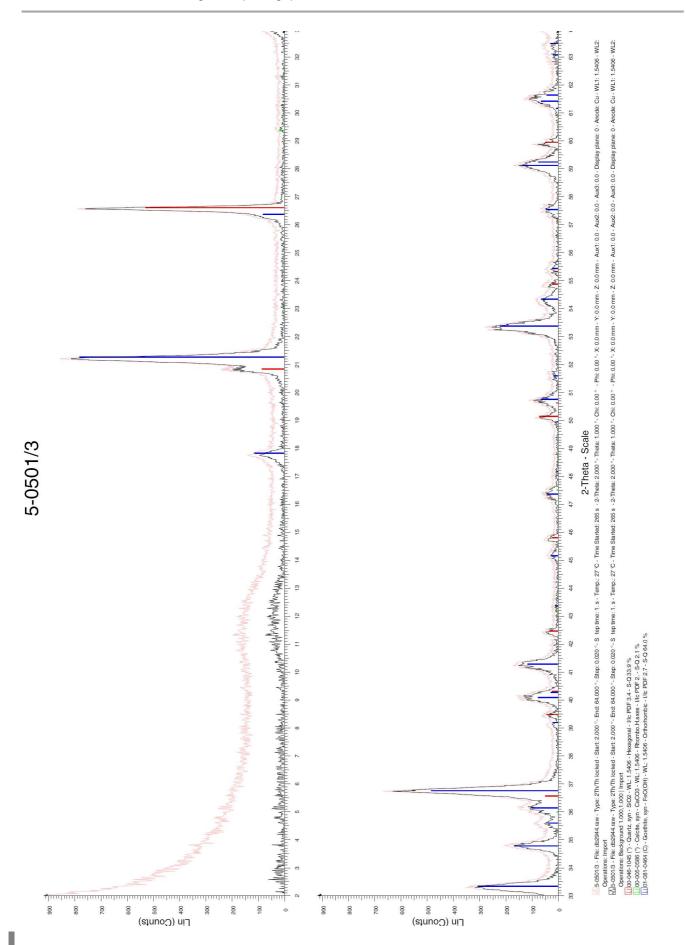
N° Echantillon	Département	Localisation	Albite	Alunite	Anatase	Calcite	Chamosite Chlorite	Dolomite	(Fluo)apatite	Goethite	Hématite	III te	Kaolinite	Lépidocrocite	Microcline	Muscovite	Orthoclase	Quartz	Zircon	Observations
5-0501/0	54 S	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye			Α							Α	Α		Α	Α		Α		Argile siliceuse blanche
5-0501/1	54 S	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye								Α								Α		Limonite néoformée
5-0501/2	54 S	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye								Α								Α		Minerai de Fer fort (faciès massif)
5-0501/3	54 H	łussigny-Godbrange (54) / Les Minières				Α				Α								Α		Minerai de Fer fort (Nodule)
5-0501/6	57 V	/olmerange (57) / Carrière de Reserveviertel			Α					Α								Α		Fer fort (faciès massif)
5-0501/7	54 V	/illerupt (54) / Bois de Butte								Α								Α		Fer fort (faciès massif)
6-0711/1	55 N	Morley (55) / Bois de Morley								Α								Α		Fer géodique du Valanginien
6-0711/3	52 N	Montreuil-sur-Thonnance (52) / Les Hautes-Minières								Α										Cuirasse à oolithes ferrugineuses
6-0711/7	52 F	Poissons (52) / Minières du Laiçon							Α	Α								Α		Remplissage cavités : concrétions ferrugineuses / calcaires
6-0807/1	02 E	Bucilly (02) / La Butte au Genêt								Α								Α		Rognons de minerai de fer (remplissage karstique)
6-0820/2	86 S	Saint-Léomer (86) / Les Chaumettes					Α			Α		Α						Α		Callots métriques
6-0823/1	18 L	a Celle-Condé (18) / Ferme du Pont-Chauvet					Α			Α		Α			Α			Α		Callots de pisolites
6-0823/3		Neillant(18) / Bois de Meillant / Allée de la forge à bras					Α			Α	Α	Α						Α		Cuirasse ferrugineuse
6-0824/1		unery (18) / Grotte de Chanteloup				Α				Α		Α	Α					Α		Castillard
6-0824/2	18 L	unery (18) / Grotte de Chanteloup				Α				Α			Α					Α		Castillard
6-0824/4	18 L	unery (18) / Grotte de Chanteloup																		Encro^tement ferrugineux
6-0825/1	18 L	unery (18) - Grotte du Patouillet					Α			Α		Α								Castillard
6-1002/2		e Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti																		Calcite rouge
6-1002/3	18 L	e Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti				Α				Α		Α	Α					Α		Callots de pisolites
6-1002/7		e Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti				Α	Α			Α								Α		Pisolites et argiles brunes en place (diaclase dans les calcaires oxfordiens)
6-1002/8	_	e Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti																		Calcite blanche en place (diaclase dans les calcaires oxfordiens)
6-1002/10	18 L	e Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti				Α				Α								Α		Callots en place dans les diaclases (calcaires oxfordiens)
7-0110/4	_	Sapogne-et-Feuchères (08) / Côte des Vignes								Α								Α		Nodules de minerai de fer wealdien (karst bathonien moyen)
7-0416/2	-	ailly (08) / Bois de Nouart																		Argiles roses avec passage blanc et lie-de-vin
7-0614/1		Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Argile polyédrique - Coupe 26 (F)
7-0614/3		Montcey (70) / Grotte des Équevillons				Α				Α		Α						Α		Encroûtement fer - Coupe 26 (E1)
7-0614/4	_	Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Argiles rytmique (série D) - Coupe 26
7-0614/5	_	Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Graviers et argiles (série C) - Coupe 26
7-0614/7	_	Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Argile rythmiques - Coupe 26 (B1)
7-0614/8	_	Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Graviers et argiles - Coupe 26 (A3)
7-0614 /9	70 N	Montcey (70) / Grotte des Équevillons																		Sables et argiles - Coupe 26 (A2)
7-0615/2	_	Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau								Α	Α							Α		Encroûtement / Zone d'entrée
7-0615/3		Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau																		Calcite rouge vif
7-0615/4	70 E	Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau								Α	Α									Encroûtement / Sommet P7
7-0615/5	_	Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau																		Argile jaunâtre - Sommet P7
7-0620/2	_	Damville (27) / Les Minières																		Argiles rouges
7-0620/3	_	Damville (27) / Les Minières								Α								Α		Minerai de fer des marais
7-0620/4	_	Breteuil-sur-Iton (27) / Bois de la Madeleine					<u> </u>		<u> </u>	Α		<u> </u>		<u> </u>	<u> </u>		ļ	Α		Minerai de fer des marais
7-0620/5		logent-le-Sec (27) / Le Haut-de-la-Ville								Α								Α		Minerai de fer des marais
7-0621/1	_	Sainte-Marthe (27) / Les vallées					<u> </u>			Α		_		_				Α		Minerai de fer des marais
7-0621/2		a Ferrière-sur-Risle (27) / Les Clos								Α								Α		Minerai de fer des marais
8-0819/2	_	Chargey-les-Gray (70) / Les Epinottes								Α										Nodules type Fer fort
9-0102/3	_	unery (18) / D106 vers Saint-Caprais																		Argiles rouges indurées
9-0303/1		/illecloye (55) / Les Minières					<u> </u>		<u> </u>	Α	Α	<u> </u>		<u> </u>	<u> </u>		<u> </u>	Α		Coglomérat de pisolites
9-0311/1	-	Montiers-sur-Saulx (55) / Forêt de Montiers / Tranchée du Charmoi					<u> </u>		<u> </u>	Α				<u> </u>	<u> </u>		<u> </u>	Α		Fer géodique
9-0311/2		Montiers-sur-Saulx (55) / Forêt de Montiers / Tranchée du Charmoi					_		_						1					Argile
9-0318/6	_	Signy-Montlibert (08) / Bois de Signy		<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	Ь—	.	-	Α	<u> </u>	Α	Α	Ь—	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	Α		Fer fort
9-0506/1	_	Neuville-les-This (08) / Bois des Ivis					<u> </u>		<u> </u>	Α		<u> </u>		<u> </u>	<u> </u>		<u> </u>	Α		Grès ferrugineux
9-0506/2		Balaives et Butz (08) / Bois d'Enelle					<u> </u>		<u> </u>	Α	Α			<u> </u>	1					Mine en clous)
9-0506/3	08 E	Balaives et Butz (08) / Bois d'Enelle					<u> </u>	<u> </u>												Argile orangée

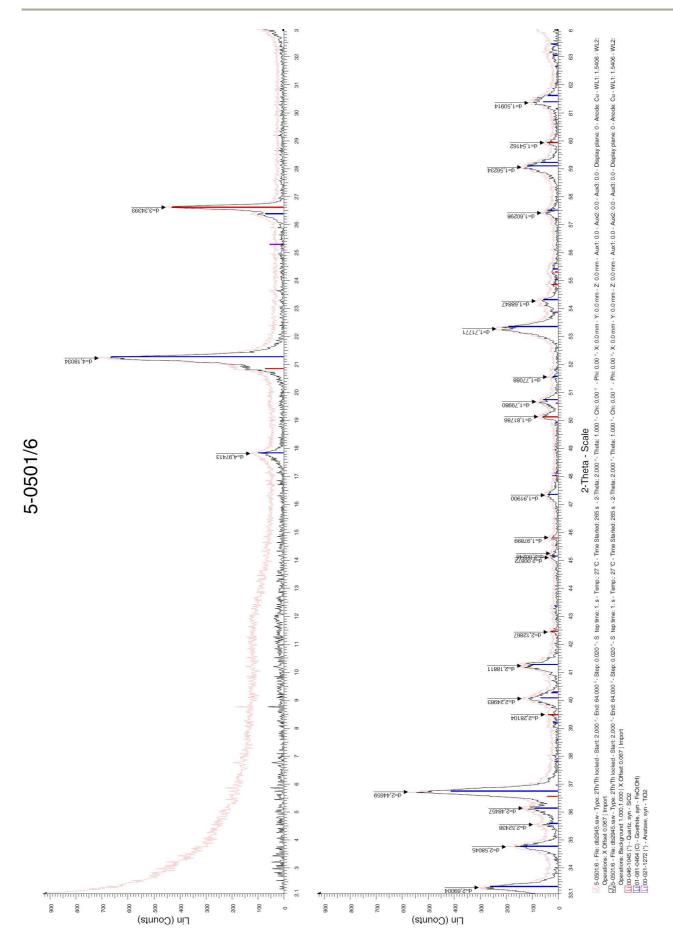
A Analyse chimique Diffractomértie RX Diffractomértie RX + Lame mince

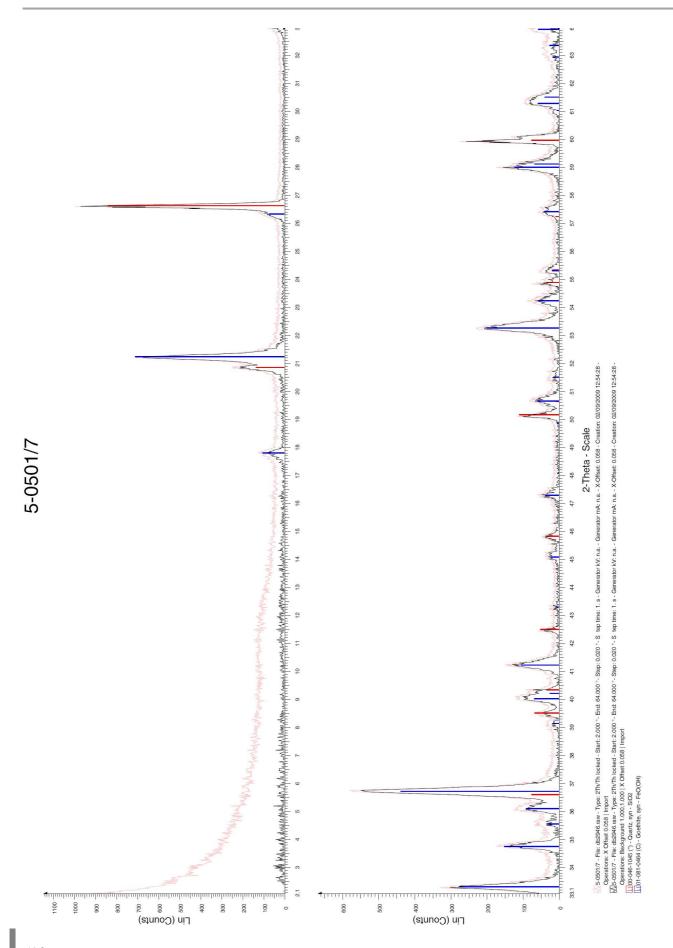


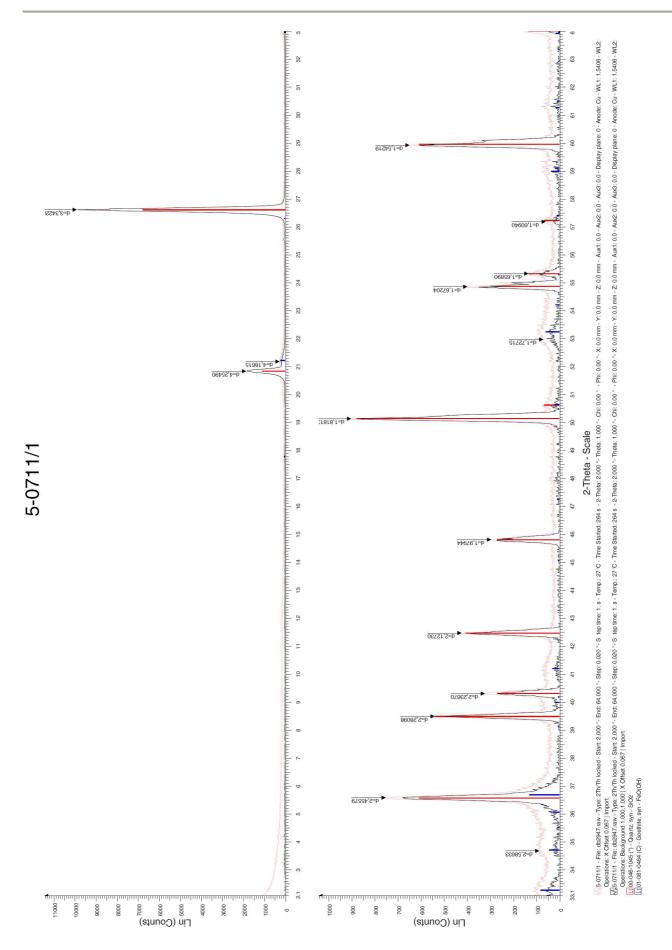


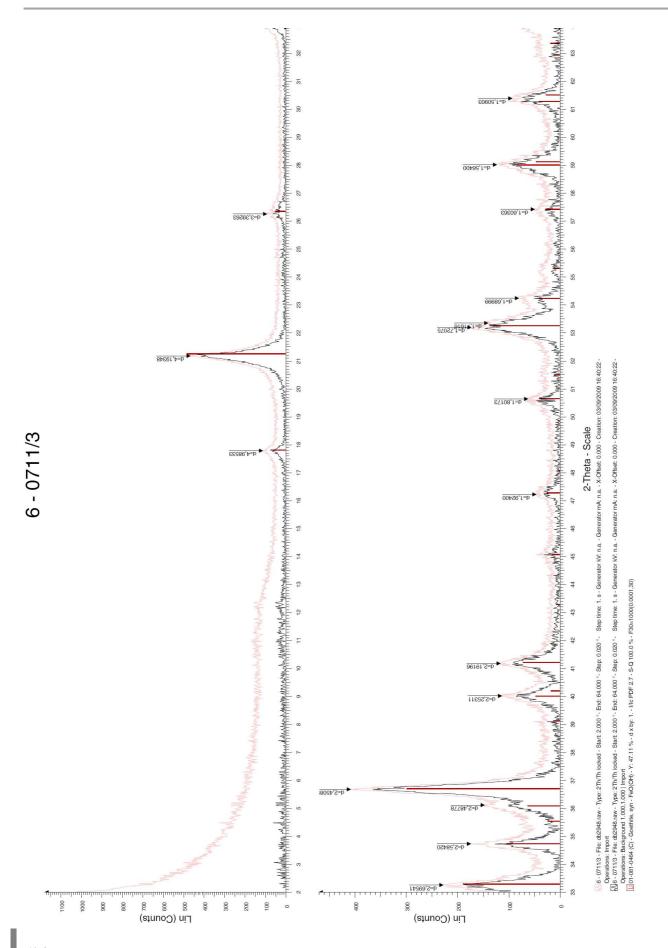


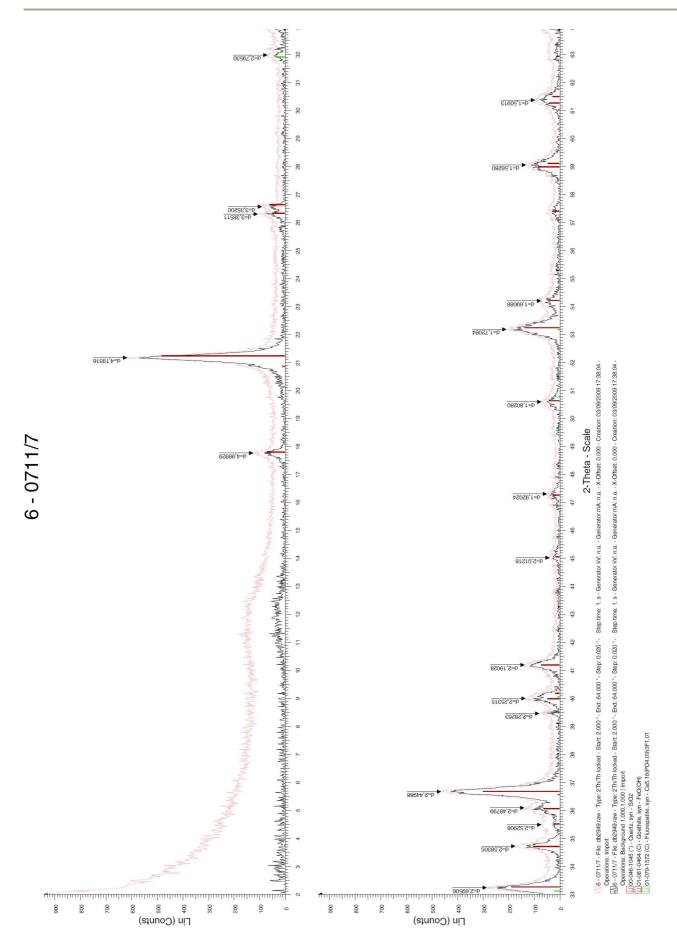


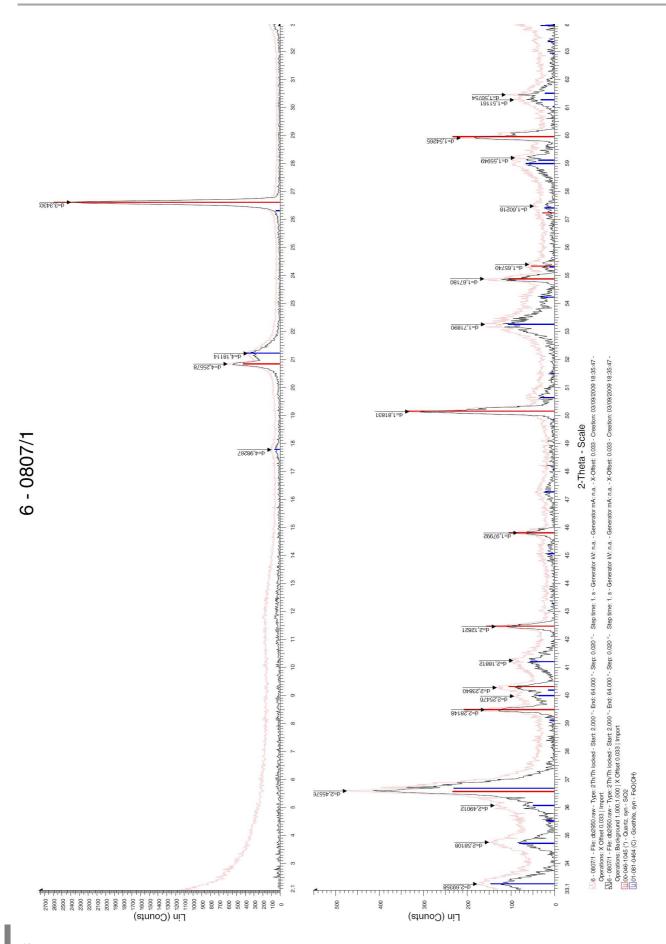


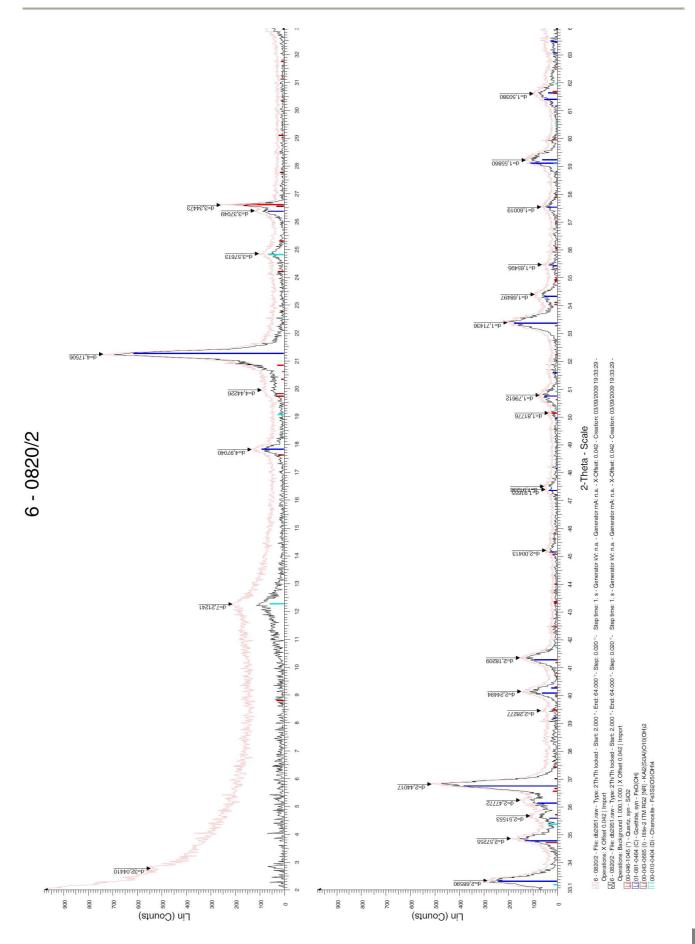


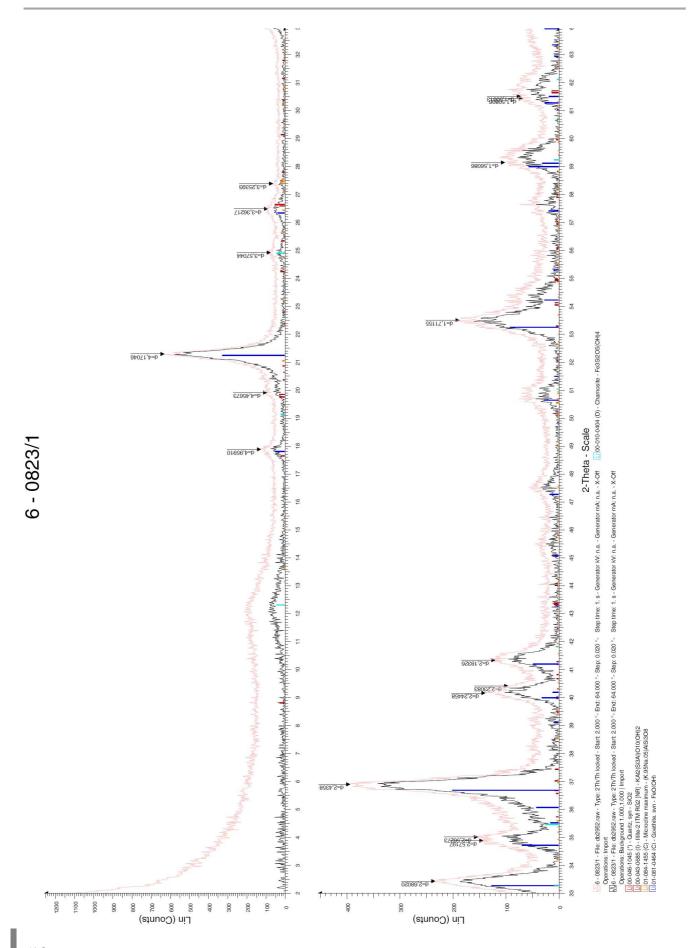


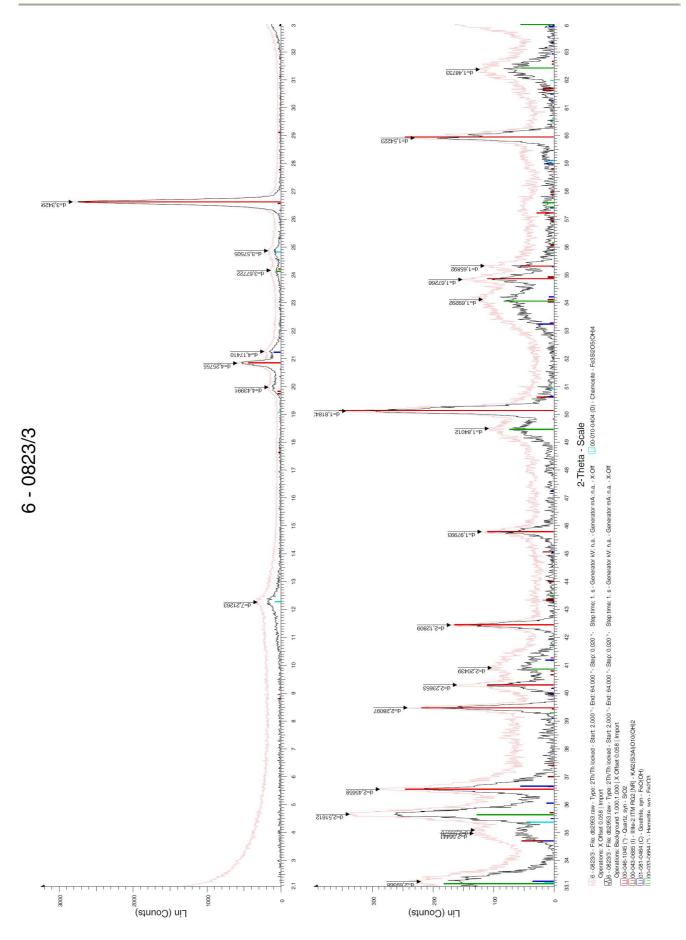


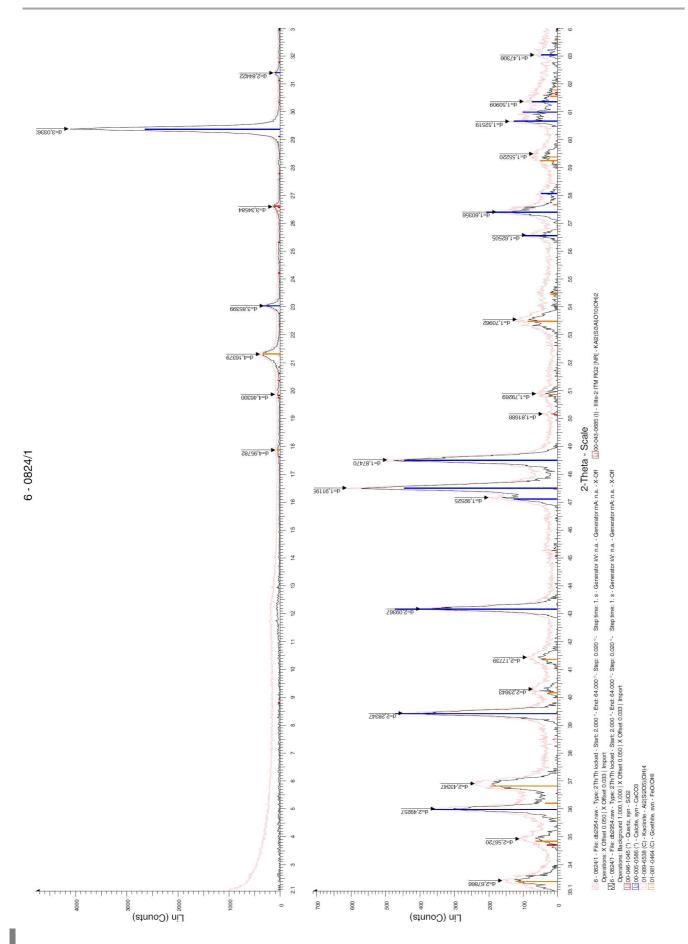


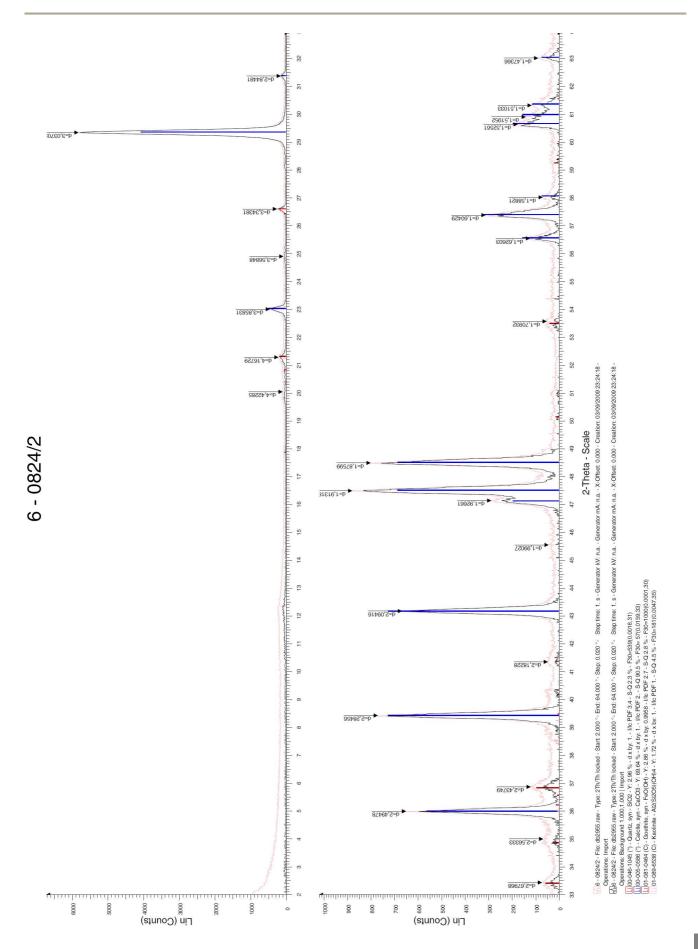


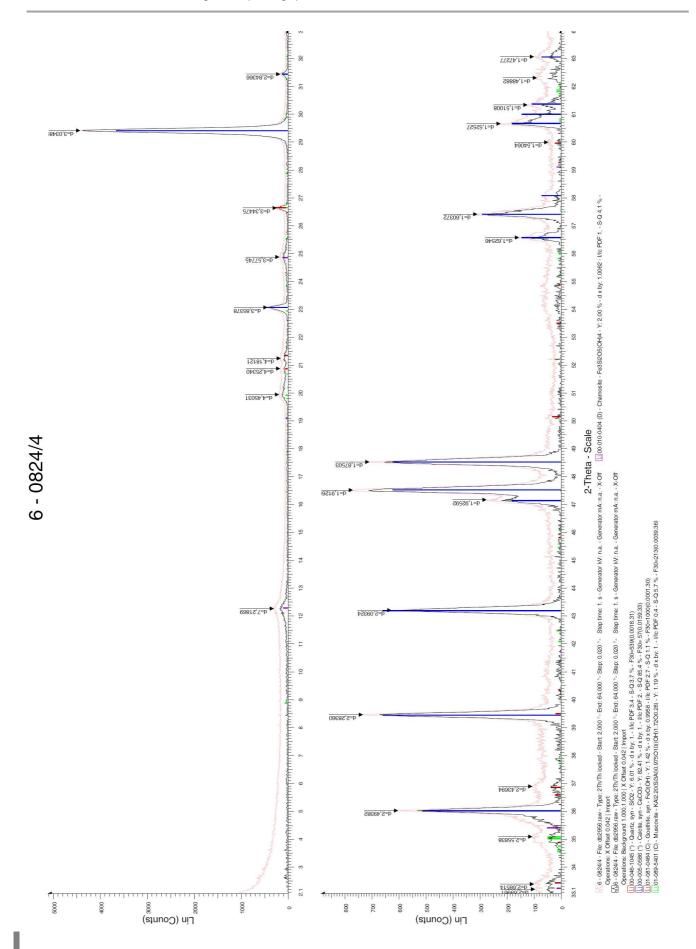


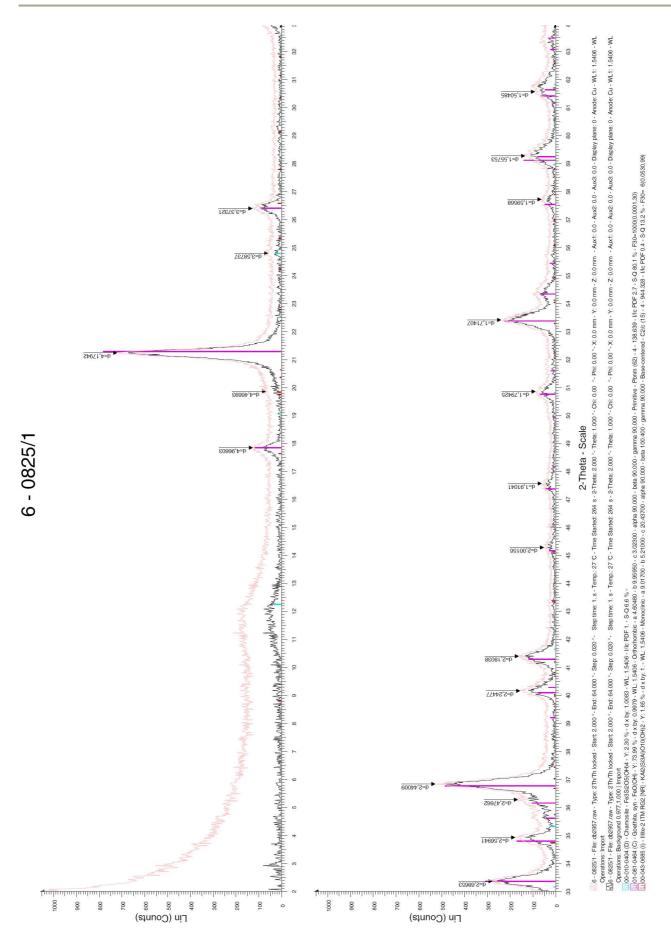


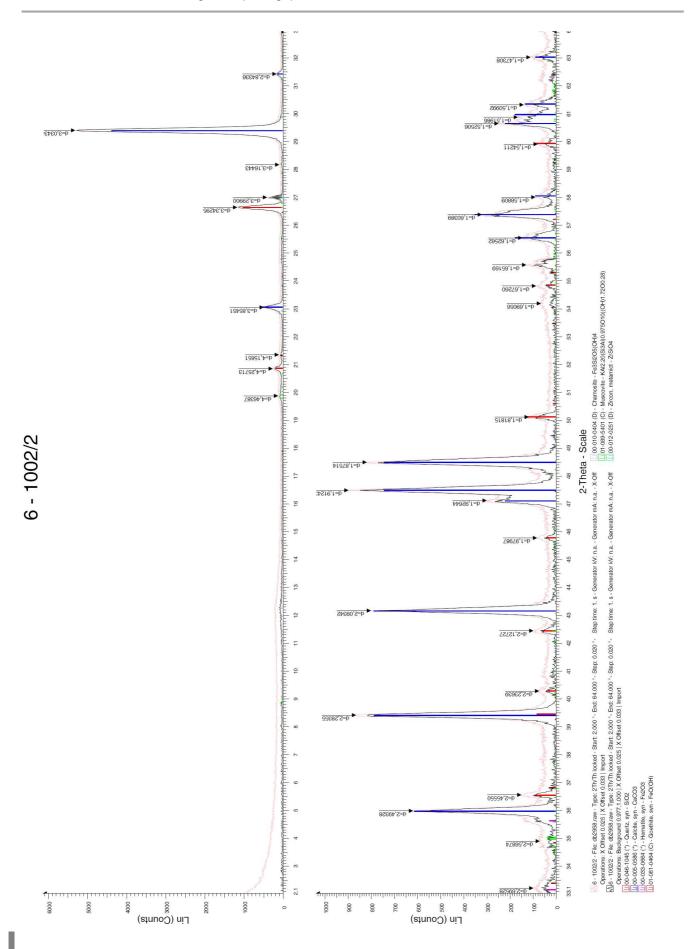


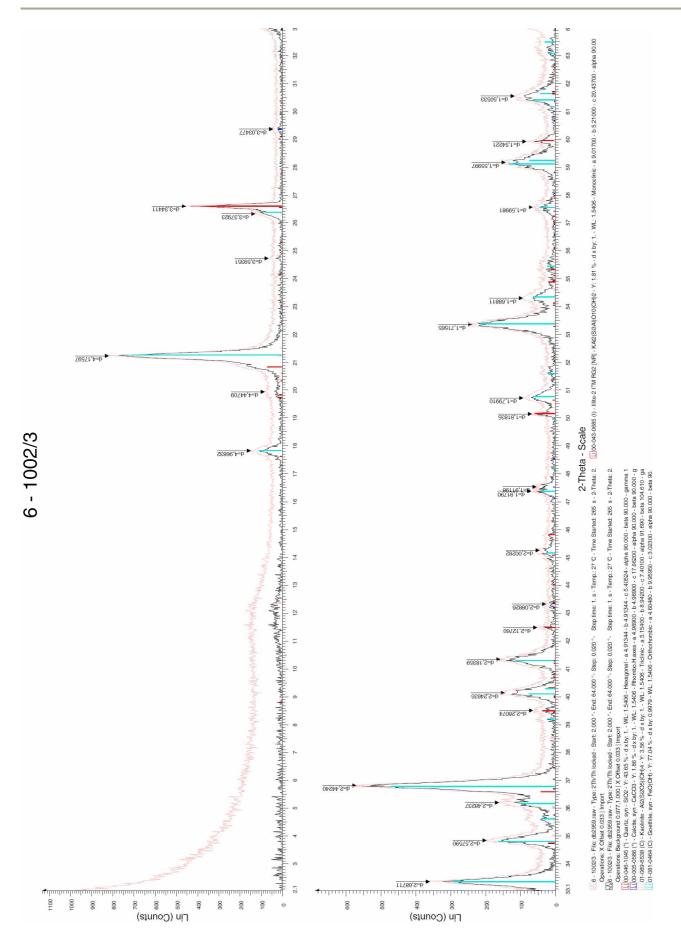


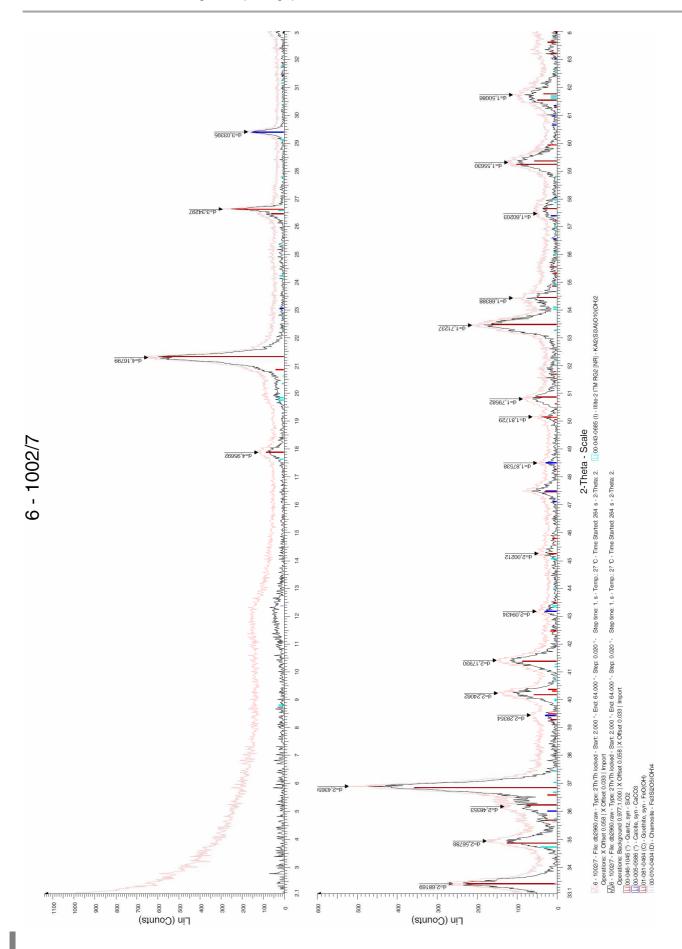


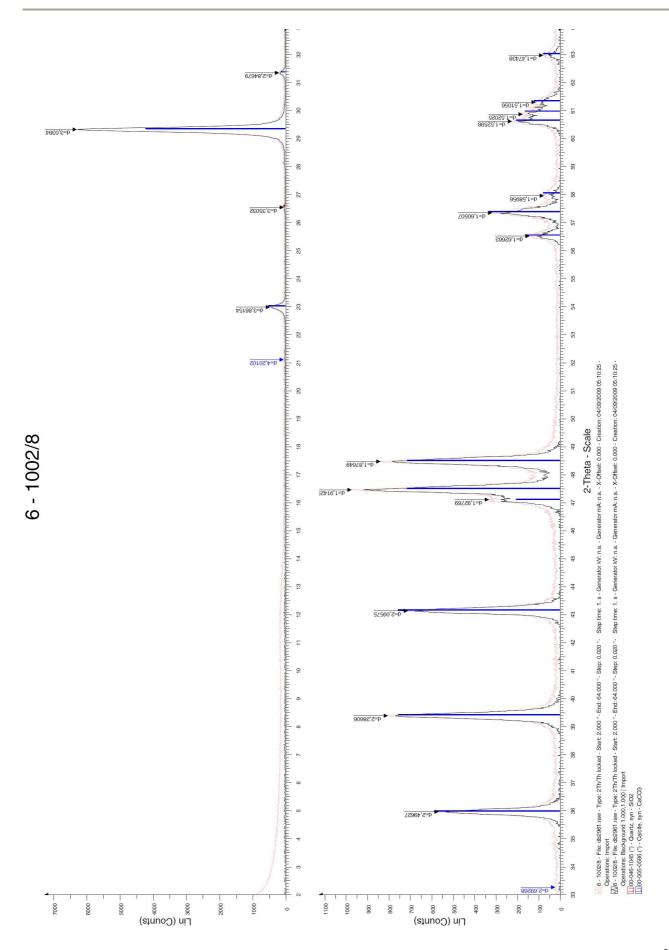


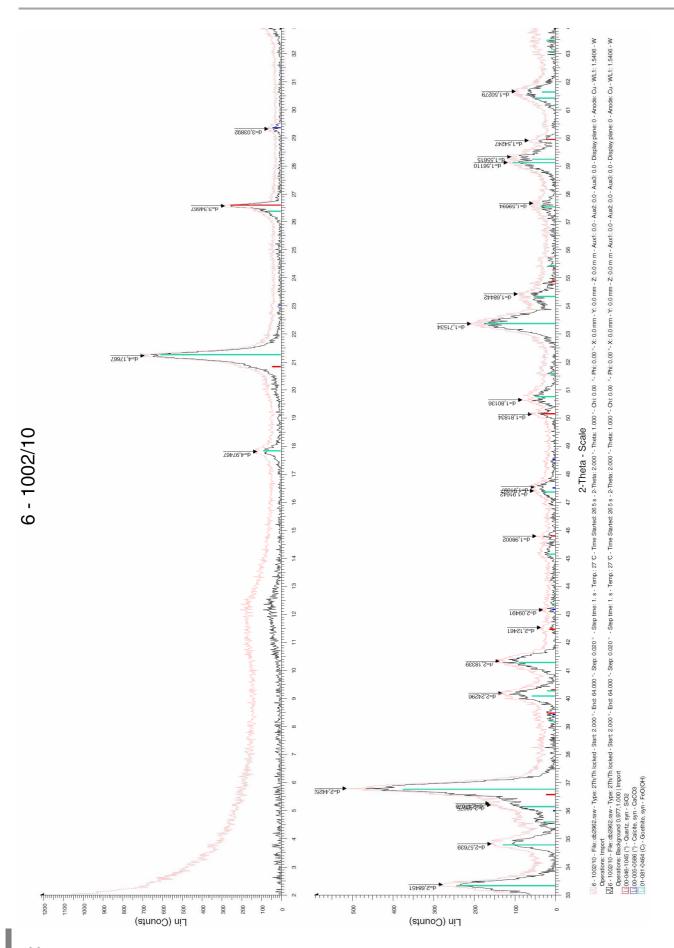


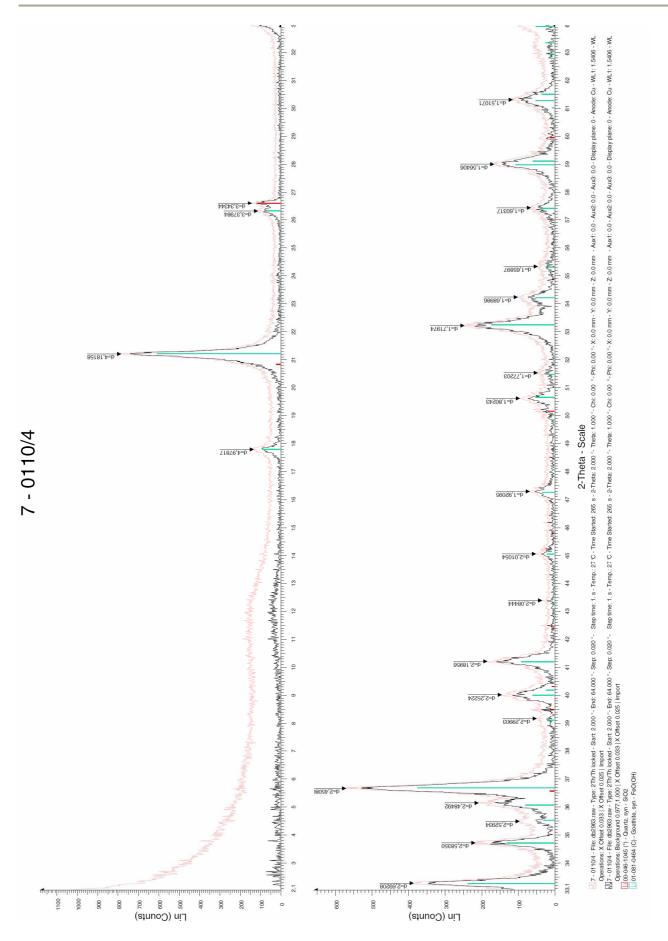


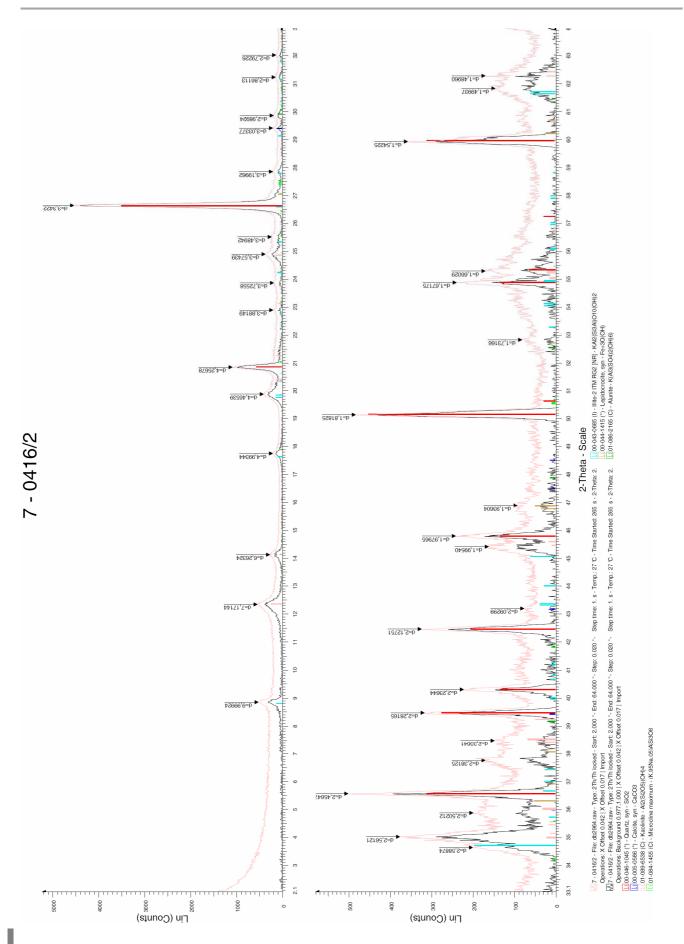


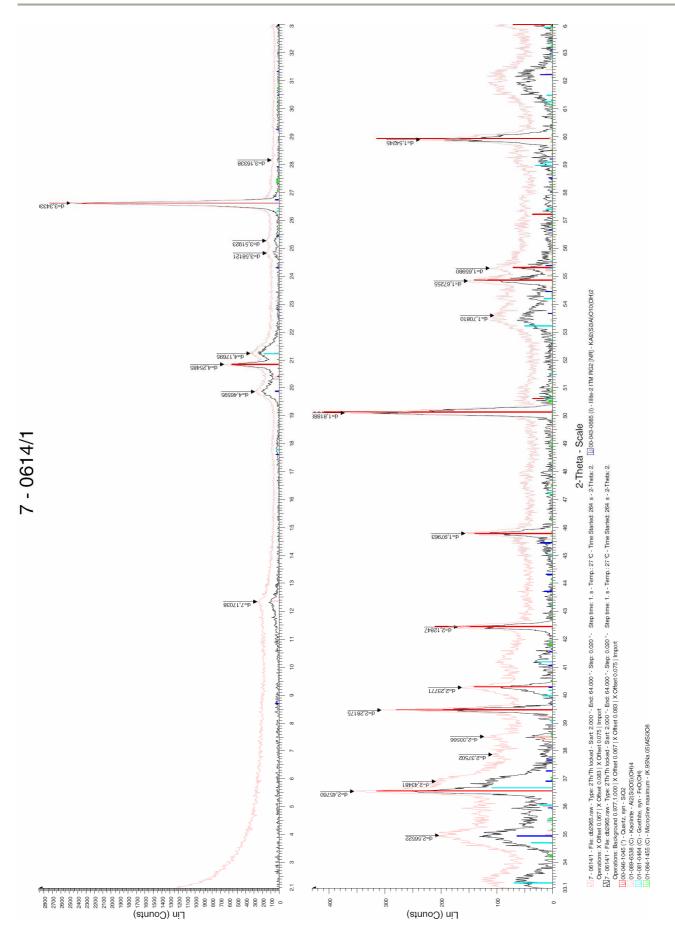


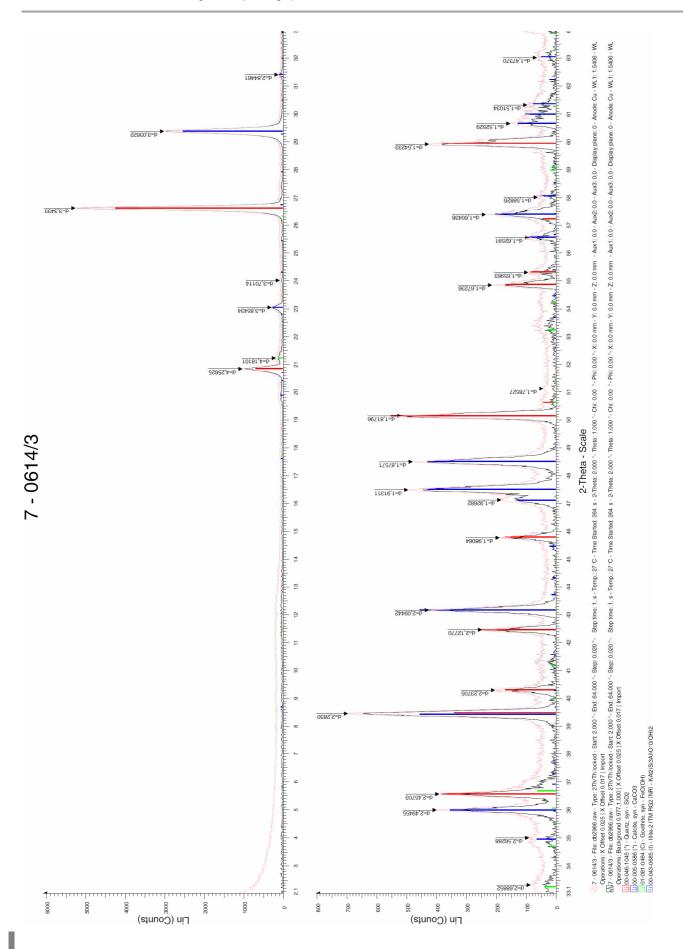


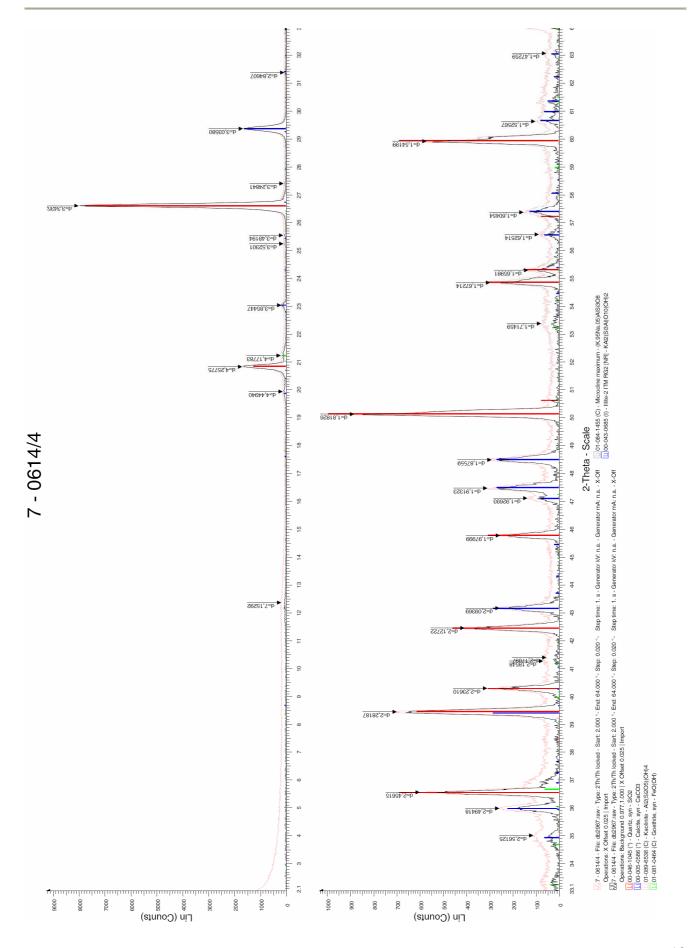


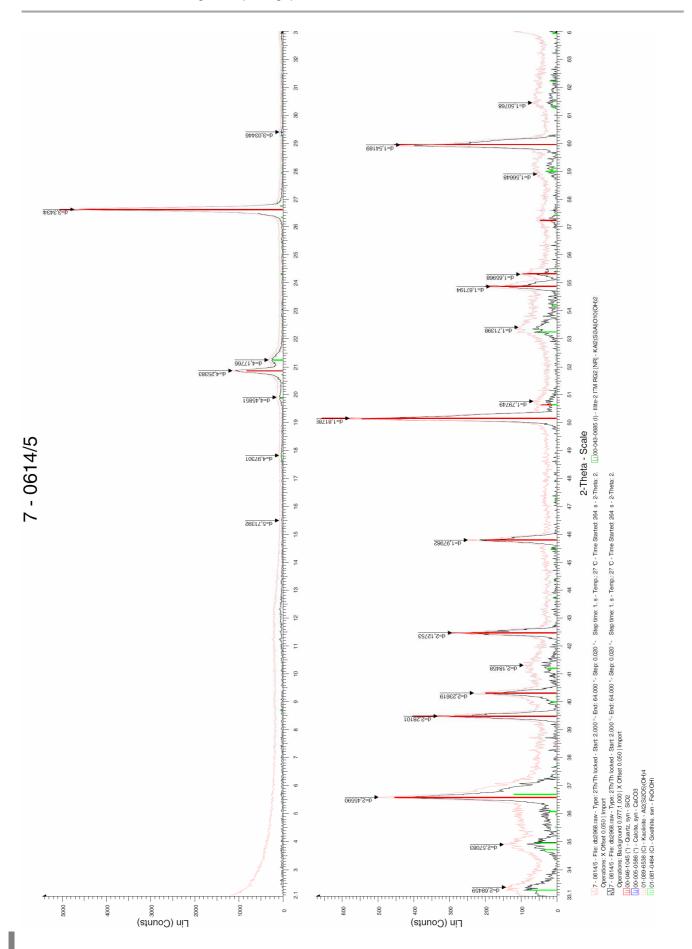


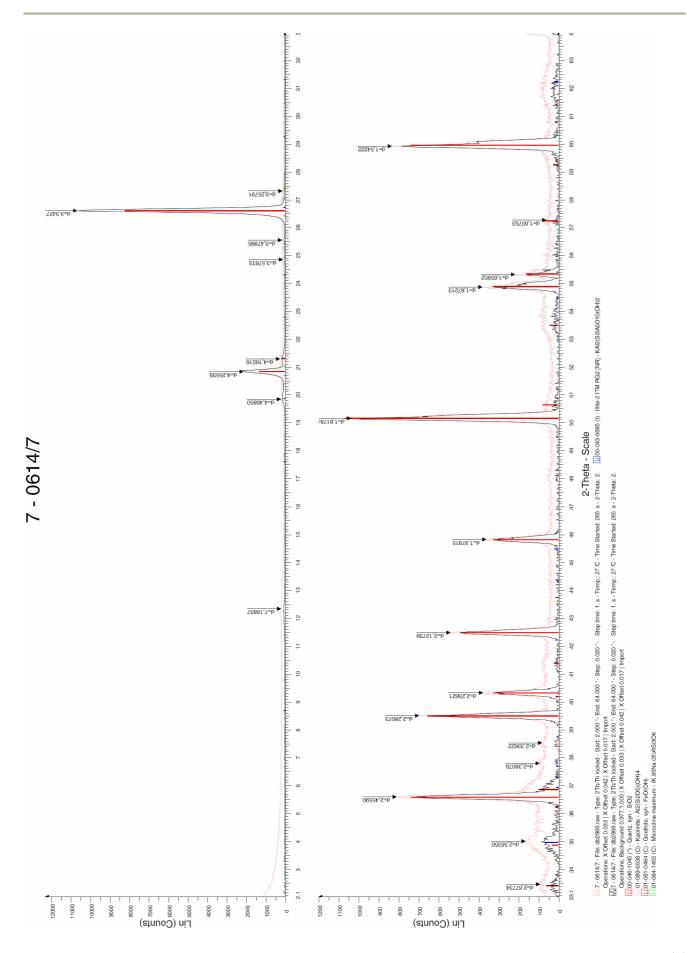


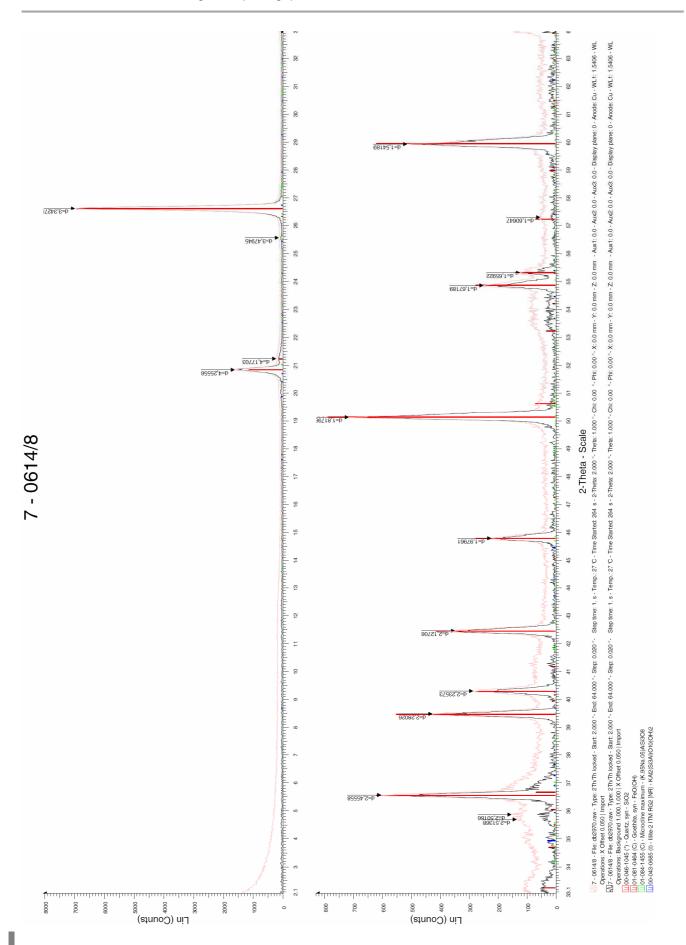


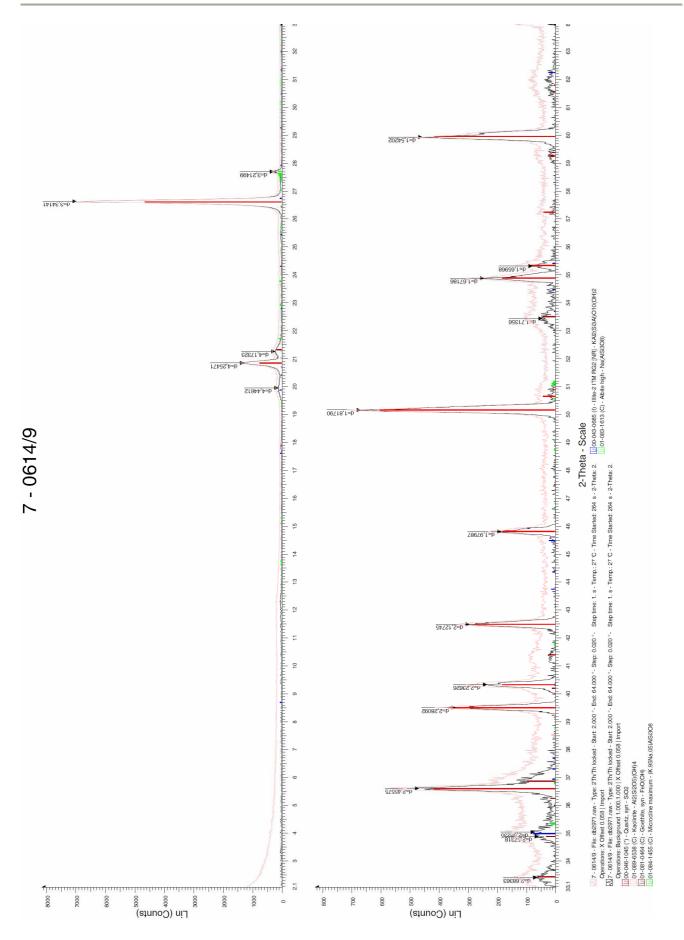


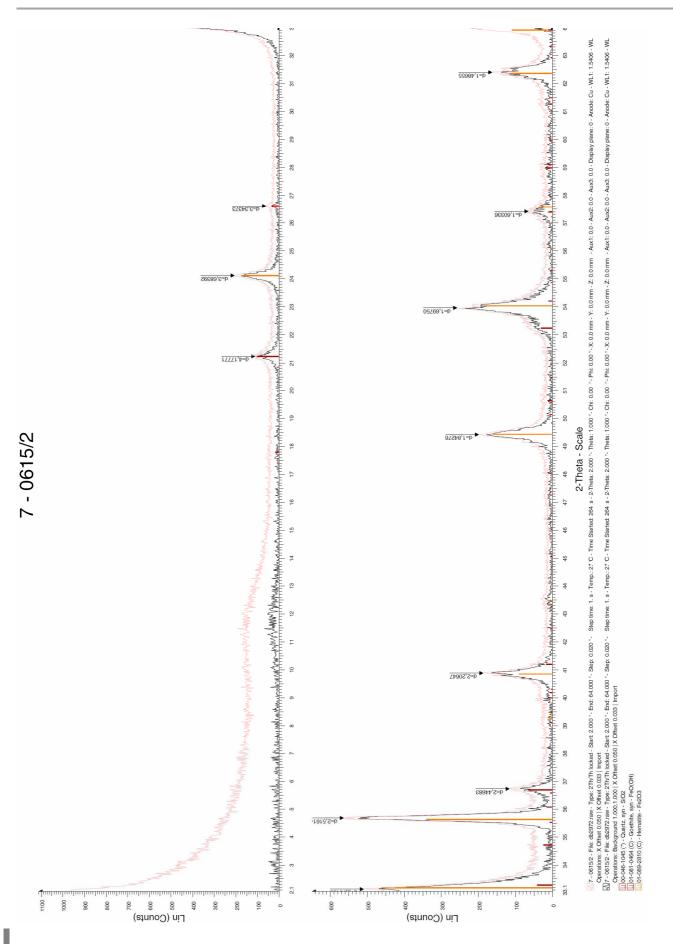


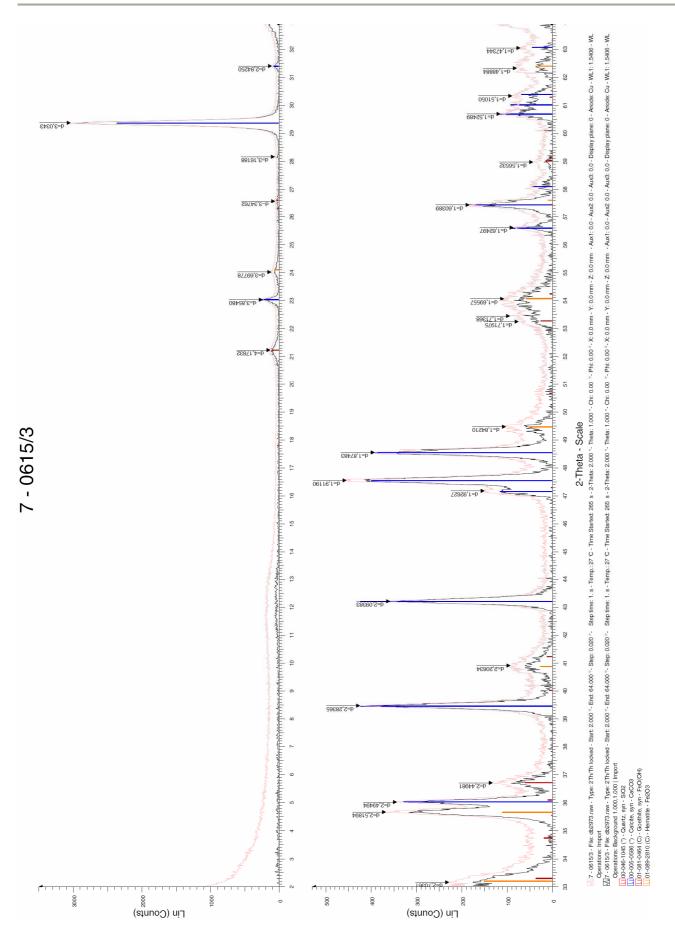


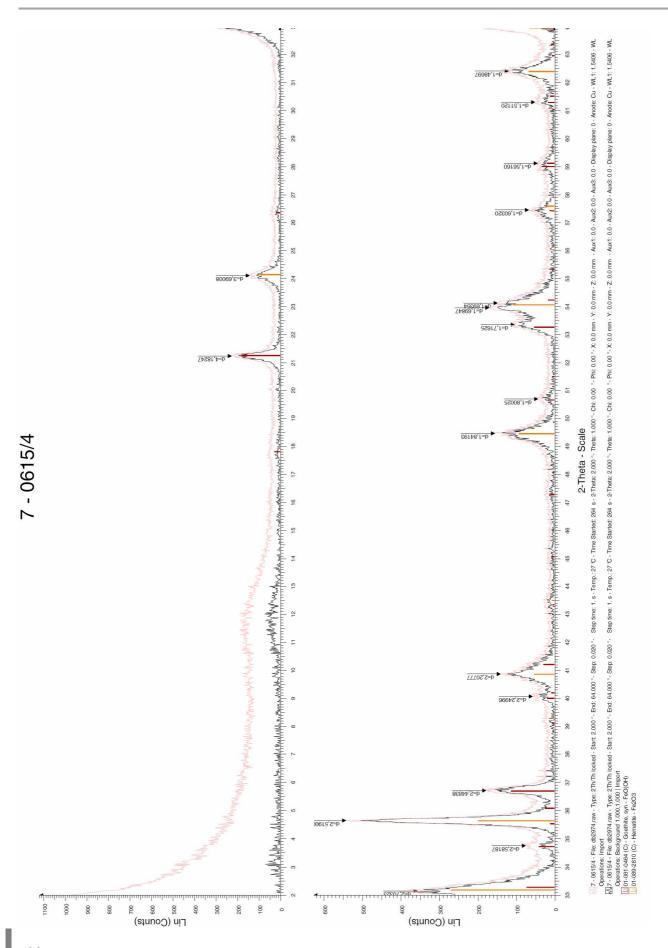


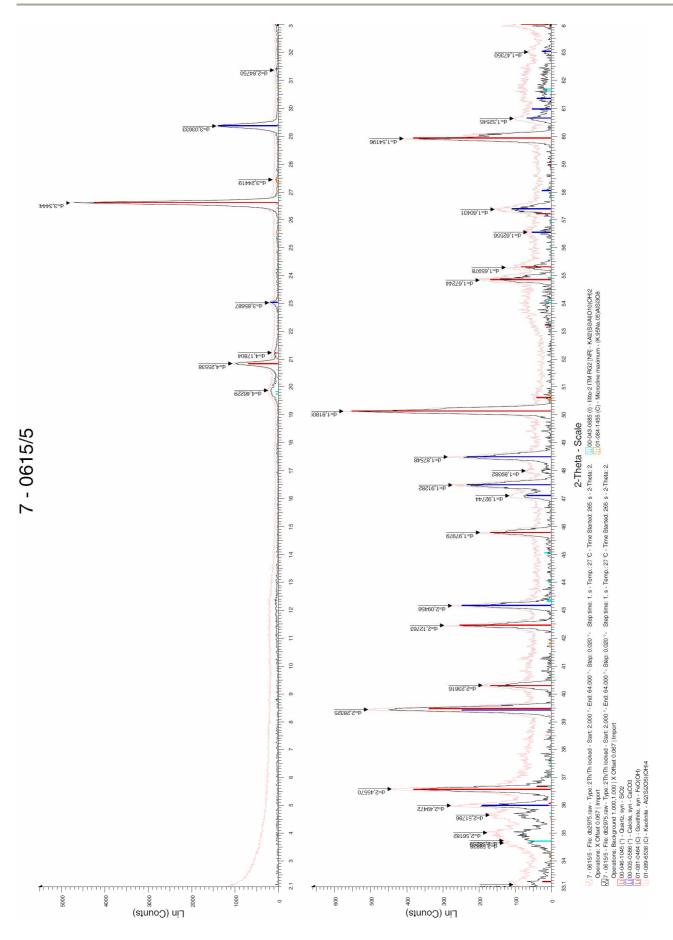


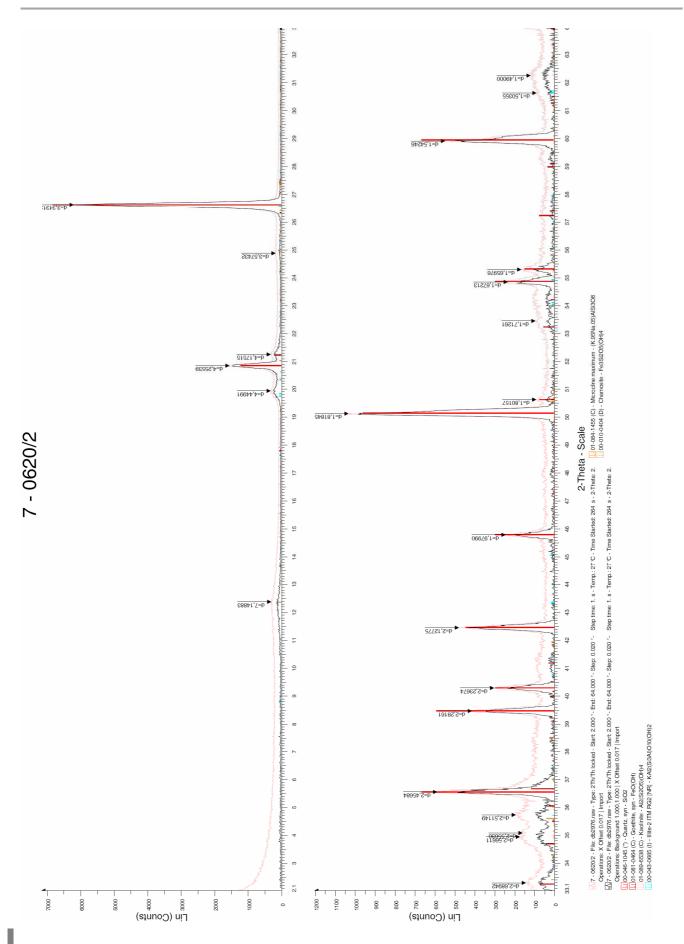


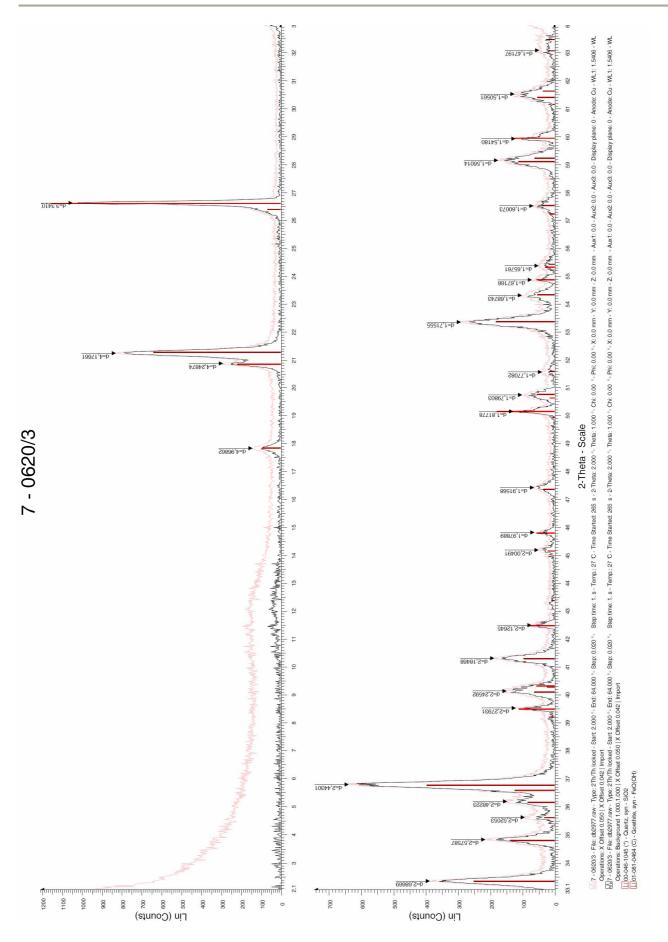


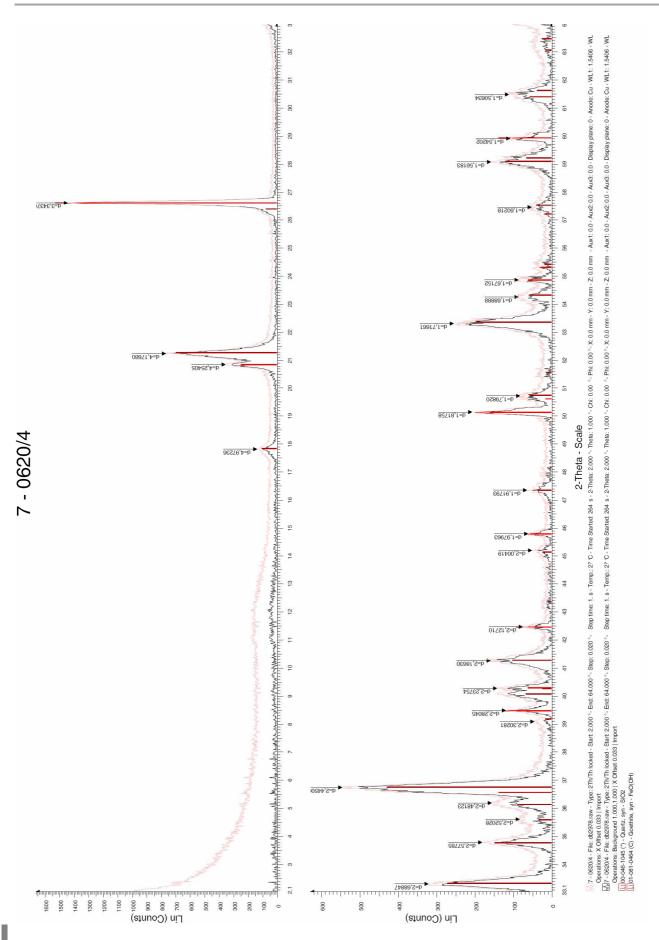


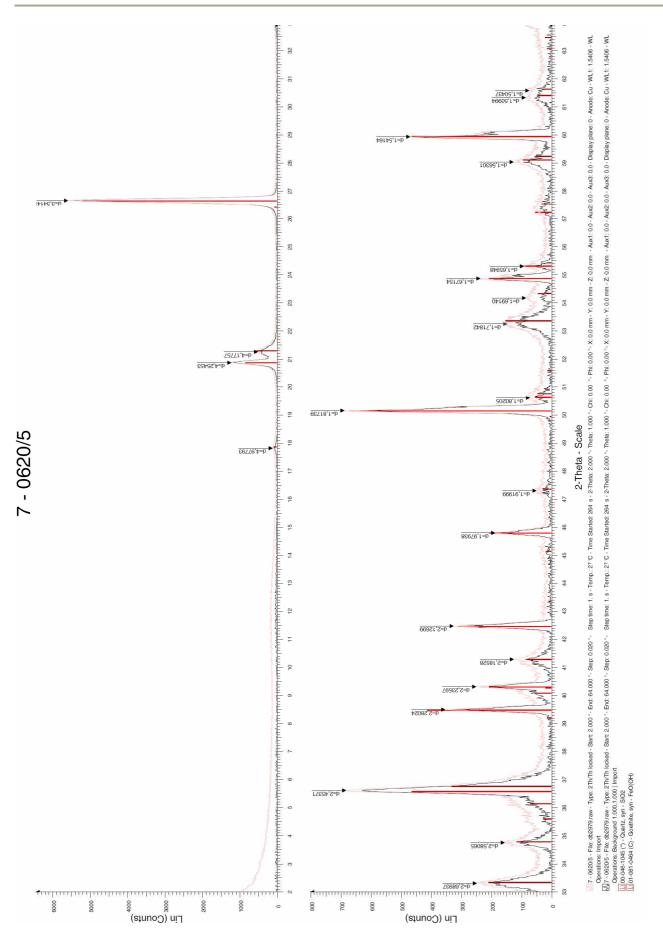


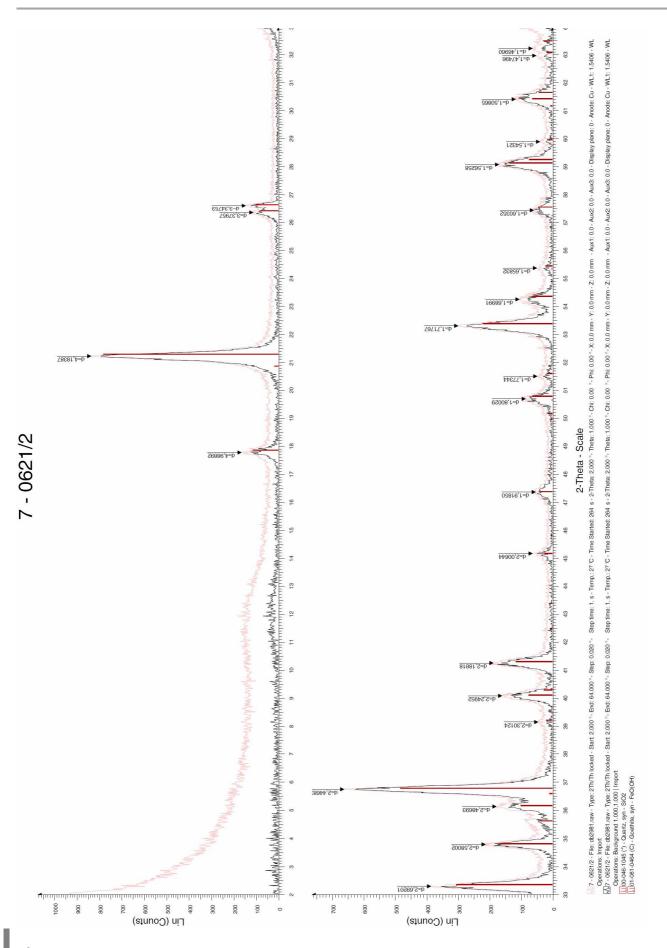


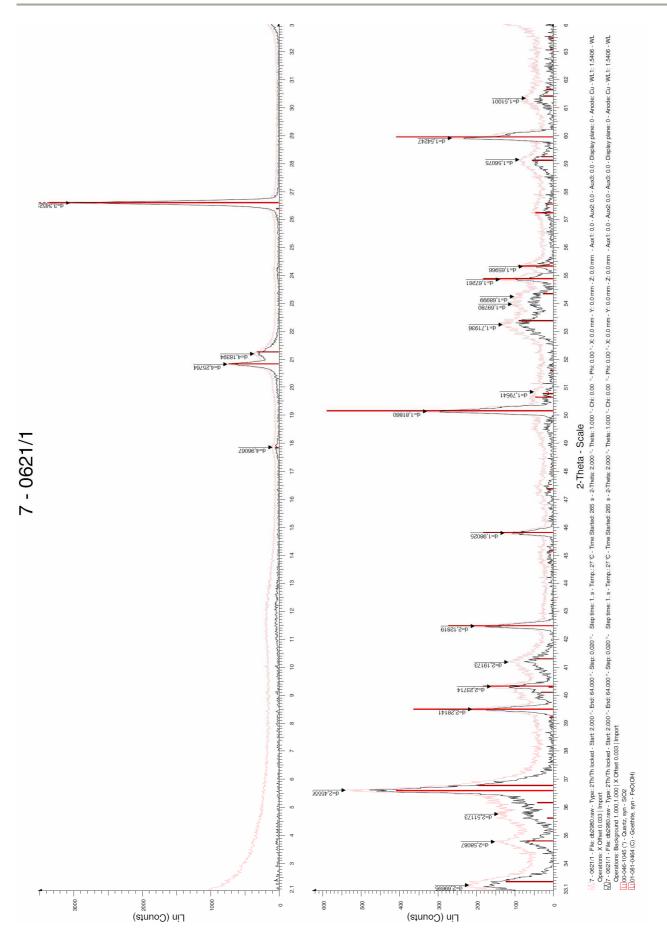


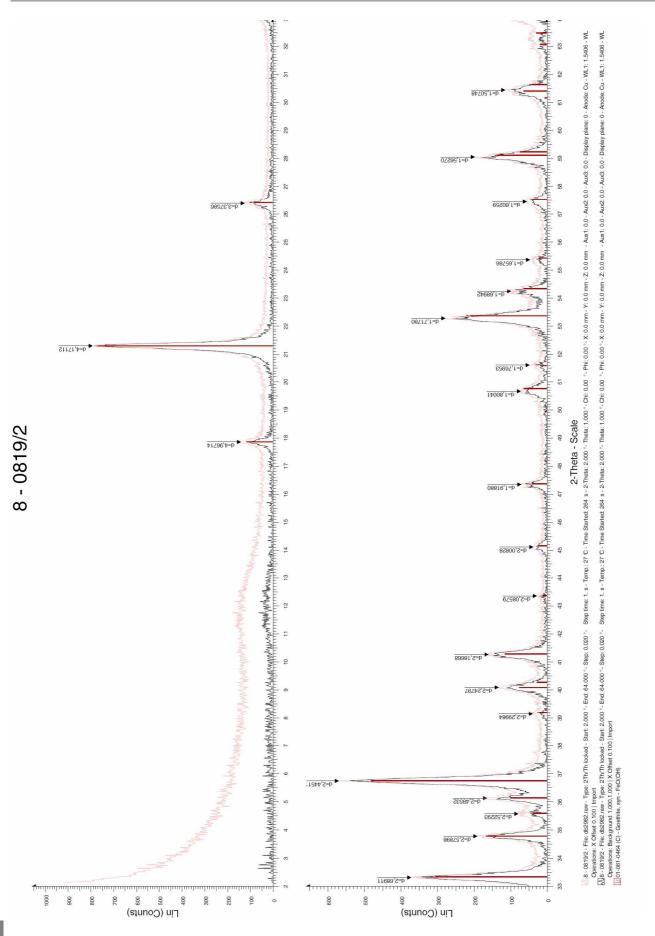


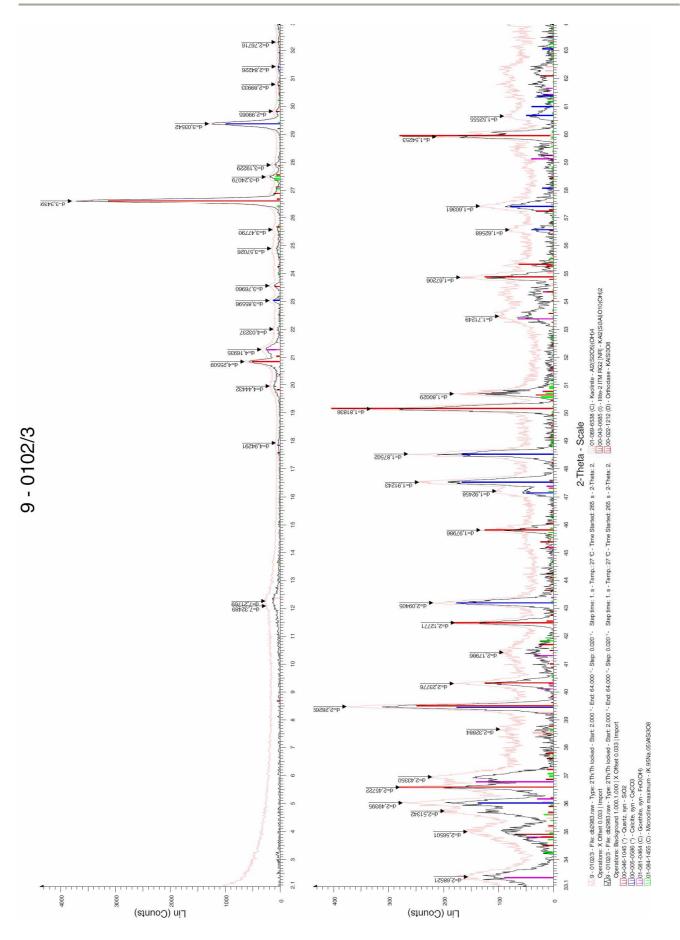


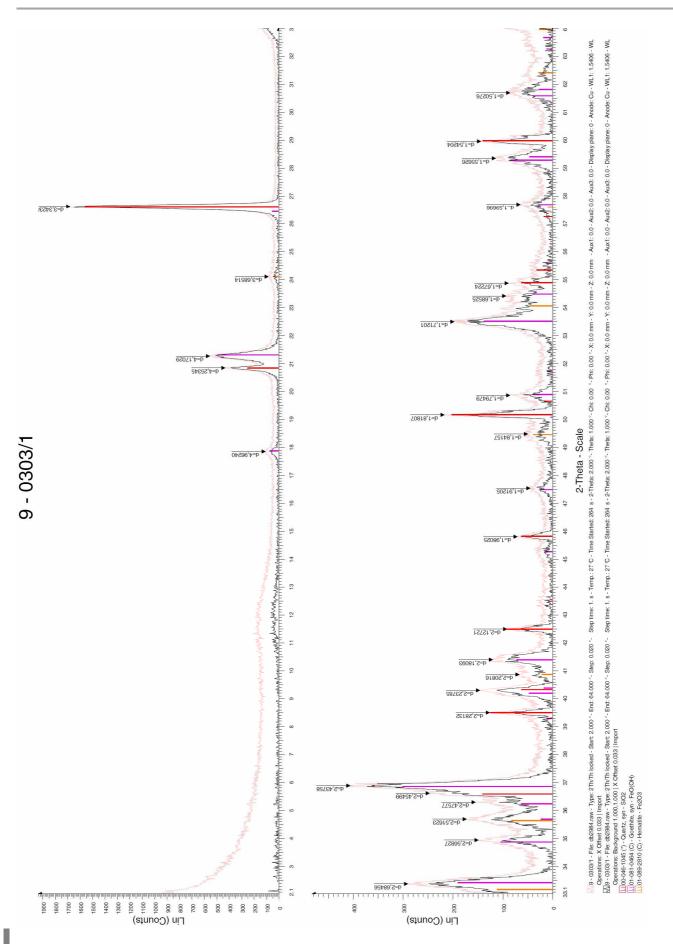


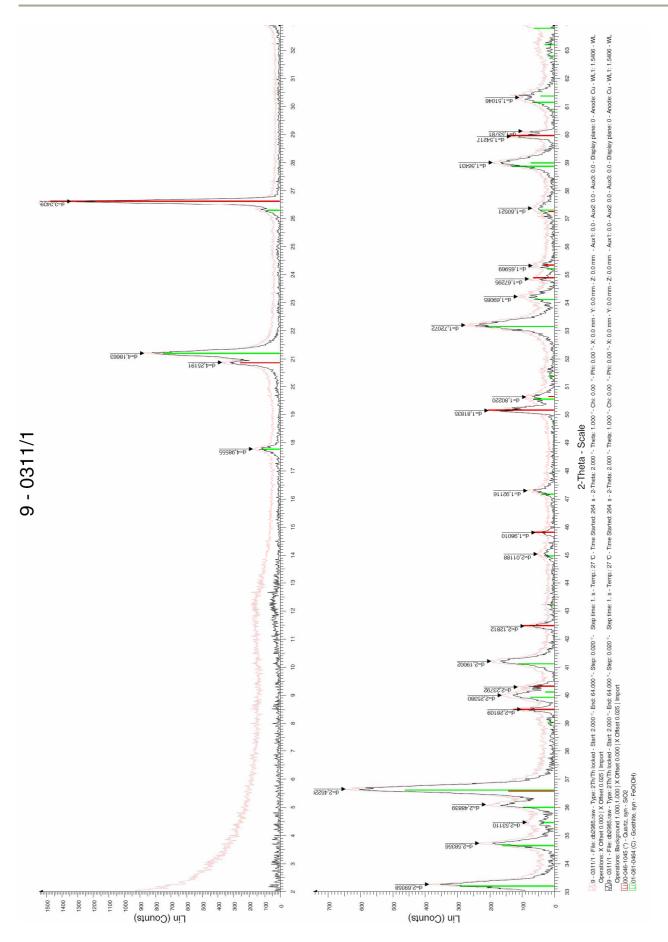


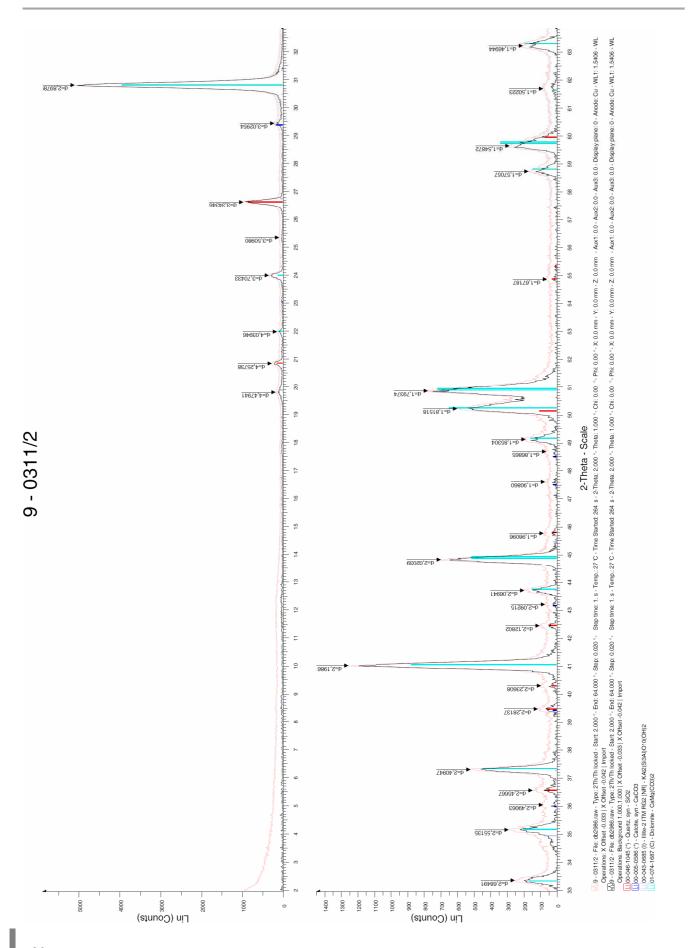


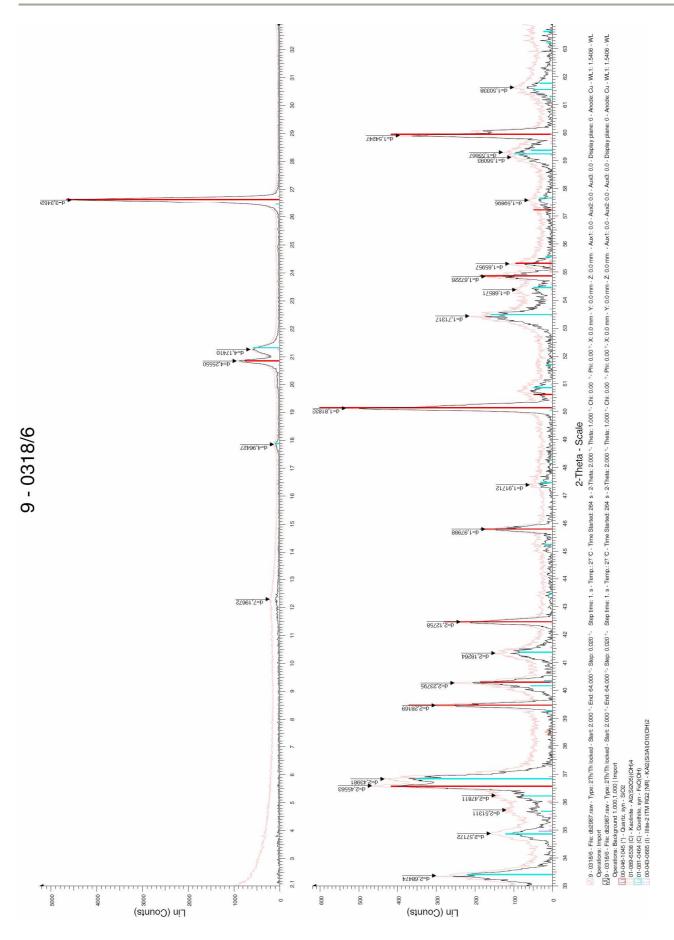


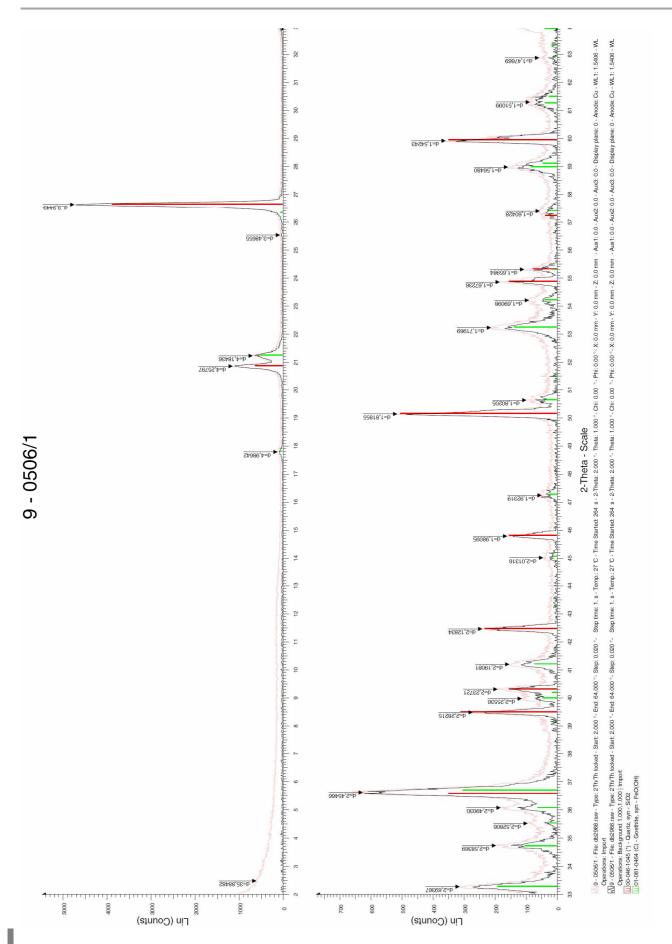


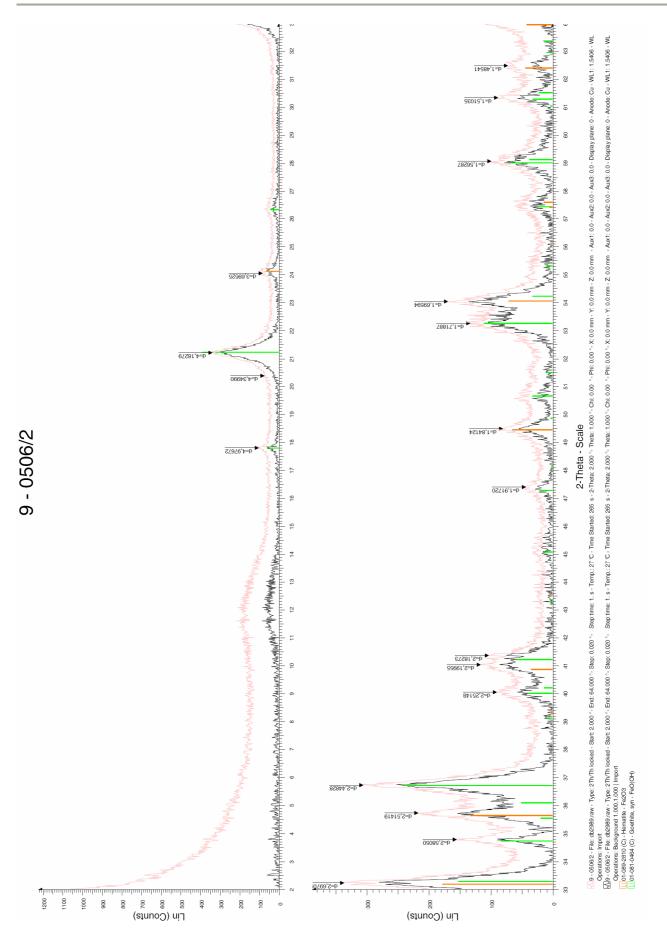


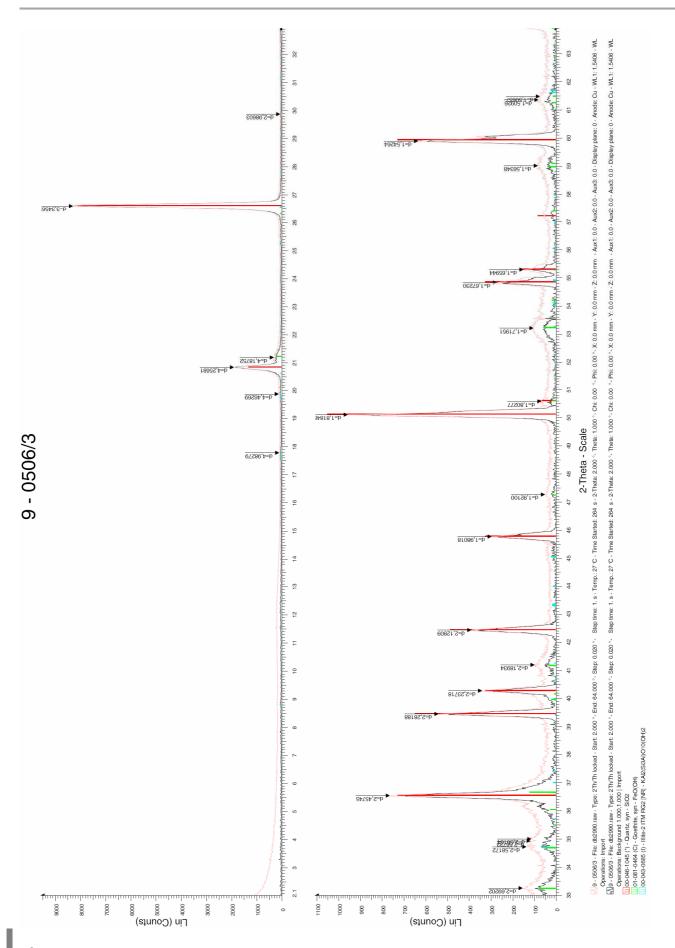




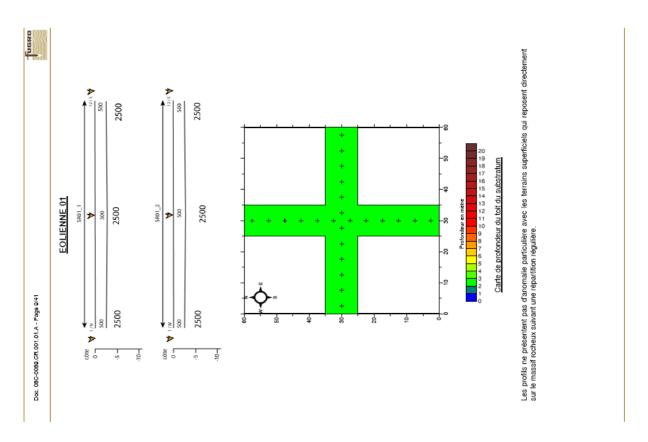


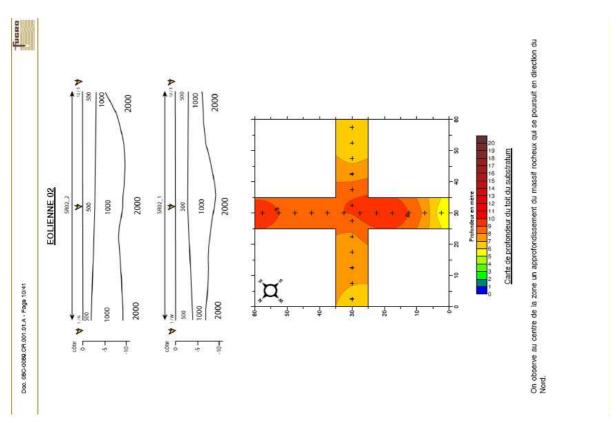


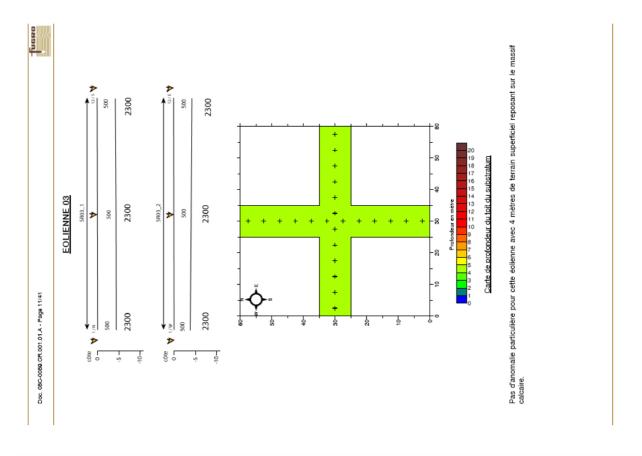


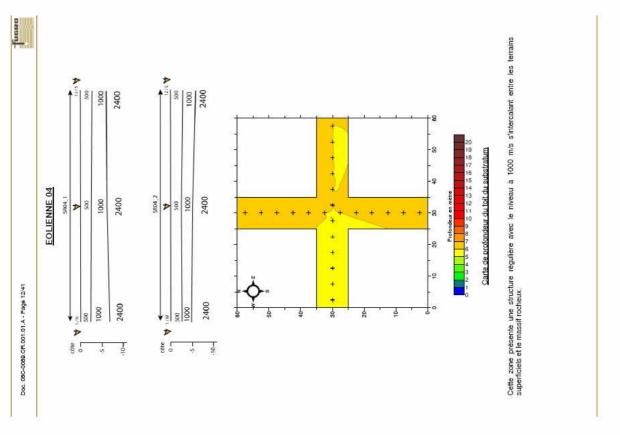


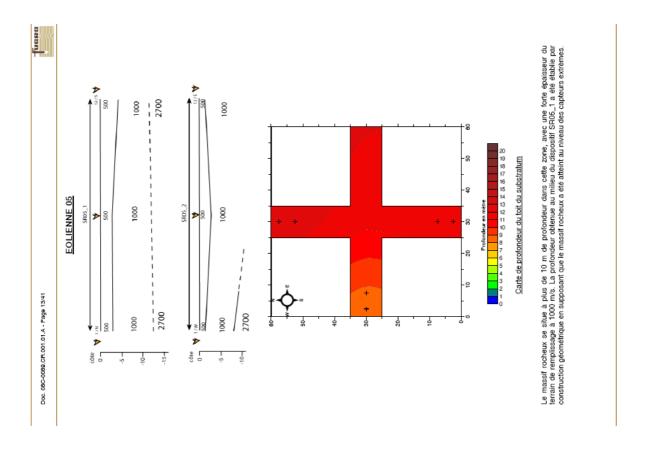
SISMIQUE-RÉFRACTION

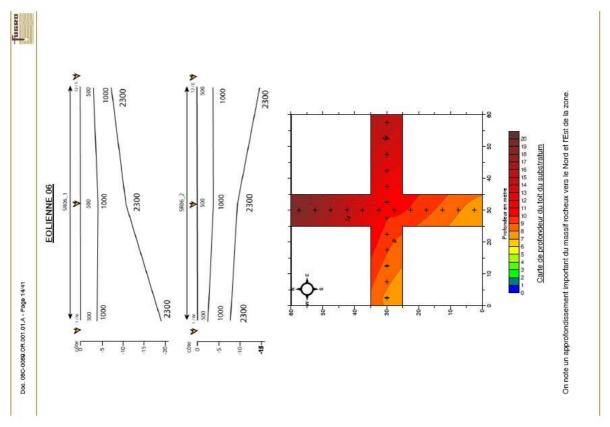


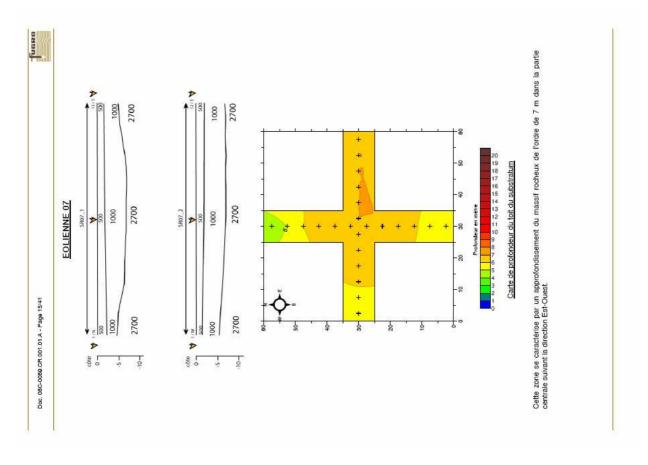


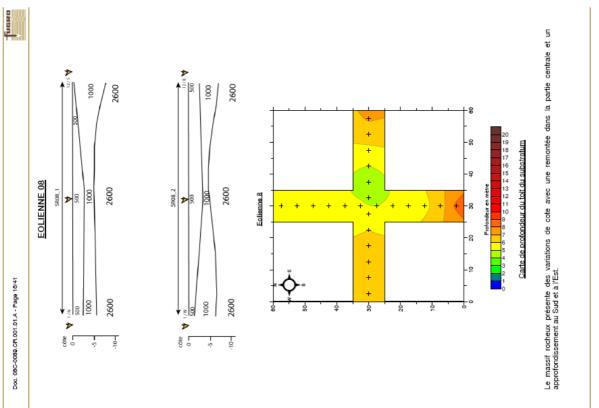


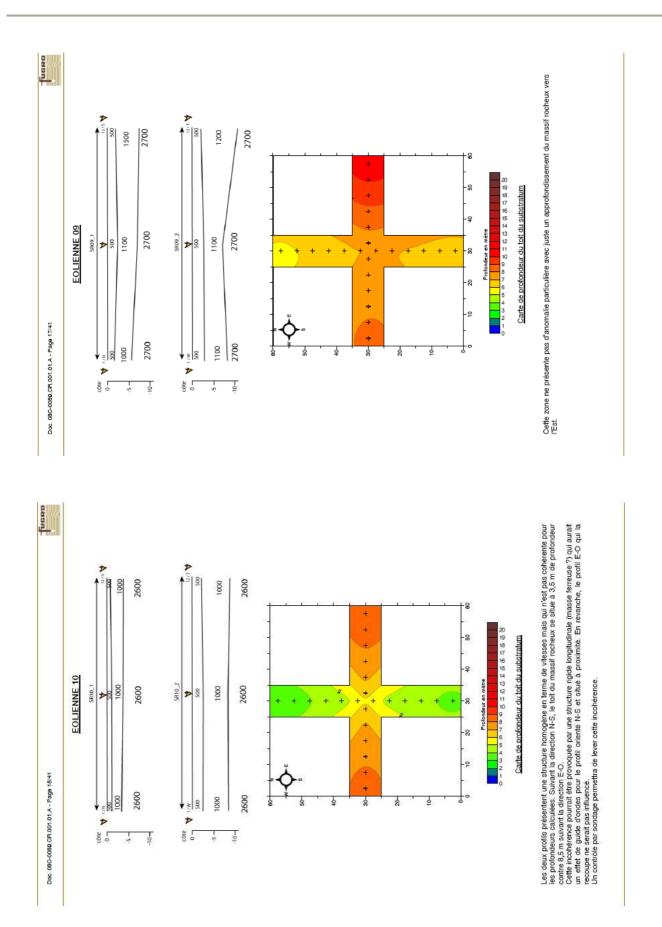


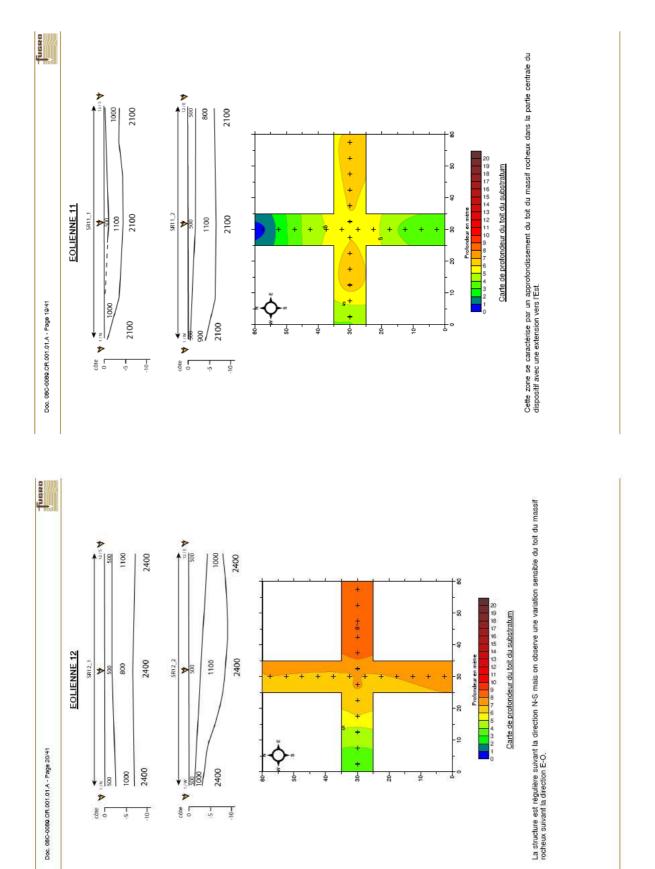








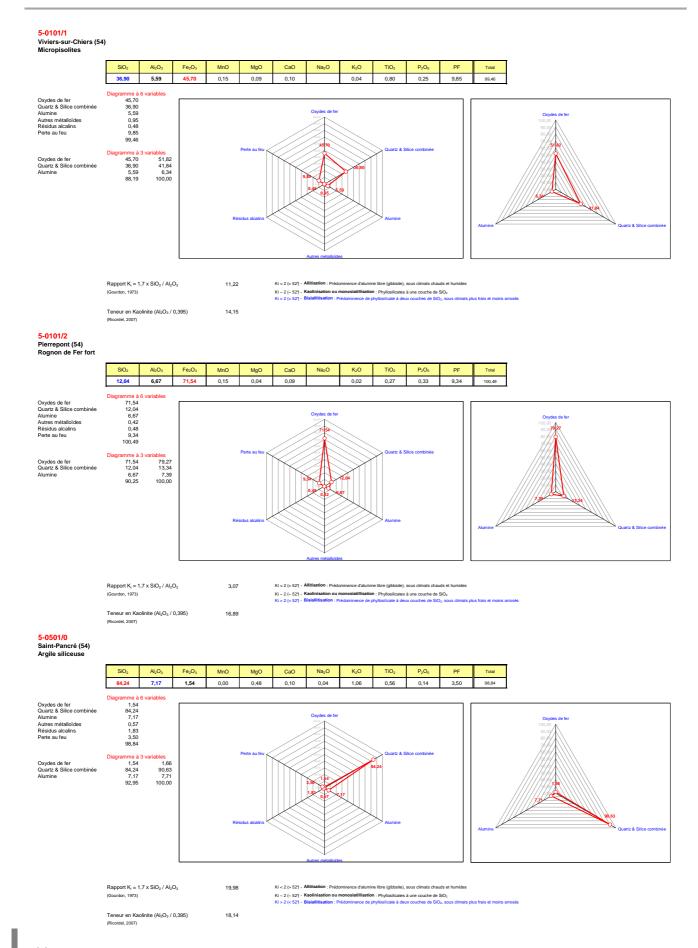




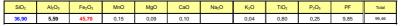
ANALYSES CHIMIQUES

ANALYSES CHIMIQUES (42 échantillons)

Echantillon	N°CRPG	Dépt	Localisation	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K₂O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total	% Kaolinite	K,	Si / Al
5-0101/1	908198	54	Viviers-sur-Chiers (54) Gouffre-minière du Haut de Sery	36,90	5,59	45,70	0,15	0,09	0,10	< L.D.	0,04	0,80	0,25	9,85	99,46	14,14	11,22	5,82
5-0101/2	908199	54	Pierrepont (54) / La Caüatte	12,04	6,67	71,54	0,15	0,04	0,09	< L.D.	0,02	0,27	0,33	9,34	100,49	16,89	3,07	1,59
5-0501/0	908200	54	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye	84,24	7,17	1,54	0,00	0,48	0,10	0,04	1,06	0,56	0,14	3,50	98,84	18,14	19,98	10,36
5-0501/1	908162	54	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye	43,91	0,69	49,37	0,02	0,03	0,05	< L.D.	0,04	0,03	0,17	6,68	100,98	1,75	107,87	55,93
5-0501/2	908163	54	Saint-Pancré (54) / Doline de la Blanche-Haye	20,19	0,70	67,88	0,03	0,05	0,06	< L.D.	0,01	0,03	0,18	9,69	98,83	1,78	48,90	25,36
5-0501/3	908164	54	Hussigny-Godbrange (54) / Les Minières	12,18	4,35	70,29	0,14	0,18	0,12	< L.D.	0,11	0,16	0,39	12,06	99,99	11,01	4,76	2,47
5-0501/6	908192	57	Volmerange (57) / Carrière Reserveviertel	11,55	2,70	74,80	0,29	0,16	0,20	< L.D.	0,15	0,15	0,20	11,52	101,72	6,83	7,28	3,77
5-0501/7	908193	54	Villerupt (54) / Bois de Butte	15,71	1,12	70,82	0,05	0,09	0,08	< L.D.	0,02	0,06	0,33	10,37	98,63	2,83	23,84	12,36
5-0501/11	908191	57	Aumetz (57) / Borne de Fer	52,64	2,56	35,95	0,07	0,07	0,04	< L.D.	< L.D.	0,35	0,24	6,79	98,72	6,48	34,97	18,13
6-0711/1	908165	55	Morley (55) / Bois de Morley	71,69	3,16	18,11	0,00	0,06	< L.D.	< L.D.	0,12	0,26	0,37	5,72	99,49	8,00	38,53	19,98
6-0711/3	908166	52	Montreuil-sur-Thonnance (52) / Les Hautes-Minières	5,57	3,71	75,02	0,19	0,13	0,11	< L.D.	0,15	0,10	0,68	14,32	99,97	9,38	2,56	1,33
6-0711/7	908194	52	Poissons (52) / Minières du Laiçon	7,74	5,34	66,89	0,16	0,16	2,04	0,05	0,10	0,09	1,89	14,09	98,55	13,51	2,46	1,28
6-0807/1	908167	02	Bucilly (02) / La Butte au Genêt	38,74	2,28	46,96	0,06	0,18	0,20	< L.D.	0,44	0,10	0,49	10,53	99,97	5,78	28,84	14,96
6-0820/2	908195	86	Saint-Léomer (86) / Les Chaumettes	13,19	11,96	59,77	0,09	0,05	0,08	< L.D.	0,02	0,62	0,28	13,62	99,67	30,26	1,88	0,97
6-0823/1	908168	18	La Celle-Condé (18) / Ferme du Pont-Chauvet	9,50	11,47	61,46	0,13	0,06	0,18	< L.D.	0,09	0,78	1,23	14,93	99,82	29,01	1,41	0,73
6-0823/3	908169	18	Meillant(18) / Bois de Meillant / Allée de la forge à bras	51,84	12,24	26,28	0,02	0,07	0,03	< L.D.	0,26	0,63	0,15	9,32	100,83	30,96	7,20	3,73
6-0824/1	908170	18	Lunery (18) / Grotte de Chanteloup	7,26	6,74	21,03	0,05	0,14	32,33	< L.D.	0,06	0,39	0,15	31,51	99,66	17,06	1,83	0,95
6-0824/2	908171	18	Lunery (18) / Grotte de Chanteloup	7,75	5,33	6,59	0,02	0,22	42,17	< L.D.	0,14	0,30	0,12	36,90	99,55	13,48	2,47	1,28
6-0825/1	908172	18	Lunery (18) - Grotte du Patouillet	8,25	11,31	64,46	0,11	0,07	0,51	< L.D.	0,01	0,58	0,30	14,84	100,43	28,61	1,24	0,64
6-1002/3	908174	18	Le Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti	13,49	8,03	61,84	0,10	0,15	0,69	< L.D.	0,07	0,56	0,43	14,27	99,62	20,32	2,86	1,48
6-1002/5	908196	18	Le Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti	10,84	10,71	62,53	0,13	0,11	0,24	< L.D.	0,04	0,56	0,28	14,00	99,42	27,09	1,72	0,89
6-1002/7	908175	18	Le Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti	13,77	11,61	53,05	0,10	0,28	2,93	< L.D.	0,06	0,60	0,26	17,16	99,81	29,37	2,02	1,05
6-1002/10	908173	18	Le Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti	9,72	7,42	65,46	0,10	0,13	1,12	< L.D.	0,03	0,45	0,44	15,28	100,14	18,78	2,23	1,15
7-0110/4	908176	8	Sapogne-et-Feuchères (08) / Côte des Vignes	3,90	1,62	80,00	0,51	0,07	0,18	< L.D.	0,09	0,07	0,16	14,10	100,71	4,10	4,09	2,12
7-0614 /3	908177	70	Montcey (70) / Grotte des Équevillons	43,23	4,40	6,98	0,82	0,22	21,05	< L.D.	0,32	0,39	0,22	20,88	98,50	11,13	16,71	8,66
7-0614/10	908197	70	Montcey (70) / Grotte des Équevillons	89,27	2,32	4,06	0,83	0,06	0,15	0,04	0,18	0,21	0,11	2,24	99,45	5,86	65,55	33,99
7-0615/2	908178	70	Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau	4,03	1,16	86,87	0,12	0,05	0,25	< L.D.	0,11	0,04	0,26	7,62	100,49	2,93	5,91	3,06
7-0615/4	908179	70	Bucey-les-Gy (70) / Grotte de de Champtourneau	2,87	1,04	86,74	0,19	0,03	0,32	< L.D.	0,06	0,03	0,21	8,46	99,95	2,64	4,68	2,42
7-0620/3	908180	27	Damville (27) / Les Minières	15,45	3,07	69,95	0,06	0,02	0,09	< L.D.	< L.D.	0,16	0,72	11,34	100,85	7,76	8,57	4,44
7-0620/4	908181	27	Breteuil-sur-Iton (27) / Bois de la Madeleine	18,89	2,70	65,93	0,01	0,02	0,05	< L.D.	< L.D.	0,07	0,99	11,33	99,99	6,83	11,89	6,16
7-0620/5	908182	27	Nogent-le-Sec (27) / Le Haut-de-la-Ville	48,06	1,62	42,71	0,07	< L.D.	0,05	< L.D.	< L.D.	0,17	0,36	7,68	100,71	4,09	50,49	26,18
7-0621/1	908183	27	Sainte-Marthe (27) / Les vallées	42,50	5,41	40,60	0,20	0,02	0,04	< L.D.	0,02	0,29	0,22	9,83	99,12	13,68	13,36	6,93
7-0621/2	908184	27	La Ferrière-sur-Risle (27) / Les Clos	3,29	2,50	79,92	0,09	0,04	0,07	< L.D.	< L.D.	0,15	0,70	13,39	100,14	6,33	2,23	1,16
8-0819/2	908185	70	Chargey-les-Gray (70) / Les Epinottes	2,40	0,14	83,54	< L.D.	0,26	0,10	< L.D.	0,03	0,01	0,27	12,31	99,06	0,34	30,25	15,68
9-0303/1	908186	55	Villecloye (55) / Les Minières	25,60	6,11	57,31	0,04	0,03	0,18	< L.D.	0,03	0,23	0,41	9,13	99,06	15,45	7,13	3,70
9-0311/1	908187	55	Montiers-sur-Saulx (55) / Forêt de Montiers / Tranchée du Charmoi	23,06	4,89	57,64	0,21	0,21	0,12	< L.D.	0,16	0,19	0,57	11,87	98,91	12,37	8,02	4,16
9-0318/6	908188	08	Signy-Montlibert (08) / Bois de Signy	52,73	7,57	30,59	0,01	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,48	0,13	7,88	99,38	19,16	11,84	6,14
9-0506/1	908189	08	Neuville-les-This (08) / Bois des Ivis	48,80	1,57	40,90	0,05	0,01	0,10	< L.D.	0,22	0,26	0,26	7,24	99,42	3,97	52,88	27,42
9-0506/2	908190	08	Balaives-et-Butz (08) Bois d'Énelle	2,34	2,24	80,28	0,02	< L.D.	0,03	< L.D.	< L.D.	0,05	0,19	14,27	99,42	5,67	1,78	0,92
9-0811/1	908201	55	Biencourt-sur-Orge (55) Bois Foucherotte	5,64	0,95	80,42	0,36	0,05	0,12	< L.D.	< L.D.	0,07	0,18	11,55	99,35	2,41	10,06	5,21
9-0811/2	908202	52	Orquevaux (52) / L'Épinotte	12,41	6,00	66,11	0,34	0,21	0,09	< L.D.	0,07	0,10	0,71	13,73	99,77	15,19	3,52	1,82
10-0102/2	1002001	18	Saint-Florent-sur-Cher (18) Le Fourneau	22,64	17,75	31,24	0,07	0,15	10,53	0,04	0,28	0,99	0,19	14,70	98,57	44,91	2,17	1,12

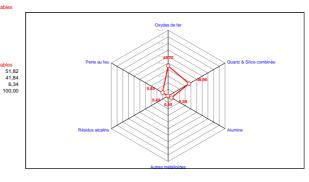


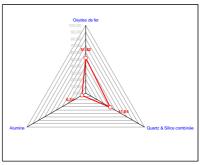
5-0101/1 Viviers-sur-Chiers (54) Micropisolites



Oxydes de fer Quartz & Silice comb

mme à 45,70 36,90 5,59 0,95 0,48 9,85 99,46





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

11,22

 $Ki < 2 (> 52) - \textbf{Allitisation} : \text{Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et hux <math display="block">Ki - 2 (-52) - \textbf{Kalolinisation ou monosiatilisation} : \text{Prytocalicates à une couche de SiO}_2, \\ Ki > 2 (< 52) - \textbf{Bisialitisation} : \text{Prédominence de phytocalicate à deux couches de SiO}_2, sous c$

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

14,15

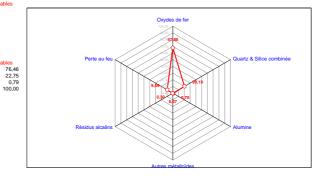
5-0501/2 Saint-Pancré (54) Fer fort

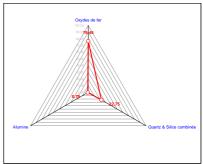
0,70

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine

67,88 20,19 0,70 0,07 0,30 9,69 98,83 67,88 20,19 0,70 88,77





Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

mme à 6 variables 70,29 12,18 4,35 0,31 0,81 12,06 99,99

mme à 3 70,29 12,18 4,35 86,82

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) 1,78

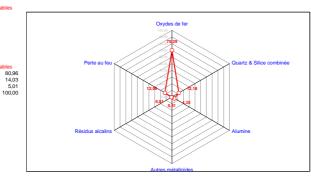
5-0501/3

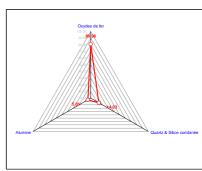
Husigny-Godbrange (54) Fer fort

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
12,18	4,35	70,29	0,14	0,18	0,12		0,11	0,16	0,39	12,06	99,99

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine





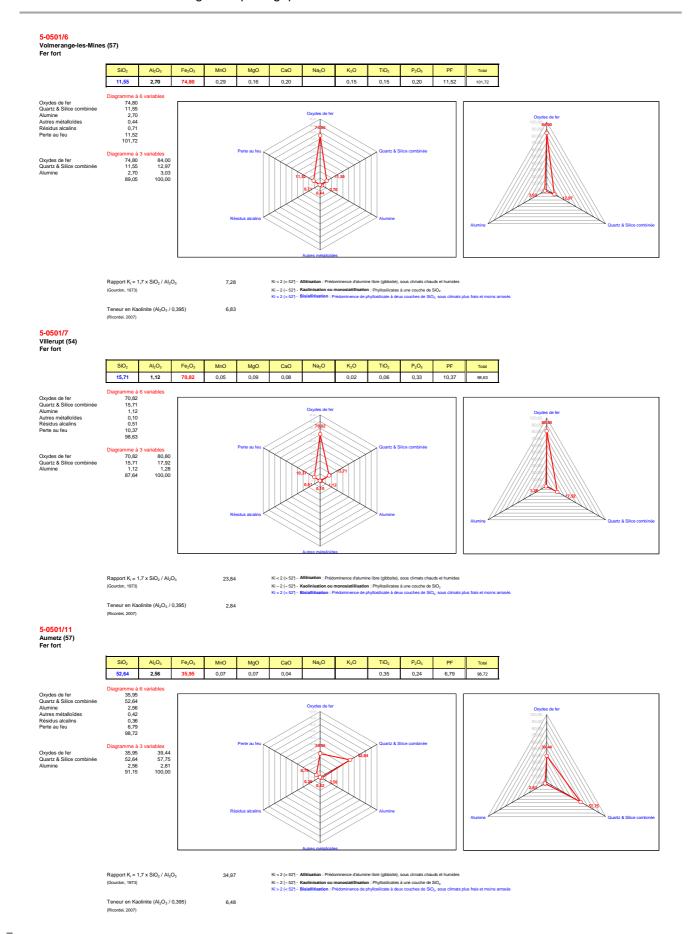
Rapport K₁ = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

4,76

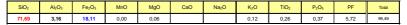
48,90

 $Ki < 2 \ (> 52)$ - **Allitisation**: Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et hui $Ki \sim 2 \ (> 52)$ - **Kaolinisation ou monosiatillisation**: Phyllosilicates à une couche de $SiO_2 \ Ki > 2 \ (< 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$ - **Bisiallitisation**: Prédominence de $SiO_2 \ SiO_2 \ (> 52)$

11,02

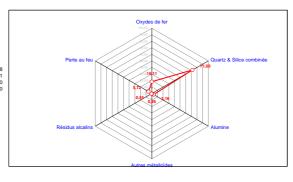


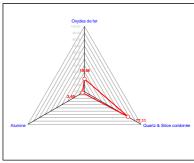
6-0711/1 Morley (55) Fer géodique



Oxydes de fer Quartz & Silice comb

mme à 6 18,11 71,69 3,16 0,26 0,55 5,72 99,49 18,11 71,69 3,16 92,96 19,48 77,11 3,40 100,00





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

38,53

 $Ki < 2 \ (> 52) - \textbf{Allitisation} : Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et h <math display="block">Ki - 2 \ (-52) - Kaolinisation ou monosiatilisation : Phyliosilicates à une couche de SiO_2 <math display="block">Ki > 2 \ (< 52) - Bislallitisation : Prédominence de phyliosilicate à deux couches de SiO_3, sous des productions de SiO_3 and sous de SiO_3 and sous des SiO$

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) 8,01

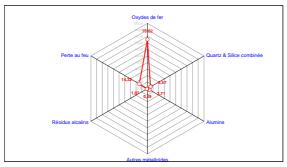
6-0711/3 Montreil-sur-Thonnance (52) Cuirasse avec oolithes ferrugineuses

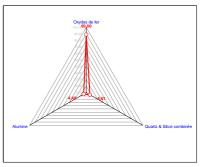
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
5,57	3,71	75,02	0,19	0,13	0,11		0,15	0,10	0,68	14,32	99,97

Oxydes de fer Quartz & Silice ox Alumine Autres métalloïde Résidus alcalins Perte au feu

Diagramme à 6 variables 75,02 5,57 3,71 0,29 1,07 14,32 99,97

89,00 6,61 4,40 100,00





Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

2,56 9.38

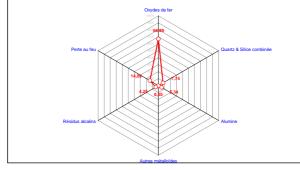
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0.395)

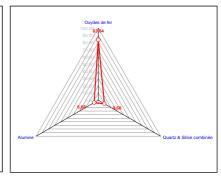
6-0711/7 Poissons (52) Concrétion ferrugineuse

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
7,74	5,34	66,89	0,16	0,16	2,04	0.05	0,10	0,09	1,89	14,09	98,55

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu

83,64 9,68 6,68 100,00





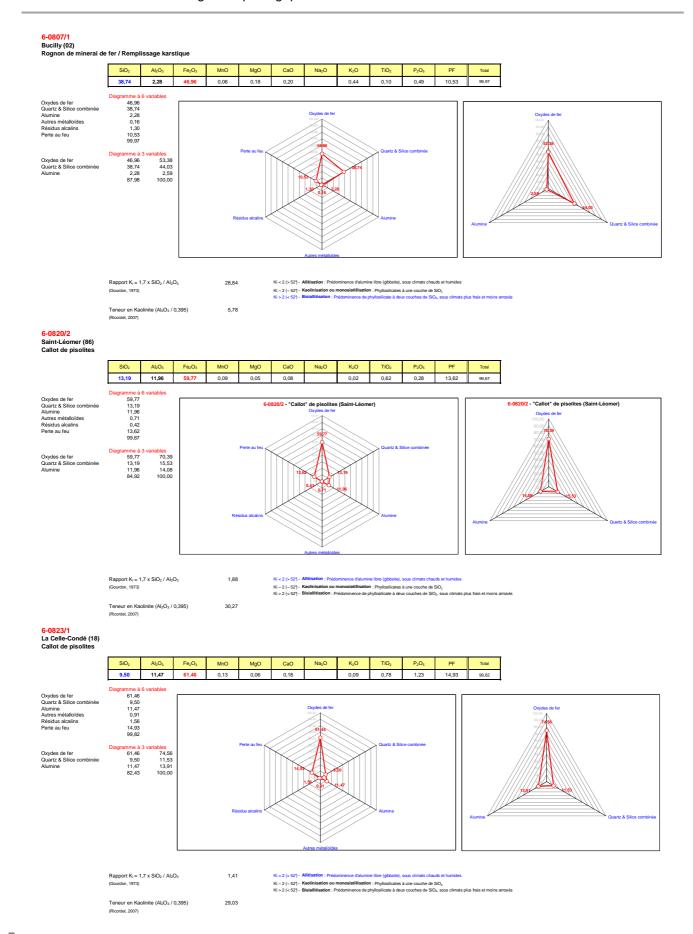
Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

2,46

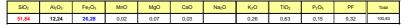
 $Ki < 2 \ (> 52)$ - **Allitisation**: Prédominence d'alumine libre (gibbaire), sous climats chauds et humides $Ki - 2 \ (- 52)$ - **Koolinisation ou monosiatillisation**: Phytosilicates à une couche de SiO_2 $Ki > 2 \ (< 52)$ - **Bislalitisation**: Prédominence de phytosilicate à deux couches de SiO_3 sous climats plus frais et moins a

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

13,52

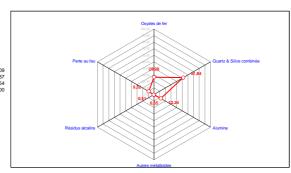


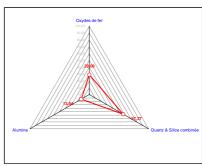
6-0823/3 Meillant (18) Cuirasse ferr



amme à 26,28 51,84 12,24 0,65 0,51 9,32 100,83

29,09 57,37 13,54 100,00 Oxydes de fer Quartz & Silice comb





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

7,20

 $Ki < 2 \ (> 52) - \textbf{Allitisation} : Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et h <math display="block">Ki - 2 \ (-52) - Kaolinisation ou monosiatilisation : Phyliosilicates à une couche de SiO_2 <math display="block">Ki > 2 \ (< 52) - Bislallitisation : Prédominence de phyliosilicate à deux couches de SiO_3, sous des productions de SiO_3 and sous de SiO_3 and sous des SiO$

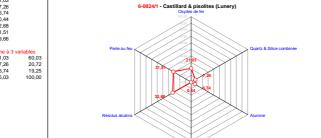
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

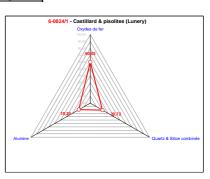
30,98

6-0824/1 Lunery (18) Grotte de Lunery Castillard

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
7,26	6,74	21,03	0,05	0,14	32,33		0,06	0,39	0,15	31,51	99,66

21,03 7,26 6,74 0,44 32,68 31,51 99,66





Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

1,83

 $K_1 < 2$ (> 5.2) - Authastron : Predominence d'alumine liore (gloosile), sous climats chauds et n $K_1 - 2$ (- 5.2) - Kalolinisation ou monosiatillisation : Phyllosilicates à une couche de SiO₂ $K_1 > 2$ (- 5.2) - Bisiallitisation : Prédominence de phyllosilicate à deux couches de SiO₂, sous

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0.395)

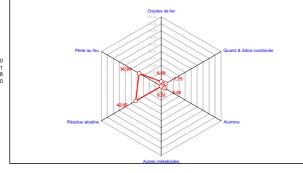
17.07

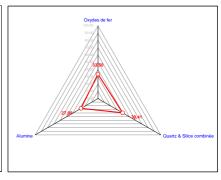
6-0824/2 Lunery (18) Grotte de Lunery Castillard

I	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
	7,75	5,33	6,59	0,02	0,22	42,17		0,14	0,30	0,12	36,90	99,55

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée

6,59
7,75
5,33
0,32
42,65
36,90
99,55 33,50 39,41 27,08 100,00





Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

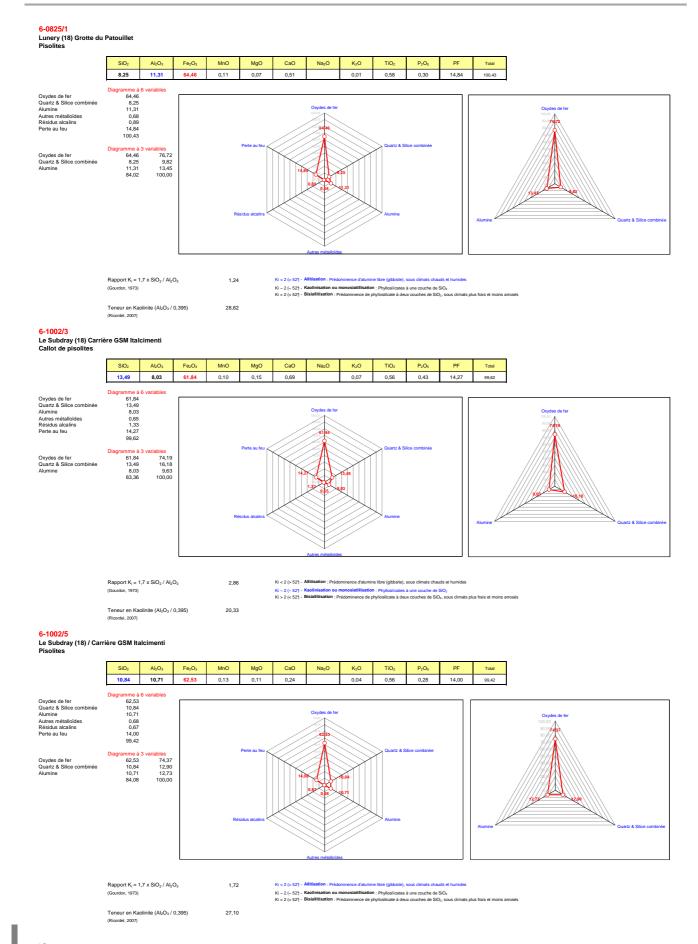
2,47

Ki < 2 (> 52*) - Allitisation : Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et humides

Ki ~ 2 (~ 52') - Kaolinisation ou monosiatillisation : Phylosilicates à une couche de SiO₂
Ki > 2 (< 52') - Bisiallitisation : Prédominence de phylosilicate à deux couches de SiO₂, sous climats plus frais et moins arrosés

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

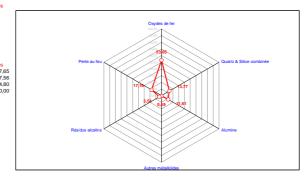
13,49

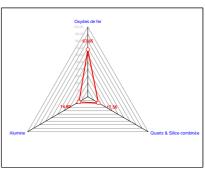


6-1002/7 Le Subdray (18) / Carrière GSM Italcimenti Pisolites



Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu 53,05 13,77 11,61 0,69 3,54 17,16 99,82





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

2.02

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

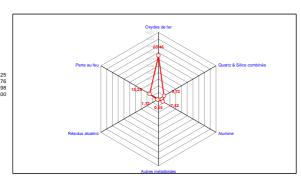
 $Ki < 2 \ | \ 52) - Allitisation : Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et l' <math display="block">Ki \sim 2 \ (-52) - Kaolinisation ou monosiatilisation : Phyliosilicates à une couche de SiO_2 <math display="block">Ki > 2 \ (<52) - Bisiallitisation : Prédominence de phyliosilicate à deux couches de SiO_2, sous des des sions de sions d$

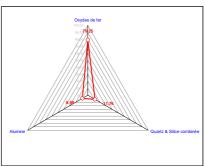
6-1002/10

Le Subdray (18) Carrière GSM Italcimenti Callot de pisolites

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
9,72	7,42	65,46	0,10	0,13	1,12		0,03	0,45	0,44	15,28	100,14

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

2,23

18,79

Ki < 2 (> 52) - Allitis

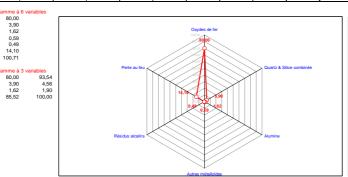
 $\label{eq:Ki-2} \begin{aligned} &\text{Ki} \sim 2 \left(\sim 52' \right) \text{- Kaolinisation ou monosiatillisation:} &\text{Phyllosillicates à une couche de SiO}_2 \\ &\text{Ki} > 2 \left(< 52' \right) \text{- Bisiallitisation:} &\text{Prédominence de phyllosillicate à deux couches de SiO}_2, sous climats plus frais et moins arm$

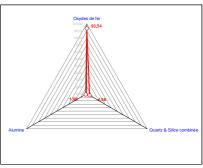
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

Sapogne-et-Feuchères (08) Fer fort

Al₂O₃ MnO CaO TiO₂ P₂O₅ Fe₂O₃ MgO Na₂O K₂O 1,62

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine





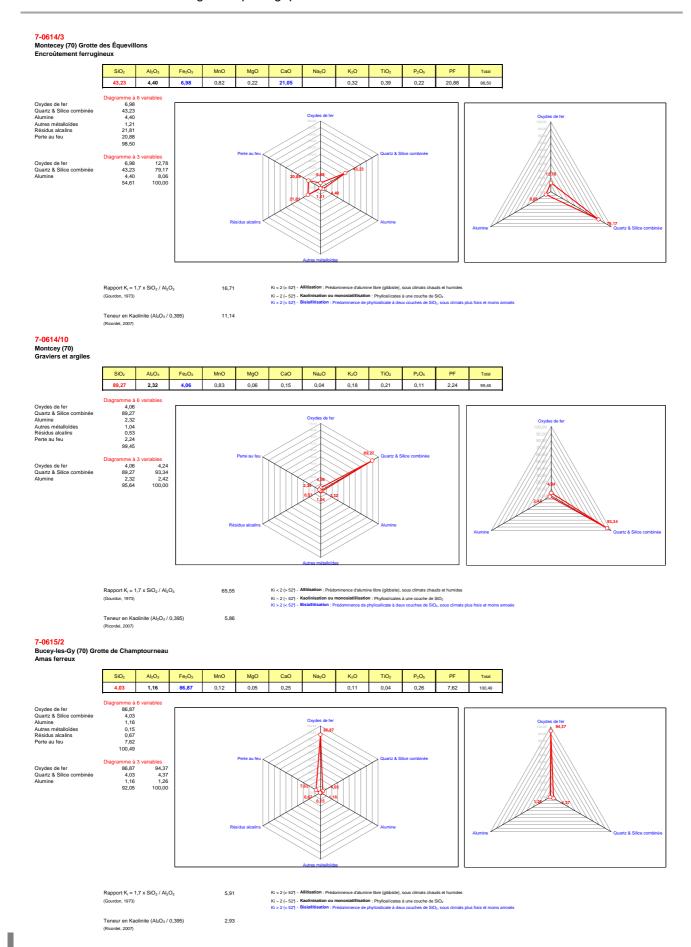
Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

4,09

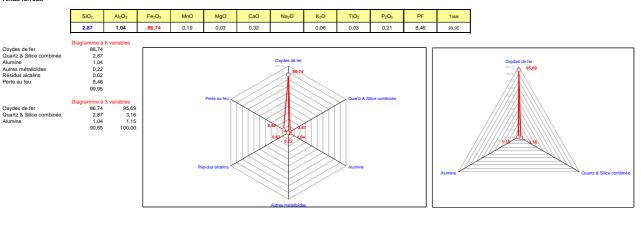
 $Ki < 2 \, (> \, 52) - \text{ Allitisation} : \text{Prédominence d'alumine libre (gibbsile), sous climats chauds et hun <math display="block">Ki - 2 \, (- \, 52) - \text{ Kaolinisation ou monosiatilisation} : \text{Priyliosilicates à une couche de SiO}_2, Ki > 2 \, (< \, 52) - \text{ Bissilitisation} : \text{Prédominence de phyliosilicate à deux couches de SiO}_3, sous cl$

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

4,10



7-0615 / 4
Bucey-les-Gy (70) Grotte de Champtourneau
Amas ferreux



Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

4,68

Ki - 2 (- 52) - **Kaolinisation ou monosiatillisation**: Phyllosilicates à une couche de SiO₂
Ki - 2 (- 52) - **Bisiallitisation**: Prédominence de phyllosilicate à deux couches de SiO₂, so.

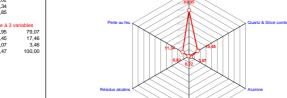
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

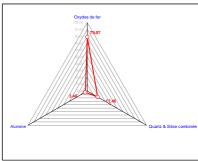
7-0620/3 Damville (27) Les Minières Minerai de fer des marais

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
15,45	3,07	69,95	0,06	0,02	0,09			0,16	0,72	11,34	100,85
Diagramme à											•

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu

69,95 15,45 3,07 0,22 0,82 11,34 100,85





Rapport $K_i = 1.7 \times SiO_2 / Al_2O_3$ (Gourdon, 1973)

8,57

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

7,76

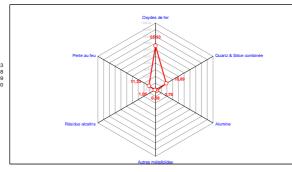
7-0620/4

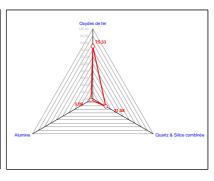
Breteuil sur Iton (27) Bois de la Madeleine Minerai de fer des marais

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
18,89	2,70	65,93	0,01	0,02	0,05			0,07	0,99	11,33	99,99

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu





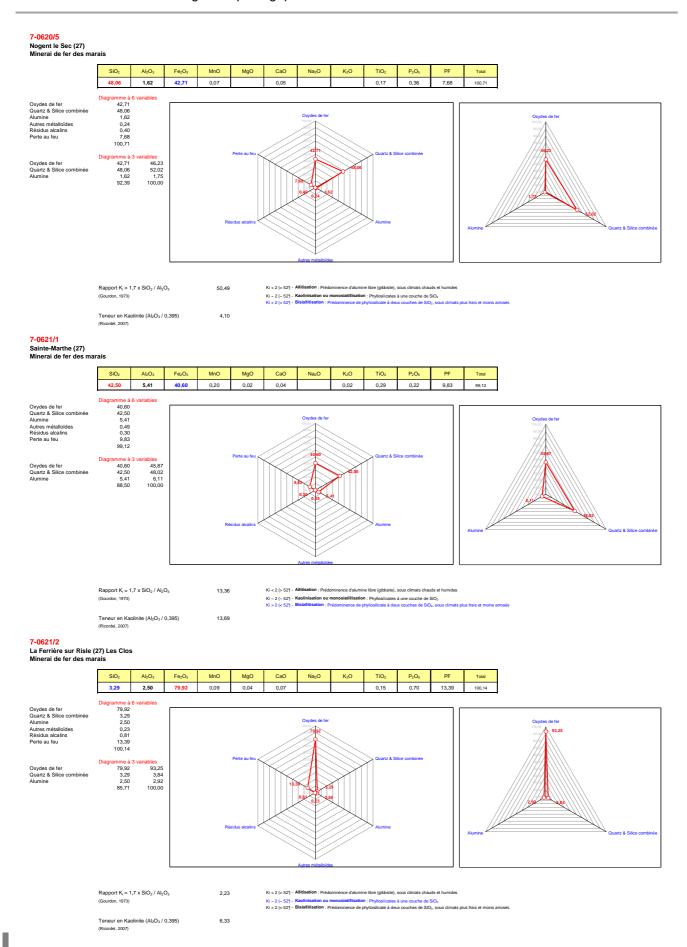


Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

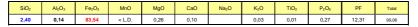
11,89

Ki – 2 (– 52) - Kaolinisation ou monosiatillisation : Phyllosilicates à une couche de SiO₂ Ki > 2 (< 52) - **Bisiallitisation** : Prédominence de phyllosilicate à deux couches de SiO₂, so

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)



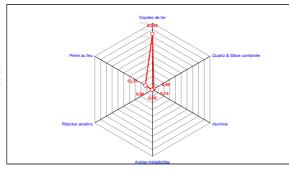
8-0819/2 Chargey-les-Gray (70) Les Épinottes Fer fort

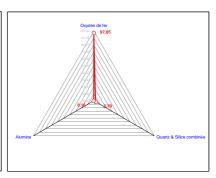


Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu

Diagramme à 83,54 2,40 0,14 #VALEUR! 0,66 12,31 #VALEUR!

mme à 3 83,54 2,40 0,14 86,08 97,05 2,79 0,16 100,00





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

30.25

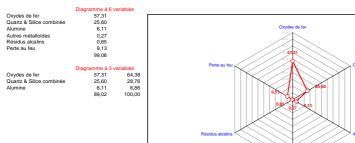
Ki – 2 (– 52) - Kaolinisation ou monosiatillisation : Phyllosilicates à une couche de SiO₂ Ki > 2 (< 52) - **Bisiallitisation** : Prédominence de phyllosilicate à deux couches de SiO₂, so

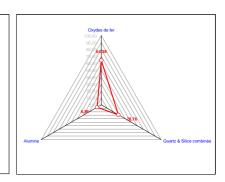
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

9-0303/1

Villecloye (55) Conglomérat de pisolites et quartz

SiO₂ $\mathsf{AI}_2\mathsf{O}_3$ Fe₂O₃ MnO MgO CaO K₂O TiO₂ P₂O₅ 6,11 0,18 0,41 9,13 0,04 0,03 0,03 0,23





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

7,13

 $Ki < 2 \ (> 52) - \textbf{Allitisation} : \text{Prédominence d'alumine libre (gibbsile), sous climats chauds et humides <math display="block">Ki - 2 \ (- 52) - \textbf{Kaolinisation ou monosiatilisation} : \text{Prytosilicates à une couche de SiO}, \\ Ki > 2 \ (< 52) - \textbf{Bisialitisation} : \text{Prédominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}.$

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

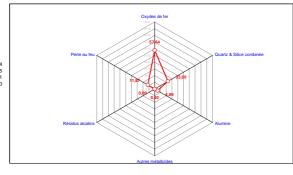
15,46

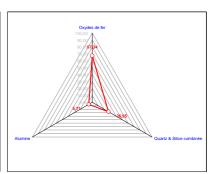
Montiers-sur-Saulx (55) Tranchée du Charmoi Fer géodique

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
23,06	4,89	57,64	0,21	0,21	0,12	< L.D.	0,16	0,19	0,57	11,87	98,91

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine

0,40 #VALEUR! 11,87 #VALEUR!



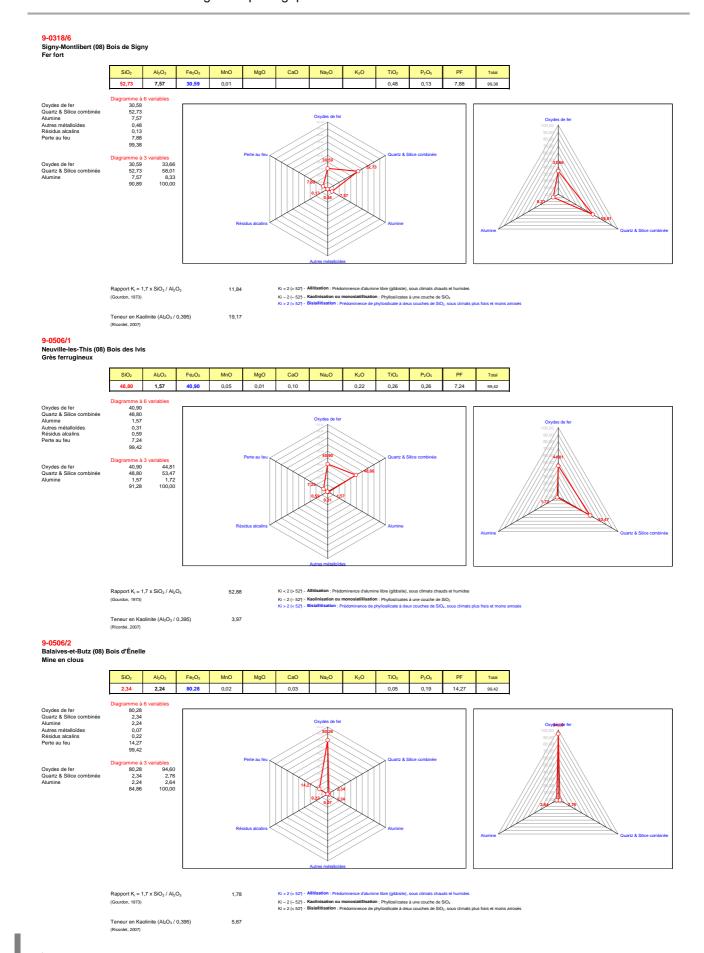


Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

8,02

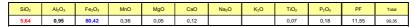
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

12,37

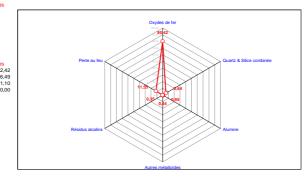


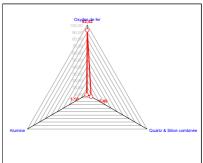
9-0811/1

Biencourt-sur-Orge (55) Bois Foucherotte Fer géodique



Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine Autres métalloïdes Résidus alcalins Perte au feu 80,42 5,64 0,95 0,44 0,35 11,55 99,35





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

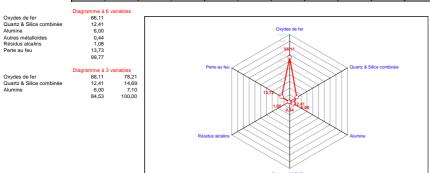
10.06

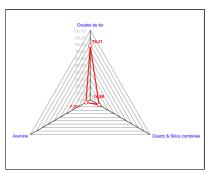
 $Ki < 2 \ (> 52) - \textbf{Allitisation} : Prédominence d'alumine libre (gibbsite), sous climats chauds et <math display="block">Ki - 2 \ (> 52) - \textbf{Kaolinisation ou monosiatillisation} : Phyllosilicates à une couche de SiO_2, Ki > 2 \ (< 52) - \textbf{Bisiallitisation} : Prédominence de phylosilicate à deux couches de SiO_2, so$

Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

9-0811/2 Orquevaux (52) L'Épinotte Fer fort

SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ MnO MgO CaO K₂O TiO₂ P₂O₅ 6,00 0,34 0,10 0,71 13,73 12,41 0,21 0,09 0,07





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

3,52

15,20

 $Ki < 2 \ (> 52) - \textbf{Allitisation} : \text{Prédominence d'alumine libre (gibbsile), sous climats chauds et humides <math display="block">Ki - 2 \ (- 52) - \textbf{Kaolinisation ou monosiatilisation} : \text{Prytosilicates à une couche de SiO}, \\ Ki > 2 \ (< 52) - \textbf{Bisialitisation} : \text{Prédominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}, sous climats de la couche de SiO} = \text{Predominence de phytosilicate à deux couches de SiO}.$

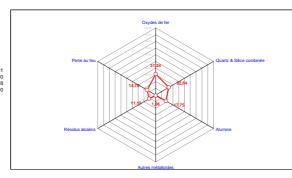
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395)

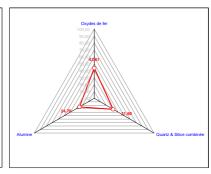
Saint-Florent-sur-Cher (18) Le Fourneau Pisolites

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
22.64	17.75	31,24	0.07	0.15	10.53	0.04	0.28	0.99	0.19	14.70	98.57

Oxydes de fer Quartz & Silice combinée Alumine

mme à 6 va 31,24 22,64 17,75 1,06 11,19 14,70 98,57





Rapport K_i = 1,7 x SiO₂ / Al₂O₃

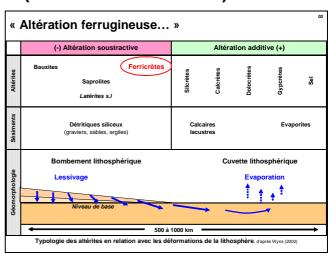
Teneur en Kaolinite (Al₂O₃ / 0,395) (Ricordel, 2007)

44,94

2,17

EXPOSÉ DE SOUTENANCE (lundi 1^{er} octobre 2012)





A. INTRODUCTION (Concepts, choix de sites, problématiques, objectifs et méthodologie Diapositive 01 : Titre (Photo 5.46 p.310)

Le sujet de cette thèse se décline principalement autour de deux mots clés :

- d'une part les altérations ferrugineuses, à l'interface lithosphère-atmosphère ;
- et d'autre part, les karsts ou paléokarsts qui sont une des composantes des paysages calcaires.

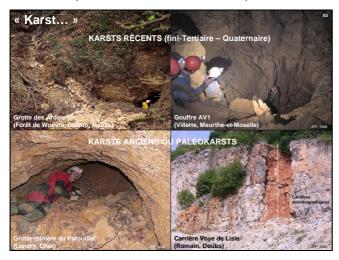
Diapositive 02: Typologie altérites / en relation avec déformations de la lithosphère (Fig. 1.11 p.22)

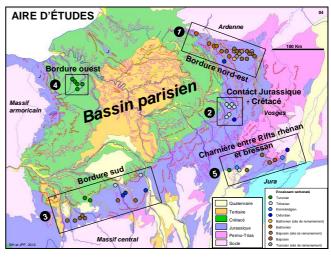
Donc, premier mot clé : « altération ferrugineuse »

Climats et déformations verticales de la lithosphère jouent un rôle prépondérant dans la répartition des types d'altération.

Les ferricrètes, objet de notre étude, résultent du développement d'un profil d'altération soustractive.

Pour beaucoup, ces formations relictuelles ont disparu sous l'action de l'érosion sauf celles qui ont été piégées dans les cavités du karst.





Diapositive 03: Photos paléokarsts récents et anciens (Photos 3.33 p.129, 3.71 p.162, 4.27 p.247 et 5.23 p.294)

« karst » est le second mot-clé.

La genèse des karsts s'inscrit dans l'histoire des temps géologiques : pour l'essentiel, les phénomènes karstiques observables actuellement sont d'âge récent : quaternaire ou fini-tertiaire.

Mais, il est évident que des karsts plus anciens existent. Souvent scellés par des formations récentes, ces karts anciens ou paléokarsts ne sont révélés qu'à la faveur de l'extraction des ressources minérales qu'ils contenaient.

En l'occurrence, la ressource minérale impliquée, c'est le minerai de fer.

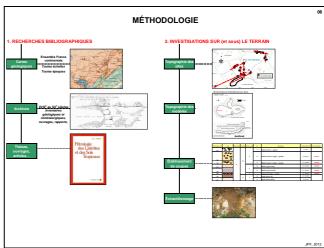
Diapositive 04 : Carte des sites du Bassin Parisien (Fig. 8.05 p.460)

De la confrontation minutieuse entre la géologie du Bassin parisien et de ses bordures, avec les très nombreuses archives relatives à l'activité minière, s'est dégagé un ensemble de régions présentant une forte densité de lieux d'extraction en contexte karstique, le reste du territoire du Bassin parisien en étant pratiquement dépourvu.

Ces régions, couvrent une superficie totale d'environ 20.000 km². Il s'agit :

- De la Thiérache ardennaise au Pays-Haut.
- 2 Du Vallage et du Barrois.
- De la vallée de la Loire au seuil du Poitou.
- O Des plateaux crayeux de Normandie.
- 6 Et enfin de la charnière entre les Rifts bressan et rhénan.





Diapositive 05 : Les problématiques

La principale problématique réside dans les interactions entre les karsts et les formations ferrugineuses piégées. En d'autres termes :

- Quelles originalités présente le karst qui a piégé ces formations ?
- En quoi les paléokarsts constituent-t-ils des témoins privilégiés des environnements successifs ?
- Peut-on, malgré l'exploitation qui a détruit la plupart des coupes, reconstituer, à partir des formes paléokarstiques et des caractéristiques des minerais, les paléo-environnements de dépôts des minerais dans les paléokarts et l'évolution ultérieure de ces dépôts
- Et in fine, existe-t-il des minerais karstiques stricto sensu?

Diapositive 06 : Méthodologie (recherche biblio et investigations sur le terrain)

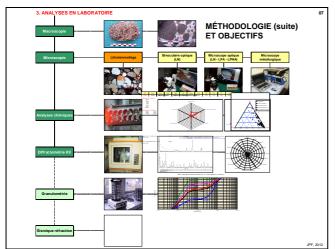
Pour tenter de répondre à ces interrogations, nous nous sommes fixés les méthodologies et objectifs suivants. A savoir :

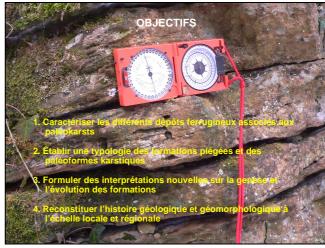
Premièrement, une recherche bibliographique élargie aux archives du XVIII^e au début du XX^e.

Deuxièmement, de nombreuses investigations sur (et sous) le terrain afin :

- d'une part, de cartographier, à différentes échelles, les paléokarsts en surface et en milieu souterrain, les modelés les plus représentatifs, les très rares coupes préservées.
- d'autre part, de collecter des échantillons dans les conditions requises.

L'exécution de ces opérations a été souvent malaisée. Les sites sont à l'abandon depuis plus d'un siècle : les remblaiements, d'ordre naturel ou anthropique, induisent une accessibilité difficile pour nombre de sites.





Diapositive 07 : Organigramme méthodologie (Analyses en Laboratoire)

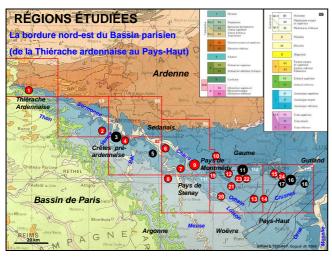
Troisièmement, des travaux de laboratoire. Ce sont principalement :

- les études macroscopiques et microscopiques (binoculaire, microscope polarisant et métallurgique) ;
- les analyses chimiques et diffractométriques, etc.

Diapositive 08 : Objectifs

Au regard des grands axes méthodologiques, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

- 1. Caractériser les différents dépôts ferrugineux associés aux paléokarsts
- 2. Établir une typologie des formations piégées et des paléoformes karstiques
- 3. Formuler des interprétations nouvelles sur la genèse et l'évolution des formations
- 4. Reconstituer l'histoire géologique et géomorphologique à l'échelle locale et régionale





B. PRÉSENTATION DES RÉGIONS ET DES KARSTS

Diapositive 09: La bordure nord-est du Bassin parisien (Fig. 3.02 p.88)

Au préalable, je vous propose une présentation rapide des régions étudiées.

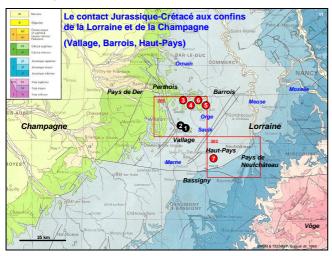
Tout d'abord, la bordure nord-est du Bassin parisien, au sud de l'Ardenne. Elle se développe à une altitude comprise entre 200 et 450 mètres.

Les gîtes s'observent, pour l'essentiel, sur le revers du plateau bordant la cuesta des calcaires du Bajocien et du Bathonien (c'est la paléosurface dite "des 400 m").

Diapositive 10: Photos karsts profonds et superficiels (bordure NE)

Tous les types de paléokarsts y sont représentés :

- le karst profond matérialisé par des puits pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres. Ce sont les sites du bois d'Enelle, du bois l'Agace, de Saint-Pancré et de la Borne de Fer et environs ;
- les autres sites intéressent le karst superficiel, principalement représenté par des dolines ou des dépressions de faible profondeur.





Diapositive 11 : Le contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne (Fig. 4.01 p.222)

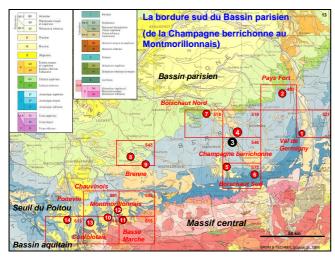
La deuxième région étudiée se trouve dans le bassin versant de la Marne, aux limites des plateaux calcaires jurassiques et des formations crétacées de la Champagne humide.

Les dépôts ferrugineux se trouvent au sommet et sur les plateaux des calcaires oxfordiens et surtout tithoniens.

Diapositive 12 : Photos karsts profonds et superficiels (Contact Jurassique - Crétacé)

Le karst profond ne concerne que les sites du Vallage avec Poissons et Montreuil-surThonnance.

Le karst superficiel intéresse le Barrois et le Haut-Pays.





Diapositive 13: La bordure sud du Bassin parisien (Berry au Montmorillonnais) (Fig. 5.01 p.266)

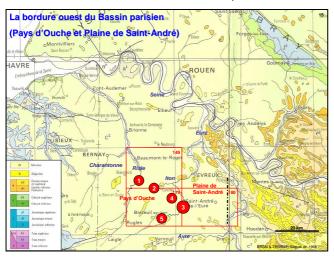
La bordure Sud, se développe au nord du Massif central.

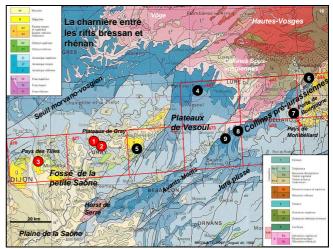
En de nombreux endroits, les formations jurassiques ayant piégé les dépôts ferrugineux, sont recouvertes par des apports détritiques tertiaires et quaternaires.

C'est une région basse, constituée de plateaux calcaires dont l'altitude varie entre 110 et 180 mètres.

Diapositive 14: Photos karsts profonds et superficiels (bordure S)

- Le karst profond, est représenté par les grottes-minières des environs de Lunery dans la vallée du Cher et du puits ennoyé d'Ignoux à Morthomiers.
- les autres sites intéressent le karst superficiel avec de nombreuses dolines.





Diapositive 15: La bordure ouest du Bassin parisien (Pays d'Ouche) (Fig. 6.01 p.363)

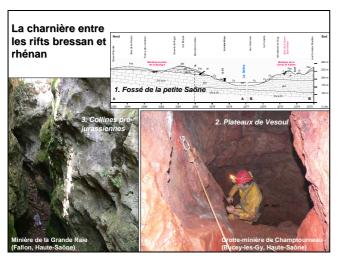
A l'ouest, dans le Pays d'Ouche et la Plaine de Saint-André, les plateaux crayeux s'abaissent en pente douce en direction du NE. Les manifestations du karst sont discrètes : plateaux et interfluves sont presque toujours masqués par un ensemble d'Argiles à silex résultant de l'altération des craies.

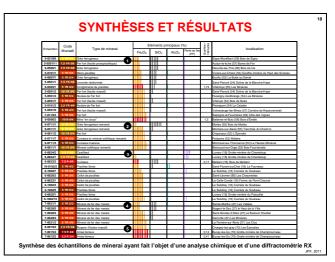
Les formations ferrugineuses, généralement associées aux autres formations résiduelles, se concentrent dans des dépressions de faible ampleur au droit des pièges karstiques.

Diapositive 16 : La charnière entre les rifts bressan et rhénan (Fig. 7.01 p.393)

La dernière région se développe entre les deux rifts majeurs bressan et rhénan. Elle est encadrée de deux structures hautes : le seuil morvano-vosgien et le Jura.

Les gîtes ferrugineux y sont très nombreux et intéressent trois secteurs différenciés par leur morphologie et la nature des dépôts.





Diapositive 17: Photos des 3 secteurs

Il s'agit:

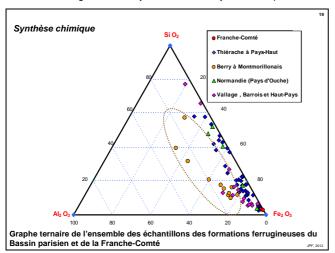
- 1) du fossé de la petite Saône, entre 200 et 250 m, avec un karst superficiel où l'on extrait sur de nombreux sites, le "castillot", un minerai à pisolites ferrugineux à gangue calcaire ;
- des plateaux de Vesoul, entre 350 et 420 m, très karstifiés. Ils présentent un endokarst matérialisé par les grottes-minières des Équevillons et de Champtourneau;
- 3) Enfin, des Collines préjurassiennes avec des dépôts plus ou moins remaniés dans des cavités perchées des calcaires jurassiques à l'affleurement, telles que les ruelles, les puits et les grottes-minières de Fallon, de Bethoncourt ou d'Eguenigue.

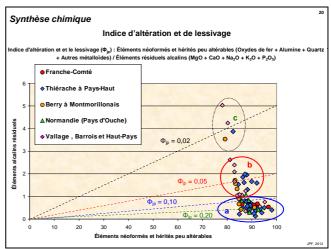
C. SYNTHÈSES ET RÉSULTATS

Diapositive 18 : Synthèse des échantillons de minerai (Tab. 8.01 p.455)

Abordons à présent les synthèses et résultats.

D'une manière générale la synthèse des analyses chimiques et minéralogiques confirme une grande monotonie.





Diapositive 19 : Graphe ternaire de l'ensemble des échantillons des formations ferrugineuses du Bassin parisien et de la Franche-Comté (Fig. 8.01 p.456)

Concernant la chimie, les éléments principaux (Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃ et la perte au feu) représentent plus de 90 %, voire 95 % de la totalité de l'analyse. Pour l'essentiel, les oxy-hydroxydes de fer dominent largement au point de disqualifier la silice et surtout l'alumine.

Concernant ce dernier minéral, les formations ferrugineuses de la bordure sud du Bassin s'en dissocient. Cette dernière observation peut être interprétée comme étant le résultat d'une roche-mère de faciès différencié : un faciès plus marneux à la bordure sud du bassin, et un faciès plus "gréseux" à l'est et au nord-est.

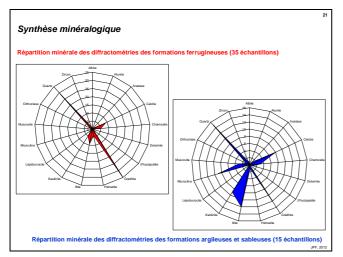
Diapositive 20 : Graphique indice d'altération et de lessivage (Fig. 8.02 p.457)

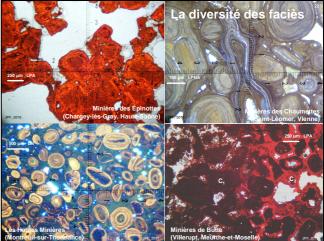
La mise au point d'un indice d'altération et de lessivage (Φ_{JP}), a été réalisée sur 67 analyses récentes de minerai.

Cet indice donne le rapport entre les éléments néoformés ou hérités, peu altérables, et les éléments résiduels alcalins, et serait susceptible de constituer un indicateur d'altération.

Il comporte toutefois des réserves et doit être confronté à la microscopie : par ex., il n'est pas probant, lorsqu'on se retrouve en présence d'arrivée tardive et massive de minéraux néoformés comme la calcite.

Certains résultats auraient mérité une exploitation statistique plus poussée. Ils se répartissent en trois populations distinctes selon l'intensité de l'altération.





Diapositives 21 : Diagramme "radar" des minéraux

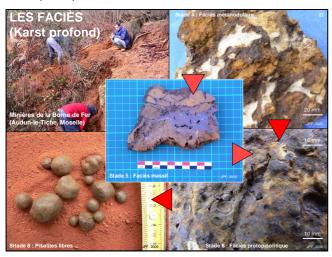
Les diffractométries réalisées sur les formations ferrugineuses présentent une diversité extrêmement pauvre, limitée à 6 minéraux : oxyhydroxydes de fer, quartz, calcite néoformée et 3 minéraux argileux.

La gœthite constitue l'oxyde de fer (s.l.) unique de nombreuses formations. Seules quatre échantillons, parmi les plus riches en fer, révèlent la présence d'hématite. Le quartz est omniprésent, à quelques exceptions près, dans tous les échantillons.

Diapositive 22 : Diversité des faciès

En revanche, les faciès présentent une extrême diversité rendant une nomenclature précise, délicate.

Toutefois, la nature du contexte karstique, induit des pétrographies caractéristiques que je vous propose de découvrir au travers d'exemples représentatifs.





Diapositive 23: Borne de fer (Photos 3.115 p.204, 3.79 p.167, 3.117, 3.118 et 3.119 p.205)

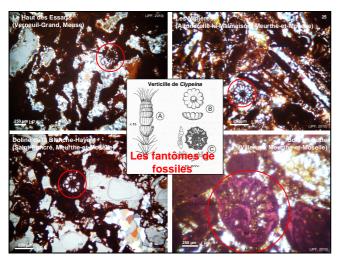
Tout d'abord, les faciès des cuirasses in situ... ceux des minerais dit de "Fer Fort".

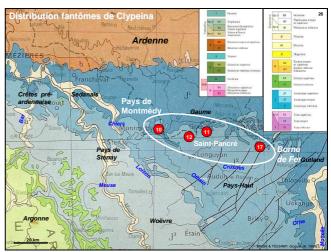
Un gîte mérite une attention particulière : celui de la Borne de Fer à Audun-le-Tiche. Ce gîte est un des seuls en France, voire en Europe, à avoir conservé, en place, une cuirasse. Sur les 8 stades décrits par Tardy pour les cuirasses africaines, les 5 derniers y sont actuellement observables, depuis le stade nodulaire de l'agradation jusqu'au stade final de l'horizon de démantèlement avec les pisolites libres.

Diapositive 24 : Limonite (Photos 3.45 et inédite)

Dans ce contexte, il faut comprendre la dynamique d'altération, depuis la phase de formation à celle de la destruction, comme un ensemble de fronts physiques, minéralogiques et chimiques.

C'est ainsi que le front de réhydratation est matérialisé par la formation de limonite. Cet échantillon, de couleur jaune soufre, en forme de tubercule avec des protubérances, récolté dans la doline de la Blanche-Haye à Saint-Pancré, illustre cet épisode.





Diapositive 25 : Verticille de Clypeina (Photos 3.37 p.133, 3.50 p.144, 3.60 p.152 et 3.83 p.168 + croquis dictionnaire de géologie)

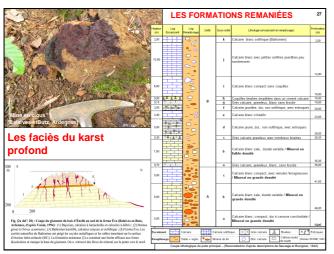
Habituellement les ferricrètes sont dépourvus de fossiles : il arrive toutefois que certains soient préservés par une épigénisation par les oxydes de fer.

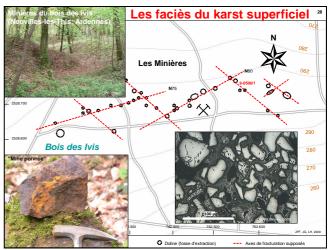
Les cuirasses du Pays-Haut, présentent de manière récurrente des vestiges d'organismes : C'est ainsi que nous avons observé sur quatre gîtes, l'occurrence significative d'un fossile identifié comme étant un verticille de *Clypeina*.

Diapositive 26 : Carte des sites à Clypeina

Son aire reste circonscrite à un espace géographique compris entre le NW du Pays de Montmédy et la Borne de Fer.

Cette espèce est abondante dans les faciès saumâtres et laisse supposer un épisode lagunaire qui aurait affecté de manière plus durable le nord du Pays-Haut.





Diapositive 27: Bois d'Enelle

Toujours le karst profond, mais à présent, avec des formations remaniées. C'est le cas des minières du bois d'Énelle, à 9 km au sud de Charleville, qui présentaient des puits, aujourd'hui inaccessibles, de plus d'une cinquantaine de mètres de verticalité.

Nous avons pu, grâce aux descriptions méticuleuses de Sauvage et Buvignier (1842), reconstituer la lithologie de l'encaissant, mais aussi la morphologie et la nature du dépôt. On observe un accroissement de la densité des éléments ferrugineux avec la profondeur corrélativement avec un enrichissement en fer.

Cet échantillon rarissime, désigné sous le nom de "mines en clous", en témoigne : la teneur en Fe_2O_3 dépasse les 80 % et la minéralogie révèle une importante proportion d'hématite (40 %).

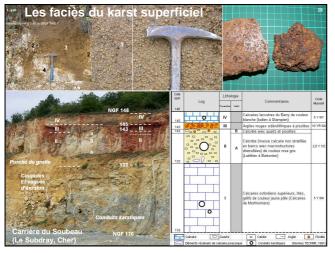
Diapositive 28 : Bois des Ivis à Neuville-les-This (08) (fig. 3.09 p.96, Photos 3.03 et 4 p.97 ; 3.08 p. 98)

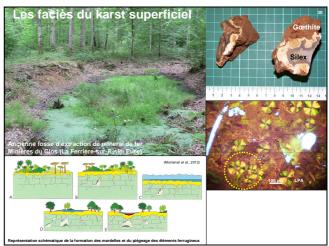
Toujours les formations remaniées, mais dans le karst superficiel.

Premier site caractéristique, les minières du bois des lvis, 10 km à l'W du site précédent, s'expriment par une série de dolines peu profondes, alignées E-NE, au sommet de la cuesta du Dogger.

Le minerai récolté sur place est dit "mine poivrée". Son faciès s'assimile à un grès ferrugineux classique où les grains de quartz, assez peu altérés, sont ennoyés dans un plasma de gœthite (la teneur en Fe₂O₃ dépasse à peine 40 %).

Ce faciès témoigne d'un remaniement minéralogique et chimique modéré.





Diapositive 29: Carrière du Soubeau au Subdray (18) (Photo 5.38 et fig. 5.27 p.305; photos 5.45 et 5.46 p.310, 5.41 p.307)

Second site, sur la bordure sud du Bassin parisien, à 5 km au SW de Bourges.

Le front de taille de la carrière du Soubeau offre une coupe lithologique expressive et montre dans sa partie supérieure des poches plurimétriques, développées dans les Calcaires lacustres du Berry.

Cette configuration permet d'appréhender la réalité du remplissage telle qu'elle se présentait aux mineurs du XIX^e : une très grande densité de pisolites plurimillimétriques de gœthite, libres ou agglomérés en "callots", noyés dans des argiles kaoliniques.

Diapositive 30 : Mardelle et échantillon (Fig. 6.07 p.369 ; photo 6.01 p.366, 6.04 p.369 et 6.05 p.372)

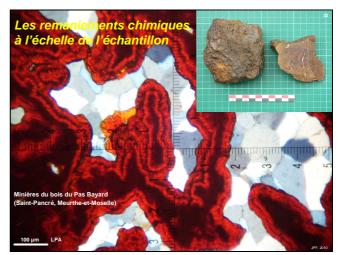
Enfin, à l'ouest du Bassin parisien, le Pays d'Ouche a été le siège d'une activité minière importante au cours des siècles passés.

L'examen microscopique de l'un des échantillons de minerai récolté, nous montre la présence, en grande densité, de cristaux en forme de rosette ou de croix de Malte. Selon toute vraisemblance, il s'agit de cristaux de sphærosidérite.

Ces minéraux, d'après Ludvigson, apparaissent dans les conduits racinaires des plantes se développant dans des paléosols argileux et sont la caractéristique d'environnements marécageux.



- A) Les remaniements chimiques et mécaniques à l'échelle de l'échantillon ou du remplissage.
- B) La reconstitution de l'évolution géomorphologique.
 - 1. les paléokarsts ferrugineux : des marqueurs d'une surface continentale
 - 2. Les faciès non ferrugineux de la "surface des 400 m" : épandages siliceux et altérites
 - 3. L'évolution au Tertiaire et au Quaternaire
 - 4. Le creusement des vallées au Quaternaire



D. INTERPRÉTATIONS

Diapositives 31 : Plan interprétations

À présent, les interprétations :

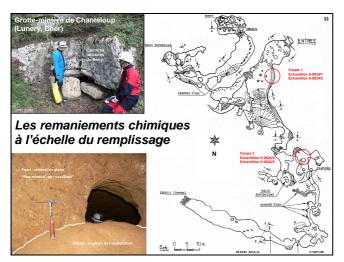
- A) Les remaniements chimiques et mécaniques à l'échelle de l'échantillon ou du remplissage.
- B) La reconstitution de l'évolution géomorphologique.
 - 1. les paléokarsts ferrugineux : des marqueurs d'une surface continentale
 - 2. Les faciès non ferrugineux de la "surface des 400 m" : épandages siliceux et altérites
 - 3. L'évolution au Tertiaire et au Quaternaire
 - 4. Le creusement des vallées au Quaternaire

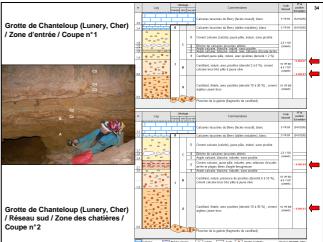
Diapositive 32 : Minerai 2^{ème} génération (Saint-Pancré, 54) (Photos 3.56 p.148 et 7.03 p.400)

Les remaniements chimiques à l'échelle de l'échantillon

Si à l'intérieur d'une cuirasse *in situ*, les remaniements mécaniques sont faibles et restent limités à l'affaissement du karst, on assiste, en revanche, à un remaniement chimique important, voire exclusif.

Sur plusieurs échantillons, nous avons pu observer ce faciès original que j'ai appelé "minerai de 2^{ème} génération". Il ne reste rien des structures classiques du profil cuirassé. Le faciès se résume à des accrétions ferrugineuses plus ou moins hydratées avec des cristaux de quartz néoformés, et illustre la monotonie minérale de ces formations.





Diapositive 33: Grotte-minière de Chanteloup (Fig. 5.18 p.282, photos 5.07 et 5.08 p.281 et 5.11 p.287)

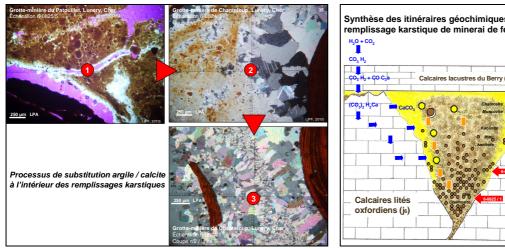
Les remaniements chimiques à l'échelle du remplissage

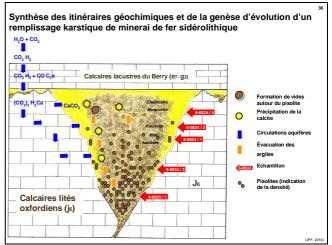
Les processus d'évolution ne se limitent pas au seul minerai, l'ensemble du remplissage piégé dans le karst est affecté.

L'exemple nous est fourni par la grotte-minière de Chanteloup, située en rive droite du Cher. La cavité qui se développe dans les calcaires de l'Oxfordien supérieur, est scellée par les calcaires lacustres du Berry. Les mineurs n'ont laissé en place que la partie la plus pauvre du minerai pisolitique qui constitue une zone de transition entre les argiles à pisolites et l'encaissant calcaire. Cette partie indurée, porte le nom de "castillard".

Diapositive 34: Coupes Chanteloup 1 et 2 (Fig. 5.19 et 5.20 p.285)

Les parois de la cavité offrent le spectacle d'unités nettement différenciées sur le plan lithologique. Ce qui a permis l'établissement de deux coupes dans lesquelles nous avons procédé au prélèvement étagé de plusieurs échantillons.





Diapositive 35: Lames minces / processus de substitution argile / calcite (Photos 5.25 p.295, 5.17 p.291 et 5.14 p.288)

L'examen microscopique nous permet d'appréhender l'évolution du remplissage, après son dépôt initial.

- Le premier échantillon représente le niveau le plus bas accessible. Des vides de dissécation se sont formés autour des pisolites et à l'intérieur du plasma essentiellement argileux. À la périphérie des vides, commencent à se développer des micros-cristaux de calcite.
- 2 Le second échantillon, correspond au niveau médian. L'accroissement du vide par retrait du plasma argileux a permis le développement de méga-cristaux de calcite. On observe que le plasma argileux de teinte brunâtre se réduit à de petites plages au contour incertain.
- 🟮 Le troisième échantillon a été prélevé au sommet de la coupe. L'ensemble du plasma, initialement composé d'argile, a été remplacée en totalité par de la calcite néoformée.

Diapositive 36: Synthèse des itinéraires géochimiques (Fig. 5.62 p.359)

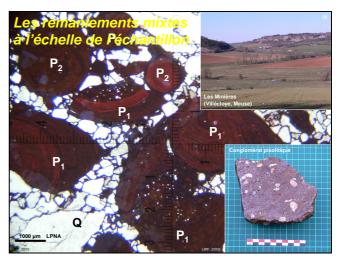
Ces observations autorisent l'interprétation suivante : Le remplissage initial, issu du remaniement de dépôts en place, est constitué d'une argile ocreuse dans laquelle sont empâtés les grains de minerai de fer.

Les circulations aquifères, au contact du remplissage, imbibent les feuillets d'argile. Des phases, alternant sécheresse et humidité, provoquent des mouvements de gonflement et de rétractation.

À l'intérieur des vides acquis, le bicarbonate de calcium va pouvoir précipiter, sous forme de cristaux de calcite de taille différenciée. Puis au fur et à mesure de l'abaissement du niveau de base, les circulations aquifères évacuent, petit à petit, l'argile.

L'examen attentif du ciment des lames minces confirme cette substitution progressive de l'argile par la calcite. La genèse du castillard est donc tributaire du karst.

20 Callot Callot Character (Callot Callot Ca



Diapositive 37: Minières de la Chaumette à Saint-Léomer (86) (Fig. 5.49 p.332, photos 5.63 et 5.65 p.334)

Le remaniement mécanique à l'échelle de l'échantillon

Les minières des Chaumettes à Saint-Léomer dans le Montmorillonais, se développent dans les calcaires dolomitiques du Bajocien et l'extraction a laissé en place de volumineux "callots" de taille métrique.

La microscopie suggère là, un processus de remaniement mécanique très important : les éléments de cortex, brisés lors d'un transport, d'une première génération de pisolites, ont servi de cœur à l'élaboration d'une seconde génération de pisolites qui se sont consolidés.

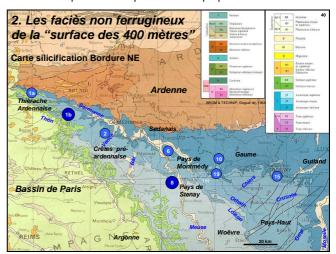
Diapositive 38 : Minières de Villécloye (Photo inédite, photo 3.92 et 3.93 p.175

En amont de Montmédy, à une centaine de mètres en contrebas du plateau, on peut observer, sur le versant rive gauche de la vallée de l'Othain, des éléments épars d'un conglomérat pisolitique avec des grains de quartz.

La microscopie nous montre des pisolites éclatés et reconsolidés. L'hypothèse d'un éboulis de pisolites libres d'une cuirasse démantelée, en provenance du front de côte, se stabilisant et s'agglomérant à des graviers, en fond de vallée, est plausible.

Il en résulte, dans ce contexte, des faciès alliant des remaniements à la fois mécaniques et chimiques dans des proportions variables.

LA RECONSTITUTION DE L'ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE 1. Les paléokarsts ferrugineux : des marqueurs d'une surface continentale Infra-Cretaceous surface under sedimentary cover, extended to the top of the structural surface get from top surfa



Diapositive 39 : La surface infra-crétacée (Jacques Le Roux, 2003, p.107, fig.2)

Deuxième volet, la reconstitution paléogéographique

1. Les paléokarsts ferrugineux des marqueurs d'une surface continentale

Les formes du paléokarsts et les dépôts ferrugineux de la Thiérache au Pays-Haut et du Barrois, s'inscrivent dans le plan d'une surface continentale. Or La Borne de Fer a été datée à 120 Ma.

C'est un argument en faveur de l'âge infra-crétacé de la surface sommitale reconstituée par Jacques Le Roux sur l'est du Bassin parisien.

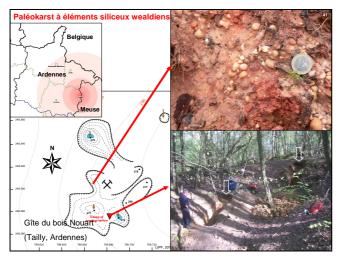
Diapositive 40 : Carte des faciès siliceux de la "surface des 400 mètres"

2. Les faciès non ferrugineux de la "surface des 400 m" : épandages siliceux et altérites

Cette carte nous montre les sites où des échantillons à faciès siliceux ont été observés. Schématiquement, les éléments siliceux se dissocient en deux familles selon la taille :

- des petits grains de quartz (50 à 250 μm),
- et des éléments plus grossiers (> à 250 μm) : grains de quartz et, graviers et galets.

Nous avons interprété les éléments les plus grossiers comme étant des restes d'épandages wealdiens.



									42
Paléokarst à	m	Log	Formation	Unité	Sous-unité	Lit	Lithologie	Coole Munsell	Nº échantilion
éléments siliceux wealdiens	1,40			E			Remblais		
	0,85	=-=		D			Argile rose	2,5 R 6.6	7-0416/2
	0,70			с			Sables grossiers (blanc à ocre)	10 YR 7.4	
	0,60	草件工具		В			Argile bariolée (ocre dominant)	10 YR 6/6	
					3	ь	Sables (gris)	10 YR 7/6	
	0,40					a	Sables (ocre)	7,5 YR 7/8	
	0,20			A	2		Sables bariolés + galets + argile blanc/jaune/roug	7,5 YR 5/8	
	0,00	000	Tarière		1	a a	Sables bariolés (jaune à rouge) Sables fins (ocre à gris) + galets (5 cm) + graviers (quartz dominant)	7,5 YR 6/4	
	Profondeur m	Log	Formation	Unité	Sous-unité	Lit	Lthologie	Code Munsell	Nº échantilion
	0,25	0,%				¢	Sables blanc + galets	5 Y 8/1	
	0,90	000		В	3	b	Sables (jaune rouge) + galets	5 YR 6/8	7-0703/1
	1,05	٠.٠٠	١.	ь		a	Sables (jaune rouge) + galets	7,5 YR 6/8	7-0703/2
Gîte du bois	1,30		'			ь	Sables (gris rose)	7,5 YR 5/2	7-0703/3
	1,60				2	a	Sables (gris foncé)	7,5 YR 4/0	7-0703/4
	1,65	//S///S///S/			1		Sables bariolés + galets	7,5 YR 5/4	7-0703/5
Nouart	1,80	172.		Α	1	b	Argile (brun vif)	7,5 YR 5/6	1
(Tailly, Ardennes)	2,00 © Galets	.#+ T.			Argle		Argile (olive påle) (JPF, 2010)	5 YR 4/8 (Normes	TECHNIP, 1991)

Diapostives 41: Tailly 1 / Topographie et photos (fig. 3.27 p120; photos 3.29 et 3.30 p.121)

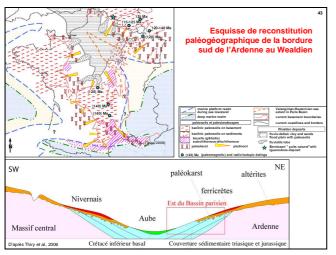
Le meilleur exemple est constitué par une ancienne exploitation de sables de fonderie. Le site se trouve à Tailly, à 7 km au SW de Stenay, sur le front de la côte de Meuse. Ce site, découvert par Dominique Harmand et Patrice Gamez, dans les années 1980, ne figure pas sur la carte géologique de France..

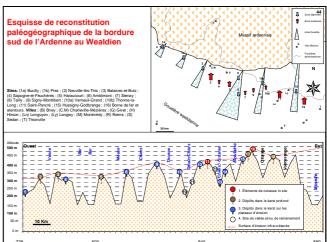
Dans la grande doline, nous avons procédé à une coupe et à un sondage à la tarière.

Diapostives 42: Tailly / Coupes (fig. 3.29 p.122)

Les coupes pratiquées à l'intérieur de l'une des dolines ont permis de révéler des dépôts successifs de sables quartzeux, d'argiles bariolées et de galets dont le faciès diffère des terrasses dégradées de la Meuse. Nature des galets : quartz et grès (probablement d'origine ardennaise).

Le spectre minéralogique des sables est pauvre : constitué de tourmaline et de zircon (analyses de Monique Beiner).





Diapositive 43 : Esquisse de reconstitution paléogéographique de la bordure sud de l'Ardenne au Wealdien (Fig. Thiry, 2006 + Coupe gouttière wealdienne)

Au Crétacé inférieur, la gouttière wealdienne constituait une plaine d'inondation. Les bordures de cette gouttière formaient de vastes piémonts raccordés au socle et plaqués de lobes sableux et conglomératiques liés aux fleuves qui se jetaient dans la gouttière. L'intensité des altérations, la puissance des profils et leur maturation sont directement dépendantes de la durée d'émersion et des situations topographiques inhérentes.

Diapositive 44 : Esquisse de reconstitution paléogéographique de la bordure sud de l'Ardenne au Wealdien (fig. 3.86 p.212 + Fig. Thiry, 2006)

Sur la base de ces paramètres, rapportés à nos échantillons, il nous a semblé possible de pouvoir restituer la paléogéographie wealdienne du sud de l'Ardenne avec :

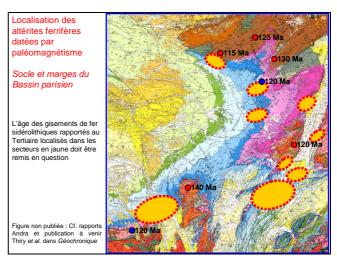
- les formations les plus matures (représentées en rouge), trouveraient leur origine sur les interfluves entre les paléovallées ;
- les formations les moins altérées (représentées en bleu), correspondraient à des couloirs de direction subméridienne le long desquels transitaient les apports détritiques, notamment les plus grossiers.

Les altérites

W butte de la Borne de Fer

Datation entre 120 et 130 Ma carrière d'Ottange 500m

F? 1F? F Bajocien Quesnel, 2006



Diapositive 45 : Coupe BdF / Carrière d'Ottange (Quesnel, 2006, Géologie de la France)

Autre élément marqueur de la paléosurface : les altérites.

Cette coupe établie par Florence Quesnel, de la Borne de Fer à la carrière d'Ottange nous montre les profils d'altération formés aux dépens des calcaires et marnes du Bajocien. Ils atteignent de 15 à plus de 40 m, selon que l'on se trouve sur une poche karstique ou non. La présence de saprolite est mentionnée à la Borne de Fer, et celle de kaolinite à la carrière d'Ottange.

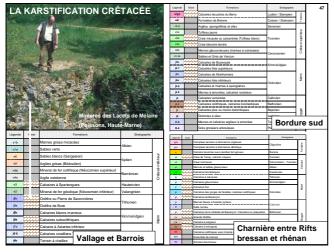
Diapositive 46: Cartes Thiry (2006) / Paléoaltérations datées

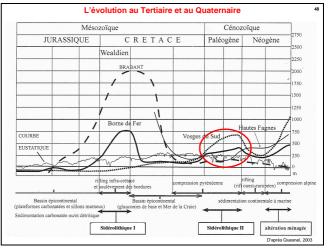
Cette carte de 2011, des dernières datations paléomagnétiques, réalisée par Médard Thiry, nous montre l'importance des ferruginisations au début du Crétacé.

Des altérites datées du Crétacé inférieur ont été mises en évidence :

- sur les socles bordant le bassin parisien : en Ardenne, au nord du Massif central, dans le Morvan et récemment dans les Vosges,
- sur des terrains jurassiques (ex a la Borne de Fer.

Cette carte montre l'existence d'une surface continentale sur les auréoles triasiques et jurassiques du Bassin parisien... laquelle a inévitablement subi une altération ferralitique et une karstification, ce qui est démontré dans le Barrois et le NE du bassin.





Diapositive 47 : Logs théorique Franche-Comté, Vallage-Barrois, Berry (p. 43...+ photo de Poissons

Les calcaires jurassiques de Franche-Comté, de la Champagne berrichonne comme ceux du Barrois et du Vallage ont été marqués par une karstification et une altération au Crétacé.

C'est ainsi que dans le Vallage, il existait un paléokarst et des dépôts ferrugineux sous le Valanginien. Les minières du plateau de Mélaire à Poissons illustrent cette disposition. Quant aux deux autres régions, elles n'ont été recouvertes par le Crétacé que plus tardivement...ces lacunes laissent davantage de temps à l'altération.

Diapositive 48: L'évolution au Tertiaire et au Quaternaire (fig. 1.24 p.52)

3 Les évolutions au Tertiaire et au Quaternaire

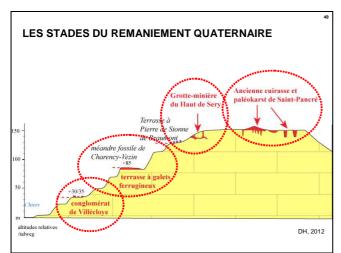
Plusieurs régions étudiées ont été marquées par la période du « Sidérolitique classique » datant début du Tertiaire, période marquée, comme au Wealdien par un bombement lithosphérique.

Concernant les sites étudiés, il est possible de rattacher au Paléogène, la cuirasse ferrugineuse de Brenne, les dépôts du Pays des Tilles en Bourgogne, les minerais pisolitiques du Berry, du seuil du Poitou et ceux des Collines pré-jurassiennes. Il en est de même pour les brèches à pisolites des Collines pré-jurassiennes qui sont contemporaines des calcaires tertiaires constitutifs.

Certaines ferruginisations sont postérieures à l'Eocène. C'est le cas des formations des plateaux crayeux de l'ouest du Bassin parisien.

D'autres ferruginisations sont d'âge quaternaire et ont été datées par leur faune. C'est le cas du fossé de la petite Saône : si les pisolites peuvent être anciennes, le minerai actuel (le castillot) ne s'est consolidé que plus tardivement.

De même, les remplissages ferrugineux des puits de Poissons pourraient également avoir été remaniés au Quaternaire (faune pléistocène retrouvée dans les remplissages).





Diapositive 49: Les stades du remaniement

A partir de l'exemple du bassin de la Chiers, on peut mettre en évidence plusieurs stades de remaniements :

- sur le plateau d'érosion au sommet de la côte, on trouvait une ferricrète et un paléokarst à remplissage ferrugineux (Fer fort de Saint-Pancré)
- la grotte-minière remplie de micro-pisolites témoigne d'un premier stade de creusement et de karstification.
- le méandre fossile de Charency-Vézin, recouvert de galets ferrugineux constitue un stade de remaniement mécanique postérieur. Sa position à environ +85 m d'altitude relative en fait une terrasse quaternaire (renseignement oral Dominique Harmand,).
- les éléments épars de conglomérat ferrugineux à graviers de quartz témoignent d'une descente dans la vallée d'éléments de conglomérats formés en position plus haute a partir de cailloutis wealdiens et d'éléments ferrugineux ; ils jalonnent une terrasse dégradée du bassin de la Chiers de +30 m.

E. CONCLUSIONS

Diapositive 50 : Conclusion finale (Paléokarst à bauxite et minerai de fer / Otrento / Italie)

Retour à l'Holocène...

Sans évoquer les paléokarsts méditerranéens, comme ceux qui piègent les formations bauxitiques, il est possible considérer que la partie synthétique de cette thèse aurait mérité un plus ample développement : je comptais y consacrer une année supplémentaire mais celle-ci ne m'a été accordée par l'Ecole Doctorale.

Cet inventaire des paléoaltérations montre la complexité de l'histoire continentale du Bassin parisien.

Mais, quoiqu'il en soit, au terme de cette étude, il convient de souligner une dernière fois que :

- Le début du Crétacé revêt une phase importante de la ferruginisation.
- Les paléokarsts représentent des pièges originaux des formations relictuelles telles que les ferricrètes.
- Le faciès constitue un marqueur fiable des contraintes chimiques, minéralogiques et mécaniques auxquelles ont été soumis les formations ferrugineuses piégées.
- Karsts et remplissages ne sont pas des milieux figés : le décapage progressif de la couverture superficielle soumet le remplissage à des conditions d'exposition différente (interface eau-air) et conduit à une évolution différenciée. Dès lors, le milieu karstique est susceptible de constituer un accélérateur et un amplificateur des processus de remaniement.
- Enfin, le karst est un générateur de faciès spécifiques.

Je vous remercie de votre attention.

Résumé

Sur les bordures du Bassin parisien et leurs périphéries, plus particulièrement sur les substrats jurassiques et crétacés, on trouve des paléokarsts fossilisés par des dépôts ferrugineux.

Plus de 60 sites aériens ou souterrains ont été étudiés au Sud de l'Ardenne, de la Thiérache ardennaise au Pays-Haut; sur le contact Jurassique-Crétacé aux confins de la Lorraine et de la Champagne (Vallage, Barrois et Haut-Pays); au Nord du Massif Central, de la Champagne berrichonne au Montmorillonnais; sur les plateaux crayeux de Normandie, du Pays d'Ouche et de la Plaine de Saint-André; à la charnière entre Rifts bressan et rhénan (fossé de la petite Saône, plateaux de Vesoul, Collines préjurassiennes).

Les analyses de près de 250 échantillons (macroscopie et microscopie, granulométrie et morphoscopie, analyses chimiques et minéralogiques), ont montré que ces ferricrètes présentent des faciès extrêmement variés tant sur le plan de la structure que sur ceux de la forme ou de la taille. Ces faciès peuvent résulter, soit d'un remaniement mécanique dominant, soit d'un remaniement chimique dominant voire exclusif, ou encore alliant des remaniements à la fois mécaniques et chimiques.

Les dépôts ferrugineux issus à l'origine de ferricrètes générées lors de grandes périodes d'altération ferralitiques qui ont affecté l'Europe occidentale entre le Crétacé inférieur et le début du Tertiaire ont évolué au gré de l'encaissement des vallées au Plio-Quaternaire. Par conséquent le karst est générateur de faciès spécifiques et contribue à amplifier les processus de remaniement chimique ou mécanique.

Abstract

That's on the board of the Parisian Basin and its surrounding, and more particularly on the Jurassic as well as the cretaceous subterrane, we can find some paleokarsts fossilized.

More of 60 underground or aerial sites have been studied in the South of the Ardenne, from the Thiérache ardennaise to the Pays-Haut; on the contact of the Jurassic-Cretaceous to the limits of the Lorraine and the Champagne (Vallage, Barrois and Haut-Pays); to the North of the Massif Central, from the Champagne berrichonne to the Montmorillonnais; on the chalky trays of Normandy (Pays d'Ouche, Plaine de Saint-André); at the hinge between bressan and rhenan Graben (fossé de la petite Saône, Plateaux de Vesoul, Collines pré-jurassiennes).

Analyses made on 250 samples (macroscopic and microscopic analysis, granulometry and morphoscopy, mineralogical and chemical analyses), have shown that these iron cementation present facies extremely varied on both structure and size. These facies can result, either in a dominant mechanical revision, or in a chemical revision dominating perhaps exclusive, or in allying both chemical or mechanical reworking.

The stemming ferruginous deposits coming from the ferricrusts generated during the periods of ferralitic alteration having affected the Western Europe between the inferior Cretaceous and the beginning of the Tertiary, have evolved according to the collection of valleys during the Plio-Quaternary. Consequently the karst is generator of specific facies and contributes to amplify chemical or mechanical revision processes.