



BULLETIN ANNUEL

N°41 Avril 2021

Metopaster cf. parkinsoni (FORBES, 1848) - Aix-en-Othe - Coll. Gérard PIERRE

Association Géologique Aubeoise

Responsable du Bulletin : COLLETÉ Claude
11, rue du 11 novembre, 10300 SAINTE-SAVINE
Site Internet : <http://www.assogeolaube.fr>
Courriel : a.geol.aube@wanadoo.fr
ISSN 0249-0102



Association Géologique Aubeoise

Pour l'année 2020, l'Association Géologique Auboise a eu le plaisir d'avoir le soutien de nombreux partenaires :

DREAL Grand-Est

Conseil départemental de l'Aube

Ville de Troyes

Ville de Sainte-Savine

ANDRA

Chambre d'Agriculture de l'Aube

Champagne François Gautherot

Okénite

UNICEM



L'Association Géologique Auboise les remercie vivement.

SOMMAIRE N°41

Bureau et conseil d'administration de l'A.G.A. pour l'année 2020	p. 4
Éditorial du Président	p. 5
Les activités pour l'année 2020	p. 6
La Géologie de la Réserve naturelle nationale de la Forêt d'Orient	p. 7
Découverte d'une dent de <i>Polyacrodus</i> sp. (Chondrichtyen, Hybodontidae) de grande taille dans l'Albien de la Marne	p. 23
Une nouvelle occurrence de Quartz dans l'Aube	p. 28
<i>Metopaster</i> cf. <i>parkinsoni</i> (FORBES, 1848)	p. 35
Découverte d'une radiole de <i>Cidaris muricata</i> (ROEMER, 1836) dans l'Hauterivien de Turgy (Aube)	p. 39
Le Callovien supérieur et l'Oxfordien du Châtillonnais	p. 41
La nappe des Sables verts région de Louze (52)	p. 65
Tour de France 2020	p. 83
Aide au commentaire géologique	

BUREAU ET CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'ASSOCIATION GÉOLOGIQUE AUBOISE POUR 2020

Président	Marc THONON
Vice-Président	René JAFFRÉ
Vice-Président	Gérard PIERRE
Secrétaire général	Claude COLLETÉ
Trésorière	Catherine GATOUILLAT
Conseillers	Jean-Baptiste ANDRY
	Charles BROSSARD
	Bertrand DESANLIS
	Claude FRICOT
	Olivier LEROY
	Joël MATRION
	Rodolphe TOUCH



Siège social :

3 rue Royale 10600 VILLACERF

Lieux de réunion :

Espace 12, 72 avenue Gallieni 10300 SAINTE-SAVINE

11 rue Jeanne d'Arc 10000 TROYES

« Lors de leurs recherches personnelles, les membres de l'A.G.A. se feront toujours un devoir de respecter les sites et le matériel présent.

Les prélèvements d'échantillons seront toujours effectués avec modération et sans esprit de destruction dans le but d'aider les recherches scientifiques et de favoriser la mise en valeur ou la conservation du patrimoine naturel.

Extrait du règlement intérieur : ... **Toute vente de spécimens, récoltés ou non dans le cadre des sorties de groupe, est interdite aux membres de l'association sous peine d'exclusion immédiate...**

L'association remercie les propriétaires et les exploitants qui faciliteront les recherches du titulaire de cette carte. »

ÉDITORIAL DU PRÉSIDENT

Le bulletin N° 40 avec ses 64 pages nous préparait à l'isolement sanitaire. Cette situation n'a pas réussi à nous faire taire. Loin de là, nous sommes devenus encore plus prolixes et comme pour conjurer le sort, voici le bulletin N° 41 deux fois plus important en nombre de pages, avec 8 articles rédigés par des membres de notre association.

Je tiens à tous les remercier car c'est en partageant ainsi que nous avançons ensemble.

C'est aussi un bel hommage à notre association qui fête cette année son demi-siècle d'existence. 50 années de recherches passionnées, de trouvailles et d'études qui, ne soyons pas modestes ont apporté de solides connaissances sur la géologie auboise.

La géologie embrasse un très grand nombre de disciplines et chacun peut y trouver son domaine de prédilection : la stratigraphie, paléontologie, minéralogie, cristallographie, sismologie, hydrologie, paléogéographie, paléoclimatologie, sédimentologie, pétrographie, géobiologie, chimie, etc. et chacun de ces domaines se subdivise à son tour en spécialités.

Les articles de ce numéro montrent bien la transversalité de ces disciplines et la nécessité de partager nos découvertes, nos savoirs afin de soumettre nos hypothèses en toute humilité et amitié.

Ils révèlent aussi que notre passion est une forme d'enquête où l'on cherche le moindre indice qui pourra nous aider à comprendre ce que l'on regarde. Un travail d'observateur attentif car voir est plus important que regarder.

Laissez-vous alors transporter par les récits des aventuriers de l'AGA sur nos terrains à mystères.

Je vous souhaite des beaux voyages dans les rivages de l'Albien, les terres à silex et à quartz, le monde aquatique de l'hydrologie, nager avec la riche faune d'ammonites de l'Oxfordien sans oublier le rendez-vous touristique-géologique du Tour de France 2020...

Marc THONON

LES ACTIVITÉS POUR L'ANNÉE 2020

- Dimanche 19 janvier **Assemblée générale 2019**
- Mardi 28 janvier **Atelier** sur les fossiles pour une classe de CE1-CE2 à l'école de Mesnil-Saint-Père
- Jeudi 6 février **Conférence** « 40 ans d'exploration des Abysses » par Yves Fouquet de la Société Géologique de France à l'auditorium du Musée d'Art Moderne
- Samedi 20 juin **Sortie** à la carrière de calcaires kimméridgiens, tithoniens à Puits-et-Nuisement
- Samedi 4 juillet **Permanence** à notre local pour la parution du **Tome 5 des Fiches d'aide à la détermination des Ammonites jurassiques et crétacées**
- Samedi 5 septembre **Permanence** à notre local pour lancer la reprise des activités
- Dimanche 13 septembre **Sortie** à la carrière de craie de Chaudrey pour rechercher des fossiles
- Samedi 19 septembre **Sortie** à la carrière de calcaires tithoniens à Virey-sous-Bar
- Samedi 3 octobre **Fête de la Science** exposition à la Maison de la Science à Ste-Savine sur les Matériaux dans les constructions dans le département de l'Aube

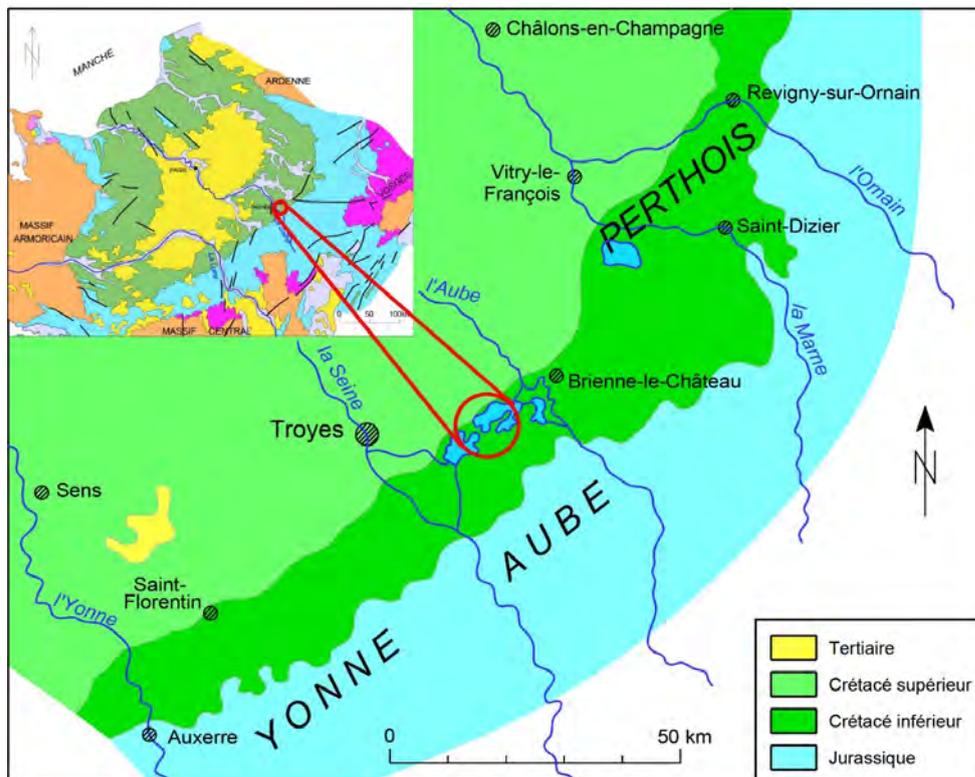
LA GÉOLOGIE DE LA RÉSERVE NATURELLE NATIONALE DE LA FORET D'ORIENT

Par Bertrand MATRION (1) & Claude COLLETÉ (2)

La réserve naturelle nationale a la particularité d'être implantée sur un secteur façonné par les travaux d'aménagement des barrages-réservoirs Aube et Seine au niveau du bassin Auzon-Temple. Il en résulte que lors des périodes de basses eaux hivernales, le sous-sol affleure sur les berges ou dans les fosses d'emprunts creusées lors des terrassements. L'intérêt de pouvoir observer ce sous-sol est à la fois scientifique et patrimonial. Scientifique, car ces roches normalement recouvertes par les forêts sont rarement accessibles et il est ainsi possible de connaître la géologie de ce territoire. Patrimonial, car parmi ces roches certaines ont servi à nommer un étage du calendrier géologique international, l'étage Albien.

I. Le cadre géographique et géologique

La réserve se situe à la bordure sud-est du Bassin parisien. Cette structure géologique particulière montre que les roches affleurent en auréoles, les plus anciennes étant vers l'extérieur du bassin, les plus récentes vers le centre (figure 1 - ci-dessous).



Les différentes observations menées depuis plusieurs décennies par les membres de l'Association Géologique Auboise ont permis la découverte de plusieurs affleurements situés dans l'emprise des lacs de la Forêt d'Orient et d'Amance et dont certains sont aujourd'hui intégrés à la réserve.

Dans la mesure du possible, chacun de ces affleurements a fait l'objet d'un levé de coupe et de récoltes paléontologiques et certains de ces résultats ont fait l'objet de publications (Amédéo *et al.*, 1995, 2014b ; Amédéo & Matrimon, 2007 ; Colleté (coord.), 2010 ; Matrimon, 2012).

Dans le secteur qui nous intéresse les couches qui affleurent sont datées du Crétacé inférieur et s'étendent sur les étages Aptien et Albien. Avant de débiter la description des affleurements, il est nécessaire d'avoir une coupe de référence sur laquelle on pourra s'appuyer pour placer les différents sites dans la colonne stratigraphique.

II. Description des affleurements

Remarques préliminaires. La plupart des affleurements sont situés dans l'emprise des Lacs Auzon-Temple et Forêt d'Orient et sont accessibles uniquement en périodes de basses eaux. Les dénominations sont celles des bois ou lieux-dits les plus proches, et nous avons attribué à chacun un numéro qui sera reporté sur les cartes de situations (figures 3 et 7) pour en faciliter la localisation. La description suivante sera faite en suivant la chronologie allant des affleurements les plus anciens aux plus récents.

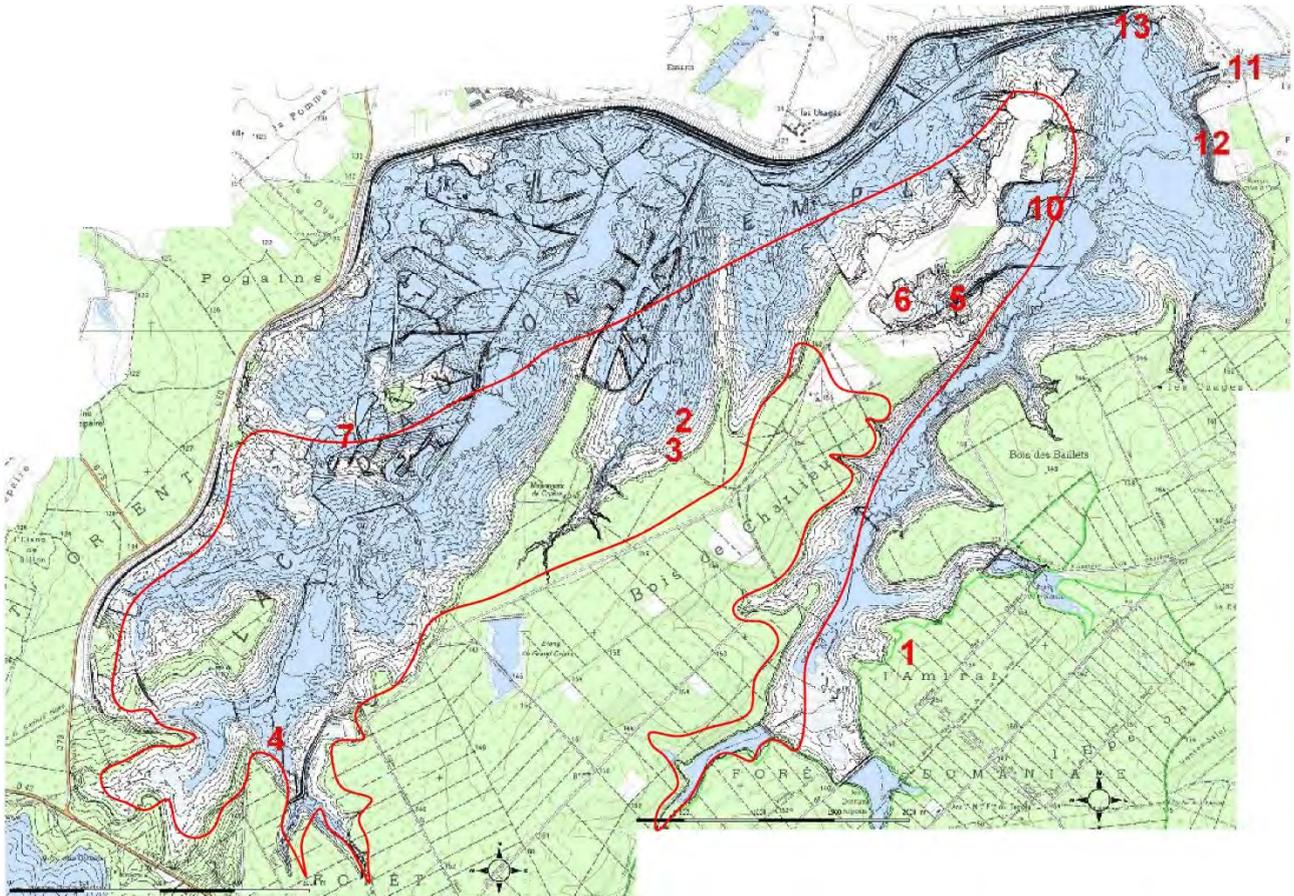


Figure 3 : Situation des gisements du lac Auzon-Temple

Nous ne ferons mention que des affleurements où la roche est observable en place avec certitude. Lors de nos différentes visites, nous avons notamment longé toute la berge ouest et une partie de la berge est de la Presqu'île de Charlieu, nous avons pu y ramasser plusieurs fossiles lavés par les eaux du Lac mais sans coupe sur lesquelles les placer, nous n'y ferons pas mention.

Les fossiles figurés en fin de ce rapport ne proviennent pas nécessairement des coupes décrites dans le texte, mais nous avons préféré illustrer des spécimens caractéristiques et bien conservés.

N°1. Forêt de l'Amiral.

Situé en dehors de la réserve, aucune coupe n'a pu y être levée faute de talus, mais une importante faune de petites ammonites pyriteuses a été ramassée sur la plage argileuse du lac (planche 1). On y a trouvé notamment *Deshayesites deshaysi* (d'Orbigny, 1841), *Toxoceratoides royerianus* (d'Orbigny, 1842), *Aconoceras (Aconoceras) nisoides* (Sarasin, 1893), *Pseudosaynella bicurvata* (Michelin, 1838), *Chelonicerus (Chelonicerus) sp...* Cette faune est caractéristique des Argiles à Plicatules et date de l'Aptien inférieur. Ce sont des argiles fines, légèrement silteuses, brun-vert en affleurement, gris-noir en sondage. On y trouve fréquemment des huîtres *Plicatula placunea* Lamarck, 1819 et *Exogyra aquila* d'Orbigny, 1846. On retrouve cette abondante association de petites ammonites en forages entre -105 et -110 m dans AUB 121 et entre -90 et -99 m dans AUB 111.

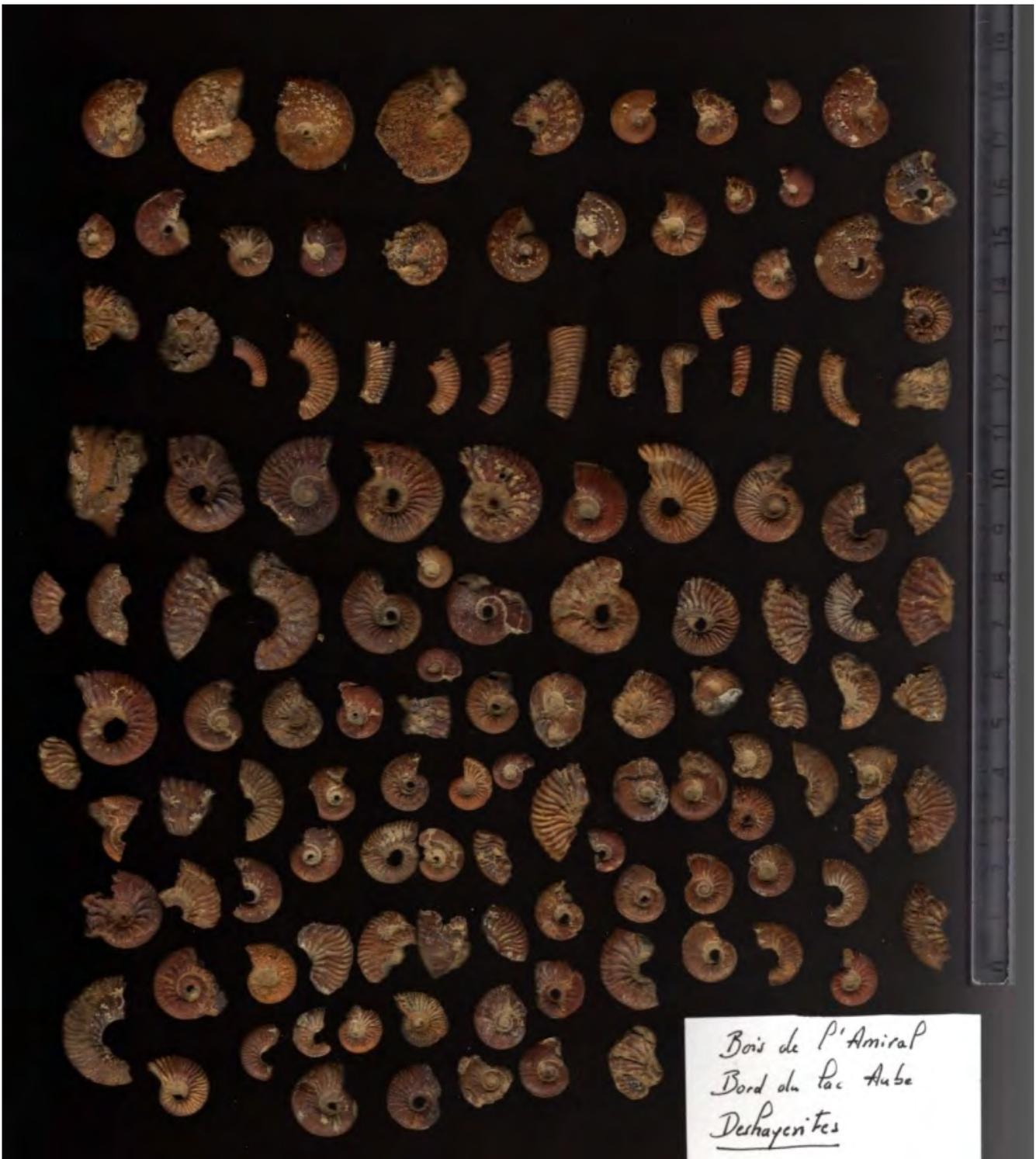


Planche 1 : Ammonites de l'Aptien inférieur de la forêt de l'Amiral. Spécimens déposés au musée géologique de Lausanne en Suisse.

N°2. Berge ouest de la Presqu'île de Charlieu.

Un arrachement le long de la berge laisse apparaître sur 1,5 m d'épaisseur des sables vert foncé, presque noir. Ce sont les Sables verts de l'Aube qui sont datés de l'Aptien supérieur. En sondage ce sont des sables plus ou moins grossiers et argileux qui font de 6 à 10 mètres d'épaisseur. La teinte est donnée par des grains d'un minéral vert, la glauconie. En dehors d'un niveau de grès situé à leur sommet (affleurements 3 et 4), ces sables sont dépourvus de fossiles. Ils ont été observés dans les berges de l'Aube à Unienville (Colleté (coord.), 2010) et ont été exploités à Montieramey pour des fonderies (Touch *in* Colleté (coord.), 2010).

N°3 et 4. Berges sud-ouest et ouest de la Presqu'île de Charlieu.

Posés sur la berge et le fond du lac, on trouve en quantité des blocs de grès verts pluricentimétriques. Ces grès ont livré une intéressante faune d'ammonites du genre *Hypacanthoplites* (Planche 2, fig. 1) qui date de la limite Aptien-Albien. L'affleurement n°4 a également livré quelques petites ammonites phosphatées dont *Leymeriella tardefurcata* (d'Orbigny, 1841) qui proviennent d'un petit niveau situé à l'interface des grès verts et des Argiles tégulines de Courcelles et datent de la première zone de l'Albien inférieur (Planche 2, fig. 2). Ces grès ont également été observés dans les berges de l'Aube à Unienville, à Mesnil-Saint-Père au pied du déversoir du canal d'aménée au lac Seine et dans la carrière de Montreuil-sur-Barse (Colleté (coord.), 2010).

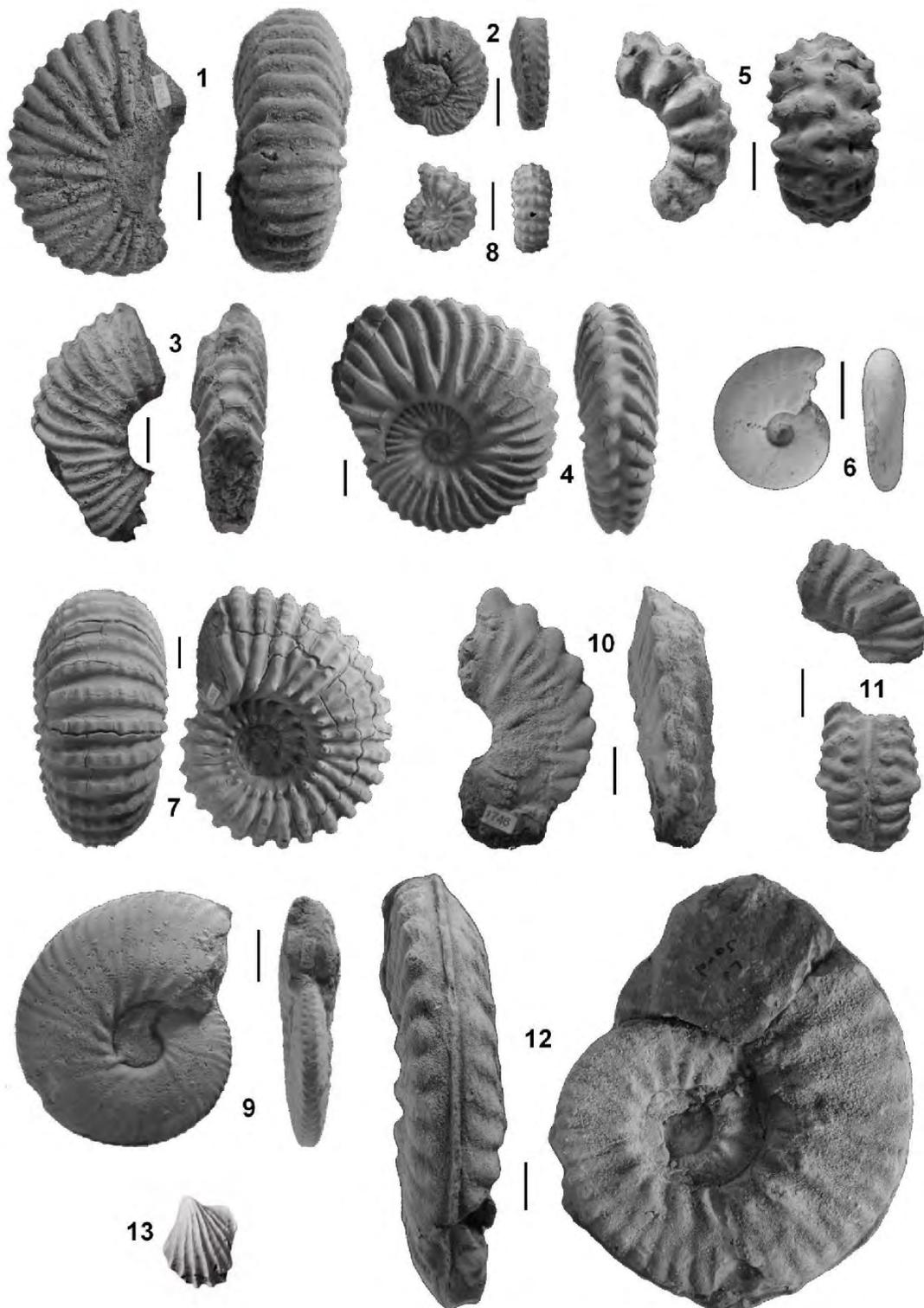
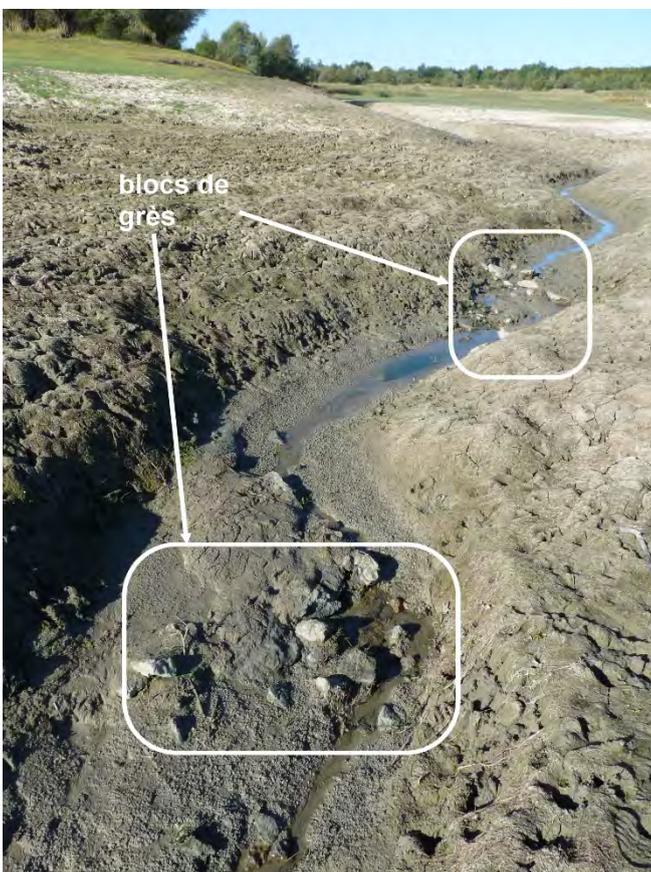


Planche 2 : tous les spécimens sont de la collection B. Matrimon et sont déposés au laboratoire de Biogéosciences de l'Université de Bourgogne à Dijon.

Fig. 1. *Hypacanthoplites milletianus* (d'Orbigny, 1841), Mesnil-Saint-Père ; Fig. 2. *Leymeriella (Leymeriella) tardefurcata* (d'Orbigny, 1841), Montreuil-sur-Barse ; Fig. 3. *Hoplites (Isohoplites) steinmanni* (Jacob, 1907), Mesnil-Saint-Père ; Fig. 4. *Hoplites (Hoplites) benettianus* (J. de C. Sowerby, 1826), Dienville ; Fig. 5. *Lyelliceras pseudolyelli* (Parona et Bonarelli, 1897), Pogains ; Fig. 6. *Beudanticeras (Beudanticeras) laevigatum* (J. de C. Sowerby, 1827), la Petite Italie ; Fig. 7. *Douvilleiceras mammillatum* (Schlotheim, 1813), Dienville ; Fig. 8. *Lyelliceras lyelli* (d'Orbigny, 1841), la Petite-Italie ; Fig. 9. *Anahoplites osmingtonensis* Owen, 1971, Dienville ; Fig. 10. *Dimorphoplites biplicatus* (Mantell, 1822), le Carron ; Fig. 11. *Dipoloceras cristatum* (Brongniart, 1822), le Carron ; Fig. 12. *Mortoniceras (Mortoniceras) pricei* (Spath, 1922), Brienne-la-Vieille ; Fig. 13. *Actinoceramus sulcatus* (Parkinson, 1819), le Carron.

N°5. Anse Margot.

En période de basses eaux, un ruisseau d'écoulement des eaux pluviales s'est creusé le long d'un talus de l'Anse Margot et laisse voir à sa base les bancs de grès du sommet des Sables verts de l'Aube (Figure 4a) et également les premiers mètres des Argiles tégulines de Courcelles (Figure 4b). Les conditions d'affleurement ne permettent pas de lever une coupe, mais l'observation de ces niveaux reste rare et intéressante. Ils n'étaient visibles jusqu'à maintenant que dans les berges de l'Aube à Unienville. Aucune faune n'a été trouvée dans ces niveaux.



Figures 4a et b : Ruisseau de l'Anse Margot laissant apparaître les grès du sommet des Sables verts de l'Aube et la base des Argiles tégulines de Courcelles.

N°6. Anse Margot.

Le terrassement d'une île artificielle dans l'Anse Margot (Figure 5) a dégagé des niveaux d'argiles relativement riches en ammonites de l'espèce *Hoplites (Isohoplites) steinmanni* (Jacob, 1908) (Planche 2, fig.3). Ces niveaux ont déjà été observés au sommet de la carrière de Montreuil-sur-Barse et sur les berges du Lac Seine à Mesnil-St-Père (Colleté. (coord.), 2010.



Figure 5 : talus dégagé lors du terrassement de l'île artificielle de l'Anse Margot.

N°7. Pogains.

Trois fosses creusées en face de la mise à l'eau de Pogains ont permis l'observation de niveaux très intéressants (Amédéo *et al.*, 2014b). La coupe montre un lit de nodules phosphatés qui a livré plusieurs centaines de fossiles (Figure 6) avec en particulier des crustacés et des ammonites *Hoplites* (*Hoplites*) *benettianus* (J. de C. Sowerby, 1826), *Hoplites* (*Isohoplites*) *steinmanni*, *Lyelliceras pseudolyelli* (Parona et Bonarelli, 1897), *Beudanticeras* sp., *Douvilleiceras mammillatum* (Schlotheim, 1813) (Planche 2, figs. 4-7).

Cet ensemble d'affleurements a permis la définition d'une nouvelle zone d'ammonites (sous-zone à *Lyelliceras pseudolyelli*) et ce niveau phosphaté s'est révélé être un niveau repère qu'on a pu suivre tant en sondages (- 44,00 m dans AUB 111 et -51,30 m dans AUB 121) qu'en affleurement jusque dans la Meuse (Amédéo *et al.*, 2014a).

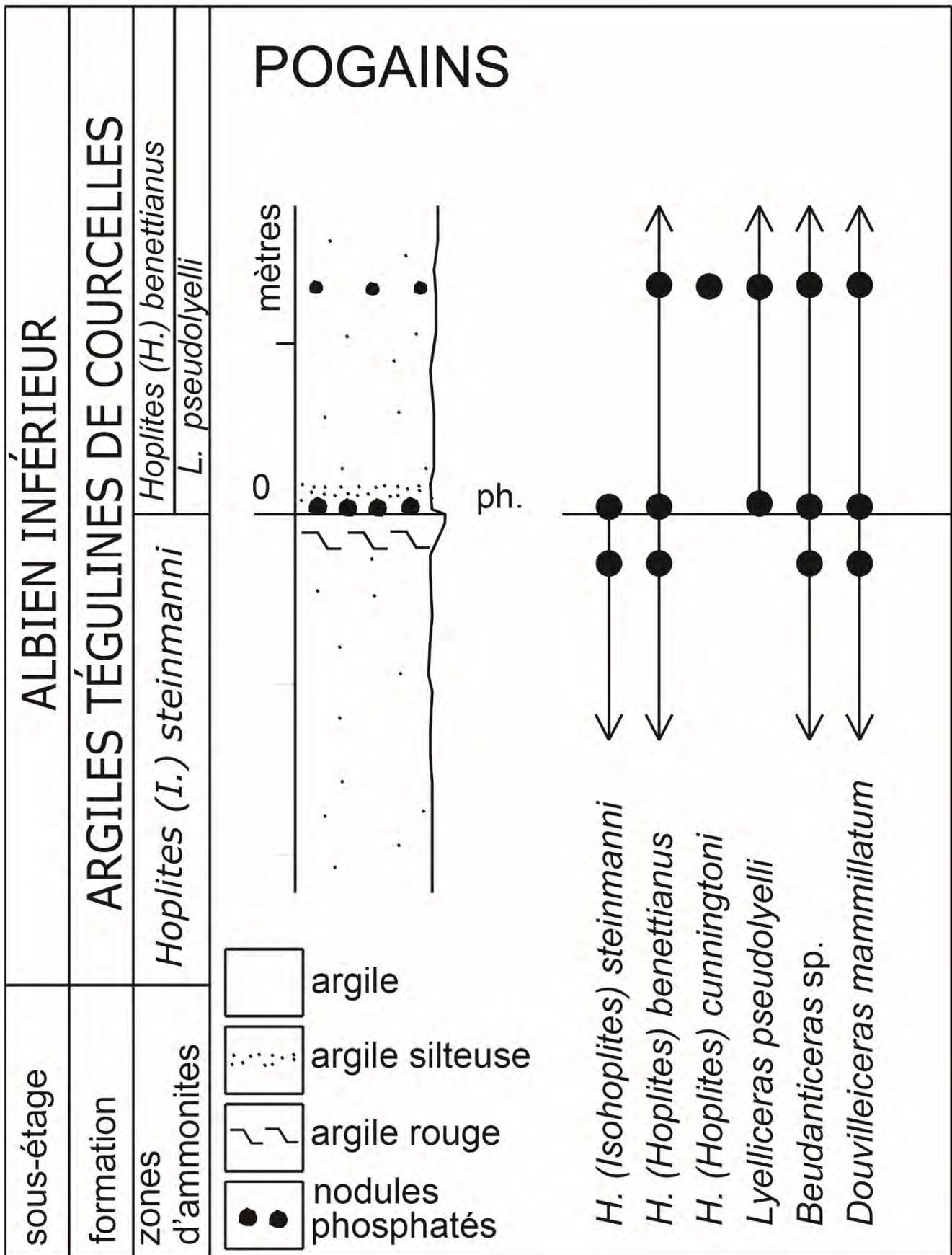


Figure 6 : Coupe de Pogains avec la répartition des principales espèces d'ammonites.

N°8 et 9. Ancienne tuilerie du Gaty et extrémité de la presqu'île de la Petite Italie.

Situés en dehors de la réserve, ces deux affleurements sont cependant très proches et remarquables pour la connaissance de l'Albien de l'Aube.

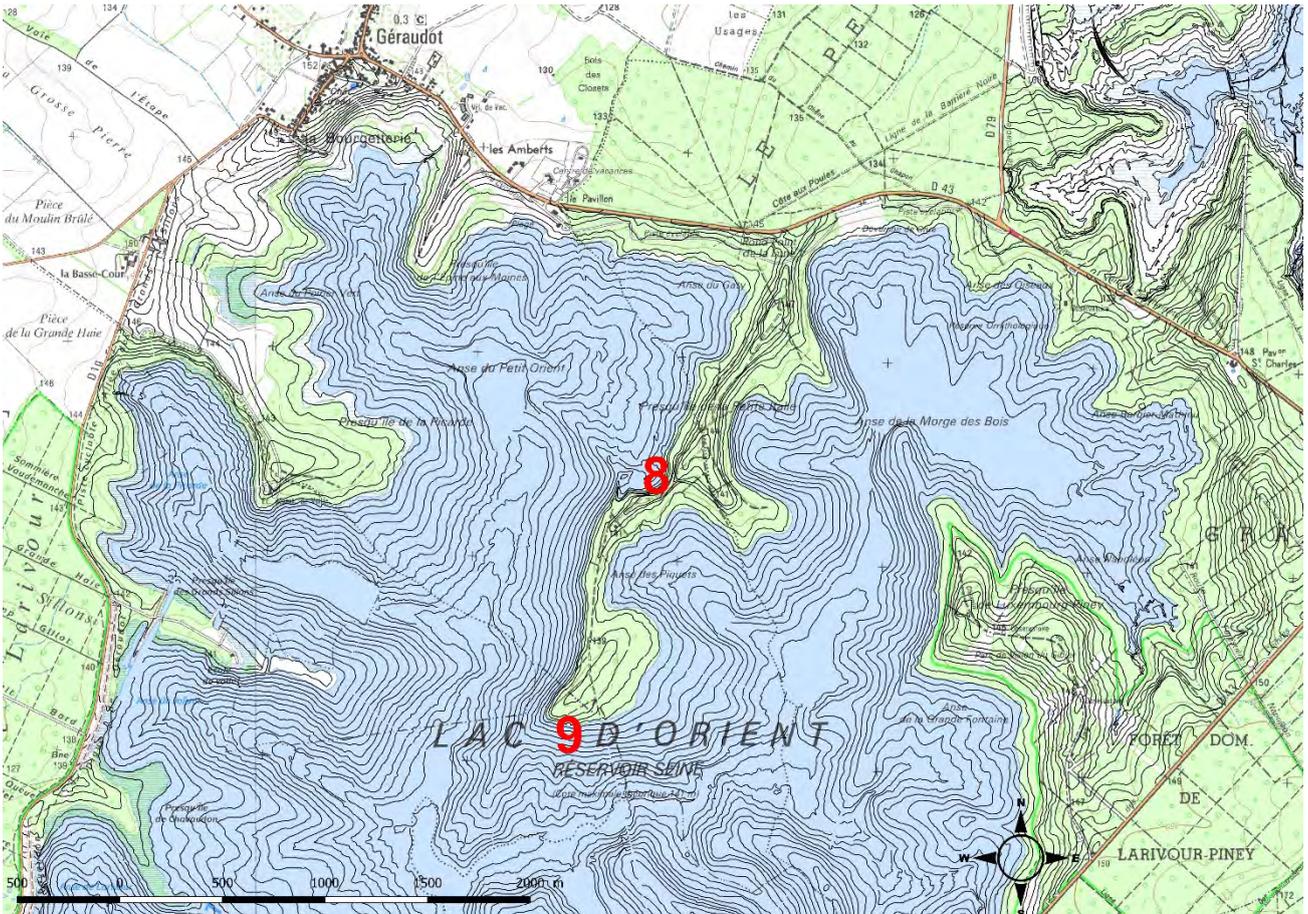


Figure 7 : Carte de situation des affleurements du Gaty et de la Petite Italie.

Le Gaty est une carrière connue depuis le 19^e siècle (Michelin, 1838) et la Petite Italie a fait l'objet de plusieurs études (Colleté (coord.), 2010 ; Matrimon, 2012 ; Amédéo *et al.*, 2014b). La coupe composite tirée des deux affleurements (figure 8) montre un niveau de concrétions calcaires qui contient une faune de fossiles remarquable qui a fait la célébrité de l'Albien de l'Aube. Bien que ces concrétions ne soient pas apparues dans les forages, ce niveau est assimilé à un lit d'ammonites en argile à -59,40 dans AUB 240, -30,20 dans AUB 111 et -38,65 dans AUB 121. Dans la réserve, on découvre de temps en temps des fossiles provenant de ce lit de concrétions, cependant, il s'avère qu'ils proviennent de déblais étalés lors des travaux de terrassement du lac. Nous n'avons pas encore trouvé ce niveau en place.

Sur la coupe de la Petite Italie (Figure 8), on peut également observer l'apparition de l'espèce d'ammonite *Lyelliceras lyelli* (d'Orbigny, 1841) (planche 2, fig. 8) qui est un événement repère définissant la base du sous-étage de l'Albien moyen. C'est pour l'instant le seul lieu dans le monde où cette limite est bien définie et qui par conséquent devrait faire l'objet d'une préservation (Matrimon, 2012).



Figure 9 : Affleurement de la Petite Italie

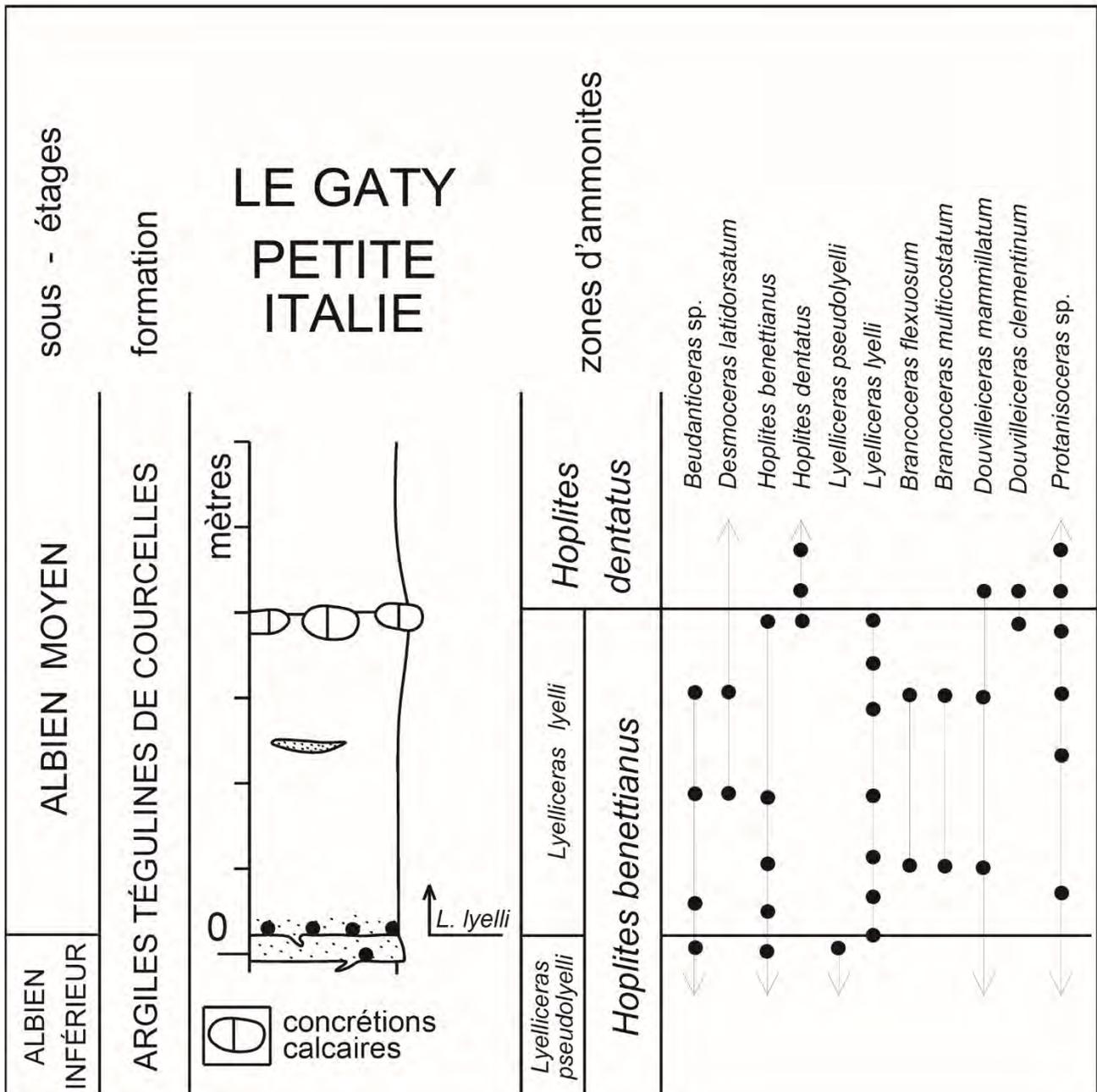


Figure 8 : Coupe synthétique de la Petite Italie (partie basse) et du Gaty (partie haute) avec la répartition des principales espèces d'ammonites.

N°10. Fosse au nord-est de la presqu'île de Charlieu.

Sur les deux berges de cette grande fosse, nous avons levé une coupe qui fait apparaître plusieurs niveaux silteux relativement indurés au sein d'argiles gris foncé. Ces niveaux qui n'avaient jamais été observés en affleurements jusqu'à maintenant, ont livrés des ammonites du genre *Anahoplites* (planche 2, fig. 9) qui datent la coupe de la partie supérieure de l'Albien moyen. En forages on les retrouve entre -41,00 et -48,10 m dans AUB 240 ; entre -14,00 et -20,50 dans AUB 111 ; et entre -25,00 et -29,75 dans AUB 121.

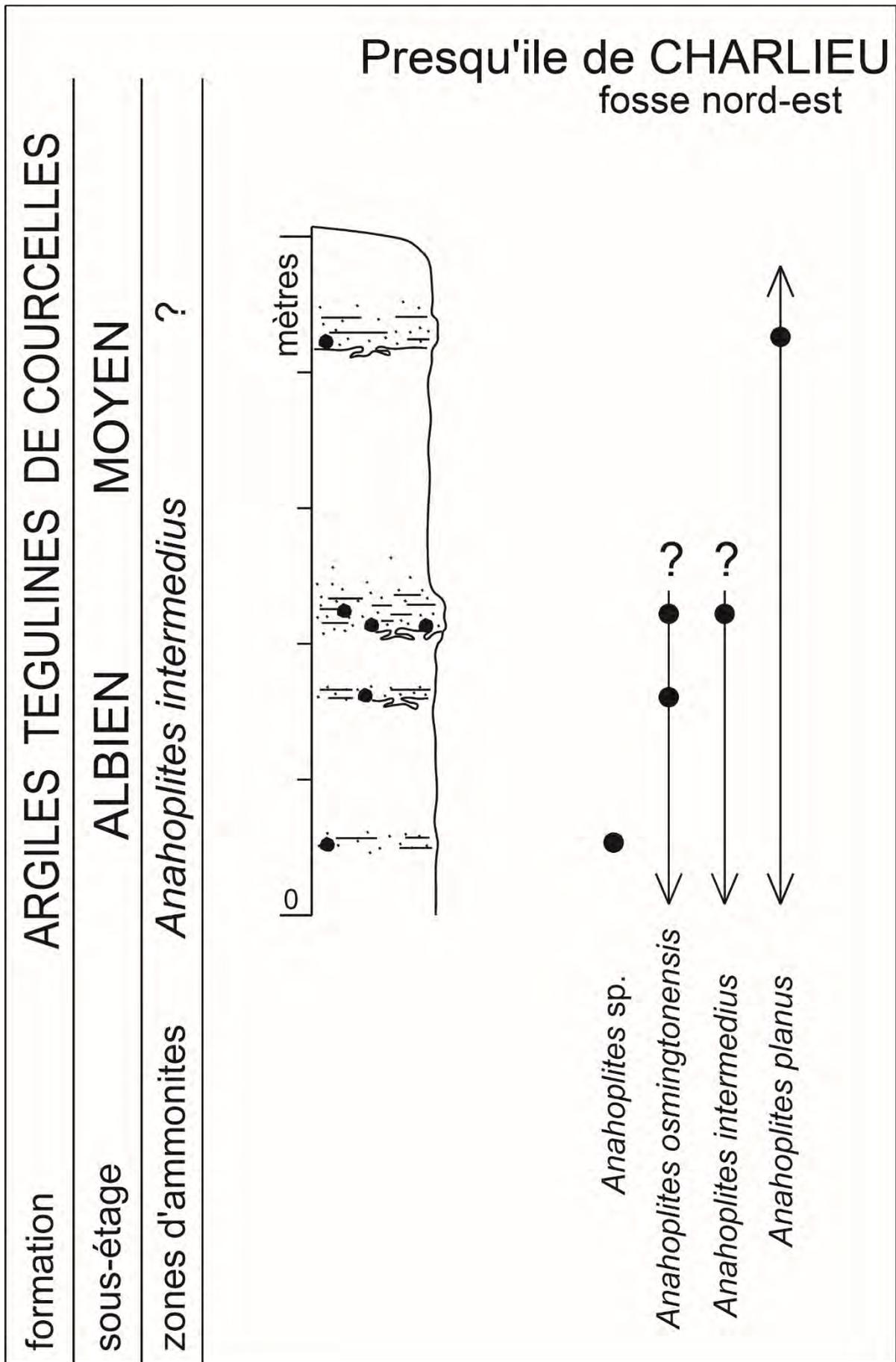


Figure 10 : Coupe de la fosse au nord-est de la Presqu'île de Charlieu avec la répartition des principales espèces d'ammonites.



Figure 11a



Figure 11b

L'affleurement de la fosse nord-est de la Presqu'île de Charlieu (Fig. 11a) et détail sur un niveau induré (Fig. 11b).

N°11. Canal de jonction à Radonvilliers.

Bien que situés en dehors de la réserve, des niveaux (figure 12) situés immédiatement au-dessus des précédents ont livré une riche faune de la zone à *Dimorphoplites biplicatus* (planche 2, fig. 10) du sommet de l'Albien moyen qui a été décrite par Amédéo *et al.* (1995). Ils ont également été retrouvés dans les berges de l'Aube à Brienne-la-Vieille et en forage entre -31,50 et -35,00 m dans AUB 240.

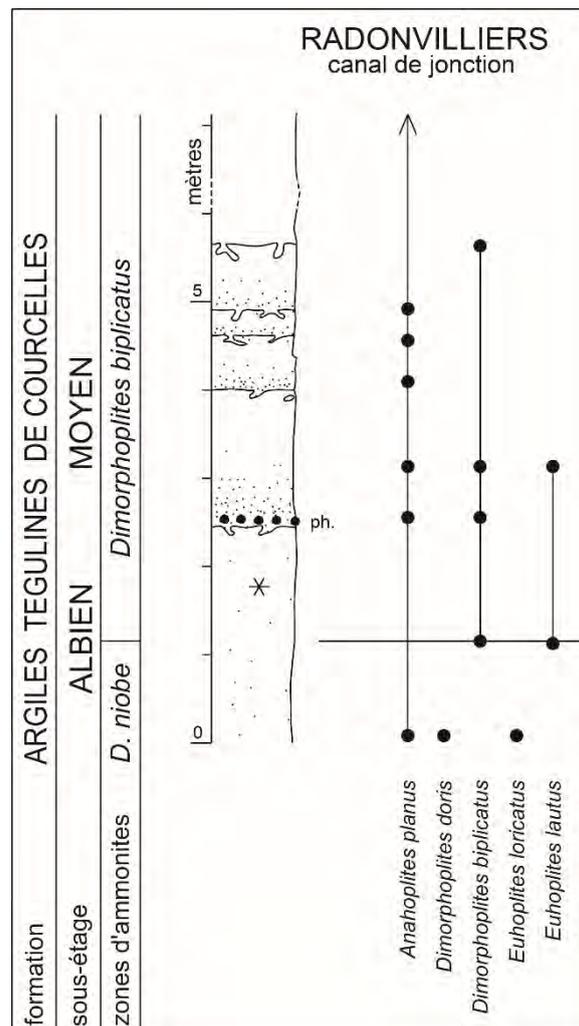


Figure 12 : Coupe du canal de jonction à Radonvilliers.

Situés à proximité de la réserve, ces affleurements (figure 13) ont livré une nombreuse faune (Colleté (coord.), 2010) avec *Dipoloceras cristatum*, *Mortoniceras pricei*, *Inoceramus sulcatus* (planche 2, figs.11-13).

L'apparition de cette espèce sert de repère en forage pour la définition de la base de l'Albien supérieur à -30,94 m dans AUB 240. Ces niveaux sont les plus hauts atteints à proximité de la réserve.

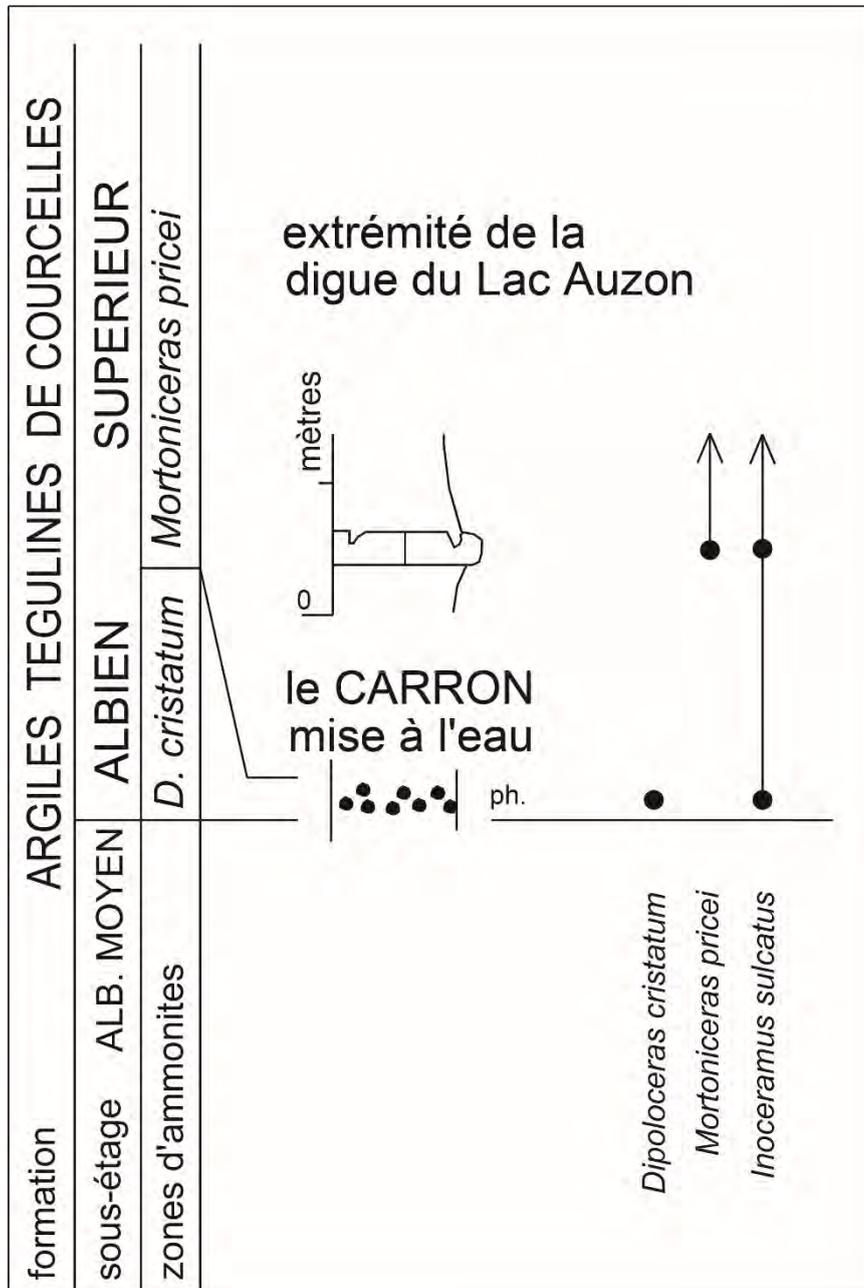


Figure 13. Mise à l'eau du Carron et descente à l'extrémité de la digue du lac Auzon-Temple.

Conclusion

Les figures 14 et 15 illustrent la position des affleurements décrits dans le texte en regard des coupes de références données par les forages réalisés à Juzanvigny et à Vallentigny. On remarque que les coupes sont réparties sur toute la hauteur et que malgré de nombreuses lacunes d'observations elles apportent de nouvelles informations ou complètent des observations déjà réalisées sur des coupes aujourd'hui inaccessibles. Cette étude permet d'établir une carte des formations (figure 16) observables dans l'emprise du lac Auzon-Temple qui pourra peut-être servir de base pour de futures études dans d'autres disciplines.

Cette carte tient compte uniquement des roches en place. Il n'est notamment pas pris en compte l'épais remblai étalé sur la Presqu'île de Charlieu.

L'autre intérêt de la géologie dans la réserve est patrimonial. En 1842, d'Orbigny a défini son étage Albien sous les termes suivants : « *Gault. L'étage ainsi nommé de ses argiles varie on ne peut davantage sous le rapport minéralogique. Il est en effet formé d'argiles, à ses parties moyennes, à Wissant (Pas-de-Calais), aux Côtes-Noires (Haute-Marne), à Gaty, à Maurepaire, à Dienville (Aube), et à Folkestone (Angleterre), mais à Wissant même, à Ervy (Aube), à Saint-Florentin (Yonne), à la Perte du Rhône (Ain), à Machéroménil (Ardennes), à Varennes (Meuse), il est aussi composé de grès verts, de grès blanchâtres ; à Escragnoles (Var), il est représenté par une véritable glauconie crayeuse ; à la Montagne-des-Fis (Savoie), par des roches noirâtres compactes. On voit donc que les noms de gault, de glauconie sableuse, de grès vert inférieur, ne peuvent non plus être proprement appliqués dans tous les cas, ce qui me détermine à proposer, pour cet étage, le nom de terrain ALBIEN, l'Aube (alba) le traversant à Dienville et sur beaucoup d'autres points ».*

On remarque que d'Orbigny s'est appuyé sur plusieurs lieux situés autour de la réserve pour sa définition. La réserve se trouve ainsi comme un lieu de sauvegarde privilégié situé au cœur du stratotype Albien car aujourd'hui il n'y a plus aucun affleurement dans notre stratotype. Seuls restent le centre d'enfouissement de Montreuil-sur-Barse qui va bientôt se terminer et quelques petits arrachements le long des berges de l'Aube qui sont toujours très limités. C'est pourquoi il est primordial d'inclure la sauvegarde du stratotype dans la réserve. Cela ne nécessite que peu de moyens, l'entretien des coupes dépendant de l'action érosive des lacs lors du retrait des eaux en automne.

Pour le futur, il nous reste à explorer le sud-est de la Presqu'île de Charlieu pour confirmer la présence des Argiles à Plicatules et continuer l'activité de reconnaissance pour trouver de nouveaux affleurements.

Nous remercions vivement tous ceux qui nous ont accompagnés ces dernières années sur ces affleurements : Thierry Tournebise et Lisa Paix du Parc Naturel Régional de la Forêt d'Orient et Jean-Baptiste Andry, Claude Fricot, René Jaffré et Rodolphe Touch de l'Association Géologique Auboise.

Bibliographie

Amédéo, F., Deconninck, J.-F., Matrimon, B. (2019). L'Albien type de l'Aube (France) : première description litho-biostratigraphique de la totalité des Argiles tégulines de Courcelles. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 56, 2, p. 7-22.

Amédéo, F., Magniez-Janin, F., Colleté, C., Fricot, C. (1995). L'Albien-type de l'Aube, France : une révision nécessaire. *Géologie de la France*, 2, p. 25-42.

Amédéo, F., Matrimon, B. (2007). Une coupe lithologique synthétique dans l'Albien-type de l'Aube, France. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 44, 3, p. 7-23.

Amédéo F., Matrimon B., Deconninck J.-F., Huret E., Landrein P. (2017). Les forages de Juzanvigny (Aube, France) : litho-biostratigraphie des formations du Barrémien à l'Albien moyen dans l'est du bassin de Paris et datations par les ammonites. *Geodiversitas* 39 (2): p. 185-212. <https://doi.org/10.5252/g2017n2a2>

Amédéo, F., Matrimon, B., Fricot, C., Touch, R. (2014a). Les argiles et marnes albiennes à faciès Gault et leur passage aux marnes cénomaniennes dans l'est du Bassin parisien (Perthois) au regard de la stratigraphie événementielle. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 52, n°1, p. 9-28.

Amédéo, F., Matrimon, B., Magniez-Janin, F., Touch, R. (2014b). La limite Albien inférieur–Albien moyen dans l'Albien type de l'Aube (France) : ammonites, foraminifères, séquences. *Revue de Paléobiologie*, Genève. Vol. 33, p. 159-279.

Colleté, C., coord. 2010. *Stratotype Albien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotopie, Mèze ; BRGM, Orléans, 332 pp. (Patrimoine géologique, 2).

Matrimon, B. (2012). La Réserve Naturelle Nationale de la Forêt d'Orient. Un patrimoine géologique de référence. *Courrier Scientifique du Parc Naturel Régional de la Forêt d'Orient*. N°35-36, p. 9-22.

Michelin, H. (1838). Note sur une argile dépendant du gault, observée au Gaty, commune de Gérodot, département de l'Aube. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 1° série, vol. 3, p. 97-103.

D'Orbigny, A. (1842-1843). *Paléontologie française : Terrains crétacés. T. 2. Gastropodes*. Masson éd., Paris, p. 1-224 (1842) ; p. 225-456 (1843), pls. 149-236.

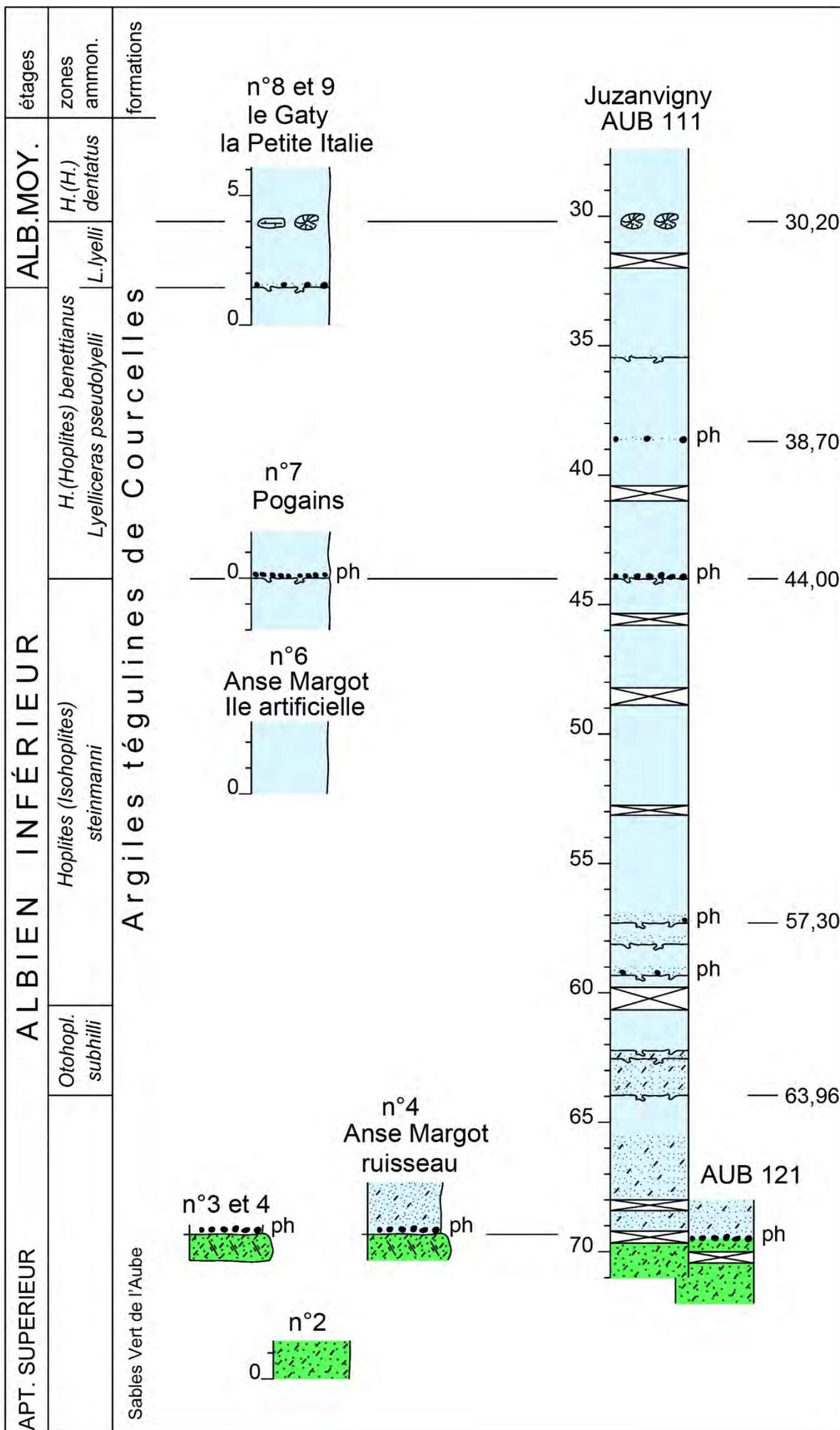


Figure 14 : affleurements décrits replacés dans la coupe du forage de Juzanvigny

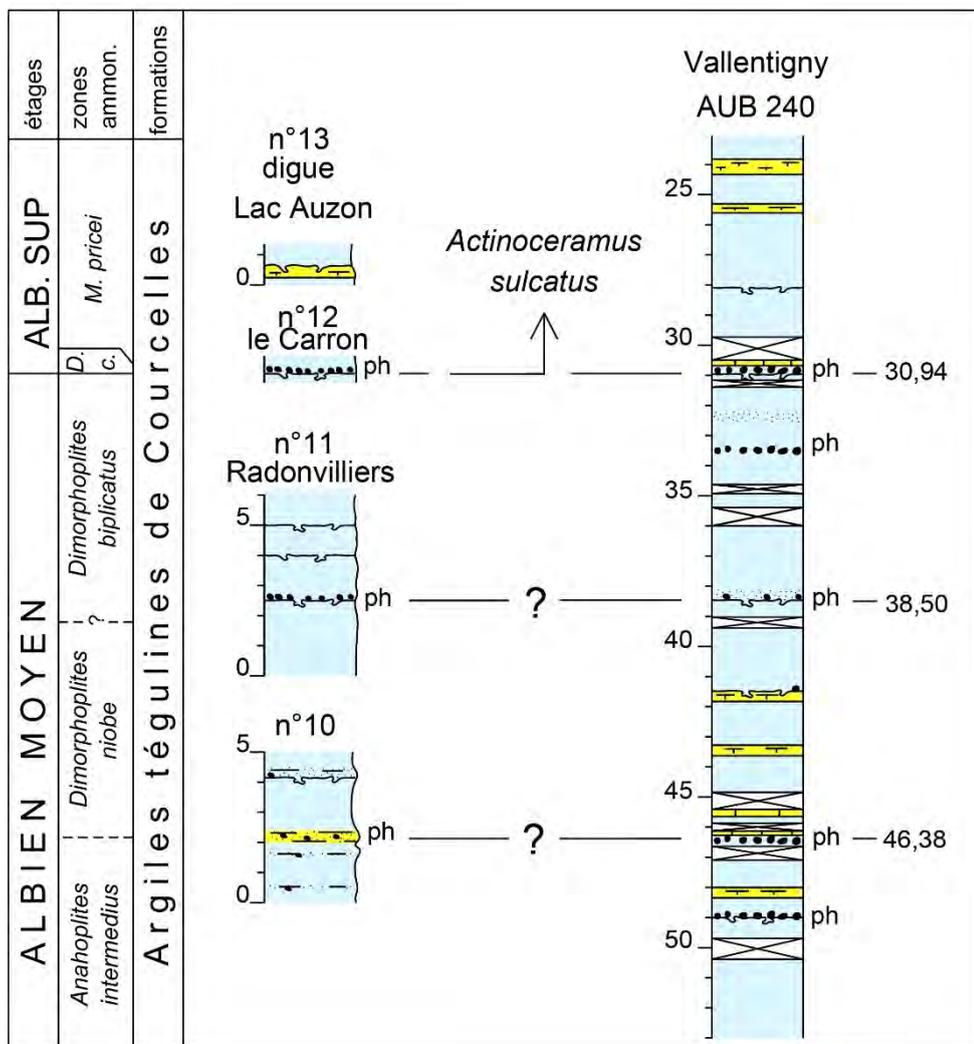
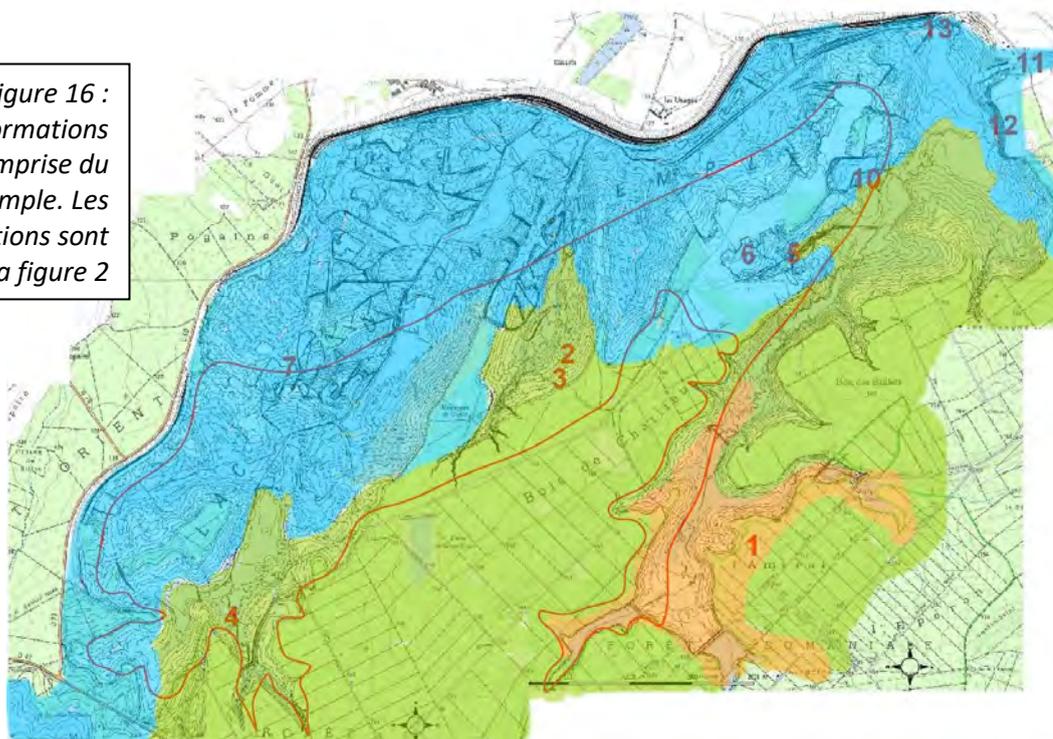


Figure 15 : affleurements décrits replacés dans la coupe du forage de Vallentigny

Figure 16 :
Carte des formations observables dans l'emprise du lac Auzon-Temple. Les couleurs des formations sont celles utilisées dans la figure 2



- (1) B. Matrimon Association Géologique Auboise, Université de Bourgogne, UMR 6282, CNRS Biogéosciences, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon.
 (2) C. Colleté Association Géologique Auboise, 11 rue du 11 novembre, 10300 Ste-Savine

DÉCOUVERTE D'UNE DENT DE *POLYACRODUS* SP. (CHONDRICHTYEN, HYBODONTIDAE) DE GRANDE TAILLE, DANS L'ALBIEN DE LA MARNE

Par Bertrand MATRION (1) & Michael PERCHAT (2)

Introduction

Les dents de requins sont courantes dans les argiles de l'Albien du Bassin de Paris. Le plus souvent, ce sont des dents triangulaires et tranchantes qui se rapprochent de celles des requins modernes mais il existe aussi des formes plus aplaties, adaptées à l'écrasement des coquilles qui constituaient la nourriture de ces poissons cartilagineux. Ces dents caractéristiques de la famille des Hybodontidae ne représentent qu'un très petit pourcentage des récoltes dans l'Albien inférieur-moyen (moins de 0,5% selon Biddle, 1993). Il en résulte que cette famille est finalement assez mal connue ce qui justifie l'intérêt de cette description. Selon Cappetta (*in* Colleté (coord.), 2010), trois genres composent cette famille, *Hybodus*, *Lissodus* et *Polyacrodus*. C'est à ce dernier qu'appartient la dent décrite dans cet article. Découverte en mars 2020 dans la carrière de Maurupt-le-Montois (Marne), elle est exceptionnelle par sa taille et sa conservation.

Situation et âge du gisement de Maurupt-le-Montois

La carrière de Maurupt-le-Montois se trouve dans le sud-est de la Marne à proximité de la frontière avec le département de la Meuse (figure 1).

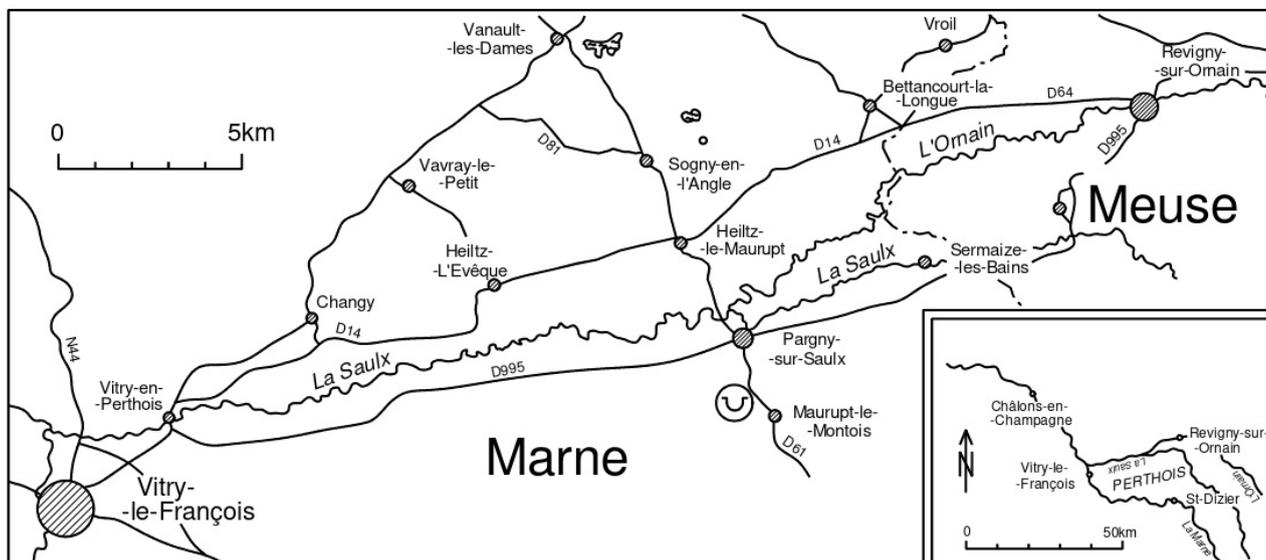


Figure 1 : Localisation de la carrière de Maurupt-le-Montois

La coupe décrite en détail par Amédéo et al. (2014) est reprise ici à la figure 2. La faune d'ammonites a permis de placer l'affleurement à cheval sur les zones à *Hoplites (Isohoplites) steinmanni* et à *Hoplites (Hoplites) benettianus*, sous-zone à *Lyelliceras pseudolyelli*. Il est donc daté du sommet de l'Albien inférieur. La dent n'a pas été trouvée en place mais il est probable qu'elle provienne des mètres supérieurs de la coupe car en 2014, la base n'était déjà plus accessible.

Figure 2 : Coupe de la carrière de Maurupt-le-Montois

Un peu d'histoire

Les hybodontes sont apparus au Dévonien supérieur, il y a 360 millions d'années, mais jusqu'à la fin du Permien, ils ne se sont pas vraiment diversifiés. Ne dépassant guère 60 centimètres de long, ils vivaient aussi bien en mer qu'en eau douce, ils représentent une lignée plutôt discrète durant le Paléozoïque. C'est peut-être ce qui va permettre à cette famille de survivre à la crise du Permo-Trias. Au Trias, ces poissons vont se retrouver plus ou moins sans concurrence, ce qui va leur permettre de se diversifier et de se spécialiser. Dans la deuxième partie du Mésozoïque, au Jurassique, vont se développer les néosélaciens (requins modernes). Au Crétacé, les deux lignées coexisteront tout en se diversifiant. Certains hybodontes atteindront des tailles très respectables de l'ordre de six mètres, avec une dentition broyeuse leur permettant de briser les coquilles des mollusques et plus particulièrement des ammonites. Est-ce cette spécialisation qui leur sera fatale ? Les hybodontes vont disparaître en même temps que les ammonites à la crise Crétacé-Tertiaire.

Reconstitution d'un hybodonte

Les hybodontes ont un squelette cartilagineux ce qui rend pratiquement impossible sa fossilisation. Cependant, quelques découvertes exceptionnelles ont permis de reconstituer ces poissons ce qui permet de les comparer aux requins actuels (figure 3).

Les requins hybodontes sont caractérisés par la présence d'une forte épine en avant de chacune de leurs nageoires dorsales, des crochets céphaliques sur la tête des mâles, leur permettant de s'agripper aux femelles lors de l'accouplement, et une gueule située en position terminale, et non ventrale comme chez les requins actuels. Les requins néosélaciens ont des vertèbres plus calcifiées leur permettant une nage plus rapide.

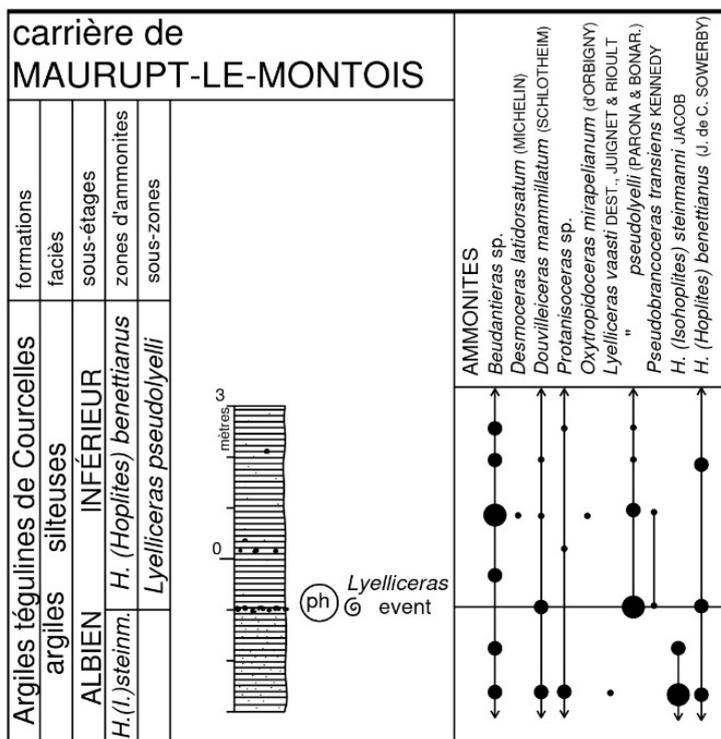


Figure 3 : Spécimen d'Hybodus, requin hybodonte. Jurassique, Solnhofen, Allemagne. (D'après Maisey, 1986)



Étude systématique

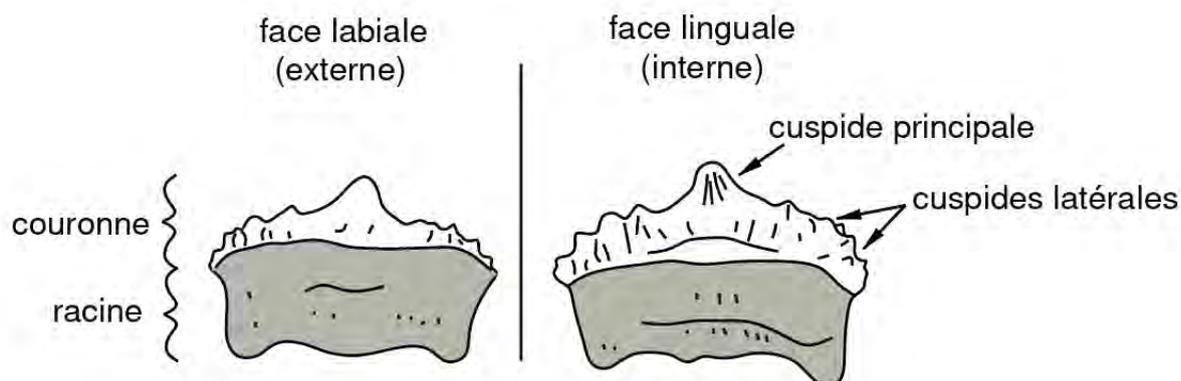


Figure 4 : Critères de description de la dent de *Polyacrodus* sp.

Elasmobranchii

Euselachii

Superfamille Hybodontoidae

Famille Hybodontidae

Polyacrodus sp.

Planche 1, fig. 1-5

Matériel. Une dent numéro MLM-D1-AM. I, collection Michael Perchat (Épernay). Un scan 3 D est disponible dans la base de données de l'AGA (273-Polyacrodus-MP).

Dimensions :

Largeur racine : 31,9 mm ; Hauteur racine : 9 mm ; Épaisseur racine : 5,5 mm

Largeur couronne : 35,6 mm ; Hauteur couronne : 8,2 mm ; Épaisseur couronne : 7,1 mm

Dimensions générales : L : 35,6 mm ; H : 17,4 mm ; E : 9,6 mm

Description. Cette dent est nettement plus allongée que haute avec une racine robuste légèrement plus haute que la couronne.

La racine dont une pointe est manquante, porte un important bourrelet longitudinal sur la face labiale. D'aspect spongieux et fortement vascularisé, il semble apparaître une ligne de pores plus gros au tiers inférieur des deux faces.

La couronne est très bien conservée. Juste au-dessus de la jonction avec la racine elle porte sur les deux faces deux importants bourrelets longitudinaux. La cuspid principale est sensiblement deux fois plus haute que les latérales. Elle est triangulaire, avec un sommet arrondi et un tranchant bien marqué. Elle est fortement projetée en arrière, la face labiale est deux fois plus longue que la face linguale. Les cuspides latérales sont multiples, petites et très pointues. Sur le tranchant on en compte 4 de chaque côté de la cuspid principale. En face labiale, d'autres cuspides secondaires de même vigueur sont irrégulièrement réparties. On remarque également la présence de minuscules denticules aigus développés sur le bourrelet lingual de la couronne.

Discussion. Hormis sa taille supérieure, cette dent semble très proche du spécimen figuré par Biddle (1993, pl. 6, fig. 1). La principale différence se trouve dans le nombre de cuspides latérales bien plus élevé sur ce nouveau spécimen (On en dénombre qu'une seule de chaque côté sur le spécimen de Biddle). Ce spécimen est difficilement comparable avec celui du Gault anglais figuré par Ward (2010, pl. 52, fig. 3) et celui de l'Aube beaucoup plus petit figuré par Cappetta (2010, fig. 156 E1, 156 E2).

Conclusion. Ce nouveau spécimen permet de compléter les connaissances sur ce genre très rare de requin. Malheureusement, le nombre limité des découvertes et de descriptions fait qu'il est pour l'instant impossible de lui attribuer un nom d'espèce. Il est même possible que ce spécimen appartienne à un nouveau genre et une nouvelle espèce. Nous laissons aux paléozoologues le soin de l'étudier.

Remerciements. Nous remercions Jean-Pierre Biddle qui a confirmé la détermination de ce nouveau spécimen, ainsi que Marc Thonon pour le scan 3D du spécimen.

Bibliographie.

Amédéo, F., Matrimon, B., Touch, R., Fricot, C. (2014). Les argiles et marnes albiennes à faciès Gault et leur passage aux marnes cénomaniennes dans l'est du Bassin parisien (Perthois) au regard de la stratigraphie événementielle. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, vol. 52, n°1, p. 9-28.

Biddle, J.P. (1993). Les Elasmobranches de l'Albien inférieur et moyen (Crétacé inférieur) de la Marne et de la Haute-Marne (France). *Belgian Geological Survey Professional Paper*, Vol. 264, p. 191-240.

Cappetta, H. (2010). Les requins et les raies (Chondrichthyens). In Colleté, C., coord. *Stratotype Albien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotop, Mèze ; BRGM, Orléans. p. 231-235.

Maisey, J.G. (1986). Anatomical Revision of the Fossil Shark *Hybodus fraasi* (Chondrichthyes : Elasmobranchii). *American Museum Novitates*. N°2857, p. 1-16.

Ward, D.J. (2010). Sharks and rays. In Young, J.R., Gale, A.S., Knight, R.I. & Smith, A.B. (eds.). *Fossils of the Gault Clay. Palaeontological Association Field Guide to Fossils*, London. n°12, p. 275-299.

(1) B. Matrimon Association Géologique Aubeoise, Université de Bourgogne, UMR 6282, CNRS Biogéosciences, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon.

(2) M. Perchat Association Géologique Aubeoise, 1 rue J-S. Bach 51200, Epernay

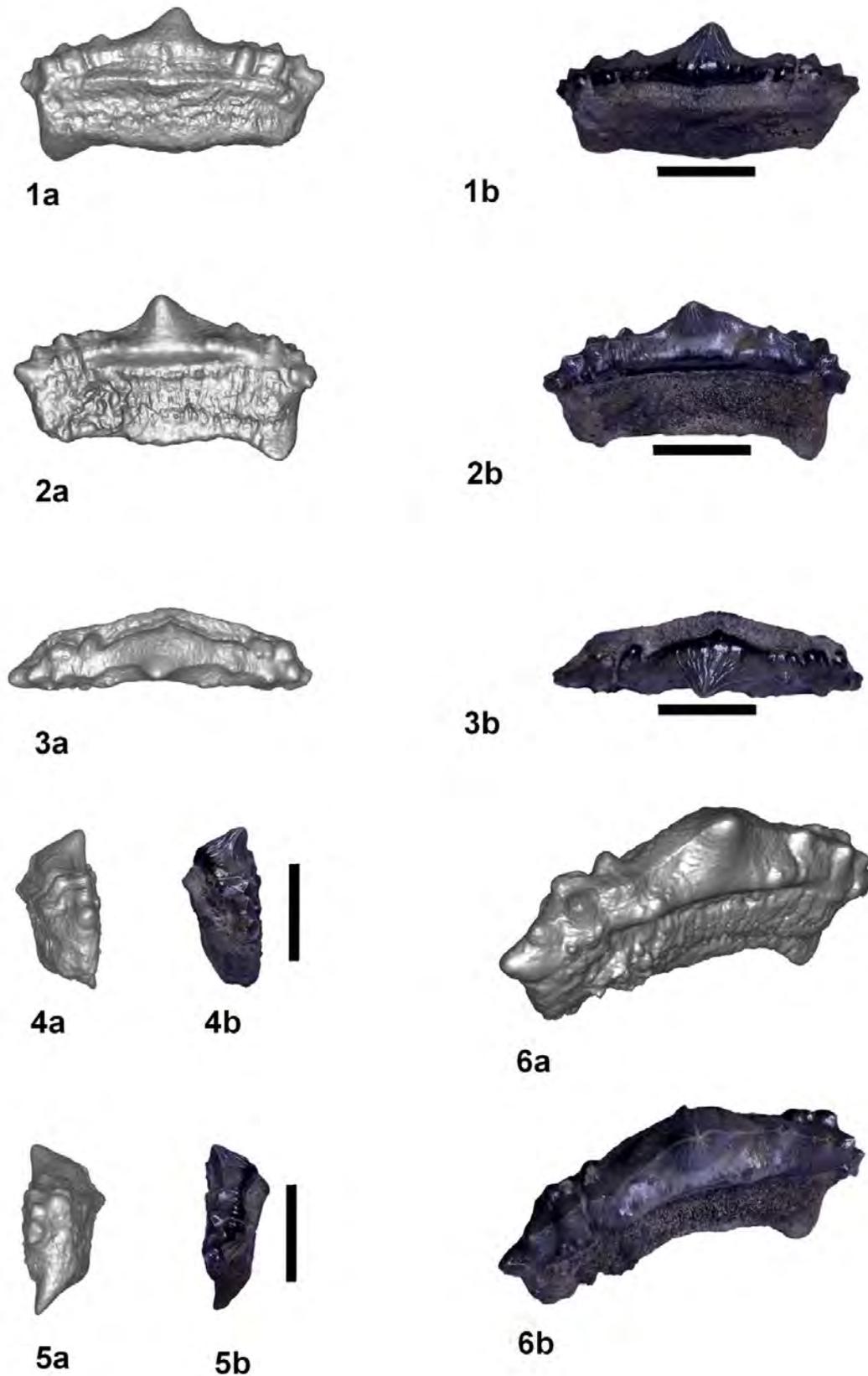


Planche 1 : Les différentes vues ont été réalisées à partir du scan 3D de la dent avec en regard une photo en lumière naturelle. La barre d'échelle représente 1 cm.
 Figure 1 : Vue de la face labiale ; Figure 2. Vue de la face linguale ; Figure 3. Vue de dessus ; Figure 4. Vue latérale (droite) ; Figure 5. Vue latérale (gauche) ; Figure 6. Vue oblique

UNE NOUVELLE OCCURRENCE DE QUARTZ DANS L'AUBE

Jean-Marc Tisserand (1)

Lors d'une dernière parution, nous signalions la présence tout à fait inhabituelle voire anormale de quartz dans la craie, sous forme de géodes et de filons, sur les territoires des communes des Grandes-Chapelles et Chapelle-Vallon. De par son titre, ce document, évoquait une motion de "singularité" tant ce type de découverte semblait rare, voire unique.

Ce nouveau document, va vous informer et alerter sur la possibilité plus ou moins récurrente de pouvoir découvrir du quartz dans notre département ; du moins sur des zones bien spécifiques correspondant probablement à des particularités géologiques. Ceci restant à confirmer par d'autres recherches et espérons-le par d'autres trouvailles.

Réserve : La découverte s'est faite vers les années 2000, voire un peu avant. À cette époque, dans les poches de tout prospecteur, pas question de téléphone/appareil photo/ordinateur, pas de relevé de coupe ou d'information non plus, ne sachant pas l'intérêt suscité par ce type de découverte. Ainsi, tout ce qui sera écrit l'est de mémoire.

Remontons à nouveau le temps

Comme dans le premier document un retour dans le temps s'impose ; et nous y resterons car la carrière en question est actuellement rebouchée.

Il s'agit d'une carrière située au sud de la commune de Droupt-Saint-Basle le long de la RD 78, au lieu-dit "La Guérite". Celle-ci semble avoir été exploitée dès les années 80 à environ 2005 et c'est vers la fin de son exploitation qu'un filon de quartz y a été découvert. Celui-ci paraissant tellement incongru que les choses en sont restées là. Comment expliquer une chose pareille ? et, finalement, était-ce si étrange ? Peut-être que cela existe-t-il ailleurs sans plus de formalités ?

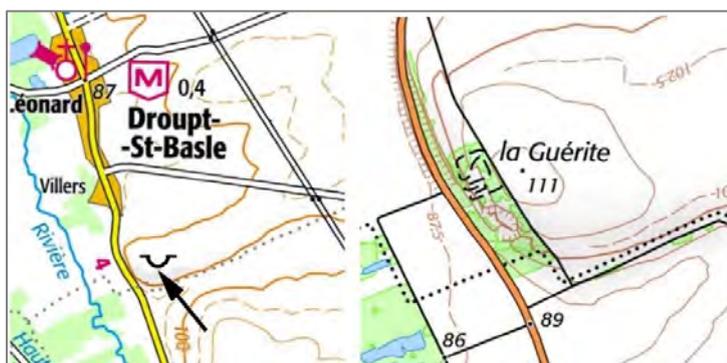


Fig. 1 : Plan de situation, extrait de cartes IGN

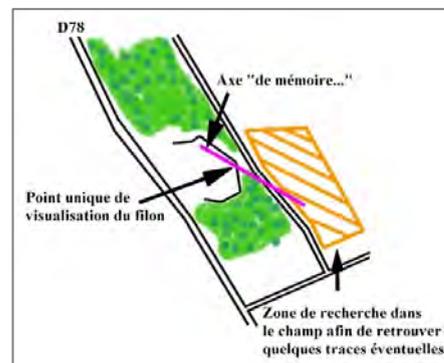


Fig. 2 : Plan de la carrière

Position et apparence du filon

De mémoire, ce filon se trouvait en fond de carrière, donc en fin d'exploitation, ce qui peut expliquer pourquoi celui-ci n'avait pas été signalé lors d'une visite d'un étudiant en géologie (2).

Axé environ NO/SE, il se présentait bien vertical et sans pendage, d'une hauteur de 3,50 m à 4 m (mesure en partant du haut de la carrière). Le plancher de celle-ci n'étant pas visible à cause des déblais de craie étalés çà et là. Sa largeur irrégulière était de 10 cm au maximum et semblait pincée bien avant son arrivée en haut de la paroi.

Les flancs dans la craie n'étaient pas beaucoup plus broyés que la craie de la carrière au même niveau. La fracture était nette et sur la face Nord il y avait un superbe plan de miroir gris verdâtre, avec de longues stries verticales, il n'y a aucun souvenir de la face Sud.

Son remplissage était constitué de plaques et poudre de cristaux de quartz mélangés à de la poudre et morceaux de craie. Etage géologique encaissant : Probablement du Coniacien.

Recherches périphériques

Celles-ci se résument à 2 recherches dans le champ au-dessus de la carrière, principalement en vue de retrouver la présence et l'axe du filon. Sans résultat...

Le Quartz

Celui-ci constitue des plaques ou des encroûtements pouvant atteindre 1 ou 2 cm au maximum. Par-contre, parmi ces plaques, certaines semblent avoir été en contact direct avec les épontes et peuvent alors descendre à 5 mm d'épaisseur. De ces plaques partent des réseaux de draperies de cristaux pouvant atteindre 5 cm de haut.

Les cristaux sont majoritairement de l'ordre de 1 à 2 mm, mais sur certaines plaques plus rares, ceux-ci peuvent atteindre 4 à 5 mm d'arête.

De couleur blanc laiteux, bien souvent légèrement opaques, ils ne sont pas très brillants sans pour autant être ternes. Certains cristaux, voire certaines parties se distinguent plus que d'autres par leurs éclats et transparence.



Fig. 3 : Plaque d'environ 12 cm

Ces plaques présentent deux aspects bien différents : celles avec la présence des stries du miroir de faille et celles présentant une surface chaotique, voire mamelonnée sans empreinte ni moulage.

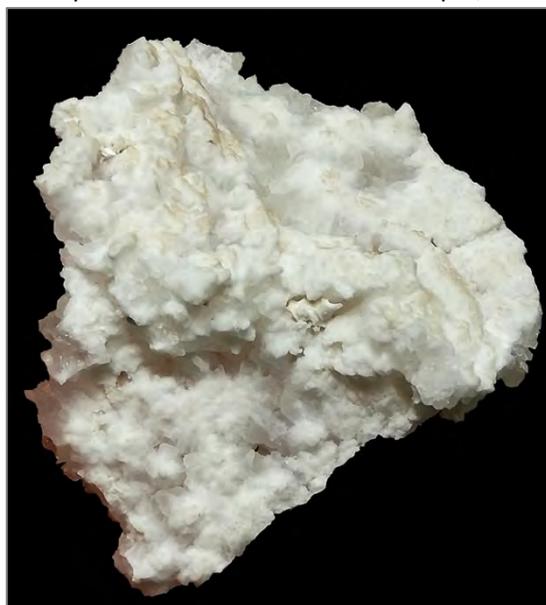


Fig. 4 & 5

Surface lisse pour la première, avec empreinte des stries du miroir (lumière rasante), épaisseur environ 5 mm.

Pour la seconde, surface chaotique présentant une croûte. Taille des échantillons, 10 cm



Les Inclusions

Celles-ci sont de trois types :

- Les inclusions crayeuses, comprenant des éléments de craie mêlés au latic de draperies et traversant parfois certaines plaques de part en part ;
- Les inclusions de lames de silex cassées par compression et plus ou moins noyées dans le quartz ;
- Autres indéterminées. La figure 5 montre une zone diffuse brune, donnant à penser qu'il ne s'agit pas de silex mais d'une substance plus poudreuse que seule une analyse plus poussée qu'une simple photographie, pourrait apporter plus d'informations.

Ressemblances

Une remarque importante, concernant certaines plaques constituées de gros cristaux est à signaler.

Celles-ci sont très ressemblantes avec des plaques isolées, trouvées dans la carrière des Grandes-Chapelles. Je les ai nommées "géodes plates ouvertes" (Cf. article « *Un filon de Quartz aux Grandes-Chapelles* » – JM. Tisserand, à paraître).

Ce ne peut-être une coïncidence, la ressemblance est trop grande et la zone de leur trouvaille dans la carrière correspond probablement à des colluvions de gels quaternaires.

Mais venant d'où ? du prolongement de ce filon ? D'un autre ?...



Fig. 6 : Craie mêlée à la cristallisation, les trous et rainures dans celle-ci sont dues à l'acide lors du Nettoyage. Taille visible de l'échantillon 5 cm



Fig. 7 : Lame de silex. Taille 5cm



Fig. 8 : Inclusion diffuse indéterminée, taille 1,5 cm



Fig.9 : Inclusion de quartz 4 cm.

Celle-ci a été choisie car elle raconte 3 histoires :

- Le moment de sa fracture et détachement lors de la formation de la faille ;
- Son encroutement de cristaux par le flux de silice ;
- La désincarcération partielle du quartz à sa surface lors des derniers mouvements de la faille et du broyage du filon.

Les dépôts de surface

Ils sont de deux types :

- Oxyde de fer de couleur rouille ;
- Enduits noirs indéterminés. Forme de fer autre ? protégé de l'oxydation par un film de silice ? autre nature ?

Là aussi, seule une analyse autre qu'une simple photographie pourrait apporter une réponse.



Fig. 10 & 11 : Taille des échantillons 6 cm

Interprétation possible de la mise en place de ce type de structure

Sans plus de preuves, l'interprétation qui va suivre reste une supposition :

- L'intérieur du filon se présentait sous forme de plaques et de poudre de quartz mélangées à des morceaux et poudre de craie ;
- Certaines plaques très plates, présentent sur leur côté "dos", des stries qui sont assurément les empreintes du miroir de faille ;
- D'autres sont chaotiques et mamelonnées donnant l'impression d'avoir poussés sur une surface très irrégulière ;
- Certaines plaques présentent des inclusions de lames de silex ;
- Dans d'autres, des morceaux de craie se sont retrouvés inclus dans les cristallisations.

Ce faisceau de renseignements permet de tenter une interprétation qui pourrait être celle-ci :

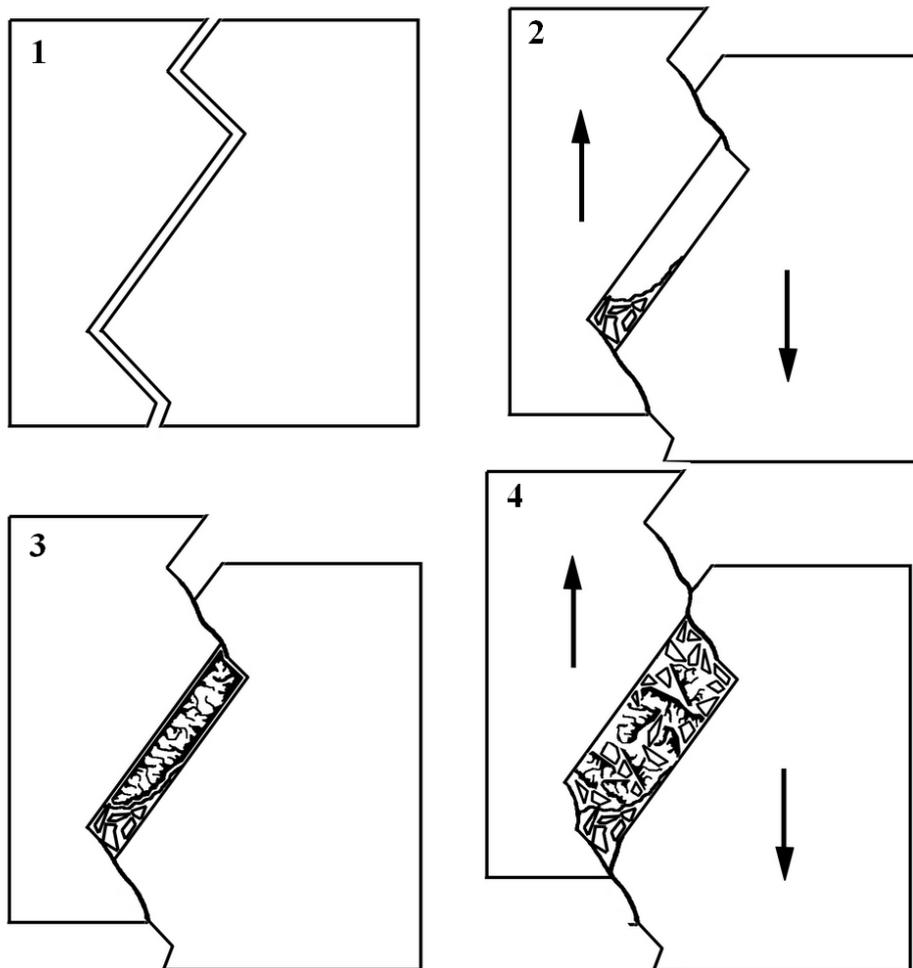


Fig. 12 :

- 1 : Fracturation de la craie une fois celle-ci en place et dure ;
- 2 : Mouvement de la faille avec formation du miroir et dépôt d'éléments crayeux au fond des cavités laissées par les irrégularités de celles-ci ;
- 3 : Apport d'un flux de silice, avec cristallisation sur les parois, le miroir et sur le dépôt du fond ;
- 4 : Rejeu de la faille, déstructuration et broyage du quartz en place, nouvel apport de poudre et morceaux de craie, arrêt de l'apport de silice (colmatage des arrivées du flux à la suite du rejeu, tarissement de la source, nouvelles conditions géologiques... ?).

Contexte géologique

Comme il avait été précisé lors du document précédent, concernant la découverte récente d'un filon de quartz dans la même partie du département (et d'autres quartz à une période beaucoup moins récente).

Cette zone présente une particularité géologique majeure ayant participé à la structuration du Nord de l'Europe : Celle d'abriter la faille de Bray-Vittel, qui pour les puristes dans ce domaine sont deux failles. L'une de Bray allant largement au-delà de la Manche et de l'Angleterre, et l'autre dite de Vittel allant également probablement bien au-delà elle aussi, de Vittel.

Les deux s'aboutant dans l'Aube et plus probablement dans la région de Romilly-sur-Seine, zone de confluence d'activité tectonique importante et très anciennes selon certaines études (principalement celles concernant les recherches pétrolières d'il y a quelques décennies).

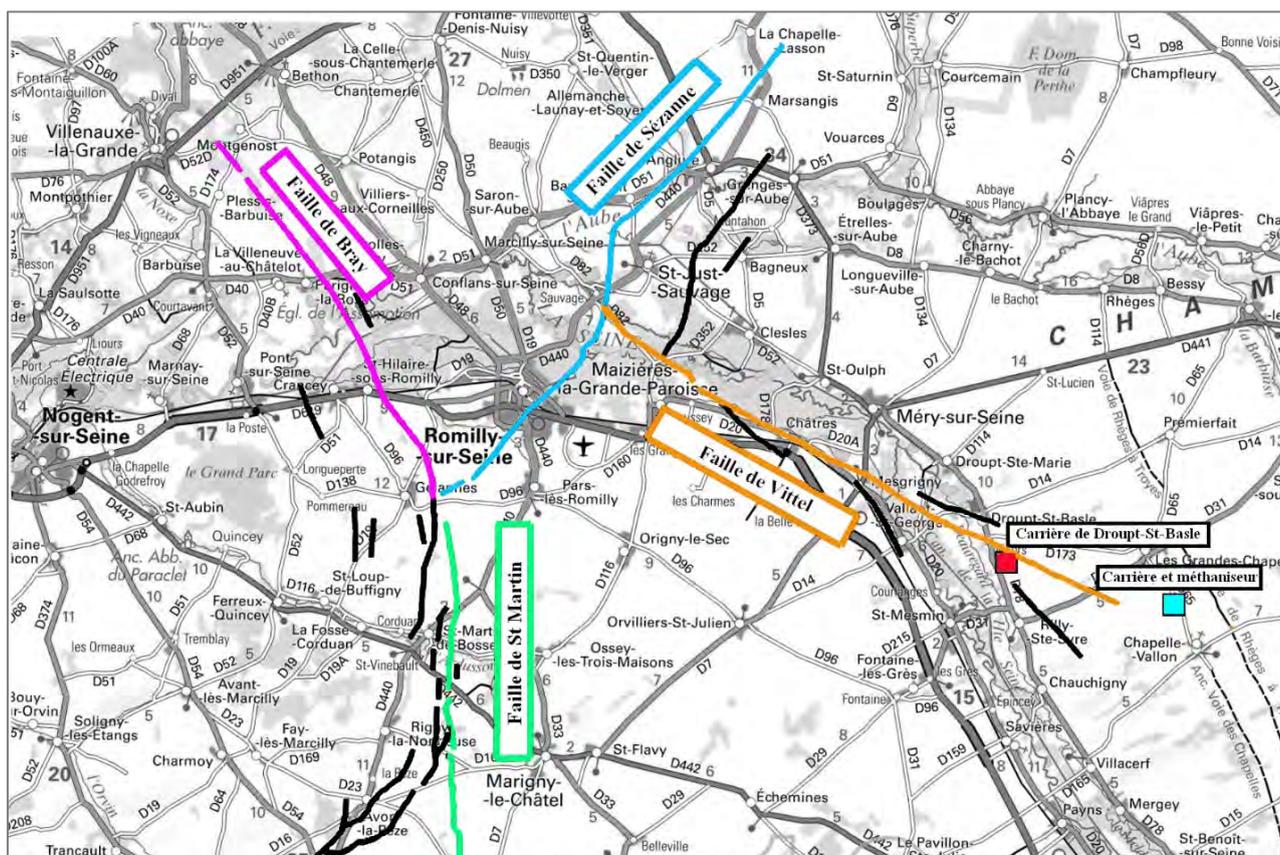


Fig. 13 : Fond de carte IGN, avec superposition de données issues des recherches pétrolières. Le carré rouge correspond à la carrière de Droupt-Saint-Basle.

Comme nous pouvons le constater, la carrière de Droupt-Saint-Basle (de couleur rouge sur la carte) se trouve elle aussi très près de cette faille, ou de l'une de ses répliques, pour ne pas dire dessus si l'on tient compte de certaines incertitudes et erreurs de retranscription.

Malheureusement nous n'en saurons pas plus, car actuellement la morphologie de cette faille, du moins dans cette partie de notre département, nous est totalement inconnue. Aucun travail ne l'a traversée, aucune visualisation directe, aucun relevé ; nous ne connaissons pas sa largeur physique, ni son degré de broyage et autres paramètres qui pourraient permettre de la reconnaître.

En ce qui concerne sa position, hormis les données disponibles issues des recherches pétrolières, nous ne savons pas si elle est constituée d'une fracture principale avec potentiellement quelques répliques secondaires, ou bien, si son tracé est composé de plusieurs failles subparallèles.

Potentiel de recherche de quartz dans le secteur, voire dans l'Aube

Jusqu'à présent, le quartz dans notre département se limitait de temps en temps à des géodes plus ou moins bien cristallisées dans les silex, et sa présence sous d'autres formes relevait de l'utopie.

Aujourd'hui, de nouvelles découvertes à la limite des Grandes-Chapelles et Chapelle-Vallon, lors des travaux d'un méthaniseur, ont permis de valider *in situ* et sans ambiguïté sa présence sous forme cristalline dans la craie.

Désormais, la présence de quartz dans le réseau de craie faillée de l'Aube, n'est plus contestable et mérite une attention particulière, voire une signalisation systématique.

Ceci nous amène à espérer dorénavant la possibilité de trouver de nouvelles occurrences de ce minéral dans le département ; que ce soit en filons ou en géodes, pour faire avancer la science et pour le plaisir.

À première vue et sans plus de confirmation, il semblerait que la proximité de la faille de Bray-Vittel et de ces répliques soit un bon fil d'Ariane. Celle-ci traverse notre département de part en part, ce qui nous laisse des possibilités de surfaces d'études importantes ; le tout dans différents niveaux et contextes géologiques. Tout est à découvrir. Pour le plaisir des yeux, une draperie par transparence, environ 10 cm.



Je tiens à remercier Charles Brossard (AGA) pour sa participation aux découvertes.

- (1) Jean-Marc Tisserand – *Association Géologique Auboise*
- (2) Grégoire ANDRE. *Caractérisation des déformations méso-cénozoïques et des circulations de fluides dans l'Est du Bassin de Paris. Géologie appliquée. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2003. Français. NNT : 2003NAN10179.* Grégoire ANDRE signale au Chap. 3.6 la découverte d'un petit morceau de quartz inséré dans un bloc de craie, sans développer réellement cette anomalie.

Metopaster cf. parkinsoni (FORBES, 1848)

Par Claude Fricot (1), Gérard Pierre (2) et Marc Thonon (3)

Résumé

Cet article décrit un fossile d'astérie (étoile de mer) à conservation exceptionnelle. C'est une empreinte externe (en creux dans un silex) de la face orale presque complète et non déformée. Après avoir relaté les conditions de sa découverte et son environnement, une description la plus précise possible est effectuée ainsi qu'une tentative de détermination. Une discussion autour du silex envisagera une possibilité de datation.

Les conditions de la découverte par Gérard Pierre

L'empreinte a été trouvée par Marc PIERRE dans un champ situé sur le hameau des Chevreaux au lieu-dit « La petite vente » commune d'Aix-en-Othe et tout près de la route départementale D77. Comme dans tout le Pays d'Othe les terres cultivées sont constituées d'argiles à silex, les agriculteurs descendent parfois du tracteur pour ramasser les plus gros silex gênants pour le matériel et c'est à cette occasion que mon frère Marc a découvert ce fossile fortuitement.

Le Pays d'Othe a un soubassement de craie, surmonté d'argiles à silex parfois très ferrugineuses. Elles ont d'ailleurs servi aux premières productions métallurgiques. L'ensemble est surmonté de champs et de forêts sur les hauteurs. Le Pays d'Othe surmonte la plaine crayeuse champenoise en formant des reliefs adoucis avec parfois quelques vallées étroites.

Description du fossile par Claude Fricot (planche 1 fig.1)

Le fossile (référéncé F450 dans la collection de Gérard Pierre) est constitué d'une face orale (adorale ou actinale) presque complète sans la face dorsale (adorale ou apicale) qui est absente, non fossilisée. L'empreinte est en creux, prise dans un silex imparfaitement silicifié coincé entre deux parties faisant penser à des blocs de pierre. Le disque de l'astérie présente une forme pentagonale parfaite.

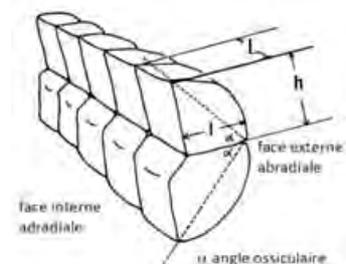
a) Mensurations :



i) du disque : Longueur d'un côté : 35 mm ; longueur du radius $R=25$ mm ; longueur de l'interradius : $IR=20$ mm ; angle sommital 50° ; angle entre deux côtés : 110° ; angle de concavité : 12° .

ii) des inféromarginales :

Leurs dimensions n'ont pu être mesurées, ainsi que l'angle ossiculaire, le fossile étant en creux dans le silex.



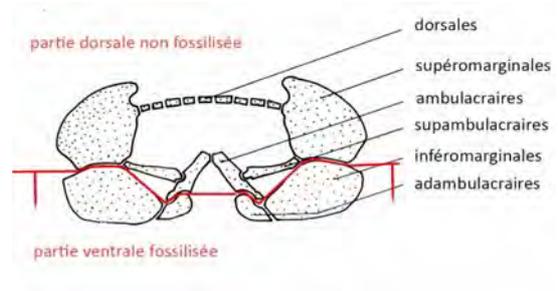
b) Orientation (planche 1 fig.2)

L'orientation d'une astérie se fait par rapport à la position de la bouche. Seule la plaque madréporite permet de nommer les bras mais cette plaque est dorsale et n'est pas fossilisée. Nous avons donc nommé les bras ou radius en A, B, C, D, E à partir du bras le plus complet. La face orale (ou adorale ou actinale) est presque complète, la face dorsale (ou adorale ou apicale) est absente, non fossilisée.

c) Structure

i) L'extrémité des bras révèle 7 inféromarginales 5 (InfM5) manquantes sur 8 et les 5 osselets impairs terminant les bras manquent également.

ii) Sont visibles les 5 plaques orales entourant la bouche, les 5 zones ambulacraires avec leurs rangées de plaques rectangulaires, régulières, presque carrées des plaques adambulacraires. Les plaques ambulacraires ne sont pas visibles, non fossilisées car situées plus dorsalement que les précédentes, à part peut-être quelques plaques sous forme de petites baguettes allongées dispersées à proximité des adambulacraires.

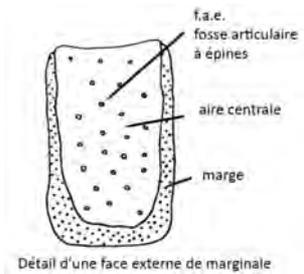


Discussion en vue de l'identification

a) les critères

- i) l'existence d'une marge « lisse » de la face externe de la partie inférieure des inféromarginales ;
- ii) l'existence d'une aire centrale légèrement surélevée présentant des f.a.e. (fosses articulaires à épines) sur la face externe de la partie inférieure des inféromarginales ;
- iii) le nombre d'inféromarginales et les différentes mesures restent dans la limite de variabilité du genre.

L'ensemble correspond au genre *Metopaster*.



b) l'absence des supéromarginales et surtout des supramarginales terminales ou distales ne permet pas de distinguer les espèces *M. parkinsoni* de *M. uncatius*.

(Chez *Metopaster uncatius*, les supéromarginales distales (= de l'extrémité) n'ont pas de partie centrale renflée avec des f.a.e., elles sont lisses, *M. uncatius* fait partie du groupe de *M. parkinsoni*.)

Pour le moment nous identifions ce fossile à un *Metopaster cf. parkinsoni* (FORBES, 1848).

Une reconstitution positive en 3D par Marc Thonon à partir d'un scan de l'empreinte externe en silex a été réalisé (planche 2) et « remise en position de vie » où l'on remarque que l'extrémité des bras se relevaient légèrement.

Le scan 3D a été effectué avec un appareil ARTEC SPACE SPIDER (Résolution 0,1 mm). La pièce étant une empreinte, un positif a été réalisé en inversant le volume 3D. Ce qui correspond à un moulage. Il est désormais possible d'imprimer en 3D des copies à toutes les échelles souhaitées sans toucher à la pièce originale.

Une datation envisageable ?

Le silex en entier, de par sa forme allongée et présentant des aspérités, à peine arrondies, est un indice de faible transport et probablement d'une origine autochtone.

Ces silex blanchâtres, avec peu de silice et des parties à aspect « pierreux », que nous appelons localement silex « pierreux » ne sont visibles dans notre département qu'à la période du Turonien supérieur. Avant au Turonien moyen, inférieur et au Cénomaniens nous n'avons pas observé localement de silex individualisés. Après, les silex deviennent de plus en plus noirs avec un cortex blanchâtre de plus en plus réduit de l'ordre de 2-3 mm au Coniacien, Santonien et surtout Campanien inférieur.

L'hypothèse la plus probable est que ce silex était en cours de formation au moment de la mort de l'astérie et que celle-ci date du Turonien supérieur.

Remerciement tout particulier à Marc Pierre, frère de Gérard pour le prêt gracieux de sa trouvaille exceptionnelle.

Ouvrages consultés

Breton Gérard, Les astéries de Normandie, *Bull. Soc. Géol. Norm. et Amis Museum du Havre* t. LXV, fasc. 4, (4ème trim. 1978) Le Havre, 1979

Breton Gérard, *Les Goniasteroidae (Asteroidea, Echinodermata) jurassiques et crétacés de France*, Editions du Museum du Havre, Le Havre, 1992 (disponible à la Bibliothèque de l'AGA, n°s 1060, 1796)

Fricot Claude, Note sur la présence de *Metopaster gr. parkinsoni* (Forbes, 1848) à Ossey-les-3-maisons (Aube), *Bull. Asso. Geol. Aube* n° 6, Troyes, 1982 (disponible à la Bibliothèque de l'AGA, et en téléchargement sur le site Web de l'AGA, <http://assogeolaube.fr>)

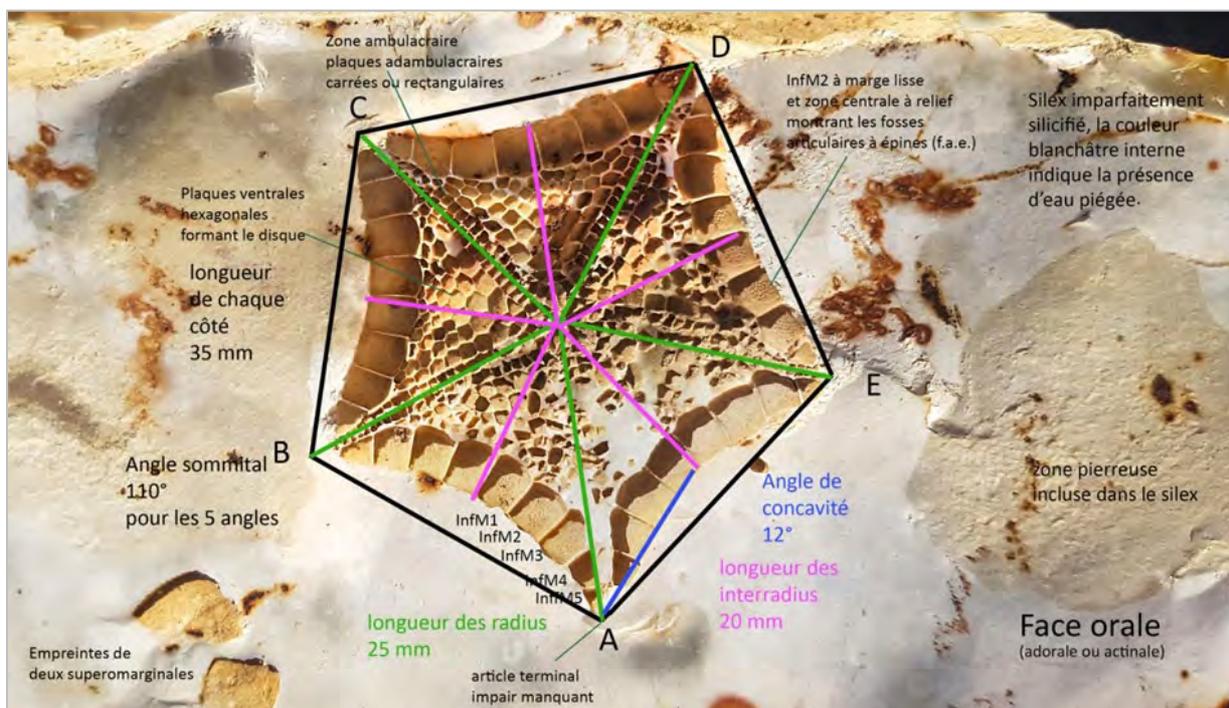
Schultz M.G. & Weitzhatz, Phylogenie und Stratigraphie der Asteroideen der nordwest deutschen Scheibkreide Teil 1 Metopaster/Recurvaster... *Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg*, Heft 44, S. 249-284, Hambourg, décembre 1975, *Metopaster* Tafel 24-25 (en allemand)

Valette Dom Aurélien, Note sur quelques Stellérides de la craie sénonienne du département de l'Yonne, II Sciences Naturelles, *Bulletin de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de l'Yonne*, Auxerre, 1902

Valette Dom Aurélien, Nouvelle Note sur les Stellérides de la craie blanche du département de l'Yonne, II Sciences Naturelles, *Bulletin de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de l'Yonne*, Auxerre, 1914

Wright C.W. & Smith A.B. 10. *Echinoderms, Fossils of the Chalk*, The Palaeontological Association, London, 1987, Asteroidea, p.212-213, pl. 47 ; (en anglais, disponible à la Bibliothèque de l'AGA, n°s 844, 1739)

Planche 1 - Description (calque d'après photographies C. Fricot et M. Thonon)



Détail des plaques orales, de la bouche et des zones ambulacraires

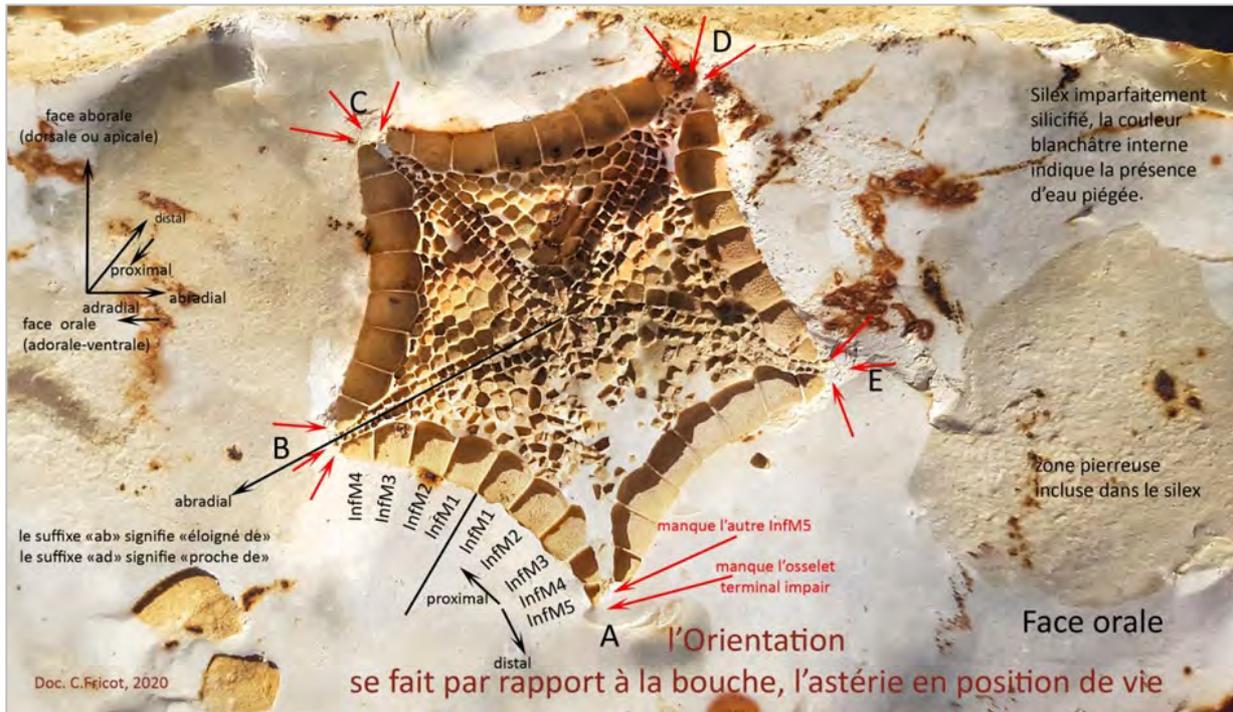
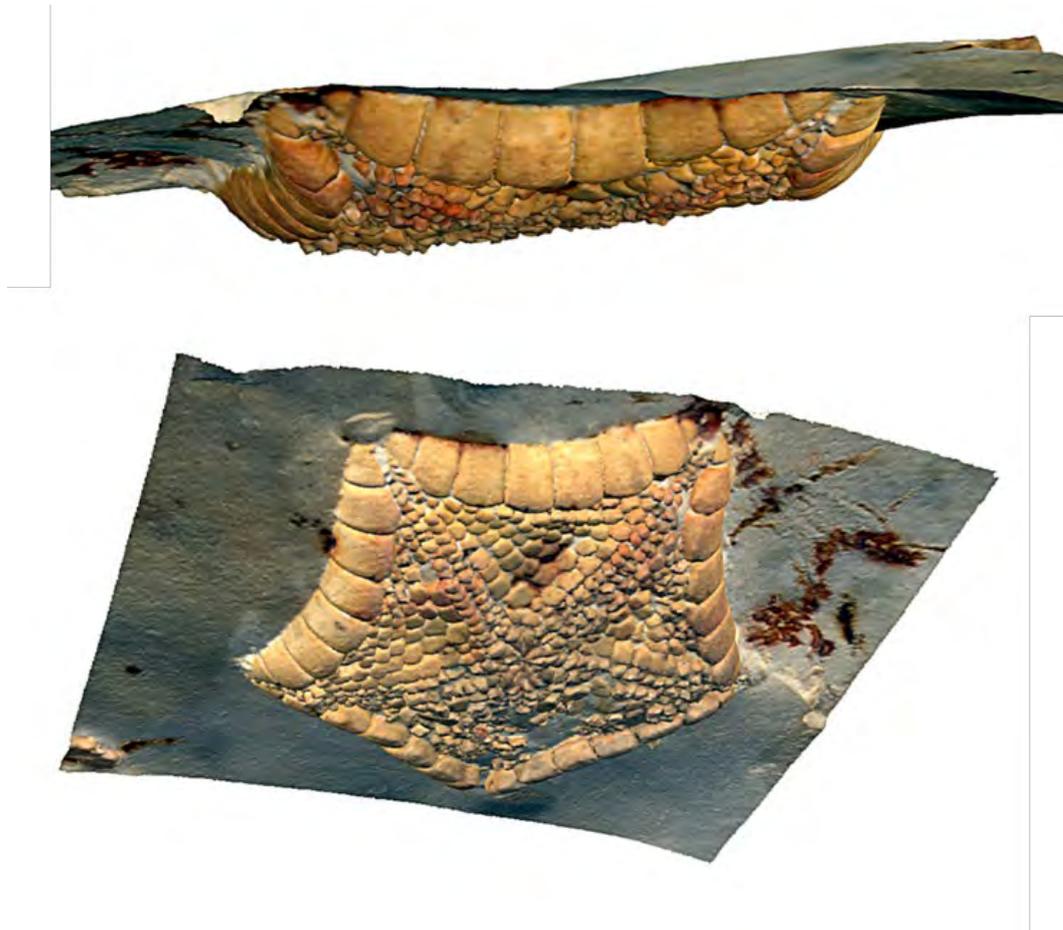


Planche 2 - Reconstitution 3D en relief de la face orale de l'astérie replacée en position de vie (Marc Thonon).



- (1) Claude Fricot, Association Géologique Auboise, 11 rue des Marronniers, 51260, Esclavolles-Lurey
- (2) Gérard Pierre, Association Géologique Auboise, 11 rue des Moulins, 10800, Isle-Aumont
- (3) Marc Thonon, Association Géologique Auboise, 3 rue Royale, 10600, Villacerf

DECOUVERTE D'UN RADIOLE DE *CIDARIS MURICATA* (ROEMER, 1836) DANS L'HAUTERIVIEN DE TURGY (AUBE)

Par Claude Fricot (1)

Résumé

La mention et la description de radioles d'échinides ne sont pas fréquentes en raison de leur fragmentation, de leur usure ou tout simplement parce qu'ils ne sont pas récoltés. Pour celle-ci, seule la partie terminale est absente et l'ornementation est bien conservée. Bien située stratigraphiquement elle a été trouvée en place dans un niveau plus argileux que calcaire à 20 cm au-dessus du contact Tithonien-Hauterivien.

Pour la localisation et la description précise du site vous pouvez vous reporter à l'article sur *Pygorhynchus obovatus* (AGASSIZ, 1836) dans le bulletin de l'AGA n°40 (2020) disponible sur le site de l'association.

Description

Le plateau articulaire, le bouton, la collerette et l'ornementation sont préservés, seule l'extrémité est manquante. Une partie de l'ornementation est cachée par la fixation d'une valve d'un petit lamelibranche (fig.3).

D'une longueur totale de 16 mm, son diamètre au niveau du bouton est de 3 mm. Prise dans une matrice argilo-calcaire roussâtre en surface, et plutôt blanche avec quelques oolithes ferrugineuses en-dessous. Le fossile est en calcite blanche à translucide. La « hampe » s'est cassée au nettoyage et a été recollée. La section transversale du radiole est arrondie.

La facette articulaire est en creux entourée d'un bourrelet passant à un bouton de forme conique, terminé lui-même par une collerette probablement crénelée à l'origine, avant érosion. Les restes de crénelures se distinguent à peine en lumière rasante (fig.2). Un rétrécissement du diamètre s'opère sur 3 mm de long et la surface présente de très fines stries parallèles uniquement visibles à la loupe (G=>10). Des côtes rectilignes, parallèles, granuleuses se forment ensuite et supportent des épines coniques perpendiculaires à l'axe du radiole (fig.1 et 3). Ces épines sont disposées irrégulièrement et d'un même côté du radiole.

Discussion

Cotteau¹ en 1865 cite le *Cidaris muricata* ROEMER, 1836 sous forme de plaques isolées et de radioles épineux dans l'Aube, à Fouchères, Marolles-sous-Lignièrès comme étant assez commun et du néocomien moyen, mais ne le figure pas.

En 1862² il décrit le *Cidaris muricata* ROEMER 1836 et figure les radioles qui ressemblent à notre spécimen, plus particulièrement les figures 9, 11 et 16.

Cotteau suppose que ces radioles pourraient correspondre au *Rhabdocidaris salviensis* mais ils n'ont jamais été trouvés en connexion avec des plaques du test.

Conclusion

Etant un radiole isolé, nous le considérons provisoirement comme un radiole de *Cidaris muricata* (ROEMER, 1836) en attendant d'en trouver d'autres exemplaires, si possible reliés au test.



Fig.1 : les épines triangulaires valve



Fig.3 : absence d'épines de l'autre côté et collée de petit lamellibranche



Fig.2 : le bouton et la collerette

¹ Cotteau 1865 Catalogue raisonné des échinides du département de l'Aube, n°36, p.57 et 62, Troyes, Société académique de l'Aube.

² Cotteau 1862 Paléontologie Française terrains crétacés tome VII Echinides, n°2396, p.195, pl.1044, fig.5-18

LE CALLOVIEN SUPÉRIEUR ET L'OXFORDIEN DU CHÂTILLONNAIS

Observation d'un profil et de la faune ammonitique dans les Zones à Lamberti, Mariae, Cordatum et Plicatilis de Courcelles (Côte d'Or)

Par Jean-Marie VERRIER (1), Alain BONNOT (2), Philippe COURVILLE (3)

Fin 2016, des travaux de terrassement pour une habitation à Courcelles (Côte-d'Or), dans le Châtillonnais, m'ont permis de collecter un grand nombre d'ammonites du Callovien Supérieur à l'Oxfordien Moyen. Dans cette région, les niveaux peuvent être en place ou avoir été mélangés (ré-étalement des remblais) lors de la remise en état des sols à la fermeture des mines vers 1850. Dans les secteurs où il y avait de l'oolite, les terrains ont été ouverts ou creusés (galeries parfois visibles lors de travaux comme la construction d'une stabulation à Etrochey en 2002) pour en extraire le fer, ce qui a profondément modifié le paysage d'origine.



Photo 1

DETERMINATION SOMMAIRE DU PROFIL

La détermination de ces fossiles indique que la coupe visible correspond à l'Oxfordien, elle va de la Zone à Mariae (Oxfordien Inférieur) à la Zone à Plicatilis (Oxfordien Moyen). Les travaux de terrassement au niveau des fondations sont descendus suffisamment bas pour atteindre le Callovien Supérieur, Zone à Lamberti, Horizon à Lamberti puisque j'ai trouvé dans les déblais 2 ammonites de l'espèce *Quenstedtoceras lamberti* (J. SOWERBY). Le niveau n'était plus visible puisque les fondations étaient cimentées.

Profil A : Il est constitué d'un faciès marno-calcaire à oolites ferrugineuses qui va de la base de l'Oxfordien Inférieur au début de l'Oxfordien Moyen. C'est une série condensée qui comprend plusieurs niveaux ayant chacun une faune spécifique. Ici, son épaisseur atteint 1,10 m, ce qui est la moyenne pour la partie oolite dans ce secteur et pour la tranche de temps concernée (2MA). Il n'a pas été possible sur ce site d'étudier en détail les différents niveaux mais ils semblent en place sur l'ensemble de la zone creusée (photo 1, 2). L'observation rapide du profil montre :

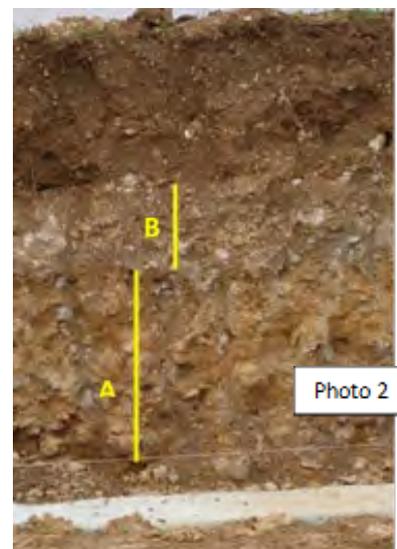


Photo 2

1 / De gros blocs calcaires bleutés à oolites ferrugineuses de couleur rouille. Ils sont assez régulièrement disposés horizontalement sur une hauteur de 70 à 80 cm. Les fossiles y sont en position horizontale.

2/ Au-dessus un niveau constitué de plus petits blocs bleutés riches en oolites, irrégulièrement répartis dans une matrice plus argileuse sur une épaisseur de 30 à 40 cm environ. Il est plus remanié avec des fossiles en position inclinée dans le sédiment (photo 3).



Photo 3

Profil B : Il débute par un mince inter-banc de calcaire blanc puis d'une couche hétérogène constituée d'argile grise et de petits blocs calcaires blancs répartis irrégulièrement dans la masse. L'ensemble fait 40 à 50 cm d'épaisseur (photo 4, 5). Je n'y ai pas observé la présence d'ammonites ou de spongiaires. Cet ensemble semble constitué d'éléments ayant été charriés ou remaniés issus de phénomènes d'érosion. Son aspect semble trop régulier sur l'ensemble de la coupe pour qu'il soit lié à une activité humaine, même ancienne.

Vient ensuite la terre végétale, horizon brun sur 60 cm.

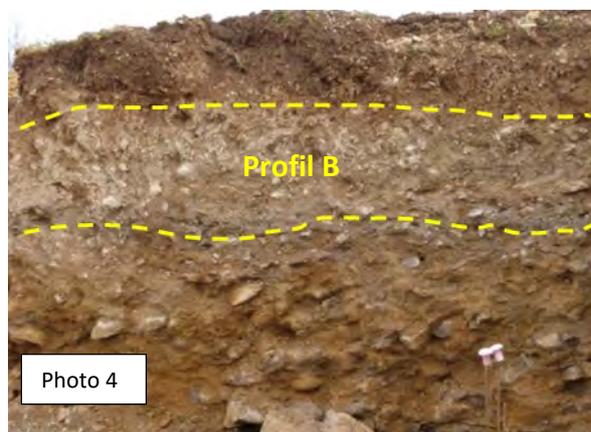


Photo 4

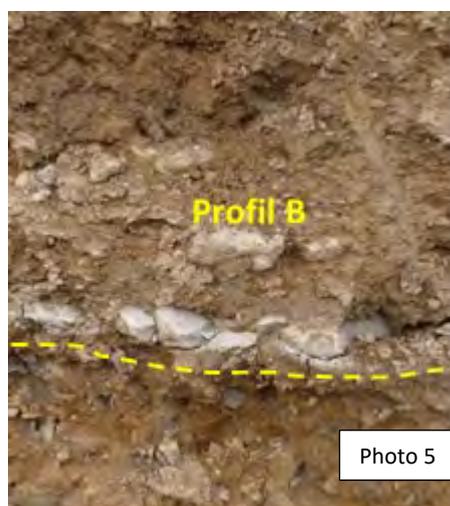


Photo 5

Philippe Courville (AGA, Bulletin N°30, 2009), décrit la série condensée de l'Oxfordien de la région de Laignes (Côte-d'Or) pour donner suite à des terrassements entre 1996 et 1998. Sur ce site, la série marno-calcaire à oolites ferrugineuses va du Callovien Supérieur à l'Oxfordien Moyen avec une épaisseur de 1,70 m environ. Le niveau A à oolites ferrugineuses de Courcelles semble correspondre aux unités III, IV et V décrites à Laignes avec une faune assez proche et des dépôts façonnés par des tempêtes pour le niveau inférieur. Le niveau B est impossible à dater car constitué d'éléments rapportés ou remaniés. Les unités supérieures de Laignes VI et VII, ne se retrouvent pas à Courcelles.

LA FAUNE

La recherche de fossiles s'est effectuée dans les blocs issus du profil A, le profil B ayant été mélangé avec la terre végétale.

La majorité des ammonites trouvées correspond à des macroconques de grande taille à peu près également répartis entre les Peltoceratinae et les Euaspidoceratinae. Les Cardioceratidae sont moyennement représentés et constitués à part à peu près égale de formes microconques et macroconques.



Chez les grands spécimens, la conservation du tour externe est assez bonne mais l'ombilic est souvent recouvert de calcite, ce qui rend son dégagement difficile quand il n'est pas désagrégé. La majorité des grands spécimens retrouvés n'est pas au sein d'un bloc calcaire mais entre les blocs. Certaines ammonites, en position très inclinées, donnent l'impression d'avoir été transportées après leur fossilisation. Les ammonites trouvées à l'intérieur des blocs sont de petite taille, *Peltoceratinae* [m] ou

Cardioceratidae [m] et souvent sous forme de fragments. On trouve fréquemment à la surface des blocs ou des ammonites qui y sont insérées, des surfaces d'abrasion, calcifiées, indiquant un remaniement dans ces bio-horizons (photo 6).

La position non horizontale des fossiles dans certaines couches va également dans ce sens. Y a-t-il eu un décapage de certains niveaux (tempêtes, baisse du niveau marin) et un transport post-fossilisation à l'intérieur de dépôts plus récents ?

Les *Aspidoceratidae* sont représentés par *Euspidoceras subbabeum* (SINTZOV) dans la Zone à Lamberti. *Peltoceratoides eugenii* (RASPAIL), *Euspidoceras* cf. *depereti* (COLLOT), de l'Horizon à Scarburgense. *Peltoceratoides williamsoni* (PHILLIPS), morphe *williamsoni* (PHIL.), *Peltoceratoides williamsoni* (PHIL.) morphe *constantii* (D'ORBIGNY), *Peltoceratoides williamsoni* (PHIL.) morphe *arduennense* (D'ORBIGNY), *Euspidoceras douvillei* (COLLOT), indiquent la présence des Sous-zones à Praecordatum et Bukowskii, *Euspidoceras freii* JEANNET, la Sous-zone à Cordatum et *Euspidoceras* cf. *paucituberculatum* (ARHELL), la Zone à Plicatilis.

Parmi les *Cardioceratidae* on trouve les sous-genres *Scarburgiceras* BUCKMAN et *Goliathiceras* BUCKMAN de la Sous-zone à Praecordatum, représentés essentiellement par des formes macroconques. La Sous-zone à Bukowskii contient plutôt des microconques comme *Cardioceras phillipsi* ARKELL, *C. anacanthum* BUCKMAN, *C. harmonicum* MAIRE, *C. elatum* (MAIRE). La Sous-zone à Costicardia est représentée par *C. altumeratum* ARKELL et *C. repletum* MAIRE. *Cardioceras excavatum* (SOWERBY), [M] indique la Sous-zone à Vertébrale.

Quelques *Perisphinctidae* [M] sont également présents dont *Kranaosphinctes trifidus* SOWERBY.

	Espèces		<i>Peltoceratoides eugenii</i>	<i>Peltoceratoides athletoides</i>	<i>Peltoceratoides williamsoni</i>	<i>Peltoceratoides interruptum</i>	<i>Euspidoceras armatum</i>	<i>Euspidoceras depereti</i>	<i>Euspidoceras babeum</i>	<i>Euspidoceras douvillei</i>	<i>Euspidoceras freii</i>	<i>Euspidoceras kobyi</i>	<i>Euspidoceras ovale</i>	
	Etage	Sous - Zone												
Oxfordien inférieur	Cordatum	Cordatum												
		Bukowskii												
	Mariae	Praecordatum												
		Scarburgense												

Extension stratigraphique des *Aspidoceratidae* à l'Oxfordien Inférieur. Bonnot A. (1995).

CONCLUSION

Le profil observé ainsi que la faune trouvée correspondent aux unités III, IV et V décrites par P. Courville à Laignes entre 1996 et 1998. La coupe de Laignes avait une épaisseur de 3 m 50 et allait de la Zone à Athleta (Callovien Sup.) à la Zone à Transversarium (Oxfordien Moyen).

A Courcelles, commune située au Nord-Est de Laignes, l'Oxfordien Moyen semble s'arrêter au sommet de la Sous-zone à Vertébrale. Les niveaux supérieurs ont certainement été laminés par des phénomènes d'érosion. Cette série condensée à oolites ferrugineuses disparaît au Nord de Courcelles en direction des Riceys. Ces successions lithologiques de faible épaisseur affleurent irrégulièrement dans les champs du Châtillonnais lorsqu'elles n'ont pas été érodées. L'identification des ammonites dans les rares coupes de terrains observées dans cette région permet de situer ces formations sur le plan stratigraphique par rapport à une coupe complète comme celle de Laignes.

Je tiens à remercier le propriétaire qui a accepté que je puisse effectuer mes recherches sur son terrain.

Références bibliographiques

ARKELL W. J. (1939 – 1948). *A Monograph on the Ammonites of the English Corallian Beds. Palaeontographical Society*, London, Part. 1-14, 1-420.

BONNOT A. (1995). *Les Aspidoceratidae (Ammonitina) en Europe Occidentale au Callovien Supérieur et à l'Oxfordien Inférieur*. Université de Bourgogne – Centre des Sciences de la Terre, p. 1- 453, pl. 1-15.

BONNOT A., FORTWENGLER D., MARCHAND D. (1996). Les Peltoceratinae (Ammonitina, Aspidoceratidae) au passage Callovien-Oxfordien dans les Terres Noires du Sud-Est (France). *Géobios*, 30, 5: 651-672.

BONNOT A., CARIOU E. (1999). Réinterprétation de Peltoceratoides athletoides (LAHUSEN), 1883 (Ammonitina, Aspidoceratidae). Conséquences sur la biozonation du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur. *Ann. Paléontol.* 85, 2, 155-171.

BONNOT A., COURVILLE P. (1999). Données nouvelles sur Euaspidoceras depereti (COLLOT, 1917), Ammonitina (Aspidoceratidae) de la sous-zone à Scarburgense (Oxfordien inférieur). *Revue Paléobio. Genève* 18 (1) : 259-271.

BONNOT A., GYGI R.A. (2001). Les Euaspidoceratinae (Ammonitina, Aspidoceratidae) de la zone à Transversarium (Oxfordien moyen) de Suisse septentrionale (cantons d'Argovie et de Schaffhouse). *Eclogae géol. Helv.* 94. 427-445.

BONNOT A., COURVILLE P., MARCHAND D. (2002). Parallel Biozonation in the Upper Callovian and the Oxfordian Based on the Peltoceratinae Subfamily (Ammonitina, Aspidoceratidae). *Gabhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*. Band 57. P. 501-507.

COURVILLE P., BONNOT A. (1998). Faunes ammonitiques et biochronologie de la zone à Athleta et de la zone à Lamberti (Callovien supérieur) de la Côte de Meuse (France). Intérêt des faunes nouvelles d'Aspidoceratidae. *Revue Paléobio, Genève* 17 (2) : 307-346.

COURVILLE P., BONNOT A., COLLIN P.Y., ENAY R. & MARCHAND D. (2000). Une série oxfordienne de référence, à mi-chemin entre les régions boréales et téthysiennes (Jura Central, France). *Revue Paléobio. Genève* 19 (2) : 381-397.

COURVILLE P. (2009). La série condensée (Callovien pars. – Oxfordien pars.) de Laignes (Côte d'Or, France). Lithologie, faunes d'ammonites, datations. *Bulletin annuel AGA*, n°30, p 31-50.

COURVILLE P. (2011). Cardioceratidae oxfordiens de la Côte de Meuse (Nord-Est de la France). *Revue française de paléontologie Fossiles*, hors-série II. 90 p.

COURVILLE P., BONNOT A., DUDICOURT J-C., CUIF G. (2011). L'assemblage à *Cardioceras* (*Cardioceras*) *cordatum* (J.Sowerby, 1812) et sa place au sein de la succession ammonitique de l'Oxfordien Inférieur (Jurassique Supérieur). Apport des données ardennaises (Province Subboréale). *Annales de Paléontologie* 97, p 9 – 33.

ENAY R., HOWARTH M.K. (2019). Description of the Perisphinctoidea. Part L, Revised, Volume 3 B, Chapter 7: Systematic. The University of Kansas, Paleontological Institute. Treatise Online 120: 1-184, 107 fig.

FORTWENGLER D., MARCHAND D., BONNOT A. (1997). Les coupes de Thioux et de Savournon (SE de la France) et la limite Callovien-Oxfordien. *Géobios*, 30-4 : 519-540.

GLOWNIAK E. (2000). The Platysphinctes immigration event in the Middle Oxfordian of the Polish Jura Chain. *Acta Geologica Polonica*, Vol. 50, 143-160.

JAFFRÉ R., ROBINEAU R., VERRIER J.M., (2014 à 2020). *Fiches d'aide à la détermination des ammonites jurassiques et crétacées*. Association Géologique Aubeoise. Tomes II à V.

MAIRE V. (1938). Contribution à la connaissance des Cardiocératidés. Etude sur les espèces des genres *Pseudocadoceras*, *Quenstedticeras* et *Cardioceras*. *Mém. Soc. Géol. France*. 34, p 1-134.

SPATH L.F. (1931). Revision of the Cephalopod Fauna of Kachh (Cutch). *Paleontologia Indica*. Vol. IX, Part V, Plates CII to CXXIV.

(1) J-M Verrier *Association Géologique Aubeoise*, 5, *Chemin de derrière*, 10100 Crancey.

(2) A. Bonnot *Biogéosciences*, UMR 6282 CNRS, *Université Bourgogne Franche-Comté*, 6 *Boulevard Gabriel*, 21000 Dijon.

(3) P. Courville *Université de Rennes – 1/UMR 6118 CNRS*, *Géosciences Rennes*. *Campus Beaulieu*, 35042 Rennes Cedex.

Les planches qui suivent illustrent les espèces trouvées à Courcelles (21) Collection Verrier Jean-Marie.

*Le rond sur les photos représente la fin du phragmocône.
Épaisseur et hauteur mesurées au diamètre maximal.*

PLANCHES 1 à 3**Cardioceratidae****Planche 1**

Fig. 1 a, b. (x 0,6) *Cardioceras alphacordatum* (SPATH 1935) ; [M]. D = 154 mm (E/D = 0.39. Forme moyennement épaisse, involute, la loge d'habitation représente 2/3 du dernier tour. Omphalium très étroit. Les côtes sont fortement projetées à l'avant au 2/3 du tour. Carène haute et pincée. Sous-zone à Praecordatum. n° 596.

Fig. 2 a, b. (x 1) *Cardioceras (Vertebriceras) phillipsi* ARKELL, 1946 ; [m]. D = 47 mm. Forme moyennement épaisse (E/D = 0,42), épineuse, carène entre deux sillons formés par la surélévation des côtes secondaires sur la zone latéro-ventrale. Carène surélevée dentelée, absence de tertiaires. Sous-zone à Bukowskii. n° 579.

Fig. 3 a, b. (x 1) *Cardioceras (Pachycardioceras) elatum* (MAIRE 1937) ; [m]. D = 67 mm. Forme épaisse (E/D = 0,52), involute. Ornementation assez dense et bien marquée, tubercule latéro-ventral épineux. Côtes secondaires et intercalaires peu proverses. Quelques tertiaires. Carène bien individualisée et saillante pour une coquille épaisse. Sous-zone à Bukowskii. n° 613.

Fig. 4 a, b. (x 1) *Cardioceras (Scarburgiceras) harmonicum* MAIRE, 1938 ; [m]. D = 83 mm. Forme de grande taille, peu épaisse (E/D = 0,41), densément costulée, section sagittée et carène peu individualisée. Quelques côtes tertiaires. La loge d'habitation représente plus du 1/3 du dernier tour. Sous-zone à Bukowskii. n° 578.

Pl 1



a

1



b



a

2



b



a

3



a

4

b



b

Planche 2

Fig. 5 a, b. (x 1) *Cardioceras (Pachycardioceras) anacanthum* BUCKMAN, 1927 ; [m]. D = 64 mm. Forme assez épaisse (E/D = 0,46), involute, section ogivale, carène peu saillante. Primaires droites, secondaires inclinées vers l'avant, infléchissement haut sur le tour. Costulation peu dense (variant épais). Sous-zone à Bukowskii. n° 591.

Fig. 6 a, b. (x 1) *Cardioceras (Vertebriceras) altumeratum* ARKELL, 1946 ; [m]. D = 49 mm. Forme peu épaisse (E/D = 0,36), évolutive, côtes primaires vigoureuses, droites, tubercule latéral très épineux, 2 secondaires et une intercalaire régulièrement espacées, côtes tertiaires assez fréquentes, carène élevée et finement dentelée. Sous-zone à Costicardia. n° 580.

Fig. 7 a, b. (x 1) *Cardioceras (Pachycardioceras) repletum* MAIRE, 1938 ; [m]. D = 69 mm. Forme assez épaisse (E/D = 0,46), involute mais avec une ouverture de l'ombilic dans le tour externe. Côtes primaires très courtes, tuberculiformes, secondaires longues et flexueuses et peu projetées vers l'avant. Absence de tertiaires. Epaulement latéro-ventral et carène marqués. Sous-zone à Costicardia. n° 590.

Pl 2



a

5



b



a

6



b

7



a

a



Planche 3

Fig. 8 a, b. (x 0,7) *Goliathiceras titan* ARKELL, 1941 ; [M]. D = 139 mm. Forme épaisse (E/D = 0,7), involute, dernier tour fortement déprimé. Côtes primaires courtes, les secondaires sont d'abord rétroverses puis projetées en avant pour former un chevron sur le ventre. Les secondaires sont encore perceptibles à de grands diamètres alors que les primaires ont disparu. Se trouve au début de l'Oxfordien Moyen. n° 598.

Fig. 9 a, b. (x 0,6) *Cardioceras (Scoticardioceras) excavatum* (SOWERBY 1881) ; [M]. D = 208 mm. Forme moyennement épaisse (E/D = 0,41), involute, entièrement cloisonnée et lisse. Avec la loge d'habitation, la taille complète devait dépasser 300 mm. Oxfordien Moyen. n° 597.

Pl 3



8



cn
598



cn
597

9



PLANCHES 4 à 10 *Aspidoceratidae, Perisphinctidae, Phylloceratidae*

Planche 4

Fig. 10 a, b. (x 0,6) *Euaspidoceras subbabeatum* (ZINTZOV 1888) ; [M]. D = 191 mm ; E = 78 mm, H = 67 mm. Forme épaisse (E/H = 1,16). Coquille évolutive, ombilic très ouvert à recouvrement nul. Sur ce spécimen, la section est subrectangulaire jusqu'au Ø 130 mm avec un ventre assez plat, elle évolue vers une section circulaire dans la dernière partie du tour externe. Le mur ombilical est vertical, peu élevé avec un rebord ombilical arrondi. Dans les tours internes, les tubercules latéro-ventraux sont rapidement épineux alors que les tubercules internes restent plus longtemps au stade *bullae*, ils s'élèvent tardivement pour devenir coniques. Au stade adulte l'ornementation est réduite à de grosses côtes simples. Les côtes primaires reprennent de la force au stade adulte. Espèce que l'on trouve dans la Zone à Lamberti, de l'Horizon à Praelamberti jusqu'à l'Horizon à Paucicostatum. Elle est signalée par RASPAIL (1901, p. 146) à la partie supérieure du niveau H5 de Villers-sur-Mer, au passage Callovien-Oxfordien. Cette forme assez épaisse annonce clairement *E. armatum* (DE LORIO). Elle se situe au sommet de la Zone à Lamberti. n° 585.

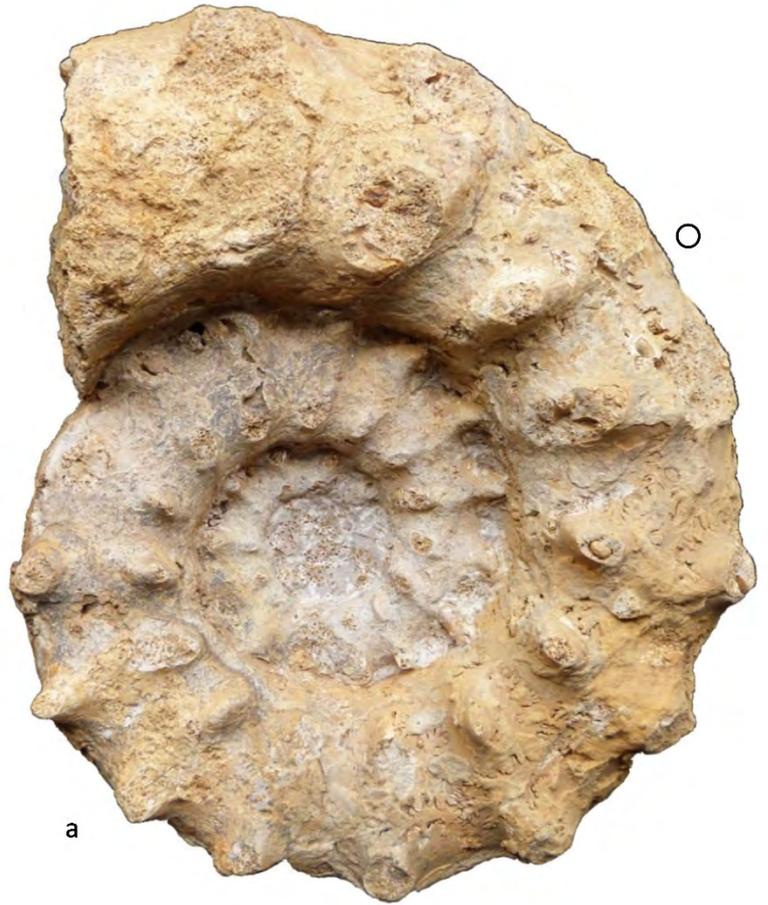
Fig. 11 a, b. (x 0,6) *Euaspidoceras cf. depereti* (COLLOT 1917) ; [M]. D = 182 mm, H = 62 mm, E = 67 mm, E/H = 1,08. Forme épaisse, entièrement cloisonnée. Faible recouvrement des tours, section subtrapézoïdale, mur ombilical vertical, ombilic profond, flancs plats dans les tours internes puis bombés. Section subcirculaire dans le dernier tour avec une épaisseur maximale à la base des flancs. Au Ø 40 mm, les tubercules internes coniques sont situés sur le rebord ombilical, ils conservent leur force jusqu'au Ø 100 m, les tubercules latéraux ventraux sont semblables. Ils sont reliés par une côte proverse d'abord faible puis qui se renforce en hauteur et en épaisseur. La proéminence des tubercules ne diminue pas. Espèce de la Sous-zone à Scarburgense. n° 584.

Pl 4



b

10



a

○



a

11



b

Planche 5

Fig. 12 a, b. (x 0,65) *Peltoceratoides eugenii* (RASPAIL 1842) ; [M]. D = 153 mm, E = 46 mm, H = 52 mm, E/H = 0,88. Spécimen entièrement cloisonné, ombilic très ouvert, recouvrement très faible des tours. Au stade jeune, les côtes sont radiales bifurquées au milieu des flancs (\varnothing = 5 à 15 mm) puis elles deviennent rétroverses et des côtes simples apparaissent. Vers le \varnothing 40 à 50 mm, se forment des tubercules latéro-ventraux, les côtes bifurquées deviennent rares. Vers le \varnothing 45 à 65 mm, (55 mm sur ce spécimen), les côtes sont toutes simples et la base de la côte se renforce pour donner un tubercule interne conique. Il y a donc deux rangées de tubercules, dont des latéro-ventraux dédoublés. Un sillon ventral assez profond se forme vers le \varnothing 40 à 50 mm. Cette espèce apparaît au sommet de la Zone à Lamberti (Horizon à Paucicostatum) mais caractérise surtout l'Horizon à Scarburgense dans la Zone à Mariae. n° 599.

Fig. 13 a, b. (x 0,55) *Euaspidoceras douvillei* (COLLOT 1917) ; [M]. D = 233 mm, E = 73 mm, H = 69 mm, E/H = 1,06. Spécimen de grande taille, entièrement cloisonné. Recouvrement quasi nul, coquille évolutive à ombilic très ouvert. Ornementation constituée de côtes paraboliques dont les paraboles latéro-ventrales évoluent rapidement en nœuds puis en tubercules épineux (vers \varnothing 23 mm pour n° 595). Les paraboles ombilicales donnent plus tardivement des *bullae* puis des tubercules coniques (vers \varnothing 95 mm pour n° 595). Le stade tubercules externes épineux et *bullae* ombilicales est long. La densité de l'ornementation est irrégulière. En 1931, SPATH crée *E. neumayri* qui est son synonyme. Elle est connue du sommet de la Sous-zone à Praecordatum à la Sous-zone à Bukowskii. n° 595.

Pl 5



a

12



b



a

13



b

Planche 6

Fig. 14 a, b. (x 0,6) *Euspidoceras douvillei* (COLLOT 1917) ; [M] – variant *loricatum* SPATH 1931. D = 180 mm, E = 78 mm, H = 65 mm, E/H = 1,2. Coquille entièrement cloisonnée, forme plus déprimée que chez *E. douvillei*. Les tubercules internes apparaissent encore plus tard que chez *E. douvillei* (au Ø 110 mm sur ce spécimen). Les tubercules externes deviennent très longs et restent perpendiculaires au plan de la spire. Elle est connue du sommet de la Sous-zone à Praecordatum à la Sous-zone à Bukowskii. n° 610.

Fig. 15 a, b. (x 0,5) *Peltoceratoides williamsoni* (PHILLIPS 1829), morphe *constantii* (D'ORBIGNY 1847) ; [M]. D = 253 mm, E = 65 mm, H = 79 mm, E/H = 0,82. Spécimen de grande taille, presque complet. La loge d'habitation représente la moitié du dernier tour. Forme évoluée avec un faible recouvrement, section subrectangulaire. Les flancs sont plats, on observe des côtes bifurquées jusqu'au diamètre de 175 mm sur cet individu et elles restent longtemps proverses. Les tubercules ombilicaux sont quasi inexistantes et les tubercules externes apparaissent tardivement. Sillon nul à ce stade et ventre assez plat. Elle est connue du sommet de la Sous-zone à Praecordatum à la Sous-zone à Bukowskii. n° 608.

Pl 6



616

b

14



a



O

a

15



b

Planche 7

Fig. 16 a, b. (x 0,65) *Peltoceratoides williamsoni* (PHILLIPS 1829), morphe *williamsoni* (PHIL.); [M]. D = 200 mm, E = 54 mm, H = 69 mm, E/H = 0,78. Coquille très évolutive avec un recouvrement quasi nul, presque entièrement cloisonnée. Les flancs sont plats et la section est subrectangulaire, rebord ombilical arrondi. Le point de bifurcation des côtes est situé sous le tiers inférieur des flancs. Les côtes sont assez rapidement simples et radiales. Le sillon ventral est marqué, les tubercules latéraux ventraux sont dédoublés et assez puissants. Les *bullae* ombilicales évoluent en tubercules internes développés à partir du Ø 150 mm. Elle est connue du sommet de la Sous-zone à Praecordatum à la Sous-zone à Bukowskii. n° 607.

Fig. 17 a, b. (x 0,8) *Peltoceratoides williamsoni* (PHILLIPS 1829), morphe *arduennense* (D'ORBIGNY 1847); [m]. D = 111 mm, E = 27 mm, H = 33 mm, E/H = 0,82. Microconque de taille moyenne, évolutive à section ogivale à subrectangulaire avec un ventre plat. La coquille est entière avec sa loge d'habitation, un *lappet* (oreillette latérale) et un *aptychus* visibles. Dans les tours internes alternent des côtes simples et bifurquées dont le point de division est bas et proche du rebord ombilical. Sur la loge d'habitation, les côtes sont simples et plus épaisses, elles passent radialement sur le ventre sans interruption, c'est au niveau de l'épaulement qu'elles sont les plus hautes. Quelques côtes bifurquées sont encore présentes sur la loge d'habitation, mais difficilement visibles sur cet exemplaire. Elle est connue du sommet de la Sous-zone à Praecordatum à la Sous-zone à Bukowskii. n° 583.

PI 7

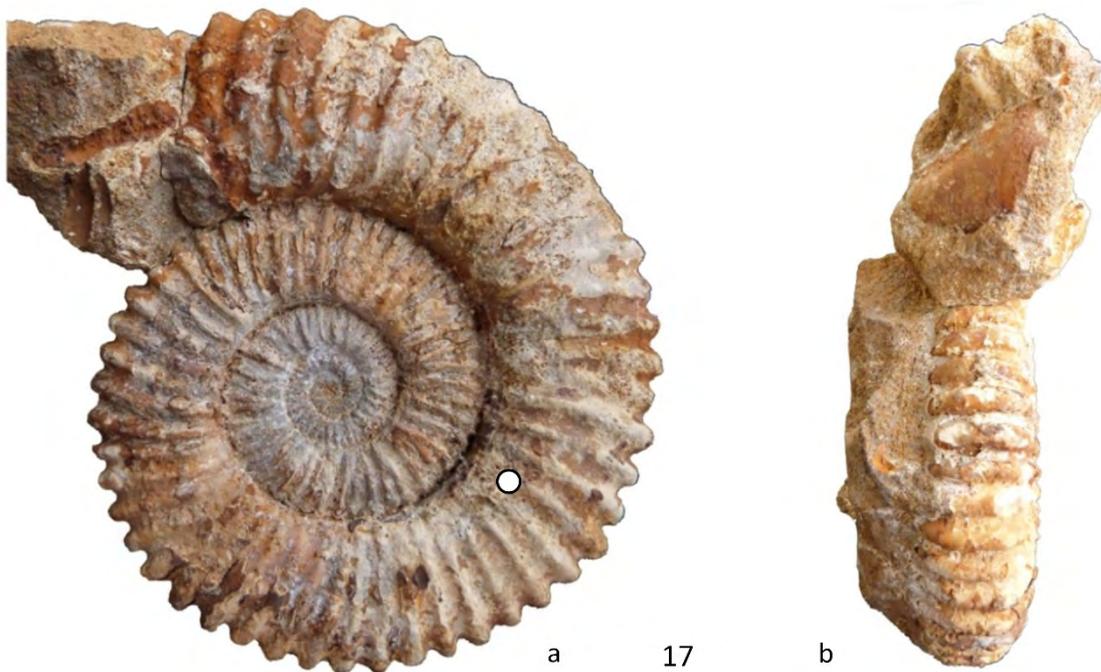
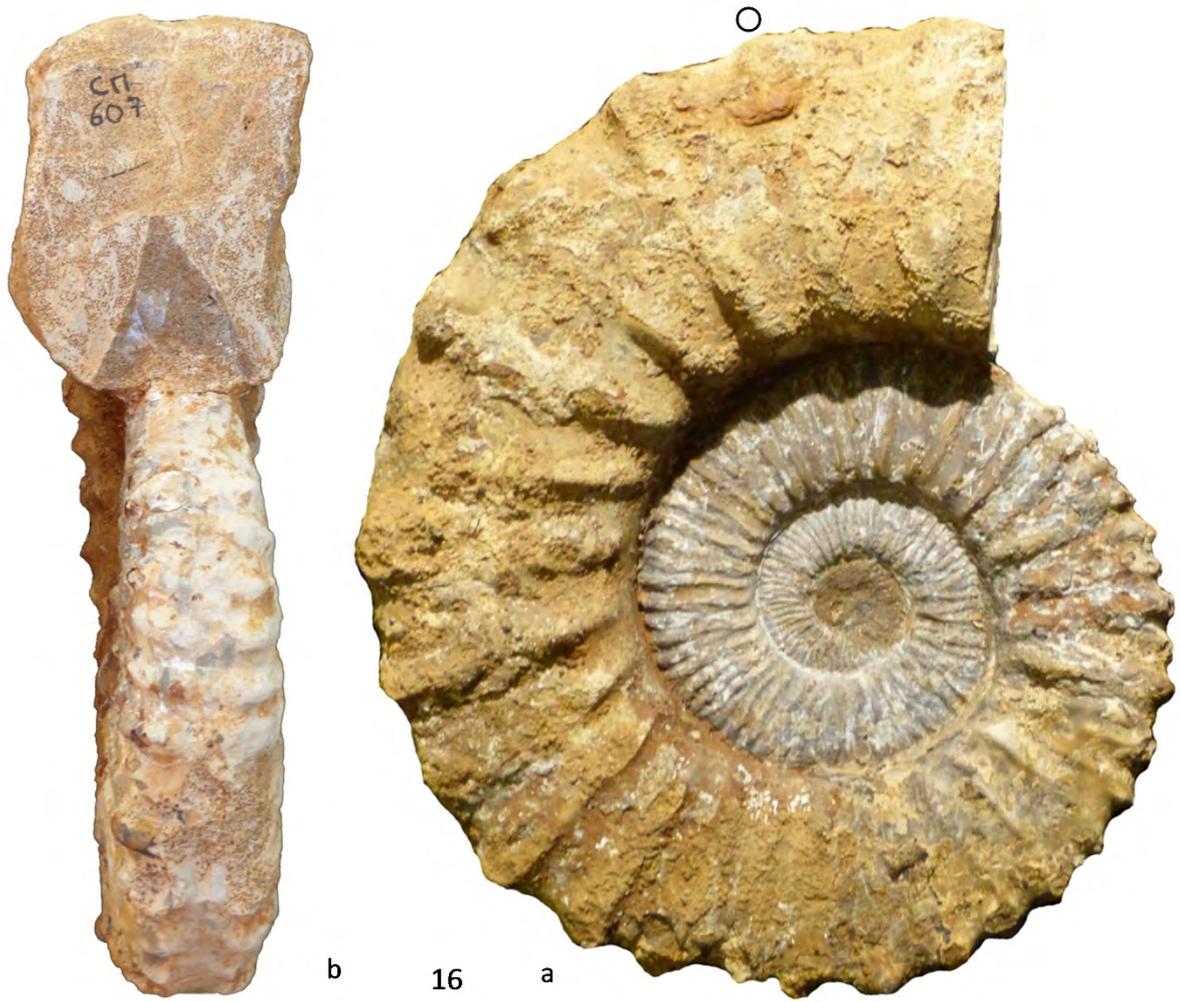


Planche 8

Fig. 18 a, b. (x 0,6) *Euspidoceras freii* JEANNET, 1951, morphe *freii* JEANNET, 1951 ; [M]. D = 174 mm, E = 57 mm, H = 57 mm, E/H = 1. Section adulte subtrapézoïdale, rebord ombilical anguleux vertical puis oblique, flancs plats, ventre faiblement convexe. Coquille évolutive avec un recouvrement très faible. Apparition précoce des tubercules externes et internes. Les tubercules internes restent localisés sur le rebord ombilical. Tubercules nombreux 7 à 13 par demi-tour. Elle est connue au sommet de la Sous-zone à Cordatum et à la base de la Sous-zone à Vertébrale. n° 612.

Fig. 19 a, b, c. (x 0,8) *Paraspidoceras* sp. (SPATH 1925) ; [M]. D = 125 mm, E = 47 mm, H = 40 mm, E/H = 1,18. Section adulte subtrapézoïdale, rebord ombilical arrondi puis évasé, flancs plats, ventre faiblement convexe. Coquille évolutive avec un recouvrement très faible. Ventre lisse mais pouvant être traversé par des côtes (ENAY). Les côtes rectilignes, partent du méplat ombilical jusqu'au rebord externe des flancs où elles se terminent par un tubercule épineux dont la pointe est orientée vers le haut. Il y a 13 à 14 tubercules externes par ½ tour. Les tubercules internes sont inexistantes. Ce genre est plutôt rare et présent par intermittence du Callovien Supérieur jusqu'au début du Kimméridgien. La position de ce spécimen est probablement située entre la Zone à Cordatum et le début de l'Oxfordien Moyen. n° 611.

Pl 8



b

18



a



b



a

19



c

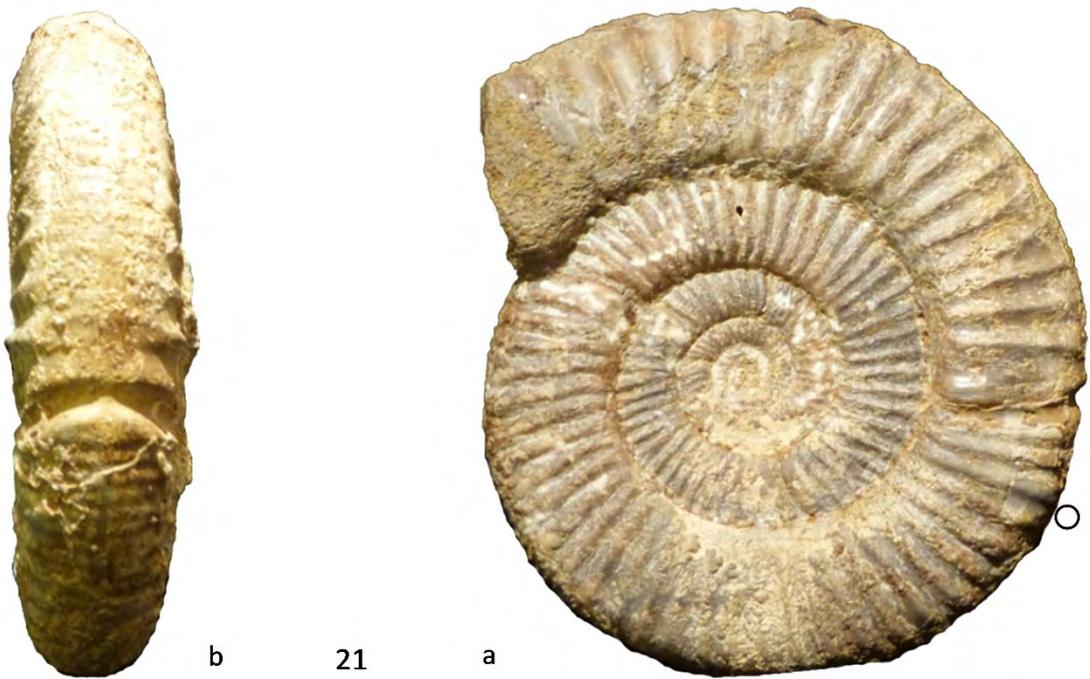
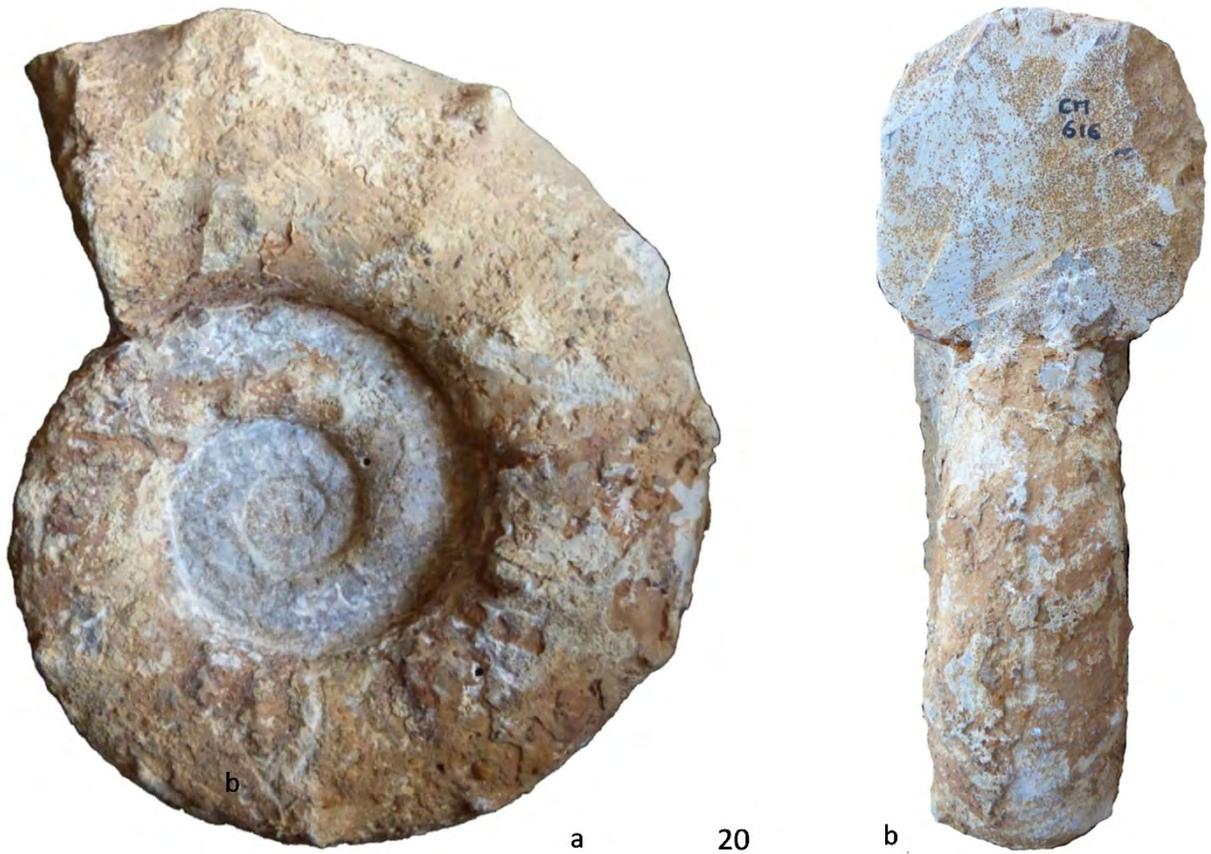
Planche 9

Fig. 20 a, b. (x 0,6) *Euaspidoceras cf. paucituberculatum* (ARHELL, 1927) ; [M]. D = 183 mm, E = 70 mm, H = 64 mm, E/H = 1,09. Coquille évolutive, entièrement cloisonnée, section subcirculaire dans les tours internes puis subquadrangulaire à flancs plats et ventre faiblement convexe. Mur ombilical vertical dans les tours internes qui s'arrondit par la suite. Recouvrement nul. Tubercules moyennement denses dans les tours internes, leur nombre diminue fortement avec la croissance de la coquille. Les tubercules internes apparaissent vers le Ø 35 à 40 mm, ils sont reliés entre eux par une large côte peu en relief. Les épines du tour externe sont assez fortes. Elle est connue dans la Sous-zone à Vertébrale (= Sous-zone à Densiplicatum), Zone à Plicatilis de l'Oxfordien Moyen. n° 616.

Perisphinctidae

Fig. 21 a, b. (x 0,8) *Perisphinctes (Kranaosphinctes) trifidus* SOWERBY, 1821 ; [M]. D = 110 mm, E = 25 mm, H = 31 mm, E/H = 0,81. Morphologie évolutive (O/D proche de 0,55). Section déprimée, arrondie au niveau du ventre, flancs plats. Les côtes sont proverses dans les tours internes puis elles deviennent rapidement radiales et certaines ont même tendance à être un peu rétroverses. La division des côtes est très haute et le point de division est surélevé. Elles sont essentiellement bifurquées avec parfois une côte intercalaire. Elles traversent la zone ventrale en s'atténuant jusqu'à laisser une bande lisse au milieu du ventre visible sur la loge d'habitation. De rares côtes, dans les tours internes, se divisent entre la moitié et les 2/3 des flancs. A la fin du tour externe, au niveau de la loge d'habitation, les côtes primaires sont plus espacées et plus fortes. Présence de constrictions obliques et profondes, certaines avec des nœuds paraboliques. Courbe de costulation compatible avec *Kranaosphinctes*. Elle est présente à la base de la-Zone à Plicatilis. n° 615.

Pl 9



PI 10

Phylloceratidae

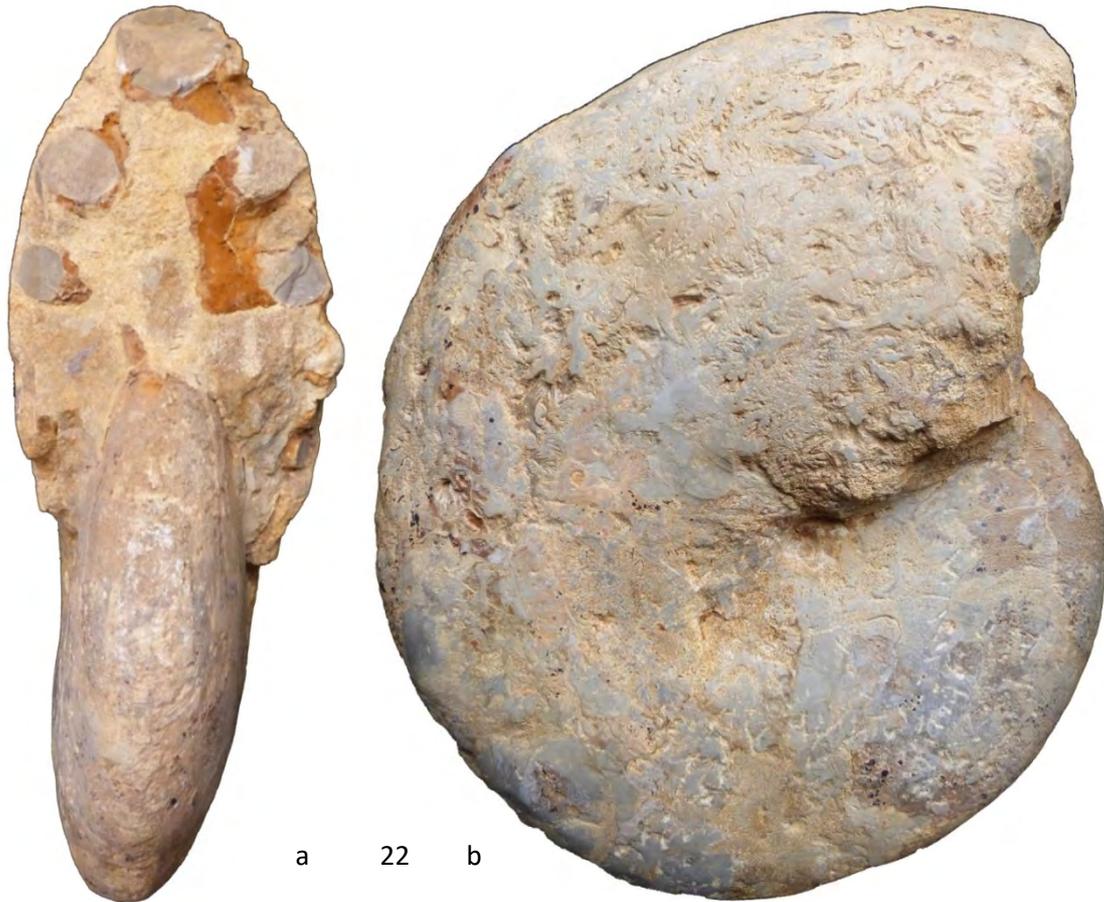


Fig. 22 a, b. (x 0,4) *Calliphylloceras disputabile*. D = 295 mm, E = 112 mm, E/D = 0,38. Espèce commune dans le Callovien et l'Oxfordien. Grand spécimen, moule interne. Les traces de la costulation ne sont conservées que sur une petite partie du tour qui est entièrement cloisonné. La chambre d'habitation n'est pas conservée. Très involute. Localisation Oxfordien Moyen. n° 656.

LA NAPPE DES SABLES VERTS RÉGION DE LOUZE (52)

par Pierre BENOIT (1)

La nappe des Sables verts est sollicitée localement en Haute-Marne, par divers captages AEP. La commune de Louze rentre dans ce cadre. Diverses questions se posent à l'esprit quant à cette nappe.

Il faut rappeler ainsi quelques questions primordiales :

- Caractéristiques de l'aquifère ;
- Origine de l'eau ;
- Minéralisation de l'eau ;
- Vitesse de circulation dans la nappe ;
- Risque de pollution des captages AEP locaux. Ces divers points vont être abordés successivement.

1 - Caractéristiques de l'aquifère

Celui-ci correspond à un niveau de sable quartzeux, coloré par de la glauconie. Le forage de Juzanvigny fournit une coupe détaillée de l'Albien local et de ses faciès. Divers points sont intéressants à remarquer sur cette coupe :

- Présence de six niveaux de tempestites dans le Barrémien inférieur ;
- Existence de niveaux d'oolithes ferrugineuses, de sables et de paléosols, traduisant un faciès deltaïque au Valanginien avec existence de surface perforée, dans le Barrémien inférieur ;
- L'existence de pyrite traduit un milieu à la fois riche en fer et matière organique ayant pu réduire des solutions sulfatées saturées en CaSO_4 ;
- On pense donc à un niveau deltaïque (comme pour les argiles yprésiennes d'Île-de-France) ;
- La présence de niveaux phosphatés traduit des périodes de sédimentations plus faibles, voire de hauts fonds. Ces niveaux de nodules phosphatés sont au nombre de cinq. Ils se superposent aux niveaux de sables verts glauconieux de l'Aptien, sans phosphate ;
- Il est intéressant également d'observer l'abondance de faunes d'ammonites, aux abords des niveaux phosphatés propices à une prolifération algaire ;
- La glauconie ne se rencontre que dans les sables verts Aptien et poursuit sa présence dans 3 à 4 mètres d'argiles les superposant ;
- Il faut également remarquer une surface perforée à la base des sables verts. On ne peut pas exclure, entre autres hypothèses (terriers, tassements différentiels...), pour cette surface perforée et les « tempestites » inférieures, une éventuelle origine cosismique. Ces structures pourraient s'avérer être également d'éventuels load cast, à relier à une activité tectonique de la faille de Vittel voisine, à la base de l'Albien. Le retour à des conditions de dépôts plus calmes (d'un point de vue tectonique) expliquerait la phosphatogenèse supérieure ;
- Enfin, il existe localement des granoclasses dans les sables, la partie basse se révélant souvent la plus grossière.

1.1, Puissance de l'aquifère

88 forages traversant les Sables verts de l'Aptien ont été étudiés, dans la région de Louze. Leur carte est fournie en annexe.

Cela permet d'effectuer trois coupes.

1.1.1 Coupe A

La profondeur des sables croît vers l'ouest, en relation avec des accidents tectoniques retrouvés dans la coupe B. Les variations d'épaisseurs des sables sont peu marquées. La coupe passant par Louze, montre également un fort plongement vers le sud des Sables verts.

La coupe recoupe au moins deux failles. (20 m) Le point le plus élevé à l'Est doit correspondre

vraisemblablement au toit des sables du Barrémien, sauf à admettre l'existence d'une faille à fort rejet vertical. La faille la plus à l'ouest n'est pas indiquée sur la carte géologique au 1/25 000 de la région de Soulaines (Kaelin *et al.*, 1998).

Il est également intéressant de noter, aux bords de cette faille (en Lambert II étendu, x : 773795 et y : 2384532) une puissance de sables verts de 29 m. Cette surépaisseur, voisine de 20 m, est à relier vraisemblablement au jeu synsédimentaire de cette faille.

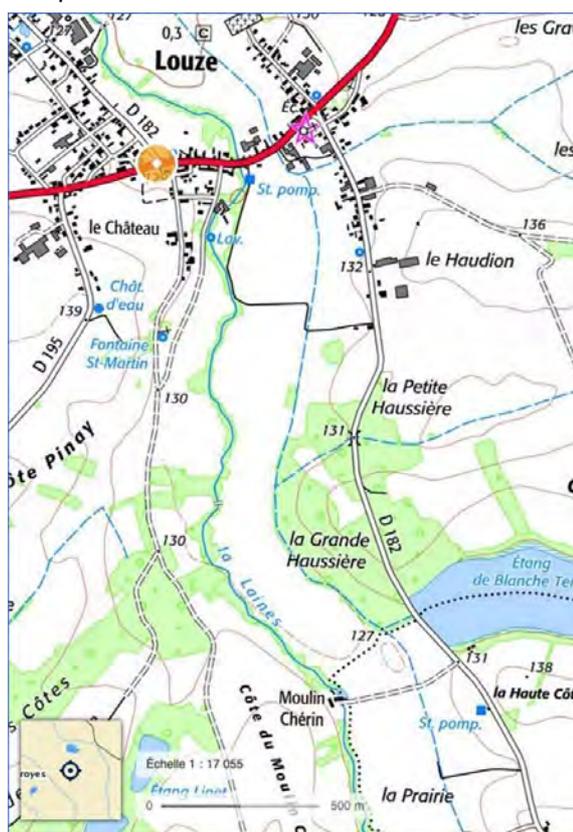
1.1.2 Coupe B

La coupe montre l'enfoncement des Sables verts vers le Nord.

Leur puissance présente des variations locales, à relier peut-être au jeu tectonique d'accidents synsédimentaires. Ces accidents affectent également le toit des sables.

1.1.3 Coupe C

Permet l'observation de trois failles. La plus à l'est semble gouverner l'épaisseur des Sables verts, expliquant ainsi leur variation de puissance.



Carte de situation

2, Origine de l'eau

L'eau de la nappe des sables verts, exploitée à Louze ou Sauvage-Magny, par des captages AEP provient majoritairement d'infiltrations efficaces de l'eau de pluie, sur les affleurements de sable verts. Une très faible partie percolera à travers les marnes de l'Albien.

Les infiltrations efficaces correspondent à la partie de l'eau pluviale non évaporée directement par la chaleur solaire ou indirectement par la végétation.

Il faut également éliminer l'eau de ruissellement.

Une autre partie peut également provenir de la nappe du Barrémien, par le biais de faille, comme on peut l'observer à l'extrémité Est de la coupe A.

3, Minéralisation de l'eau

Cette dernière est la résultante de l'action de l'eau de pluie, très peu minéralisée, sur les roches de l'aquifère, en l'occurrence ici les sables verts de l'Aptien.

Il est très important également de faire la part entre les éléments naturels, marqueurs du fond géochimique de l'eau, et les éléments excédentaires apportés par l'homme.

Plusieurs approches du problème sont envisageables :

- Analyses des eaux anciennes des sables verts, dans le bassin de Paris ;
- Fond géochimique des eaux anciennes, hors activité anthropique, de la nappe de la craie auboise.

Analyses des eaux anciennes des Sables verts, dans le Bassin de Paris

Deux thèses importantes se sont intéressées à cette nappe. Jacques Lauvergeat d'abord, dans sa thèse de troisième cycle, soutenue en 1967. Plus près de nous, il y a celle de son élève Yann Raoult : La nappe de l'Albien dans le bassin de Paris : de nouvelles idées pour de vieilles eaux (1999).

Cette thèse, reprenant le travail de Jacques Lauvergeat, permet d'avoir accès à 71 analyses minérales de l'eau de l'Albien. Les résultats sont fournis en annexes.

Cela permet de constater des disparités de composition, disparités liées à des venues d'eaux des aquifères sous-jacents.

Le cas du potassium, par exemple, s'avère significatif.

Ainsi, sa répartition apparaît très nettement bimodale. Une première famille statistique correspond aux valeurs du fond géochimique de la craie. Une deuxième, à valeurs plus élevées, traduit des échanges avec les glauconies des sables verts.

Par ailleurs, le diagramme SO₄-Mg-K permet l'observation de trois familles différentes, traduisant également des effets éventuels d'échanges d'ions entre Ca-Mg-K des glauconies, à partir de solutions enrichies en sulfates. Cela explique la charge plus élevée en magnésium et potassium des eaux des Sables verts, en regard de celle présente dans les eaux de la craie.

Une partie des sulfates a sans doute pour origine une dénitrification des nitrates présents dans l'eau de pluie (voir eau de Vosnon) par oxydation de la pyrite diffuse, expliquant les différences d'avec l'eau du captage par galerie drainante (Vosnon), sous massif forestier dans la craie turonienne.

L'origine du sodium des Sables verts est à rechercher dans des échanges avec le calcium dans la glauconie des Sables verts. En effet, le sodium apporté par l'eau de pluie sous forme d'aérosols d'embruns marins est fixé, au même titre que le potassium, par le complexe argilo humique du sol.

Le calcium (Ca) est lié aux bicarbonates (HCO₃⁻) et aux sulfates du gypse (CaSO₄, 2 H₂O) présents dans l'aquifère et son encaissant. Les concentrations du Ca en meq/l, inférieures à celles des bicarbonates et des sulfates traduisent des échanges cationiques sur les glauconies.

Les bicarbonates sont liés au CO₂ atmosphérique et rhizomique, sous couvert végétal.

Cela explique les valeurs plus élevées du fond géochimique, à Vosnon, dans la craie du Turonien.

Les chlorures ont pour seule origine les aérosols d'embruns marins, dès lors que les anions ne sont pas fixés par le complexe argilo humique du sol.

4, Vitesse de l'eau dans la nappe des sables verts.

Sur la base des datations par C14 et de la loi de Darcy, la vitesse moyenne de l'eau dans la nappe est de 3 à 4 m/an (Raoult, 1999), au centre du bassin. Selon JL. Kaelin (1998), cette vitesse n'excède pas 80 m/an dans les meilleurs des cas.

5, Risque de pollution des captages AEP locaux.

Le site du ministère des solidarités et de la santé permet d'avoir accès aux analyses des eaux distribuées. Le réseau ADES (<https://ades.eaufrance.fr/>) permet tout autant l'accès aux analyses des eaux potables destinées à l'alimentation humaine.

5.1 Eau de Louze (syndicat de Rives Dervoises)

On peut constater ainsi :

- La lente ascension de la conductivité (fonction de la charge en sels dissous), avec accroissement notable depuis 2017 ;
- Les bicarbonates (parfois indiqué par le TAC, en ° français) demeurent stables, aux abords de 180 mg/l jusqu'en 2019 où leur concentration augmente d'un tiers. On peut supposer une acidification effectuée dans l'aquifère, afin de le décolmater dans l'aquifère. Les chlorures en lente progression ascendante, avec un pic important à 120 mg/l, en novembre 2019, confirment cette hypothèse. Ce pic n'est pas indiqué sur les données ADES. Celles-ci confirment cependant la lente montée des chlorures ;
- Une progression montante linéaire des sulfates, depuis 20 ans ($r^2 : 0,8806$). Ceux-ci dépassent les 45 mg/l. Les données ADES confirment cette progression ;
- La silice reste voisine des 20 mg/l, présentant épisodiquement des valeurs deux à quatre fois plus faibles, sans lien apparent avec les battements de nappe ;
- Le sodium, malgré une baisse importante en 2016, repart dans sa hausse progressive.

Il faut également observer l'existence de nitrates, jusqu'en septembre 1998 (3,6 mg/l). Ces valeurs correspondent au fond géochimique régional. Les données ADES montrent un pic à 21 mg/l en 2016. L'origine de leur disparition est inconnue (réduction par du fer ferreux ?). Ce pic est associé à un pic de bicarbonates et une chute du magnésium, de la silice, du sodium, des sulfates et des chlorures. Cela peut être une chasse d'eau plus ancienne par des eaux plus denses, liées à une injection d'acide dans l'aquifère. De plus, il est étonnant de constater que les données ADES diffèrent parfois de celles du ministère de la Solidarité et de la santé.

Par ailleurs, les teneurs en fer total très fluctuantes se révèlent de plus en plus élevées, en s'approchant de 2020.

Un autre point est à remarquer : la diminution de la recharge de l'aquifère de Louze, depuis 1995. Dès 2010, il faut noter une diminution des battements de nappe, traduisant une augmentation de la perméabilité de l'aquifère local (graphe de la piézométrie).

Une hypothèse semble s'imposer, pour expliquer ces anomalies.

Les nitrates d'origine agricole, épandues sur le bassin versant sont réduits par les sulfures présents dans les argiles albiennes, avec libération d'acide sulfurique solubilisant le fer, à l'état ferreux réducteur. Cela induit des microfissures avec cinétique de percolation plus rapide, d'où augmentation des chlorures associés aux nitrates et décolmater de l'aquifère expliquant la diminution de la hauteur des battements de nappe et l'augmentation des sulfates dissous.

Cette diminution de la charge hydraulique dans la nappe peut tout autant induire des remontées d'eau en charge, depuis l'aquifère du Barrémien sous-jacent, expliquant également l'augmentation des sulfates dans l'eau de Louze.

De plus, l'augmentation de la perméabilité (marquée par la diminution des battements de nappe) peut être associée également à une diffusion de CO_2 dans l'aquifère, pour donner suite à une acidification.

5.2 Eau de Sauvage Magny

Sur la base des coupes géologiques, le forage de Sauvage-Magny exploite l'aquifère des sables verts de l'Aptien. Le captage de Sauvage Magny est en amont hydraulique de celui de Louze.

Les analyses du ministère de la santé et de la solidarité montrent :

- Les bicarbonates (TAC : Titre alcalin complet) présentent une décroissance en dents de scie, les faisant s'approcher de 12° français. Un pic élevé s'observe en avril 2006. On ne peut pas exclure un éventuel pic plus important encore, entre novembre 1999 et novembre 2004. Cette augmentation est à rechercher vraisemblablement dans une acidification chlorhydrique de forage, afin de le décolmater ;
- Les chlorures présentent un pic important, en septembre 2002, venant perturber leur lente progression montante. Ce pic poursuit son amortissement en dents de scie, toujours visible en août 2018, pour revenir à 10 mg/l. Par ailleurs, il faut noter une bonne corrélation ($r^2 : 0,9457$) entre chlorures et conductivité ;
- Les nitrates disparaissent, après janvier 2001, en relation possible avec une acidification

chlorhydrique les ayant réduits ;

- Les sulfates, après leur disparition spectaculaire (erreur de transcription, venue de matière organique biodégradable...) poursuivent leur lente décroissance, pour atteindre les 140 mg/l ;
- Le TH présente deux pics, en janvier 2000 et avril 2004. Les valeurs chutent après chaque pic. Faut-il voir, dans ces pics, des artefacts analytiques. Par ailleurs, il n'y a aucun lien statistique entre chlorures et TH (somme du calcium et magnésium, en milli équivalent/l, le tout multiplié par 5.

5.3 Comparaison des deux eaux.

Les forages de Sauvage-Magny et Louze exploitent le même aquifère des sables verts aptien. Il est donc logique d'imaginer des compositions similaires ou, à défaut, voisines.

Pourtant, depuis la mise en route des deux captages, les analyses montrent des compositions différentes.

Au niveau des anions, on constate des valeurs en chlorures supérieures au fond géochimique de la nappe de l'Albien, traduisant de faibles contaminations agricoles anciennes ayant percolé dans les argiles du Gault.

Les pics de chlorures posent question. On est en droit d'imaginer une venue massive par injection dans l'aquifère, afin de décolmater un ouvrage de prélèvement d'eau (forage AEP, forage d'irrigation agricole...).

La conductivité est plus faible à Louze. Cela est à relier à des sulfates, potassium et magnésium plus faibles, dans ce captage.

Les sulfates s'avèrent plus bas à Louze. La différence est sans doute à relier à des remontées d'eaux du Barrémien, à Sauvage Magny.

Le TAC (titre alcalin complet, exprimé en ° français, directement fonction de la teneur en bicarbonates dissous) s'avère plus élevé à Louze, traduisant une source de CO² plus importante. Ce CO² excédentaire est à rechercher sans doute dans le massif forestier au Sud-Ouest.

Dans le détail, si on observe l'évolution des paramètres, on peut voir :

- Au niveau des chlorures, une diminution progressive de la taille des pics, à Sauvage-Magny. Le pic est décalé de 7 ans, à Louze. Dans l'hypothèse d'un même aquifère, on constate :
 - Un toit des sables verts à 112 m NGF à Sauvage-Magny ;
 - Le toit de ces mêmes sables à 117,9 m, au niveau de Louze.

Il faut donc admettre l'existence d'une faille, entre le forage de Louze et celui de Sauvage-Magny. La remontée du horst, au niveau de Louze, permet ainsi aux eaux du Barrémien, plus chargées en sels dissous, de s'écouler dans la nappe des sables verts exploitée à Sauvage Magny. La carte géologique de la région de Soulaines ; éditée par l'ANDRA montre de fait une faille en pointillé, entre les deux captages.

Un autre point est à observer : l'évolution de la qualité des eaux de ces deux captages, depuis leur mise en service.

- Un magnésium en diminution à Louze, alors que les, chlorures, nitrates et sulfates progressent ;
- Un accroissement des bicarbonates, magnésium, potassium sodium et sulfates, à Sauvage-Magny. Cela est lié selon toute vraisemblance à un décolmatage par acidification du forage ou d'un autre, dans son bassin versant d'alimentation.

De toute manière, les sulfates plus élevés à Sauvage-Magny indiquent bien une drainance horizontale

des eaux sulfatées du Barrémien vers celles des sables verts exploitées à Sauvage-Magny, ce par le biais d'une faille mettant en contact les deux aquifères.

Des failles de rejet métrique à pluri métriques existent localement, comme l'indique la carte géologique effectuée par l'ANDRA. Certaines d'entre elles se prolongent plus au Nord que le tracé indiqué sur cette carte.

Les tempestites barrémiennes décrites dans certains forages pourraient éventuellement correspondre à des séismites synsédimentaires. L'augmentation de puissance des sables verts, aux environs de Louze, à proximité immédiate de l'une de ces failles traduit son jeu synsédimentaire, au Crétacé inférieur. Le décalage du toit des sables verts montre une fracturation largement postérieure aux dépôts.

S'agissant des eaux exploitées localement dans les sables verts, on constate

- Une circulation effective vers le Nord-Est, au moins pour l'eau de Louze, comme l'indique sa charge plus importante en bicarbonates d'origine partiellement forestière ;
- Une drainance horizontale de la nappe du Barrémien, vers celle de l'Albien exploitée à Sauvage-Magny, en relation avec une faille ;
- Une contamination agricole peu marquée actuellement dans les deux forages, mais croissante (augmentation des chlorures, nitrates épisodiques) ;
- Un fort décolmatage de l'aquifère sollicité à Louze, avec augmentation de la vitesse de l'eau dans l'aquifère local, se manifestant par une réduction des battements annuels de la nappe. L'origine de ce décolmatage n'est pas connue.

Fond géochimique : nappe de la craie et nappe de l'albien

	mmole/l								
	HCO3(meq/l)	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	
75%	4,955	1,748	0,5448	1,195	0,311	0,686		0,392	
25%	2,163	0,6098	0,1255	0,211	0,058	0,337		0,109	
median	3,218	0,891	0,3155	0,435	0,215	0,179		0,199	
moyenne	196,3	35,6	7,7	10,0	8,4	6,4	<1	19,10	sable vert
en mg/l	336,0	111,0	<1	3,1	1,0	5,1	2,9	1,53	turonien (Vosnon)
	170,0	65,8	0,4	2,8	0,3	6,1	5,5	5,9	coniacien-santonien aubois
mg/l	204,4	62	8,5	9,7	1,9	8,5	0	23	Louze 1962
	165,9	60	6,1	9,1	2	6,6	0,0	33,0	minimum 1998-220
	180,6	62,604	6,5	10,5	2,17	16,8	2,6	38,9	moyenne 1998-2020
	253,8	66,69	7,2	13,9	2,4	120,0	18,0	47,4	maximum 1998-2020
mg/l	124,0	52,0	10,8	5,6	3,7	10,6	traces	76,0	Sauvage Magny 1975
	137,9	68,7	11,8	7,9	4,3	4,2	0,5	84,0	minimum 1998-220
	163,7	84,5	12,45	10,7	4,1	11,7	1,55	147,73	moyenne 1998-2020
	317,2	88,9	13,2	28,0	4,6	58,8	8,4	166,0	maximum 1998-2020

Analyse eaux de l'Albien

	Code pH	Alc (meq/l)	Ca	Mg	Na	K*	Cl*	S04*	Si	F**	Sr**	Rb**	Al** 0,059	B**	Li**	N03**
Ast2 7,62	7,62	2,2	0,7	0,318	0,315	0,231	0,152	0,103	0,291	10	7,28	0,049	0,07	1,5	9,2	8
As13 7,50	7,5	2,15	0,764	0,277	0,231	0,22	0,16	0,109	0,275	9	5,01	0,061	0,059	1,7	7,7	8
As14 7,51	7,51	2,15	0,76	0,313	0,255	0,232	0,188	0,11	0,298	10	4,97	0,057	0,282	1,1	7,7	11
Aw1 6,63	6,63	5,485	2,857	0,109	0,211	0,041	0,308	0,082	0,403	7	2,97	0,04	0,252	0,9	1,2	60
Aw2 6,75	6,75	4,815	2,981	0,117	0,253	0,039	0,66	0,263	0,396	7	3,31	0,027	0,297	0,6	0,8	547
Aw3 7,40	7,4	3,225	0,907	0,45	1,121	0,299	0,512	0,247	0,162	78	6,73	0,037	0,107	11,6	7,4	0
Aw4 7,39	7,39	2,84	0,966	0,504	0,493	0,179	0,275	0,249	0,19	32	19,4	0,029	0,159	<0,2	7,5	0
Aw5 6,18	6,18	1,035	0,528	0,083	0,368	0,016	0,294	0,027	0,267	2	0,72	0,008	0,06	<0,2	0,2	191
Aw6 6,82	6,82	2,57	1,135	0,227	0,219	0,167	0,176	0,206	0,268	10	4,7	0,05	0,074	1	3,9	0
Aw7 7,33	7,33	4,28	1,069	0,525	5,813	0,238	3,115	1,039	0,19	156	19,17	0,026	0,756	64,9	25,4	0
Cst 7,37	7,37	5,25	3,145	0,075	0,37	0,039	0,743	0,078	0,219	2	1,26	0,012	0,048	<0,2	11,3	400
Cs2 7,27	7,27	4,45	3,402	0,083	0,317	0,061	1,376	0,256	0,17	3	2,53	0,028	0,297	1,1	13,5	925
Je 7,52	7,52	9,325	0,547	0,503	8,844	0,258	0,547	0,856	0,174	236	41,54	0,02	0,259	84,7	12,1	0
Let 7,40	7,4	1,335	0,743	0,058	0,209	0,025	0,118	0,163	0,478	0	1,4	0,009	0,2	0,6	0,7	55
Le2 6,16	6,16	0,457	0,311	0,063	0,185	0,047	0,141	0,2	0,429	0	0,6	0,015	0,33	1,2	0,7	19
Lst 5,53	5,53	0,26	0,583	0,179	0,567	0,118	0,755	0,073	0,21	x	0,95	0,016	4,42	0,2	0,8	1010
Ls2 5,27	5,27	0,165	0,353	0,107	0,289	0,03	0,726	0,045	0,15	3	0,5	0,026	2,722	0,2	2,2	270
Ls3 5,20	5,2	0,175	0,275	0,094	0,378	0,033	0,694	0,067	0,181	x	0,39	0,055	7,72	<0,2	1,5	226
Ls4 5,18	5,18	0,112	0,273	0,179	0,26	0,012	0,503	0,042	0,172	3	0,77	0,007	0,297	<0,2	0,4	442
Ls5 7,02	7,02	5,025	2,847	0,068	0,148	0,041	0,346	0,266	0,487	6	3,77	0,026	0,17	0,3	0,9	126
Us6 7,00	7	4,685	3,239	0,095	0,199	0,027	0,87	0,364	0,188	7	3,05	0,046	0,189	0,9	1,3	599
Ls7 7,13	7,13	4,425	2,42	0,067	0,186	0,015	0,212	0,103	0,173	x	1,77	0,028	0,374	<0,2	0,5	309
Us8 7,83	7,83	5,025	2,621	0,133	0,398	0,069	0,538	0,168	0,322	12	3,31	0,013	0,13	<0,2	1,2	41
Ls9 6,64	6,64	3,21	1,742	0,199	0,19	0,507	0,327	0,236	0,186	2	1,4	0,03	0,19	3,1	0,2	634
Us10 6,73	6,73	5	3,191	0,181	0,28	0,082	0,573	0,15	0,227	6	1,5	0,01	1,01	0,7	0,9	898
Ls11 6,98	6,98	3,8	2,05	0,268	0,38	0,058	0,574	0,193	0,199	9	1,57	0,016	0,085	0,6	3,6	308
Net 7,67	7,67	8,825	2,006	1,263	70,16	1,02	10,768	28,221	0,27	59	42	0,033	0,089	324,5	2,2	0
Ne2 7,75	7,75	9,05	1,01	0,685	42,3	0,6	3,852	16,568	0,273	34	18	0,036	0,76	284,4	5,6	0
Ne3 9,45	9,45	11,425	0,027	0,057	28,17	0,584	6,861	4,933	0,27	185	3	0,015	0,137	170,7	4,9	0
Nst 7,50	7,5	3,15	0,964	0,599	1,239	0,218	0,543	0,328	0,303	81	14,16	0,066	0,181	16,6	14,9	10
Ns2 7,44	7,44	3,8	0,988	0,548	1,195	0,265	0,386	0,189	0,305	119	25,37	0,075	0,174	25,3	16,4	10
Nwt 8,11	8,11	3,71	0,5	0,398	2,718	0,536	0,892	0,176	0,191	77	9	0,033	0,161	33,3	4,3	0
Nw2 8,69	8,69	3,66	0,494	0,472	2,922	0,454	1,175	0,199	0,189	79	12	0,048		31,1	4,5	0
Ast2 7,62	7,62	2,2	0,7	0,318	0,315	0,231	0,152	0,103	0,291	10	7,28	0,049	0,07	1,5	9,2	8
As13 7,50	7,5	2,15	0,764	0,277	0,231	0,22	0,16	0,109	0,275	9	5,01	0,061	0,059	1,7	7,7	8
As14 7,51	7,51	2,15	0,76	0,313	0,255	0,232	0,188	0,11	0,298	10	4,97	0,057	0,282	1,1	7,7	11
Aw1 6,63	6,63	5,485	2,857	0,109	0,211	0,041	0,308	0,082	0,403	7	2,97	0,04	0,252	0,9	1,2	60
Aw2 6,75	6,75	4,815	2,981	0,117	0,253	0,039	0,66	0,263	0,396	7	3,31	0,027	0,297	0,6	0,8	547
Aw3 7,40	7,4	3,225	0,907	0,45	1,121	0,299	0,512	0,247	0,162	78	6,73	0,037	0,107	11,6	7,4	0
Aw4 7,39	7,39	2,84	0,966	0,504	0,493	0,179	0,275	0,249	0,19	32	19,4	0,029	0,159	<0,2	7,5	0
Aw5 6,18	6,18	1,035	0,528	0,083	0,368	0,016	0,294	0,027	0,267	2	0,72	0,008	0,06	<0,2	0,2	191
Aw6 6,82	6,82	2,57	1,135	0,227	0,219	0,167	0,176	0,206	0,268	10	4,7	0,05	0,074	1	3,9	0
Aw7 7,33	7,33	4,28	1,069	0,525	5,813	0,238	3,115	1,039	0,19	156	19,17	0,026	0,756	64,9	25,4	0
Cst 7,37	7,37	5,25	3,145	0,075	0,37	0,039	0,743	0,078	0,219	2	1,26	0,012	0,048	<0,2	11,3	400
Cs2 7,27	7,27	4,45	3,402	0,083	0,317	0,061	1,376	0,256	0,17	3	2,53	0,028	0,297	1,1	13,5	925
Je 7,52	7,52	9,325	0,547	0,503	8,844	0,258	0,547	0,856	0,174	236	41,54	0,02	0,259	84,7	12,1	0
Let 7,40	7,4	1,335	0,743	0,058	0,209	0,025	0,118	0,163	0,478	0	1,4	0,009	0,2	0,6	0,7	55
Le2 6,16	6,16	0,457	0,311	0,063	0,185	0,047	0,141	0,2	0,429	0	0,6	0,015	0,33	1,2	0,7	19
Lst 5,53	5,53	0,26	0,583	0,179	0,567	0,118	0,755	0,073	0,21	x	0,95	0,016	4,42	0,2	0,8	1010
Ls2 5,27	5,27	0,165	0,353	0,107	0,289	0,03	0,726	0,045	0,15	3	0,5	0,026	2,722	0,2	2,2	270
Ls3 5,20	5,2	0,175	0,275	0,094	0,378	0,033	0,694	0,067	0,181	x	0,39	0,055	7,72	<0,2	1,5	226
Ls4 5,18	5,18	0,112	0,273	0,179	0,26	0,012	0,503	0,042	0,172	3	0,77	0,007	0,297	<0,2	0,4	442
Ls5 7,02	7,02	5,025	2,847	0,068	0,148	0,041	0,346	0,266	0,487	6	3,77	0,026	0,17	0,3	0,9	126
Us6 7,00	7	4,685	3,239	0,095	0,199	0,027	0,87	0,364	0,188	7	3,05	0,046	0,189	0,9	1,3	599
Ls7 7,13	7,13	4,425	2,42	0,067	0,186	0,015	0,212	0,103	0,173	x	1,77	0,028	0,374	<0,2	0,5	309
Us8 7,83	7,83	5,025	2,621	0,133	0,398	0,069	0,538	0,168	0,322	12	3,31	0,013	0,13	<0,2	1,2	41
Ls9 6,64	6,64	3,21	1,742	0,199	0,19	0,507	0,327	0,236	0,186	2	1,4	0,03	0,19	3,1	0,2	634
Us10 6,73	6,73	5	3,191	0,181	0,28	0,082	0,573	0,15	0,227	6	1,5	0,01	1,01	0,7	0,9	898
Ls11 6,98	6,98	3,8	2,05	0,268	0,38	0,058	0,574	0,193	0,199	9	1,57	0,016	0,085	0,6	3,6	308
Net 7,67	7,67	8,825	2,006	1,263	70,16	1,02	10,768	28,221	0,27	59	42	0,033	0,089	324,5	2,2	0
Ne2 7,75	7,75	9,05	1,01	0,685	42,3	0,6	3,852	16,568	0,273	34	18	0,036	0,76	284,4	5,6	0
Ne3 9,45	9,45	11,425	0,027	0,057	28,17	0,584	6,861	4,933	0,27	185	3	0,015	0,137	170,7	4,9	0
Nst 7,50	7,5	3,15	0,964	0,599	1,239	0,218	0,543	0,328	0,303	81	14,16	0,066	0,181	16,6	14,9	10
Ns2 7,44	7,44	3,8	0,988	0,548	1,195	0,265	0,386	0,189	0,305	119	25,37	0,075	0,174	25,3	16,4	10
Nwt 8,11	8,11	3,71	0,5	0,398	2,718	0,536	0,892	0,176	0,191	77	9	0,033	0,161	33,3	4,3	0
Nw2 8,69	8,69	3,66	0,494	0,472	2,922	0,454	1,175	0,199	0,189	79	12	0,048		31,1	4,5	0

A Albien

N: Néocomien

C: craie

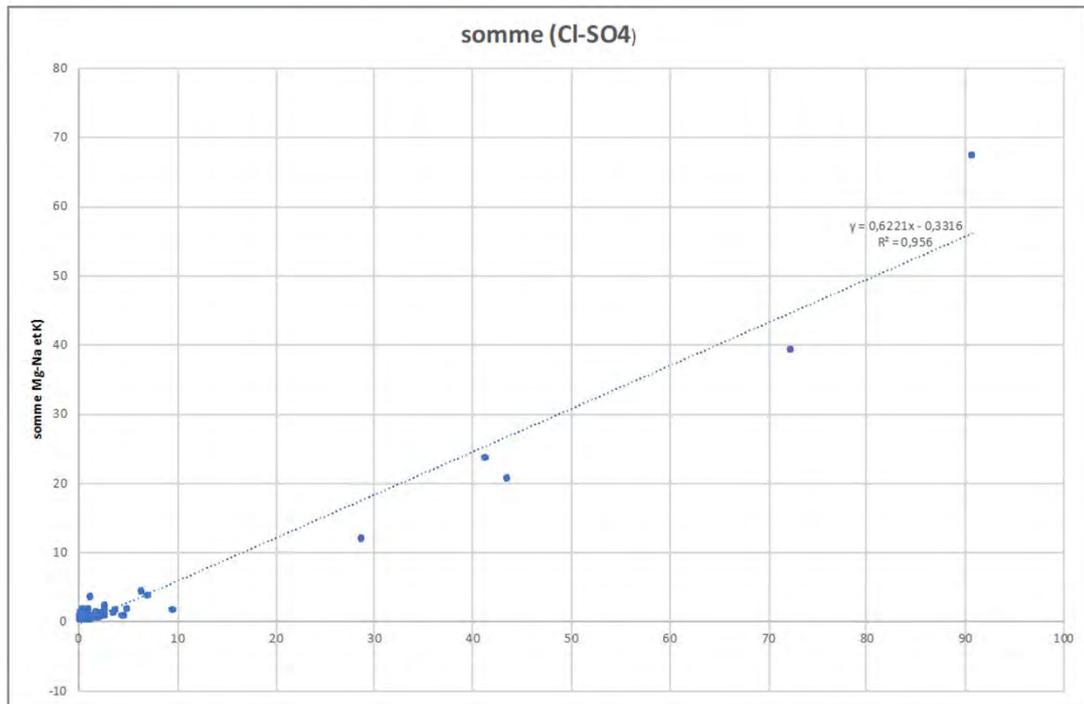
L: liège

J: Jurassique

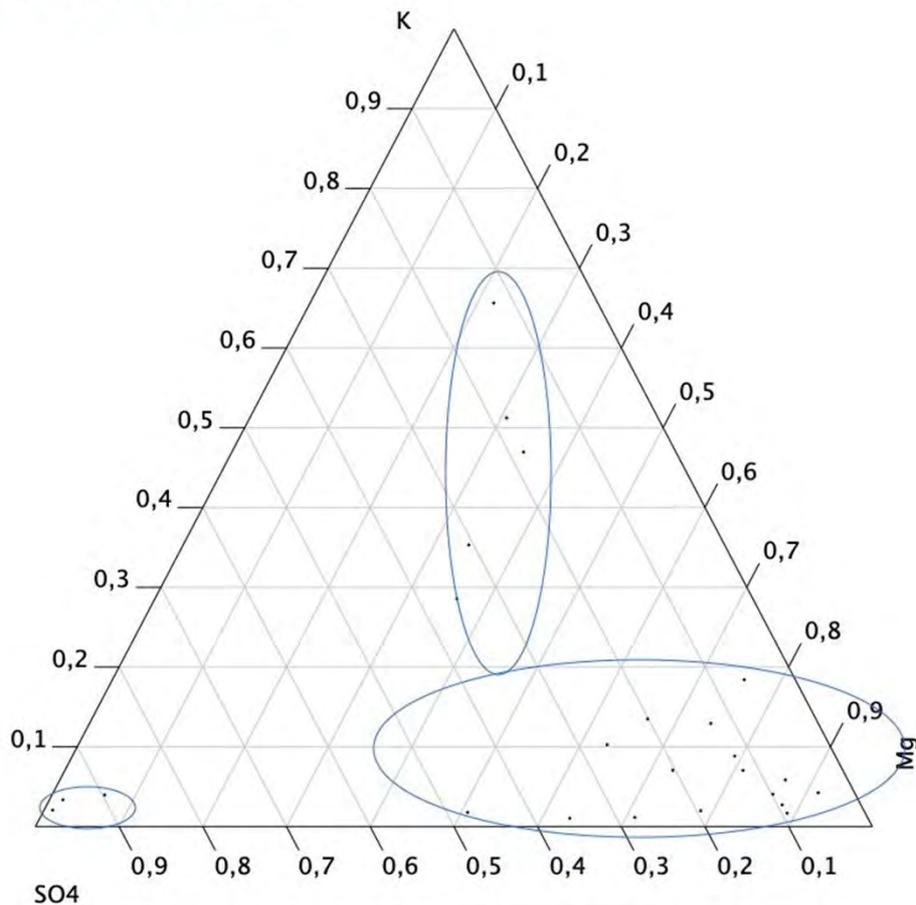
* en mmole/l

** en µmole/l

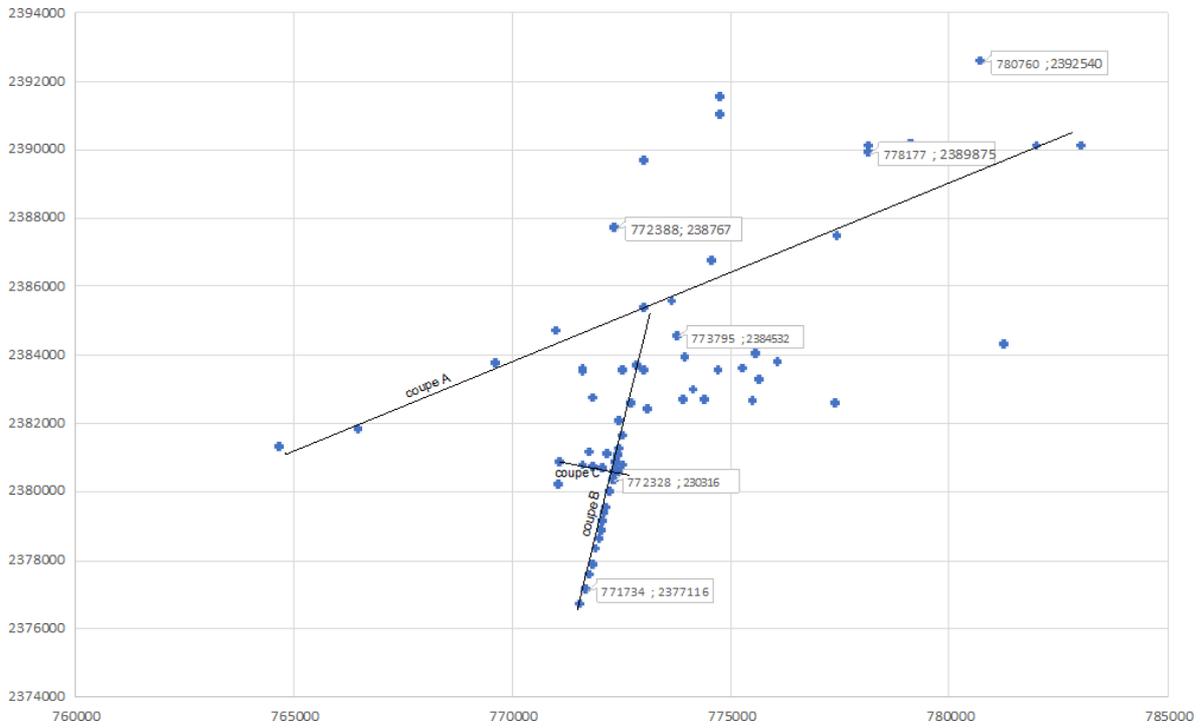
Relation entre éléments de la nappe de l'Albien



Trois types d'eaux albiennes

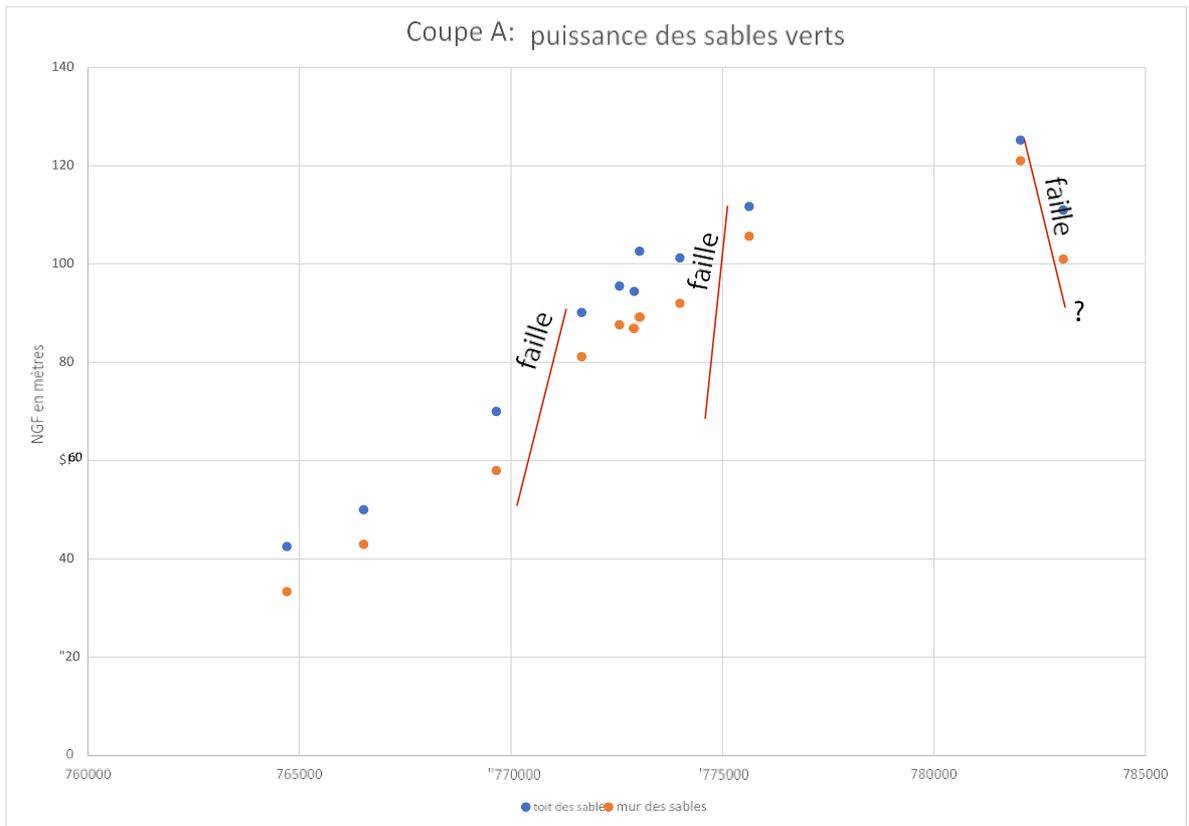


Forages étudiés



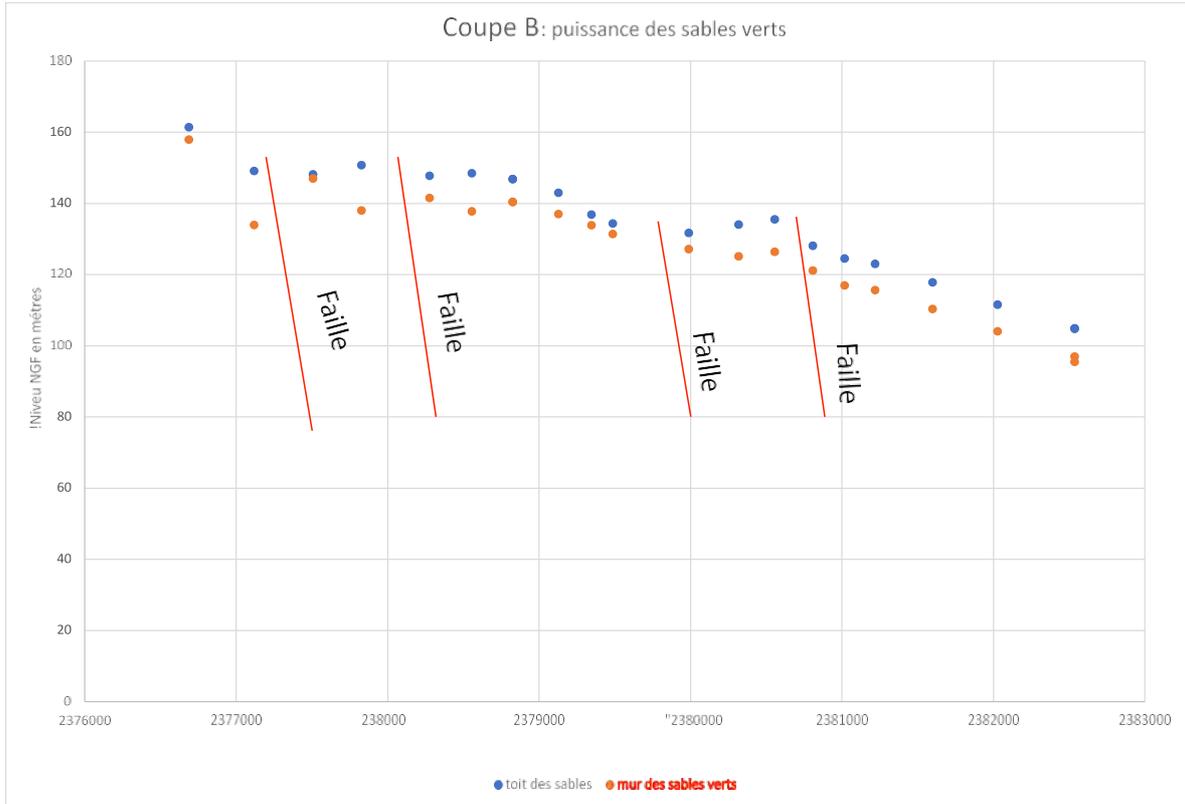
SO

NE



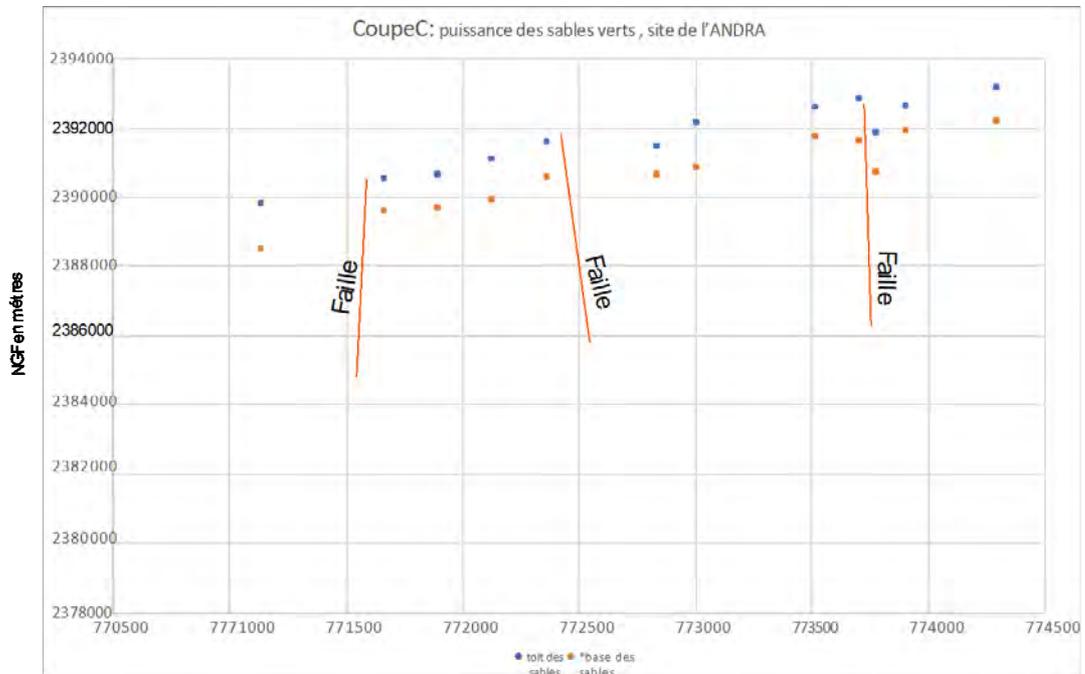
SSO

NNE

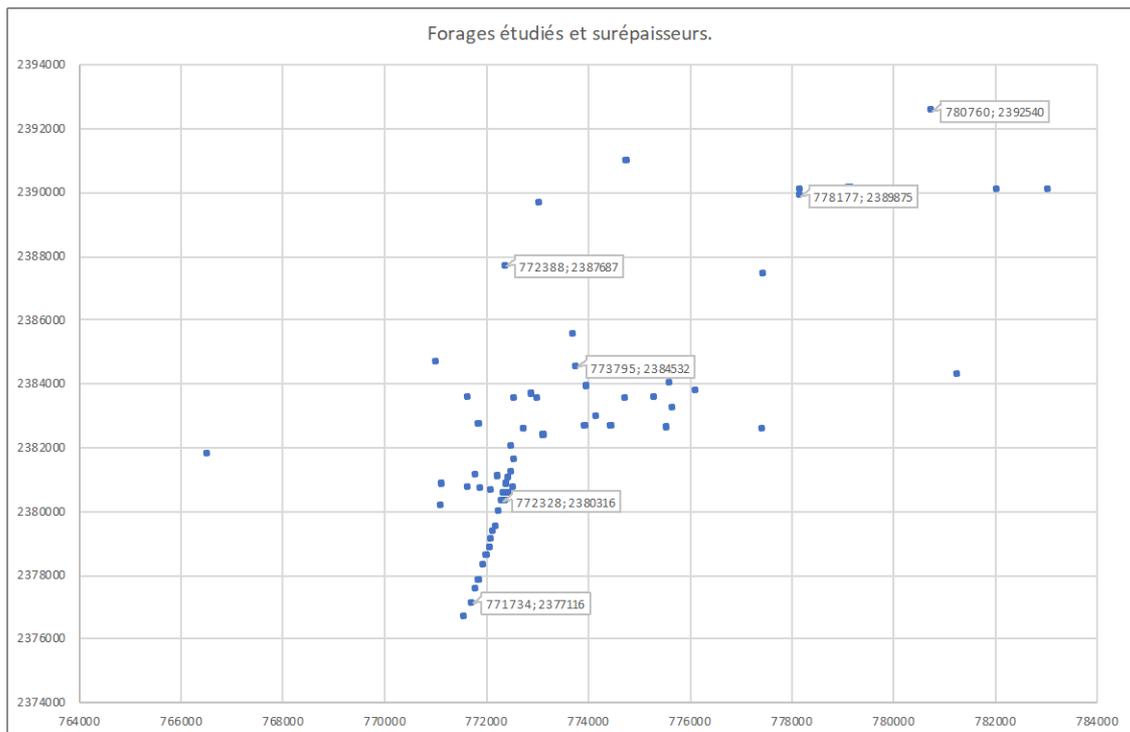


ONO

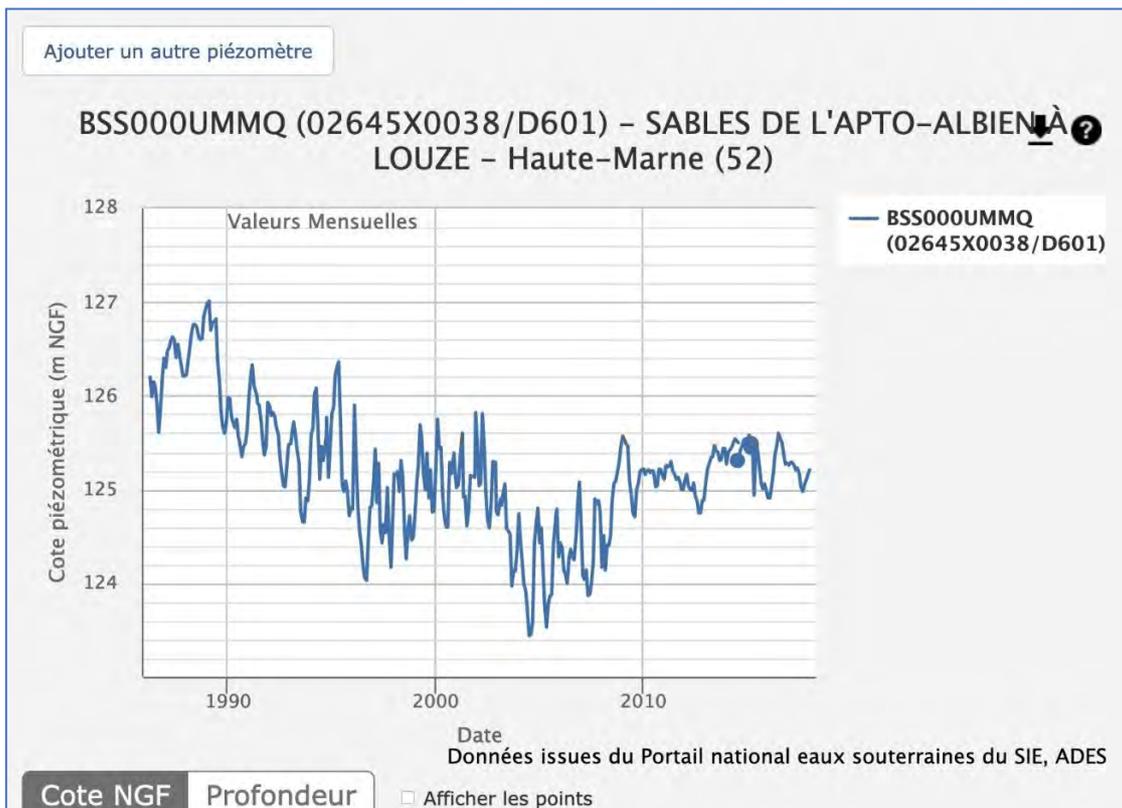
ESE



Surépaisseurs observées

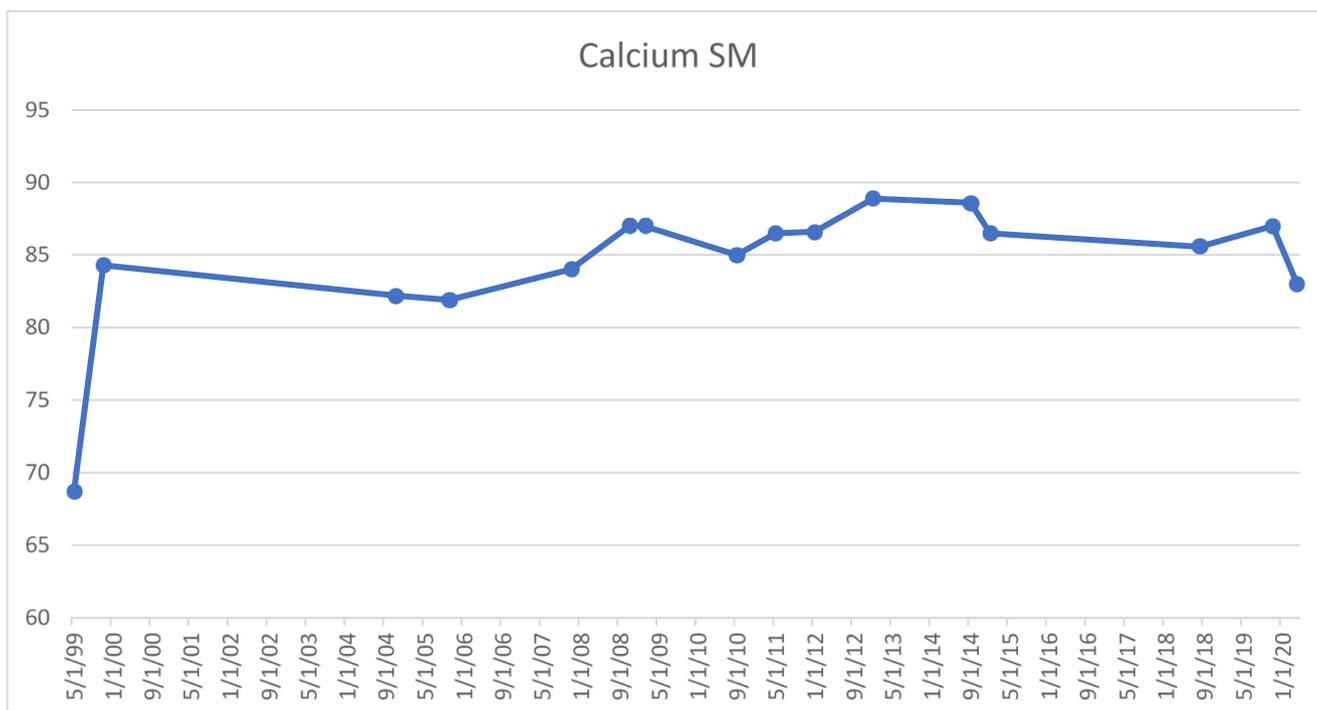
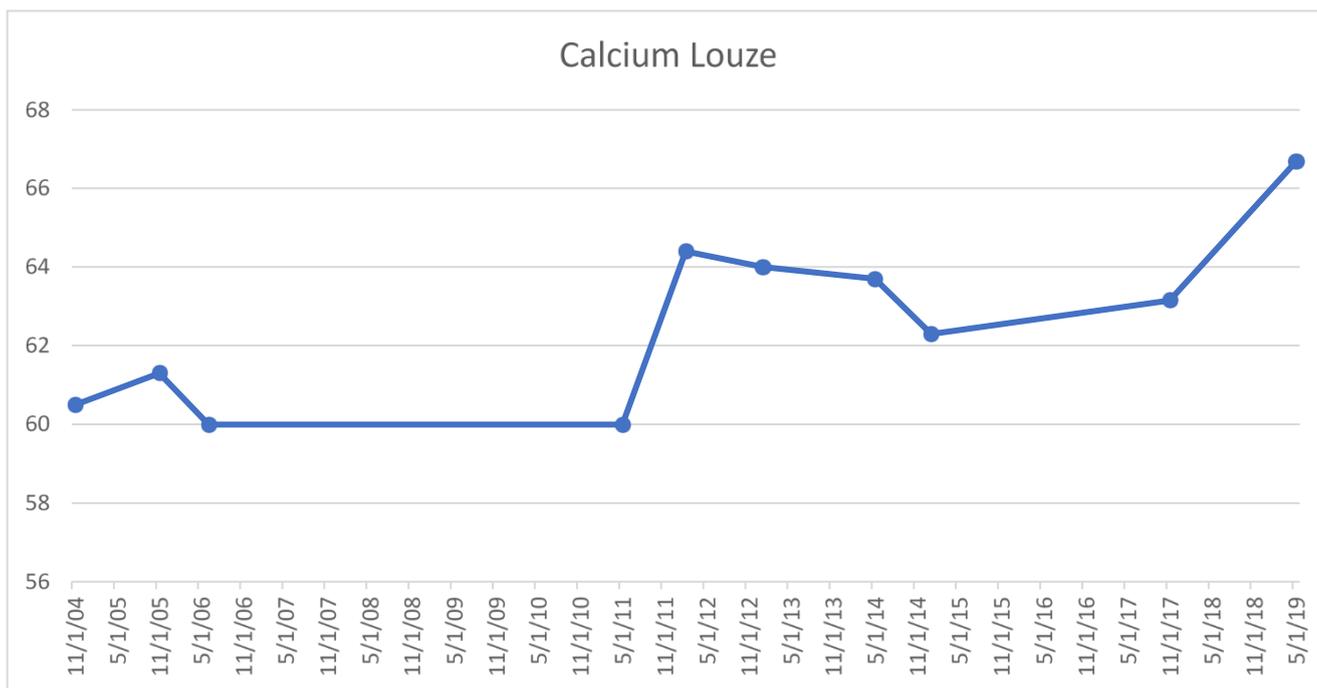


Piézométrie à Louze

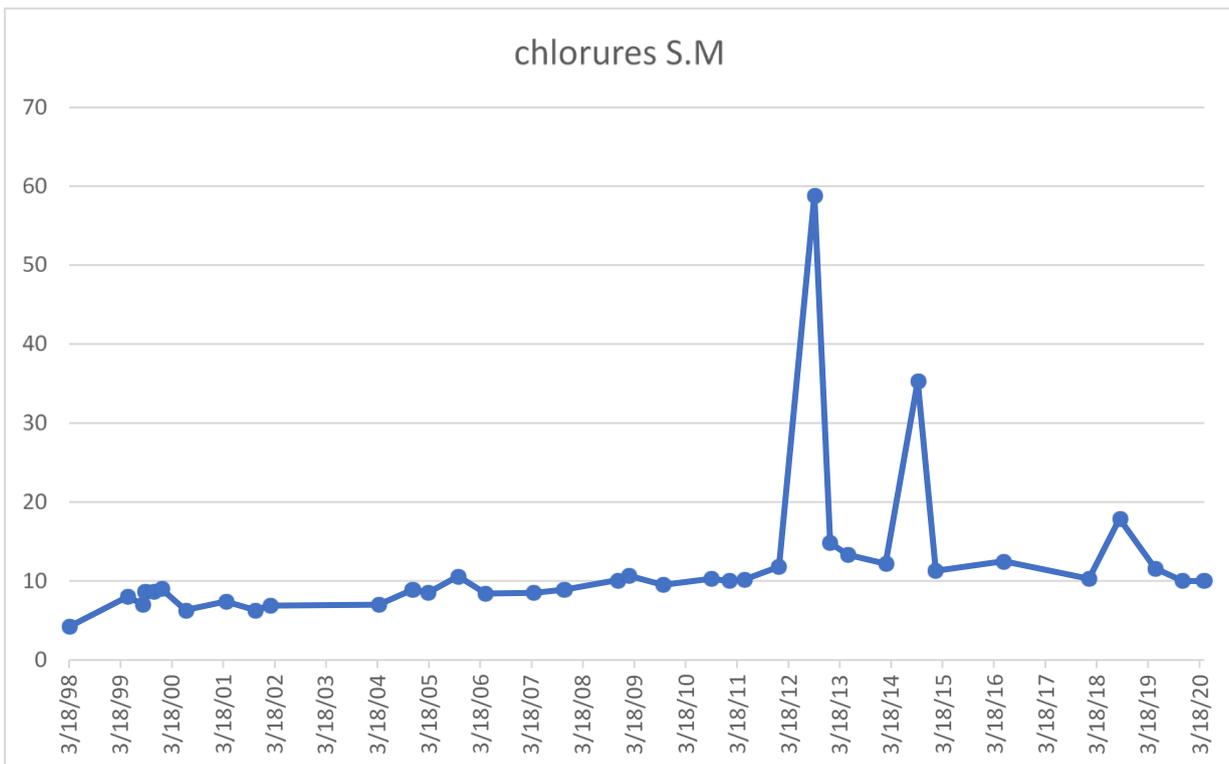
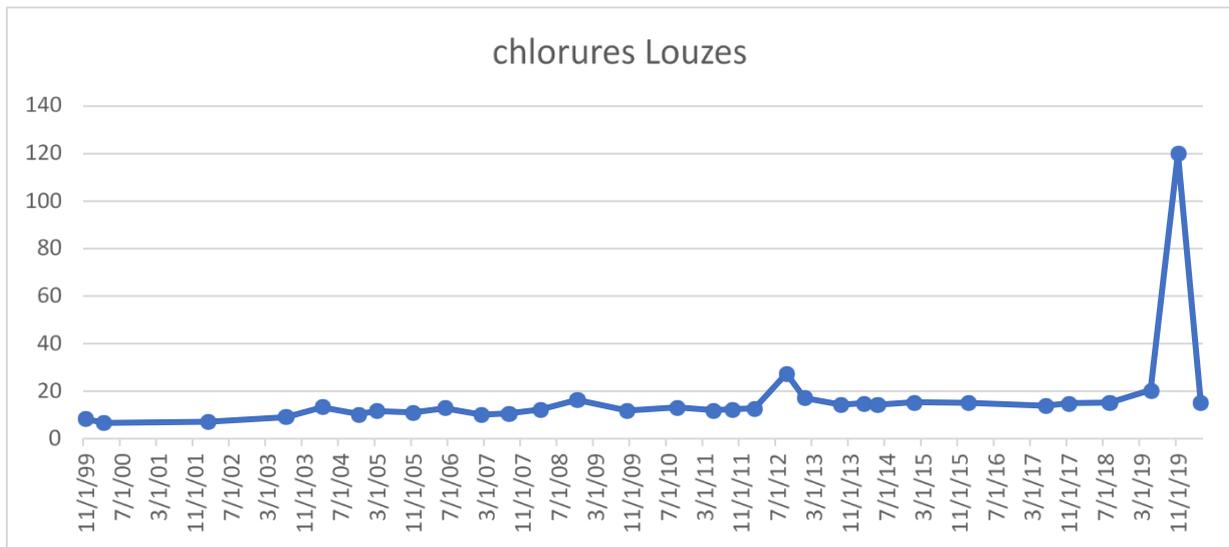


Eau de l'AEP de Rive deroise (Louze)

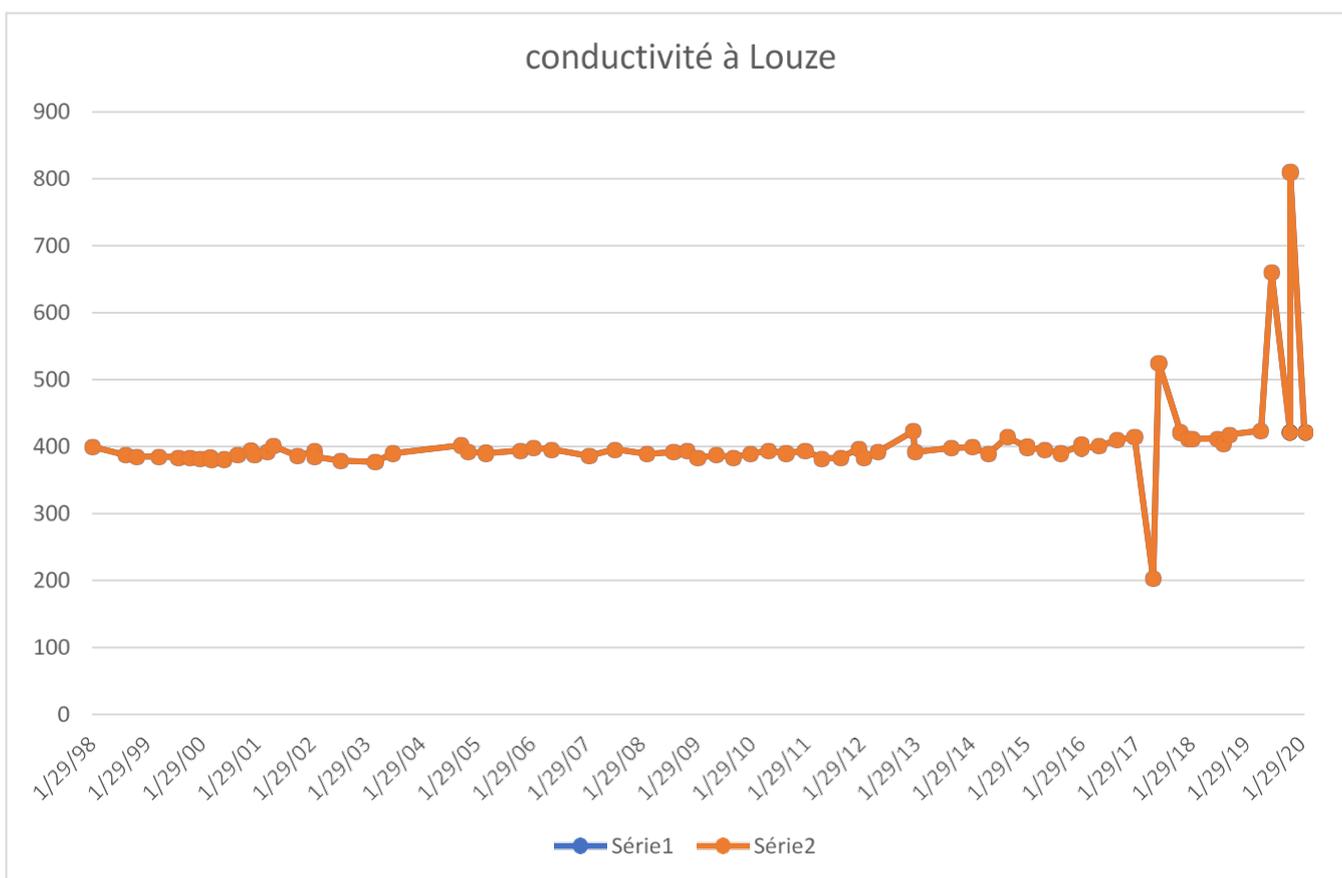
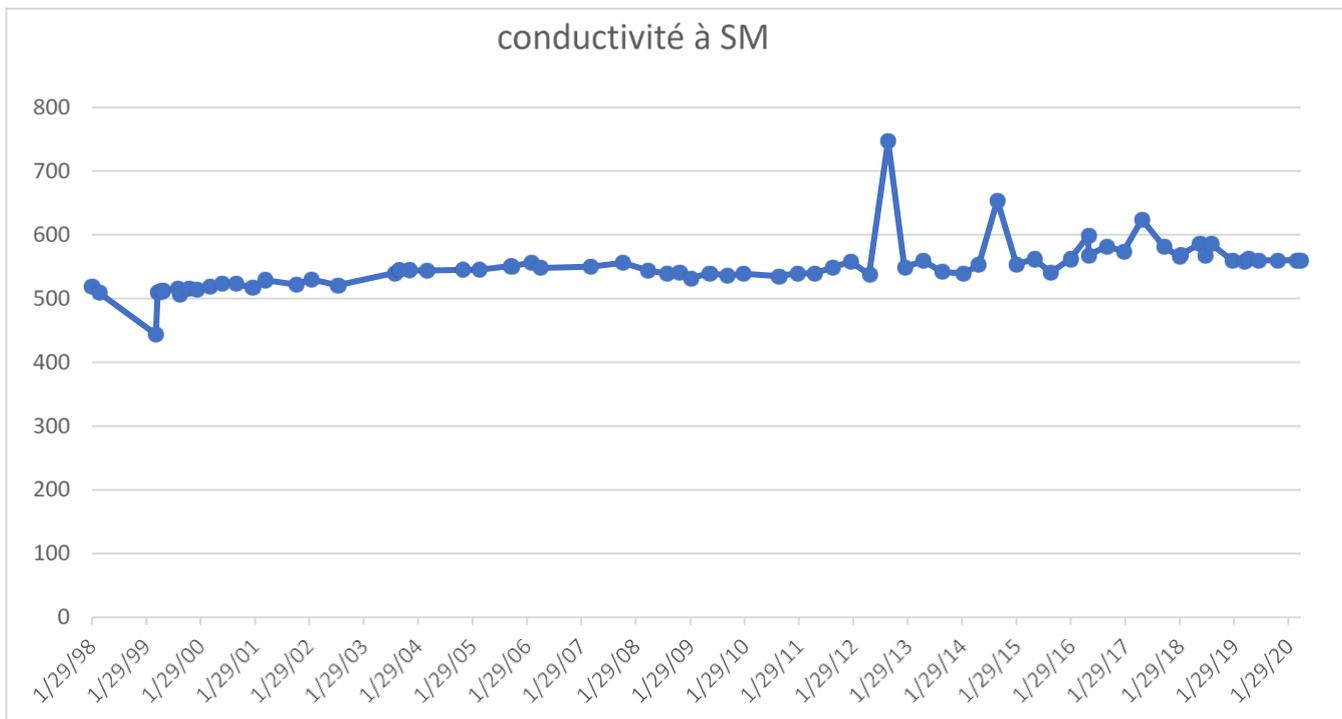
dates	calcium	chlorures	lucativité (µS à	fer (µg/l)	magnésium	nitrate	orthophosphate	potassium	silice	sodium	sulfates	TAC	TH
29/01/1998			400	60		3,6 mg/L							
10/09/1998			387	60		2,3							
17/11/1998			385	60		<1							
15/04/1999			385	60									
25/08/1999			384	90		<1							
08/11/1999		8,3	383	60		18							20
14/01/2000			382	60									
26/03/2000			383	60		<1							
29/03/2000		6,6	380										20
22/06/2000			381	60		<1,0							
20/09/2000			387	520		<1,0							
17/12/2000			393										
11/01/2001			387	20		<1,0							22
04/04/2001			392	60		<1,0							
13/05/2001			401	50		<2,0							
24/10/2001			386	60		<1,0							
11/02/2002			393	79		<1							
11/02/2002		7,1	385										24
07/08/2002			379	60		0,5							
08/01/2003			377	320		0,8					35,5		18
11/02/2003				69									
25/03/2003				10									12
17/07/2003		9	390	56		<1,0							
25/03/2004		13,2	402			<1,0					33	14	18
18/10/2004				1823									
29/11/2004	60,5	10,3	392	260	6,4	<1,0		2,1		9,6	34,5	14	17
24/03/2005			391	90		0,089							
24/03/2005		11,6	390	180		0,044					33,9	15	18
15/11/2005	61,3	11	394	40	6,3	<1,0		2		10,7	33,3	14	19
06/02/2006			398			<1							
06/06/2006	60	12,8	396	260	6,5	<1,0		2,1		11	34,5	15,9	17,7
13/02/2007		10,1	386	200	6,4	<1,0		2,3		9,8	35,4	14,7	18,1
02/08/2007		10,6	396			<1,0					36,5	14	17
05/03/2008		12,2	389	78		<2,0					35,3	14,8	18
27/08/2008			392	78		<2,0							
26/11/2008		16,2	394	817		<2,0					36,1	15,2	17,7
04/02/2009			383	248		<2,0							
08/06/2009			387	980		<2,0							
01/10/2009		11,8	384	225		<2,0					35,8	14,7	17,9
19/01/2010			389	172		<2,0							
19/05/2010			394	61		<2,0							
15/09/2010		13,1	390	151	6,5	<2,0		2,2		10,1	37	14,6	18
19/01/2011			394	90		<2,0							
12/05/2011	60	11,9	382	270	6,7	<2,0		2,2		9,1	36,9	14,3	17,6
12/09/2011		12,3	383			<2,0					36,7	14,4	18
10/01/2012			397	80		<2,0							
15/02/2012	64,4	12,7	384		6,3	<2,0		2,2		9,6	38,1	14,8	18,4
15/05/2012			392	<50		<2,0							
19/09/2012		27,4	423	120		<2,0					42,6	16	18,1
07/01/2013	64	17,1			6,2	<2,0		2,1		13,9	38,8	14,9	18,1
17/01/2013			392	50		<2,0							
17/09/2013		14,2	398			<2,0					41	14,5	18,6
06/02/2014		14,9	399	451		<2,0					43,3	14,5	18,6
21/05/2014	63,7	14,2	389	174	7,2	<2,0		2,2		9,4	40,9	14,8	18,4
23/09/2014			414	540		<2,0							
28/01/2015			400	21		<2,0							
28/01/2015	62,3	15,3	398		7,1	<2,0		2,1		10,4	40,2	14,2	18,1
28/05/2015			396	1061		<2,0							
16/09/2015			390	57		<2,0							
26/01/2016			402	135		<2,0							
26/01/2016		15,1	397		6,1	<2,0		2,1		10	41,8	14,1	18,2
26/05/2016			401			<2,0							
26/09/2016			410			<0,5							
17/01/2017			414	171		<0,5							
22/05/2017			203	114		<0,5							
26/06/2017		13,8	525	964		0,5					45,2	14,4	21,5
19/09/2017			421	82,3		<0,5							
19/11/2017	63,15	14,9		666	6,82	<0,5	0,59	2,2	23,2	9,5	46,3	14,6	16,3
08/01/2018			412	246		0,5							
06/02/2018			412	246		0,5							
20/07/2018			412	15,9		<0,5							
29/08/2018		15,2	404	564		<0,5					44,7	13,6	17
09/10/2018			418	14,7		<0,5							
05/02/2019			424	81,7		<0,5							
07/05/2019	66,69	20,4		40	6,48	<0,5	0,27	2,4	21,9	13,3	47,4	20,8	17,8
17/07/2019			660	66		<0,5							
18/11/2019			420	28		<0,5							
18/11/2019		120	810		6,5	<0,5					46	14,1	18,2
21/02/2020			420	700		<0,5							
minimum	60,0	6,6	203,0	10,0	6,1	0,0	0,3	2,0	21,9	9,1	33,0	13,6	12,0
moyenne	62,6	16,8	403,6	231,5	6,5	2,6	0,4	2,2	22,6	10,5	38,9	14,8	18,3
maximum	66,7	120,0	810,0	1823,0	7,2	18,0	0,6	2,4	23,2	13,9	47,4	20,8	24,0



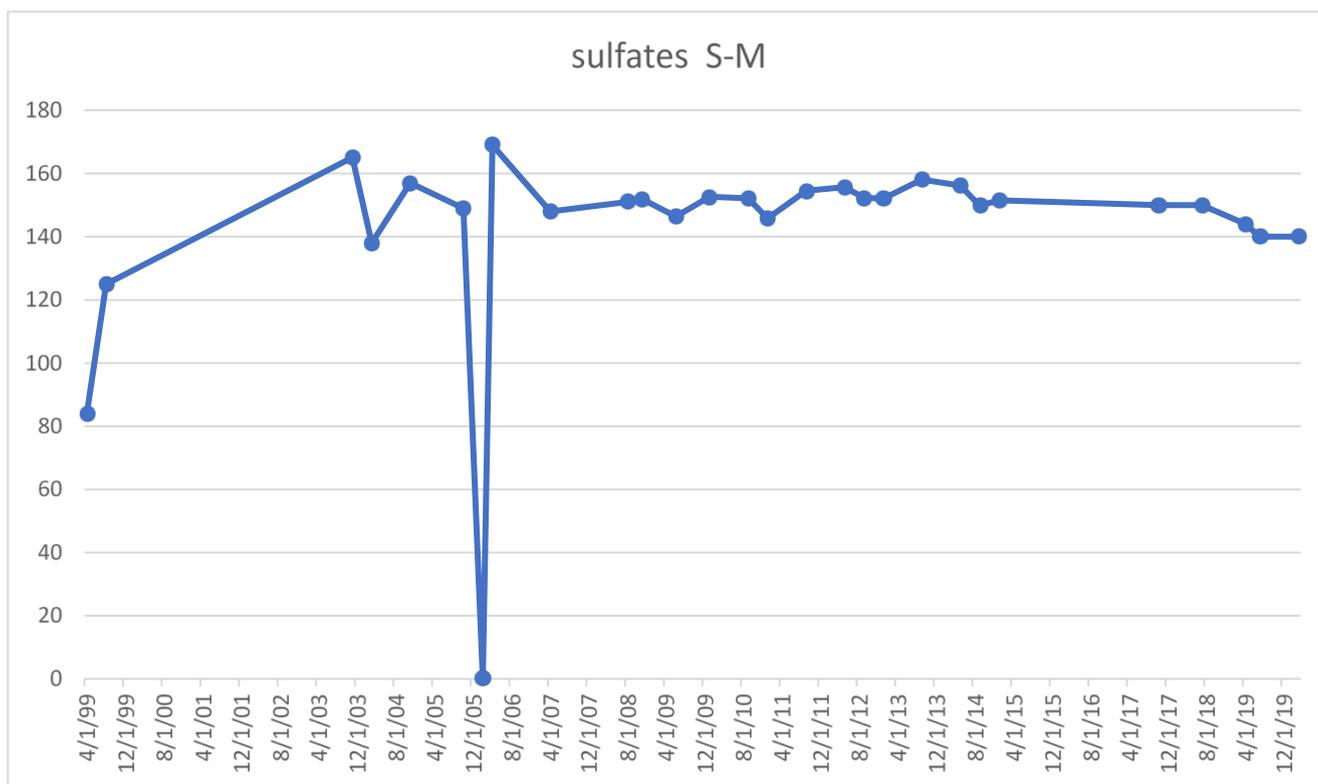
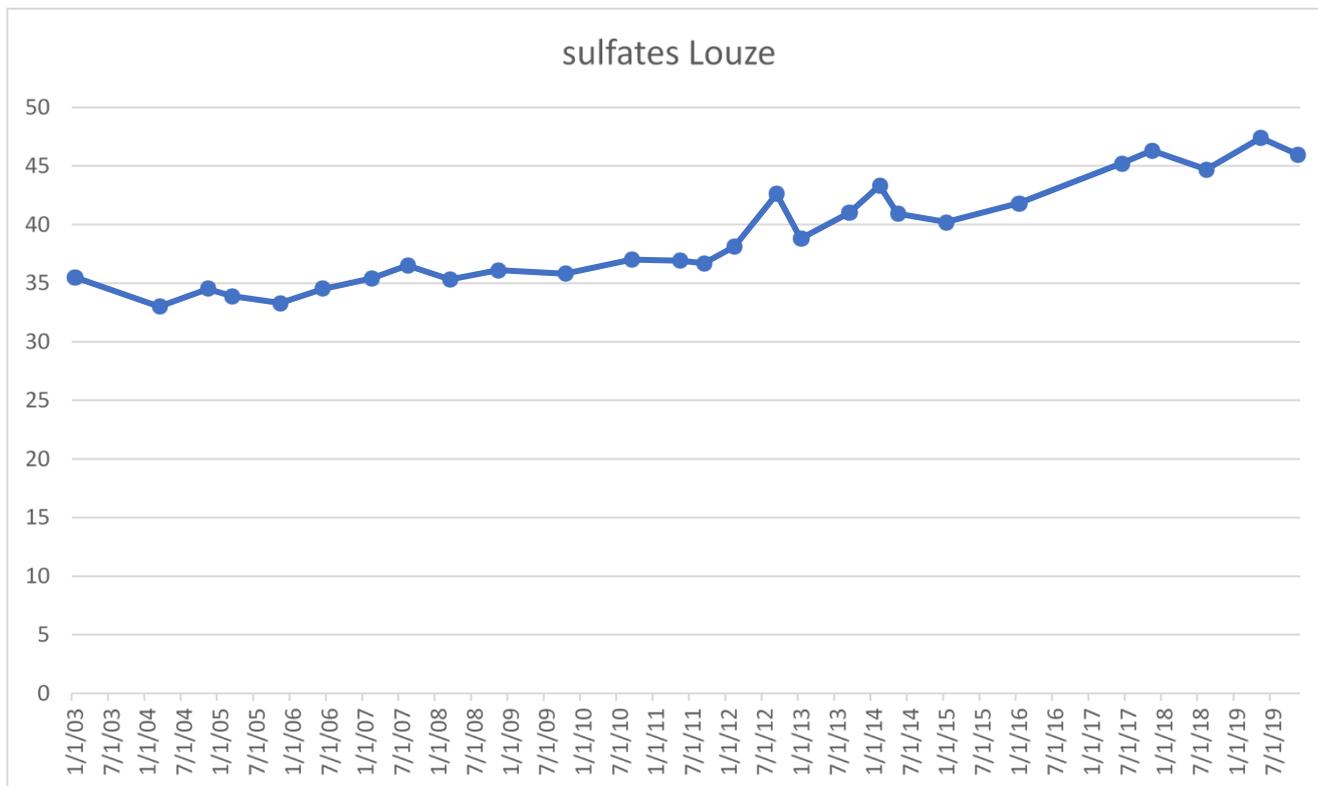
Évolution du calcium



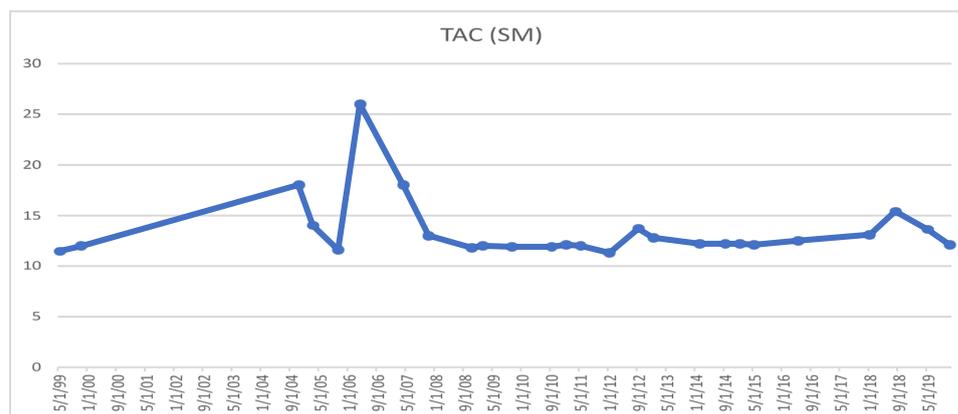
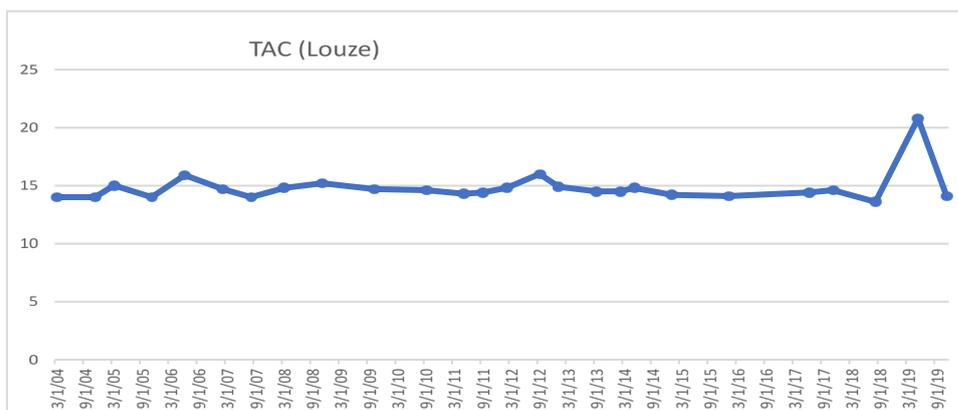
Évolution des chlorures



Évolution de la conductivité



Évolution des sulfates



Évolution du TAC

Documents consultés

ADES : ades.eauxfrance.fr

Amédéo F., Matrimon B., Deconinck J.F., Huret E., Landrein P. (2017) - Les forages de Juzanvigny (Aube, France) : litho-biostratigraphie des formations du Barrémien à l'Albien moyen dans l'est du bassin de Paris et datations par les ammonites. *Geodiversitas*, pp. 185-212

Benoit P. (2014) – Impact des épandages d'effluents agro-industriels sur les nitrates de la nappe libre de la craie. Exemple du sud-ouest champenois. *Eur. J. water qual.*, pp.1-14

Benoit P., Spéléo club aubois. (2019) - Étude de l'eau de la galerie captante de Vosnon (Aube), à destination de la commune de Vosnon.

Banque de données du sous-sol

Géoportail : www.geoportail.gouv.fr

Kaelin J-L. (1998) - *Région de Soulaïnes (Aube, France). Géologie, hydrogéologie et géotechnique*, 161 p. ANDRA. Ministère des Solidarités et de la Santé. Qualité des eaux potables

Lauvergeat J. (1967) - *Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de l'Albien dans le centre du bassin de Paris*. Thèse de la Faculté des sciences de Paris pour obtenir le titre de Docteur de troisième cycle, spécialité Géodynamique externe (mention hydrogéologie).

Raoult Y. (1999) - *La nappe de l'Albien dans le bassin de Paris : de nouvelles idées pour de vieilles eaux*. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI

(1) Pierre Benoit, expert géologue, cours d'appel administrative de Nancy, Association Géologique Auboise, 9 rue F. Gentil, 10000 Troyes

TOUR DE FRANCE 2020

Aide au commentaire géologique par Patrick DE WEVER,

Professeur émérite Muséum national d'Histoire naturelle



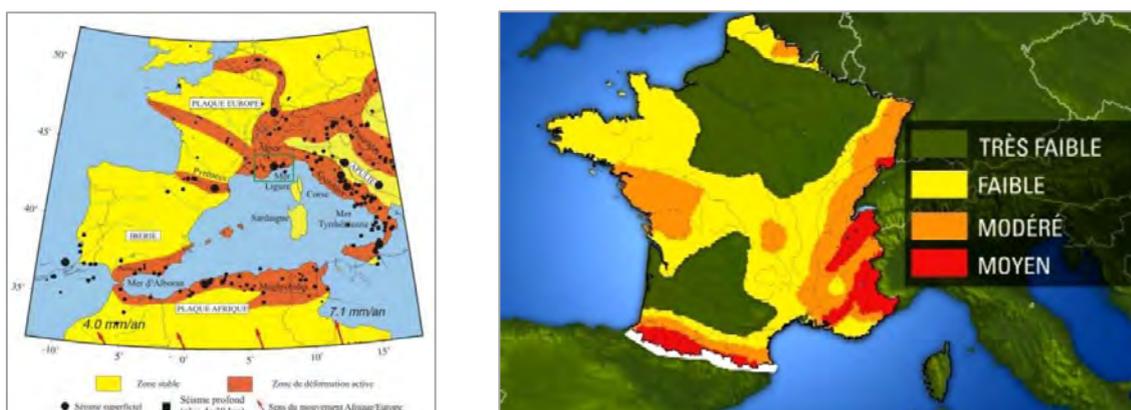
Merci à Philippe Leroux pour le report du circuit sur la carte géologique, à lui et Dominique Leroux pour une relecture des textes, à Marc Blaziot et Annie Lacazedieu (GeolVal) pour leurs suggestions sur la vallée d'Aspe et à Alexandre Lethiers pour de nombreux dessins.

SAMEDI 29 août / Nice Moyen Pays Nice

Risques sismiques

Du fait du rapprochement de la plaque Afrique de celle de l'Europe (vitesse de 4 à 7 mm/an), surtout marqué par la montée de l'Italie vers le nord-ouest, la région est soumise à des séismes.

Les Alpes-Maritimes sont parmi les zones les plus sismiques de la chaîne des Alpes. La sismicité est principalement concentrée sur le flanc nord du massif du Mercantour.



Zones concernées par les séismes

Les séismes se produisent à terre ou en mer. Ces derniers peuvent conduire à des raz-de-marée (les médias semblent préférer dire tsunami). A l'exception de l'événement de 1979 (vague associée à un glissement sous-marin près de l'aéroport), les raz de marée sont faibles.

Langage impropre

On entend souvent le mot **épicentre**, pour signifier le centre, le foyer, le centre de gravité, le barycentre ... en fait ce mot est impropre car l'épicentre est le point à la surface du globe le plus proche du foyer, du lieu du séisme (l'hypocentre). Ce n'est pas le point d'origine. Foyer est plus approprié.

Les derniers séismes fortement ressentis par la population datent de 1989 et 1995. L'intervalle de temps moyen qui sépare deux séismes de magnitude supérieure à 4,0 est d'environ 3 ans. Des séismes de faible magnitude se produisent donc de façon quasi continue dans la région.

Le glissement sous-marin de l'aéroport de Nice (1979)

il n'est pas forcément lié à un séisme

Le 16 octobre 1979, à 13 h 54, la mer se retire brusquement de plusieurs mètres sur une portion de côte de 60 km environ, entre Cannes et Menton. Ce retrait est suivi à 13 h 58 par l'effondrement sous la mer d'une partie du chantier du nouveau port de Nice, emportant les personnes présentes au moment de l'accident et le matériel situé sur la digue en construction. A 14 h 02, le niveau de la mer remonte et provoque des dégâts, notamment à Antibes.

La vague la plus importante dépasse 3 m de hauteur au port de la Salis, à 2 km au sud d'Antibes. Ce n'est qu'à minuit que le niveau de la mer redevient normal.

Ce glissement a mobilisé 100 millions de m³ de sédiments le long de son parcours. Ce matériel, en glissant vers la plaine abyssale, suivit le trajet du canyon du Var et provoqua la rupture de deux câbles de téléphones sous-marins

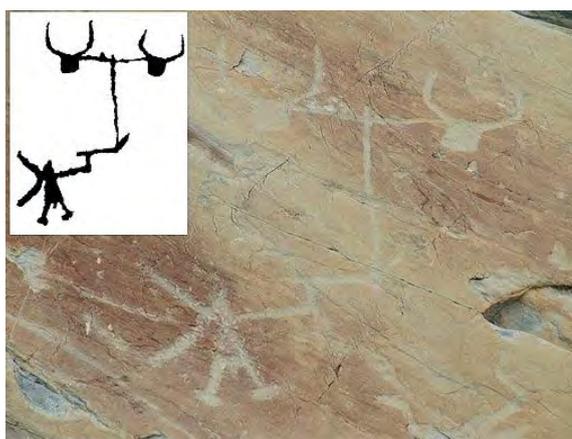
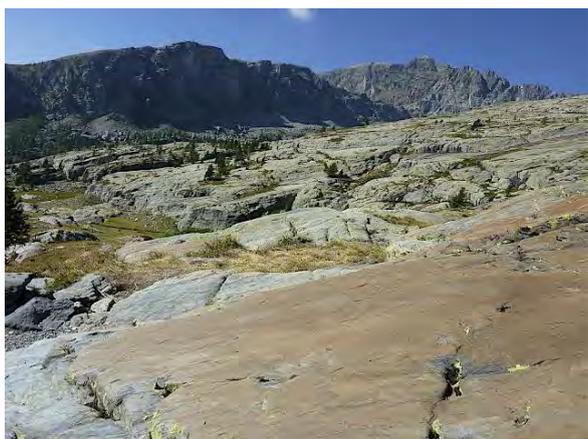
DIMANCHE 30 AOÛT / Nice Haut Pays Nice

Des pétroglyphes sur les roches polies par les glaciers

Les glaciers du Quaternaire ont poli des roches sur lesquelles des gravures préhistoriques sont visibles : les pétroglyphes de la vallée des Merveilles.

A mi-course : proximité du Massif cristallin du Mercantour, l'un des plus sauvages et des plus variés de France, très marqué par les **glaciers**.

On y trouve la **Vallée des Merveilles**, célèbre pour ses **pétroglyphes**. On en connaît 100 000 dont 37 000 figuratives, datant de l'âge du cuivre et de l'âge du bronze (- 6000 à -1000av. E.C.). Ces gravures sont souvent trouvées sur des surfaces polies par les glaciers.



Gauche : Dalles polies par les glaciers avec gravures (de Fontanalbe). En Arrière-plan : le Mont Bego © GregorSeither / CC by-sa3.0)

Droite : Un homme avec un araire attelé à deux animaux. Voie sacrée de la vallée de la Fontanalbe © Tousleso /cc-by-sa- 3.0)

C'est par le Mercantour que le **loup** a fait son retour en France en 1992 depuis l'Italie (il n'a pas été réintroduit comme on l'entend souvent). Depuis, son extension en France augment d'env. 12 % par an.

LUNDI 31 AOÛT / Nice - Sisteron

Des sirènes, un vélodrome, des pénitents, une barrière naturelle

L'étape du jour offre une variété de curiosités dont plusieurs uniques au monde : des sirènes fossiles vers Castellane, une catacombe du Jurassique exhumée à Digne-les-Bains et un vélodrome naturel à proximité, un défilé de pénitents pétrifiés en rejoignant la vallée de la Durance et enfin, une barre rocheuse qui sépare le Dauphiné de la Provence.

Barème : un étalon de temps

Digne : 1^{er} Géoparc au monde (UNESCO)

Castellane

Copenhague possède sa petite sirène. Notre pays aussi possède ses sirènes.

A 8 km de Castellane, sur la route qui mène vers Digne-les-Bains, près du col des Lèques se trouve un troupeau de sirènes qui sont là depuis... 40 millions d'années !

On peut voir leurs os derrière une vitre. Ces os, coquetterie de sirènes, sont roses !



Ravin de Tabori, vue générale du site. Une vitrine protège les os, en pleine nature © RNN GHP

Site unique au monde, les sédiments dans lesquels ces os sont conservés ont été bousculés quand les Alpes se sont élevées, et les couches qui les renferment sont aujourd'hui presque à la verticale. Siréniens = mammifères marins appelés (= vaches marines), se nourrissent d'algues et de plantes aquatiques. Ces siréniens vivaient principalement près des côtes dans les régions chaudes. Ancêtres des lamantins et des dugongs (leur seul nom rappelle bien moins l'élégance).



Des os de siréniens du ravin de Tabori. La photo de gauche montre plusieurs côtes, celle de droite montre trois côtes et une vertèbre. © RNNGHP



Siréniens au musée de la Maison Nature et Patrimoine de Castellane. Le squelette, en blanc et une reconstitution © Alpes de Haute Provence / CC BY 2.0)

Digne-les-Bains : une catacombe du Jurassique exhumée

La région de Digne-les-Bains est très riche en objets géologiques remarquables une Réserve nationale y est créée très tôt, dès 1984, et la création du premier géoparc au monde. D'abord de valeur européenne puis de valeur mondiale quand ce label a été reconnu par l'UNESCO.

Un intérêt mis en lumière par l'intérêt des Japonais.

En effet les Japonais ont essayé de faire l'acquisition de cette dalle pour la découper et l'emporter chez eux et construire un musée autour. Leur demande a souligné son intérêt international.

Finalement il a été proposé aux nippons d'acheter un moulage de la dalle, ce qui a été fait puis exposé à Kamaishi dans un musée construit à cet effet. Cette relation explique que Digne-les-Bains est jumelée avec cette ville du Japon.

Une couche inclinée montre sur plus de 300 m² plus de 1550 ammonites qui vivaient il ya 200 millions d'années. Cette dalle est **unique au monde**.



Vue générale de La dalle à ammonites de Dignes-les-Bains © Zarmel, CC BY SA



Détail des ammonites de la dalle (largeur de la photo : 1 mètre) © Zarle, CCBY SA

Puisque l'on parle vélo : dans cette région, un peu au nord de Digne-les-Bains se trouve le :

Vélodrome de Haute Provence

[Il s'agit d'une structure naturelle formée par les couches géologiques qui font ressembler le paysage à un vélodrome.](#)

Dans la vallée du Bès, à mi-chemin entre Digne-les-Bains et Barles, au niveau de la clue du Pérouré un sentier permet de monter au vieux village d'Esclangon. De là un sentier s'élève vers le haut de la colline du Serre. La vue vers l'ouest offre un des plus beaux panoramas géologiques des Alpes : le Vélodrome d'Esclangon.



Le **vélodrome** vu de la Serre de l'Esclangon. Vers le tiers gauche et haut) se voit la **Lame de Facibelle**, de la photo suivante © M. Guiomar. La **Lame de Facibelle**, une couche redressée © D.R.

Ce vélodrome nous offre une autre particularité : une sorte de très haut mur appelé la **Lame de Facibelle**. En fait, ce voile de roche de 50 m de haut qui semble surgir de la forêt, est l'une des couches verticalisées. La roche, plus résistante que ses voisines, semble vouloir affronter les injures de l'érosion et les vibrations des séismes.

Juste avant de retrouver la grande vallée de la Durance, que l'on montrera vers le nord, se voit sur la gauche un cortège de pénitents.

Les Pénitents des Mées

Un défilé de pénitents encapuchonnés, des moines d'une taille gigantesque, au sens vrai du terme.



Le village des Mées (à droite) et sa curieuse formation rocheuse : les **Pénitents**, vue de la vallée de la Durance, en regardant vers l'Est © C. Pinatel de Salvator, CC-BY-SA 3.0

La **légende** : vers l'an 800 des moines devaient escorter des jeunes filles que le comte Raimbaud avait ramenées prisonnières de croisade. Mais il dut se résoudre à relâcher ses prisonnières et à les conduire dans un monastère près d'Arles. Le capuchon devait empêcher les moines de les voir, mais le diable... Ils virent de délicieux spectacles. Pêché de concupiscence ! Le châtiment fut exemplaire : ils furent pétrifiés.



Les Pénitents, au-dessus du village des Mées © P. De Wever



Les Pénitents vus depuis le village. On devine le danger que sont ces blocs pour le village © Szeder László / CC BY-SA 4.0)



En décembre 2019, un des pénitents de 3000 m³ s'est effondré sur le village, détruisant complètement 3 maisons, en abimant 2 autres et blessant 2 personnes.

Les roches qui constituent cette falaise sont le produit de l'érosion des Alpes (un conglomérat). Des blocs ont été arrachés et emmenés par les eaux. Ils ont été mélangés, roulés si bien que, à force de se faire rouler ils se sont mis en boule et ont pris la forme de galets. L'ensemble s'est déposé dans une mer qui s'étendait au pied des reliefs, il y a quelques 10 millions d'années jusqu'à il y a 3 millions d'années ; ces blocs, accumulés sur près de 800 m d'épaisseur, constituent aujourd'hui la Plateau de Valensole.

Un tel relief, avec des roches identiques, formées dans les mêmes conditions est connu ailleurs : les Météores en Grèce du Nord.



Les pénitents des Mées © P. de Wever



Les rochers de Météores, Thessalie, Grèce © aspar, CC BY-SA 4.0)

Sisteron : sa barre rocheuse sépare le Dauphiné de la Provence

Il est donc logique que ce lieu de passage privilégié soit gardé par une forteresse stratégique depuis, au moins, la Renaissance.

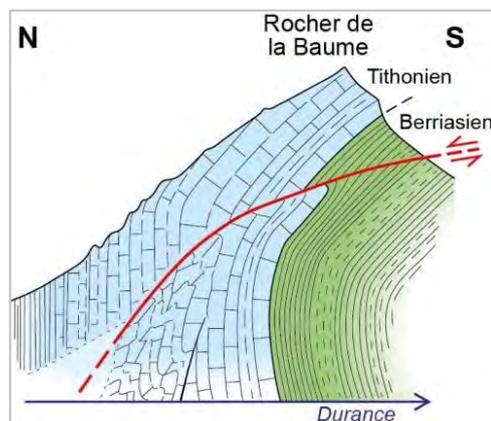
La situation particulière de Sisteron est due à une imposante barre rocheuse incisée par la Durance. L'incision détermine une cluse (terme provençal pour une cluse, du latin *clausus* = fermé). La puissante barre qui constitue une barrière physique et climatique est constituée d'un calcaire très dur qui s'est déposé dans une mer à la fin du Jurassique (Tithonien), il y a 150 millions d'années. La rivière sépare d'un côté le Rocher de la Baume, crête élevée, inhabitée, et de l'autre le rocher, moins impressionnant et défendu par une citadelle sur ce verrou stratégique. (Flèche Nord).



Dauphiné à gauche, Provence à droite

À gauche : La barre calcaire vue du sud-ouest, interrompue par la Durance. Photo de GoogleEarth.

À droite : la barre calcaire, vue de l'ouest, montre bien sa continuité de part et d'autre de la Durance. Photo Google Earth



Le Rocher de la Baume, © J-C. Benoist CC BY 3.0) et le dessin détaillé de sa structuration interne atteste que l'histoire de la mise en place s'est effectuée en plusieurs phases, le basculement vers le sud étant le dernier mouvement.

MARDI 1^{er} SEPTEMBRE / Sisteron - Orcières Merlette

Des reliefs plissés marqués par la râpe des glaciers

Les montagnes, au front des Alpes, ont été plissées quand la chaîne s'est élevée et les vallées portent les traces de la râpe qu'a représenté l'écoulement des glaciers quaternaires.

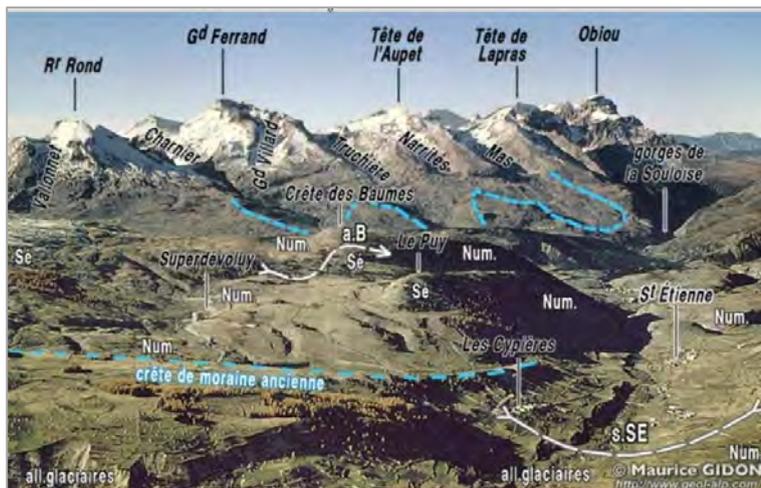
Après Sisteron, la vallée de Laragne est entaillée dans des sédiments noirs, **très tendres**, les Terres Noires" (du Jurassique supérieur) ; les reliefs sont donc très **arrondis**. La vallée elle-même est marquée par les dernières glaciations (surtout celle du Riss, plus que pour le Würm).

Serres : La ville doit son nom à sa position à l'extrémité de la crête rocheuse - un « serre » (*serra* en italien et *sierra* en espagnol...). Elle se trouve à l'aval d'une cluse franchie par le Buëch.



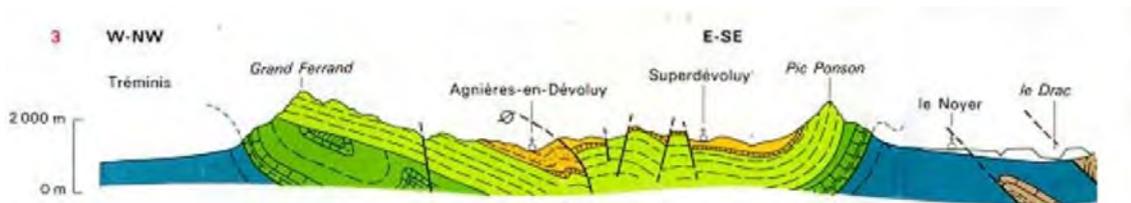
Serres et la crête qui lui donne son nom. © Lion59 / cc-by-sa- 3.0

Après le sprint de Veynes on monte dans le Massif du Dévoluy, par le col du Festre (de 850 à 1450 m). Le plus haut sommet est sur la gauche : 1758 il s'agit du...**Grand Ferrand**



Vue du massif du Dévoluy (le N est vers la droite)

Le Cœur du Dévoluy est une vaste **cuvette topographique et tectonique** (synclinal) dont la partie basse est occupée par des sédiments du Tertiaire (d'env. 40 millions d'années) et des restes de moraines (juste à l'Est de Superdevoluy).



Le Dévoluy est un massif calcaire, typique des Préalpes, très modelé par l'érosion glaciaire. Il est constitué de roches calcaires du Crétacé supérieur avec des **reliefs karstiques** typiques (lapiaz, dolines...).

Dans les environs du petit lac du Sautet (après Les Chaneaux, Les Payas) il est possible d'évoquer les glissements de terrains dus aux dépôts glaciaires, peu stables, qui reposent sur des calcaires. Lors de périodes de pluies abondantes, il peut y avoir des grands éboulements. On en connaît un à 2 km au nord du lac à La Salle-en-Beaumont en janvier 1994.

Du Lac du Sautet on redescend vers le sud dans la vallée du Drac dans le Champsaur.

La vallée du Champsaur où coule le Drac, est d'origine glaciaire. Le glacier était dans le sillon du contact entre les Préalpes calcaires (le Dévoluy, à l'ouest) et le massif cristallin (le Pelvoux), où il a formé une vallée en U.



La vallée du Drac et ses verrous glaciaires

Le glacier disparu, le Drac a recreusé ce fond glaciaire, et y a formé une vallée étroite au profil accusé (« en V »), laissant sur les flancs les restes du lit glaciaire, qui sont aujourd'hui des hautes plaines perchées au-dessus de la rivière, par exemple à Poligny.

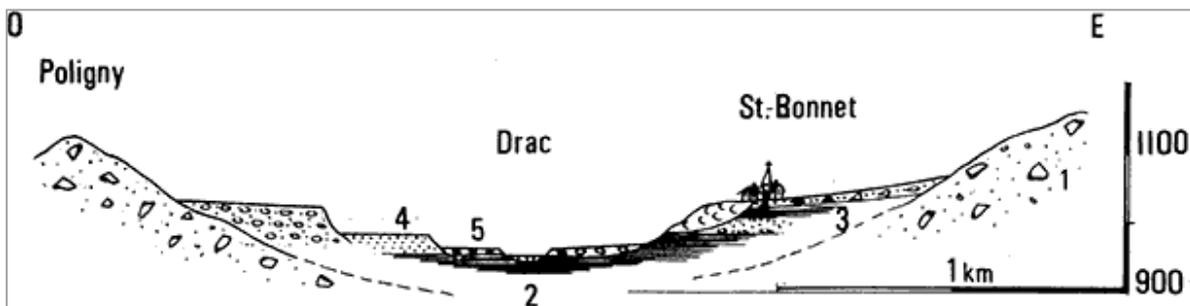


Fig.171. COUPE DES TERRASSES DU DRAC A ST-BONNET.

1. moraine de l'Aulagnier-Poligny (W II, stade 2), 2. argiles glacio-lacustres cataglaciales W II, 3. terrasse glacio-lacustre de St-Bonnet et cône superposé (cataglaciale WII), 4. terrasse inférieure, cataglaciale W III, 5. basse terrasse du Drac (W IV ?). (G.Monjuvent 1978)

La roche est constituée de grès du Tertiaire, les "grès du Champsaur" qui reposent sur le socle du Massif du Pelvoux, lequel correspond aux sommets sur la gauche de la route. A partir de Saint-Bonnet en Champsaur le circuit emprunte la Vallée du Drac-Noir constituée de **sédiments détritiques peu résistants (argiles, grès sableux...)**, premiers témoins de l'érosion des Alpes en cours de surrection donnant une vallée aux formes molles (mais avec quelques cols répertoriés : Aulagnier, St-Léger-les-Mélèzes puis le clou : Orcières-Merlette - place à la course-.

MERCREDI 2 SEPTEMBRE / Gap - Privas

Les cycles astronomiques dans les couches, un étalon international de temps, des roches pour filtres alimentaires

Les couches forment comme des code-barres qui témoignent des cycles astronomiques des mouvements de la Terre autour du Soleil. Certaines sont d'ailleurs des étalons internationaux de l'échelle des temps géologiques. Des roches enfin servent de filtres alimentaires ou pour la pâte dentifrice.

Veynes : les belles alternances de couches laissent deviner la structure.



cliché M. GIDON



La butte de Champerus, vue du sud, depuis la plaine du Buêch
 Ⓟ = chevauchement de Champerus

Les couches du Jurassique (Sequan., Kimm, Tith.) chevauchent celles, plus récentes, du Crétacé (Berriasien), attestant que toute cette masse a été poussée vers l'Ouest (gauche de la figure)

A Serres, le cours du Buêch franchit dans une cluse étroite une forte barre de calcaire du Jurassique (Tithonien) qui se voit d'autant mieux que les terrains plus récents, du Crétacé (Albien-Aptien), sont constitués de marnes, bien plus tendres.

Juste après Serres : on refranchit cette même barre de calcaire dur du Jurassique (avant Montclus) pour retrouver ensuite les mêmes marnes crétacées.

La traversée des Baronnies, où l'on circule, est marquée par des alternances bien rythmées de couches de marnes et de calcaire.

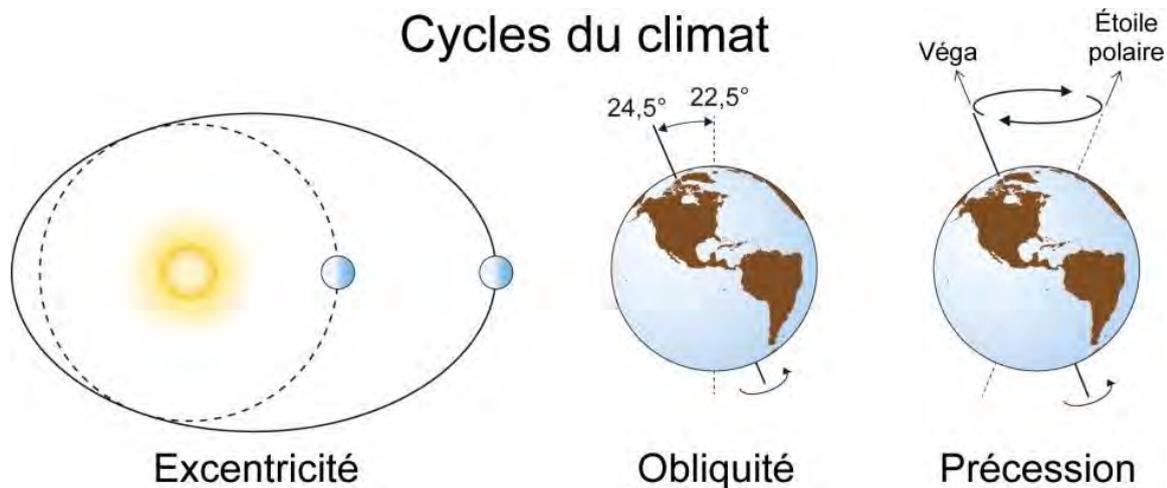
Rythmées comme des code-barres elles traduisent **les mouvements astronomiques de la Terre autour du soleil !**



Alternance régulière des couches : 1 banc calcaire + 1 banc de marne = 20 000 ans. Et ces couches sont en autres associées par paquets de 5 : 100 000 ans

Ces couches sont connues dans le **monde entier**, pour 2 raisons :

1- Leur régularité correspond à des variations parfaitement périodiques du climat liées à la rotation de la Terre sur elle-même et autour du Soleil. Avec des cycles de 20 000 (précession), 40 000 (obliquité) et 100 000 ans (excentricité), les variations de climat sont certes de très faibles variations, mais enregistrées dans les couches !



2- Ces couches sont riches en fossiles d'ammonites qui ont permis de positionner finement la limite entre 2 étages de **l'échelle internationale des temps géologiques** (limite entre le Valanginien et l'Hauterivien). L'endroit où cela a été défini est devenu un site étalon reconnu par les scientifiques du monde entier. Il a donc été aménagé et protégé. (Cf. Bulletin AGA N°40, Reboulet, Le Stratotype de limite (GSSP) de l'étage Hauterivien ; les sites de la Charce, Drôme, Sud-Est France).



*Aménagement et explications du site étalon de La Charce (Drôme).
© Jipaipai / cc-by-sa-4.0)*

Vallée du Rhône

A partir de Nyons on arrive dans le bassin tertiaire de Valréas, qui marque la Vallée du Rhône que l'on traverse vers Montélimar (on parlera du séisme de Le Teil en 2019 demain ? Ou ce jour ? cf avec la journée de demain).

On remonte la bordure est du Massif central en contournant un important massif de coulées de basaltes : le Coiron. Dans le cratère de l'un de ces volcans s'était installé un lac qui nous a laissé une roche très particulière : la **diatomite**.

Une roche à tout faire : la diatomite



Dans le lac vivaient de petites algues, dont le squelette est de la dentelle en silice. L'accumulation des squelettes donne une roche légère, blanche, poreuse. La silice est neutre, cette roche est donc parfaite pour filtrer des produits alimentaires : le vin, la bière, etc.

*La diatomite sert de filtre à de nombreux liquides alimentaires.
© Len Rizzi [Public domain]*

Les italiens utilisaient des "briques légères" (de la diatomite) pour isoler les "saintes- barbes"¹, endroits où l'on entreposait la poudre sur les bateaux. Ils étaient tellement jaloux de leur prérogative d'en posséder qu'ils en interdisaient l'exportation. Le roi Louis XV ordonna donc que l'on recherche ce **matériau stratégique** en France, et c'est à Faujas de St-Fonds, géologue au Jardin du Roi (qui deviendra Muséum National d'Histoire Naturelle) que revient la charge d'identifier des sites en France. Il en découvre vers 1770 : le gisement de Rochesauve dans le massif des Coirons (Ardèche) lequel est encore aujourd'hui un centre de production de briques de diatomites.



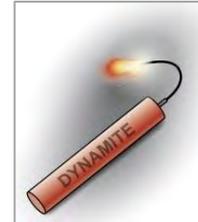
Gauche : Insecte conservé dans une diatomite d'Ardèche. La finesse de la conservation des ailes depuis 7,5 millions d'années 2,5 cm de long, Miocène ; Montagne d'Andance, Saint-Bauzile, Privas, France coll. © Gaëlle Doitteau (CC BY 4.0)

Droite : Coque d'une algue photosynthétique siliceuse : diatomée. Photo au microscope électronique à balayage. La plus grande dimension est de l'ordre de 0,1 mm. Une diatomite contient près de 3 000 coquilles de diatomées / mm³. ©P. Dumitrica.

¹Ce nom viendrait de la martyre Sainte-Barbe qui a été brûlée par son père, car elle préférait la religion plutôt qu'épouser un noble que son père lui avait choisi. Devenue patronne des artilleurs, des mineurs, des forgerons, des géologues

La **porosité** de la roche, sa capacité d'absorption et d'abrasion, sa neutralité chimique lui valent de nombreuses applications (industrie, cosmétique...). Fine porosité + neutralité chimique de la silice = **filtre** de liquides alimentaires (bières, vins, huiles...), eaux de piscine, eaux industrielles, sang humain... Elle est également utilisée comme **charge** dans des peintures, cires, vernis, laques, résines, caoutchouc, papiers à cigarette, encres, produits pour empreintes dentaires...

abrasif, produits à polir : tripoli, pâte, savons minéraux, polissage du bois, de l'écaille, des métaux (nettoyage du cuivre, de l'inox et de l'argenterie) et notamment dans les dentifrices. La porosité = bon absorbant chimique, agent de nettoyage sur des sols, comme réservoir : les bâtons de dynamite par exemple sont des cylindres de diatomite imbibée de TNT insecticide naturel.



L'efficacité abrasive de la pâte dentifrice résulte de son contenu en diatomite. © B.Gonzalez.

Diatomite- La diatomite en poudre est utilisée comme insecticide. Contrairement à beaucoup de biocides, elle est chimiquement neutre. © D.R.

Bâton de dynamite. Pour le transport, sa stabilité est obtenue en stockant le TNT dans une roche poreuse, la diatomite.

La légèreté = constructions architecturales osées : l'énorme dôme de la cathédrale Sainte-Sophie à Istanbul a été possible car la roche est légère.



Dôme en diatomite de Sainte-Sophie. La taille importante du dôme de Sainte-Sophie (Istanbul, Turquie) requérait une pierre très légère : la diatomite. © G. Piolle / CC-BY-3.0

JEUDI 3 SEPTEMBRE / Le Teil – Mont Aigoual

Séisme du Teil, Vallon Pont d'Arc, le charbon de Alès et la soie des Cévennes

L'ouest de la vallée du Rhône est limité par une grande faille : la faille des Cévennes. Celle-ci passe vers Le Teil et a joué il y a un an. La course franchit ensuite cette faille et circule sur le socle qui nous a livré du charbon, vers Alès, et sur lequel ne pousse qu'une végétation qui aime la silice : châtaigniers et mûriers (qui permettent les bas de soie du french cancan).

Le séisme de Le Teil

Le lundi 11 novembre 2019 à 11 h 52, heure locale, la terre a tremblé. Ce séisme a été ressenti jusqu'à environ 200 km au Nord (Lyon) et au Sud (Montpellier, Marseille). Il y a eu quelques blessés, des centaines de personnes déplacées et plusieurs centaines de maisons endommagées dont quelques-unes partiellement éboulées sur la commune du Teil et ses environs (Le Monde 11/11). La magnitude du séisme a été de $\sim 5,2$ à $5,4$ et le foyer de faible profondeur : 1 à 3 km (l'hypocentre).

Le séisme pouvait avoir 2 causes :

1. Rejeu d'une faille plus profonde (la nature, on n'y peut rien !);
2. Une contrainte libérée pour donner suite à un déchargement, lié à l'exploitation d'une carrière (l'homme responsable !).

Aujourd'hui l'idée de la cause anthropique a été abandonnée (cf. rapport CNRS²).

On aperçoit sur la droite de la route, au fond, les contreforts granitiques du Massif central.

Le méandre abandonné de Vallon Pont d'Arc & Grotte Chauvet

Le paysage calcaire est marqué par un relief karstique, sec. L'exemple le plus simple est celui de Vallon Pont d'Arc où l'Ardèche traverse une barre calcaire, abandonnant en même temps un ancien méandre.



*Un joli pont avec une arche naturelle, taillé dans les calcaires urgoniens du plateau de Saint-Remèze
© Jan HagerCC BY-SA 4.0*

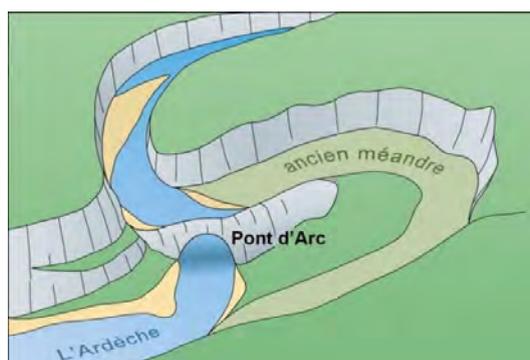


Image satellite du méandre abandonné de Pont d'arc : l'Ardèche zigzague et on distingue le méandre abandonné, aujourd'hui occupé par des prairies et des champs et que suit la route. L'arche surmontant l'Ardèche est bien visible © Google Earth

A proximité immédiate est la célèbre **grotte Chauvet** où sont connues les plus anciennes peintures rupestres (env.36000 ans) avec des animaux représentés en perspective (celle-ci n'a donc pas été inventée à la Renaissance, comme ce fut souvent clamé).

Chevaux et bovins de la Grotte Chauvet. © CC-BY-SA-2.0, flic.kr/p/9x7tZY.



² <http://www.cnrs.fr/fr/seisme-du-teil-rapport-de-la-mission-dexpertise-du-cnrs>

Le socle : charbon des Cévennes, et soie pour le French Cancan

Alès est située le long de la grande faille des Cévennes.

On passe à Alès qui fut un centre de charbonnage des Cévennes, avec la richesse apportée, puis les mouvements sociaux quand les charbonnages ont fermé.

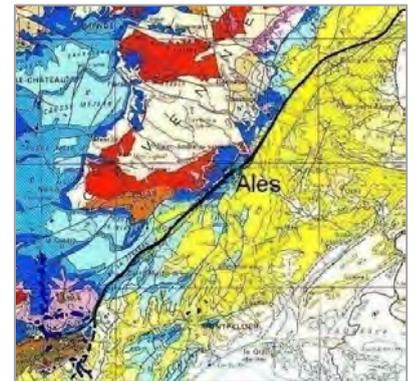
Ce **charbon** s'est formé au... **Carbonifère** (la subdivision de l'échelle des temps géologiques en porte le nom) ?

L'industrie minière se développe fortement au cours du XXe siècle. Elle atteint son apogée en 1958 avec 3,3 millions de tonnes de charbon et un effectif de 20 000 ouvriers avant de décliner puis de cesser vers 1980. Dans le paysage des témoins attestent de ce passé minier (terrils, chevalements etc.).



Ensuite... Presque toute la journée on a longé le faisceau de failles des Cévennes avec, sur notre droite, le socle (granites et gneiss) et sur notre gauche les zones calcaires de l'ère Secondaire qui sont plus ou moins cultivées. La forêt n'y est plus dominante (zone des garrigues), les paysages très variés : collines douces, plaines...

La faille des Cévennes est ici bien soulignée par le trait noir. Cette faille sépare : la « zone cévenole » à l'W (en bleu et rouge, gneiss et granites) avec **châtaigniers / mûriers**, de la « zone des garrigues » à l'E (en vert et jaune, de calcaire et marnes).



Jusqu'à Ganges, le circuit est resté sur les zones calcaires...

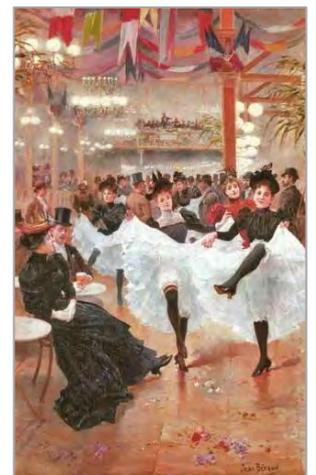
A partir de là, la route s'élève sur les Cévennes, le type de roches change, on arrive sur des grès (de 250 millions d'années) puis sur le socle (granite et gneiss), qui ne permettent plus la culture. La région est boisée, notamment de châtaigniers.

Les **granites** sont peu propices aux cultures. Le terrain est alors occupé par des arbres qui s'y plaisent : les **châtaigniers** en particulier. Ils ont longtemps été exploités comme ressource agricole (leur rendement était supérieur à celui des céréales de la Beauce).

Puis, au XIXe siècle ; les châtaigniers (silicoles³) ont été malades. Ils ont été remplacés par d'autres arbres plus tolérants à la silice : les mûriers. La culture du châtaignier persiste un peu sur les bordures cévenoles (marrons et marrons glacés).

La **culture** des mûriers s'est développée pour **l'élevage** des vers à soie favorisant ainsi une industrie textile avec ces fils (chemises, bas...). Une véritable révolution industrielle et sociale dans toute la région (Ardèche et Gard). Ce contexte explique que **le French Cancan** mettait (ou met encore ?) des bas de soie des Cévennes !

Les granites cévenols ont permis d'habiller des jambes des danseuses des French cancan. Était-ce pour montrer ces jolis bas qu'elles levaient haut les jambes. Peut-être pas. © « Le café de Paris », peinture de Jean Béraud [Public domain]



³Silicole qui aime les terrains siliceux, acides. Le chêne, pourtant de la même famille est calcicole.

VENDREDI 4 SEPTEMBRE / Millau – Lavour

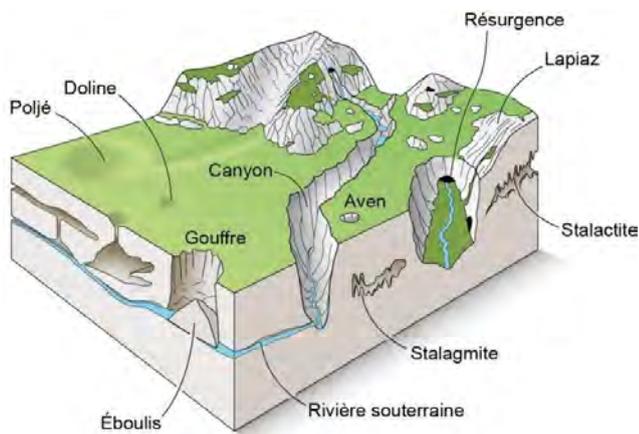
Du Roquefort des calcaires aux granites des Champs Elysées

L'étape quitte les calcaires des grands Causses dont la sécheresse accueille les moutons, pour le Roquefort et la Mègisserie de Millau pour aller vers les plaines d'Occitanie en passant par le plus grand centre granitier du monde (le granite du Tarn).

Le calcaire explique le Roquefort et la mègisserie de Millau

Millau, installé dans une vallée de calcaire jurassique très dur (celui qui constitue le **plateau du Larzac**). Le **calcaire** est fracturé et dissout marque un relief karstique (doline, lapiaz, grottes...). Très **sec**, il n'autorise qu'une **herbe rare**. A peine suffisante pour nourrir des **moutons**. Le fromage fait avec le lait de brebis est stocké dans les **cavités** souterraines (nombreuses) et avec l'air qui circule, des champignons s'installent sur le fromage : le **Roquefort**.

Le relief karstique



Dans la vallée sont les restes du calcaire dissout : quelques argiles qui retiennent l'eau, utilisée pour traiter les peaux de mouton, et donc permet la mègisserie.



On quitte le Causse calcaire pour trouver des terrains sédimentaires plus anciens : argiles et grès rouges, dont les "**rougiers** de Camarès". Leur couleur témoigne de leur richesse en **fer**. Ces sédiments détritiques sont les derniers restes de l'ancienne chaîne de montagne de l'ère Primaire (chaîne Hercynienne ou varisque). Ces sédiments ont 250 millions d'années.



Le paysage des Rougiers, entre Saint-Affrique et Saint-Sernin-sur-Rance © Xic667 / CC0

On reste dans ces rougiers jusque Saint-Sernin-sur-Rance, de là on oblique vers le sud en longeant le socle du Massif Central. Ces roches métamorphiques permettent moins la culture et sont donc bien plus boisées.

A partir du Col de Peyronnenc (de 3ème catégorie) on traverse le socle.

Un granite mondialement connu : le granite du Tarn

Entre Montredon et Castres, on longe un des **plus grands centres de transformation granitique du monde**.

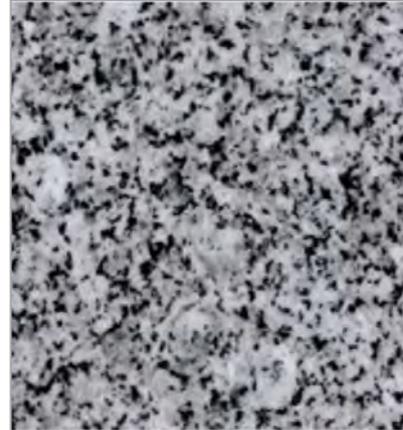
Environ 150.000 tonnes de granite sont extraites chaque année. Le Sidobre est le premier producteur français de granite : le dallage des **Champs-Élysées** à Paris, mais aussi de nombreux aéroports et rue piétonnes.

Sur le plateau, avant de descendre dans la vallée : où l'on retrouve les roches du socle, on passe juste à côté du Massif granitique du Sidobre. Ce granite du Tarn est connu dans le monde entier par sa résistance.

Premier centre français de production de granite et célèbre chez les photographes pour les boules ou empilement instables de boules de granites.

Le granite gris du Tarn particulièrement résistant et donc très recherché.

Ce massif de granite du Sidobre est tout aussi célèbre pour les **photographes** tant il offre de formes originales.



La Peyroclavado, curiosité géologique du massif granitique du Sidobre (Tarn) provoquée par l'altération en boules du granite. L'arène granitique (le sable) a été enlevée par la pluie et le ruissellement.

Un bloc de 780 tonnes est en équilibre sur un socle naturel © P. Cabrol

Après la côte (4e caté.) de Paulhe, on redescend du socle métamorphique pour trouver des terrains sédimentaires, plus **fertiles**, plus cultivables, la **forêt devient moins présente**, laissant place aux champs ouverts, jusqu'à Lavour.

La **Dame Guiraud de Lavour**, fut célèbre du temps des croisades albigeoises, contre les Cathares, notamment quand la ville fut prise par Simon de Montfort, en 1211.



SAMEDI 5 SEPTEMBRE / Cazères-sur-Garonne - Loudenvielle

Le sel des Pyrénées pour les thermes, le marbre blanc des sculptures

On rentre dans les Pyrénées plissées. Du sel a profité des plis et failles pour monter et permet des soins dans les Thermes (Salies-du-Salat).

Avec les plissements de fortes pressions ont transformé le calcaire en un joli marbre, proche de celui de Carrare.

Salies-du-Salat : thermalisme salin

Cette ville se situe à la limite Nord des Pyrénées, que les géologues appellent le « front nord pyrénéen ». Des mouvements tectoniques profonds ont créé des failles le long desquelles des roches peu denses et plastiques ont pu remonter, notamment des **roches salifères** (gypse et sel gemme qui se sont déposés il y a 250 millions d'années (Trias)).

Ces sels, se dissolvent facilement et se retrouvent dans les **eaux thermales** (remontées des profondeurs elles sont chaudes et salées). Ce sont **les plus salées d'Europe**.

Ces thermes sont fréquentés depuis l'époque romaine. L'établissement de la Fontaine Salée est une antenne du centre hospitalier universitaire de Toulouse (soins en médecine physique et réadaptation, diabétologie...).



Les thermes de Salies-du-Salat © Daniel Villafruela / CC/by-sa/3.0

Marbre blanc de Saint-Béat

Dans la vallée de la Garonne : le marbre de Saint Beat est largement exploité. Il existe une variété de couleurs, mais le + célèbre est peut-être le blanc, une sorte de marbre de Carrare à plus gros cristaux. Une boue s'est déposée au Jurassique dans la mer calme et chaude. Cette boue est devenue un calcaire. Puis lors de la formation de la chaîne des Pyrénées, ce calcaire a été chauffé et comprimé. Il est devenu un marbre.

Marbre très utilisé pour les sarcophages gaulois. Son utilisation s'est largement étendue au-delà de Saint-Bertrand-de-Comminges situé à proximité : cathédrale Saint-Étienne de Toulouse et vers le nord : le **marbre des bassins du château de Versailles**, les escaliers, les statues de sa cour d'honneur, les bâtiments du **Louvre** sont en marbre blanc de Saint-Béat.

Depuis quelques années : "Festival de la sculpture et du marbre" a lieu.



Statue réalisée lors d'un festival

Port de Balès 1755 m

Les croupes molles attestent de terrains peu résistants : ce sont des schistes noirs du début de l'ère Primaire.

Le Port de Balès sépare les Hautes-Pyrénées, à gauche, de la Haute-Garonne à droite. Le sommet dénudé tranche avec les pentes boisées © Paternel 1 CC by-sa- 4.0)



Toute cette région concerne des terrains paléozoïques métamorphiques (de l'Ordovicien au Carbonifère) dans lesquels ont longtemps été exploités des minerais (plomb, manganèse, étain...).

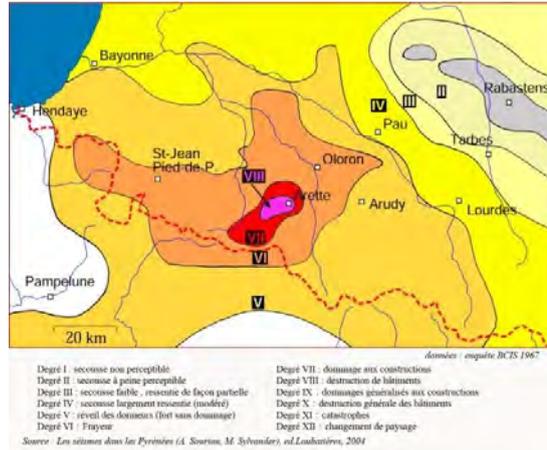
DIMANCHE 6 SEPTEMBRE / Pau – Laruns

Arette : un séisme et une énorme grotte. Des structures pièges à pétrole et gaz

Il y a 70 ans le village d'Arette avait été détruit à 80% par un séisme, aujourd'hui il est connu par son immense gouffre de La Pierre Saint-Martin, le plus grand de France. La structure des plis a favorisé le piégeage de gaz et de pétrole. Une initiative originale : le Géotrain pyrénéen permet d'associer tourisme et géologie.

Arette :

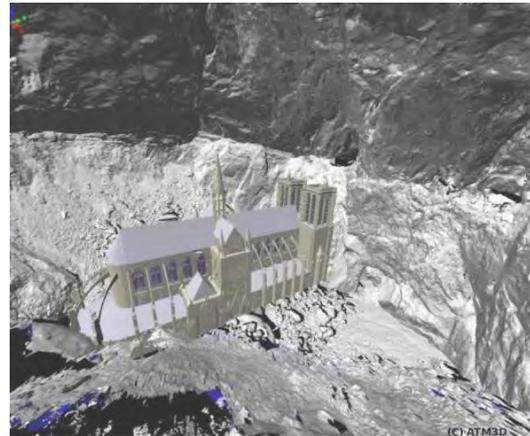
Le 13 août 1967, le village d'Arette est détruit à 80 % par un **séisme** qui tue une personne. Le territoire de la commune comprend la station d'altitude de La Pierre Saint-Martin.



Cette région est en pays calcaire soumise à une altération de type karstique (lapiaz, doline, gouffres...).

A la **Pierre Saint-Martin**, une salle a été découverte en 1953 à 734 m de profondeur de l'entrée naturelle connue à l'époque (Gouffre de la Pierre Saint-Martin, puits Lépineux).

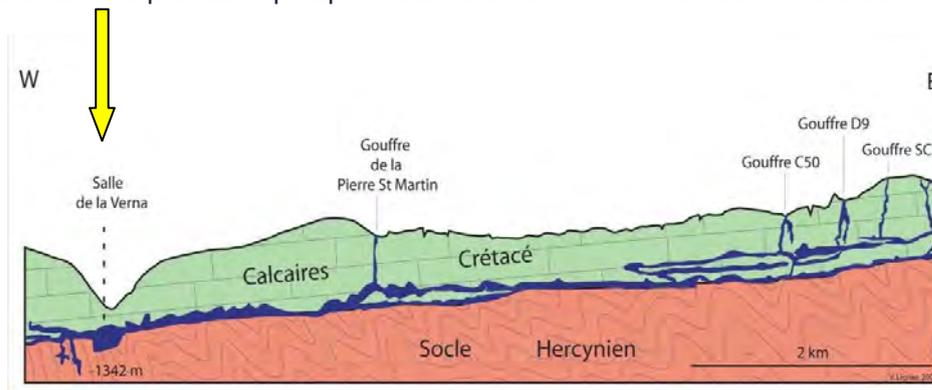
La salle de "la Verna" est la **plus grande salle souterraine de France** et la dixième plus grande au monde. Ses dimensions de 245 m x 242 m x 194 m ont même permis aux élèves de Polytechnique d'y réaliser un vol en montgolfière (de 25 m de hauteur).



Une montgolfière vole dans la salle souterraine ! © S. Cailleau, DR
La salle la Verna pourrait contenir **deux fois Notre Dame de Paris en hauteur**.
Simulation de Notre Dame de Paris dans la grotte (à la même échelle)

Le réseau souterrain de la Pierre Saint Martin se développe sur les communes d'Arette, Aramits et Sainte-Engrâce dans les Pyrénées Atlantiques. Il possède plusieurs entrées naturelles.

Une grande partie de ces vides karstiques se développe au niveau du contact entre le socle d'âge primaire, et la couverture calcaire de l'ère Secondaire (Crétacé supérieur). Les eaux de surface s'infiltrent rapidement dans la dalle calcaire par des galeries verticales, puis s'écoulent au contact des terrains primaires peu perméables en dissolvant les calcaires crétacés.



d'après
V. Lignier 2008

Défilé d'Escot : les couches sédimentaires de l'ère Secondaire (100 millions d'années) sont plissées et dans le haut de certains plis s'accumule du gaz, du pétrole et de l'eau, si les couches supérieures (celles du Crétacé ici) sont imperméables. C'est ainsi que l'on a des gisements de pétrole et de Gaz, tel le célèbre gisement de Lacq (aujourd'hui épuisé). Le défilé d'Escot est creusé dans des falaises calcaires, couches redressées à la verticale lors de la formation des Pyrénées.

Une originalité : le Géotrain pyrénéen :

La route passe sous le viaduc d'Escot, mis en lumière récemment par le projet "Géotrain pyrénéen". En effet l'association GeoVal a installé tout au long de cette voie des panneaux expliquant la géologie (structure et usages) et permet un réel géotourisme : à partir de chaque gare des randonnées pédestres ou en vélo sont facilitées par des commentaires (plaquettes, téléchargements...).



GÉOVAL
SARRANCE : Géologie, Géotechnique et Ouvrages d'art aériens
 SARRANCE : Géologie, Géotechnique et Ouvrages d'art aériens

LES VIADUCS DE SARRANCE
 LES VIADUCS DE SARRANCE
 Construits au début du XIXe siècle, deux viaducs permettent de franchir le gîte d'Aspe en amont et en aval de Sarrance.

Le viaduc d'Escot et de Lescoude ont été construits avec des pierres extraites du Rocher St Nicolas, situé à proximité du défilé d'Escot.

Les viaducs d'Escot et de Lescoude ont été construits avec des pierres extraites du Rocher St Nicolas, situé à proximité du défilé d'Escot.

Le viaduc d'Escot est en construction, au Nord de Sarrance

Le viaduc de Lescoude, au Sud de Sarrance

Les cintres en bois supportent les arches en pierres pendant la construction.

Les cintres en bois supportent les arches en pierres pendant la construction.

Le Rocher St Nicolas pendant son arasement
 Le Rocher St Nicolas pendant son arasement

Le Rocher St Nicolas et toutes les carrières à proximité de la voie ferrée ont été exploités pour la construction des ouvrages d'art.
 Le Rocher St Nicolas et toutes les carrières à proximité de la voie ferrée ont été exploités pour la construction des ouvrages d'art.

La chaux des ouvrages de la voie ferrée
 Certains ouvrages de la voie ferrée ont été maçonnés avec du mortier à la chaux issu des roches de la carrière Lamoignère (Orthez,64).

La "chaux naturelle hydraulique" L8566 provient d'un calcaire siliceux.

Le défilé d'Escot
 Dans le secteur de Sarrance, le gîte d'Aspe s'écoule perpendiculairement aux roches plissées qui forment l'anticlinal de Sarrance.

La vallée qui traverse l'anticlinal est une chuse.

GÉOLOGIE DU DÉFILÉ D'ESCOT
 GÉOLOGIE DU DÉFILÉ D'ESCOT

Dans le secteur de Sarrance, le gîte d'Aspe s'écoule perpendiculairement aux roches plissées qui forment l'anticlinal de Sarrance.

La vallée qui traverse l'anticlinal est une chuse.

CRÉTACÉ SUP.
 Cette voie de communication naturelle permet de franchir les montagnes sans emprunter un col.

CRÉTACÉ INF.
 Cette voie de communication naturelle permet de franchir les montagnes sans emprunter un col.

JURASSIQUE
 "anticlinal" : plis en forme de voûte avec, au cœur, des couches les plus anciennes.

PROFIL D'UNE VOIE FERREE
 PROFIL D'UNE VOIE FERREE

La faible adhérence du métal des roues du train sur celui des rails favorise le roulement et ainsi limite la consommation d'énergie.

La faible adhérence du métal des roues du train sur le métal des rails favorise le roulement et donc limite la consommation d'énergie.

Cette faible adhérence nécessite des règles d'aménagement de la voie ferrée et des ouvrages, pour contrôler l'accélération et le freinage du train.

Cette faible adhérence nécessite des règles d'aménagement de la voie ferrée et des ouvrages, pour contrôler l'accélération et le freinage du train.

Il existe 3 règles fondamentales :

- 1 une pente douce et régulière (les ouvrages d'art conservent une pente régulière)
- 2 une faible courbure (pour cette ligne, le rayon minimum est d'environ 2000m)
- 3 des plateformes horizontales (assurant un développement des trains à l'arrêt)

VERSION 05/09/2019

Col de Marie Blanque (1er caté, 1035 m)

Situé entre les deux vallées voisines, la vallée d'Aspe et la vallée d'Ossau.

Du béarnais "Maria Blanca", le nom d'un vautour, le pernoptère d'Égypte (*Neophron percnopterus*).



Lundi 7 SEPTEMBRE / Repos

Laruns - La Charente-Maritime

MARDI 8 SEPTEMBRE / Île d'Oleron – Île de Ré

La journée du sel

La journée est marquée par le sel, du début à la fin de l'étape.

Fleur de sel et gros sel

Dans les marais salants, l'évaporation de l'eau augmente sa concentration en sel, qui finit par se déposer **AU FOND** sous forme de cristaux cubiques.

La fleur de sel, se forme à la **SURFACE** de l'eau. En effet lors d'après-midis chauds et ventés l'évaporation à la surface de l'eau est très forte si bien qu'une pellicule est sur salée, plus en surface qu'en profondeur. C'est donc là que des plaquettes de sel se forment, à **fleur d'eau**, puis, par un processus lié à la gravité, se développent des sortes de cristaux en formes de "pyramides creuses". Ces cristaux sont donc d'allure légère, dépourvus de toute impureté et donc parfaitement blancs (à la différence du gros sel, souvent légèrement gris).

La fleur de sel est prélevée manuellement et quotidiennement, le soir, à la surface durant la période estivale sinon elle peut couler durant la nuit et se transformer en gros sel.



Le sel forme de cristaux cubiques, ici de taille décimétrique de sel (le stylo feutre en bas à gauche donne l'échelle). Coll MNHN © P. De Wever



Bassins d'évaporation des marais salants

Pourquoi le sang est-il salé ?

La vie est apparue dans l'eau il y a près de 3,5 milliards d'années. Elle y a séjourné plus de 3 milliards d'années avant d'en sortir il n'y a qu'environ 400 millions d'années. Cela paraît beaucoup, à l'échelle humaine, mais ne représente qu'un peu plus de 10% de l'histoire de la vie. Les fonctionnements cellulaires se sont donc établis en fonction de la salinité de l'eau de mer, tant en termes de chimie que de pression osmotique (échange de matière de part et d'autre d'une paroi pour équilibrer les pressions). Quand les organismes se sont affranchis de l'eau ils ont gardé cet équilibre et cette salinité. Voilà pourquoi le sérum physiologique a la même salinité que l'eau de mer.

Pourquoi la mer est salée ? Une question vieille comme l'humanité.

La majeure partie du sel est apportée à la mer par les eaux superficielles (fleuves et rivières) qui déversent continuellement les éléments qu'elles ont lessivés dans les roches, au rythme moyen de 3,6 milliards de tonnes chaque année. Le volume de sel contenu dans l'océan mondial et les mers approcherait les 48 millions de milliards de tonnes.

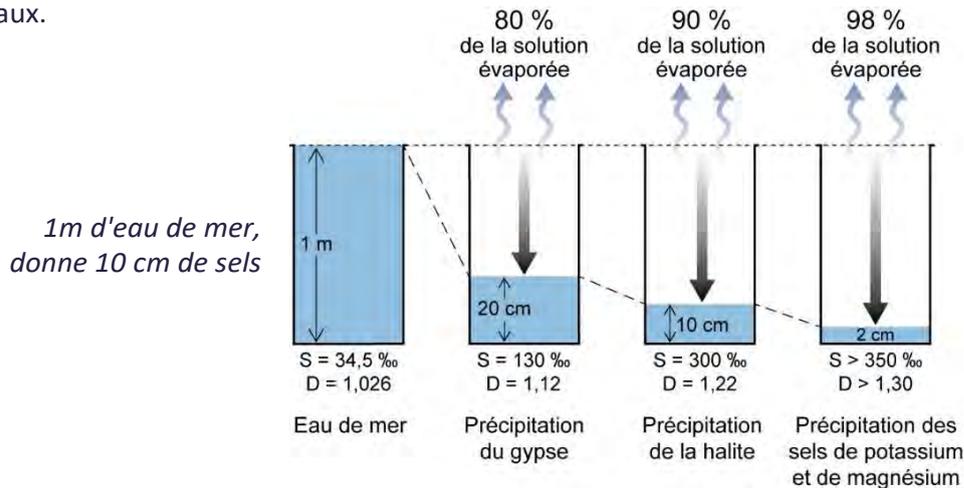
On admet que pendant les premiers temps de l'histoire de la Terre, l'océan a été enrichi par le volcanisme alors très intense (ces gaz sont riches en chlorures et sulfures) et par la capture des ions chlorures et sodium prélevés dans le plancher océanique de cette époque. Une partie est peut-être aussi d'origine extraterrestre (mais de fait, toute la planète est constituée d'éléments extraterrestres lors de sa formation !). Il est possible que la salinité de l'océan, aujourd'hui de 34,5‰, ait été nettement plus élevée il y a plus de 600 millions d'années (au Précambrien), jusqu'à 3 à 4 fois supérieure. En effet, d'environ 50‰ il y a environ 500 millions d'années (au Cambrien), la salinité aurait diminué ensuite pour se stabiliser il y a environ 100 millions d'années (à partir du Crétacé) entre 35 et 40‰. On considère que, grossièrement, depuis le Cambrien (il y a 500 millions d'années), il a fallu soutirer de la mer autant de sel qu'elle en a reçu par les fleuves.

Faut-il un climat chaud pour le dépôt de sel ?

Une idée répandue est que le sel se formant par évaporation, celle-ci requiert nécessairement des climats chauds. Il s'agit d'une erreur car tout ce qui permet la concentration* de l'eau salée peut conduire au sel. On trouve donc des dépôts qui se forment à plusieurs milliers de mètres d'altitude, dans les Andes (Altiplano bolivien) ou au Tibet (Qaidam en Chine). Il n'y fait pas très chaud mais l'air y est très sec. Le vent est aussi un facteur d'évaporation, comme par exemple en Méditerranée orientale.

Il existe des dépôts salins dans les régions polaires. Dans ces zones, ce n'est pas l'évaporation qui est le phénomène principal mais la congélation. En effet la glace, plus légère que l'eau liquide, et encore plus de l'eau liquide salée, flotte et a donc tendance à se séparer des eaux salées. Ces dernières voient alors leur concentration* augmenter et leur congélation est ainsi retardée.

Les marais salants sont des domaines très étendus en bord de mer et subdivisés en de nombreux petits bassins (partènements, adernes) cloisonnés par des digues et reliés par un grand nombre de canaux.



Le sel de cuisine est celui des marais salants. Le sel de l'industrie et celui pour les routes en hiver est extrait de mines (ex. du sous-sol de Lorraine) où il forme des couches de plusieurs mètres d'épaisseur. La couche de sel, épaisse d'une vingtaine de mètres, est exploitée à 160 mètres de profondeur.

USAGES

La chimie a fait du sel l'un des éléments fondamentaux de l'industrie moderne.

Cette chimie n'est pas le seul usage du sel car il est aussi utilisé :

- Pour le vernissage du grès : jeté dans le four, à la surface des poteries il lui donne son aspect glacé.
- Pour l'affinage de l'aluminium ;
- Pour le dépôt de la couche d'argent qui recouvre le métal des couverts des maisons bourgeoises par la galvanoplastie ;
- Comme fixateur du bain de teintures des textiles ;
- Comme minéral qui déshydrate les cuirs et les peaux et leur évite ainsi la putréfaction ;
- Dans les processus de lyophilisation et de congélation des aliments.



Dérivés du sel dans notre quotidien

Sur cette photo domestique, hormis le verre de la cafetière et le métal des couverts, **tout est issu du sel** : des dalles du sol au revêtement du mur en passant par les bols en plastique © DR

ASPECTS HISTORIQUES pour le sel

Le sel est extrait de marais salants depuis la Préhistoire sur les côtes de Méditerranée et de l'Atlantique. Dans le nord de la Gaule, le sel était produit à partir de fours. Cette activité était si importante que leur nom serait rattaché à cette activité : les **francs saliens**. Sans doute s'en servaient-ils aussi pour élaborer leur réputé jambon Ménapien (les Gaulois Ménapiens sont un des peuples belges) rendu célèbre par Jules César.

L'organisation du commerce du sel n'est devenue paisible que depuis le XIX^e siècle avec la découverte de grands gisements souterrains de sel gemme. Aujourd'hui, le sel gemme représente les 2/3 de l'exploitation du sel, ce qui n'a pas toujours été le cas.

Le sel ayant eu une importance considérable, il installait un clivage social entre les détenteurs de sel, qui pouvaient s'en servir comme objet d'échange, mais aussi à imposer un point de vue pour les demandeurs. Ce fut vérifié dans l'Europe médiévale et en Extrême orient : Chine, Bornéo et plus récemment au Cambodge avec les Khmers rouges qui distribuaient sel et riz, laissant le soin aux populations de rechercher leur complément alimentaire de végétaux ou d'animaux en dehors des heures de travail. Le sel était donc un instrument politique qui fut d'ailleurs utilisé en 1930 par le mahatma Gandhi lors de sa marche du sel, de près de 400 km, pour inciter ses compatriotes à s'affranchir du monopole du sel qu'imposaient les Britanniques. Cette marche après bien des vicissitudes conduira à l'indépendance de l'Inde.

Un impôt historique : la gabelle

Le sel fut soumis à l'impôt et/ou taxes très précocement. Bien avant notre ère, en Chine, l'empereur Yu décréta que ses fournisseurs devaient lui livrer gratuitement le sel, quitte à prélever le coût ailleurs. Cet impôt fit dire à Confucius *"la vie du pays dépend plus du travail de son peuple que du bien être de quelques mandarins qui vivent grassement du commerce du sel"*. Un tel impôt sur le sel existait aussi chez les Syriens, les Égyptiens... Il est fait allusion au sel à diverses reprises dans la Bible. Chez les Grecs aussi Aristophane l'évoque, de même que Tite-Live chez les romains. Il précise d'ailleurs que *« le commerce du sel, denrée qui atteint un prix excessif, devint monopole d'état et fut interdit aux particuliers »* (Hist. Rome, II, 9). Les États ont presque toujours cherché à contrôler la production et le commerce du sel, à la fois pour éviter la spéculation qui aurait pu faire envoler les prix et induire des révoltes, et pour en garder le bénéfice. Selon Pline l'Ancien, en Inde *« les rois en tiraient un bénéfice plus important que de l'or et des perles »*. Le sel a donc conduit à de nombreux conflits, par exemple entre les Burgondes et les Alamans pour la maîtrise de salines au IV^e siècle.

En arabe, l'impôt se dit *al quabala*, ce qui devint la gabelle en français. Cet impôt si impopulaire était très inégalement réparti sur le territoire (pays de grande et de petite gabelle ou d'exonération).

En 1246, le roi de France impose une taxe provisoire sur le sel pour financer sa croisade. Cette taxe est reprise en 1286 par Philippe le Bel. La Gabelle est définitivement imposée en 1341 par Philippe VI de Valois. Louis XIV mit aussi... son grain de sel : il imposa l'achat obligatoire d'une certaine quantité de sel pour tous ses sujets âgés de plus de 8 ans.

Le sel était entreposé dans les greniers à sel. Il fallait l'acheter au prix que le monarque fixait, selon les besoins du trésor... Le sel, représentant l'impôt le plus efficace pour le trésor royal, devint rapidement un monopole d'État. Son importance était telle que les dépenses d'une famille de paysans pour ce produit avoisinaient les 10 % de leurs revenus. Cet impôt rapportait la moitié des recettes de la Ferme générale du Royaume (Recette des impôts).



La gabelle sera à l'origine de plusieurs émeutes. Elle faisait l'objet de dangereuses contrebandes qu'étaient chargés de surveiller des douaniers spécialisés : les gabelous, nom générique qui est resté aux douaniers. Abolie sous la Révolution, cette taxe est rétablie, adoucie, en 1805 par Napoléon. Elle ne sera abolie définitivement qu'en 1945.

Le sel symbole d'amitié

Le pain, le vin et le sel ont souvent des connotations religieuses, et la consommation rituelle du corps de la divinité transmutée fait écho à l'alliance du sel des pays arabes pour lesquels le sel est le substitut du sang, les deux étant salés. Le sel est surtout un signe d'alliance, nombres de dictons en attestent. Sur les tables d'hôte, le sel est d'ailleurs le "*premier mis et dernier osté*", indissociable du vin et du pain, images du sang et du corps du Christ chez les chrétiens. Non seulement le sel doit être présent, mais la salière ne doit pas être renversée, ce qui serait mauvais présage. Dans son tableau sur la Cène, dernier repas de Jésus avec ses apôtres, Leonard de Vinci n'a pas oublié la salière sur la table, mais il est allé bien plus loin dans le symbole car il l'a représentée renversée... devant Judas, signe de la trahison. (Fig. Cène)



Sel renversé = trahison

La Cène. La flèche souligne la salière renversée, symbole de la trahison. Elle est juste à côté de la bourse, prix de cette déloyauté, qu'il tient dans la main.

MERCREDI 9 SEPTEMBRE / Châtellaillon - Poitiers

Des paysages calcaires puis granitiques

Dans cette région est née une réputation de votes en fonction du terrain : le calcaire donne l'instituteur et le granite le curé.

Des terrains calcaires (jurassiques) jusqu'au ravitaillement puis des granites et schistes jusqu'à proximité de Poitiers.

Des paysages différents en fonction du terrain.

- 1- Les calcaires jurassiques des régions du début jusqu'un peu après Niort : champs ouverts dévolus à la culture céréalière ;
- 2- Les roches plus anciennes de l'ère Primaire (granites gneiss et dérivés par altération, sols siliceux, dit acides) : bocage avec des haies vives (région de St-Maixent et gâtine poitevine) et des « terres rouges » à châtaigniers.

Des votes de droite ou de gauche selon le granite ou le calcaire

Dans cette région avait été édictée la règle : "le calcaire donne l'instituteur et le granite le curé".

Selon Siegfried, **le sol granitique** (que l'on trouve près de la zone de ravitaillement, Saint-Gelais, puis de Saint-Maixent à Vasles) favorise la dispersion de l'habitat, la ruralité, la grande propriété foncière et le catholicisme. Les figures sociales du noble, du prêtre sont centrales. Ces facteurs expliqueraient le **vote à droite** de la Vendée.

À l'inverse, **le sol calcaire** favorise un habitat plus resserré, l'urbanité, la petite propriété. Le rôle de l'Église y est moindre. Autant de données qui peuvent expliquer que le sud de la Vendée **votait alors à gauche** (durant les premières années de la 3e République). Cette théorie expliquerait également la partition de la Vendée entre le sud républicain et le nord monarchiste pendant les guerres de Vendée des années 1793- 1794.



Une **explication avec l'eau** par exemple : le granite et les schistes, par altération donnent des argiles, donc des zones humides. L'eau, les mares, se trouvent partout, on peut vivre "dans son coin". Au contraire, le calcaire, avec son réseau d'altération karstique nécessite de faire des puits. On ne peut le faire seul, il convient de se mettre à plusieurs pour le creuser puis de prendre l'habitude du partage, qui incite au regroupement et à la sociabilité.

Cette théorie publiée au début du XXe siècle a été schématisée par une formule lapidaire (mise ici au début) et de ce fait très décriée, notamment par Raymond Aron. Elle connut sa période de gloire, bien que trop schématique.

JEUDI 10 SEPTEMBRE / Chauvigny – Sarran Corrèze

A travers le Limousin : une météorite, du kaolin

La traversée du limousin granitique offre deux types de modifications des roches :

Une violente et rare avec l'impact météoritique (région de Rochechouart-Saint-Junien), une lente et fréquente : le kaolin issu des granites.

On quitte d'abord les plaines cultivées, calcaires, pour monter sur le socle granitique du Limousin.

Montmorillon :

Ce village a donné son nom à un minéral argileux : la montmorillonite. Cette argile est aussi appelée "Terre de Sommières", "Terre à foulon", "Terre de Carpentras", "bentonite", "beidellite"...

La montmorillonite est utilisée dans des domaines très différents :

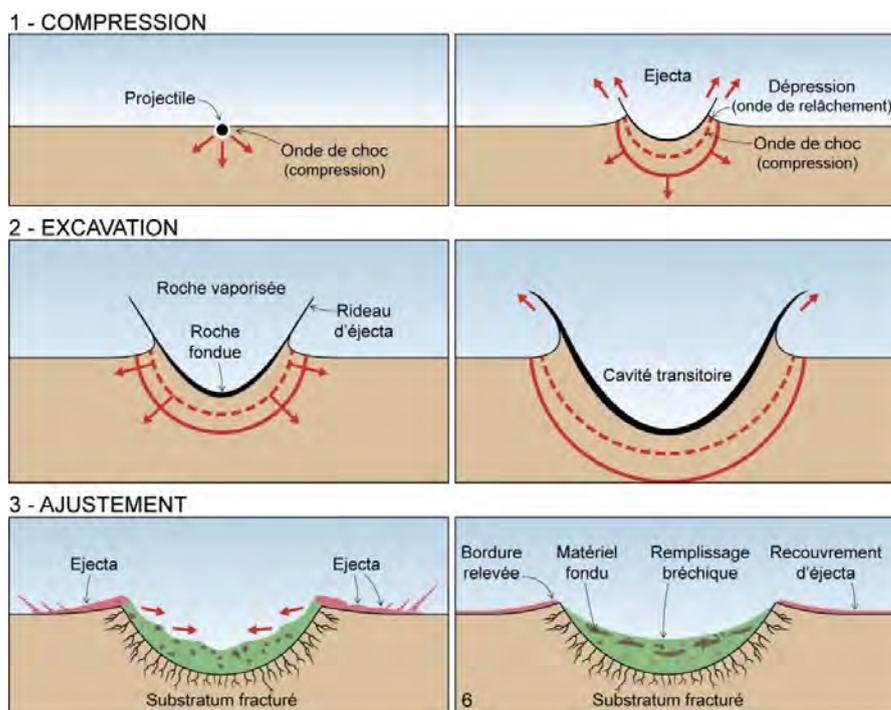
- Dans l'industrie : adjuvant dans les **charges** minérales (peintures, pour réaliser des moules de fonderie, mais aussi dans les fluides de forage (la densification du fluide permet de faire remonter les copeaux de roches) ;
- En **pharmacie**, par ex. pour les dysfonctionnements gastriques, les diarrhées car l'argile retenant l'eau évite la déshydratation. Cette même propriété est utilisée en agriculture pour retenir l'eau et les engrais, qu'elle ne relâche que tout doucement ;
- En **cosmétique**, en ingrédient de base des shampoings secs ;
- **Détachant** naturel à sec pour les tapis, les cuirs fragiles ou textiles délicats (soie).

Impact météoritique Astroblème de Rochechouart-Chassenon



Meteor crater, Arizona, diamètre : env.1,3 km, profondeur : 180 m.)

Il y a 200 millions d'années une **grosse météorite**, d'environ un kilomètre et demi de diamètre, pesant environ 6 milliards de tonnes, est tombée dans cette région. L'impact est considérable, il a créé un cratère de 20 à 30 km de diamètre (bien plus grand que le *Meteor crater* d'Arizona).



Formation d'un cratère d'impact (in De Wever & Jacquet, 2016)

Aujourd'hui ce cratère est en grande partie gommé par l'érosion. Des fragments de roches ont été projetés en l'air et ont formé en retombant des roches spécifiques appelées impactites. On en connaît de différents types.

Des éléments caractéristiques restent visibles, notamment dans la ville de Rochechouart (sous forme de brèches, avec lesquelles l'église est construite, ou sous forme de roches rouges qui montrent des **structures fluidales** prouvant que la roche a fondu, des parties ont été littéralement vaporisées !

Sous le château de Rochechouart, dans ancienne carrière affleure encore un peu d'impactite. © Pierre Poupart





La violence du choc a dégagé une telle énergie que des roches ont fondu, comme en témoigne la structure fluidale. © A.Cornée

L'église de Rochechouart est construite avec la pierre locale, qui est une brèche faite de fragments formés lors de l'impact © P. De Wever



Limoges (la porcelaine grâce aux granites)

La porcelaine est faite à partir d'une argile qui est cuite. Cette argile est le kaolin (de la colline de Gao Ling, province de Jiangxi, en Chine). L'argile a été découverte en France au XVIII^e Siècle par un naturaliste d'Étampes, Jean-Etienne Guettard, dans la région d'Alençon. Il en a parlé à son protecteur, le Duc d'Orléans qui alors crée la manufacture de Sèvres. Dans la région de Limoges le lieu le plus important fut à Saint-Yrieix. D'autres gisements de kaolin sont connus. Ils se trouvent toujours sur des massifs granitiques, parce que l'argile se forme par l'altération de l'un de ses minéraux : le feldspath.



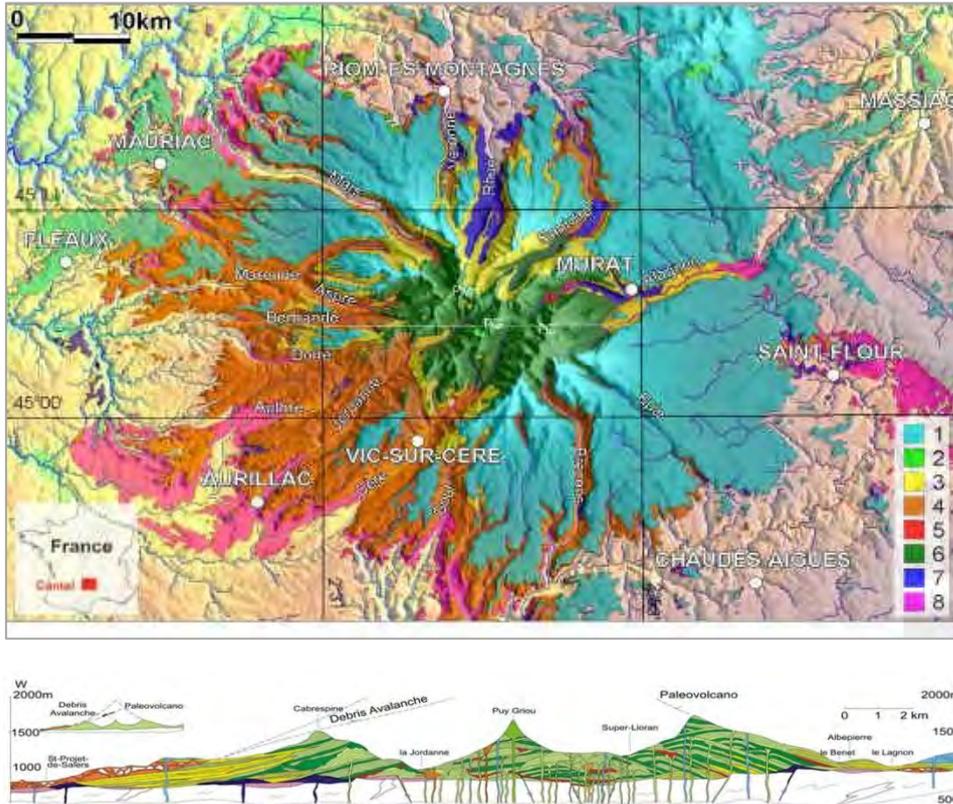
Le cycle des roches : (granite → sable et argile → granite)

A l'échelle humaine les roches semblent inaltérables. Pourtant elles s'inscrivent dans un cycle à l'échelle géologique. Prenons un granite : par altération il donne du sable (des petits cristaux de quartz) et des argiles (altération des feldspaths et des micas). Généralement les argiles sont emmenées par les eaux et seul le sable reste sur place.

Si on récupère ces argiles et ce sable, qu'on les fait fondre, vers 1200°C et qu'on laisse refroidir très, très doucement... on retrouve un granite !

VENDREDI 11 SEPTEMBRE / Châtel-Guyon – Puy Mary

Les volcans d'Auvergne : de la chaîne des Puys aux volcans du Cantal



La coupe montre le grand nombre de cheminées qui ont fonctionné (sur cette seule transversale !) et qu'il ne reste presque rien du volcan cantalien !

La forme du massif du Cantal n'est pas due à l'érosion mais à une gigantesque explosion (du type du Mont Saint-Helens, USA, 1980) qui a expulsé des débris (jusqu'à proximité d'Aurillac, à plus de 30 km de là). Le sommet a été ramené à des altitudes proches de l'actuel : 1850. Plus de 1000 m d'altitude ont ainsi été perdus (le Mt Saint-Helens est lui aussi passé de près de 3000 m à près de 1800 m, en une seule explosion).

Explosion du Mont Saint-Helens

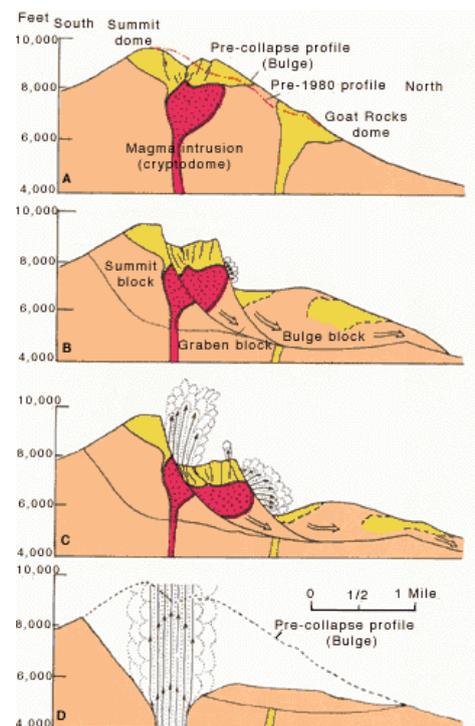
Depuis la super-explosion dans le Cantal, après l'explosion un volcanisme de nouveau très fluide prend place. Les coulées, très liquides « beurrent » les reliefs, qui s'estompent donc.

Le plateau devient uniforme. On nomme ces coulées des **planèzes**.

Vont-ils se réveiller ?

Les grandes éruptions ont cessé il y a environ 3 millions d'années, mais le volcanisme s'est néanmoins poursuivi jusque très récemment : les éruptions les plus récentes sont datées d'il y a 6000 ans dans le Puy de Dôme (Lac Pavin, Puy de Montcineyre), d'autant que l'existence de sources d'eau chaude (ex. Chaudes-Aigues), pourrait témoigner de la présence de chambres magmatiques à faible profondeur.

Il est donc possible de retrouver une activité, mais soyons rassurés, elle sera annoncée par des séismes...

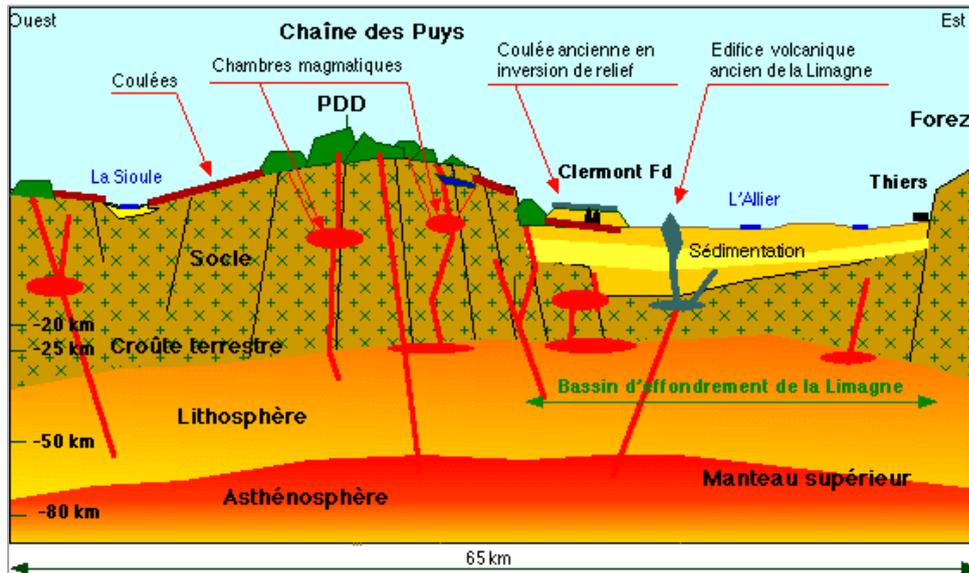


SAMEDI 12 SEPTEMBRE / Clermont-Ferrand – Lyon

Socle granitique = forêts

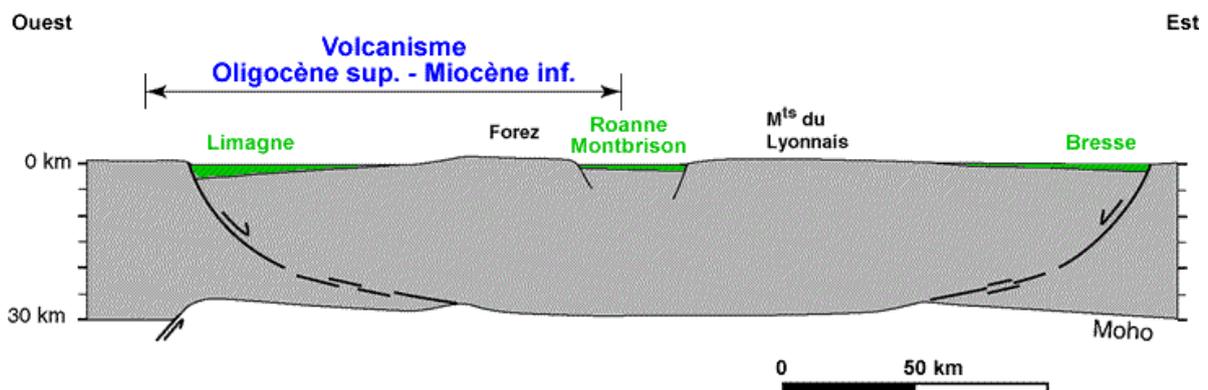
L'étape traverse le fossé de Limagne et ses terres fertiles pour monter sur le socle granitique bien moins fertile du Forez, occupé par des forêts et quelques prés permettant la fourme d'Ambert.

On traverse le fossé de la Limagne, puis un diverticule de ce fossé : le fossé de Roanne.



Structure du fossé de la Limagne

L'effondrement de la Limagne est dû à la formation des Alpes. Il fait partie d'un vaste ensemble qui va de la Limagne à la plaine de Bresse en passant par le fossé de Roanne-Montbrison.



Entre les fossés de Limagne et de Roanne, se trouvent les granites du Forez. Ces roches peu propices à la culture, sont occupées par des forêts de résineux et des prés.

Les parties hautes sont occupées par de vastes **landes tourbeuses** (les hautes-chaumes) qui sont le domaine des jasseries. Les bergers se logeaient dans ces vieilles fermes durant l'estive et y fabriquaient la célèbre **fourme** (fromage de vache à pâte persillée).

La fourme d'Ambert





On quitte le bassin de Roanne pour monter sur les gneiss et schistes (socle métamorphique du Massif Central) des **Monts du Lyonnais**.

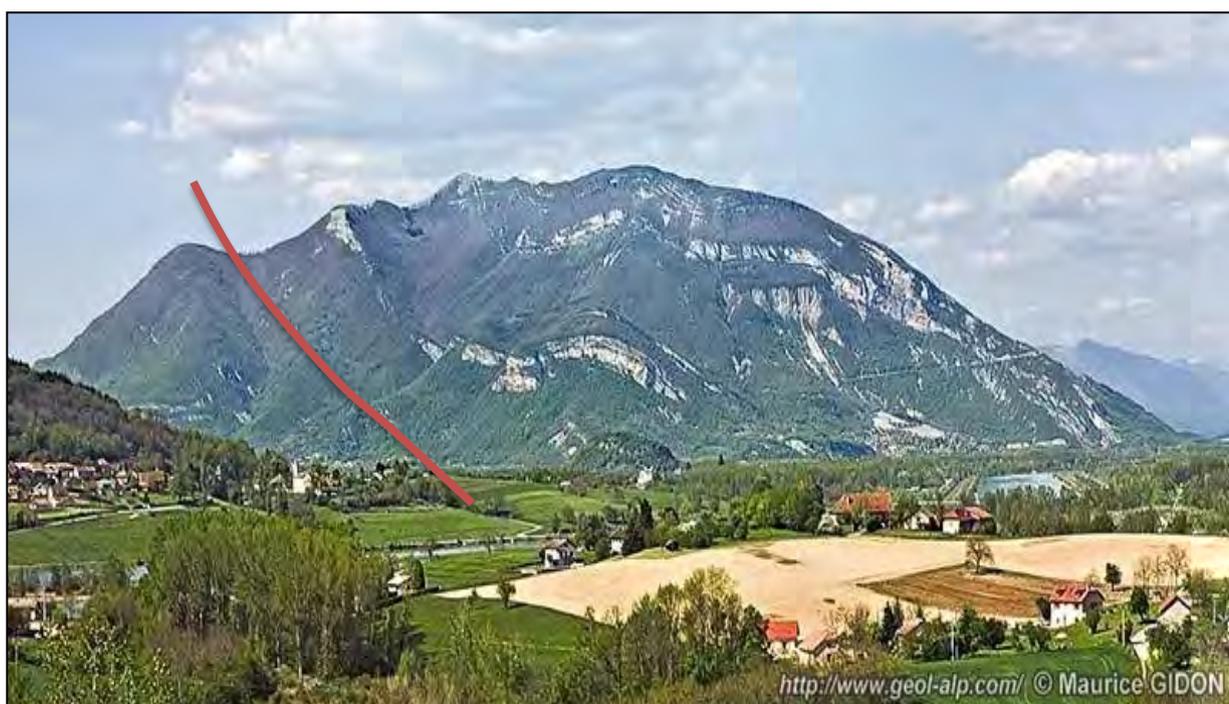
Selon les types de sols on trouve un peu de cultures mais surtout beaucoup d'élevages (surtout de porcs -**les saucissons de Lyon-**, des vaches...).

DIMANCHE 13 SEPTEMBRE / Lyon – Grand Colombier

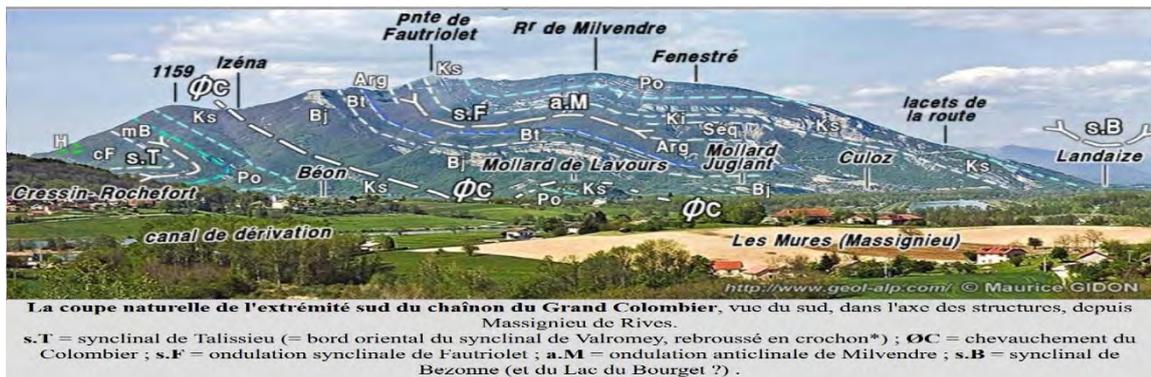
Monter et descendre, les plis du Jura

La course quitte la dépression de la plaine de Bresse et ses sédiments récents, en grande partie influencé par les dépôts glaciaires du Quaternaire, pour "s'amuser" à monter et descendre plusieurs fois dans les plis du Sud du Jura qui dominent le Lac du Bourget pour terminer au sommet.

Le massif du Grand Colombier domine la vallée du Rhône, à l'est et le Lac du Bourget au sud. C'est autour de ce massif que l'étape du jour se termine. La course le gravit d'abord par la gauche, redescend derrière à gauche, et revient le prendre, par la vallée du Rhône sur la droite, pour le remonter du Sud vers le Nord.

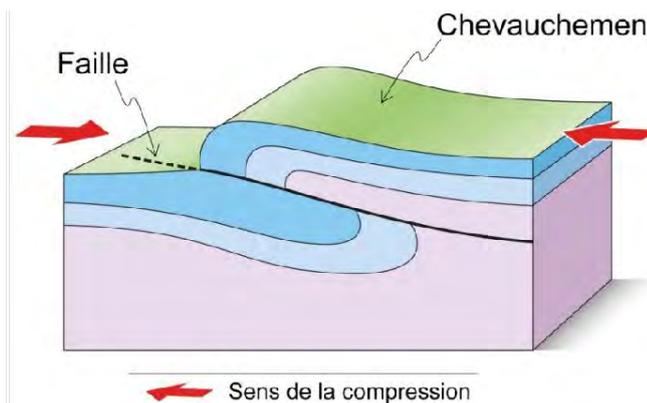


Le Grand Colombier vu du Sud (à gauche vers Lyon, à droite la Suisse et la vallée du Rhône)



La photo montre bien qu'il s'agit d'une zone plissée qui a été poussée vers la gauche (vers l'ouest). Le trait rouge souligne l'endroit où des couches du Jurassique (de 170 millions d'années) reposent sur des couches plus récentes du Crétacé (de 80 millions d'années). Ce contact est dit "chevauchant", lors de la poussée des couches comprimées en ont surmonté des plus récentes.

Imaginons que l'on pousse un flan, il va onduler, puis si on continue, des fractures se forment et des parties du flan, vont en chevaucher d'autres. La géologie, c'est cela, à plus grande échelle, de temps et d'espace !



LUNDI 14 SEPTEMBRE / repos

MARDI 15 SEPTEMBRE / La Tour-du-Pin – Villard-de-Lans

Faire face aux Alpes !

Il y eut un film "Cris et chuchotements", aujourd'hui nous vivons "plis et chevauchements" : des montagnes plissées par la seule poussée des Alpes. Ces grandes masses calcaires sont comme de la guimauve à cette échelle !

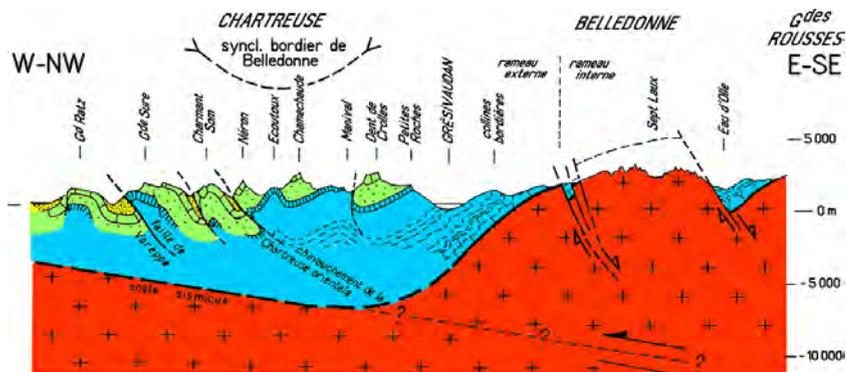
De la Tour du Pin où les coureurs s'élancent sur les premiers chaînons alpins, d'abord le Massif de la Chartreuse que l'on traverse. On redescend vers Grenoble pour monter dans le massif plissé du Vercors.

Le massif de la Chartreuse, abrite le célèbre monastère du même nom. Il est délimité, du côté sud et du côté est, par la vallée de l'Isère, qui décrit un coude à Grenoble. A droite (sud-est), la combe du Grésivaudan qui sépare la Chartreuse de la chaîne de Belledonne et, à gauche, la trouée de Grenoble - Voreppe, qui sépare la Chartreuse du Vercors. Au Nord le massif est séparé de celui des Bauges, plus septentrional, par la trouée transversale de Chambéry.



Le massif de la Chartreuse vu du Sud et itinéraire du Tour. Grenoble au 1er plan

Les couches de ce massif calcaire affichent leur complexité, des plis sont visibles.

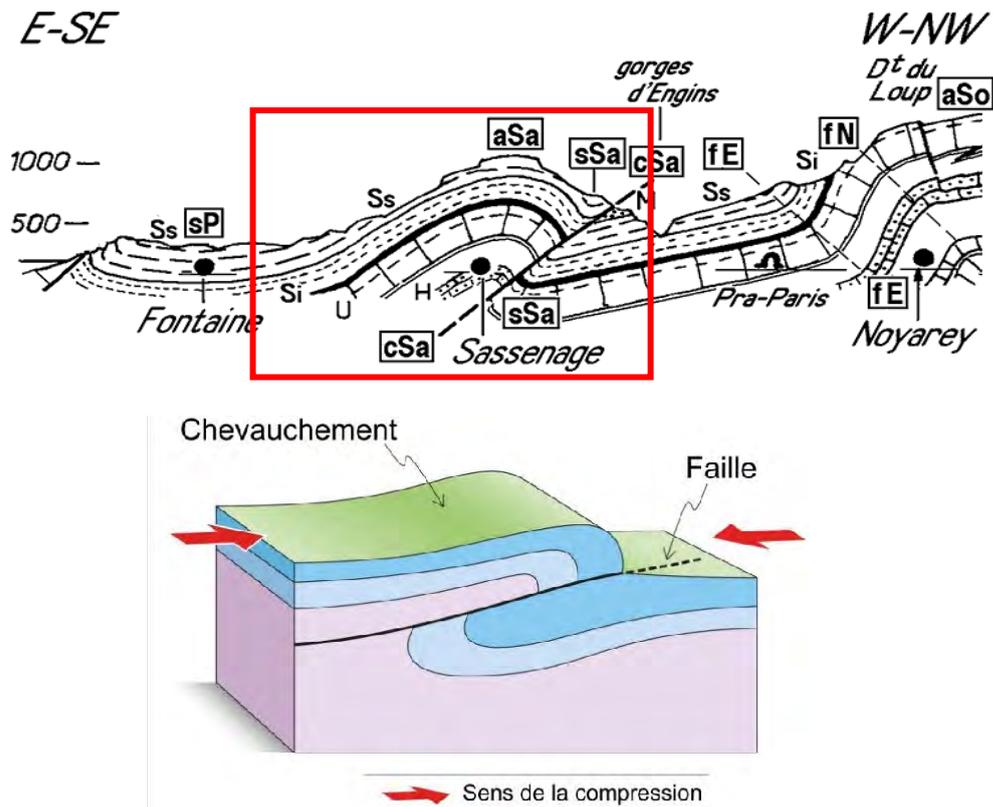


Coupe générale du massif de la Chartreuse, liée à la structuration de la croûte terrestre (en rouge)

On quitte la Chartreuse pour descendre et traverser la vallée du Drac avant de remonter dans le Vercors. En descendant de la Chartreuse, ou en traversant la vallée, un regard sur le Vercors montre un joli pli, le "pli de Sassenage".



Vue de la montée sur le Vercors

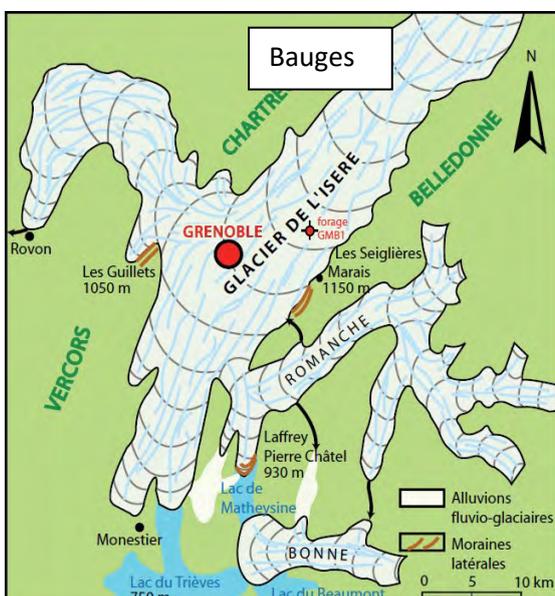


MERCREDI 16 SEPTEMBRE / Grenoble – Méribel

Des glaciers, de l'or

De Grenoble on remonte la vallée de l'Isère dont la forme en auge marque bien sa morphologie glaciaire. Entre Chambéry et Albertville le glacier atteignait des milliers de mètres d'épaisseur. Ils franchissaient les cols des Bauges et y ont déposé l'or qu'ils transportaient depuis les Massifs du Belledonne et du Mont Blanc.

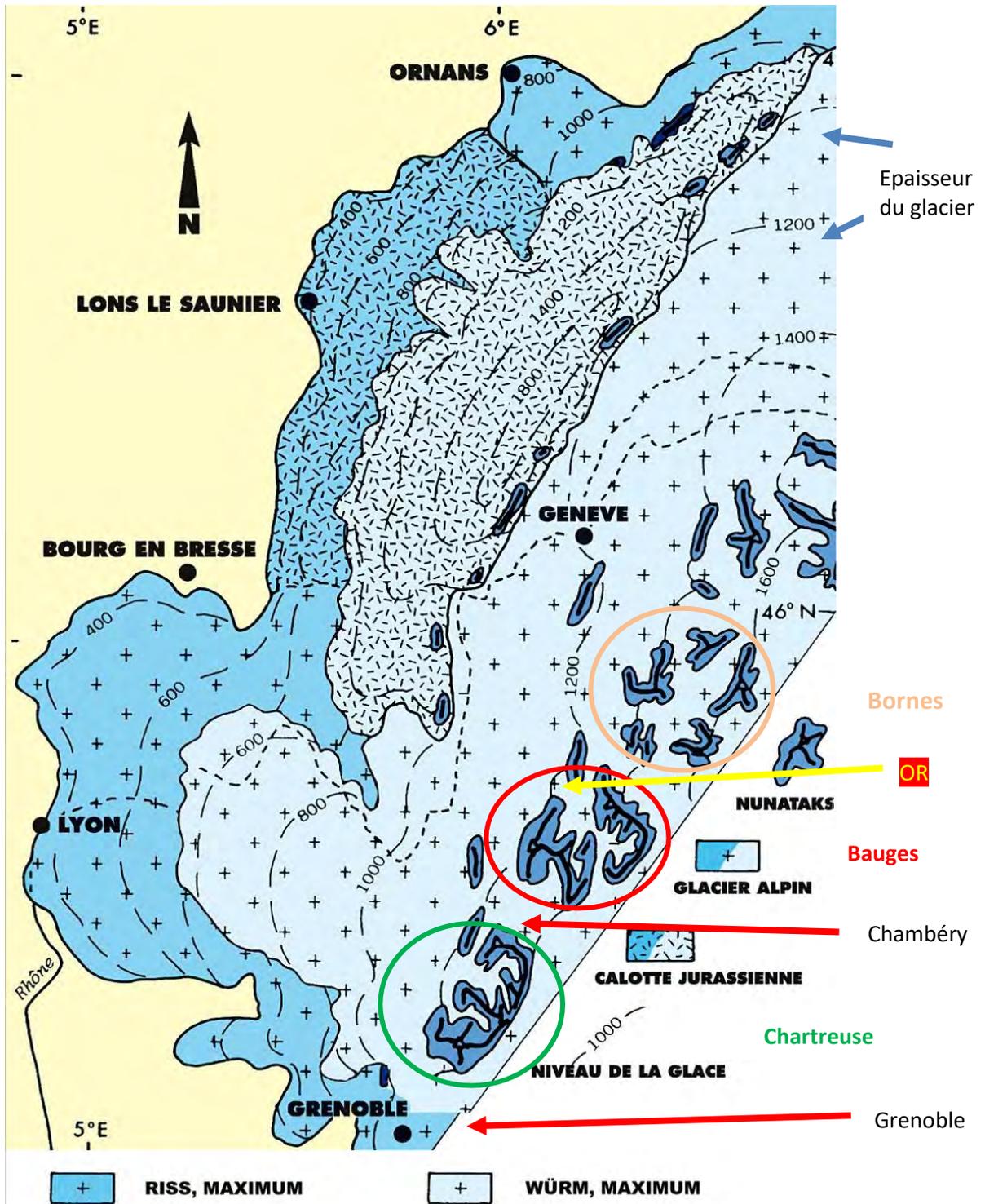
Paradoxal : de l'or entre Aix et Annecy (grâce aux glaciers)



L'or se trouve sous forme primaire dans des roches très siliceuses. On le trouve aussi quand des roches siliceuses ont été altérées et qu'il a été transporté par des cours d'eau, dans des alluvions (appelés les *placers*). Mais à l'ouest des Bauges on trouve de l'or dans les alluvions de rivières alors que ces montagnes sont calcaires. Donc il ne devrait pas avoir d'or ! Paradoxal ! Quelle en est l'explication ?

Le massif des Bauges est effectivement totalement calcaire. Mais au Quaternaire, lors des grandes périodes glaciaires, ses vallées étaient occupées par des glaciers qui l'envoyaient, en venant de l'est, des massifs du Belledonne et du Mont Blanc. Leur épaisseur était telle qu'ils franchissaient les cols du Massif des Bauges pour s'écouler vers l'ouest !

Ils charriaient des blocs rocheux arrachés dans ces massifs cristallins de l'est, et les relâchaient dans les Bauges. On retrouve aujourd'hui ces blocs et leurs fragments jusqu'à l'Ouest des Bauges, de même que les particules, parmi lesquelles les paillettes d'or !



(Le glacier de l'Isère atteignait 1600m d'épaisseur vers Grenoble, 1800 m vers Chambéry et 2000 m vers Albertville).

Les glaciers (en bleu) ont envoyé les parties basses du massif des Bauges. La flèche pointe où de l'or a été trouvé (la plus grosse pépite connue faisait plus de 43 grammes). Cet or a été exploité depuis les romains jusqu'au début du XX^e siècle. Aujourd'hui encore des orpailleurs amateurs y passent leurs vacances.

JEUDI 17 SEPTEMBRE / Méribel – La Roche-sur-Foron

Un barrage original, le « prince des gruyères, des monts poussés par les Alpes

Des barrages, dont un très original (Barrage du Roselend), des vallées de prairies pour le fromage de Beaufort et enfin un plateau chiffonné par la poussée alpine.

On parcourt d'abord la vallée de la Tarentaise dont la **houille blanche** (l'eau) a fait la richesse par sa production d'électricité pour les usines énergivores.

La vallée principale est une **vallée glaciaire**, encaissée et très étroite à certains endroits, bordée au nord par les massifs du Beaufortain et du Mont-Blanc, et au sud par la Vanoise et la Lauzière.

Vallée agricole, puis industrielle, elle s'est tournée dans la deuxième moitié du XIXe siècle vers le tourisme estival, puis thermal et au XXe siècle dans la pratique des sports d'hiver (nombreuses stations de ski). Aujourd'hui la vallée présente **la plus grande concentration de domaines skiables étendus au monde** (Courchevel, Méribel, Les Ménuires et Val Thorens, Les Arcs, La Plagne, Tignes et Val-d'Isère).

La course se déroule au cœur du massif des Alpes. Partout les couches sont pliées, chiffonnées, mêmes celle constituées de roches très dures. **A l'échelle géologique les roches sont comme de la pâte à modeler !**

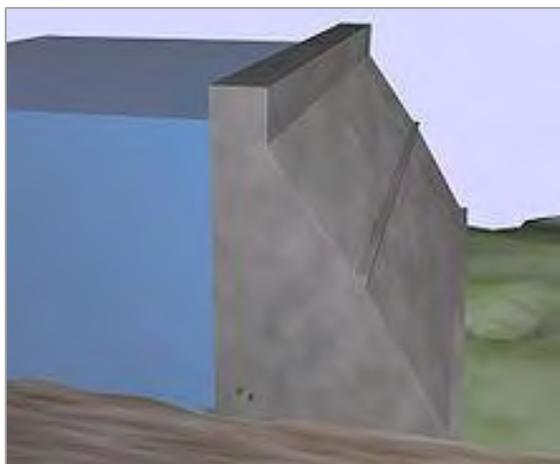
Du Cornet de Roselend, on descend vers le barrage du même nom dont la voute est si particulière.

Un **barrage** est un ouvrage construit en travers d'un cours d'eau destiné à en réguler le débit et/ou à stocker de l'eau, notamment pour le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture, une réserve d'eau potable, etc.

Il existe différents types de barrage selon l'objectif. Pour des barrages hydroélectriques on distingue généralement 2 grands types de barrage : les barrages poids et les barrages voûte.

Barrage poids

Un barrage poids est un barrage dont la propre masse suffit à s'opposer à la pression exercée par l'eau. Ce sont des barrages souvent relativement épais, dont la forme est généralement simple.



Barrage poids



Barrage-poids évidé : le barrage amont d'Aussois en Savoie

Barrage voûte

Dans un barrage voûte, la poussée de l'eau est reportée sur les flancs de la vallée au moyen d'un mur de béton arqué horizontalement, et parfois verticalement (on la qualifie alors de voûte à *double courbure*).

La technique de barrage-voûte nécessite une vallée plutôt étroite et un bon rocher de fondation. En raison du relativement faible volume de matériaux nécessaires, c'est évidemment une technique très satisfaisante économiquement.

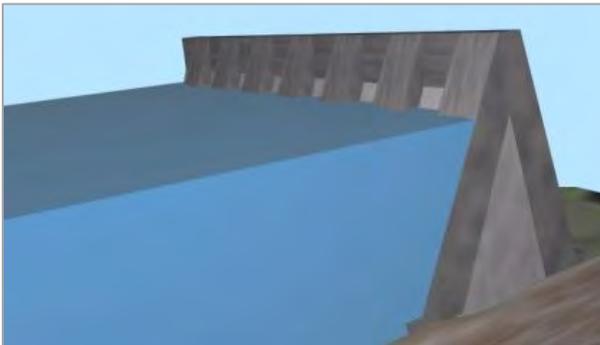


Barrage voûte



Un barrage-voûte : le barrage de Monteynard

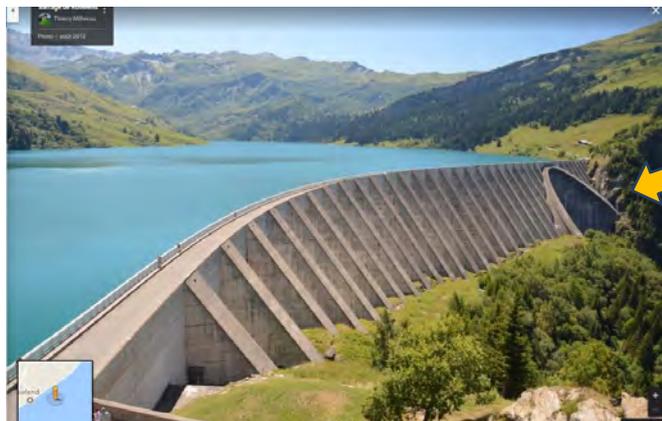
Il existe toute une variété de constructions (Barrage à contreforts ou multi-voûtes...)



Barrage à contreforts : le mur du barrage est conforté par tout un ensemble de structures, en contrefort.

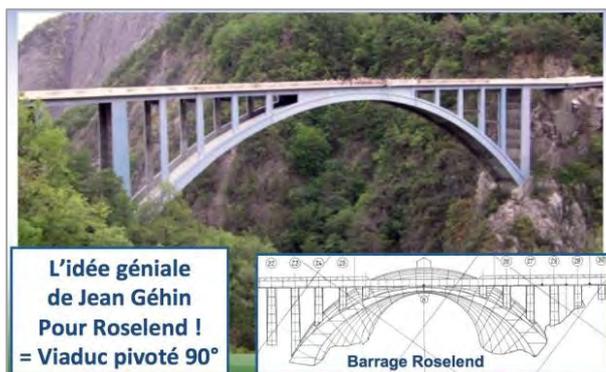
Le barrage de Roselend

Il présente une singularité, car il associe différents types de structures : Il s'agit d'un barrage voûte à contreforts pour la plus grande partie, mais une partie du barrage est une voûte tournée de 90° !!



Vue générale du barrage de Roselend : des contreforts soutiennent le mur principal. Au loin (flèche jaune) se voit une structure très différente.

Pourquoi cette particularité ? A cause d'une gorge profonde localisée.



Coupe topographique le long du barrage : la gorge posait un problème particulier pour la structure à contreforts.

Comment faire un barrage avec ce profil de promontoire et de gorge profonde ?

Ouvrage d'art conçu et calculé **comme un Viaduc** pour appuyer les contreforts sur la voûte !



A gauche : Détail de la voûte, orientée de telle sorte qu'elle permet une décharge sur une plus grande hauteur

A droite : Maquette du barrage de Roselend, montrant bien la structure particulière de sa base (à cause du "coup de scie" de la topographie basale).

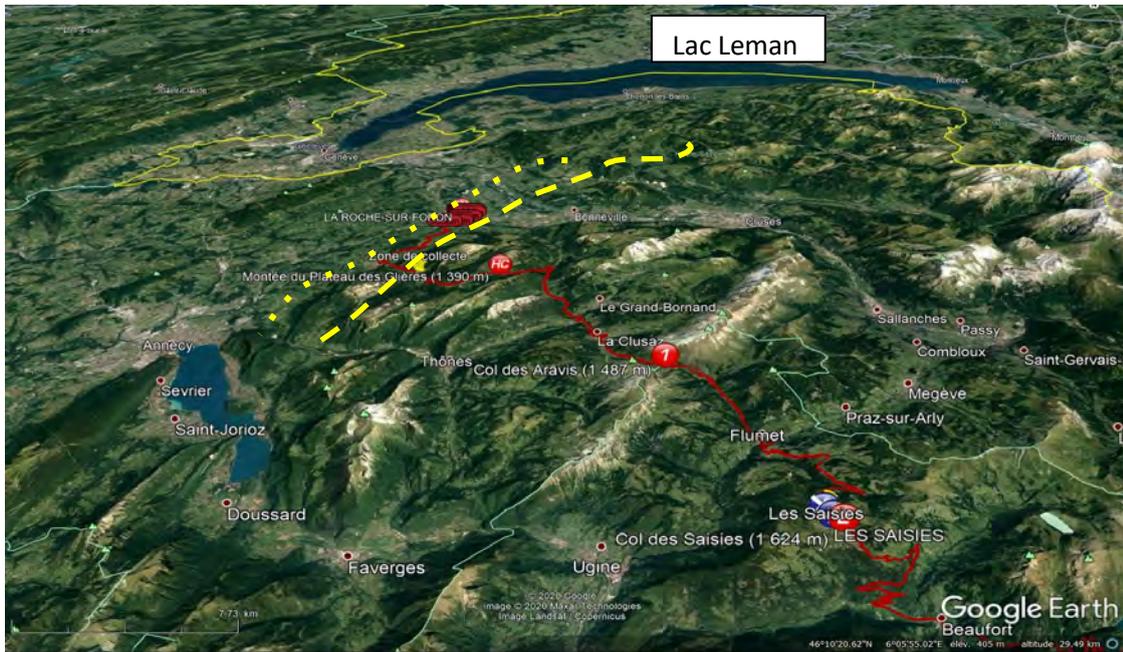
Des schistes et argiles, pour des vaches, pour du Beaufort, le "Prince des Gruyères" selon Brillat-Savarin

Du lac de Roselend, descente vers **Beaufort** et ses grasses prairies qui permettent le fromage.

Il est aujourd'hui un des représentants de la cuisine savoyarde : de la **fondue savoyarde**.



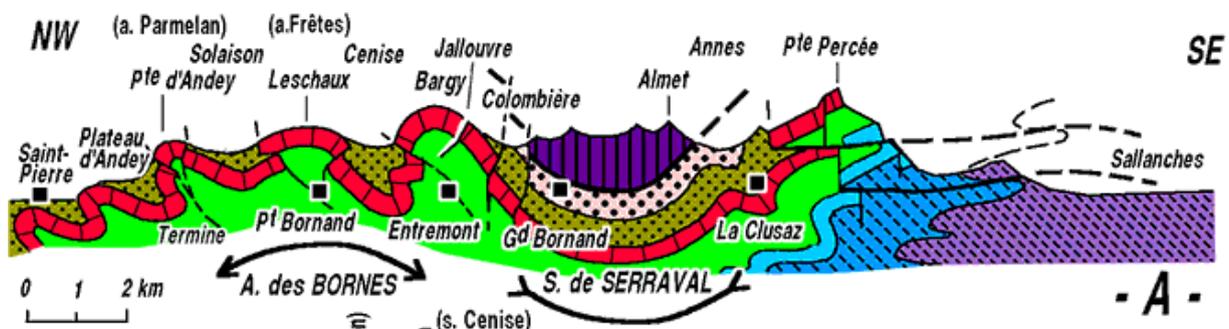
Montée des Saisies, en bas de la descente du col des Saisies. On retrouve les chaînes calcaires des Préalpes. La structure, ici encore, montre bien qu'elles sont **plissées car poussées par les Alpes**



Les sommet des plis sont soulignés par un pointillé jaune et la course par un trait rouge

VENDREDI 18 SEPTEMBRE / Bourg-en-Bresse - Champagnole

Un coulis de calcaire sur du sel

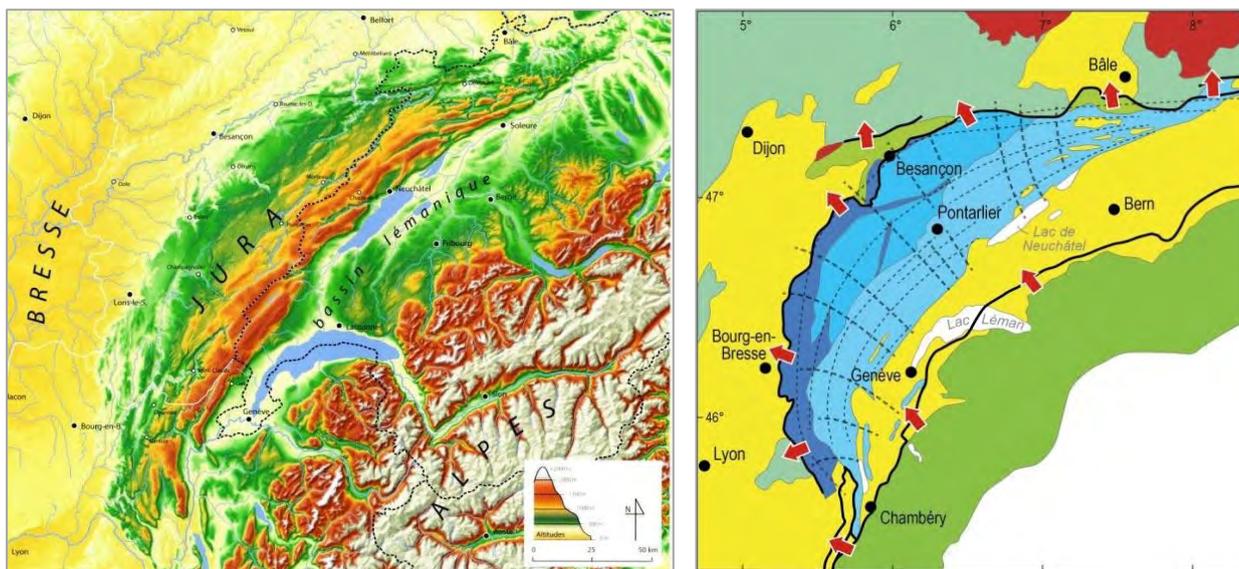


Les monts du Jura sont impressionnants pour un homme. Mais en termes de géologie il s'agit d'un simple coulis d'une pellicule calcaire, sur une peau de banane représentée par du sel⁵. Son exploitation laisse des sillons dans les la forêt de Poligny.

Le Jura forme une chaîne de 300 kilomètres de long et 70 km de large.

Il forme un croissant montagneux, dont la convexité est face au nord-ouest. Sa carte et sa structure illustrent parfaitement ce qu'il est : une langue d'écoulement qui a davantage avancé en son centre que sur ses extrémités. Tout à fait comme le fait une crème caramel ou une pâte molle. Il s'agit effectivement d'un **coulis de calcaire** qui s'est installé quand le Massif alpin s'est élevé, en contrecoup.

Exemple magnifique de ce que sont les phénomènes géologiques : des structures très plastiques quand on prend en compte la durée de ces phénomènes. Le Jura a commencé à se déplacer il y a 11 millions d'années, jusqu'il y a 3 millions d'années pour ses mouvements les plus importants, mais il **continue toujours à se déplacer** comme en attestent le cours de rivières, les séismes etc. Déplacement horizontal d'environ 1mm/an (soit 1 km/million d'années) et une élévation de 0,3 mm pour la haute chaîne.



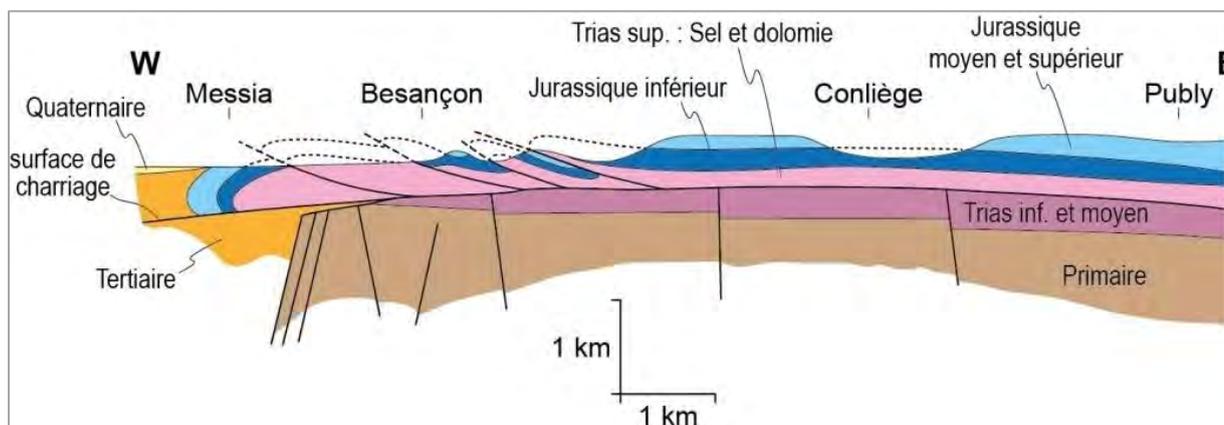
Le croissant du Jura doit sa forme à son écoulement.

A gauche : Topographie. Son front domine la dépression de la plaine de Bresse (de Bourg-en-Bresse à Belfort).

A droite : la structure du Jura révèle son origine : celle d'un glissement en masse vers le nord-ouest.

Les flèches rouges indiquent le sens du transport.

La forme en carte est évocatrice en elle-même, et une coupe de ce massif révèle que ce coulis déborde sur les sédiments récents du bassin d'effondrement de la Saône (fig. suivante). L'ensemble s'est déplacé de plus de 25 kilomètres dans les parties les plus mobiles, au centre.



Coupe du Jura

En glissant, en coulant, les terrains se sont plissés ici et là, et le front (de roches du Jurassique, (Secondaire) déborde sur les sédiments récents de la plaine de la Bresse.

La durée des phénomènes géologiques et ses conséquences est difficile à appréhender par notre ressenti d'humains pour lesquels un siècle semble une éternité. Une pente d'un ou deux pour cent, est un "faux-plat" pour le cycliste, et pourtant une pente de 0,5 à 1% a suffi pour que le massif montagneux du Jura s'écoule...

⁵ Texte et illustrations extraites de "Roches-mystères" Belin, à sortir 2021, P. De Wever

Et le sel, où est-il ?

Des toponymes attestent de la présence de sel ; Salins, Lons-le-Saunier.

Un peu au nord de Lons-le-Saunier, à Poligny, une forêt semble entaillée de profondes tranchées épisodiquement soulignées par des fosses qui évoqueraient des cicatrices de la première guerre mondiale si elles étaient situées dans la Meuse ou les Hauts de France⁶.

Le Jura est caractérisé par ses épaisses couches de calcaire du... Jurassique. Cette masse repose sur des terrains plus anciens, constitués de sels et marnes du Trias. Ce sont les couches de sel, matériau très plastique, qui ont permis au Jura de littéralement couler vers l'ouest.

Les couches salifères contiennent des dépôts qui se forment quand de l'eau de mer s'évapore, on les appelle (fort logiquement) des évaporites. Il se dépose d'abord du gypse (un sulfate de calcium), puis du sel gemme (ou halite, un chlorure de sodium) et enfin de la potasse (un chlorure de potassium) (voir 10e étape Ile de Ré).

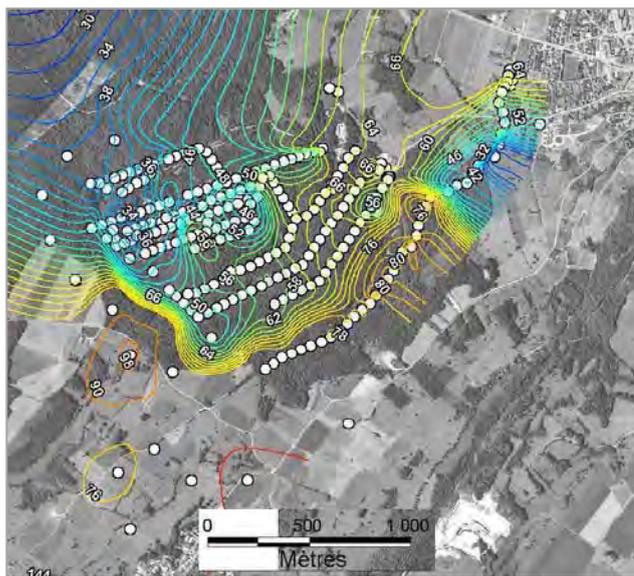
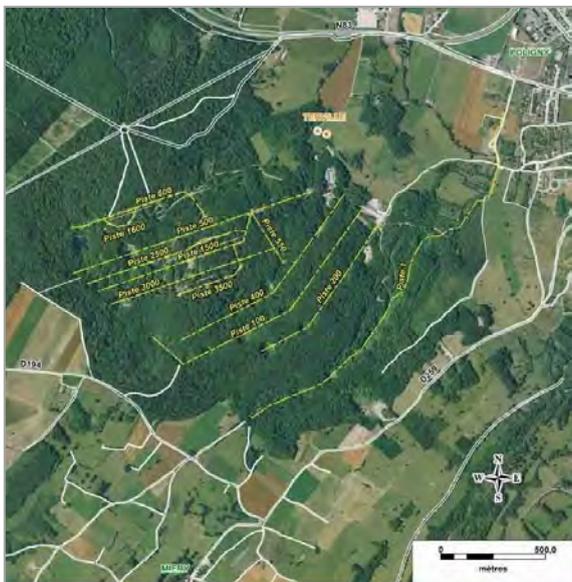
Les couches de sel se sont déposées dans des lagunes à forte évaporation.

Le sel a été exploité à Poligny par injection d'eau en profondeur. L'eau salée, la saumure était ainsi facilement transportée jusque dans les usines. La dissolution de sel a fini par laisser des cavités qui se sont effondrées le long des drains formant alors des tranchées. Parfois l'effondrement est plus conséquent et de grands entonnoirs de dizaines de mètres se sont formés.



Le bois au sud-ouest de Poligny est marqué de reliefs en ligne ponctués d'effondrement plus importants.

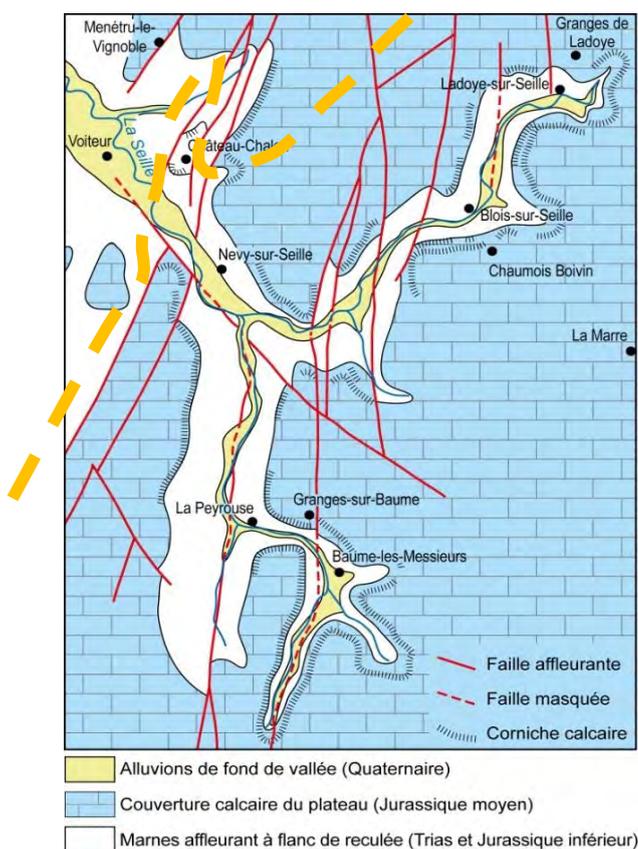
⁶ Texte et illustrations extraites de "Roches-mystères" Belin, à sortir 2021, P. De Wever



Emplacement des forages et drains. La figure de droite localise les forages. Les lignes de couleur indiquent les épaisseurs de la couche de sel de Poligny. Le village est en haut à droite. Les épaisseurs de sel vont de 30 m (lignes bleues) à près de 100 m (lignes orange).

Des reliefs jurassiens : les reculées

Peu après Lons-le-Saunier, juste avant Château-Chalon s'ouvre sur la droite une vallée : une reculée, de Baume les Messieurs.



La reculée de Baume les Messieurs

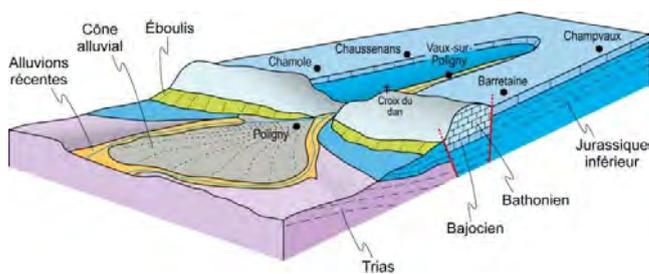


Schéma de la reculée de Poligny

Pointillé orange : itinéraire course



Une belle illustration du front du Jura est la montée de la côte de Château-Chalon (4e catégorie). On passe des plaines argileuses occupées de prairies et cultures céréalières à la pente plus forte avec ses vignes (Vins d'Arbois et le célèbre "Château-Chalon").



Château-Chalon (au sommet des falaises) La plaine céréalière, la pente de calcaire argileux et ses vignes de vins d'Arbois, le plateau bien dur de Calcaire © De Wever P.

On fait ici face au front du Jura (qui avance vers nous à la vitesse de 1 mm / an).

SAMEDI 19 SEPTEMBRE / Lure – La Planche des Belles Filles

Des dépôts glaciaires de Lure au socle des Vosges en passant par le Trias rouge

On quitte la plaine faite de sédiments glaciaires (Quaternaire), pour monter sur le socle de roches métamorphiques des Vosges, en passant par les grès rouges du Trias qui recouvre ce socle.

D'une plaine cultivée de terrains de l'ère Secondaire (Jurassique et Trias --grès rouges--) on monte sur le socle Primaire des Vosges. La course commence dans la plaine glaciaire de Lure pour s'élever sur le socle de roches de l'ère Primaire. A mi-course, juste avant la montée, l'itinéraire passe par Mélisey.

Triple intérêt :

1-- lieu de naissance de Thibault Pinot (dont le papa est maire depuis 2008) ;

2-- des moraines et des blocs erratiques témoignent de l'existence de glaciers ;



Témoins de glaciers : Bloc erratique et moraine

3-- la ville a utilisé le grès rouge du Trias pour ses constructions (la même roche que celle de la cathédrale de Strasbourg, Château du Haut Koenigsbourg, en Alsace, mais aussi celui de Collonges-la-Rouge (Corrèze).



Le pont sur l'Ognon en grès rouge © A. Bourgeois P / CC by-sa/4.0)



Utilisation du grès rouge local (Porte du cimetière et église) © A. Bourgeois P / CC /by-sa/4.0)

Planche des belles filles : ce nom est issu d'une légende selon laquelle durant la guerre de Trente Ans les jeunes filles du village voisin se seraient suicidées pour échapper aux mercenaires suédois.

Les hauteurs sont constituées de terrains de l'ère Primaire, schistes, coulées de basaltes (du Carbonifère). Plus tard, lors de la formation des Alpes vers 40 millions d'années, des **fissures** de la croûte terrestre favorisent la **remontée de divers minerais métalliques** (cuivre, plomb...). Des gisements de minerais métalliques, ont été exploités (XV^e - XVIII^e siècles) dans des mines d'où le nom de Plancher-les-Mines.

DIMANCHE 20 SEPTEMBRE / Mantes-la-Jolie

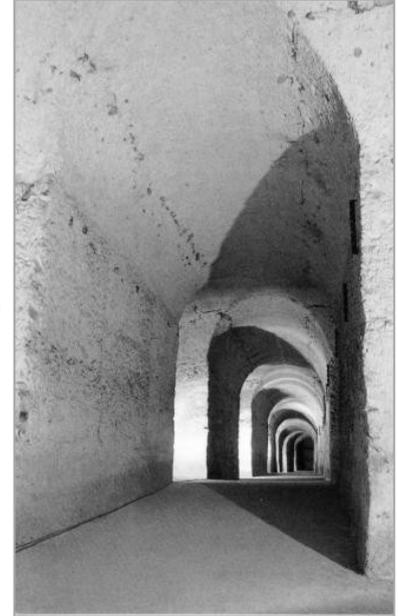
Paris Champs Élysées

Bleu, blanc, rouge, blanc comme le « blanc de Meudon »

Les terrains de la région parisienne concernent surtout la période Tertiaire. Pourtant ici et là se trouvent des terrains de l'ère Secondaire.

C'est le cas à Meudon, où à l'occasion d'un léger pli des couches, des terrains du Crétacé supérieur sont visibles. Ils sont constitués de craie.

Cette roche blanche a été largement exploitée dans des carrières souterraines encore visibles (mais pour combien de temps ?). De cette roche étaient issus des produits connus dans le monde entier, en particulier le "blanc de Meudon"



Carrières souterraines de la colline Rodin à Meudon, classées en tant que site scientifique et artistique par décret du 7 mars 1986.

Le **blanc de Meudon** peut être utilisé :

- En peinture, fréquemment utilisée dans la fabrication des gouaches ;
- En gravure, pour polir les plaques de zinc ou de cuivre, avant de les graver ou de les enduire de vernis (eau-forte) ou de résine (aquatinte) ;
- En dorure à l'eau, aussi dite "à la détrempe", le blanc de Meudon est la charge principale pour la réalisation d'apprêts sur un support bois. Il est mélangé avec de la colle de peau de lapin (sous forme liquide).



Atelier du brunissage de la manufacture nationale de Sèvres. Sable, « Blanc de Meudon » et outils

© Coyau, cc- by-sa 3.0

Vitrine de Noël décorée au Blanc de Meudon © Zélie, DR

- Comme produit d'entretien : pour faire briller des surfaces (cuivre, étain, argenterie, laiton, verre, faïence, plastique et plaques vitrocéramiques...);
- À blanchir intégralement les vitrines pendant une période de travaux, mais aussi les décorer pendant les fêtes de Noël par exemple.