



**HAL**  
open science

# LA CONFLUENCE DE L'AUBE ET DE LA SEINE, UN TERRITOIRE SENSIBLE A DE MULTIPLES DEFORMATIONS

Pierre Benoit, Bogdan Piwakowski, Marc Thonon, Charles Bronsart

► **To cite this version:**

Pierre Benoit, Bogdan Piwakowski, Marc Thonon, Charles Bronsart. LA CONFLUENCE DE L'AUBE ET DE LA SEINE, UN TERRITOIRE SENSIBLE A DE MULTIPLES DEFORMATIONS. 2021. hal-03433505

**HAL Id: hal-03433505**

**<https://hal.science/hal-03433505>**

Preprint submitted on 17 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LA CONFLUENCE DE L'AUBE ET DE LA SEINE, UN TERRITOIRE SENSIBLE A DE MULTIPLES DEFORMATIONS

## *The Aube – Seine confluence, a multiphased deformations place*

Pierre Benoit\*

Bogdan Piwakowski\*\*

Marc Thonon\*\*\*

Charles Bronsart\*\*\*

## RESUME

La confluence de l'Aube et de la Seine se situe au croisement d'accidents majeurs du socle : faille de Bray-Vittel, faille de Saint Martin- Romilly et prolongation occidentale de celle de Metz. Deux sont connues pour avoir rejoué au moins jusqu'à l'Yprésien.

Les dépôts quaternaires alluviaux de cette confluence présentent de nombreuses déformations, que cela soit des plis, failles, sables verticalisés, glissements gravitaires...

Ces déformations sont-elles purement périglaciaires ou, à contrario, une origine tectonique peut-elle également coexister.

La note rappelle l'évolution régionale du bassin de Paris avant de présenter quelques dépôts déformés.

Leur interprétation repose à la fois sur les données relatives à l'évolution quaternaire du centre du bassin de Paris, depuis la fin du pléistocène, puis sur des datations (radiocarbone et OSL).

Il apparaît au total que quelques déformations antérieures au Dryas supérieur semblent scellées, leur faisant supposer une origine partiellement péri glaciaire.

D'autres, à l'opposé, affectent l'Holocène dans sa globalité, montrant là un jeu récent des grandes failles régionales se croisant ici dans un important nœud tectonique.

La présence d'un niveau souple de diamicton (coulées boueuses de craie et de blocs, en sous-alluvial) a pu accentuer l'intensité des déformations observées, entre autres par effet de site.

**Mots -clés :** Bassin de Paris, failles de Vittel et Romilly, néotectonique

\*: Laboratoire d'Hydrologie Aquanalyse 10380 Plancy l'Abbaye :

[expertise.benoit@icloud.com](mailto:expertise.benoit@icloud.com)

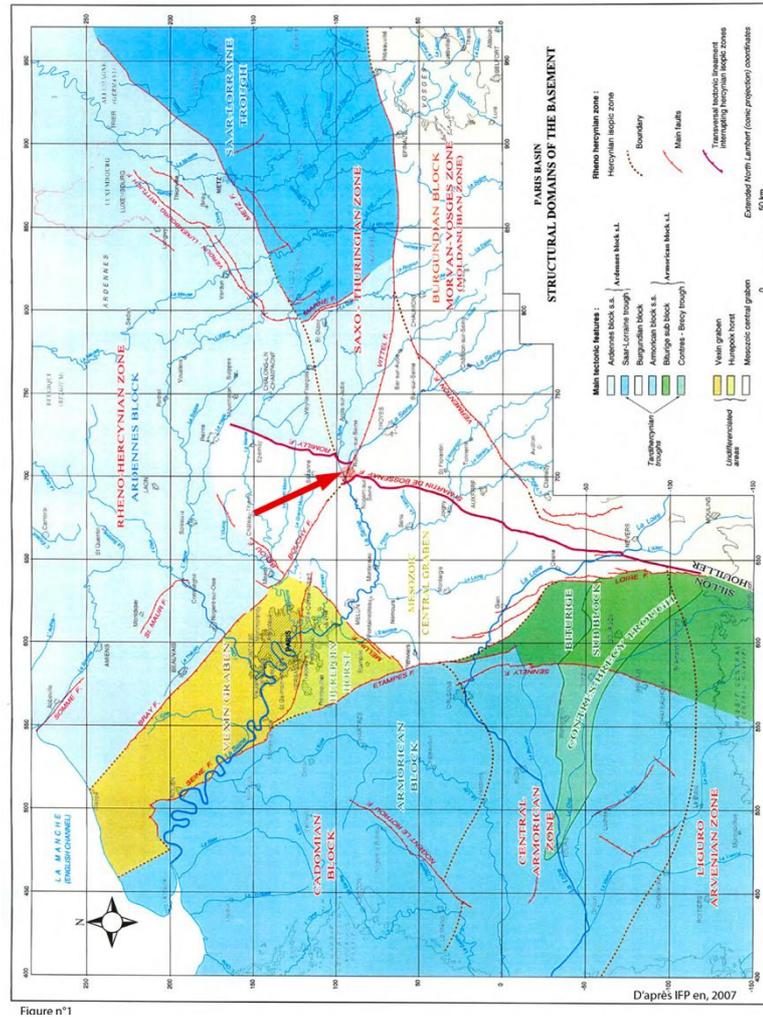
\*\* : Groupe acoustique-électronique, École centrale de Lille 59651 Villeneuve d'Asq

\*\*\* : Association géologique auboise, 72 Avenue Gallieni – 10380 Sainte Savine

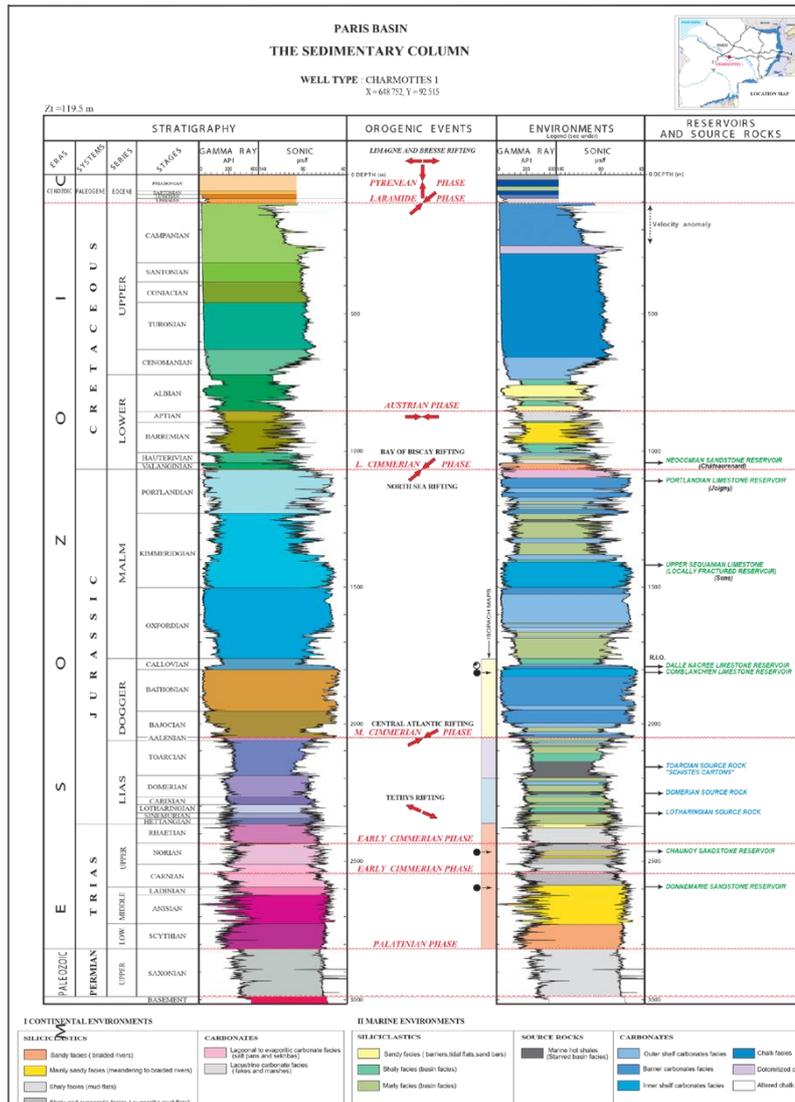
## INTRODUCTION

Au sud-est de Paris, la Seine adopte une direction N 60° dans son tronçon reliant sa confluence avec l'Yonne en rive gauche à celle avec l'Aube en rive droite (Fig. 1). Alors que dans son ensemble, la Seine coule du sud-est vers le nord-ouest, pourquoi cette

« baïonnette » ? La carte structurale indique que ce coude important, induit par la faille de Vittel, correspond à la traversée d'un graben permien puis mésozoïque limitée à l'Est par la faille de Saint Martin, prolongation septentrionale du sillon houiller (Massif central). L'objectif de l'article est de montrer que ce secteur, à maintes fois déformé par la tectonique depuis l'ère primaire (Fig.2), peut encore l'être actuellement. Notre secteur d'étude (Fig.3) est centré sur l'extrémité occidentale de la faille de Vittel se prolongeant au nord-ouest par la faille de Bouchy (Malnoue) puis celle du Pays de Bray. Il est coupé par un système, composé des failles de Saint Martin de Bossenay au sud, se prolongeant par la faille de Romilly au Nord. Failles de Vittel et de Romilly, au trias, sont des accidents syn-sédimentaires limitant les dépôts salifères (couche S) sous la discontinuité du paléocimmerien (14).



**Figure n°1**  
Structure du bassin de Paris.



**Figure 2**  
Coupe stratigraphique et événements majeurs enregistrés.

## CONTEXTE GEOLOGIQUE

### LA SITUATION ACTUELLE

Ce tronçon de la Seine, à l'échelle de la carte au millionième, présente une vallée géologiquement dissymétrique. En rive droite, elle draine les ruissellements anaclinaux descendant de la cuesta paléogène, tandis qu'en rive gauche elle draine les ruissellements cataclinaux sur la craie du Crétacé supérieur.

Le fond de vallée, très large, est tapissé de deux systèmes alluvionnaires datés du Quaternaire, sans plus de précision. Leur description est fournie par Goguel *et al* (16). Des remplissages de larges dépressions pseudo-circulaires colmatées, considérés comme traces d'anciens processus thermokarstiques, sont signalés entre Seine et Barbuise (20).

Le tout repose sur 5 à 15 m de diamicton composé de craie en blocs irréguliers dans une matrice de craie boueuse pouvant fluier. En dessous, la craie saine fracturée voit ses fractures aquifères se collaber vers - 30 m sous la surface topographique

Le Quaternaire a été une période climatique contrastée. Plusieurs épisodes froids à très froids, séparés par de brefs épisodes chauds, s'y sont succédés. Une calotte glaciaire s'est progressivement étendue de la Scandinavie jusqu'au nord de Londres lors du Pléistocène supérieur (15). Durant cette période le Bassin de Paris s'est trouvé soumis à un régime de toundra avec pergélisol bien développé (27). Un réchauffement brutal de plus de 4° s'est produit il y a 15000 ans BP, permettant le passage de d'un réseau en tresse à un réseau chenalisé. Un bref refroidissement a eu lieu entre 12900 et 11700 ans BP.

Les dépôts étudiés correspondent à la fois à la fin de cette période froide périglaciaire et au réchauffement holocène. Ce réchauffement climatique montre que les déformations plus récentes des alluvions s'avèrent sans lien avec le froid périglaciaire.

### L'ENSEMBLE MESOZOÏQUE-CENOZOÏQUE, HORS QUATERNAIRE

L'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le Bassin parisien a largement contribué à mieux voir la structure interne d'une couverture sédimentaire de plus de 2000 m de puissance. De nombreuses publications en font état. Une synthèse partielle est accessible dans « Paris basin petroleum potential » (14).

En résumé, les failles de Vittel-Bray et de St Martin-de-Bossenay-Romilly, sont à l'origine de grabens dans lesquels s'est accumulée la série (Fig.3), au moins jusqu'au

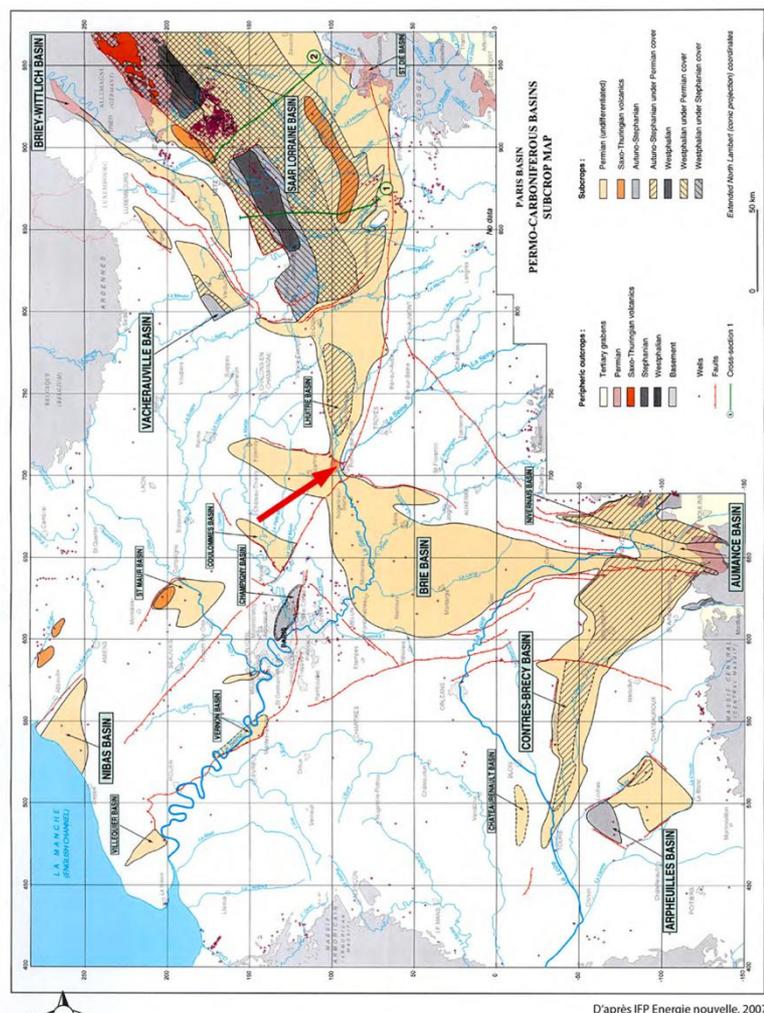


Figure n°3  
Contrôle structural du remplissage permien.

Cénoomanien (Fig.4).

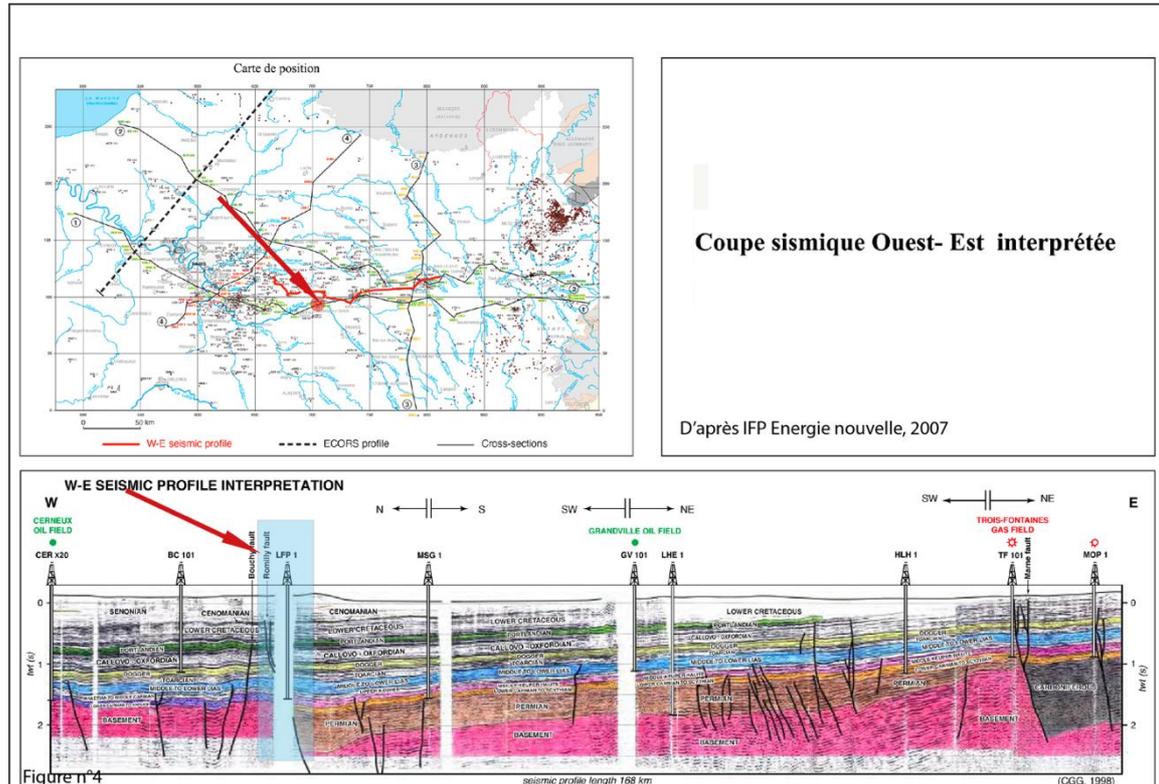


Figure n°4

Coupe sismique régionale Ouest-Est.

La zone d'étude est à 10 km au sud-est du forage LFP 1. Il faut remarquer l'importance de la faille de Romilly limitant à l'ouest un important bassin permien.

Dans le Crétacé supérieur, un profil de sismique haute résolution (22), sur la faille de Romilly-Sézanne, a également mis en évidence des discontinuités obliques limitées dans divers niveaux (Fig. 5). Ces discontinuités affectent le toit de la craie campanienne.

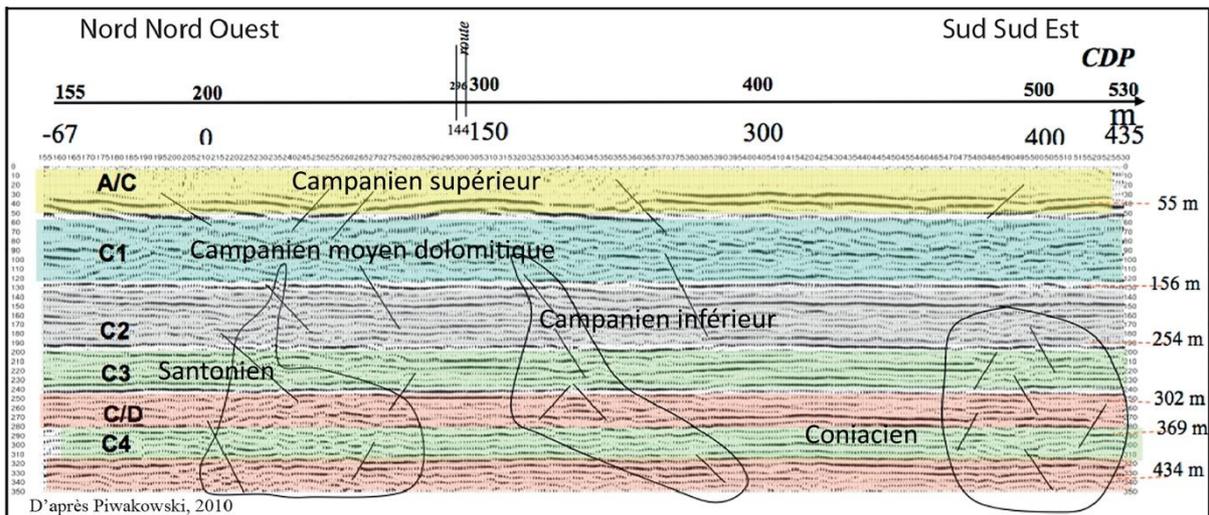


Figure n°5

Profil sismique haute résolution, à Sauvage.

Ce profil montre des craies dolomitiques dans le campanien, tout autant que la remontée des accidents jusqu'au toit de la craie.

Des déformations cénozoïques sont également connues plus au nord-ouest (10).

## **LE SECTEUR ETUDIE DANS LA CHAINE VARISQUE**

La chaîne varisque est un orogène marquant l'aboutissement de la période paléozoïque. Les massifs anciens, situés en périphérie du Bassin parisien (Massifs armoricain à l'ouest, central au sud, vosgien à l'est, ardennais au nord) permettent l'observation à l'affleurement des constituants de cette chaîne très complexe. La couverture sédimentaire du Bassin parisien masque tous les raccords entre ces domaines. Une synthèse concernant toute la partie au sud du système faillé Bray – Vittel a fait l'objet d'une thèse récente (3). Les données pétrolières et minières permettent également de comprendre le remplissage sédimentaire du bassin de Paris et son contrôle par les grands accidents le traversant. Localement (Fig. 1) cela se traduit par la convergence vers la zone étudiée de plusieurs accidents :

- Faille du Pays de Bray. Cet accident correspond à une discontinuité majeure s'étendant jusqu'à la base de la croûte (Delmas et al., 2007) à 35 km de profondeur environ. Elle a joué durant tout le Trias et le Lias. Réactivée durant les phases de compression autrichiennes et pyrénéo-provençale, elle a subi des inversions tectoniques. Une légère activité sismique historique existe sur son axe et ses abords proches (<10km). Elle se poursuit au SE par la Faille de Bouchy (Malnoue).
- Faille de Bouchy. Reconnue par sismique pétrolière, elle a un comportement identique à celle du Bray. Elle affecte le Crétacé et semble avoir joué un rôle dans le contrôle de la sédimentation, jusqu'à l'Oligocène (10).
- Faille de Vittel. Elle n'apparaît que dans notre zone d'étude, dans l'axe de la faille de Bouchy. C'est un accident majeur du Bassin de Paris, limitant au sud un important fossé permien (14). A regard Nord, elle joue en normale, au Trias supérieur. Elle est quasi inactive au Jurassique. Un graben Est-ouest lui est associé. Il est probablement déformé par la phase pyrénéenne d'âge Éocène supérieur. De petits séismes historiques, de faible intensité, lui sont associés.
- Failles de Metz et d'Omey. Cette faille, lors de la phase compressive sudète, joue comme un chevauchement régional majeur. Elle limite ensuite les dépôts du Westphalien à l'Autunien. Inactive au trias, elle affecte ultérieurement le toit du Dogger. La faille d'Omey correspond à sa prolongation sud occidentale. Elle se repère en surface par des craies bréchifiées et des décalages de biozones de foraminifères dans la craie. La sismique pétrolière ne semble pas l'observer localement. Certains l'associe à un couloir décrochant oligocène (12).
- Faille de Romilly. Cet accident méridien, affectant localement le toit de la craie, pourrait correspondre à la poursuite vers le Nord de la faille de Saint Martin.
- Faille de St Martin de Bossenay, se continuant vraisemblablement vers le Nord par celle de Romilly. Selon l'IFP (institut français du pétrole) elle correspond à la prolongation Nord du sillon houiller du Massif central. Cette faille limite un compartiment Est, stable, d'un compartiment Ouest plus subsident, dès le permien (14). Son activité maximale s'étend du Trias au Dogger. Le Kimméridgien et le Portlandien correspondent à une période de calme. Une phase tectonique compressive post-campanienne est responsable de l'inversion tectonique de sa bordure Ouest. S'en suit une phase distensive sub-méridienne la faisant rejouer en faille normale, avec effondrement du compartiment Ouest. Le toit du crétacé est affecté.

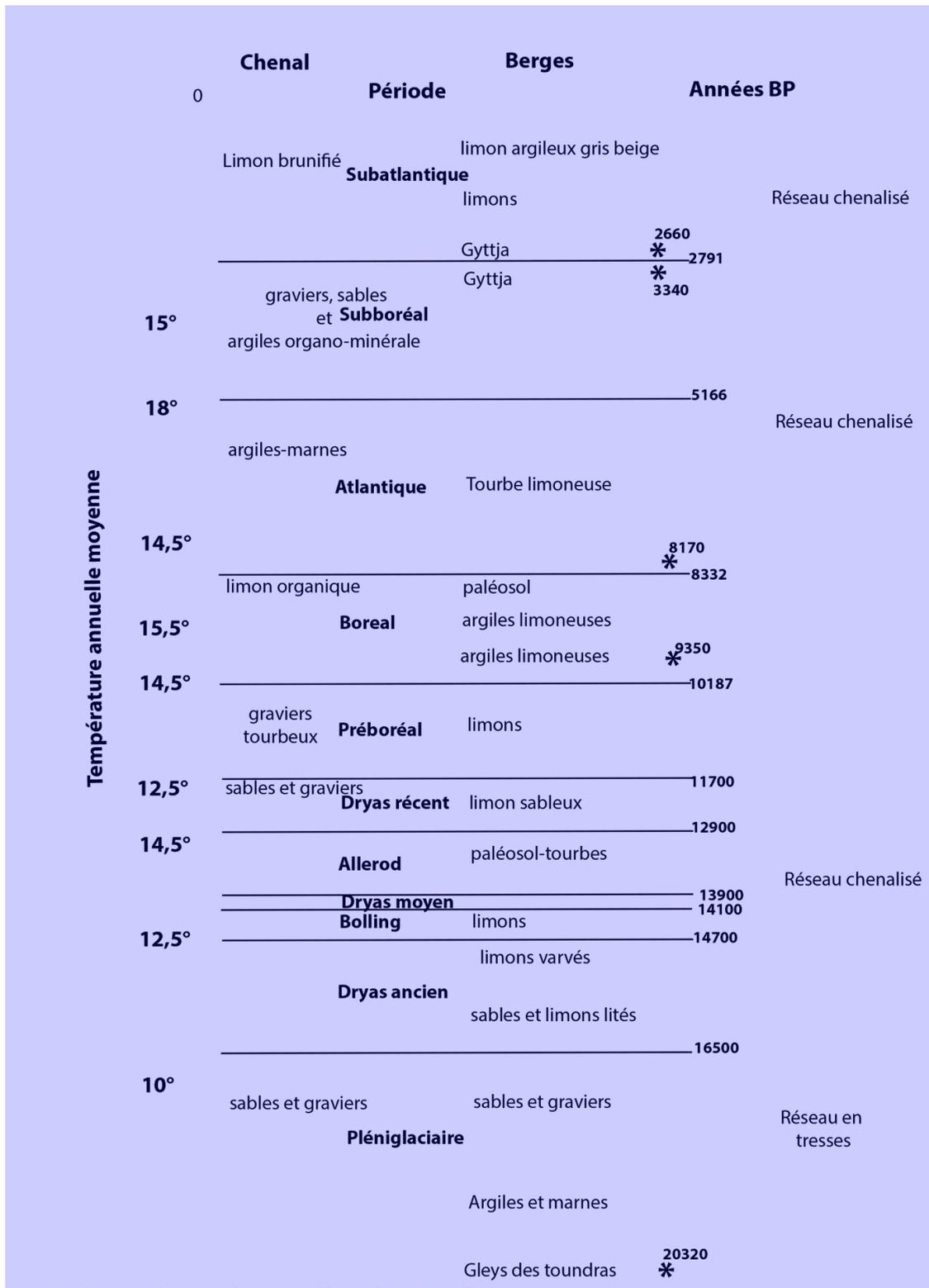
## LES OBSERVATIONS RÉALISÉES

Les données de surface (carte géologique harmonisées de l'Aube) présentent un certain nombre de failles. Reste cependant que le document est une synthèse de cartes au 1/50000 réalisées à des époques différentes. Certaines ont pu faire l'objet de mesures de micropaléontologie, montrant des failles remontant jusqu'au toit de la craie (faille de Saint Martin). La prolongation de la faille de Vittel, visible en carrière dans la craie coniacienne (Droupt-Saint-Basle), n'est pas cartographiée, sauf à lui admettre un jeu post créacé majoritairement décrochant. Il faut cependant noter l'importance du remplissage quaternaire au passage de cette faille, au NO de Bar sur Aube, en confluence de l'Aube et de la Seine ou le contrôle du cours de la Seine par cet accident, sur plus de dix km, en amont immédiat de notre zone d'étude. Dans la région de Meaux, elle oriente les cours du Petit Morin et de la Marne sur plus de quinze km.

Enfin, des séismes importantes sont connues à son abord, dans l'Yprésien, en limite de la cuesta de l'Ile de France (6).

Le secteur étudié plus spécifiquement se localise entièrement dans le quaternaire alluvial. Les matériaux présents sont essentiellement détritiques, variant du gravier centimétrique aux limons. Certaines unités sont consolidées (au sens géotechnique du terme). Les observations sont rendues possibles par l'exploitation des gravières. La nappe phréatique affleure à 1 à 2m de profondeur, selon les périodes de l'année.

Quelques coupes ont été décrites localement par des Quaternaristes (1). Le réseau fluvial en tresse s'est chenalisé à la fin du périglaciaire, cédant le pas à des chenaux divaguant au cours de l'Holocène. Les relations entre niveaux sont, de ce fait, difficiles. Reste que d'autres coupes, plus nombreuses (dix-huit), sont effectuées dans le bassin versant de la Seine, entre Troyes-Montereau-Paris-Pontoise et Compiègne (21). Ces coupes, couplées à des datations par radiocarbone, permettent avec celles d'Antoine, d'obtenir un log stratigraphique synthétique du remplissage alluvial de Marcilly-Sauvage (fig.6).



Evolution du remplissage alluvial, à Marcilly-Sauvage.

Figure n°6

Les étoiles correspondent à des datations par carbone 14.

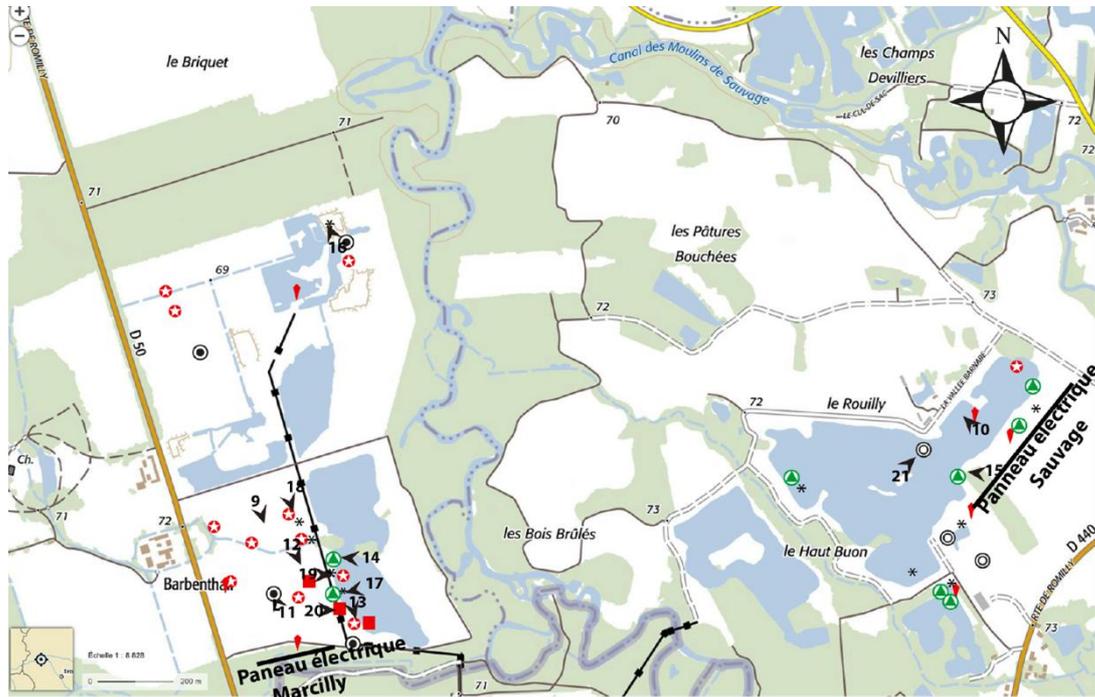
Figure n°6

Évolution du remplissage quaternaire des environs de Marcilly-sur-Seine.

La figure est une synthèse de diverses coupes dans le bassin versant de la Seine et de nos datations.

## Méthodes d'étude

Deux méthodes d'études furent employées : quelques transects de géophysique superficielle (panneaux électriques, sismique haute résolution) et des observations directes en carrière.



- ⊙ : brèche
- ↑ : diapir de craie
- ▲ : éjection de sable
- \* : faille
- ★ : glissement
- : loadcast
- ◎ : pli

Figure n°7

	X	Y
Figure n°10	48°32'41.5"	3°44'59.77"
Figure n°11	48°32'52.21	3°44'43.63"
Figure n°12	48°32'38.99"	3°44'42.16"
Figure n°13	48°32'18.48"	3°43'46.23"
Figure n°14	48°32'27.89"	3°43'39.28"
Figure n°15	48°32'22.01"	48°32'22.01"
Figure n°16	48°32'52.6"	3°43'32.4"
Figure n°17	48°32'31.73"	3°43'41.21"
Figure n°18	48°32'27.76"	3°43'27.23"
Figure n°19	48°32'21.14"	3°43'33.02"
Figure n°20	48°32'20.63"	3°43'34.03
Figure n°21	48°32'32.55	3°44'49.19"
Figure n°22	48°32'47.44"	3°44'41.16"
Figure n°23	48°32'50.45"	3°44'41.77"

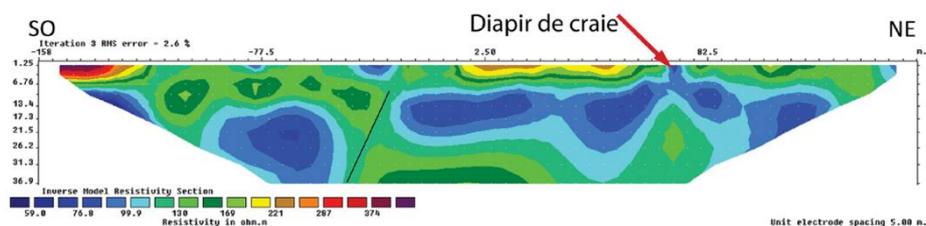
**Figure n°7**  
Position des indices de déformations locales présentées.

## LES OBSERVATIONS EN GEOPHYSIQUE DE SURFACE ET SUBSURFACE

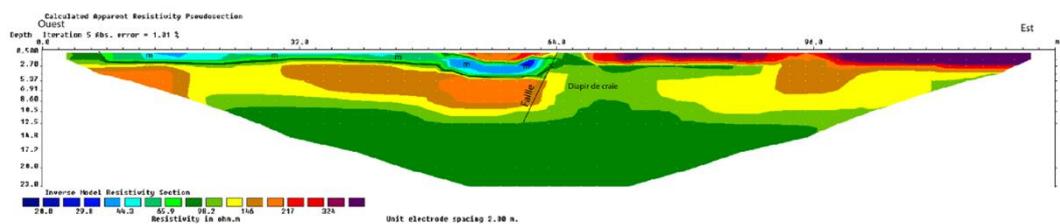
Deux techniques furent employées : profils sismiques haute résolution, en relation avec l'école centrale de Lille et panneaux électriques de conductivité avec du matériel de location.

## TOMOGRAPHIE ELECTRIQUE (13) (FIGS.7 ET 8)

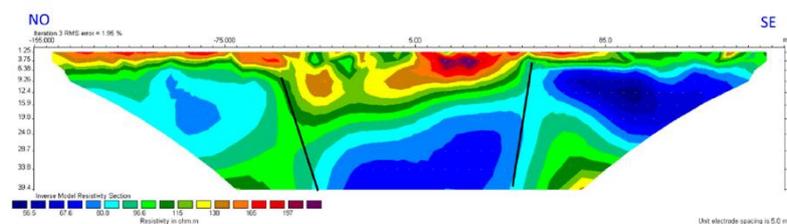
Cette méthode se fonde sur la mesure des résistivités apparentes du sous-sol le long d'un dispositif rectiligne d'électrodes plantées dans le sol. Elle apporte des informations sur la géométrie des couches du sous-sol et sur les anomalies ou structures particulières qu'elles peuvent receler comme des failles, des poches d'argile ou de sable, des talweg fossiles, des zones d'altération... La profondeur d'investigation, en mode Schlumberger, est voisine de 20 mètres, pour une distance inter électrode de 2m (fig. 8). Elle s'approche de 40m pour des électrodes distantes de cinq mètres. Les mesures sont réalisées avec le Terrameter LS2 de la société Georeva. Les données sont traitées avec le logiciel d'inversion RES2DINV/RES3DINV



Site de Sauvage



Site de Marcilly



Faille de Saint Martin, à Gelannes

Figure n°8

### Figure n°8 : Panneaux électriques

Sur les sites de Sauvage et Marcilly, on remarque les remontées de matériaux plus conducteur (boue de craie).

A Sauvage, il faut noter la présence au centre gauche d'un niveau conducteur (gleys des toundras ?) affecté par la remontée d'un diapir perçant le remplissage de sables et graviers, plus résistants.

Le profil sur la faille de Saint Martin (Gelannes, à 6,5 km au sud-ouest) est effectué dans la craie, au pied d'un graben à remplissage de « head » périglaciaire, dans la craie conductrice.

## PROFIL SISMIQUE HAUTE RESOLUTION, SUR LA FAILLE DE ROMILLY (fig.5)

Après repérage par tomographie électrique, un profil sismique haute résolution, fut réalisé par l'École centrale de Lille, en 2010

L'acquisition des données sismiques a été effectuée selon la géométrie « tir en bout » d'après le dispositif suivant :

Géophones : les géophones utilisés possèdent une fréquence de coupure de 28 Hz.

Sismographe : Geometrics Strata Visor (24 bits) avec 48 voies d'acquisition.

Source sismique : de type « Buffalo » (explosion d'une cartouche blanche dans un trou de 50cm de profondeur) ;

Traitement des données selon la procédure CDP (Common Depth Point – point miroir). Il est réalisé à l'aide du logiciel de traitement sismique WINSEIS et à l'aide des programmes propres développés sous Matlab, par l'école centrale de Lille.

Cette étude avait pour but de mettre en évidence la remontée de la faille de Romilly jusqu'au toit de la craie, tout autant que la dolomitisation partielle du campanien moyen. En effet, la faille de Saint Martin affecte la surface (fig.8).

## **LES OBSERVATIONS EN TRANCHEES**

Les sites de Marcilly et Sauvage ont fait l'objet d'un suivi durant près de quatre ans, à l'origine de très nombreuses observations

## **MODE OPERATOIRE**

Une première visite du site en exploitation permet l'observation d'indices de déformations.

Leur nettoyage s'effectue le plus souvent manuellement à la pelle et la brosse. La présence éventuelle d'eau, à proximité, permet le nettoyage au jet, à l'aide d'une pompe de surface.

Les conditions de luminosité imposent parfois de revenir sur l'affleurement, pour photographies dans des conditions optimales.

Le cliché ou les montages photographiques réalisés avec le logiciel Photoswitch (Canon) sont éventuellement traités sous Photoshop, en mode « esthétique tracé des contours ».

Cela permet l'accentuation des détails. L'appareil de prise de vue est un Canon EOS 7D, avec objectif EFS 15-85mm.

Ces observations in situ ont permis la création d'un log stratigraphique (fig.6) en adéquation avec les coupes de Boulages (1) et celles au centre du bassin de Paris (21).

Les âges et températures moyennes lors du dépôt sont précisés.

Globalement, on peut distinguer, de bas en haut :

- Le diamicton, mélange de blocs de craie, peu ou pas roulés. Il n'est visible que dans les injections dans les dépôts périglaciaires (A)
- Les gleys des toundras, gris bleus, à niveaux de racines(B)
- Des limons sableux, varvés, passant latéralement à des graviers et sables de chenaux en tresses(C)
- Des limons marneux, jaunâtres, avec de petits niveaux pluri millimétriques de sables. Peuvent s'y trouver des filonnets blanchâtres calcifiés (D)
- Des sables et graviers fins, avec débris abondants de craie (0,3 à 2 cm), du Dryas supérieur (E)
- Un niveau de graviers tourbeux passant latéralement et verticalement à des limons argileux, plus ou moins organiques (F), du pré boréal au sub atlantique.

Les figures présentent les différents types de déformations observées. Sur chacune d'elles, il est indiqué les niveaux concernés. Les points de prélèvements pour datation sont également précisés.

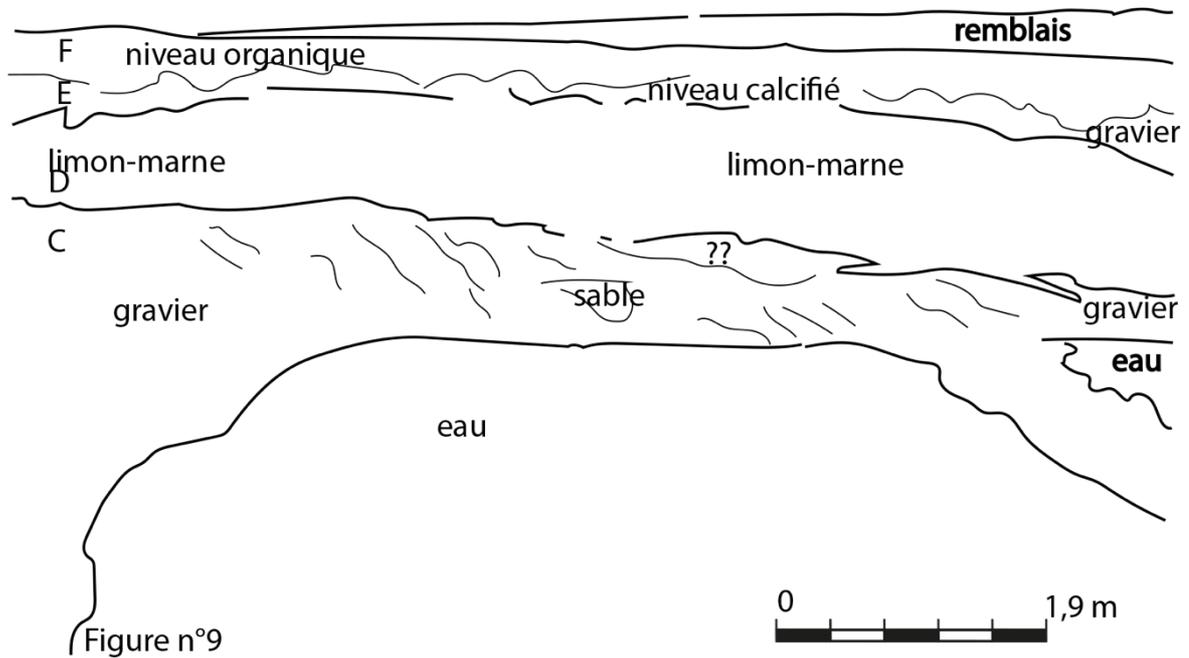
### **VOUSSURE (FIG.9)**

La couverture limono sableuse présente parfois, à l'aplomb des sables et graviers déformés, une voussure. Le sommet peut être totalement bréchifié. L'origine plausible des voussures serait à rechercher dans des remontées de craie boueuse à blocs (28), (fig.10), que cela soit par le gel ou des séismes.



Est

Ouest



**Figure n°9**

Le sommet de la coupe est couronné par un niveau pédologique  
Il repose soit sur des graviers ou sur un niveau calcifié.

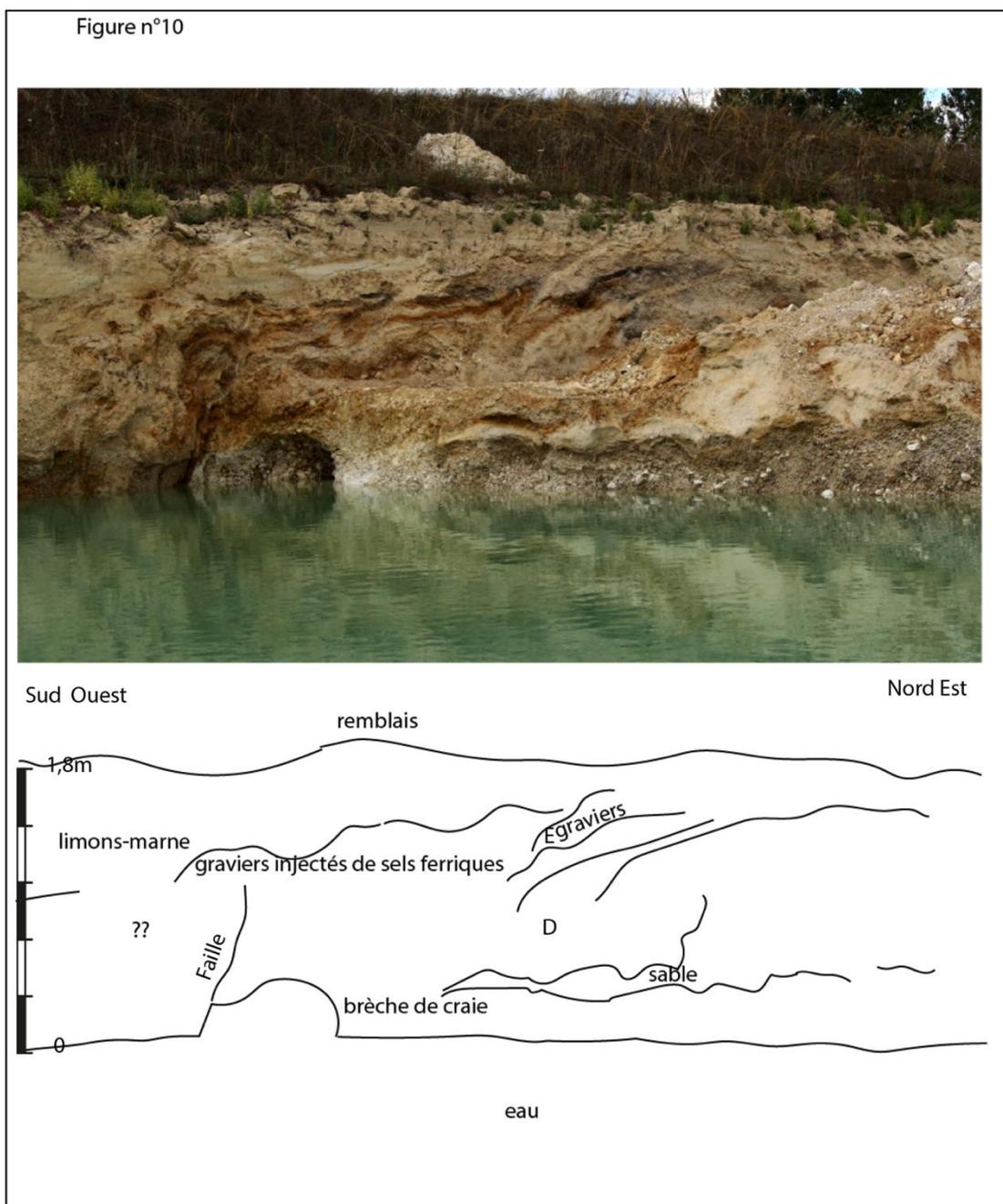
En dessous, il faut remarquer un imposant niveau limoneux-marneux, pouvant dépasser le mètre.  
Sa puissance diminue vers l'Est. Cela évoque un paléo chenal ou un remplissage de dépression thermokarstique.

Sa base, localement déchiquetée, repose sur des graviers. Leur litage perturbé est souligné par des oxydes rouge (Fe), à droite ou noir (Mn) à gauche, sous les limons. Les deux oxydes ne se mélangent pas, traduisant sans doute un dépôt bactérien.

### REMONTEES DE CRAIE PATEUSE A BLOCS OU « DIAPIR » (FIGS.10 ET 11)

Elles s'observent sur les deux sites, se manifestant par une remontée d'un mélange de blocs crayeux décimétriques à centimétriques dans une boue fine de craie. Cette remontée traverse parfois deux ou trois mètres de remplissage alluvial de sable et gravier (communication orale de l'exploitant). Les limites avec l'encaissant s'effectuent souvent par failles. Ces remontées sont associées à deséjections de sables, glissements et des grésifications ferrugineuses.

Les tomographies électriques (fig.8) présentent des diapirs très conducteurs (30-40 ohm) dans un encaissant résistant (>200 ohms).



**Figure n°10**

La photo est prise à Sauvage.

Les limons remontent jusqu'au sommet de la coupe. Leur puissance s'accroît fortement vers le Sud-Ouest, à gauche d'un massif de brèche de craie à la base de la coupe.  
Sous les limons, il faut remarquer des graviers fortement colorés par des oxydes de fer et de manganèse. Là encore, comme dans la figure n°9, il y a ségrégation de ces oxydes.  
Des niveaux de sable blanc déforment les graviers, donnant l'apparence de sables injectés.  
Ces sables recourent à l'emporte-pièce les niveaux colorés par les oxydes.  
Sous les graviers, en limite de l'eau, un niveau de blocs de craie (brèche ?) laisse rapidement place à des graviers.



**Figure n°11.**

**Orientée NO-SE, elle est prise à Sauvage. Les outils fournissent l'échelle.**

**Il faut noter les injections de craie boueuses blanche, à petits blocs, dans des sables grossiers très fortement enrichis en oxydes de fer bruns et noirs.**

### **INJECTIONS DE FLUIDES (FIGS.12 ET13)**

Se manifestent par des cheminées tortueuses centimétriques, soulignés d'oxydes (Fe, Mn) ou de carbonates blancs. Ces cheminées s'évasent vers le haut, entraînant la dislocation totale du litage lors de la diminution de la pression lithostatique, avec parfois apparition de convolutes (fig.13). D'apparition tardive dans les déformations, elles peuvent affecter les tourbes holocènes.

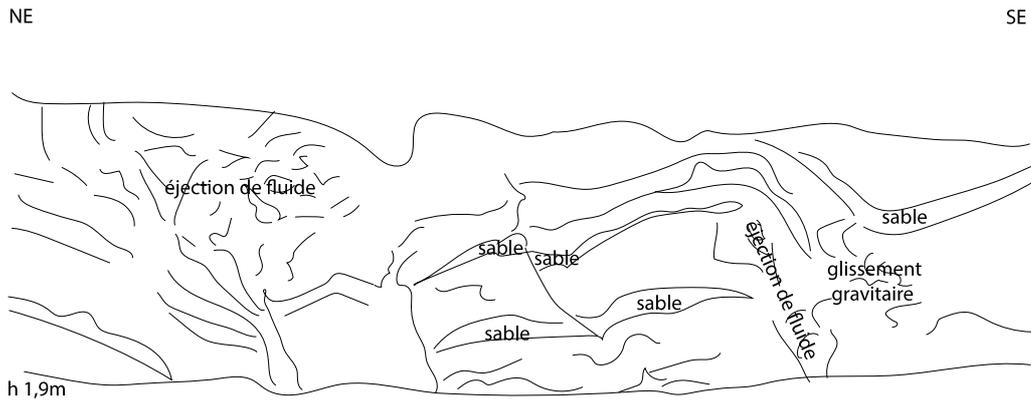


Figure n°12

Prise à Sauvage, elle montre une éjection de fluides chargés de sels ferreux ayant précipités en goethite. L'éjection est associée à un glissement gravitaire. Une autre éjection, sans ferruginisation, s'observe vers la gauche, associée à une totale déstructuration du litage.

Une remontée de craie boueuse, à blocs, est visible à 10 m de là, associée à des silex fracturés.

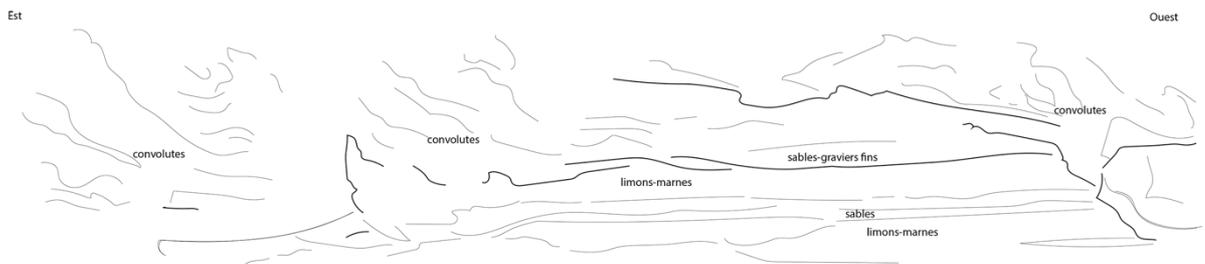


Figure n°13

Figure n°13

Prise à Marcilly, elle montre à la base un niveau marneux sub -horizontal. Sa couverture, totalement perturbée, montre deux cheminées d'éjection de fluide (flèches rouges). Le carré rouge indique la position d'un tesson de poterie gallo-romaine et son âge (datation OSL).

### ÉJECTIONS DE SABLES (FIGS.14 ET 15)

De taille et d'orientation variable, atteignant parfois le mètre, elles se focalisent sous des couvertures marneuses. Associées à des éjections d'oxydes de fer et de manganèse, leur aspect est protéiforme. Il faut y associer souvent des failles décimétriques (fig. 15), parfois polyphasées (fig.14).

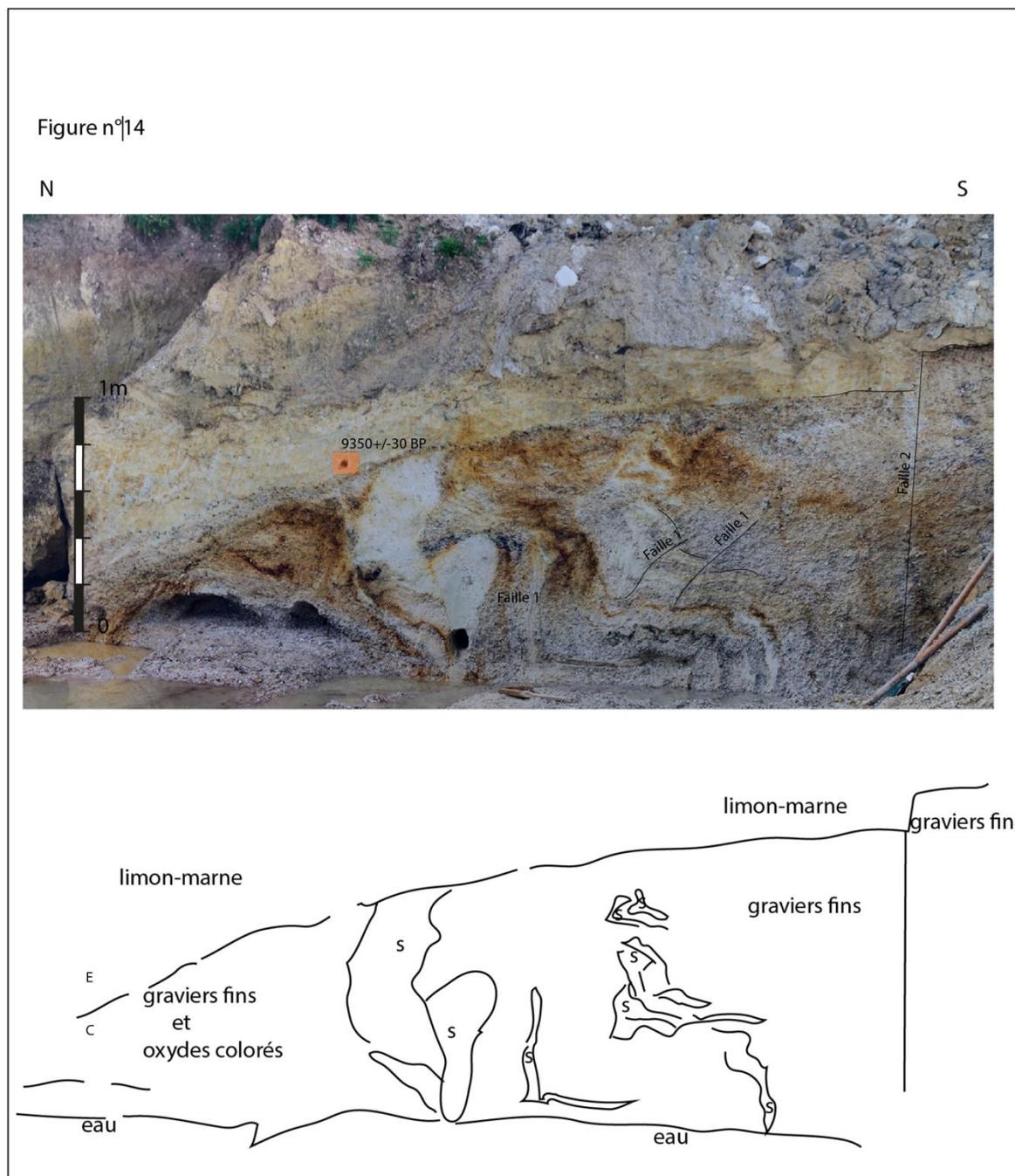


Figure n°14

Prise à Marcilly, la photo permet l'observation de sable injecté et de failles, sous un paléo chenal holocène faillé, riche en matière organique. Des ferruginisations des graviers se focalisent sous la base immédiate du chenal.

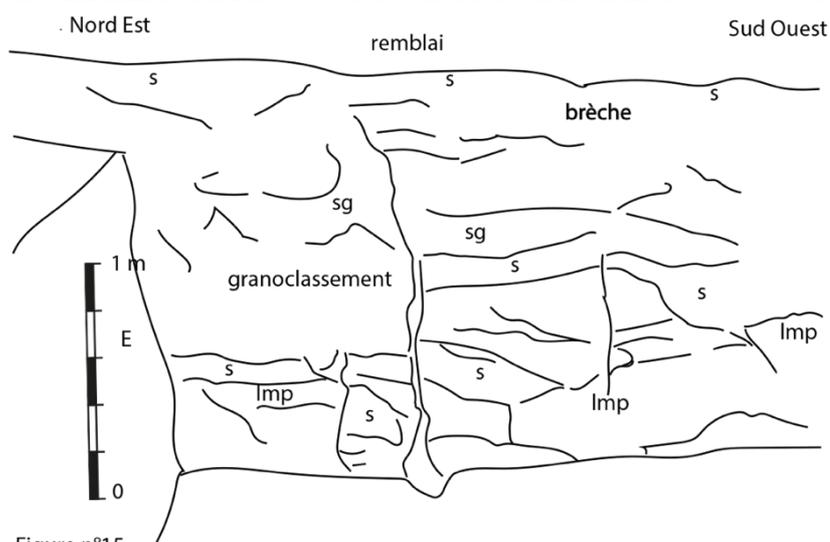


Figure n°15  
s: sable; sg: sable et graviers; Imp: limons-marnes plissés.

Figure n°15

La photo est prise à Sauvage, aux abords d'un diapir de craie repéré par tomographie électrique.

Il existe des niveaux marneux plissotés et des failles affectant parfois toute la série.

### FAILLES (FIGS.16 ET17)

Elles peuvent à la fois être décrochantes, normales ou inverses.

Les failles inverses apparaissent fréquemment associées à des glissements de masse.

Leur apparition est tardive, s'effectuant dans des niveaux indurés.

Ainsi, on peut observer des éjections de sables affectés de failles décimétrique.

Par ailleurs, une faille normale, de rejet métrique, associée à une intense bréchification, est bien visible au NO du site. A la base de ces brèches tourbeuses, il a été observé un outil en fer (âge du fer : 2750-2000 BP). Observable sur plus de soixante mètres, cette faille met en contact anormal des marnes holocènes (3340+/-30 BP) et des graviers pléistocènes.

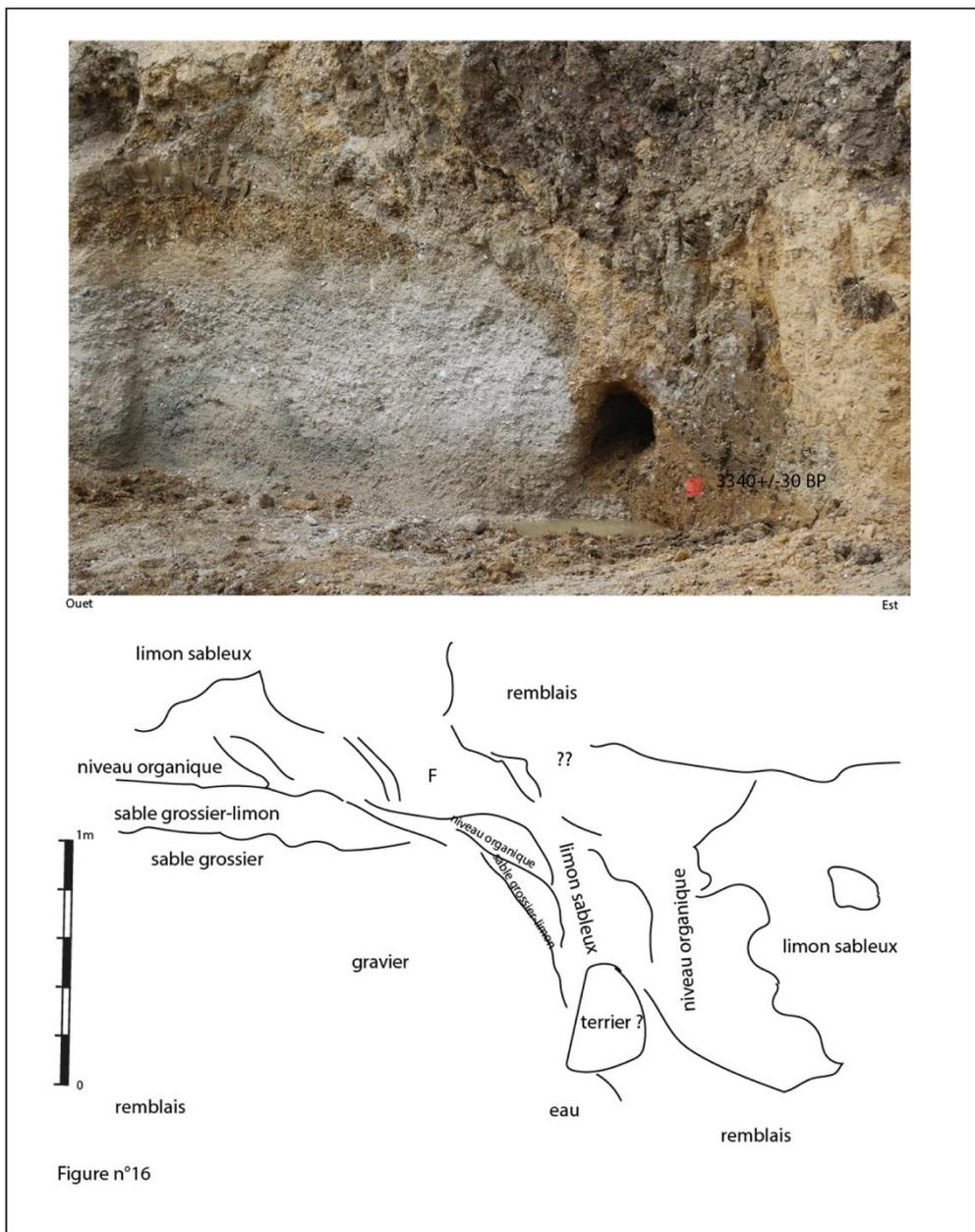


Figure n°16

Le cliché (Marcilly) montre une faille normale mettant en contact graviers et limons organiques holocènes (3340+/-30 BP). A noter la coloration verdâtre de la base des graviers, à relier à vraisemblablement de la vivianite (phosphate ferreux).

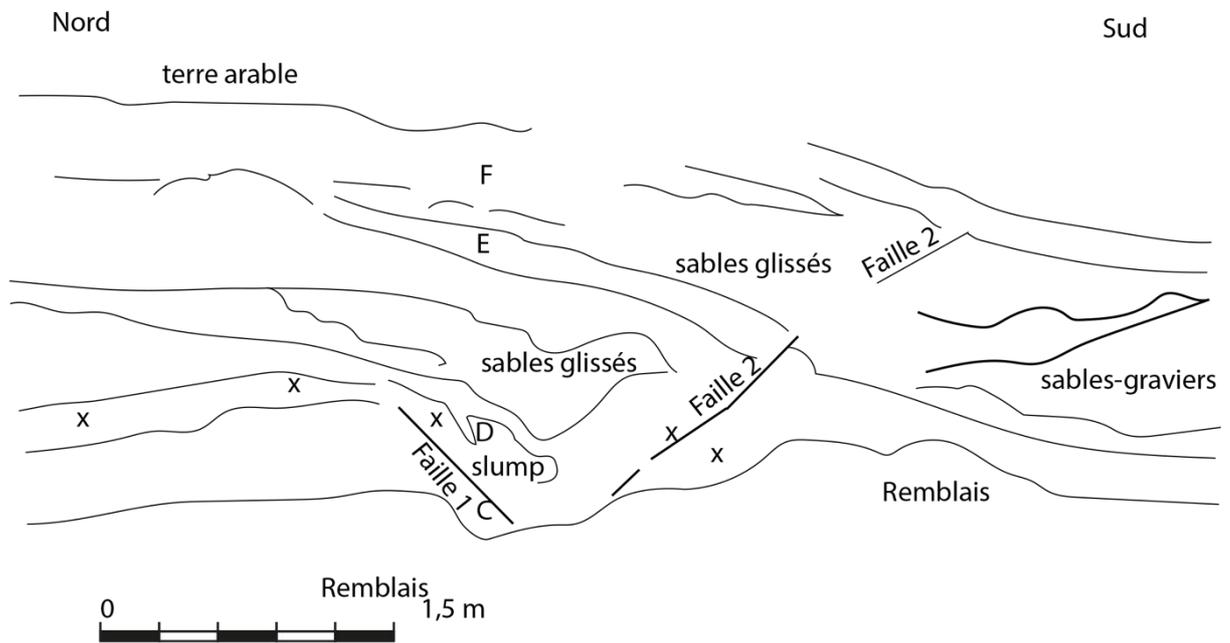


Figure n°17



Figure n°17

Permet l'observation d'un niveau de sable cisailé par un glissement gravitaire. Ce glissement est affecté à son tour d'une faille inverse.

## GLISSEMENTS ET CISAILLEMENT (FIGS.18 ET 19)

Leur taille variable peut aller du décimètre au mètre.

Les matériaux affectés sont limoneux sableux, permettant des liquéfactions. Les bords de chenaux, à passage latéral de limons aux sables présentent des liquéfactions du sable et des fracturations des niveaux limoneux indurés.

Ils sont associés à de failles normales, voire des cisaillements obliques.

Enfin, des éjections terminales de fluides les traversent.

De telles structures peuvent être liées à des glissements de matériel subaquatique, sur faible pente (2).

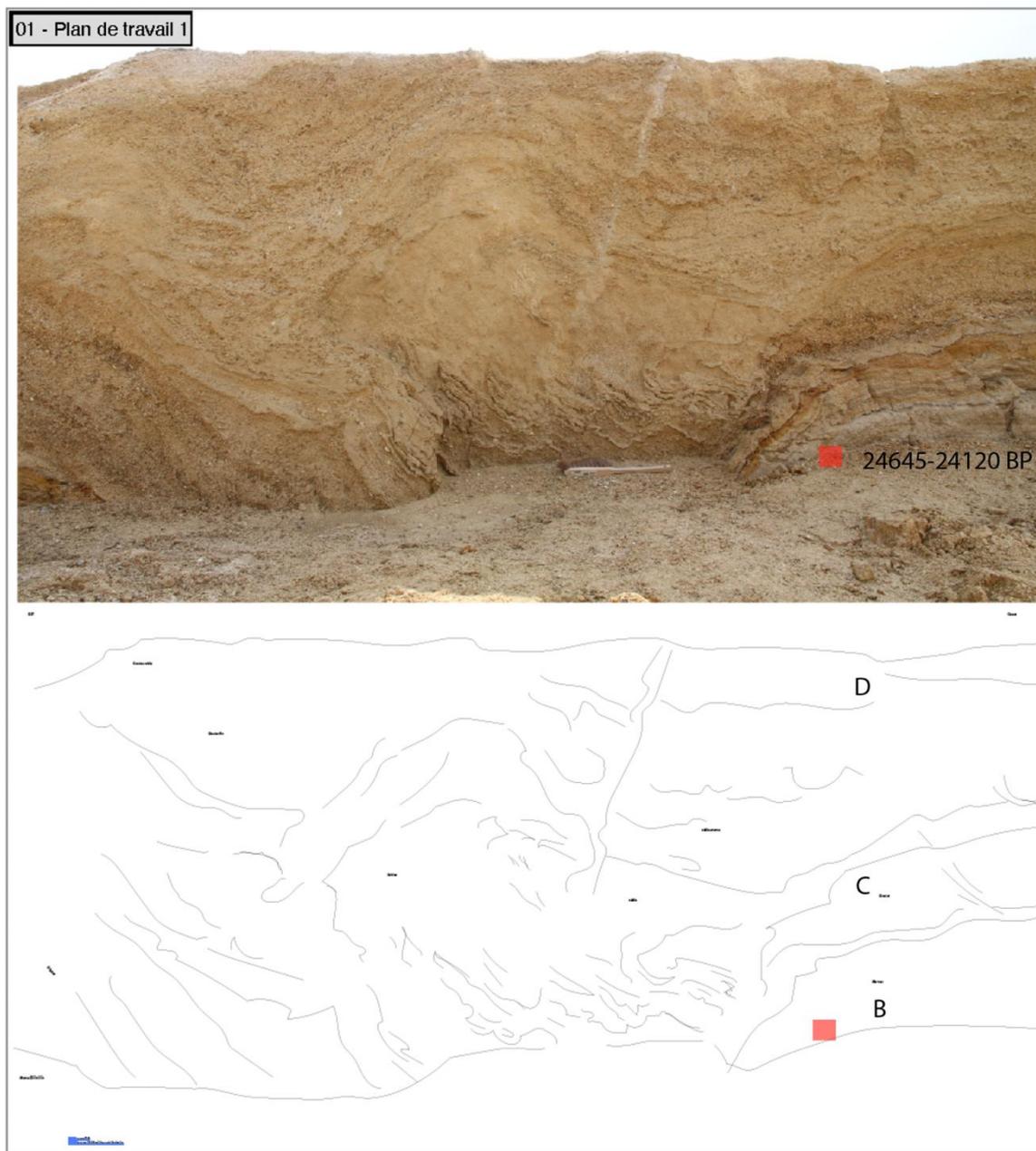


Figure n°18

Nous avons là un important glissement gravitaire dans un paléo chenal sableux.

Nord

Sud

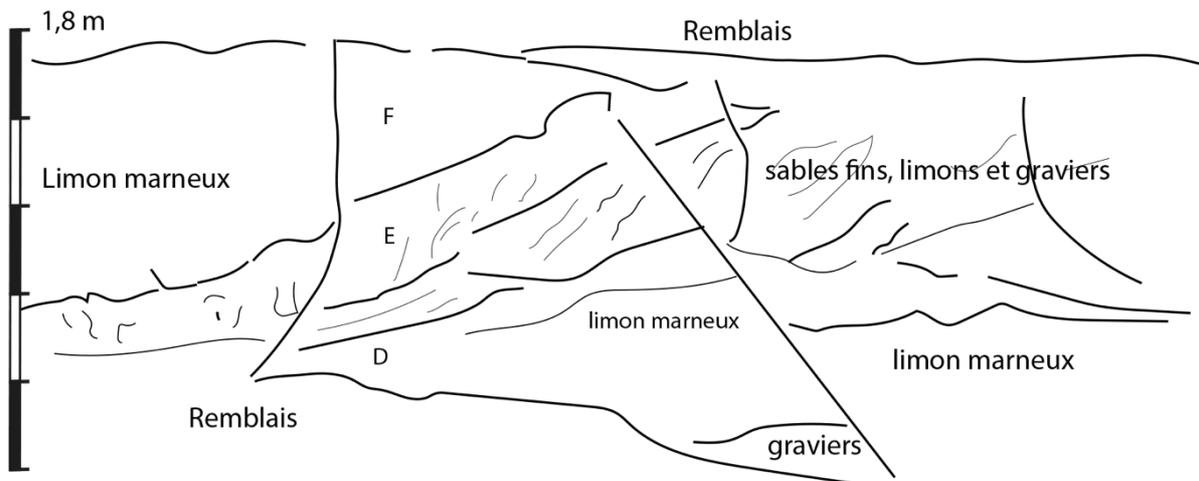


Figure n°19

Figure n°19

Deux niveaux marneux, séparés par des graviers lités, sont affectés d'une faille normale d'environ 0,2m. Un petit glissement gravitaire s'observe en haut à droite du cliché. A noter les faibles ferruginisations aux abords de la base de la faille.

### LOADCAST (FIG.20)

Associées à des déstructuration de niveaux sous-jacents, elles affectent tout aussi bien des sols holocènes ou des remplissages de paléo-chenaux.



Nord

Sud

remblais

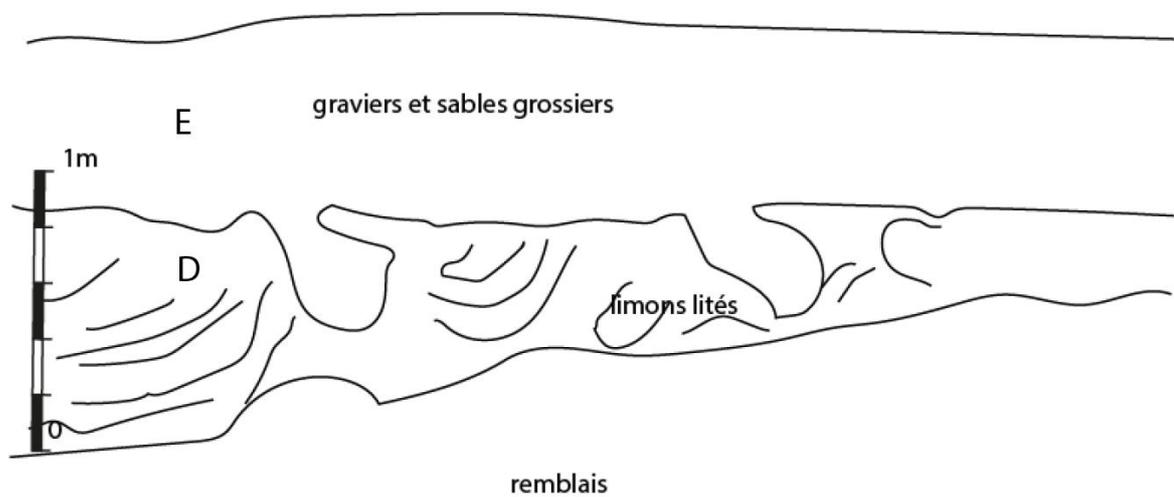


Figure n°20

Figure n°20

Des poches scellées de graviers sont visibles dans les limons lités, évoquant des loadcast cosmique.

### PLIS (FIG.21)

Scellés par des dépôts limoneux de débordement, leur flèche varie du décimètre au mètre. Affectant des niveaux variant du sable fin au graviers, ils sont associés à des éjections de fluides chargés parfois de sels de fer ou de manganèse, précipitant sous forme d'oxydes.

Leur couverture s'ouvre épisodiquement, permettant des éjections de fluides.



Sud-Ouest

Nord-Est

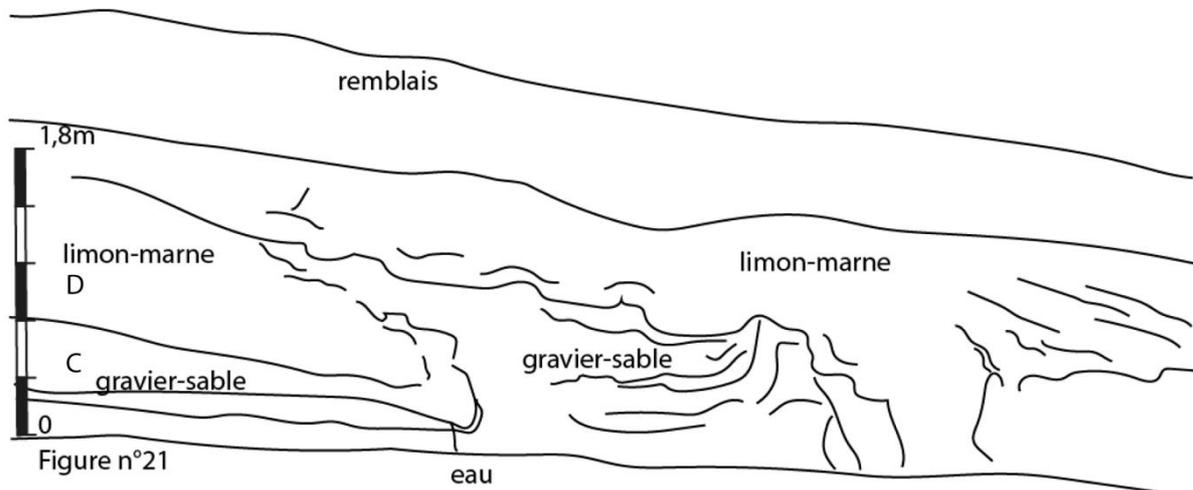


Figure n°21

Une importante injection de sable est visible au centre du cliché.

Le sommet des sables, à gauche, présente des indurations ferrugineuses, immédiatement sous les marnes.

### SILEX CASSES

Des silex cassés s'observent, que cela soit dans les marnes, aux abords immédiats de diapir de boue crayeuse ou dans ces diapirs.

Leur coupe montre de petites failles et des pertes importantes de substance, faisant place à de la silice pulvérulente. Les parois des failles s'élargissent vers l'extérieur. Il existe également des traces de sulfure métallique se focalisant près des plans de faille.

La partie centrale, sans le cortex, peut parfois s'avérer bréchifiée.



Figure n°21

Sections de silex cassés. Leur blanchiment interne évoque des explosions d'eau de cristallisation de l'opale, sous contrainte mécanique importante.

### INDURATIONS FERRUGINEUSES

Se focalisent aux abords des paléo chenaux à remplissage organique et à proximité immédiate des éjections de boue crayeuse.

Elles peuvent former des blocs métriques. Il existe par ailleurs un zonage. Les parties centrales sont rouge, tandis que l'extérieur est noir, enrichi en bioxyde de manganèse. Cette ségrégation est à relier à des oxydations microbiennes, les oxydes de fer précipitant avant ceux de manganèse et à des pH plus bas.

Le ciment ferrugineux est composé à 70% de goethite et 30% de quartz environ. Le quartz présent est à contours anguleux.



Figure n°23

Sur la gauche du cliché, on remarque une remontée de craie boueuse blanche. Il faut également noter, à sa périphérie, la ségrégation entre niveau rouge et niveau noir.

## DISCUSSION

Les déformations observées peuvent présenter des origines diverses, que cela soit des glissements gravitaires, des effondrements de berge, des phénomènes périglaciaires (26) ou des séismes (24), (8,9 et 17).

Des phénomènes périglaciaires ont été décrits dans la vallée du Rhin à l'Est, dans les loess de Nussloch, entre 30000 et 13000 BP (18 et 25).

### FERRUGINISATIONS

Les ferruginisations massives correspondent à des grès des marais. Leur origine est liée à des solubilisations de fer par des acides humiques issus des tourbes holocènes (29). En milieu oxydant, sous l'influence bactérienne, le fer ferreux dissous précipite. Les ferruginisations verticalisées (fig.12) sont liées à des éjections de fluides riches en composés ferreux. Les teneurs en phosphate organique du ciment ferrugineux confirment une activité microbienne (1,33% exprimé en  $P_2O_5$ , Analyse CRPG n° 2109194).

### DEFORMATION DES SILEX

Les silex fracturés se concentrent aux abords immédiats des diapirs de boue crayeuse, avec blocs. La micro-fracturation intense, sous le cortex, indique une fracturation hydraulique par l'eau de cristallisation de l'opale, sous contrainte sismique importante.

### DEFORMATIONS MAJEURES

Dans le bassin de Paris, à l'Ouest, des déformations souples, à la base du Dryas récent, sont attribués au refroidissement du Dryas (21).

Aucune déformation de ce type n'a été décrite dans l'Holocène.

Localement, des failles affectent des dépôts holocènes.

Au vu de tout cela, on peut admettre une origine périglaciaire, partielle ou totale, pour les déformations les plus anciennes, antérieures au Dryas, Cela peut être des glissements gravitaires ou des failles associées à des fontes de glace enfouies dans les dépôts alluviaux, dans le diamicton (28).

Reste que des failles, glissements, déformations souples affectant l'holocène, jusqu'au subatlantique présentent une origine autre.

Les éjections massives de fer ferreux dissous, sources de grésifications postérieures, sont liées à des solubilisations par acides organiques issus des tourbes holocènes. Leur relation marquée avec les diapirs de boue et blocs crayeux montre que ces diapirs associés à des silex fracturés sont également holocènes. (23), (7), (28).

Par ailleurs, il existe un polyphasage des déformations, comme l'indiquent les figures 14 et 17, avec deux générations de failles. Ce polyphasage s'observe également dans les indices de néotectoniques locales, à Longueville et Gourgançon (4) (19).

Enfin, l'existence de matériel archéologique (outil en fer, vase gaulois) entraîné dans les déformations montre leur caractère « récent ».

Plus largement, l'existence de paléosols en contact faillé avec la craie (5), (fig.8, Saint Martin) indique des déformations tectoniques pleistocènes.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que ces déformations perdurent dans le temps, au niveau du nœud tectonique local du bassin de Paris.

## CONCLUSIONS

Les déformations observées dans les dépôts holocènes ne sont pas imputables au froid. Pour celles-ci, l'hypothèse d'une origine cosismique s'avère la plus cohérente. Le polyphasage de certaines déformations, dont certaines holocènes, milite dans ce sens. De petits séismes existent localement (11). Par ailleurs, des déformations périglaciaires affectés par des séismes sont décrites dans la région de Maestricht, à 250 km au NE (25). N'oublions pas, en effet, que la faille de Bray-Vittel accident, crustal majeur du bassin de Paris (14), est associé à des indices locaux de néotectonique (19). La faille de Saint Martin, de son côté, s'avère être la prolongation NE du sillon houiller, accident majeur du Massif central. L'hypothèse cosismique que nous avançons apparaît ainsi parfaitement cohérente. La surpression de fluide induite par le séisme dans la boue et blocs de craie du « head » sous alluvial serait à l'origine de sa fracturation hydraulique, plus ou moins explosive, associée à des éjections massives de fluides.

## REMERCIEMENTS

Ils s'adressent aux géologues nous ayant poussés dans la quête de données de plus en plus nombreuses, afin de lever l'indétermination entre désordres périglaciaires et séismes. Il faut citer Laurence Le Calonnec, Francis Meilliez, Jean Claude Plaziat et d'autres tenant à leur anonymat.

La société Morgagni Zeimet nous a grandement ouvert ses sites carriers.

Le laboratoire Aquanalyse, à Plancy l'Abbaye, a financé des panneaux électriques et des analyses.

Enfin, l'Institut français des pétroles, énergies nouvelles, nous a permis l'accès à certaines données confidentielles, puis nous a nous autorisé la publication de quelques extraits.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1, ANTOINE P., PASTRE J.F., FONTUGNE M., LEROYER C., (2000) - Le transect de Boulages (Aube) : apport à la connaissance de l'évolution paléohydrologique de la vallée de l'Aube, PNRZH, projet 07, rapport final, novembre 2000
- 2, ALSOP G., MARCO S., (2013) - Seismogenic slump folds formed by gravity driven tectonics down a negligible subaqueous slope. *Tectonophysics* 605, 48–69
- 3, BAPTISTE J., (2017) - Cartographie structurale et lithologique du substratum du Bassin parisien et sa place dans la chaîne varisque de l'Europe de l'Ouest : approches combinées géophysiques, géochronologiques et modélisations 2D. Hal id : tel-01549122
- 4, BENOIT P., GRISONI, J-M. PIWAKOWSKI B., ARGANT, J., (2011) - La craie fracturée de Charny le bachot (Aube), témoin envisageable du rejeu quaternaire des accidents de socle du bassin de Paris. *Bulletin Inf. Géol.Bass. Paris*, vol 48, n°2, p. 5-16.
- 5, BENOIT P., MEGHRAOUI M., GRISONI J.M., (2013) - Quaternary faulting in the central Paris basin: Evidence for coseismic rupture and liquefaction. 4 th international INQUA Meeting on Paleoseismology, Actice tectonics and Archeology (PATA), Aachen, Germany, p. 1- 4.
- 6, BENOIT P., (2015) - Séismites yprésiennes en bordure SE de la cuesta d'Ile de France, <https://medihal.archives-ouvertes.fr/medihal-01325126/thumb>
- 7, BERGUES J., CHARPENTIER J.P., (2000) - Caractéristiques physiques et mécaniques de la craie du bassin de Paris. *Bull. Inf. Bass. Paris*, volume 37, n°2, p. 120-124
- 8, BERTRAN P., ANDRIEUX E., BATEMAN M., FONT M., MANCHUEL K., SICILIA D., (2018) - Features caused by ground ice growth and decay in Late Pleistocene fluvial deposits, Paris Basin, France. *Geomorphology*, Vol. 310,p.84-101.
- 9, BERTRAN P., FONT M., MANCHUEL K., SICILIA D., (2018) - Sismogel. Discrimination entre les déformations cosismiques et périglaciaires dans les formations quaternaires non consolidées. Application au territoire français métropolitain. INRAP-EDF, 43 p.
- 10, BRIAIS. J., (2015) - Le Cénozoïque du bassin de Paris : un enregistrement sédimentaire haute résolution des déformations lithosphériques en régime de faible subsidence. Thèse Sciences de la terre. Université de Rennes, p. 80.
- 11, CARA M., CANSI Y., SCHLUPP A., ET AL., (2015) - SI-Hex: a new catalogue of instrumental seismicity for metropolitan France. *Bulletin de la Société Géologique de France* 186 (1), p. 3-19.
- 12, Coulon M., Frizon de Lamotte D. (1988) –Les craies éclatées du secteur d'Omey (Marne, France): le résultat d'une bréchification par fracturation hydraulique en contexte extensif. *Bull. Soc. géol. France*, 8, IV, 1, 177-185.
- 13, DELATAILLE C., (2015) - Évaluation de l'activité tectonique quaternaire des failles du Jura Méridional (France). Thèse Université de Savoie, pp 76-95.
- 14,DELMAS J., HIOUEL P., VOIALLY R. (2007) – Paris basin – petroleum potential. Rapport regional d'évaluation pétrolière, IFP.
- 15, GÉLY, J.-P. et HANOT, F. (dir.), AMÉDRO, F., BERGERAT, F., DEBEGLIA, N., DELMAS, J., DEROIN, J.-P., DOLIGÉZ, B., DUGUÉ, O.,

- DURAND, M., EDEL, J.-B., GAUDANT, J. †, HANZO, M. †, HOUEL, P., LORENZ, J., ROBASZYNSKI, F., ROBELIN, C., JACQUES, T., VICELLI, J., VIOLETTE, S., VRIELYNCK, B. & WYNS, R. et coll. (2014). – Le Bassin parisien, un nouveau regard sur la géologie. Bull. Inf. Géol. Bass. Pars, Mém. H-s. n° 9, 228 p., 1 pl. h-t.
- 16, Goguel J., Barthélémy R., Lacot R. et al. (1965) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Romilly-sur-Seine (261), BRGM Orléans
- 17, LIGNIER V., (2001) - Les sédiments lacustres et l'enregistrement de la paléosismicité. Thèse Université de Savoie. HAL Id: tel-00811857 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00811857>, p. 23-32.
- 18, LITT T., SCHMINCKE H.U., FRECHEN M., SCHULTER C., (2008)-The Geology of central Europe, volume 2: Mesozoic and Cenozoic, The Geological society, London, p.1317.
- 19, MAZZOTTI S., JOMARD H., MASSON F., (2020) - Processes and deformation rates generating seismicity in metropolitan France and conterminous Western Europe. Published by EDP Sciences ; <https://doi.org/10.1051/bsgf/2020019>
- 20, MICHEL J.P., (1972) - Le Quaternaire de la région parisienne. Thèse de Docteur ès Sciences naturelles, Université de Paris VI, p.23-32.
- 21, PASTRE J. F., LEROYER C., LIMONDIN-LOZOUET N., CHAUSSÉ C., FONTUGNE M, GEBHARDT A., HATTÉ CH., KRIER V., (2000) – Le Tardiglaciaire des fonds de vallées du Bassin Parisien (France) [The Late-Glacial from the Paris basin floodplains (France)]. Quaternaire, vol. 11, n°2, Le Tardiglaciaire en France septentrionale, p. 107-122.
- 22, PIWAKOSWIKI B. (2010) - Profils sismique haute résolution, à Sauvage (51). Rapport interne, école centrale de Lille, 10 p.
- 23, SIGISMOND J., DUPAS J.M, LEFÈVRE A. (1983) - La craie à Nogent-sur-Seine. Revue française de géotechnique, 23, p. 5-18.
- 24, SHANMUGAM G., (2016) - The seismite problem. Journal of Palaeogeography, 5(4), p. 318-362
- 25, VAN BALEN R.T., BAKKER M.A.J., KASSE C. WALLINGA J., WOOLDERINK H.A.G. (2019) - A Late Glacial surface rupturing earthquake at the Peel Boundary fault zone, Roer Valley Rift System, the Netherlands. Quaternary sciences reviews 218, p.254-266.
- 26, VAN VLIET-LANOË B., BRULHET J., COMBES P., DUVAIL C., EGO F., BAIZE S. & COJAN I., (2016) . Quaternary thermokarst and thermal erosion features in northern France: origin and palaeoenvironments. Boreas. 10.1111/bor.12221. ISSN 0300-9483.
- 27, VAN VLIET-LANOË, B. (2005). – La planète des glaces. Vuibert, 470 p.
- 28, VAN VLIET-LANOË B., AUTHEMAYOU C., MOLLIEUX S., FIELD M-H., FRECHEN M., LE ROYA P., PERROT J., ANDRIEU-PONEL V., GREGOIRE G., HALLEGOUËT B. (2018) - Middle Pleistocene seismically induced clay diapirism in an intraplate zone, western Brittany, France. QUATERNARY RESEARCH. p. 1–24.

29, VAN BEMMELEN (1899). - Les accumulations ferrugineuses dans et sous les tourbières. Gisement, composition, formation. Wageningen\_university\_and\_research\_212792.pdf

