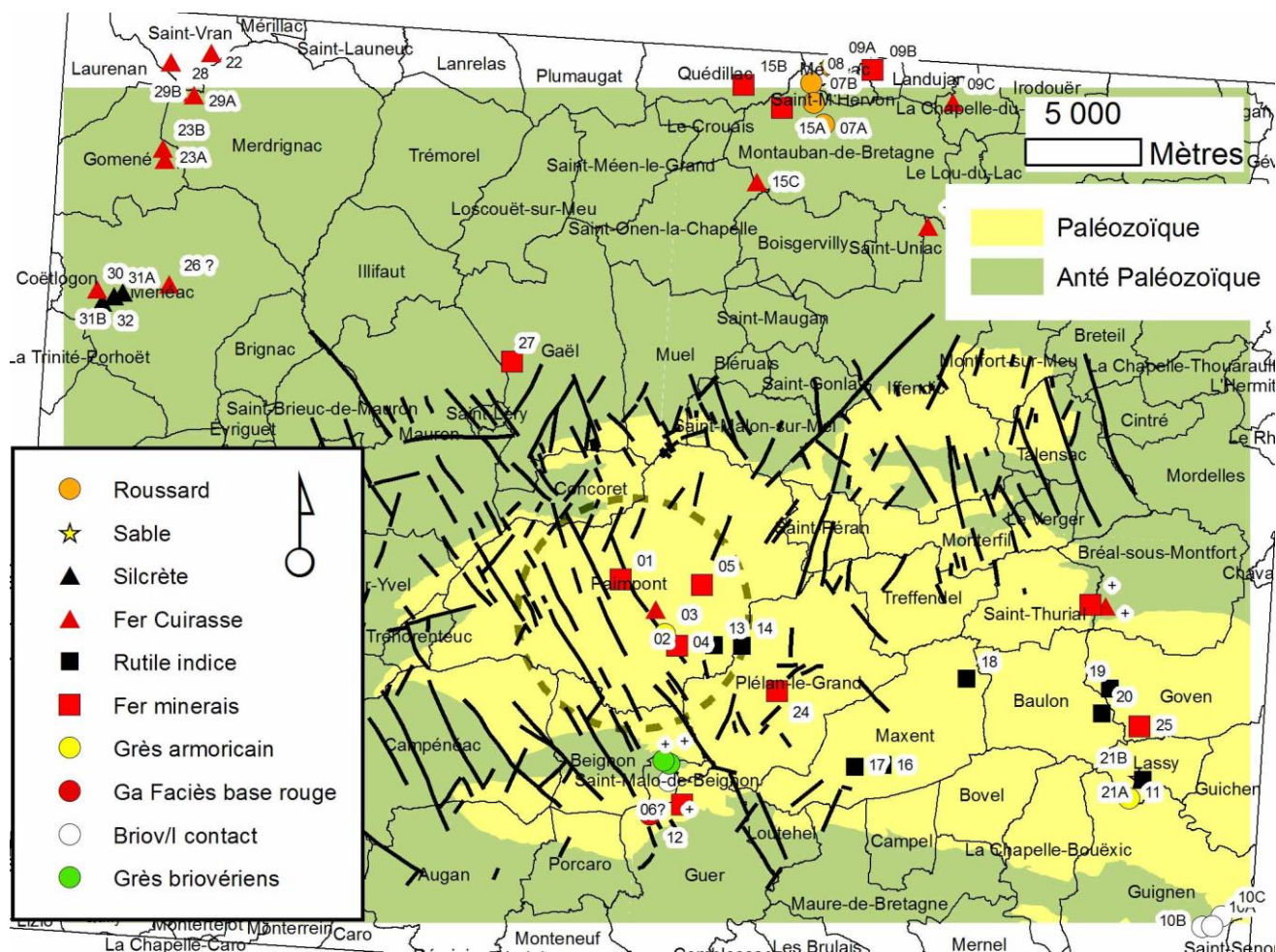


RESSOURCES MINÉRALES – CONTEXTE GEODYNAMIQUE



Localisation des points cités (1-31)- la sortie est centrée sur Paimpont : cercle en pointillé – ANNEXE 3

► Fer – Origine sédimentaire : Formation du Grès armoricain

Les **minerais de fer bretons** ont alimenté depuis l'Antiquité une importante sidérurgie régionale et en particulier les célèbres Forges de Paimpont situées sur la carte de Guer, à 3 km au Sud-Ouest de Plélan-le-Grand. Les Forges de Paimpont furent actives aux XVIII et XIX siècles (*fermeture des hauts fourneaux en 1884*).

----- FEUILLE de GUER -----

Le **minerai de fer** traité dans ces forges était extrait dans des **minières** (*mines peu profondes à ciel ouvert*) **ouvertes dans la Formation du Grès armoricain** et situées au NW des forges, dans la forêt de Paimpont à :

- **la Prée : point 01** ¹ (ou *Lande de Paimpont*) à 1,5 km au Nord du bourg de Paimpont actuellement occupée par l'**Étang Bleu** (*carte géologique à 1/50 000 de Ploërmel*);

Selon L. Davy (1911), la coupe observée en 1901 à la **minièrre de la Prée** (*l'Étang-bleu*) était la suivante, en partant du haut :

- 3 à 4 m de sables argileux jaunes à blancs et d'argiles jaunes à vertes en stratification irrégulière, à blocs ou amas de minerai disséminés, parfois volumineux ;
- 4 à 5 m de bancs réguliers et durs de minerai séparés par des lits argileux friables (**sidérite** blanc sale, au centre de certains blocs) ;
- plus de 12 m de couches épaisses massives d'argile brune très siliceuse enveloppant du minerai phosphoreux (**hématite**).

¹ Les points **surlignés en jaune** correspondent aux sites proches de Paimpont, susceptibles d'être visités le 1^{er} avril 2016 - Point de départ : La carrière de La Moutte : **Point 03**.

- la **Gelée point 02** à 1 km à l'Ouest de Paimpont où l'on peut encore voir des fosses d'extraction;
- la **Moutte point 03**, le Pas Chapin (ou **Pas Chagrin point 04**) et le **Grand Minerai**, le long de la vallée entre l'Étang de Paimpont et l'Étang de la Fenderie **point 04**;
- le **Nouveau Minerai**, à **Trudeau point 05**, au Sud de l'Étang du Pas du Houx.

Une minière fut aussi ouverte à **Coëtquidan point 06 ?**, à environ 8 km au Sud des forges. Selon F. Kerforne (1908), le minerai s'y présente en couches presque horizontales, d'une puissance de l'ordre de 2 m, reposant sur des bancs gréseux rosés et surmontés par quelques mètres de grès blanc à tigillites (*tubes de ver*). Cette couche serait située à la **base de la Formation du Grès armoricain** et composée d'hématite rouge parfois terreuse, le plus souvent grenue. Elle paraît formée de petits grains aplatis, à patine noire, noyés dans un minerai plus fin, rouge, assez riche en grains de quartz.

- Selon F. Kerforne (1918), le **minerai de fer de l'Ordovicien inférieur** est généralement constitué de **magnétite, oligiste et sidérite**. Mais près de la surface, il est transformé secondairement en **hématite**. Cette transformation pourrait être reliée aux phénomènes d'altération qui affectent la partie superficielle du Grès armoricain.
- Selon J.J. Chauvel (1974), les couches de **minerai de fer contenues dans le Grès armoricain inférieur** de Bretagne - Anjou ont pris naissance à partir de solutions issues de l'altération de massifs continentaux de la chaîne cadomienne. Le fer a précipité en milieu marin sous forme d'**hématite, magnétite, sidérite** en fonction des conditions de profondeur et d'oxygénation du dépôt. Puis, au sein du sédiment, des phénomènes de diagénèse se produisent entraînant des phénomènes de concrétionnement et provoquant la transformation de silicates de fer en stilpnomélane.

Comme déjà souligné par F. Kerforne (1918), les derniers stades d'évolution du minerai sont liés aux phénomènes d'altération superficielle se traduisant par une transformation de la magnétite en hématite et la formation d'hydroxydes.

----- FEUILLE de MONFORT-SUR-MEU -----

De petites excavations ont été localement exploitées de façon artisanale au début du siècle (*Calou point 07, les Ferrières point 08, les petites et grandes Ferrières point 09*). Le minerai possède des teneurs de 50-51 % en fer et de 14-15 % en silice. L'épaisseur maximale de ces gisements ne dépasse pas 5 m (Puzenat, 1939).

▪ **Formation du Grès armoricain (02) - Arénig moyen :**

Faisant suite en concordance stratigraphique à la Formation de Pont-Réan, le Grès armoricain occupe le cœur du synclinal de Pléchatel, entre les synclinaux de Bourg-des-Comptes et Guichen (*région de Maxent*) et au niveau du synclinal de Paimpont. Elle constitue généralement des reliefs en plateau d'altitude supérieure à 100 m.

Le caractère original de cette formation réside dans sa grande extension régionale et le caractère mature des dépôts qui pourraient provenir du remaniement sur une plate-forme sous-aquatique peu profonde d'un stock sableux déjà évolué (*Guillocheau et Rolet, 1982*).

-En lame mince, ces grès correspondent à des quartz-arénites bien classées, à grain fin (*100 microns*), bien engrenées, très pauvres en ciment séricitochloriteux. Au quartz représentant plus de 90 % de la roche, s'ajoutent quelques micas détritiques et quelques minéraux accessoires (**tourmaline, zircon, sphène**). Aucun fossile n'y a été découvert, mais de nombreuses pistes et traces de vie sont observables (*Cruziana, Daedalus, Skolithes* voir **ANNEXE 3**).

Sur la **carte voisine de Janzé**, trois membres ont été distingués dans cette formation de l'ordre de 500 m de puissance, conformément à la division proposée par F. Kerforne (1912):

- le Grès armoricain inférieur (250 m de puissance) caractérisé par de gros bancs de grès-quartzite séparés par des joints silteux ou micacés (psammites) et contenant localement des couches de minerai de fer riche en magnétite ;
- les Schistes intermédiaires (120 m de puissance), constitués d'une alternance grés-silteuse centimétrique à métrique, souvent riches en figures sédimentaires et en traces de bioturbation;
- le Grès armoricain supérieur (120 m de puissance) formé de bancs de grès fins souvent micacés, à figures sédimentaires fréquentes.

Cette distinction semble avoir été délicate à cartographier **sur la carte de Janzé**, comme écrit dans la notice : en ce qui concerne les Schistes intermédiaires, « c'est souvent par défaut et indirectement que ce faciès a été cartographié ». Elle avait été établie par F. Kerforne (1914) dans la région de Châteaubriant où le niveau inférieur de

grès contient des couches de minerai de fer. Mais d'après cet auteur, *ces couches de minerai de fer ont tendance à disparaître à l'Ouest de la Vilaine et il n'est pas exclu que la distinction en trois faciès disparaisse aussi.*

Ce découpage cartographique, s'il existe, n'a pu être effectué sur la **carte de Guer**, compte tenu de la médiocrité des affleurements (*ceci avait déjà été le cas pour les cartes de Ploërmel et Montfort-sur-Meu*).

Cette formation apparaît généralement sous la forme de blocs de 5 à 20 cm de côté de grès-quartzite blanc à beige, à grain fin, dispersés dans une matrice argileuse à argilo-sableuse blanc-ocre.

Les affleurements de roche en place sont rares, ils sont observables au niveau des tranchées de route et dans d'anciennes carrières.

Les meilleurs affleurements sont situés dans les carrières suivantes :

- **carrière du Bois-Pipault point 10**, à 3 km à l'Est de Guignen : gros bancs métriques de grès-quartzite blanc à filonnets de quartz blanc découpés par de nombreuses diaclases;
- **carrière de la Chutelais point 11** au Pont de Lassy, dans la vallée du Canut, à 5 km au Nord de Guignen: bancs de 0,1 à 1 m d'épaisseur de grès-quartzite grisbleu, très dur, à passées psammitiques (photo 12) ;
- **carrière de la Moutte point 03**, à 1,5 km au Sud-Est de Paimpont: bancs de 0,3 à 1 m d'épaisseur de grès-quartzite gris-blanc, à nombreuses traces de vie (terriers, galeries, traces de locomotion), à stratification régulière (SO N60 40SE), localement ondulée.

....une carrière encore récemment exploitée permet d'établir la coupe sur plusieurs dizaines de mètres. Cette carrière (la Moutte) possède en outre des niveaux riches en traces de vie : bilobites (*Cruziana*) de grande taille et d'une conservation exceptionnelle, *Daedalus* ; sur la feuille Ploërmel, seuls quelques terriers ont pu être observés (*Skolithos*).

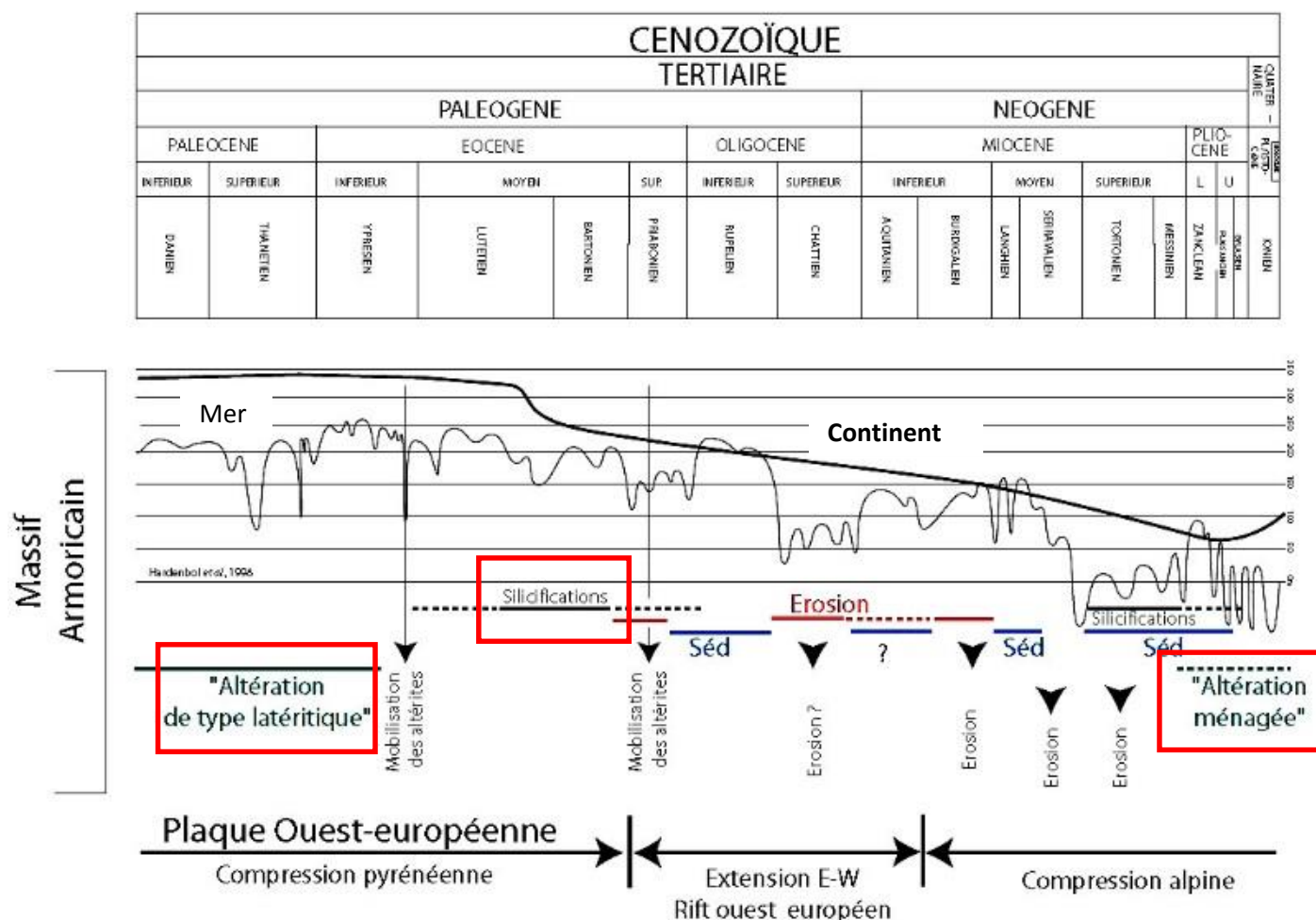
À la base du Grès armoricain, nous avons distingué un faciès de **grès-quartzite rouge** correspondant à la transition avec les siltites rouges de la Formation de Pont-Réan sous-jacente. Ce faciès est observable, en particulier, **au Sud du camp militaire de Coëtquidan point 12** où des bancs de grès-quartzite rouge lie-de-vin alternent avec des passées de siltite rouge.

Rutile-zircon

De nombreux indices de rutile (*oxyde de titane utilisable comme pigment dans les peintures*) et zircon (*silicate de zirconium utilisable dans les réfractaires*) ont été recensés **dans la Formation du Grès armoricain** près de **Plélan-le-Grand** (*Plaisance point 13*, *Pont Breton point 14*, *le Pavillon point 15*), au Sud de Maxent (*la Fromais point 16*, *Lantu point 17*), au Nord-Ouest (*la Gouanuière point 18*) et au Nord-Est de **Baulon** (*la Denilaye point 19*, *la Violais point 20*), près de **Lassy** (*la Chapinais point 21*).

Au microscope, le minerai se présente sous la forme de petits grains de rutile-zircon dans une matrice quartzeuse très dure.

► CONTEXTE GEODYNAMIQUE – ALTERITES (voir ANNEXES 1-2)



Evolution du Massif armoricain au Cénozoïque (niveau marin – altitude continent) en encadrés rouge les processus d'altération évoqués ici.

→ Contexte géodynamique

Durant une période imprécise allant de la **fin du Crétacé à l'Éocène moyen**, le substratum protéro-paléozoïque a été profondément altéré sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur par une action météorique supergène en climat chaud et humide. Cette altération s'accompagne de **processus latéritiques** du type **cuirasses ferrugineuses** et **silicifications**. Le démantèlement de la partie supérieure des profils daterait de l'Éocène supérieur (Trautmann et al, notice carte de Rennes, 2000).

- Avec l'**Oligocène** apparaissent des dépressions alignées sur des accidents NNW-SSE (*couloir de faille de Quesnoy-Nort-sur-Erdre*). Ces dépressions sont des grabens générés par la phase de distension qui affecte la France durant cette période. En fonction de la position géographique des grabens, la sédimentation est marine (*Langon, feuille Pipriac*) ou laguno-lacustre (*Loutehel, feuille Guer*). L'organisation de ces dépressions le long d'accidents structuraux a conduit de nombreux auteurs à proposer l'existence de rias envahies par la mer oligocène.

- Au cours du **Néogène**, se sont déposés les gisements de Sables rouges de Bretagne, en particulier, en ce qui concerne la carte de Guer, dans la région de Mernel. La présence de glauconie dans les sédiments a conduit les géologues (Milon, 1926, 1929, 1933; Milon et al., 1935 ; Durand, 1960; Durand et al., 1962) à considérer qu'ils correspondaient à un épisode marin transgressif. Ce schéma a été nettement remis en question (Bonnet, 1998; Guillocheau et al., 1998; Brault, 2000, 2002). Les études récentes conduisent à imaginer plutôt un remplissage fluvial de paléovallées, évoluant vers un remplissage de paléorias en domaine d'estuaire interne.

Deux unités stratigraphiques ont été reconnues et datées (Van Vliet-Lanoë et al., 1995a) :

- L'unité inférieure est constituée de chenaux faiblement sinueux évoluant vers des faciès estuariens internes. Elle est datée à $7,0 \pm 0,45$ Ma soit **Miocène terminal**.
- L'unité supérieure est constituée à sa base de chenaux en tresse associés à un cône alluvial passant verticalement à des chenaux faiblement sinueux puis à un estuaire interne. Ces derniers faciès ont été datés à $3,5 \pm 0,45$ Ma et $3,3 \pm 0,45$ Ma, c'est-à-dire **Pliocène supérieur** (Plaisancien).
- Au cours du **Pléistocène ancien**, la région connaît une épirogénie positive qui détermine un rajeunissement du relief et provoque un enfoncement de vallées.
- Le **Quaternaire** est marqué par l'alternance de climats tempérés et froids (*glaciations*). L'ensemble de la Bretagne subit des climats périglaciaires et les rivières ont des régimes contrastés permettant le transport d'alluvions grossières.
- À l'**Holocène**, le climat est tempéré et les rivières transportent uniquement des matériaux fins (*limon, argile*).

➔ Les altérites

Les épaisseurs d'altérites sont assez faibles sur les siltites du Briovérien à nulles sur les siltites rouges de la Formation de Pont-Réan et beaucoup plus fortes sur les formations gréseuses (*Grès de Courouët et Grès armoricain*).

- **Profils latéritiques** : Les processus supergènes (*qui se déroulent à l'air libre*), les climats chauds et humides du Tertiaire (*Durand, 1960; Estéoule-Choux, 1967; Ollivier-Pierre, 1980*) ont pu être d'excellents catalyseurs des transformations physico-chimiques. Ils ont engendré, sur tout le Massif armoricain, de véritables **profils latéritiques à kaolinite**, parfois épais (*40 m en moyenne dans la région de Scaër dans le Finistère Sud; 20 à 30 m dans les zones effondrées à l'Ouest de Rennes*).

On pense maintenant (*Wyns, 1991a, 1996; Quesnel, 1997; Thomas, 1999*) que c'est aussi la position altimétrique de la surface continentale par rapport au niveau marin relatif, associés à l'absence de pentes fortes à l'échelle régionale, qui ont pu conditionner très largement le développement ou la destruction des profils d'altération.

☞ Sans entrer dans la description, forcément complexe, des processus physico-chimiques régissant la **mobilisation du fer et sa précipitation** sous forme d'oxydes ou d'hydroxydes, il convient néanmoins de donner très succinctement les grandes étapes de formations d'une **cuirasse ferrugineuse**. Lors de l'altération, Na, K, Ca et Mg sont évacués très rapidement par **lessivage**. En revanche, l'aluminium est évacué très lentement et entre dans la composition de **minéraux néoformés** où il s'associe à la silice résiduelle. L'évacuation des ions solubles entraîne un enrichissement différentiel en Al qui se combine à la silice pour donner de la **kaolinite**.

La **goethite** (FeO OH) est le résultat de l'altération d'autres minéraux ferrifères tels que la magnétite, la pyrite. Pendant le fonctionnement de l'altération, au fur et à mesure de l'enfoncement du profil d'altération, la cuirasse se forme par «en-dessous» et est détruite en surface. Dans la partie vadose du profil, c'est-à-dire la région non saturée entre la surface et le niveau de la nappe phréatique, la déshydratation des **goethites** des altérites aboutit à la formation d'**hématite** (Fe_2O_3). Lors de l'enneigement du profil, les **hématites** se transforment par réhydratation en **limonite** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2\text{FeOOH}$).

☞ Il convient de distinguer les gisements associés aux profils d'altération (**ferricrètes vraies**) des gisements de galets à cimentation secondaire par oxydes de fer (**ferruginisation** : *piégeage des sédiments transitant à la surface des profils*).

Deux types de **ferruginisation** peuvent être distingués en Bretagne centrale :

- des **indurations secondaires** affectant des **sables du Mio-Pliocène** ou des alluvions sablo-graveleuses à nombreux galets des **terrasses fluviales quaternaires**, délimitant le plus souvent des dalles d'épaisseur métrique ; ces dalles constituées récemment (*Quaternaire*) sous l'action des eaux de percolation riches en fer sont observables sur les cartes de Montfort-sur-Meu, Loudéac et Josselin ;
- des **niveaux ferrugineux de texture fine et massive** développées sur les siltites du Briovérien, dont l'âge et l'origine restent à préciser (*exemple : Le Plessis à Monterfil vu le 19 janvier 2016*).

Affleurements :

Au Nord de Merdrignac, dans la partie ouest de la **forêt de la Hardouinais** et dans le **bois de Saint-Vran (point 22)**, mais aussi plus au Sud, dans la région de **Casténoët (point 23 A B)**, on recense encore quelques anciens indices correspondant à une **activité extractive du fer contenu soit dans la cuirasse ferrugineuse (pauvre en fer néanmoins)** qui coiffe les allotérites des roches briovériennes, **soit dans les alluvions ferruginisées**.

Il demeure quelques vestiges de forges qui ont fonctionné jusqu'au XVIII^e siècle. Dans la **forêt de la Hardouinais**, la toponymie est caractéristique: on retrouve des noms de lieux-dits bien connus en Bretagne tels que : *la Ferrière, les Forges, la Fonderie, le Fourneau, le Minerai ...*

Des **fragments ferrugineux** ont aussi été observés dans la **zone de Plélan-le-Grand, à la Gelée (point 02)**, près d'une ancienne zone d'extraction de minerai de fer des Forges de Paimpont et près de **Couédouan (point 24)**, ainsi qu'au Nord de Lassy à la **Hillandais (point 25)**. Ces blocs observables dans la **zone d'altération du Grès armoricain**, pourraient correspondre, au moins en partie, à des fragments de minerai de fer de l'Ordovicien inférieur transformés par l'altération superficielle.

À **Régnon (Ferricrète vraie point 26 lieu-dit non indiqué ? sur la carte géologique)**, au Sud-Est de Ménéac, la surface des champs est constellée de blocs de cuirasse ferrugineuse sans que celle-ci n'ait pu être observée « *in situ* », certains de taille importante sont souvent entreposés en bordure de parcelle. Ce gisement est localisé sur un petit replat à des altitudes voisines de 150 m et surmonte les allotérites des micaschistes formant l'auréole de contact du granite de Ménéac.

La nature de la cuirasse est ici en tout point semblable à la nature des ferricrètes localisées à la Ferrière (**point 08** feuille Loudéac), connues depuis longtemps et exploitées autrefois.

Le gisement de Régnon, de taille modeste, n'a, semble-t-il, pas fait l'objet d'une recherche (pour exploitation) particulière. Les **fragments de cuirasse** observés sont très pauvres en argiles (*kaolinite*) et micas et correspondent à un assemblage « presque pur » d'oxydes de fer selon, vraisemblablement, des processus d'accumulation en imprégnation au sommet du profil (*pas d'apports latéraux*). Il n'a pas été effectué d'analyse précise sur les échantillons de Régnon, mais celles réalisées sur des cuirasses morphologiquement identiques (*Estéoule-Choux, 1967*) montrent que les oxydes de fer sont essentiellement représentés par de l'**hématite**, tandis que la **goethite** reste secondaire. Ce reliquat de **cuirasse à hématite dominante** serait ainsi le témoin direct des cuirassements ferrugineux originaux.

Dans le **bois du Ferron (Ferricrète vraie)** le bien nommé, à la hauteur de la **Ville Germain (point 27)** sur la D766, des **fragments de cuirasse** peuvent être localement observés. Il s'agit ici de formes scoriacées qui se sont développées au sein de la masse argileuse en englobant des lentilles d'argiles. Lorsque les matériaux meubles ont été déblayés, il est resté des alvéoles. Selon J. Estéoule-Choux (1967), ce type de structure dénote l'action d'un niveau hydrostatique sur un profil argileux: « *c'est une accumulation absolue alimentée essentiellement par des apports latéraux dus à une nappe* ».

>Pour observer les **conglomérats ferruginisés**, prendre la **D6** depuis **Merdrignac** en direction de Saint-Vran, puis aux **rues Bresset**, prendre la direction de **Sainte-Brigitte, la Rouairie (point 28), Launey-Trébède** : de nombreux blocs de conglomérats ferruginisés emballant des fragments de formations silicifiées sont visibles dans les environs immédiats de ces lieux-dits, le meilleur point d'observation se situant à **Calleu (point 29)**, à la jonction avec le chemin agricole qui descend vers l'Hivet où sont entreposées de grandes dalles en bordure de chemin.

• **Formations silicifiées** : des lambeaux de surface continentale subsistent très localement ils peuvent être repérés par la présence de **formations silicifiées**, d'origine pédologique, **en dalles** ou le plus souvent en blocs épars sur des points hauts. L'apparition de ces formations marque l'arrêt du fonctionnement du profil d'altération, consécutivement à des changements climatiques et à un affaissement de l'altitude moyenne de la surface continentale. Elles sont donc les témoins d'une histoire postérieure à la latérisation et peuvent constituer un repère stratigraphique dans les séries azoïques (*Thiry, 1999*) :

-L'âge de ces silicifications a donné lieu à de nombreuses publications par le passé (voir à ce titre Durand, 1960; Klein, 1973 et Brault, 2002). En règle générale, on considère que les silicifications présentes sur le Massif armoricain, et qui montrent de nombreux caractères communs avec celles du bassin de Paris, ont un **âge compris entre l'Éocène moyen et l'Éocène supérieur**, ultérieur de toute façon à la **période latérisante**.

En effet, le développement de cuirassements siliceux nécessite des périodes d'évaporation pendant lesquelles la concentration des solutions du sol va augmenter durant leur migration vers la base du profil.

La nécessité d'approvisionner les horizons silicifiés en silice amène à considérer des environnements marqués par des **alternances de périodes humides et sèches, mais toujours chaudes**. Le temps de développement du cuirassement siliceux (*quelques millions d'années*) implique des conditions géomorphologiques stables pendant cette période. On retrouve des fragments de silicifications, emballés dans une formation, principalement constituées d'argiles kaoliniques resédimentées sous l'**Oligocène inférieur**: la période propice à l'élaboration des silicifications s'est donc interrompue **avant le Rupélien**, peut-être déjà **dès le Bartonien supérieur ou le Priabonien**.

>Il est probable que d'autres périodes d'altération aient pu intervenir, postérieurement au Tertiaire, éventuellement sous les climats tempérés du Plio-Quaternaire (*Estéoule-Choux, 1967, 1968b, 1982*).

Affleurements :

Le meilleur point d'observation de **silcrètes** se situe en **bordure la D793** qui relie Ménéac à La Trinité-Porhoët. L'affleurement se situe dans le bois immédiatement au Sud-Est du lieu-dit **Landual (point 30)**. Ce bois est accessible *a priori* sans autorisation préalable.

On trouvera à son entrée nord un amoncellement volumineux de dalles métriques épaisses de plusieurs dizaines de centimètres. Ces dalles proviennent d'un ancien aménagement du bois en circuit de cross pour voiture ainsi que des travaux liés au creusement de la route départementale.

Des dalles sont aussi visibles de l'autre côté de la route, en bordure de champ. Malheureusement, il semble qu'aucune de ces dalles ne soit réellement en place, cependant on peut considérer que leur transport est négligeable.

...Il est possible d'observer des dalles silicifiées le long de la D793, au Sud-Ouest de Ménéac. Elles sont localisées dans le petit bois qui borde la route juste avant le croisement avec le chemin du lieu-dit **le Verger (point 31A)**. Elles furent certainement exploitées autrefois, comme en témoigne les restes de front de taille artisanal, vraisemblablement pour servir de moellons de base aux constructions proches. Cet affleurement est situé à proximité d'un affleurement de ferricrète (**point 31B**)

Quelques fragments épars et allochtones se répartissent un peu plus au Sud, **vers Couesnéhan**, emballés dans une argile silteuse ocre à petits fragments de quartz qui provient du remaniement, quasiment *in situ*, des altérites.

Ces **silicifications**, qui se localisent au-dessus des allotérites de schistes briovériens, se composent de petits galets de quartz dont le diamètre est inférieur à 5 cm, très bien roulés. Ces galets sont assemblés par un ciment siliceux fin, l'ensemble ayant une couleur blanche assez franche.

>Les figures caractéristiques des silcrètes d'origine pédologique (*et notamment le débit en colonnes, les figures d'illuvation et les coiffes*) n'ont pas été observées ; de par leur localisation géographique et leur positionnement au sommet du profil d'altération, nous prenons le parti de les ranger dans la catégorie des silcrètes, mais des observations ultérieures et plus poussées devront corroborer cette attribution.

- À côté de ces **transformations supergènes, vraisemblablement tertiaires** (*anté-Éocène supérieur, âge communément admis pour les silcrètes armoricaines*), les altérations dites « ménagées » (*Estéoule-Choux, 1967*) ont conduit à la formation de roches meubles caractérisées par la très faible représentativité de la kaolinite. Il n'est pas nécessaire ici de distinguer altérations ménagées de celles marquant la base d'un profil d'altération classique (*ce qui ne peut se faire au demeurant que sur la minéralogie des argiles*) ; il s'agit en réalité du même phénomène, la cinétique de l'altération récente étant sans doute réduite par rapport à celle de l'altération tertiaire

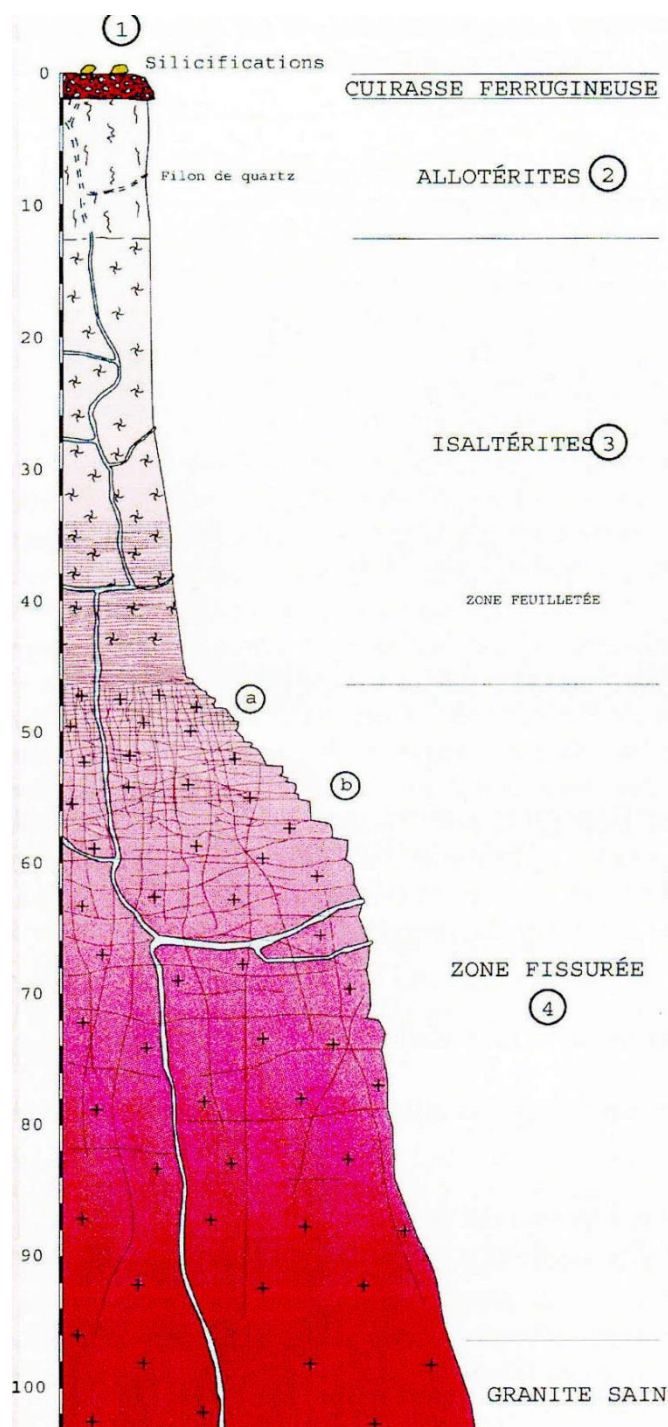
► Sols issus de la Formation du Grès armoricain. -----GUER----

La Formation du Grès armoricain occupe la moitié de la superficie de la carte de Guer, surtout en position de plateau. Les sols issus de ces grès sont lithochromes (*couleur liée au matériau parental*) et ont une couleur claire caractéristique. La charge importante en éléments grossiers dans le labour constitue une réelle contrainte agricole. La taille moyenne des grains confère aux sols une texture limoneuse avec une dominante de limons fins, qui limitent la perméabilité du sol. L'hydromorphie est donc fréquente dans ces sols, d'autant plus que ces matériaux sont souvent associés à de faibles pentes (*position de plateau*). Les altérites du Grès armoricain sont de plus assez bien

conservées du fait du contexte topographique. Les sols se développent donc aussi bien dans du grès peu altéré que dans du grès altéré et des altérites. Ces matériaux génèrent essentiellement des Néoluvisols et des Luvisols très souvent hydromorphes et dégradés. Des Brunisols parfois hydromorphes occupent les pentes. Des Podzosols (sols ayant subi le processus de podzolisation : altération biogéochimique poussée des minéraux par des composés organiques, puis migration et immobilisation des composés organiques et minéraux) ont pu se développer sur les pentes très fortes à orientation nord dominante, essentiellement à l'Ouest de Plélan-le-Grand, en forêt. Les sols dérivés du Grès armoricain sont acides. Cependant, la pollution des plateaux par les limons éoliens atténue le caractère acide des sols lié à la roche-mère. Malgré les contraintes physiques et chimiques, ces sols sont exploités. Leur atout principal est une réserve utile importante. La pauvreté chimique naturelle de ces sols est compensée par des apports d'engrais et d'amendements basiques et organiques.

Sortie complémentaire : Les cuirasses « ferricrète et silcrètes » : Secteurs Ménéac / Merdrignac-Gomené-Saint-Vran / Quedillac-Montauban-de-Bretagne-Médréac (voir **carte : page 1**)

ANNEXE 1 : Profils d'altération – actuels / fossiles



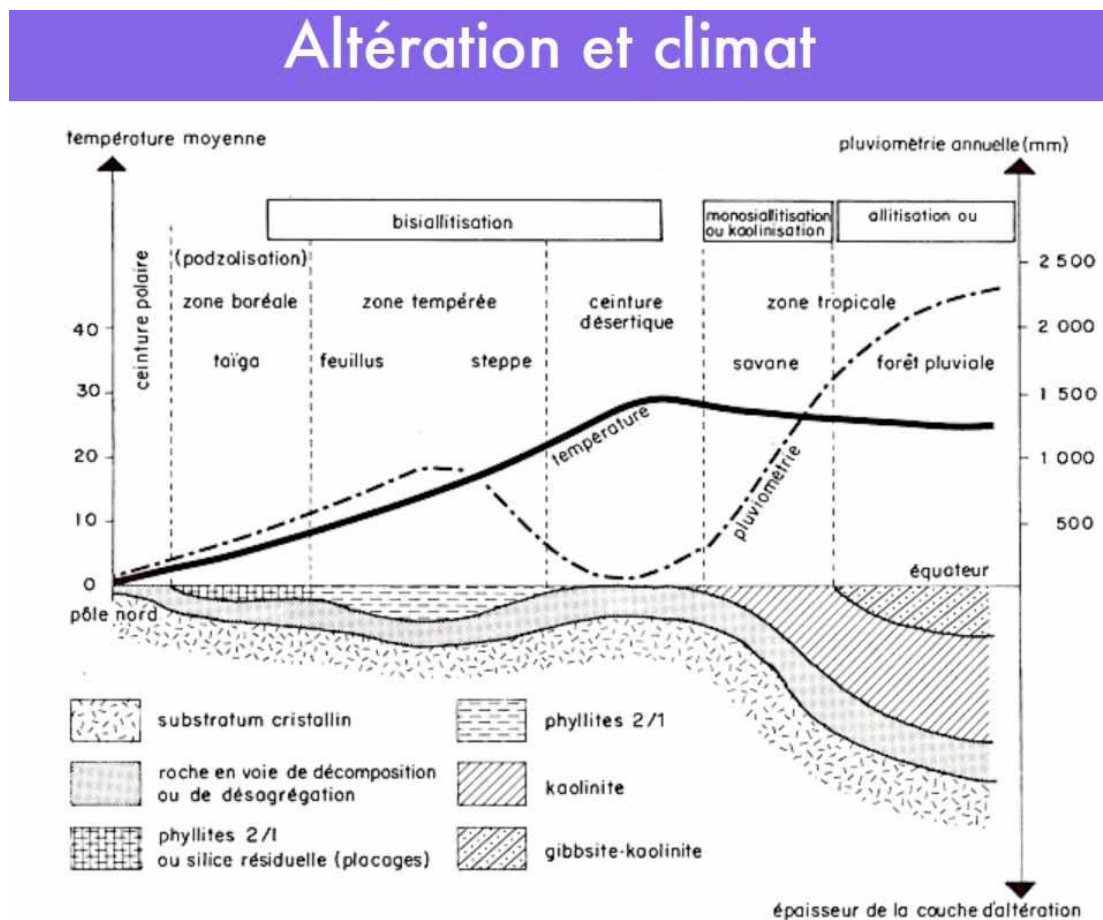
De bas en haut, un profil d'altération type s'organise de la façon suivante (fig. 2) :

- la roche saine ;
- la roche kaolinisée à texture conservée, appelée **isaltérite** ;
- la roche totalement transformée en argiles (majoritairement des kaolins), appelée **allotérite** ;
- éventuellement, des **cuirasses latéritiques** et des **silicifications**.

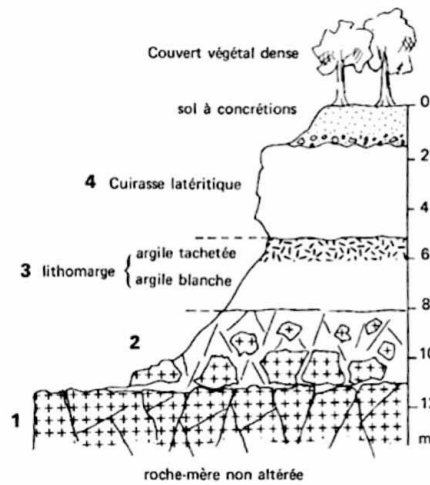
Les **allotérites**, composées d'argiles compactes, sont imperméables. Les isaltérites, résultant de la dissolution de certains éléments de la roche originelle, présentent une certaine porosité - perméabilité.

La présence d'**isaltérites** ou d'**allotérites** dans le sous-sol conditionne donc principalement l'alimentation (cas des isaltérites poreux) ou la non alimentation (cas des allotérites remaniées non poreuses) des aquifères profonds. Leur répartition constitue une information capitale pour la connaissance des lieux d'alimentation des nappes profondes et, donc, de leur vulnérabilité à différents types de polluants. Ces différents termes ont pu être découpés par l'érosion postérieurement à l'altération.

La mauvaise qualité des affleurements rend problématique l'étude de ces profils et ne permet pas de savoir à quel niveau du profil d'altération se fait l'observation. Sur le terrain, il est nécessaire d'avoir recours à des outils géophysiques (résistivité) ou des forages, afin de connaître leur puissance et leur géométrie.



Altération en climat tropical



- 1 = roche mère = granite
- 2 = arène granitique
- 3 = lithomarge de kaolinite et/ou gibbsite
- 4 = cuirasse de latérite

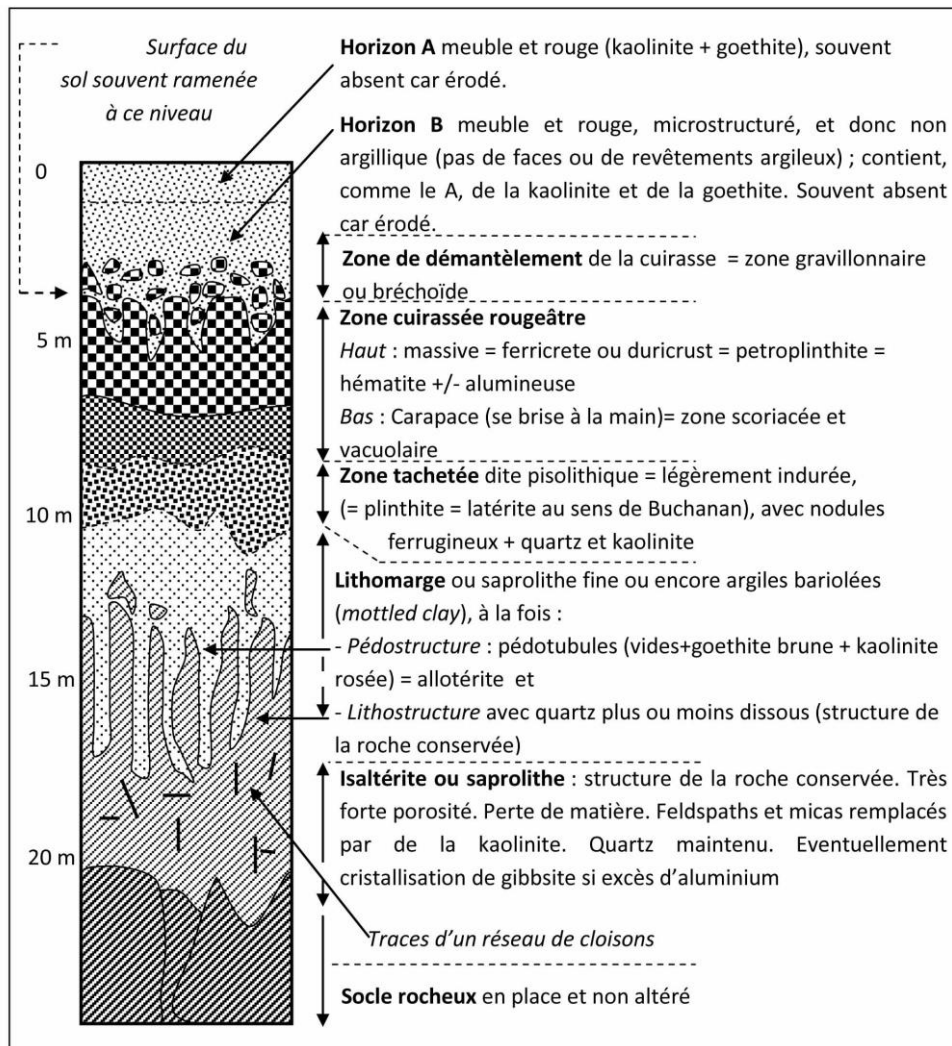
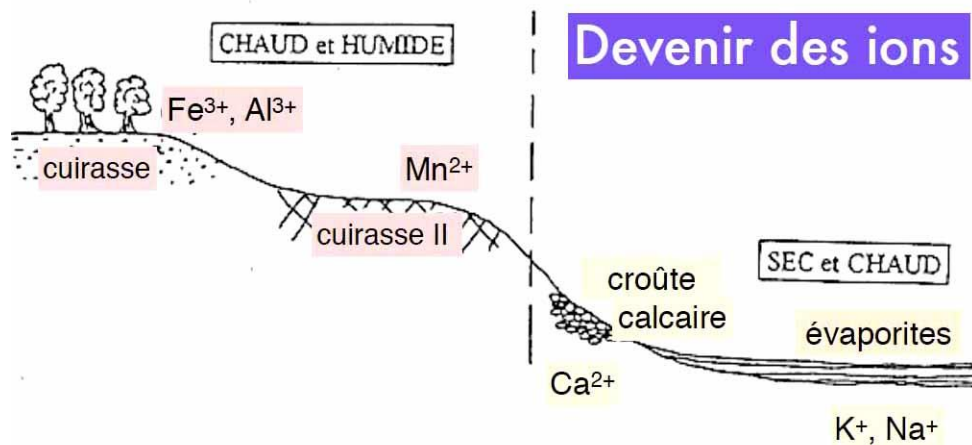


Figure 5 : Profil typique de Ferralsol, dit « profil de Walther ». Pour chaque couche, on donne les synonymes utilisés dans la littérature. In : Les grands Sols du Monde, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes [LEGROS, 2007].



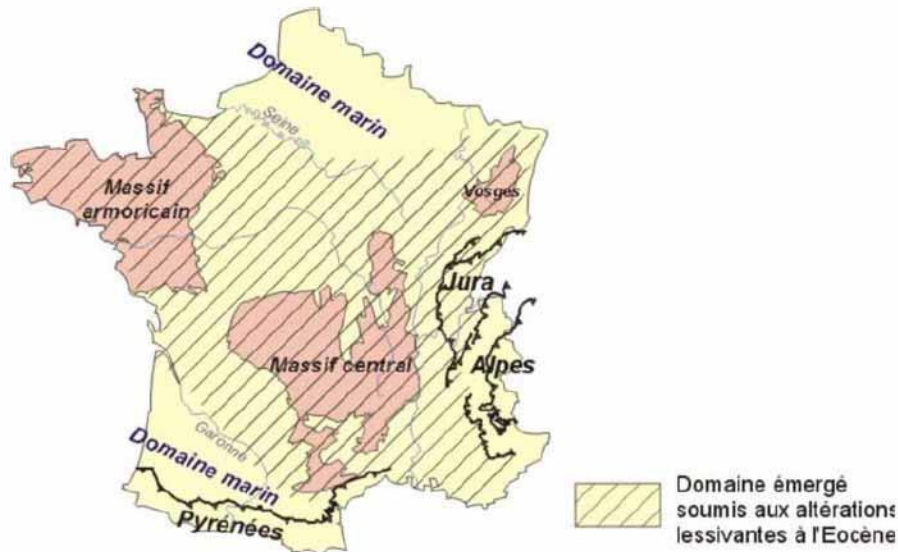
Les **altérites** forment une série continue, depuis un pôle soustractif (exportation nette de matière) jusqu'à un pôle additif (importation nette de matière) :

	⊖ ← Altération soustractive	Altération additive → ⊕
Altérites	Bauxitiques Ferrugineux Profils latéritiques Argiles à silex et à chailles, sables à silex, karstification...	Silcrètes Calcrètes Dolocrètes Gypcrètes Sel
Sédiments	Détritique siliceux (graviers, sables, argiles)	Calcaires lacustres Evaporites
Géomorphologie	BOMBEMENT LITHOSPHERIQUE Lessivage Niveau de base	CUVETTE LITHOSPHERIQUE Evaporation
	500 à 1000 km	

L'altération soustractive :

- Elle agit principalement par l'hydrolyse des minéraux primaires de la roche et l'évacuation par lessivage des cations les plus solubles (K, Na, Mg, Ca, et dans une moindre mesure Si). Les éléments non évacués se recombinaient sur place pour former essentiellement des oxydes, hydroxydes et des argiles.
- Classiquement on appelle profils latéritiques des profils d'altération soustractive développés sur roches cristallines (roches plutoniques, volcaniques et métamorphiques)
- On peut y rattacher les profils développés sur roches sédimentaires : argiles kaoliniques sur argiles et marnes, argiles à chailles sur calcaires jurassiques à chailles, sables sur tuffeau crétacé, sables à silex et argiles à silex sur craie à silex, ainsi que les dissolutions karstiques développées sur calcaires pauvres en insolubles

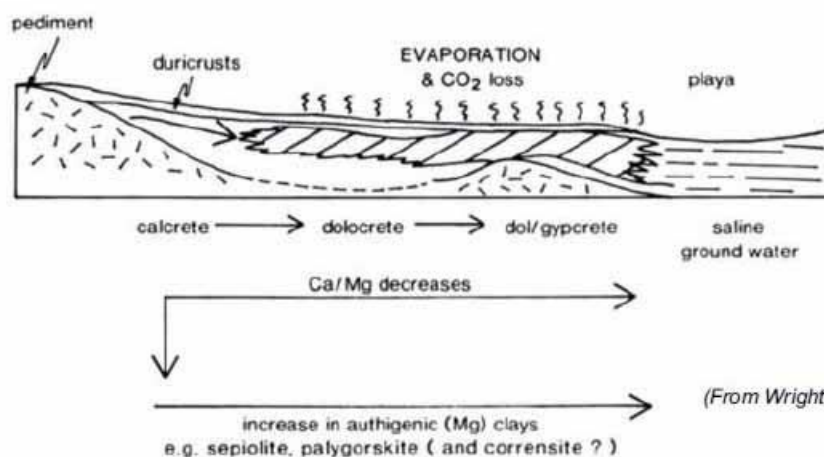
Répartition des altérations soustractives en France à l'Eocène ; la zone hachurée a été soulevée par flambage lithosphérique au cours de la compression "pyrénéenne" :



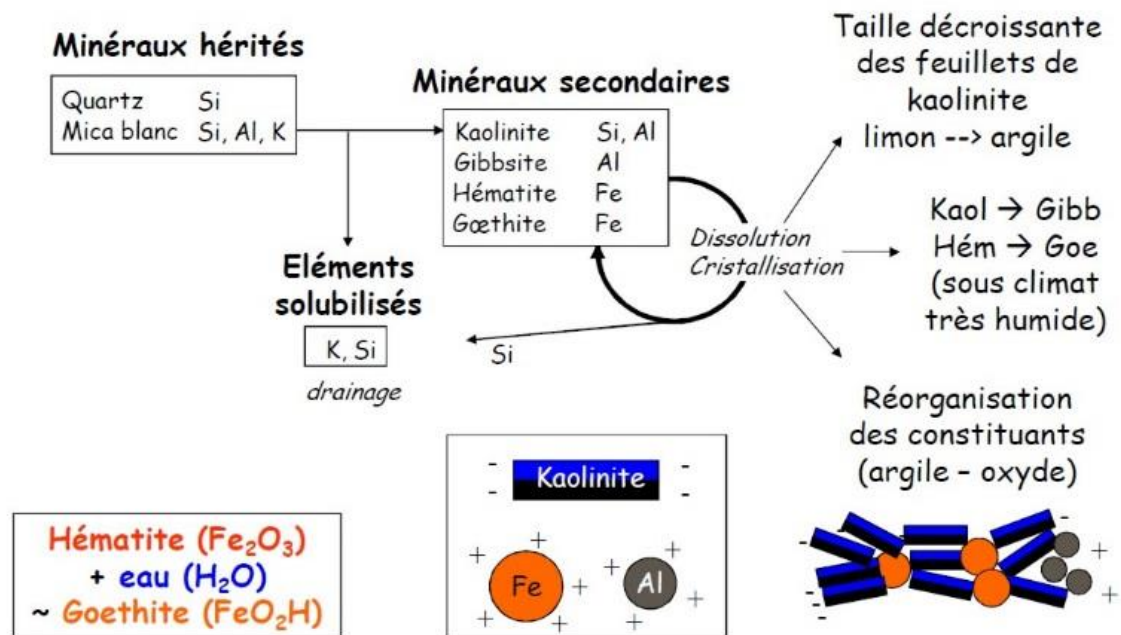
L'altération additive :

A l'opposé des altérations soustractives, les altérations additives (silcrètes, calcrètes, dolocrètes, gypcrètes...) sont dues à la précipitation en zone vadose des éléments chimiques contenus dans l'eau souterraine (Si, Ca, Mg, Na, K...)

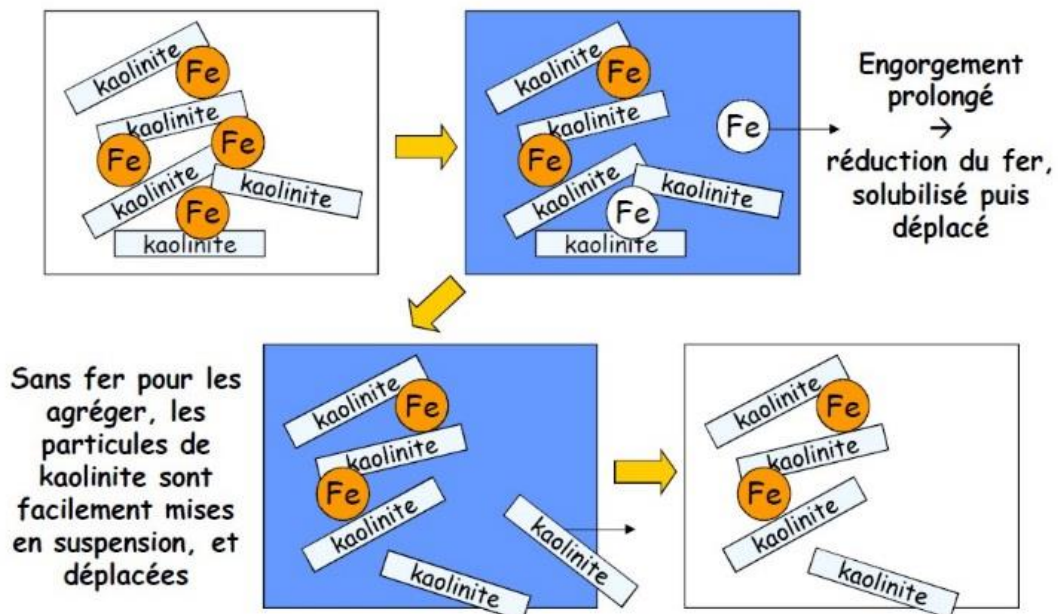
La concentration des solutions résulte de l'évapotranspiration et du dégazage dans la zone capillaire située au-dessus de la nappe phréatique

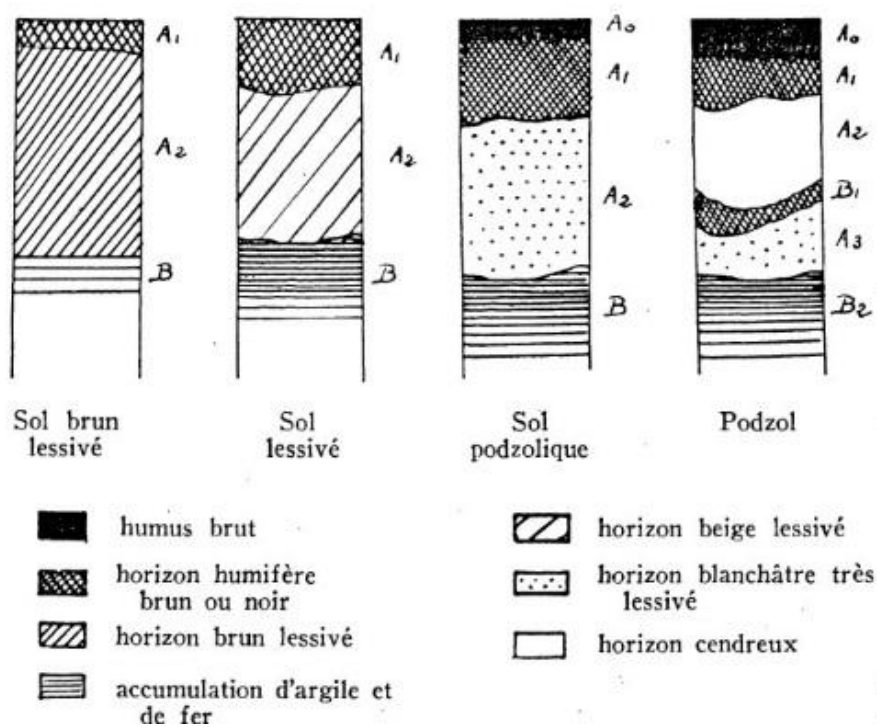


Poursuite de l'altération

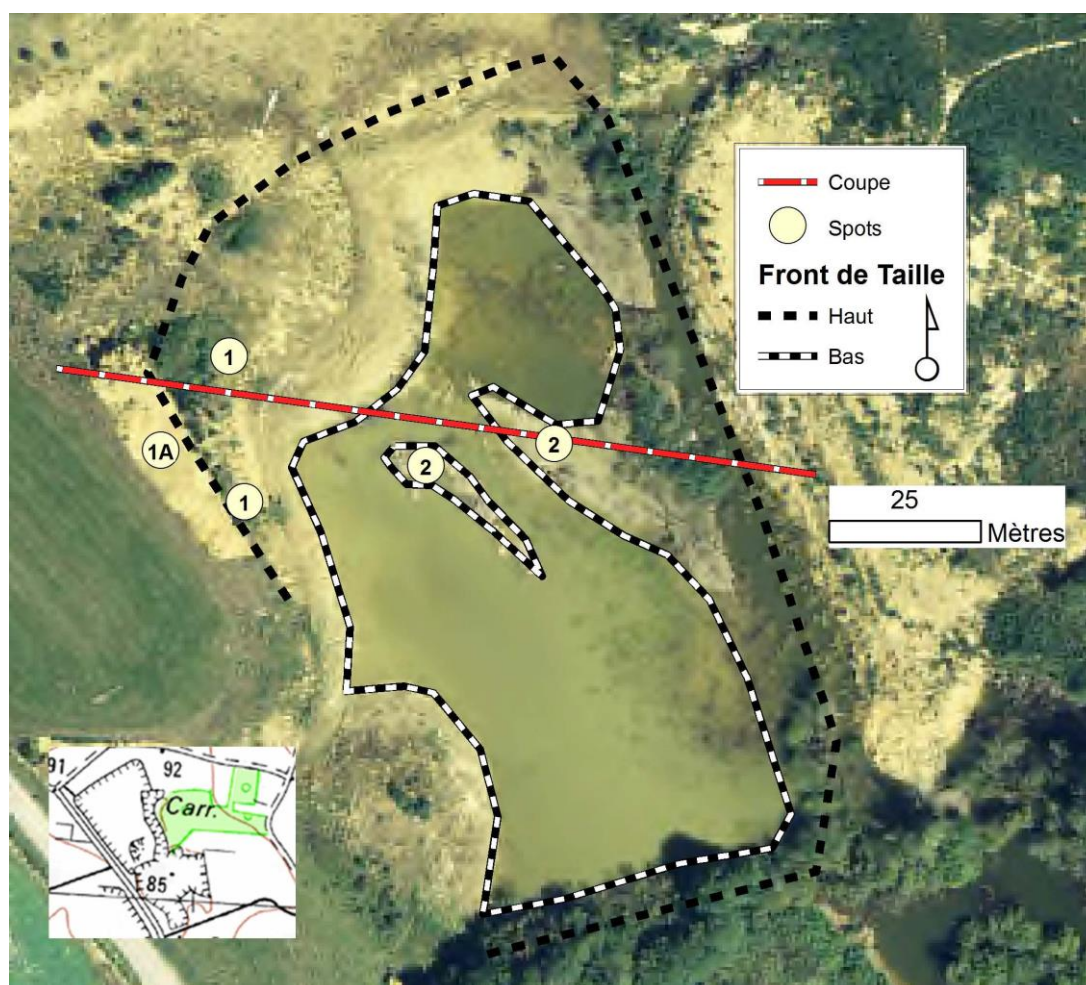


Dégradation hydromorphe

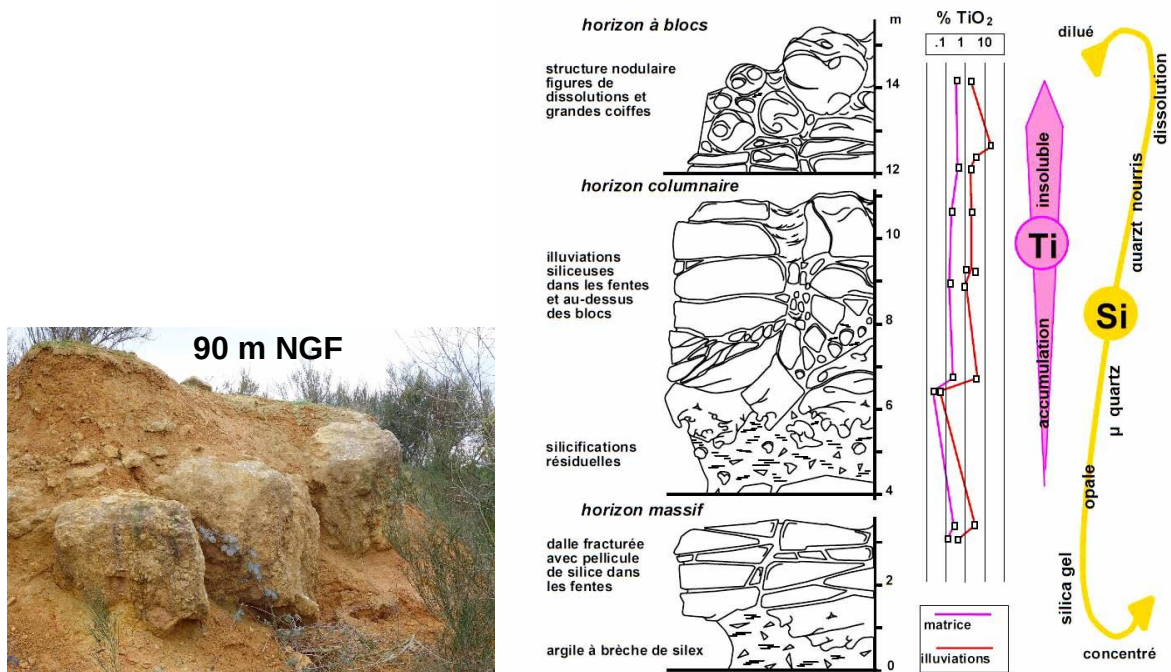




ANNEXE 2 : Le site de La Galivelais



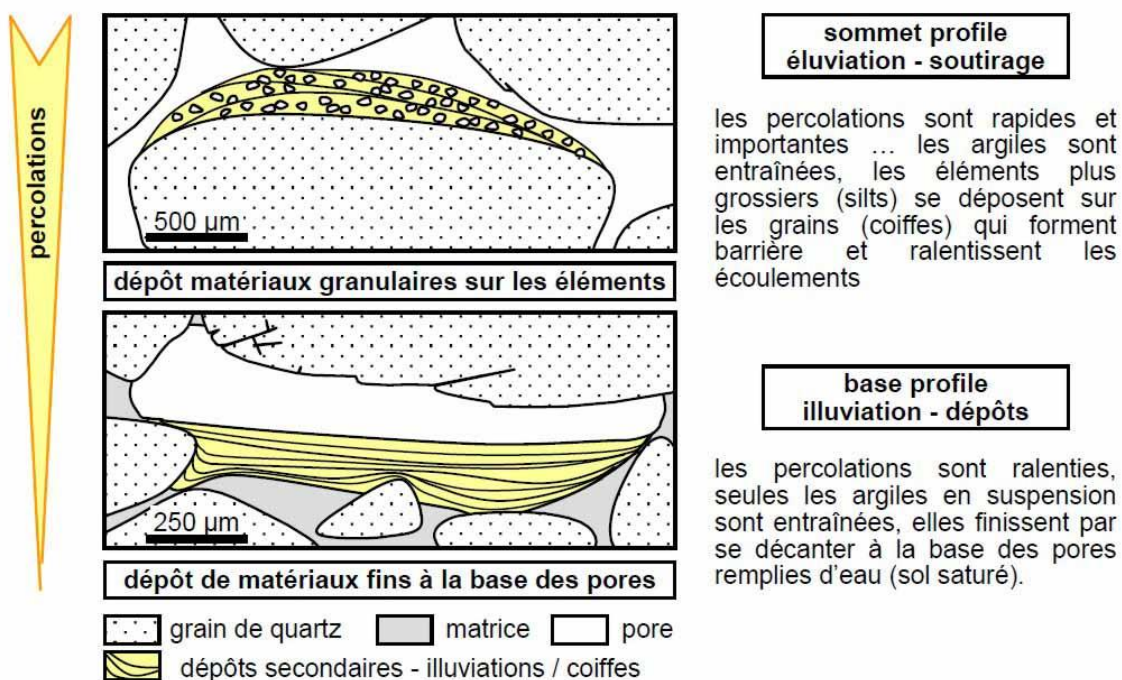
(1) Silcrète sur (2) cuirasse ferricrète



Coupe schématique du profil des brèches de silex silicifiées de Tracy (carrière des Roches et butte des Froids). A la base de la coupe la silicification est massive, plus haut elle montre de grandes structures colonnaires, et la partie supérieure de la coupe est formée de gros blocs arrondis à structure noduleuse complexe. Les teneurs relativement élevées en oxydes de titane et leur augmentation vers le sommet du profil sont caractéristiques de silicifications pédologiques. Thiry et Simon-Coinçon (1996). Accumulations, dissolutions et culbuto géochimiques façonnent les paysages

La Galivelais : Brèches silicifiées à structures en colonnes « analogues » des marges Sud du Bassin parisien

« les silcrètes surmontent et progressent dans une cuirasse latéritique constituée d'un niveau basal massif pluri métrique et d'un niveau supérieur pluri métrique à rognons d'hydroxydes de fer » (Nicolas Brault 2008).



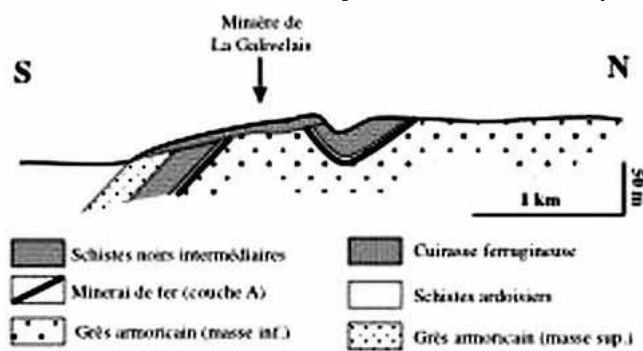
Percolation : éluvion / illuvion (phénomène pédologique).



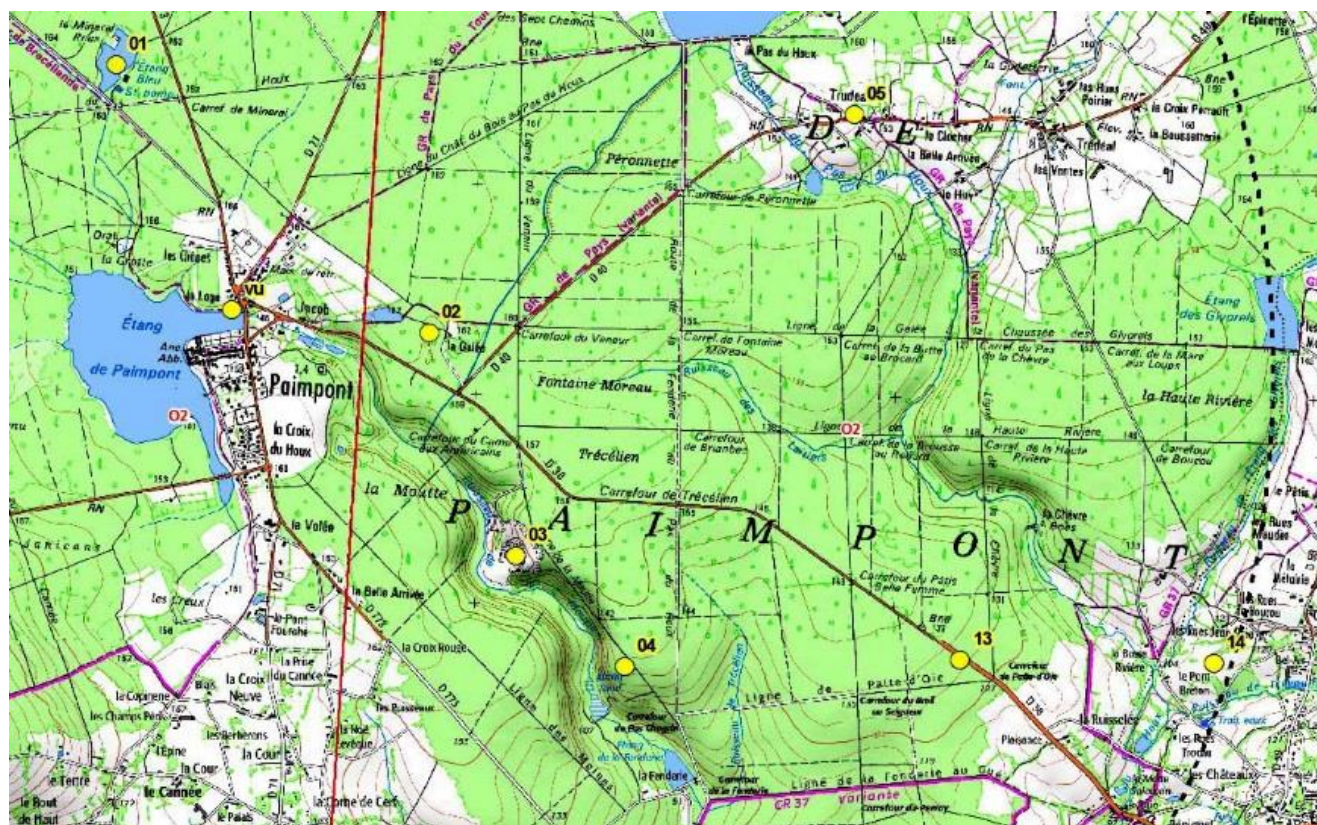
Cuirasse en Hautes eaux



Cuirasse en basses eaux (photo Pierre Le Feuvre)

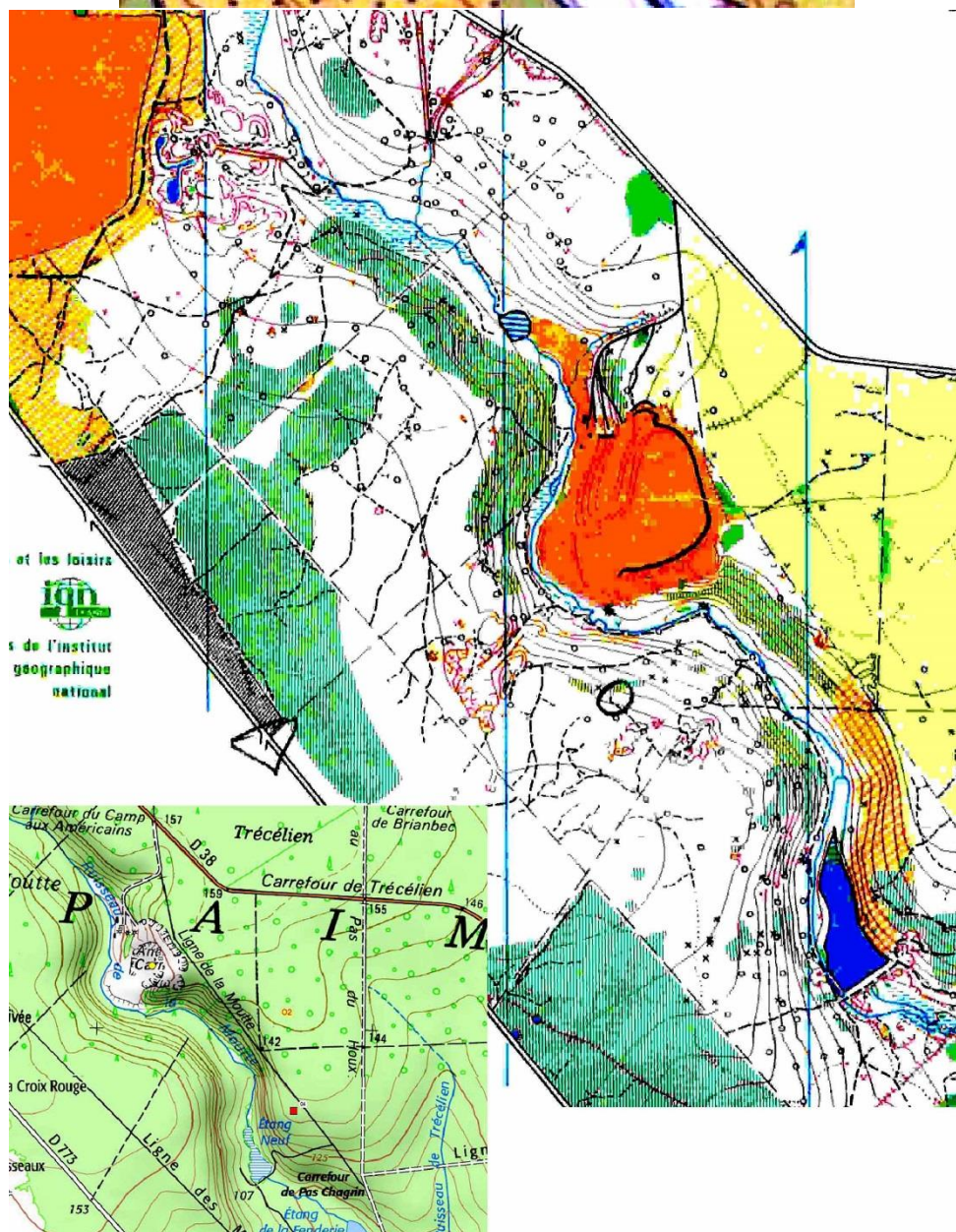


ANNEXE 3 : Sortie du 1^{er} avril 2016 (sites proches de Paimpont)



Sud-Est Paimpont : points 01, 02, 03, 04, 05, 13 et 14

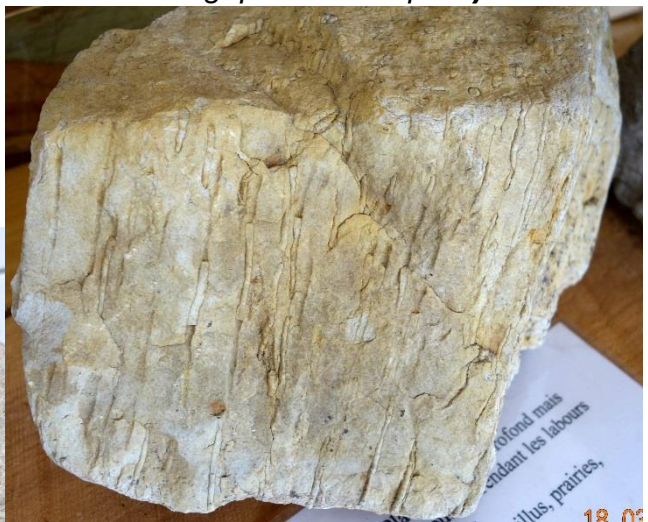
► Sites 3 et 4 : Circuit La Moutte – Etang de la Fenderie



Traces fossiles sur Grès armoricain (collection station biologique de Paimpont) :



« bilobite » Cruziana (empreinte de cheminement de trilobite ?)



Terriers (Skolithos)



Terriers ? Figures de dissolution ? (voir ANNEXE 4).

► Sites 1 et 2 : Etang-bleu / la Gelée



Site 01 « Etang bleu »



Site 02 : « La Gelée »



Cuirasse ferrugineuse en place



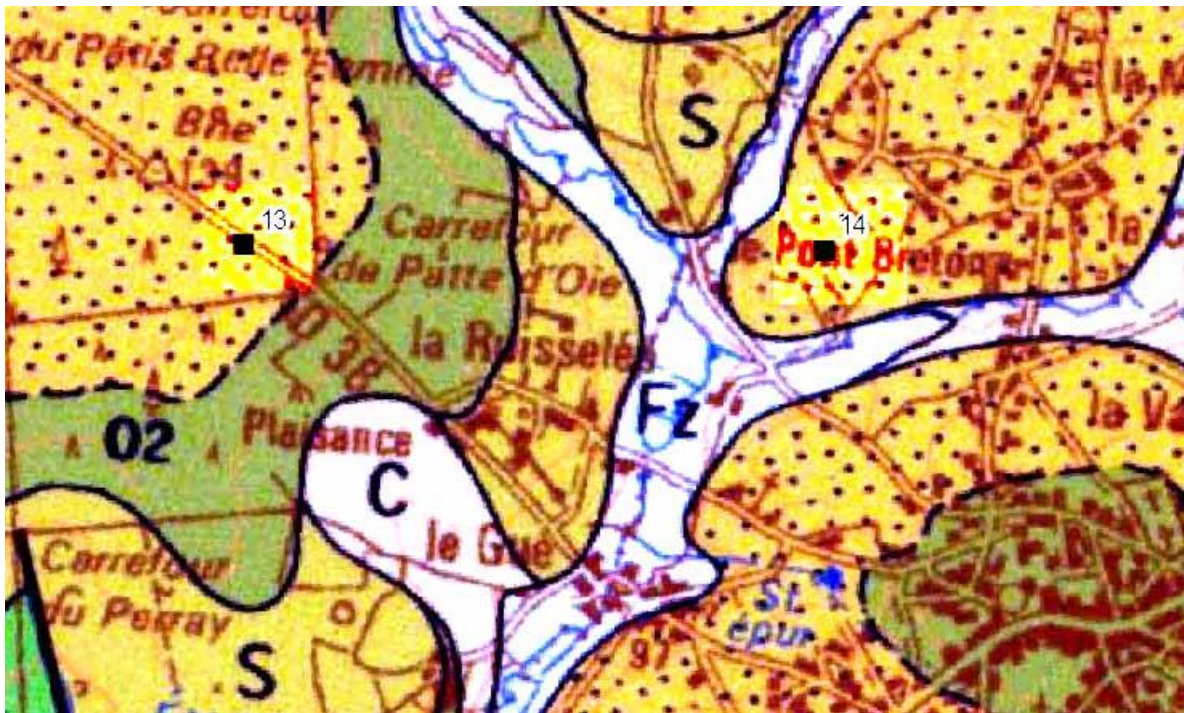
Éléments résiduels de cuirasse ferrugineuse

► Site5 : Trudeau



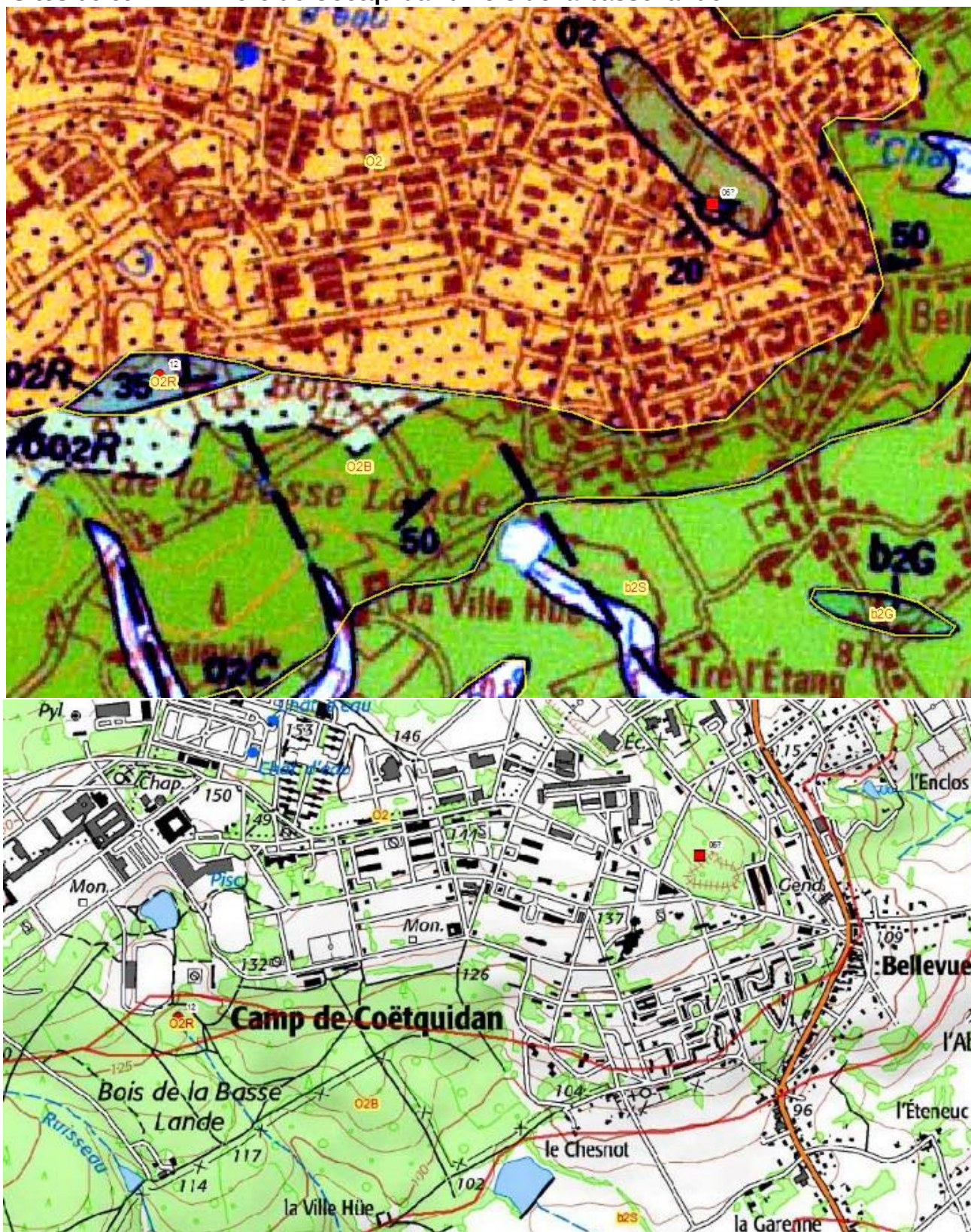
Site 05 : Repérer le grès armoricain (02 : 2 stratifications indiquées) dessiné sur la carte géologique

► Sites 13 et 14 : Plaisance / Pont-breton



La carte géologique n'indique aucun indice.

► Sites 06 et 12 : minière de Coëtquidan / Bois de la basse lande

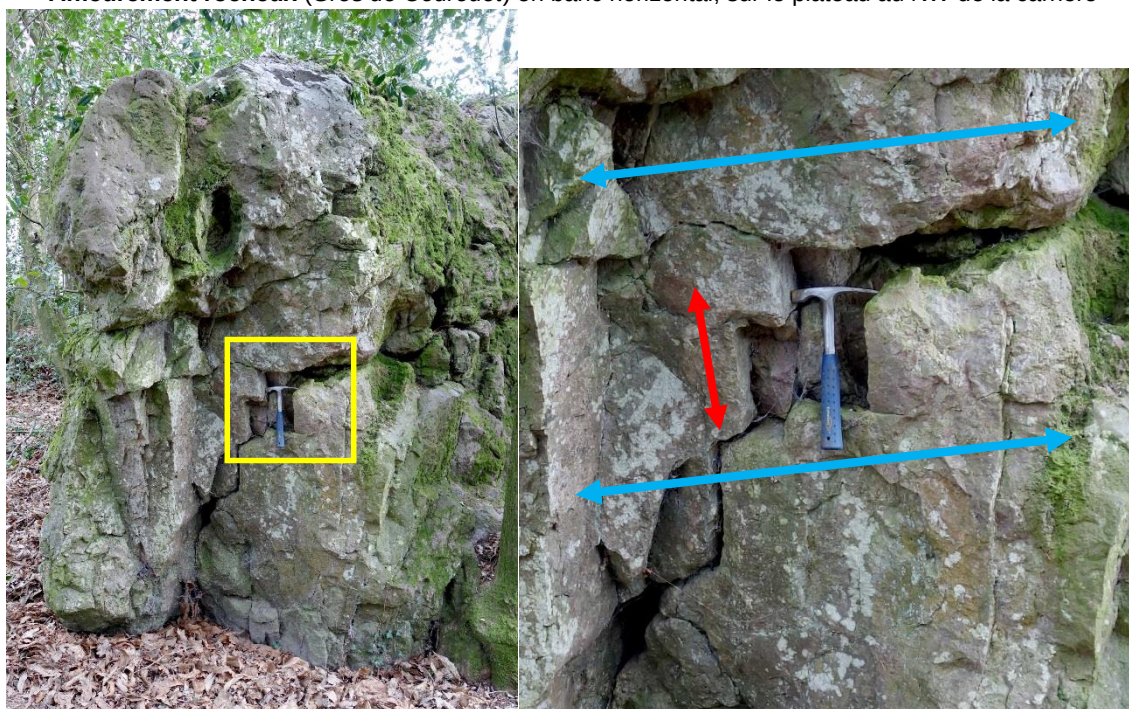


Accessibilité de ces 2 sites ? Emplacement de la minière à Coëtquidan (le théâtre de verdure) ?

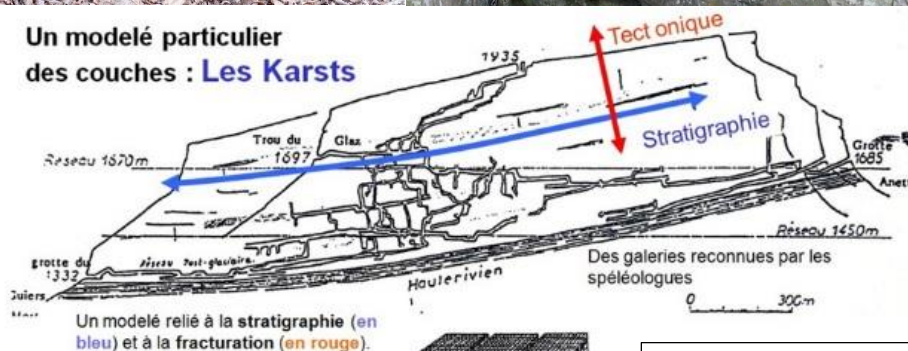
ANNEXE 4 : Retour sur la sortie du 19/01/2016 (site des Rochelles) : Figures de dissolution



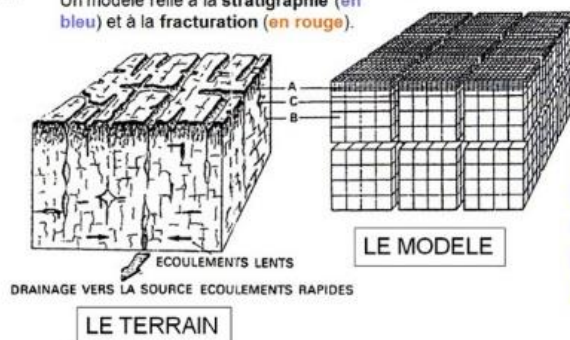
Affleurement rocheux (Grès de Courouët) en banc horizontal, sur le plateau au NW de la carrière



Un modèle particulier des couches : Les Karsts



Un modèle relié à la stratigraphie (en bleu) et à la fracturation (en rouge).



Ex : Calcaires de la Grande Chartreuse : dénivelé 600 m

De la réalité au modèle : Des secteurs de conduits à écoulements rapides placés dans un milieu de porosité moindre.

Analogie au modèle karstique ? Dissolution circulation de l'eau dans le réseau conjugué : Surface des bancs (stratigraphie) et fractures perpendiculaires (tectonique), échelle de progression en milieu non calcaire ?