

Dijon, 14-16 novembre 2011

13<sup>ème</sup>

CONGRÈS  
FRANÇAIS  
DE  
SÉDIMENTOLOGIE

LIVRE EXCURSION

Géologie de la Côte viticole  
bourguignonne

DES  
  
ASSOCIATION  
SÉDIMENTOLOGISTES  
FRANÇAIS



# **Excursions ASF**

**Excursion E1, le 13 novembre 2011**

## **ARCHITECTURE DES CORPS RECIFEAUX ET CALCARENITIQUES DU BAJOCIEN DE LA REGION DE BEAUNE**

Christophe DURLET<sup>(1)</sup>

**Excursion E3, les 17 et 18 novembre 2011**

## **SEDIMENTOLOGIE, STRATIGRAPHIE ET DIAGENESE DES CARBONATES DU JURASSIQUE DE L'EST DU BASSIN DE PARIS : INFLUENCES SUR LE SYSTEME HYDROLOGIQUE DU SECTEUR DE MEUSE/Haute-MARNE (LABORATOIRE ANDRA)**

Benjamin BRIGAUD<sup>(2)</sup>

Benoît VINCENT<sup>(3,4)</sup>

Philippe LANDREIN<sup>(5)</sup>

**(1) Université de Bourgogne, Biogéosciences.**

**(2) Université Paris XI-Orsay, IDES**

**(3) Cambridge carbonates**

**(4) Université de Bourgogne, Biogéosciences**

**(5) ANDRA**



**Le 13 novembre 2011**

# **ARCHITECTURE DES CORPS RECIFEAUX ET CALCARENITIQUES DU BAJOCIEN DE LA REGION DE BEAUNE**

**Organisateur : Christophe Durllet**

UMR Biogéosciences  
Université de Bourgogne, 6Bd Gabriel 21000 Dijon France  
[christophe.durllet@u-bourgogne.fr](mailto:christophe.durllet@u-bourgogne.fr)

## **Programme :**

Dans la région de Beaune, à une cinquantaine de kilomètres au sud de Dijon, de longues falaises bordant un plateau calcaire permettent d'observer la géométrie de corps calcarénitiques et récifaux mis en place au Bajocien inférieur, sur une plate-forme carbonatée marquée par l'existence de fortes paléo-pentes. Les géométries et les faciès très diversifiés témoignent de bathymétries contrastées, comprises entre quelques mètres et une soixantaine de mètres. Les sites sélectionnés pour cette excursion permettront d'appréhender, à diverses échelles, ce système sédimentaire complexe. Ils permettront par exemple d'apprécier l'influence des vents dominants et celle de deux failles normales qui, bien qu'ayant eu un faible rejet synsédimentaire, ont fortement influencé la localisation et l'architecture des dépôts. Une discussion sur les contrôles tectoniques, climatiques et/ou eustatiques sera menée.

Déroulement de l'excursion :

- Départ à 8 h 00, Faculté des sciences, Bâtiment Gabriel, amphithéâtre Gutenberg (transport en minibus)
- 9 h 00 à 12 h 00 : Stratigraphie et géométrie d'ensemble
- 12 h 00 à 14 h 00 : Repas en restaurant
- 14 h 00 à 16 h 30 : Milieux de dépôts et faciès, depuis le bassin intra-shelf jusqu'aux hauts-fonds récifaux
- 16 h 30 - 18 h 00 Visite de cave à Saint-Romain.

*Nota* : la visite de cave (comprise dans le prix de l'excursion) est facultative, celles et ceux qui ne souhaitent pas l'effectuer pourront rentrer plus tôt sur Dijon, en fonction des places disponibles dans les minibus. Remarque : Des chaussures de marche sont impératives. Les sites visités sont accessibles par des marches courtes (moins de 600 mètres) mais les pentes peuvent être glissantes. En cas de pluie, des sites abrités sous des surplombs seront privilégiés.

## **Résumé**

*Sur le seuil de Bourgogne, les rebords escarpés du plateau bajocien recoupent parfois des récifs coralliens associés à des paléo-dénivellements exceptionnelles, pouvant atteindre 50 m de hauteur (hors décompaction). Les affleurements les plus vastes se situent dans la région de Beaune et de Nolay, dans le secteur de la vallée du Bout du Monde, au niveau de vastes falaises naturelles. Leur étude géométrique, faciologique et diagénétique apporte des précisions paléo-environnementales et séquentielles sur la mise en place de la plate-forme bajocienne.*

*Un type de récif corallien est spécifiquement décrit. Il s'agit de larges pinacles bordés par des faciès péri-récifaux progradants en direction de vastes glacis péri-récifaux où la tranche d'eau pouvait dépasser 50 m. Ces pinacles montrent une dissymétrie E-W ou NE-SW qui résulte vraisemblablement d'une houle dominante venant de l'E ou du NE. Au-delà de cette dissymétrie, la géométrie hectométrique à kilométrique des corps récifaux et calcarénitiques périphériques témoigne de l'enregistrement de trois séquences de dépôt (successivement aggradantes puis progradantes) au cours des deux dernières zones d'ammonites du Bajocien inférieur.*

## **Abstract**

*In the southeastern Paris Basin, several wide Bajocian outcrops (natural cliffs and quarries) show large coral reefs rimmed by paleoslopes up to 50m high. Facies, geometries and diagenetic studies clarify the depositional and sequential setting of the Bajocian carbonate platform and reveal cyclic relative sea-level changes during reef development.*

*Two basic types of reef architecture are distinguished. Type 1 architecture corresponds to large pinnacles aggrading 30 to 50 m over underlying Aalenian and lowermost Bajocian limestones Type 2 architecture corresponds to elongate reef structures growing above and along normal synsedimentary faults. Large pinnacles include either coral framework facies and coral debris and sometimes prograde thousand meters into various directions, but mainly towards W and SW, suggesting an hydrodynamic control by waves coming from the east (from the Tethys).*

*In the best exposed reef systems, the cyclic aggradational-progradational geometry of reefal and peri-reefal deposits points out 3 depositional sequences during the Propinquans and Humphriesianum Lower Bajocian ammonites zones. Theses sequences end with a sea level fall which not exceeds 10 meters in amplitude, leading to temporary emergence of some of the reef crests.*

Figure 0 : Location map of the studied outcrops .

## Introduction

Dans les séries carbonatées anciennes, la topographie des récifs et la distribution spatiale des faciès péri-récifaux jouent un rôle important dans la géométrie de certains réservoirs pétroliers. Hors, cette topographie est parfois mal connue, du fait de l'absence de lignes sismiques à haute résolution ou du fait de la rareté et/ou de l'exiguïté des affleurements constituant de possibles analogues de terrain. Il est alors délicat, à partir de quelques coupes verticales, de prédire la distribution des faciès, c'est-à-dire de faire la part entre les divers facteurs qui ont pu contrôler leur distribution spatio-temporelle. L'exception vient des affleurements de grande taille, falaises ou versants abrupts, qui recourent des structures récifales et péri-récifales suivant plusieurs directions et sur plusieurs kilomètres de longueur. Les quelques modèles de croissance récifale qui font référence pour l'interprétation séquentielle des structures coralliennes anciennes sont ainsi tous fondés sur la description de vastes affleurements, par exemple des falaises côtières et continentales du Miocène de Majorque et d'Andalousie (e.g. Pomar, 1991 ; Braga & Martin, 1996).

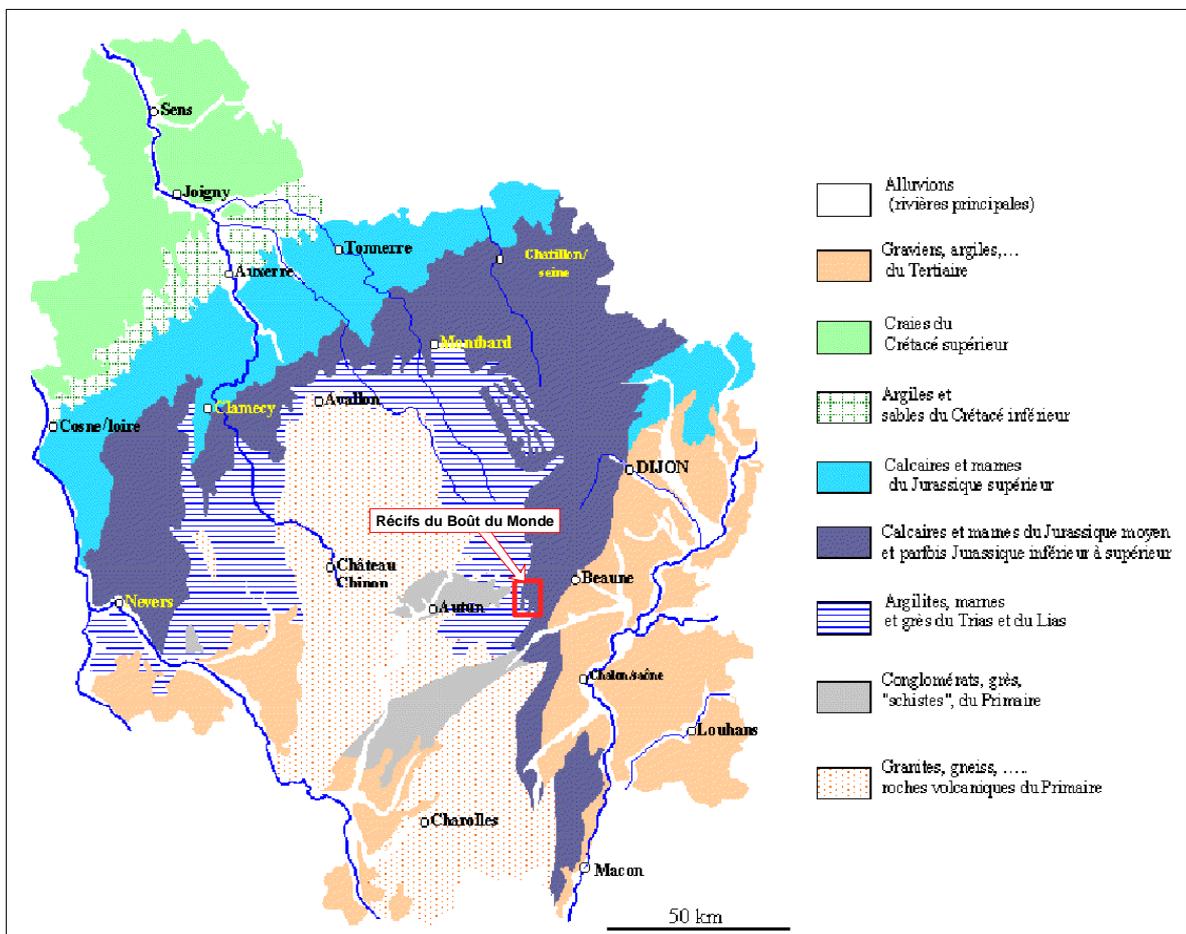


Figure 1 : Geological map of the Burgundy area with localisation of the Bajocian « Bout-du-Monde » reefs.

Au sud-est du bassin de Paris, sur la partie méridionale du seuil de Bourgogne (Fig. 1), de longues falaises en bordure de cuesta recourent des récifs coralliens mis en place au cours du Bajocien inférieur (Fig. 2), sur une plate-forme carbonatée intracratonique. Les meilleurs affleurements et les plus vastes, situés dans la région de Beaune – Nolay (notamment sur les flancs de la vallée du « Bout du Monde »), permettent d'observer en continu, et à toutes les échelles, la distribution des faciès et des discontinuités le long de paléo-pentes pouvant atteindre 50 m de dénivellation. Leur analyse permet d'établir un modèle géométrique et faciologique de croissance récifale pour une période clef de l'évolution des écosystèmes coralliens. Dans l'histoire des plates-formes péri-téthysiennes, c'est en effet au Bajocien que les coraux scléactiniaires prennent pour la première fois une place aussi active dans la construction des récifs (Lathuilière, 2000a ; 2000b).

A l'échelle régionale, l'objectif est de comprendre les contraintes paléo-environnementales et séquentielles qui ont présidé à l'apparition, à l'essor et à la disparition de la première plate-forme carbonatée du Dogger. Cette plate-forme recèle des faciès carbonatés variés, souvent crinoïdiques ou coralliens, qui ont depuis longtemps été le sujet de controverses en termes de paléo-profondeur et d'environnements de dépôt (e.g. Coulon, 1979 ; Durllet, 1996 ; Lathuilière, 2000a ; 2000b). Lors de cette excursion, nous verrons comment le positionnement des faciès par rapport à l'orientation et à la dénivellation des pentes permet de mieux contraindre la profondeur des divers lithofaciès, tout en offrant une interprétation hydrodynamique à la répartition spatiale de ces lithofaciès.

## **1 - Les récifs bajociens dans leur contexte paléogéographique, stratigraphique et faciologique**

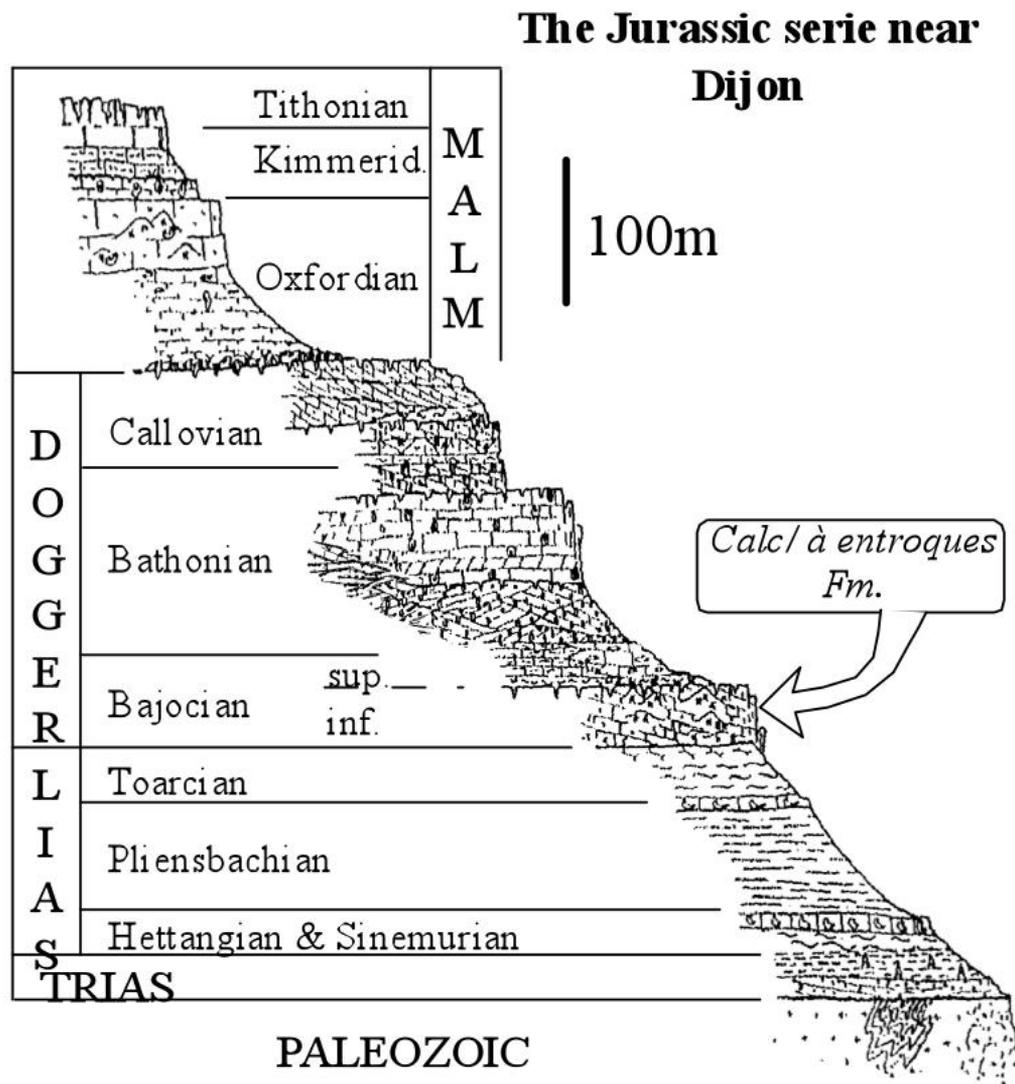


Figure 2 - Stratigraphical context of the *Calcaires à Entroques* Fm within the Burgundy Mesozoic column.

La région de Beaune – Nolay, en bordure fossé bressan, se situe dans la partie méridionale du seuil de Bourgogne (fig. 1). Au début du Dogger cette zone appartenait à l'entité paléogéographique du haut-fond bourguignon, à la jonction entre la "plate-forme centrale" et la "plate-forme septentrionale" (Contini & Mangold, 1980). Ce haut-fond bourguignon était le siège d'une sédimentation carbonatée diversifiée sur une aire faiblement subsidente, délimitée par des failles synsédimentaires (Fig. 3) issues de la réactivation d'accidents hercyniens lors du rifting liguro-téthysien (Durllet *et al.*, 1997, Thiry-Bastien, 2002). Immédiatement à l'est, le môle du Morvan et de l'Avallonnais n'était pas une aire durablement émergée, mais une aire positive, siège d'une sédimentation calcarénitique réduite en milieu très peu profond. Au sud, à l'est et au nord s'étendaient des zones sensiblement plus subsidentes, attestées par des dépôts calcarénitiques plus épais (Durllet & Thierry, 2000).

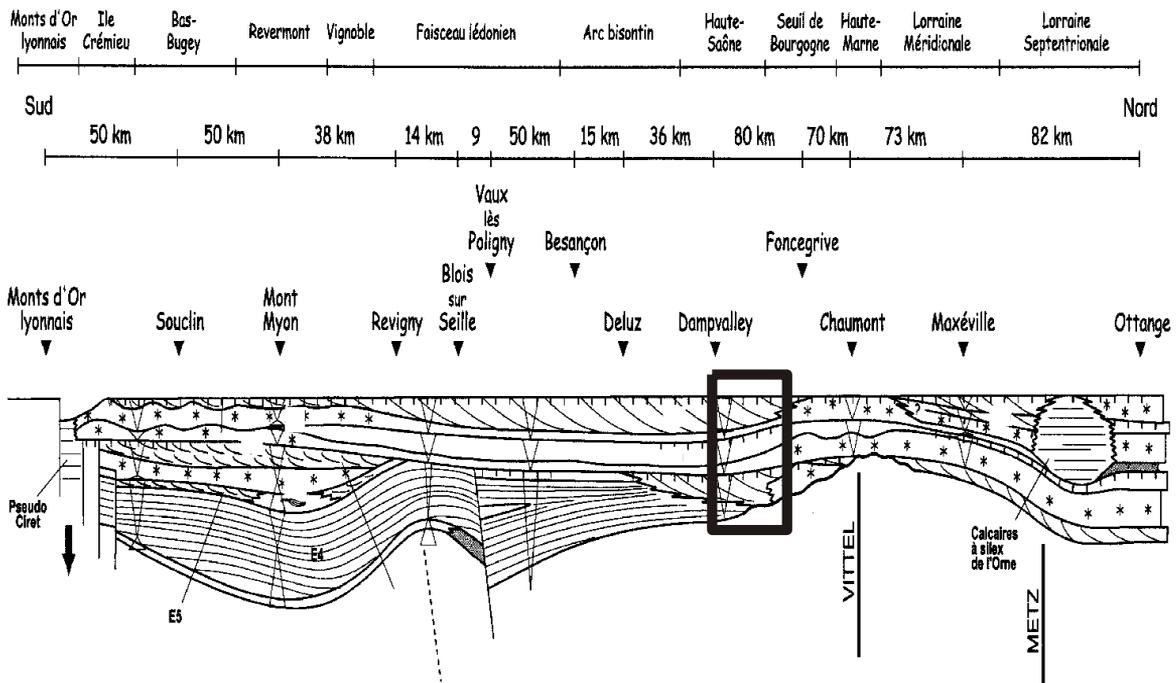


Figure 3 – South – North transect of the Lower Bajocian deposits (Humphriesianum ammonite zone) between Lyon and Ottange, showing location (rectangle) of the actual « Boût du Monde » area. Modified from Thiry-Bastien 2002.

La première formation du Dogger à s'être déposée sur le haut-fond bourguignon est la formation des *Calcaires à Entroques* (Fig. 2), essentiellement d'âge Bajocien inférieur, avec à sa base quelques décimètres ou quelques mètres de calcaires aaléniens (Durllet & Thierry, 2000).

Le découpage lithostratigraphique de la formation des *Calcaires à Entroques* du haut-fond bourguignon a été initialement entrepris par Collenot (1873) puis Daulin (1969). Ces auteurs ont distingué 2 membres riches en coraux au sein de la formation : le membre du "calcaire marbre" et le membre du "calcaire à polypiers". Récemment, Durllet & Thierry (2000) ont proposé un nouveau découpage lithostratigraphique où 4 membres coralliens sont distingués (fig. 4). Le premier de ces membres (P1) correspond au membre du "calcaire marbre" qui est daté de la zone à Discites ou de la zone à Laeviuscula mais n'est connu que ponctuellement dans la région de l'Auxois. Les 3 autres membres coralliens (P2, P3 et P4) se rattachent aux membres du "calcaires à entroques" et du "calcaire à polypiers" des premiers auteurs. L'inventaire exhaustif des ammonites récoltées dans la formation des *Calcaires à Entroques* du seuil de Bourgogne (Durllet 1996 ; Durllet & Thierry, 2000) suggère que les membres P2, P3 et P4 appartiennent respectivement à la zone à Propinquans, à la base de la zone à Humphriesianum et au sommet de la zone à Humphriesianum (sous-zone à Blagdeni).

Au toit de la formation, la discontinuité vésulienne (fig. 4) est une surface perforée sub-horizontale qui est associée à une lacune systématique de la base du Bajocien supérieur (zone à Subfurcatum).

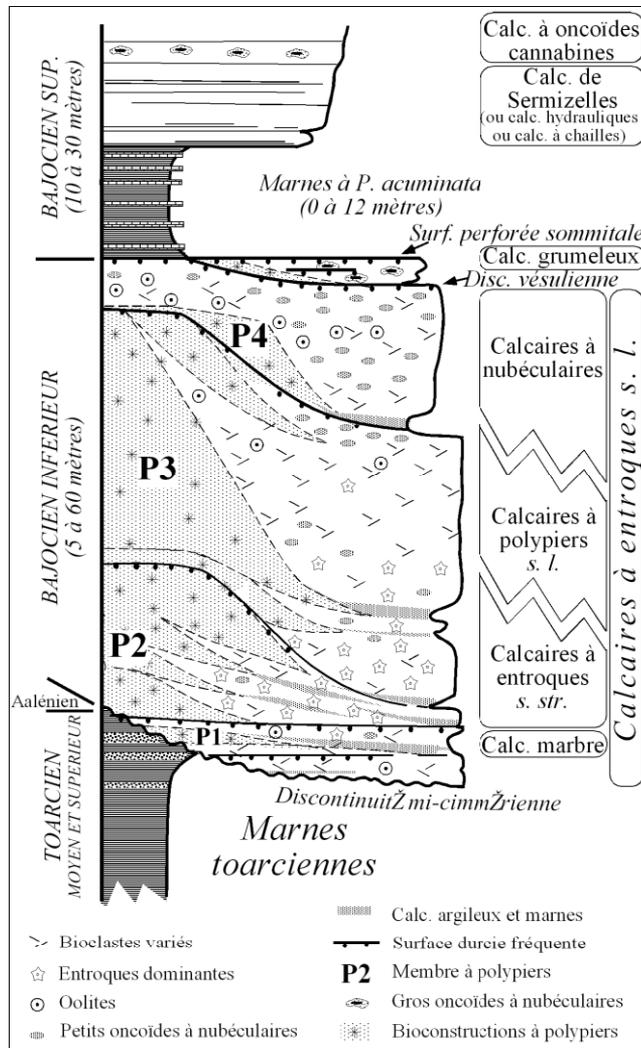


Figure 4 – Lithostratigraphy of the Bajocian deposits on the Burgundy High.

Au sein de la formation des *Calcaires à Entroques* les dépôts bioclastiques ou oncoïdiques à texture grainstone et packstone sont largement prédominants. Les faciès riches en coraux (faciès bioconstruits, faciès semi-bioconstruits et faciès de démantèlement) sont présents de façon discontinue. Ils peuvent être inclus au sein de biohermes de tailles métriques ou au sein de vastes biostromes mais ils ne sont alors associés ni à des paléo-dénivellations significatives, ni à de véritables faciès de démantèlement. Comme au niveau des falaises de la région de Beaune - Nolay, ils peuvent aussi être inclus dans de vastes complexes récifaux où des biohermes escarpés sont entourés par des faciès de démantèlement.

## 2 - Localisation et description succincte des affleurements

Deux types de structures récifales sont présents dans la formation des *Calcaires à Entroques*. Le premier type architectural, bien exposé dans la région de Beaune – Nolay, correspond à de vastes pinacles coralliens irrégulièrement implantés sur les calcaires de l'Aalénien et du Bajocien basal. Ces pinacles présentent des flancs escarpés, en relation avec des faciès de démantèlement (floatstone à rudstone) et des faciès bioclastiques qui forment une couronne de progradation pouvant atteindre 50 m de hauteur (fig. 6).

Le deuxième type architectural est constitué par une juxtaposition de bioconstructions coralliennes, implantées à l'aplomb ou à proximité immédiate de petites failles normales synsédimentaires. Ces failles, communes sur le haut-fond bourguignon, ont fréquemment une direction N10-20 ou N70-80 et sont liées à la réactivation d'anciens accidents hercyniens au cours de l'Aalénien et du Bajocien basal (Durllet *et al.*, 1997). Les rejets synsédimentaires sont faibles (quelques mètres) et partiellement amortis par l'épaisse formation marneuse du Lias sous-jacent. Ces bioconstructions ne semblent pas avoir formé des barrières continues délimitant des zones de lagon franc. Toutefois, le manque d'affleurements sur les blocs surélevés (par suite de leur surrection et de leur érosion au Cénozoïque) ne permet pas d'exclure définitivement cette possibilité.

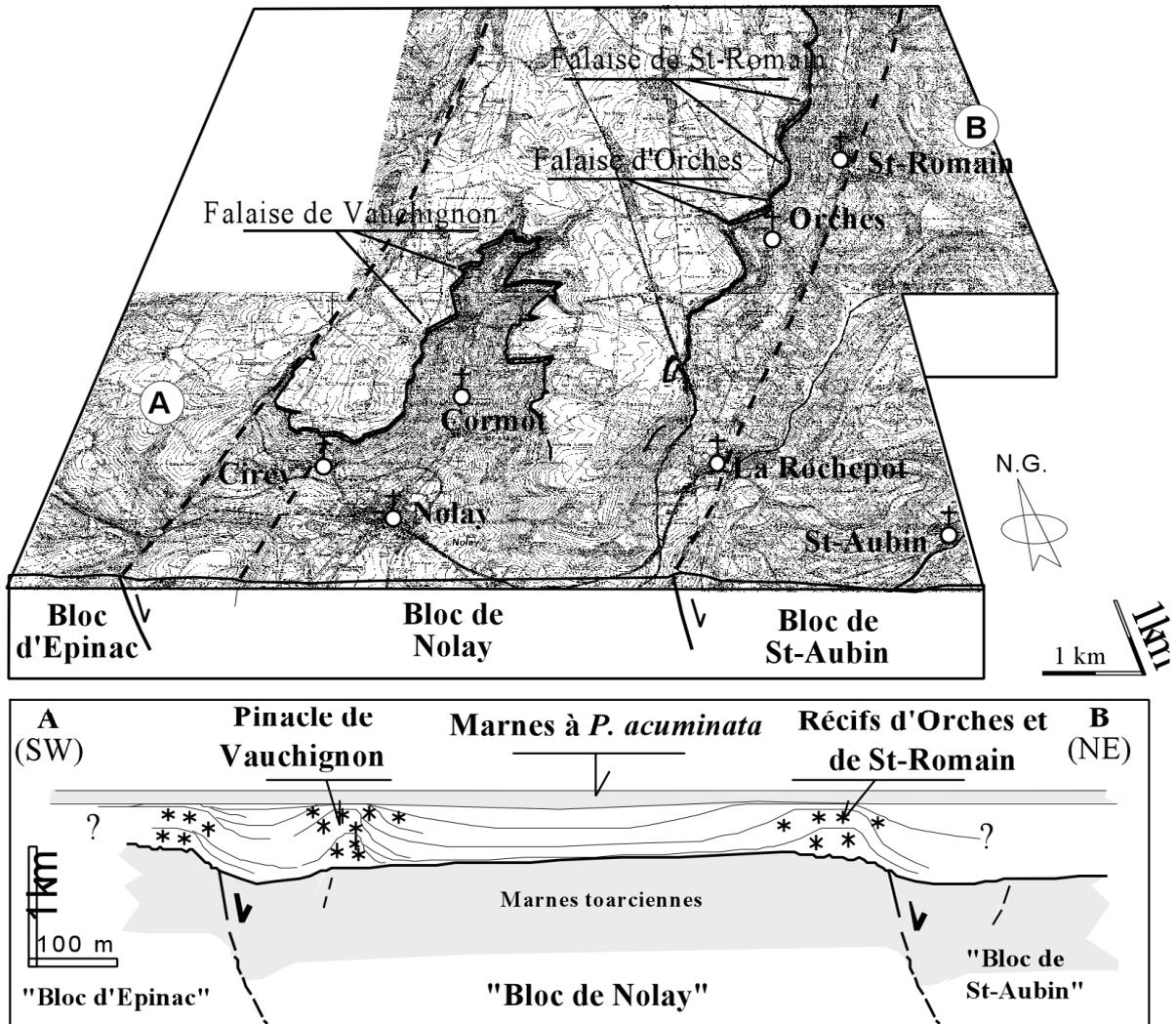
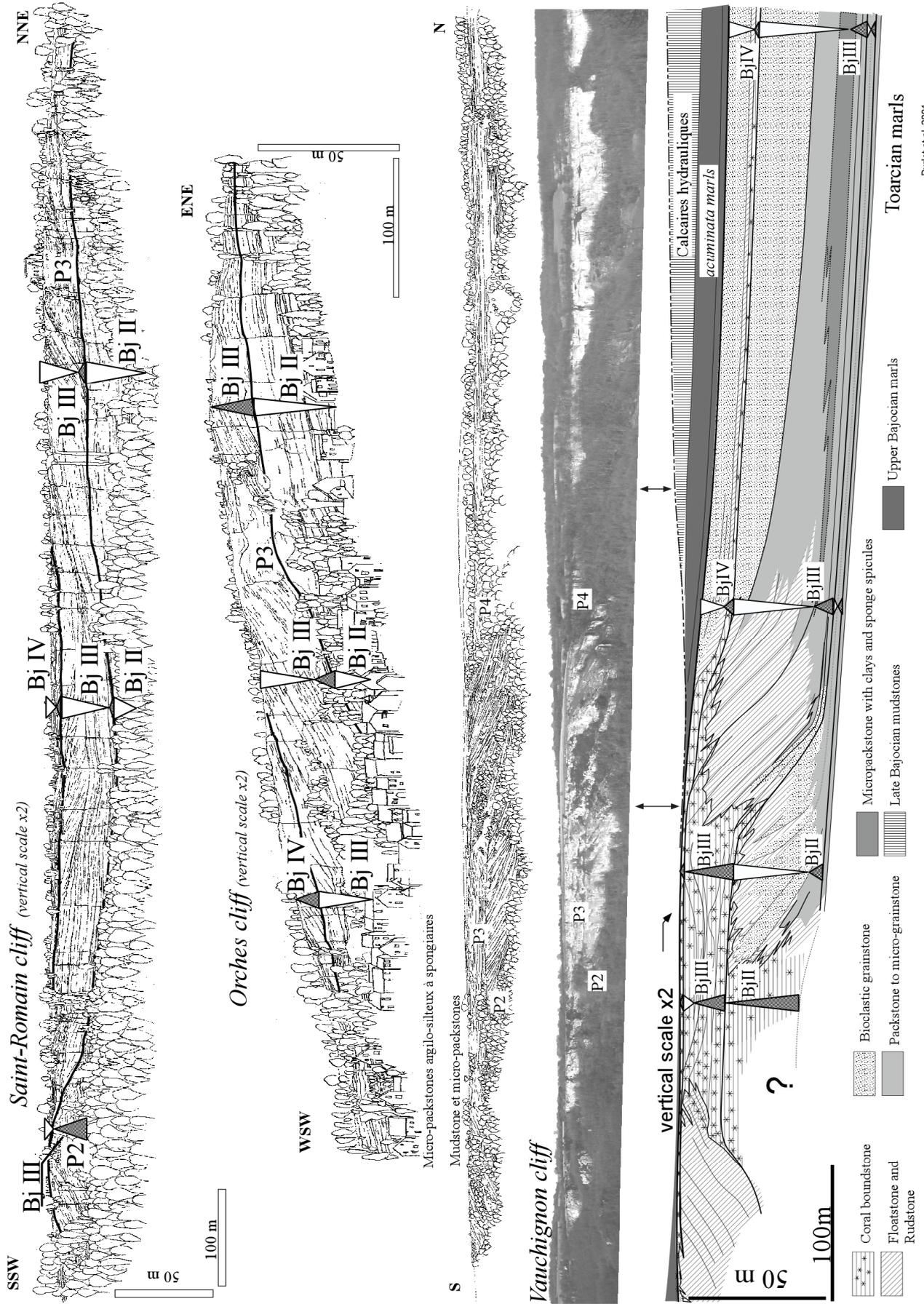


Figure 5 – Location of the studied Bajocian cliffs over the 2 tectonic blocs of Noyay and St-Aubin. These 2 blocs slightly tilted during Aalenian to Bajocian times, as a consequence of a N130 extension. The synsedimentary normal faults clearly controlled the reef location.

Figure 6 (adjacent) – Stratigraphic pattern and facies distribution at the Saint-Romain, Orches and Vauchignon cliffs.



## 2.1 Le pinacle de Vauchignon et de la vallée du “ Bout du monde ”

A l'extrémité sud-ouest du haut-fond bourguignon (fig. 1), le plateau bajocien des Chaumes d'Auvenay est bordé par plus de 15 kilomètres de falaises (fig. 5) pouvant atteindre 55 mètres de hauteur. Ces falaises se développent entre les 2 failles normales qui délimitent les compartiments tectoniques d'Epinaç, de Nolay et de Saint-Aubin (fig. 5 et 7).

Au nord de Nolay et immédiatement à l'ouest du village de Vauchignon, un tronçon bien exposé de la falaise bajocienne recoupe un vaste pinacle corallien suivant une direction SW-NE à SSW-NNE. Outre la bonne qualité des affleurements et outre la présence d'ammonites à la base et au sommet de l'escarpement, ce tronçon de falaise présente l'avantage unique de montrer en continu et à toutes les échelles la transition latérale entre les faciès récifaux et non récifaux situés entre contrebas et à plus de 1 km du récif (fig. 6, 7 et 8).

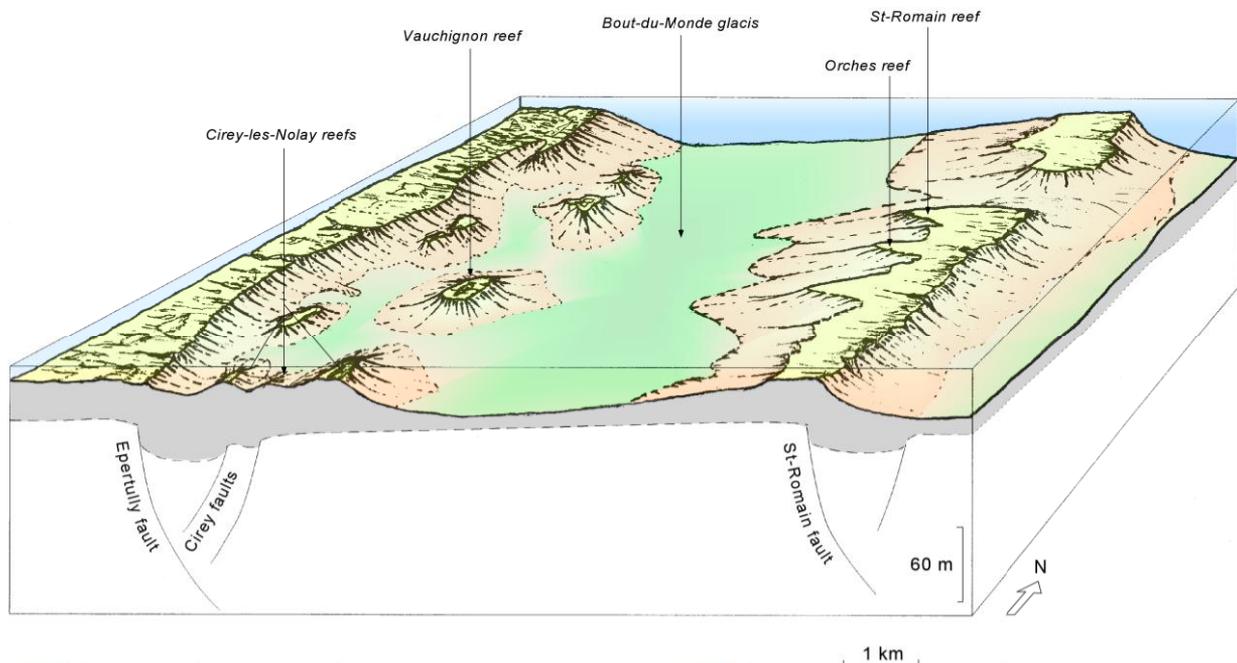


Figure 7 – Reconstruction of the tecto-biosedimentary system during the maximum flooding of the BjIII sequence (Humpriesianum zone, Lower Bajocian).

## 2.2 Les récifs d'Orches et de Saint-Romain

Les structures récifales et péri-récifales d'Orches et de Saint-Romain sont recoupées par 2 tronçons de la falaise bajocienne des Chaumes d'Auvenay, à respectivement 4 et 5 km au NE du pinacle de Vauchignon. Ces tronçons de falaise (fig. 6) sont situés à environ 1 kilomètre de la faille normale synsédimentaire (Durllet, 1996, Forest *et al.*, 1999) délimitant le bloc de Nolay de celui de Saint-Aubin (fig. 5). Ils montrent une progradation générale vers l'ouest des dépôts du Bajocien inférieur. Ces progradations incluent des faciès bioconstruits, des faciès de démantèlement et des faciès calcarénitiques bioclastiques. Elles sont interprétées comme exprimant la

migration vers l'ouest d'une barrière récifale discontinue, initialement implantée plus à l'est, sur le revers de la faille ou de la flexure (fig. 7).

La falaise d'Orches, orientée WSW-ENE recoupe les progradations obliquement, tandis que la falaise de Saint-Romain (orientée SSW-NNE) est perpendiculaire à la direction de progradation. Ce type de section montre que les grandes progradations bioclastiques étaient localement devancées par des éperons bioconstruits ou semi-bioconstruits. Trois de ces éperons sont recoupés par les falaises de Saint-Romain (P2 et P3 sur la fig. 6) et d'Orches (P3 sur la fig. 6).

### 3. L'organisation spatiale des dépôts récifaux et péri-récifaux

L'observation directe des changements latéraux de faciès et des télescopages de discontinuités le long des paléopentes a montré une évolution systématique des faciès depuis un pôle récifal proximal jusqu'à un pôle extrarécifal distal. Cette évolution, nuancée en fonction de la taille des structures récifales et en fonction de l'orientation des pentes, permet d'appréhender la distribution spatiale des principaux faciès du Bajocien inférieur.

#### 3.1 Le sommet des pinacles

Les bioconstructions coralliennes sont largement prédominantes au sommet des paléo-reliefs. Elles constituent des masses compactes, de hauteurs métriques à décamétriques, biohermales ou biostromales, dont la juxtaposition forme l'ossature d'extension hectométrique des récifs étudiés. Les organismes bioconstructeurs sont essentiellement des madréporaires, avec une faible proportion de calcisponges, d'algues rouges (*Solenopora jurassica*) et d'encroûtements alga-bactériens. La matrice est calcarénitique ou micritique. Elle contient une faune abondante, dominée par des lamellibranches et des échinodermes (échinides et crinoïdes), avec une faible proportion de brachiopodes, de foraminifères benthiques, de gastropodes, de serpules, d'ostracodes et de bryozoaires.

Les madréporaires bioconstructeurs, dont la symbiose avec les zooxanthelles a été démontrée pour la plupart d'entre eux (e.g., Lathuilière, 2000b), présentent des types morphologiques diversifiés, appartenant à une dizaine de genres. Les formes lamellaires (*Isastrea*, *Periseris*, *Thamnasteria*, *Complexastrea*, *Dimorpharaea*), parfois encroûtantes, sont les plus abondantes. Elles sont localement supplantées par des formes branchues phacéloïdes (*Cladophyllia*, *Stylosmilia*, *Isastrea*, *Thecosmilia*) ou dendroïdes (*Cladophyllia*), par des formes massives bidimensionnelles ou tridimensionnelles (*Isastrea*, *Periseris*), par des formes foliacées (*Dimorpharaea*) et par des formes en cônes (*Periseris*, *Complexastrea*). En relation avec ces variations morphologiques, les trames bioconstruites peuvent montrer des variations verticales et latérales très rapides. Elles sont souvent de type bindstone ou framestone, plus rarement de type bafflestone.

- Les sommets de pente orientés vers l'est et le nord-est ont en commun des caractéristiques qui les distinguent du sommet des pentes orientées vers l'ouest et le sud-ouest. Ils sont exclusivement bioconstruits (framestone à bindstone), avec une trame compacte fréquemment formée par des masses de polypiers encroûtants. Ils peuvent aussi être structurés par des colonies massives, en cônes et en lames épaisses, dont la position en encorbellement est associée à des escarpements pouvant dépasser 40° d'inclinaison. Les algues *Solenopora jurassica* sont essentiellement observées sur les replats au sommet de ces pentes. Elles se présentent soit sous forme de dômes d'épaisseurs centimétriques (Vauchignon), soit sous forme d'encroûtements massifs,

couvrant une surface de plusieurs mètres carrés sur une épaisseur pluri-décimétrique. Les surfaces perforées sont fréquentes. Elles sont soit inclinées parallèlement au front récifal, soit peu inclinées et alors associées à la troncature du sommet des récifs. Leur surface lisse, avec ou sans perforations, indique un façonnement mécanique, dans un environnement agité de type *shoreface* (Durllet, 1996). Elles tronquent d'épais ciments isopaques initialement constitués de calcite magnésienne, également caractéristiques des environnements récifaux agités.

- *Les sommets des pentes inclinées vers l'ouest et le sud-ouest* sont plus variés et montrent une alternance de faciès bioconstruits, semi-bioconstruits et calcarénitiques. Les faciès dominants sont semi-bioconstruits, avec des madréporaires rarement jointifs. Les coraux en position de vie s'observent le plus souvent au sein de structures biostromales localisées au sommet de sigmoïdes de progradation. Les types morphologiques sont diversifiés, avec la présence notable de branchus phacéloïdes, de foliacés, de formes massives et de formes lamellaires évoluant vers des formes bosselées ou branchues. Les polypiers sont parfois encroûtés par des nubéculaires, des serpules, des calcisponges ou des bryozoaires. Les faciès non bioconstruits, interstratifiés entre les faciès bioconstruits et semi-bioconstruits présentent des textures variables (floatstone, grainstone, packstone ou wackestone), avec des éléments figurés où prédominent les madréporaires (brisés ou non brisés), les échinides, les entroques et les lamellibranches.

### 3.2 Les talus récifaux

- *Les talus récifaux inclinés vers l'est ou le nord-est* montrent une alternance de 2 types de faciès. Des faciès de démantèlement, à gros débris de madréporaires, sont surtout présents sur la partie amont des pentes où ils passent latéralement aux faciès bioconstruits. Leur texture est souvent de type floatstone, avec des épandages ponctuels à texture rudstone. Des faciès calcarénitiques ont une texture essentiellement grainstone, avec des bioclastes variés (entroques, débris millimétriques de polypiers, lamellibranches, échinides, bryozoaires, gastéropodes ...), des intraclastes et des oncoïdes à nubéculaires. Les structures sédimentaires, peu estompées par la bioturbation, comprennent principalement des rides unidirectionnelles progradant vers le haut de la pente ou parallèlement au front récifal, des macro-HCS (*hummocky cross stratification*) à base érosive, des sillons d'érosion orientés dans le sens de la pente et des figures de glissement gravitaire. Les surfaces durcies, lisses et perforées, observées au sommet des récifs peuvent se poursuivre jusqu'à la base des talus, ou au contraire disparaître progressivement lorsque les paléo-dénivellations dépassent 10 à 20 mètres. Certains intraclastes présents dans les faisceaux de progradation sont vraisemblablement issus du démantèlement de ces surfaces.

- *Les pentes inclinées vers l'ouest et le sud-ouest* sont le siège du maximum de sédimentation péri-récifale, avec des faisceaux de progradation qui se développent couramment sur plus de 500 mètres de long. Ces faisceaux sont faits de dépôts variés, où prédominent les faciès de démantèlement et les faciès à entroques. Les faciès de démantèlement (floatstone), surtout présents dans la partie amont des progradations, contiennent des polypiers roulés ou retournés, au sein d'une matrice à texture packstone ou wackestone qui peut être localement marneuse. Les faciès à entroques peuvent former des corps progradants très homogènes, à texture packstone ou grainstone, où les débris de crinoïdes représentent jusqu'à 95% des éléments figurés (encrinites). Les figures de glissements gravitaires sont fréquentes, à l'inverse des structures de type HCS ou des sillons d'érosion qui sont absents.

### 3.3 Les glacis extra-récifaux

Les faciès déposés sur les vastes glacis sous-marins séparant les récifs, peuvent être étudiés dans de très bonnes conditions entre les sites de Vauchignon, Orches et Saint-Romain, où de longues falaises (fig. 5) permettent des observations continues entre le sommet et la base des paléo-pentes. Ces faciès se répartissent en 3 pôles, en étroite relation avec la hauteur des talus récifaux contemporains.

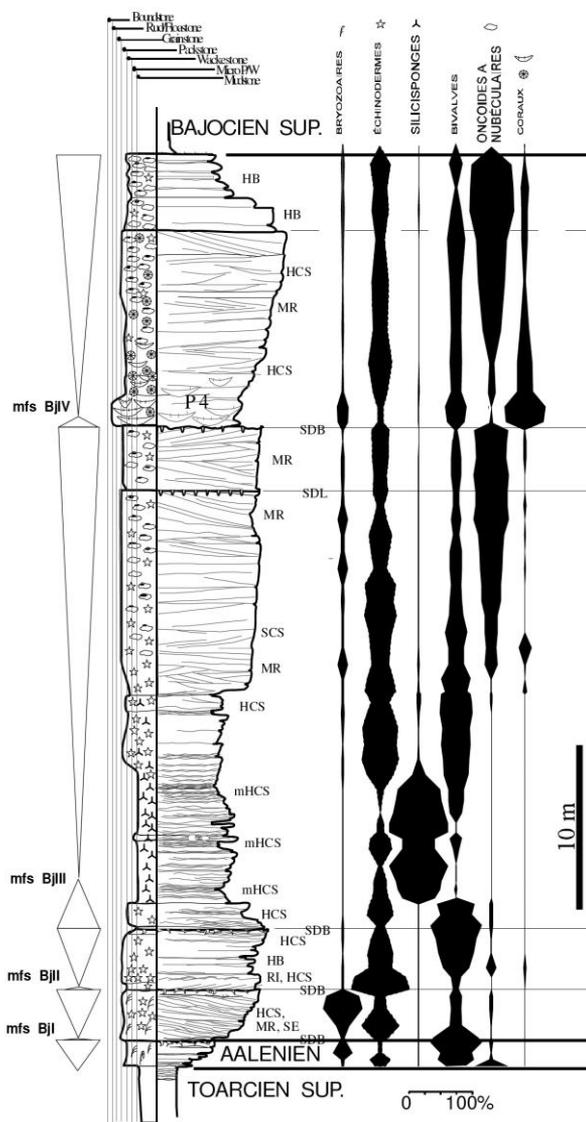


Figure 8 – Detailed stratigraphic column showing the distribution of Aalenian-Bajocian sedimentary structures and allochems 1km northward of the Vauchignon pinnacle, in an intra-self basin.

Lorsque la hauteur des talus récifaux dépasse 30 à 35 mètres (décompaction non comptée), les dépôts les plus fréquents sont des calcaires fins, parfois silto-argileux, à texture wackestone ou micro-packstone, contenant de nombreux spicules de silicisponges (*Raxonella*). Ces faciès sont parfois silicifiés (chailles stratiformes, tubulaires, digités ou bulbeux) et parfois nodulés. Quand ils ne sont pas homogénéisés par la bioturbation, ils montrent une structure finement laminée, avec des micro-HCS ponctuellement affectés par des terriers verticaux ou horizontaux. La macrofaune non finement brisée est rare, à l'exception de brachiopodes et de quelques céphalopodes (nautilites, bélemnites).

Quand la hauteur des talus récifaux est comprise entre 20 et 30 mètres, les talus distaux et les glacis extra-récifaux sont le siège d'une sédimentation bioclastique variée (texture packstone ou grainstone) où prédominent les entroques, les lamellibranches et les fragments millimétriques de polypiers. Ces faciès sont fréquemment structurés en mégarides 2D progradant dans des directions très diverses. Ces mégarides peuvent inclure des surfaces de réactivation, des sillons d'érosion ou des macro-HCS. Elles montrent parfois une alternance de faciès calcarénitiques (grainstone) et de faciès fins silto-argileux typiques des environnements de *shoreface* supérieur.

Le troisième pôle faciologique s'observe lorsque la hauteur des talus récifaux contemporains est faible, inférieure à 15 mètres. Il s'agit de grainstones bien calibrés, où les bioclastes sont encroûtés par des nubéculaires, formant ainsi de petits oncoïdes, de 0,5 à 1 mm de diamètre. Ces grainstones à nubéculaires sont fréquemment structurés par des mégarides 2D ou 3D, progradantes dans des directions diverses. Plus rarement, des grainstones oolitiques ou oobio-clastiques peuvent se substituer aux grainstones à nubéculaires.

#### **4 Bathymétrie des bioconstructions coralliennes**

Certaines bioconstructions coralliennes du Bajocien de l'est de la France ont parfois été considérées comme des constructions relativement profondes, mises en place à la base de la zone photique, dans un environnement peu agité. C'est le cas par exemple de certaines bioconstructions jurassiennes, qui se seraient développées sous une tranche d'eau comprise entre 80 et 30 mètres (Lathuilière, 1982 ; 1988 ; 2000b; Ferry & Mangold, 1995). Cette interprétation, fondée sur des critères sédimentologiques et paléocéologiques n'est transposable qu'à une minorité des bioconstructions du haut-fond bourguignon. Seuls peuvent être concernés certains biostromes caractérisés par une matrice relativement argileuse, par une très forte prédominance de colonies lamellaires non encroûtantes, par l'absence de paléo-pentes et de faciès de démantèlement. Les bioconstructions bourguignonnes du secteur du « Bout du Monde » sont de nature différente.

En premier lieu, les relevés géométriques des sites décrits montrent que les faciès bioconstruits sont surtout développés au sommet des paléo-reliefs, à moins de 10 m sous le sommet des paléo-pentes contemporaines. Ces bioconstructions sont en outre associées à des grainstones bioclastiques ou oobioclastiques et à des faciès de démantèlement (rudstone et floatstone) contenant des polypiers retournés, brisés ou roulés qui impliquent un environnement agité.

En second lieu, la trame et la composition des faciès bioconstruits sont différentes. Les algues rouges (*Solenopora*) exceptionnelles dans le Jura méridional (Piuz, 2004), sont ici présentes au sommet des bioconstructions. Par ailleurs, la faune corallienne constructrice montre une diversité morphotypique qui est importante, avec des formes lamellaires, massives, dendroïdes, branchues, foliacées ou encroûtantes. Les associations de formes massives, encroûtantes et tridimensionnelles observées au sommet des paléo-pentes sont en particulier considérées comme étant des biocénoses coralliennes nécessitant une forte luminosité (Lathuilière, 2000b).

En troisième lieu, les surfaces durcies qui s'intercalent souvent entre les faciès bioconstruits ont une morphologie lisse qui implique un façonnement mécanique en milieu agité, au-dessus de la limite d'action des vagues de beau temps.

Prises dans leur ensemble, ces caractéristiques sédimentologiques, paléo-écologiques et diagénétiques indiquent que la partie sommitale des récifs s'est mise en place sous une faible tranche d'eau, à une profondeur vraisemblablement inférieure à une dizaine de mètres.

#### **5 Organisation des systèmes biosédimentaires et contrôle hydrodynamique des dépôts**

Une des spécificités des calcaires du Bajocien inférieur est d'associer latéralement des faciès variés et des discontinuités multiples qui se télescopent les unes les autres. Sur le haut-fond bourguignon, cette complexité peut s'expliquer aisément par la morphologie tourmentée des profils de dépôt, en partie contrôlée par les systèmes récifaux eux-mêmes.

Les paléo-dénivellations observées sur les flancs des systèmes récifaux peuvent atteindre 50 m, et cela sans tenir compte de la compaction qui a vraisemblablement atténué les pentes dans une proportion de 10 à 30% (Durllet, 1996). Les paléo-dénivellations les plus importantes sont observées au début de la zone à Humphriesianum (membre P3). Elles n'ont pu se mettre en place que dans le cadre d'une plate-forme " semi-profonde ", ponctuée de

hauts-fonds récifaux séparés par de vastes glacis extra-récifaux situés sous une tranche d'eau atteignant plusieurs dizaines de mètres. Dans ce type de système carbonaté, la mosaïque des milieux biosédimentaires était régie à la fois par la bathymétrie et par l'hydrodynamisme, sous contrôle étroit des conditions topographiques locales.

Au sein des structures récifales et péri-récifales, la prédominance des textures grainstone, boundstone, floatstone et rudstone et la présence de sillons d'érosion et de rides d'oscillation (HCS) sont caractéristiques d'un hydrodynamisme essentiellement lié aux vagues. Lors des tempêtes, l'agitation a par exemple été capable de briser des coraux branchus et de les accumuler sous forme de rudstones calibrés.

L'influence des vagues, et en particulier de la direction dominante de la houle (beau temps et tempête), est également perceptible au vu de la dissymétrie des récifs. Les différences géométriques et faciologiques entre les versants est et ouest (ou nord-est et sud-ouest) sont en effet nombreuses (tab. 1) et relativement constantes d'un récif à l'autre : elles suggèrent que l'agitation était plus importante sur les versants est et nord-est. Seule une houle dominante venant de l'est ou du nord-est peut avoir généré une telle dissymétrie. Une telle direction de la houle est d'ailleurs cohérente avec la position paléogéographique du haut-fond bourguignon qui, au-delà du domaine jurassien lui aussi dominé par la houle (Ferry & Mangold, 1995), était bordé à l'est par l'immense étendue de l'océan téthysien et de la mer germanique tout en étant protégé à l'ouest par le môle peu profond et peu subsidant du Morvan et de l'Avallonnais.

L'influence de courants tidaux a parfois été évoquée pour expliquer l'abondance des mégarides dans certains faciès aaléniens ou bajociens du Jura, du Mâconnais et du haut-fond bourguignon (Coulon, 1979 ; Ferry & Mangold, 1995 ; Rousselle & Dromart, 1996 ; Neumeier, 1998). Dans les faciès récifaux et péri-récifaux étudiés ici, les mégarides sont effectivement omniprésentes, et cela aussi bien au sommet qu'à la base des paléo-reliefs. Ces mégarides ont des tailles et des géométries diverses (2D à 3D) et sont parfois riches en surfaces de réactivation. Elles progradent dans des directions diverses et aucune direction privilégiée n'a été décelée à l'échelle du Seuil de Bourgogne (Coulon, 1979 ; Durlet, 1996). En l'absence de critères tidaux tels que la présence d'une cyclicité interne, de rides subordonnées ou de directions de progradation statistiquement opposées, ces mégarides peuvent avoir des origines non tiales. Elles peuvent fort bien avoir été générées par des courants de contour, par des courants de dérive et par des courants de retour liés à l'interférence entre la houle et les reliefs récifaux. L'influence des marées reste donc à démontrer.

## **6 Analyse séquentielle**

### **6.1 Le contexte transgressif de 2<sup>ème</sup> ordre**

A l'échelle des cycles transgressifs - régressifs de second ordre (durée comprise entre 3 et 30 millions d'années *sensu* Vail *et al.*, 1991), la mise en place des récifs du Bajocien inférieur s'inscrit intégralement dans un demi-cycle transgressif (Jacquin *et al.*, 1998 ; Jacquin & Graciansky, 1998) qui débute à la fin de l'Aalénien (maximum de régression) et se termine avec l'ennoyage maximal de la plate-forme, lors du Bajocien terminal. Sur un vaste territoire, englobant la Bourgogne, le Bassin de Paris et la Normandie, divers travaux (Rioutl *et al.*, 1991 ; Durlet & Thierry, 2000 ; Graciansky *et al.*, 2000) ont montré que la création d'espace disponible sur les plates-formes a surtout été importante au cours de 2 courtes périodes, d'une part au cours des zones à Propinquans et à Humphriesianum, d'autre part au cours des zones à Garantiana et à Parkinsoni.

A cette échelle, et indépendamment des cycles de 3<sup>ème</sup> ou de 4<sup>ème</sup> ordre, la géométrie globalement aggradante des édifices récifaux des membres P2 et P3 apparaît comme une réponse biosédimentaire de type “ *keep up* ” : lors de la zone à Propinquans et au début de la zone à Humphriesianum, seule la croissance rapide des récifs est parvenue à compenser localement la création d'espace disponible. La hauteur cumulée des membres P2 et P3 fournit une estimation de l'amplitude minimale de cette augmentation de l'espace disponible. Cette estimation, différente entre les divers sites du fait des variations de la subsidence locale et du fait de l'érosion différentielle du sommet des récifs P2 et P3, est comprise entre 20 m (Sources de la Marne) et 40 m (Vauchignon).

Suivant le même raisonnement, le caractère globalement progradant du membre P4 est le signe d'un ralentissement, voire d'une interruption momentanée de la transgression de second ordre. A la fin de la sous-zone à Blagdeni les derniers récifs sont ensevelis ou érodés, alors que la plate-forme est nivelée par de volumineux apports calcarénitiques, suite au comblement des anciennes dépressions extra-récifales.

## 6.2 Cycles de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> ordre

A l'échelle des séquences de dépôt de 3<sup>ème</sup> ou de 4<sup>ème</sup> ordre (*sensu* Vail *et al.*, 1991), la distribution des faciès et des discontinuités permet de distinguer 3 cycles aggradants-progradants au sein des faciès récifaux et péri-récifaux. Nommés BjII, BjIII et BjIV (Durllet & Thierry, 2000), ces cycles révèlent un partitionnement volumétrique et faciologique très marqué entre les zones récifales et péri-récifales. A l'exemple des modèles de croissance récifale développés à partir des affleurements miocènes de Majorque et d'Andalousie (Pomar, 1991 ; Braga & Martin, 1996), la prise en compte de ce partitionnement permet de décomposer chaque séquence en cortège de bas niveau, en cortège transgressif et en cortège de haut-niveau.

Au cœur des récifs, la géométrie essentiellement aggradante des faciès bioconstruits suggère que seuls les cortèges transgressifs et le début des cortèges de haut niveau sont enregistrés par la sédimentation.

Sur les talus récifaux, la progradation des faciès de démantèlement et des faciès calcarénitiques débute dès la phase d'aggradation du cœur des récifs, c'est à dire lors du cortège transgressif. Cette progradation est cependant maximale au cours du cortège de haut niveau, lorsque la création d'espace disponible devient insuffisante dans la partie sommitale des récifs. En fin de séquence, la progradation des divers faciès se poursuit sur la partie la plus distale des talus, alors que le sommet des premiers faisceaux progradants est érodé.

Sur les vastes glacis extra-récifaux, la sédimentation est maximale lorsque le sommet des aires récifales est soumis à érosion ou non dépôt, c'est à dire à la fin des cortèges de haut-niveau. A l'inverse, la sédimentation est réduite lors des cortèges transgressifs et au début des cortèges de haut-niveau. Dans les environnements les plus profonds, la surface d'inondation maximale est souvent associée à un niveau condensé et peut éventuellement être matérialisée par une surface durcie bosselée, façonnée et lithifiée sous la limite d'action permanente des vagues de beau temps (Durllet, 1996).

## 7 - Synthèse

Les pinacles bajociens de la vallée du Bout du Monde, comme la majorité des récifs bajociens du seuil de Bourgogne, se sont mis en place dans un contexte de plate-forme “ semi-profonde ” qui était structurée autour d'aires récifales très peu profondes séparées par de vastes glacis extra-récifaux noyés sous une tranche d'eau pouvant dépasser 50 m. Les édifices coralliens les plus escarpés formaient soit des barrières discontinues implantées à l'aplomb ou à proximité de failles normales synsédimentaires, soit des pinacles implantés sans logique apparente sur le substratum des calcaires de l'Aalénien et du Bajocien basal.

Sur cette plate-forme “semi-profonde”, la distribution des faciès était contrôlée non seulement par la topographie tourmentée de la plate-forme, mais aussi par les mouvements oscillatoires et les courants induits par les vagues de beau temps et de tempête. La dynamique tidale demeure discrète, difficile à différencier. La dissymétrie faciologique et géométrique des pinacles est attribuée à l'influence d'une houle dominante venant de l'est et du nord-est, ce qui est en accord avec la position paléogéographique du haut-fond bourguignon sur la marge nord-occidentale de l'océan téthysien et de la mer germanique.

La géométrie des corps récifaux et péri-récifaux a enregistré des cycles transgressifs-régressifs de deux ordres. Au cours des zones à Propinquans et à Humphriesianum, la géométrie globalement aggradante des membres P2 et P3 puis la géométrie globalement progradante du membre P4 sont conformes à la réponse sédimentaire d'un cycle transgressif-régressif d'ordre 2 à 3. Ce cycle, mis en évidence dans d'autres régions (Rioult *et al.*, 1991 ; Graciansky *et al.*, 2000, Brigaud *et al.*, 2009), s'est manifesté dans les sites bourguignons par une rapide augmentation de l'accommodation (de l'ordre de 20 à 40 m) suivie par une accommodation nulle à la limite Bajocien inférieur - Bajocien supérieur (nivellement de la plate-forme et façonnement de la discontinuité vésulienne). Dans la plupart des sites, ce grand cycle récifal peut être subdivisé en 3 cycles de d'ordre 3 à 4, successivement aggradants puis progradants.

## Références bibliographiques

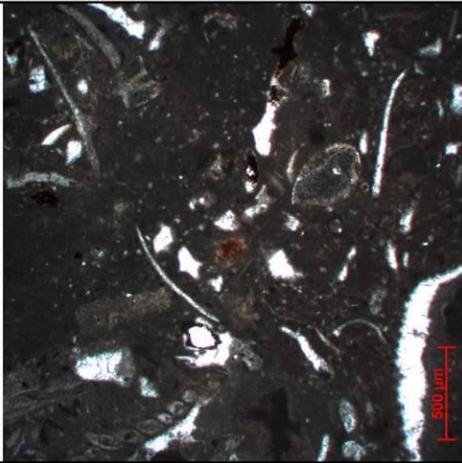
- BRAGA J.C. & MARTIN J.M. (1996) - Geometrie of reef advance in response to relative sea-level changes in a Messinian (uppermost Miocène) fringing reef (Cariatiz reef, Sorbas Basin, SE Spain). *Sedimentary Geology* 107, 61-81.
- BRIGAUD B., DURLET, C., DECONINCK, J.-F., VINCENT, B., PUCEAT, E., THIERRY, J. et TROUILLET, A. (2009) - Facies and climate/environmental changes recorded on a carbonate ramp: A sedimentological and geochemical approach on Middle Jurassic carbonates (Paris Basin, France). *Sedimentary Geology*. 222, 181-206.
- COLLENOT J.J. (1873) - Description géologique de l'Auxois, Semur en Auxois, 660 p.
- CONTINI D. & MANGOLD C. (1980) - Évolution paléogéographique de la France au Jurassique moyen. In : Synthèse géologique du Sud-Est de la France. (Ed. by DEBRAND-PASSARD S., COURBOULEIX S. & LIENHARDT M.J.). Mém. B.R.G.M., 125, 218-221.
- COULON M. (1979) - Les systèmes biosédimentaires en relation avec les calcaires à entroques de Bourgogne (Aalénien - Bajocien). Stratigraphie, Sédimentologie, géochimie. Thèse 3<sup>o</sup> cycle Univ. Dijon, 168 p. (inédit).
- DAULIN J.L. (1969) - Les calcaires du Bajocien de Bourgogne : stratigraphie, sédimentologie. Thèse 3<sup>o</sup> cycle Univ. Dijon, 134 p. (inédit).
- DURLET C. (1996) - Apport de la diagenèse des discontinuités à l'interprétation paléo-environnementale et séquentielle d'une plate-forme carbonatée. Exemple des Calcaires à entroques du Seuil de Bourgogne (Aalénien-Bajocien). Thèse Univ. Bourgogne, 444 p. (inédit)
- DURLET C. & LOREAU J.P. (1996) - Séquence diagénétique intrinsèque des surfaces durcies: mise en évidence de surface d'émersion et de leur ablation marine. Exemple de la plate-forme bourguignonne, Bajocien (France). C. R. Acad. Sci. (Paris), 323, IIa, 389-396.
- DURLET C., JACQUIN T. & FLOQUET M. (1997) - Tectonique synsédimentaire distensive dans les calcaires aaléno-bajociens du seuil de Bourgogne. C. R. Acad. Sci. (Paris), 324, 1001-1004.
- DURLET C. & THIERRY J. (2000) - Modalités séquentielles de la transgression aaléno-bajocienne sur le sud-est du Bassin parisien. Bull. Soc. géol. France, 171, 327-339.
- DURLET C., LATHUILLIERE B. & AYCARD M. (2001) – Géométrie et faciès des récifs bajociens du haut-fond bourguignon (France) : implications paléo-environnementales et séquentielles. *Eclogae geol. Helv.* 94, 1-11
- FERRY S. & MANGOLD C. (1995) - Faciès de dépôt et stratigraphie séquentielle des calcaires bajociens du Jura méridional. *Docum. Lab. Géol. Lyon* 133, 96 p.

- FOREST N., LOREAU J. P. & DOMMERGUES J.L. (1999) - Distribution des facies et préservation des dépôts en relation avec la variation d'espace disponible dans un cadre-temps à haute résolution. Exemple des séries condensées de l'éperon bourguignon au Sinémurien supérieur (France). Bull. Soc. géol. France 170, 853-871.
- GRACIANSKY P.C., JACQUIN T. & POLI E. (2000) - Evolution des Structures au passage Lias Dogger dans le Bassin de Paris d'après les données de subsurface. Strata 10, 46-48.
- JACQUIN T. & GRACIANSKY P.C. (1998) - Major transgressive-regressive cycles. The stratigraphic signature of European basins development. In: Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. (Ed. by GRACIANSKY P.C., HARDENBOL J., JACQUIN T., FARLEY A. & VAIL P.R.). Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Sp. Publ. 60, 15-30.
- JACQUIN T., DARDEAU G., DURLET C., GRACIANSKY P.C. & HANTZBERGUE P. (1998) - The North sea cycle - An overview of transgressive-regressive facies cycles in western Europe. In: Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. (Ed. by GRACIANSKY P.C., HARDENBOL J., JACQUIN T., FARLEY A. & VAIL P.R.). Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Sp. Publ. 60, 445-466.
- LATHUILIERE B. (1982) - Bioconstructions bajociennes à madréporaires et faciès associés dans l'île Crémieu (Jura Sud, France). Geobios 15, 491-504.
- LATHUILIERE B. (1988) - Analyse des populations d'isastreées bajociennes. Conséquences taxinomiques, stratigraphiques et paléocéologiques. Geobios 21, 269-305.
- LATHUILIERE B. (2000a) - Coraux constructeurs du Bajocien inférieur de France (première partie). Geobios 33, 51-72.
- LATHUILIERE B. (2000b) - Coraux constructeurs du Bajocien inférieur de France (deuxième partie). Geobios 33, 153-181.
- LOREAU J.P. & DURLET C. (1999) - Diagenetic stratigraphy of discontinuity surfaces : an application to paleo-environments and sequence stratigraphy. Zbl Geol. Palaont. 1, 381-407.
- NEUMEIER U. (1998) - Tidal dunes and sand waves in deep outer-shelf environments, Bajocian, SE Jura, France. J. Sedimen. Res. 68, 507-514.
- POMAR L. (1991) - Reef geometries, erosion surfaces and high frequency sea-level changes, Upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. Sedimentology 38, 243-269.
- PIUZ A. (2004) - Micropaléontologie d'une plate-forme bioclastique échinodermique : Les calcaires à entroques du Bajocien du Jura méridional et de Bourgogne. Terre & Environnement (Université de Genève), vol. 49, 267 p.
- RIOULT M., DUGUÉ O., JAN DU CHENE R., PONSOT C., FILY G., MORON J.M. & VAIL P.R. (1991) - Outcrop sequence stratigraphy of the anglo-Paris basin, Middle-Upper Jurassic (Normandy, Maine, Dorset). Bull. Centr. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine 15, 101-194.
- ROUSSELLE B. & DROMART G. (1996) - Partition stratigraphique des environnements et produits carbonatés dans l'Aalénien du sud-est de la France. Bull. Soc. géol. Fr. 167, 399-408.
- THIRY-BASTIEN P. (2002) Stratigraphie séquentielle des calcaires bajociens de l'Est de la France (Jura – bassin de Paris). Mem. Thèse de l'Université Lyon I, 407p.
- VAIL P.R., AUDEMARD F., BOWMAN S.A., EISNER P.N. & PEREZ-CRUZ C. (1991) - The stratigraphic signature of tectonics, eustasy and sedimentology. In : Cycles and Events in Stratigraphy (Ed. by EINSELE G., RICKEN W. & SEILACHER A.). Springer Verlag Publ., Berlin, 617-665.

## Petro-facies of the Vauchignon cliffs

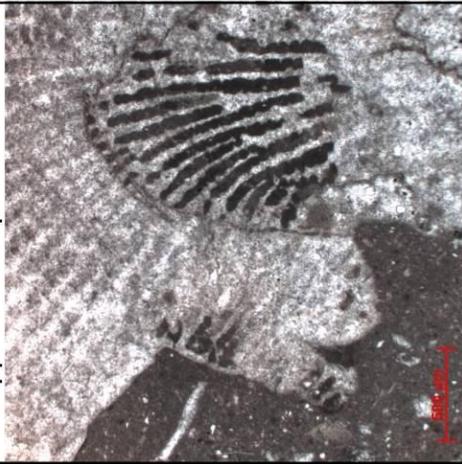
(Aalenian and Lower Bajocian)

**F1** : Muddy deposits (wackestone) of the protected back reef area



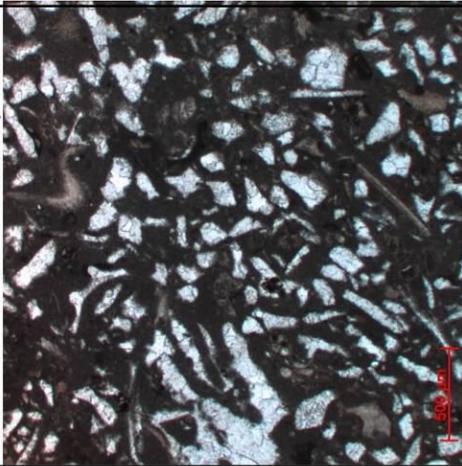
Coral fragments, bivalves, benthic foraminifera echinoderms, microbialites, sponges, bryozoans ...

**F2** : Boundstones of the reef crest and upper reef slopes



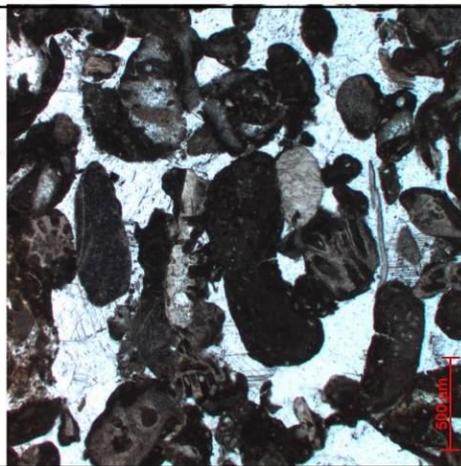
Corals, microbialites, red algae (solenoporaacea, bivalves, echinoderms, calcisponges, bryozoans, foraminifera ...

**F3** : Wackestones and floatstones of the middle/lower reef slopes



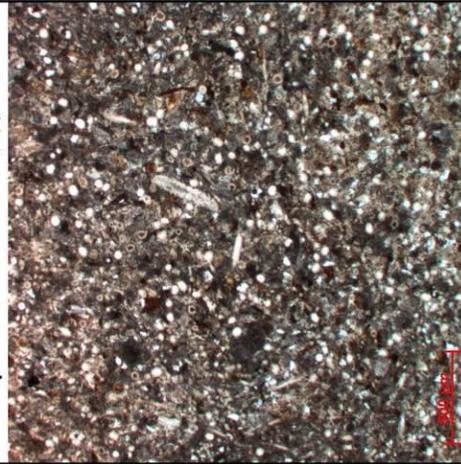
Big-to-small coral debris within a micrite-rich matrix, various bioclasts.

**F4** : Bioclastic grainstones of the shallow inter-reef areas (late HST to LST)



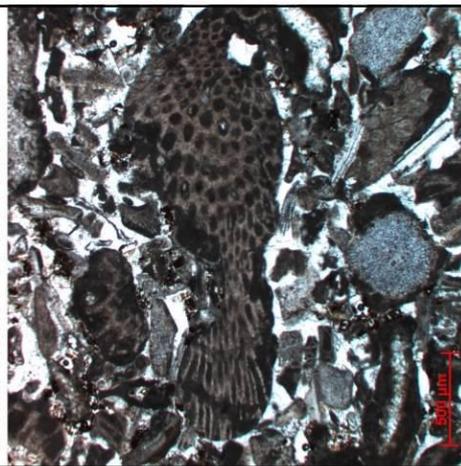
Diversified bioclasts, usually encrusted by *Nubecularia* sp. (porcelaneous foraminifera)

**F6** : Sponge-rich micro-wackestones of deep inter-reef areas (Upper Offshore)



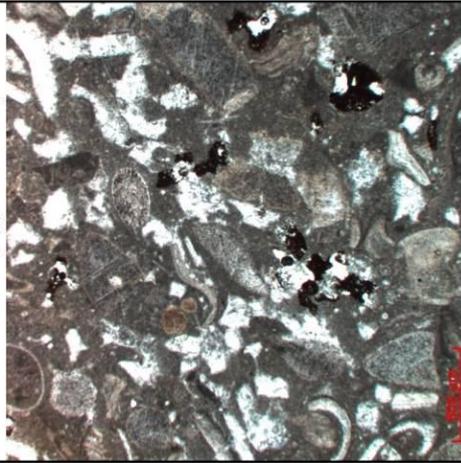
Sponge spicules, brachiopods, and diversified small micritised bioclasts in a micritic-to-marly matrix. Organic matter and cherts.

**F7** : Bryodomerm grainstones to wackestones of the Aalenian



Mainly bryozoans, echinoderm, bivalves, serpulids and gastropods. Hermatypic corals are absent.

**F5** : Bioclastic packstones of the inter-reef areas (Upper Offshore)



Crinoids, small coral debris and diversified bioclasts, usually encrusted by *Nubecularia* sp. (porcelaneous foraminifera)



**Les 17 & 18 novembre 2011**

**SEDIMENTOLOGIE, STRATIGRAPHIE  
ET DIAGENESE DES CARBONATES DU  
JURASSIQUE DE L'EST DU BASSIN DE  
PARIS :**

**INFLUENCES SUR LE SYSTEME  
HYDROLOGIQUE DU SECTEUR DE  
MEUSE/Haute-MARNE (LABORATOIRE  
ANDRA)**

Benjamin BRIGAUD<sup>(1)</sup>  
Benoît VINCENT<sup>(2,3)</sup>  
Philippe LANDREIN<sup>(4)</sup>

## Résumé

Le but de cette excursion est d'illustrer l'influence des faciès, de l'architecture stratigraphique et de la diagenèse des carbonates du Jurassique sur le fonctionnement du système hydrologique du site de Meuse-Haute Marne à l'Est du Bassin de Paris. La première matinée sera consacrée à la visite d'affleurements des calcaires du Dogger en carrière afin d'illustrer les géométries, les faciès et les environnements de dépôt de ces formations calcaires. L'après midi, une présentation des activités de l'Andra, suivie d'une descente dans le laboratoire souterrain pour une explication in situ des différentes expérimentations effectuées par l'Andra seront au programme. Une sélection de forages carottés sera exposée à la carothèque dans le but de présenter les principaux faciès du Jurassique et les problématiques hydrogéologiques, ainsi que les relations faciès-pétrophysique (porosités et perméabilités). La seconde journée sera consacrée à la visite de plusieurs carrières permettant d'appréhender en 3D les architectures sédimentaires des calcaires du Jurassique supérieur, notamment influencées par la mise en place des faciès bioconstruits, et de faire le lien avec les données de forages présentées le jour précédent (horizons poreux, venues d'eau...).

13e congrès français de sédimentologie – Dijon 2011  
Excursion E3

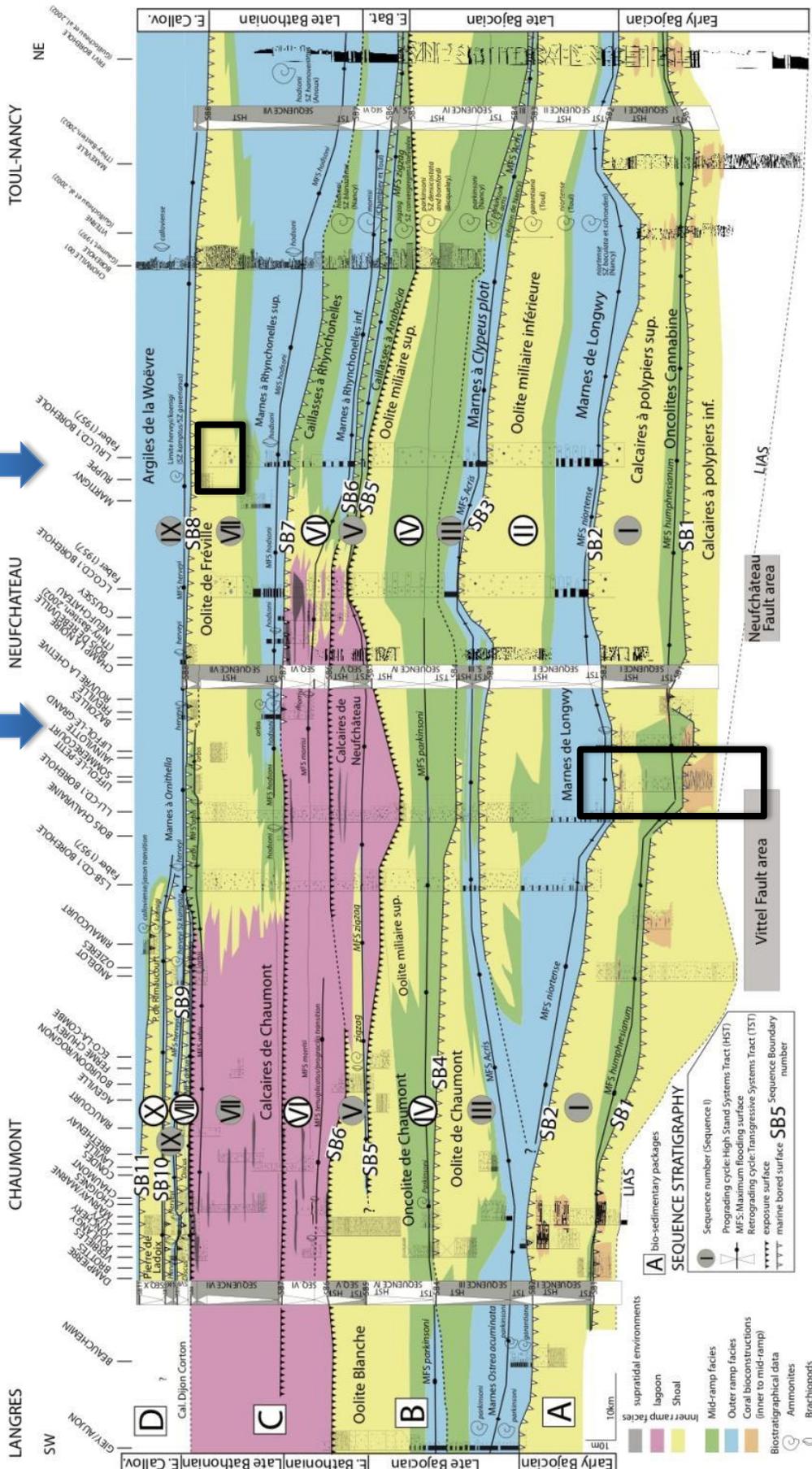
# Sédimentologie, Stratigraphie et Diagenèse des carbonates du Jurassique de l'Est du Bassin de Paris: influences sur le système hydrologique du secteur de Meuse/Haute-Marne (Laboratoire Andra)

Benjamin BRIGAUD, Benoît VINCENT, Philippe LANDREIN  
17-18 novembre 2011



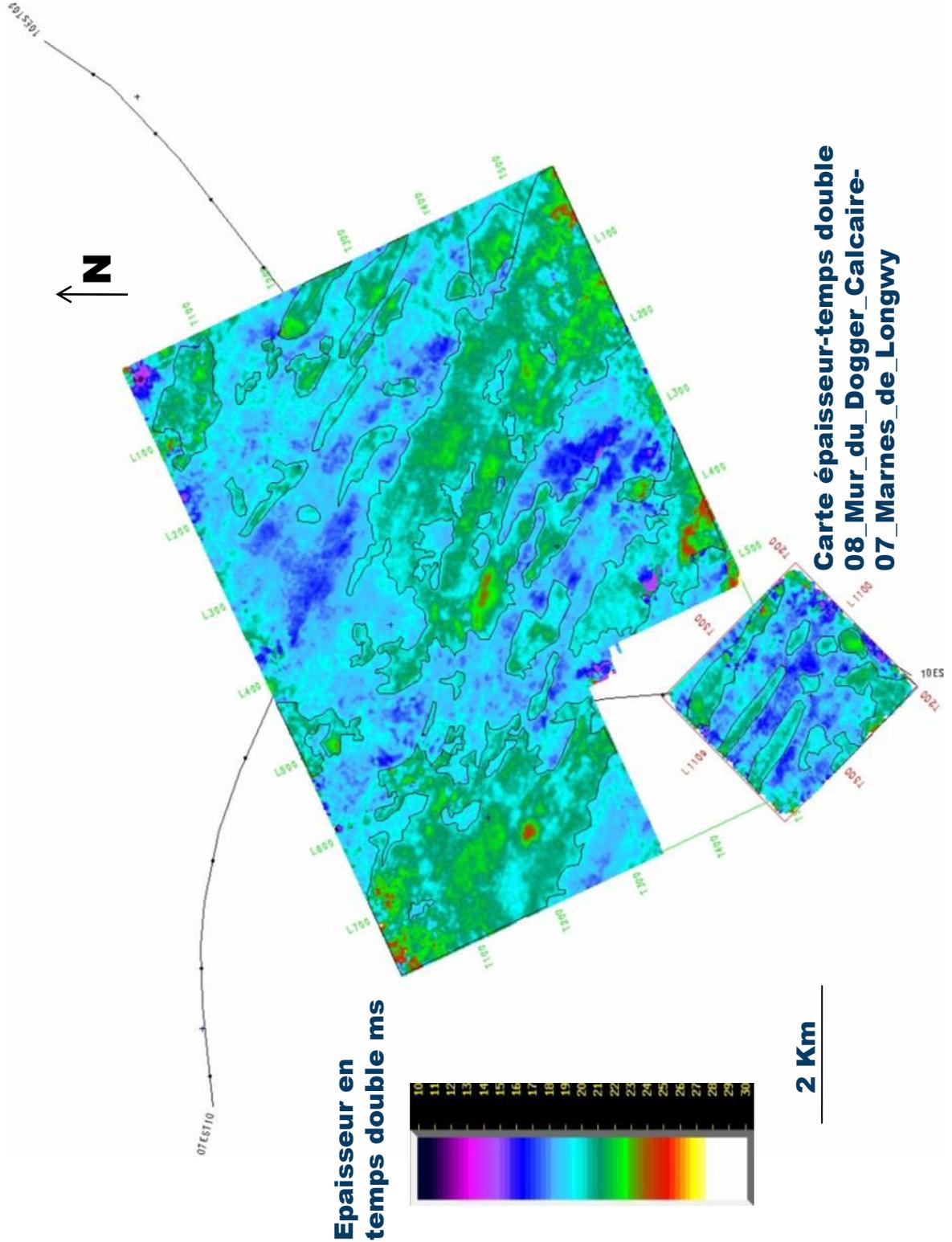
Carrières replacées dans un cadre stratigraphique  
Punerot

Sommerécourt



Brigaud et al., 2009

Interprétation de l'enveloppe des complexes récifaux



**Carte épaisseur-temps double  
08\_Mur du Dogger\_Calcaire-  
07\_Marnes de Longwy**

**Epaisseur en  
temps double ms**

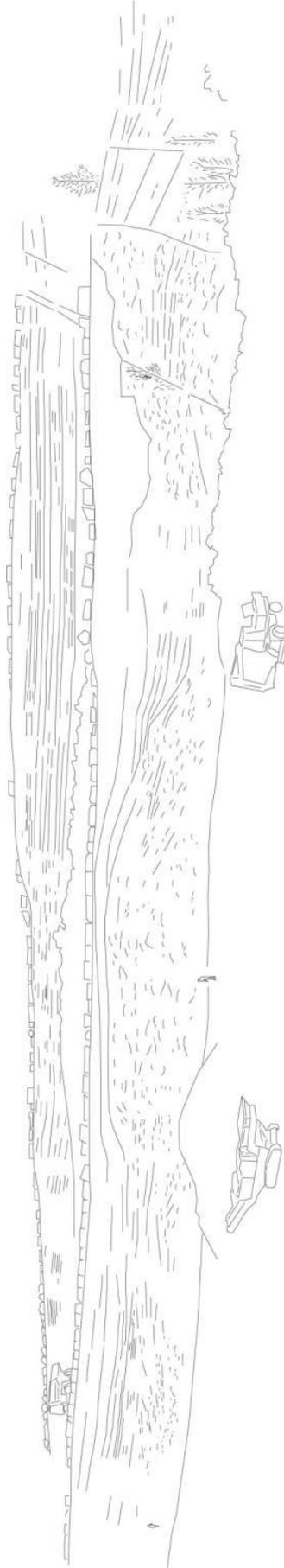
**2 Km**

Carrière de Sommerécourt

NE



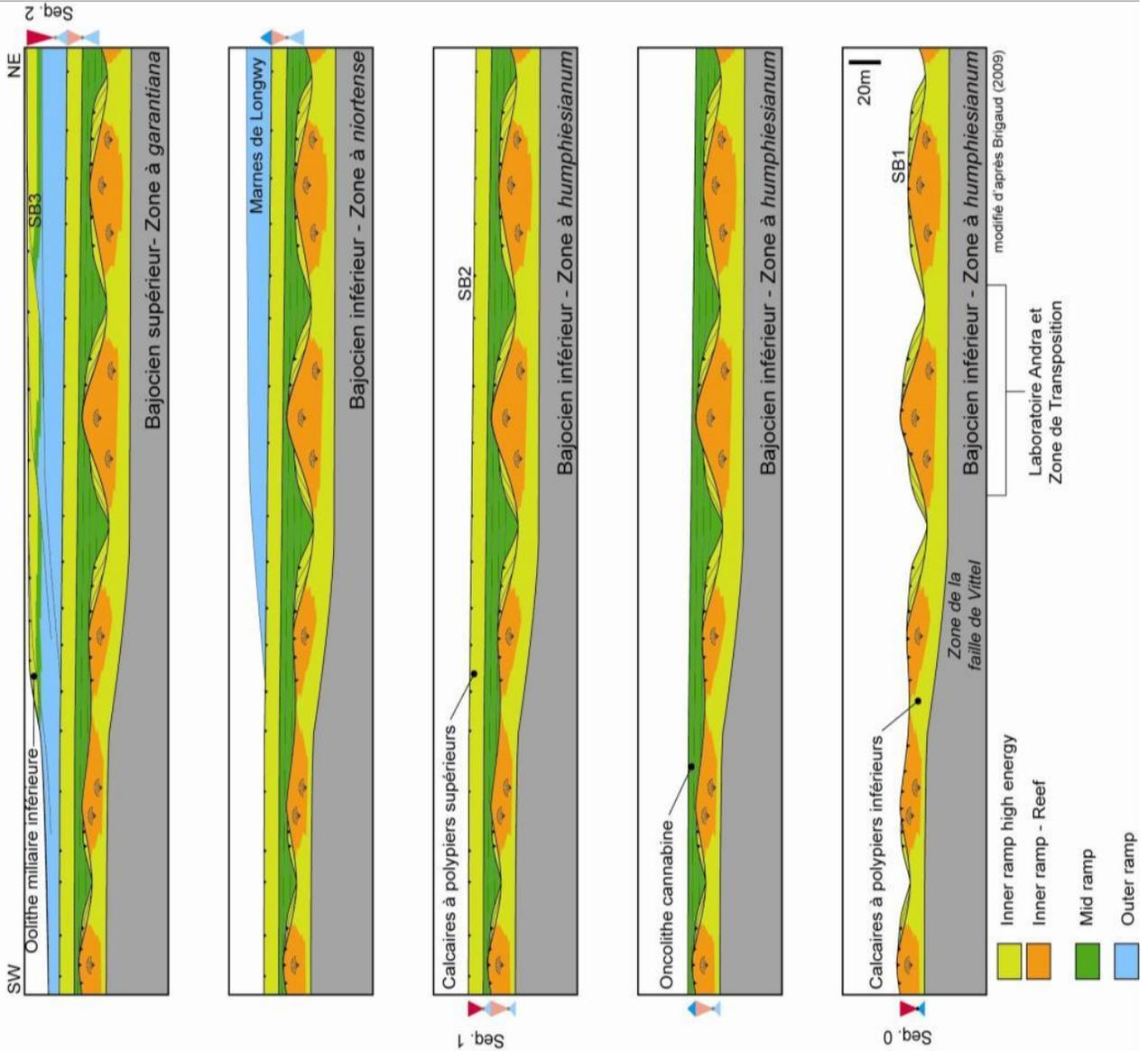
SW



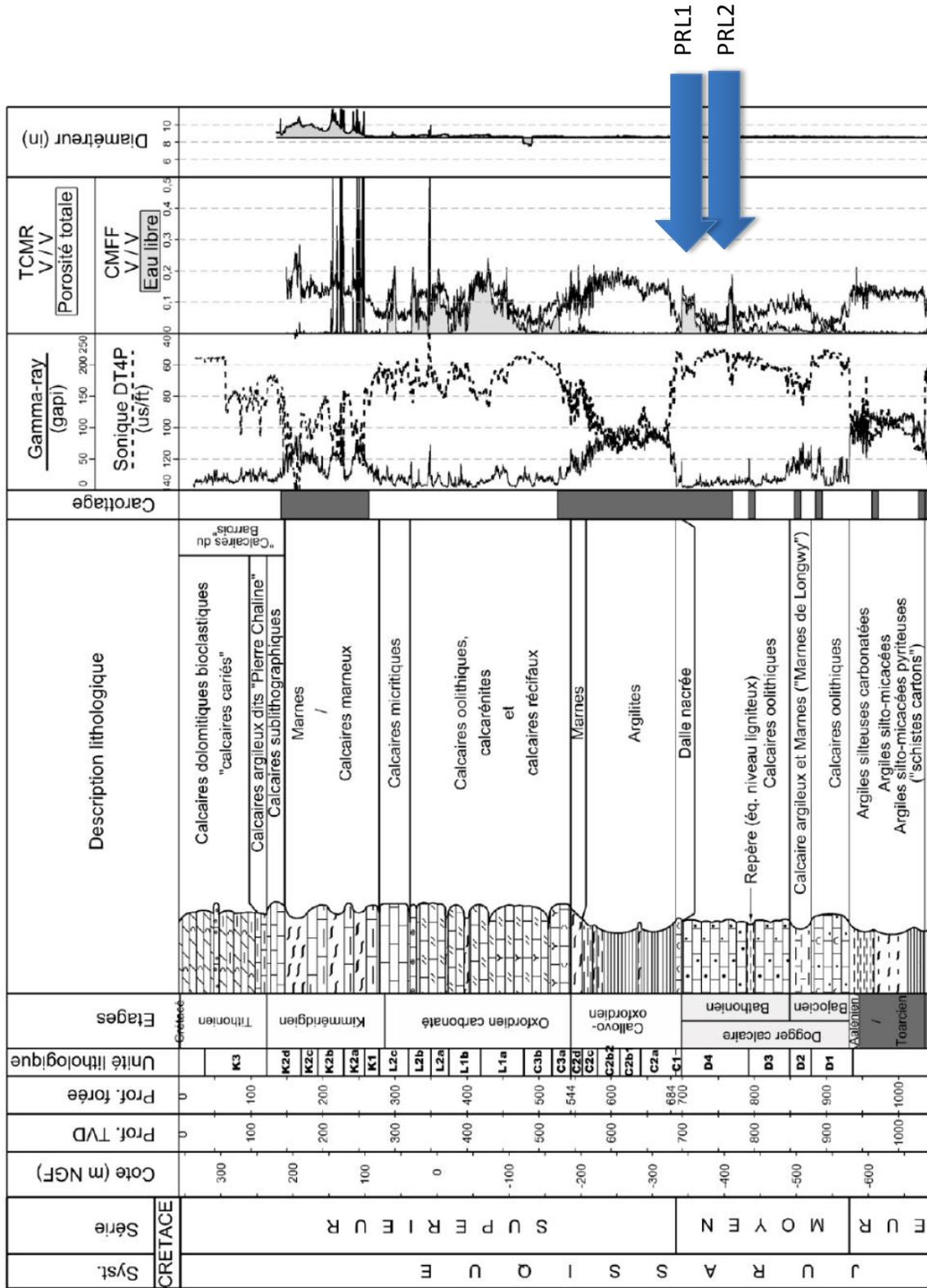
Carrière de Sommerécourt



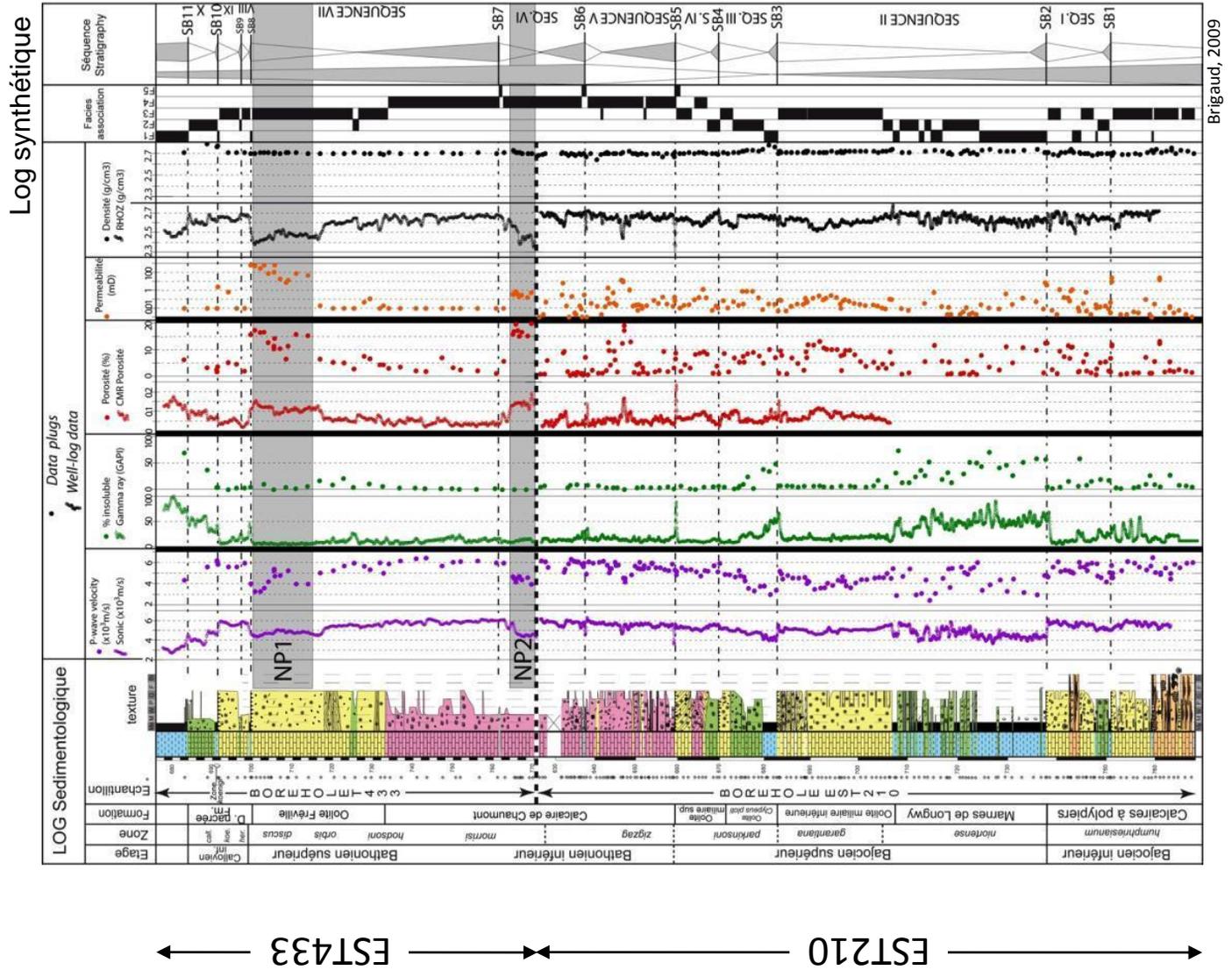
Succession des séquences de dépôt dans le Bajocien de la Haute-Marne/Vosges



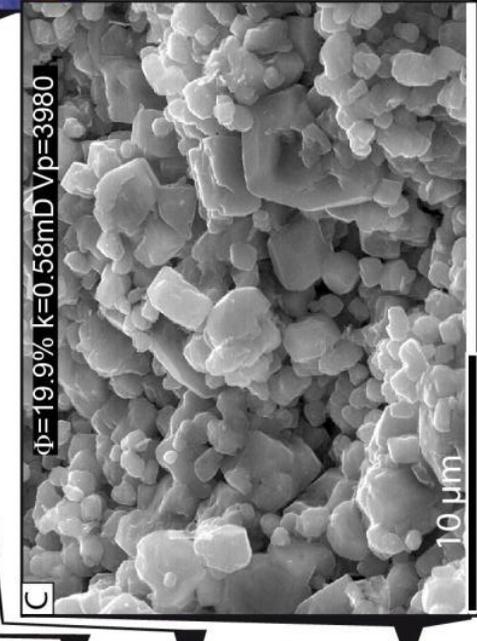
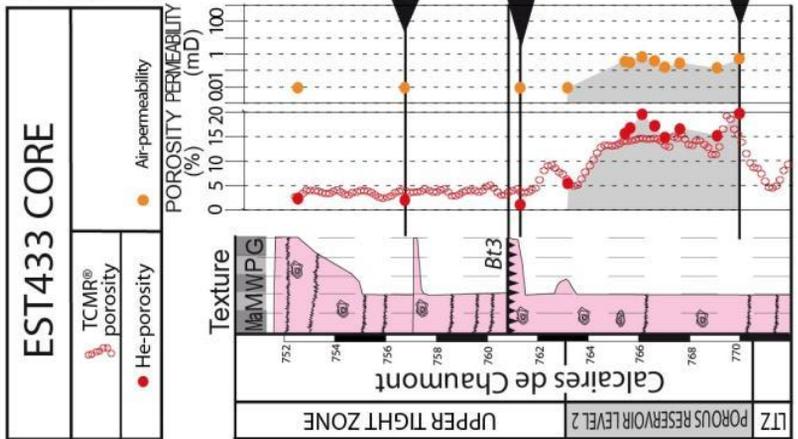
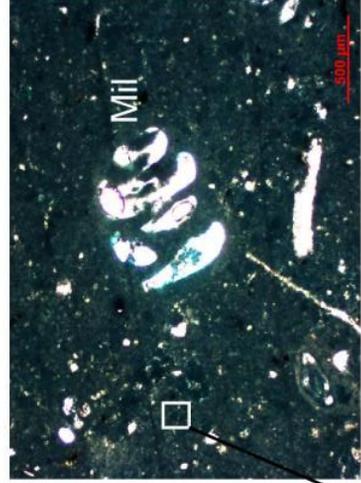
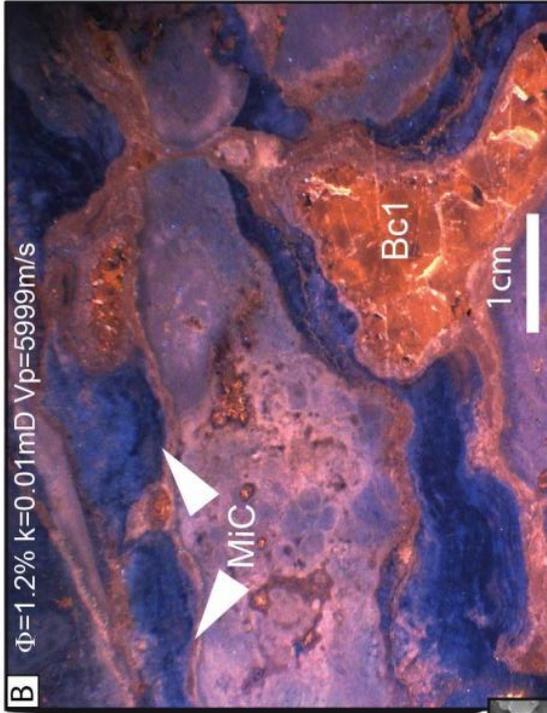
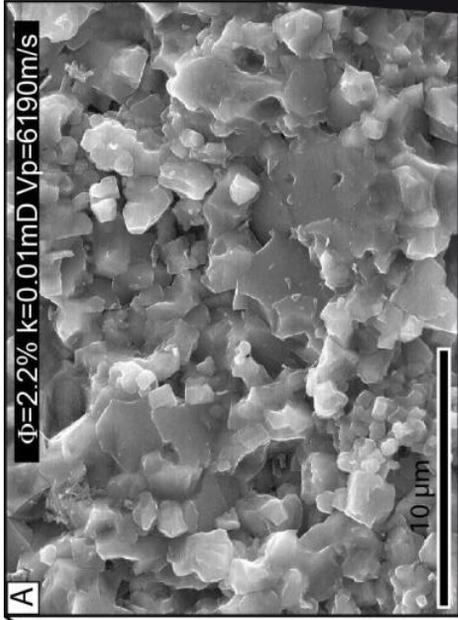
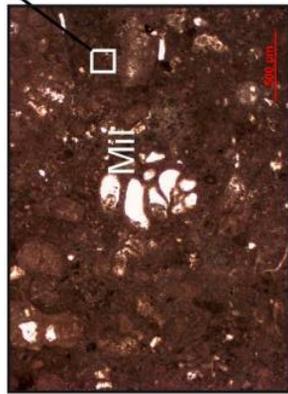
Localisation des niveaux poreux du Dogger



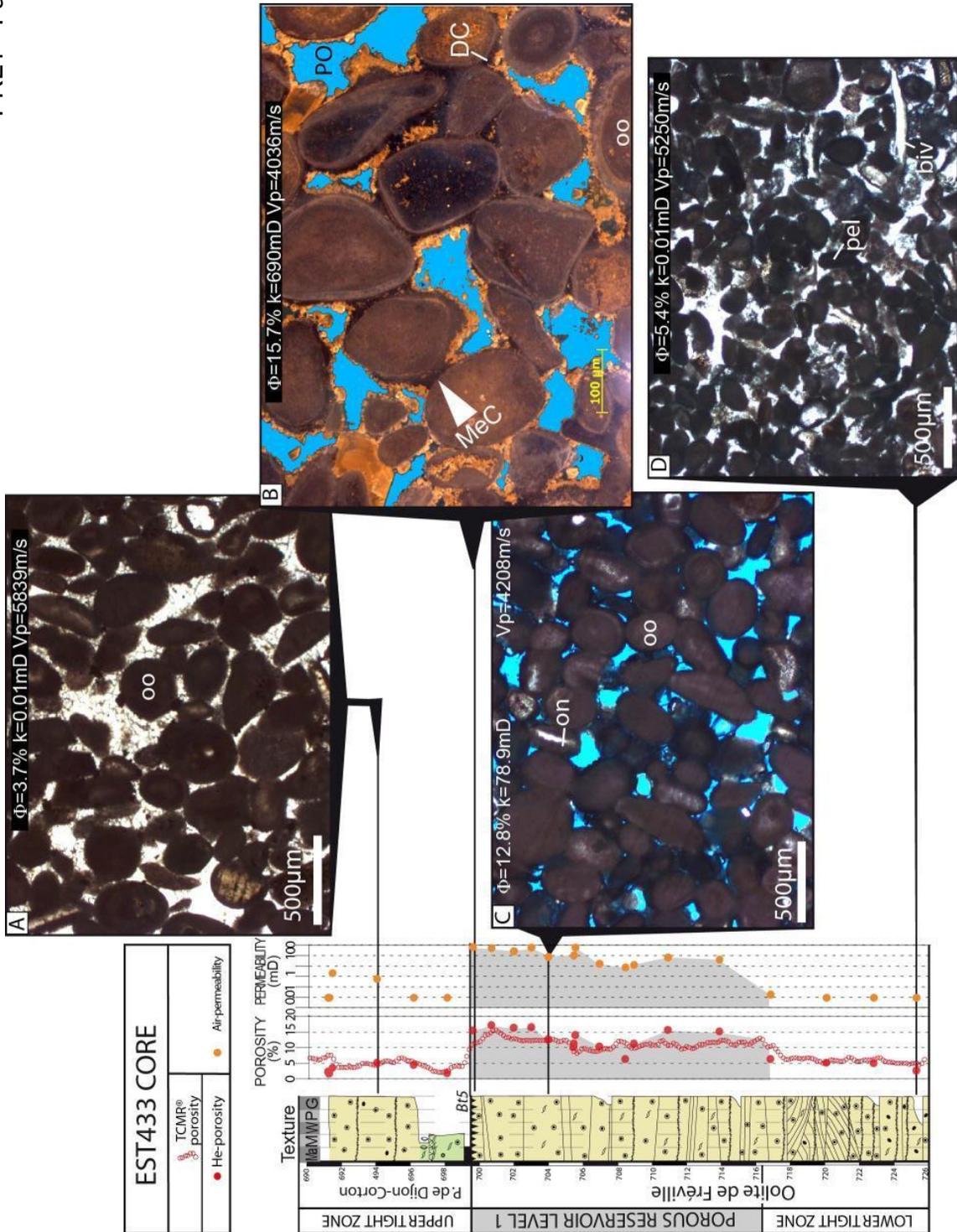
Landrein et al., in press



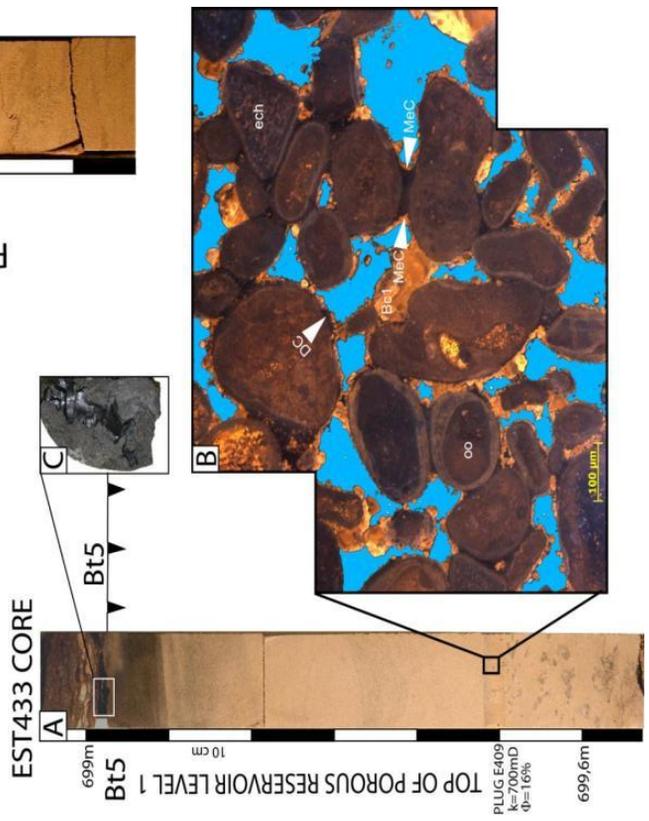
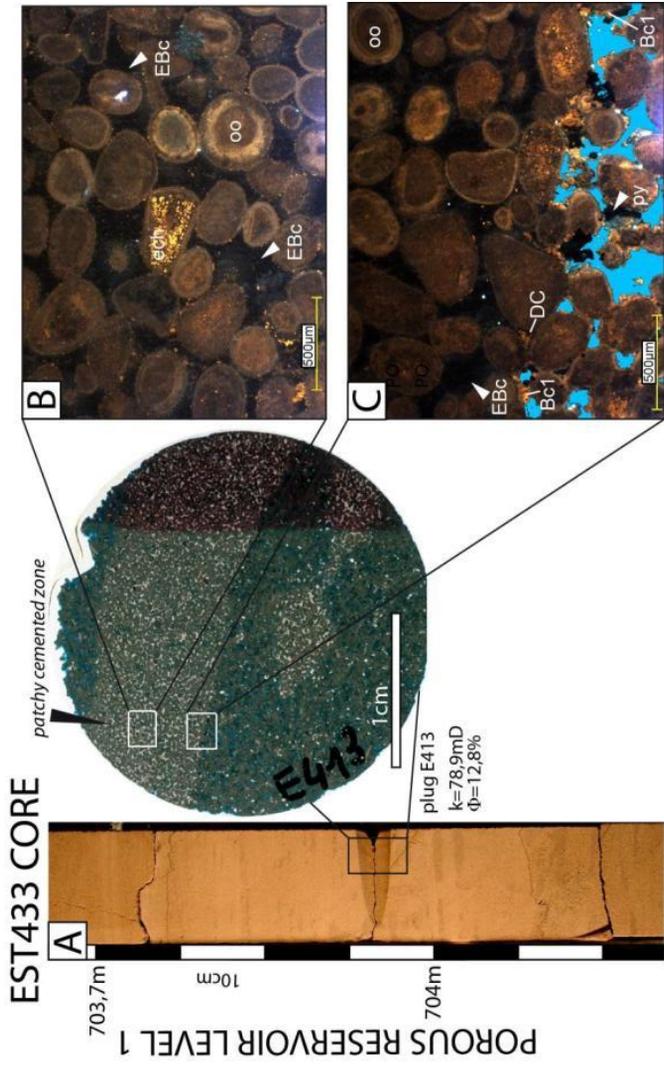
PRL2 - Faciès



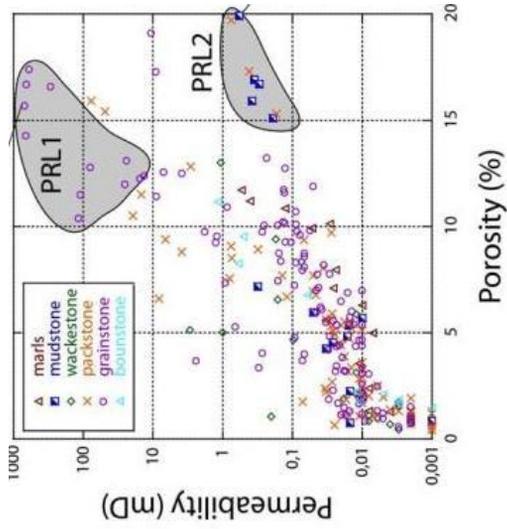
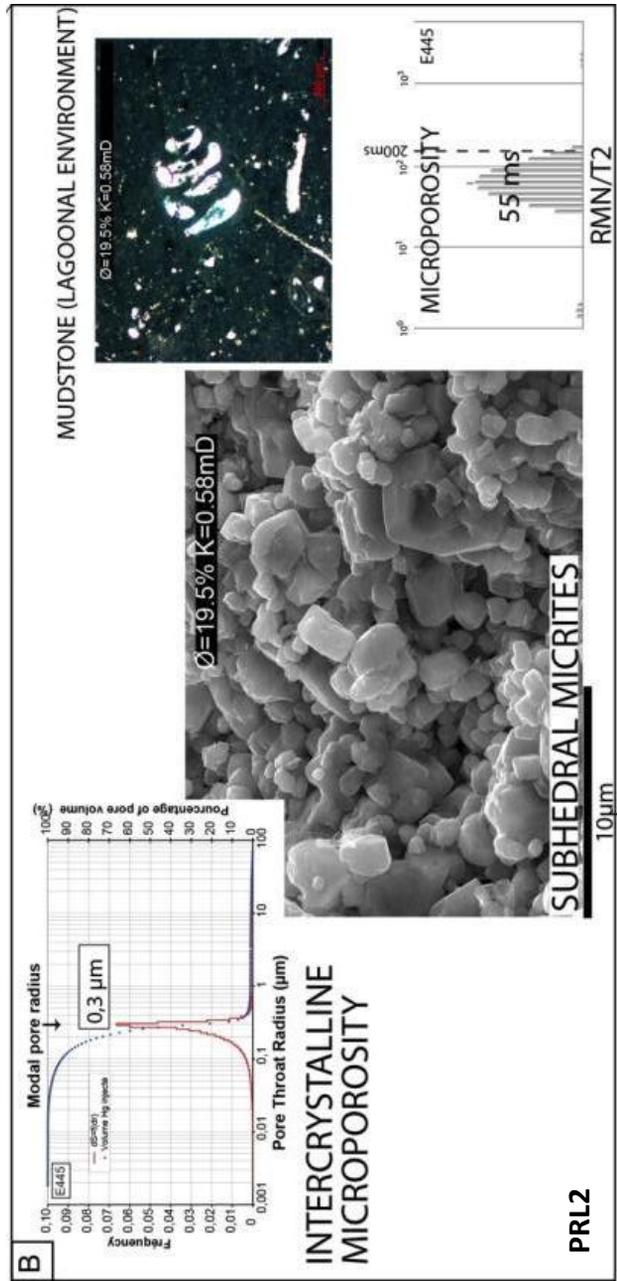
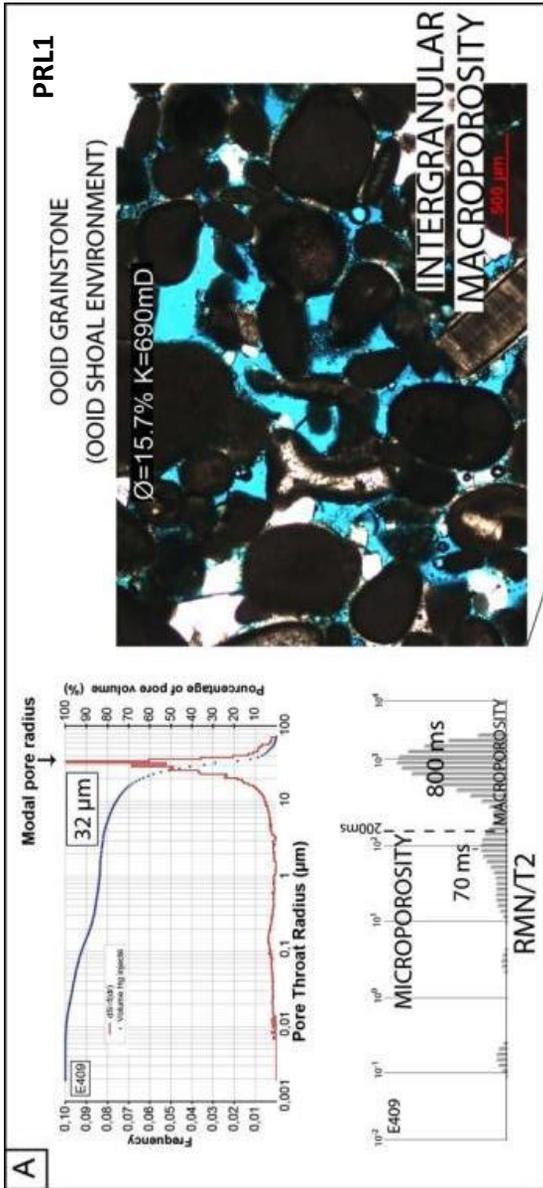
PRL1 - Faciès



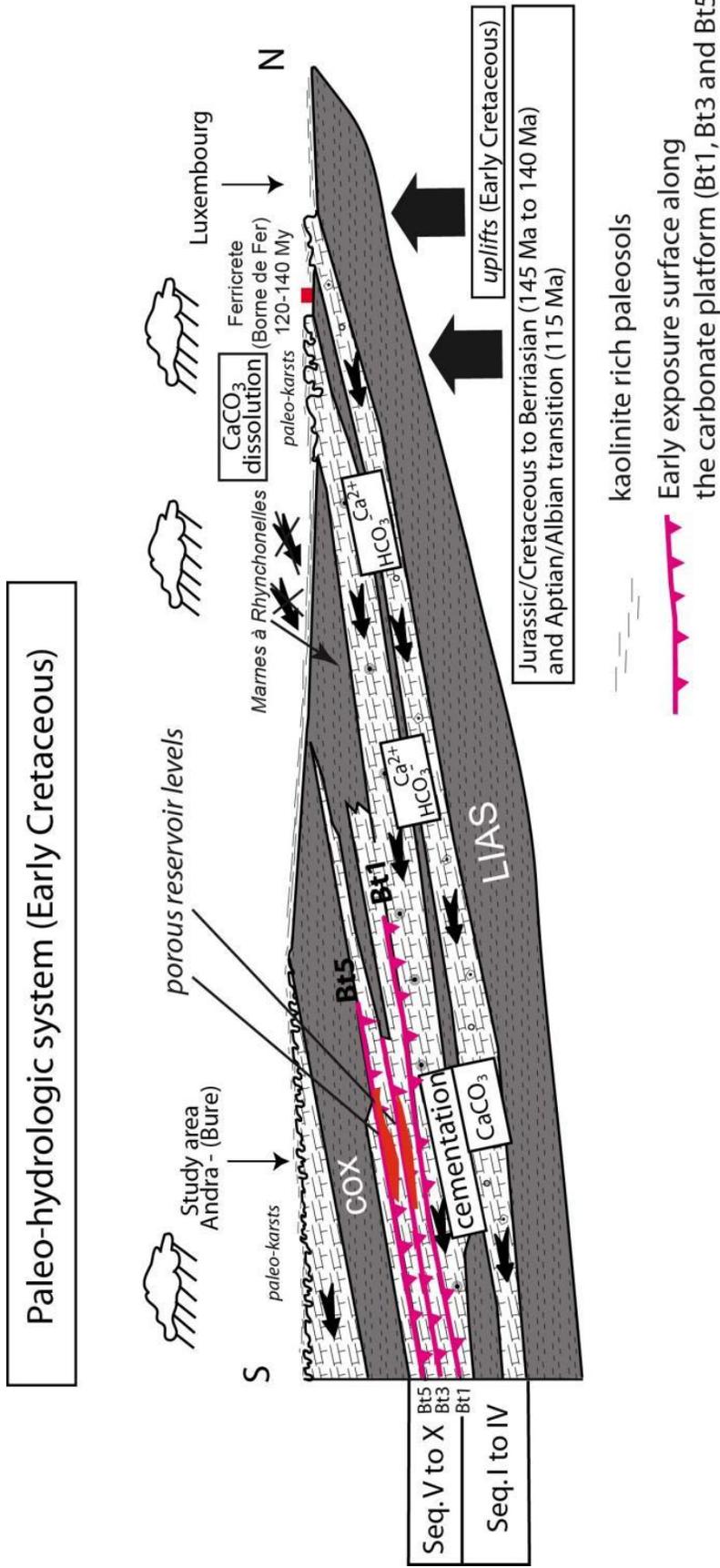
PRL1 - Faciès



Phi-K niveaux poreux

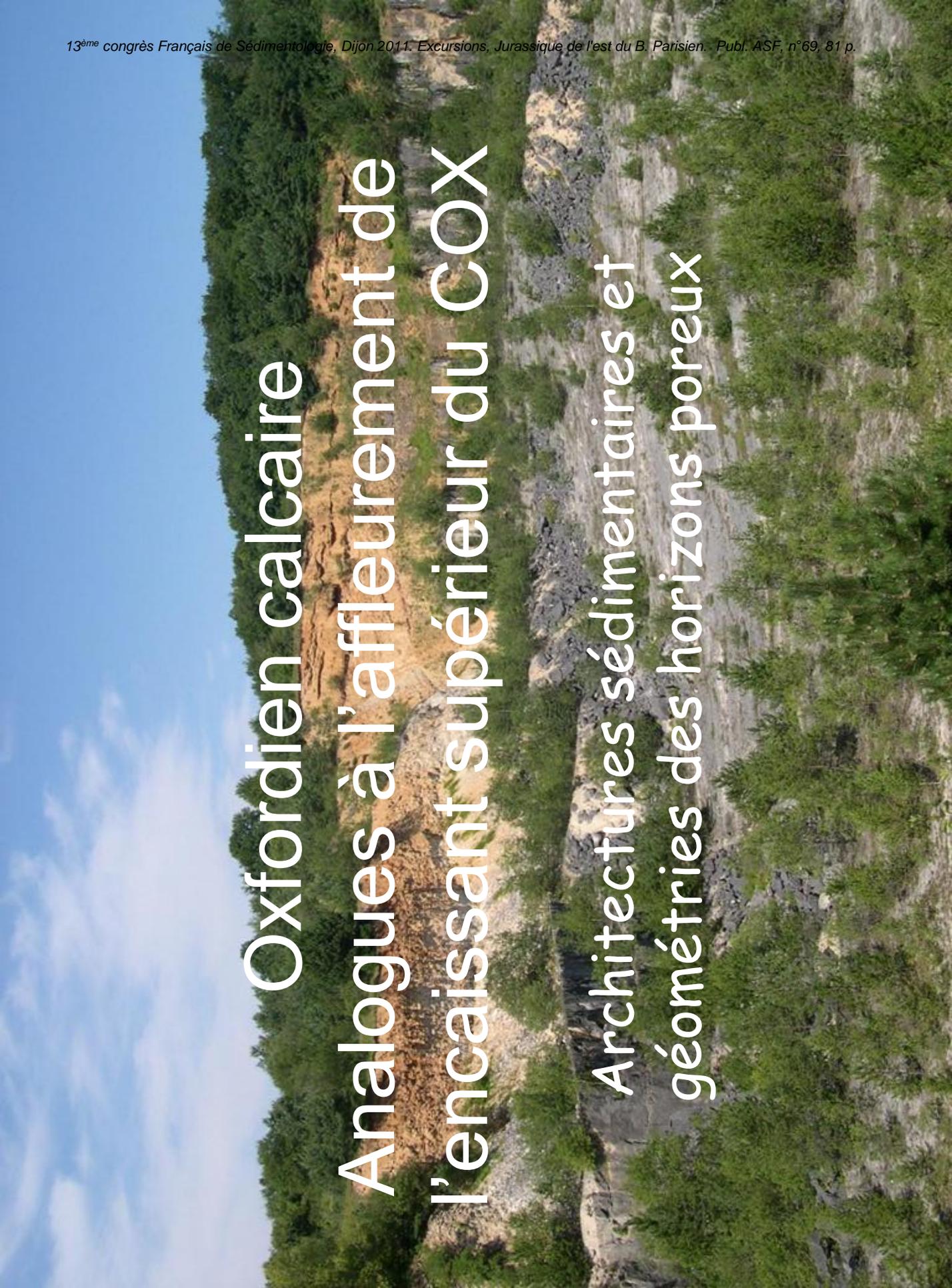


Modèle paléohydrologique et localisation des niveaux poreux

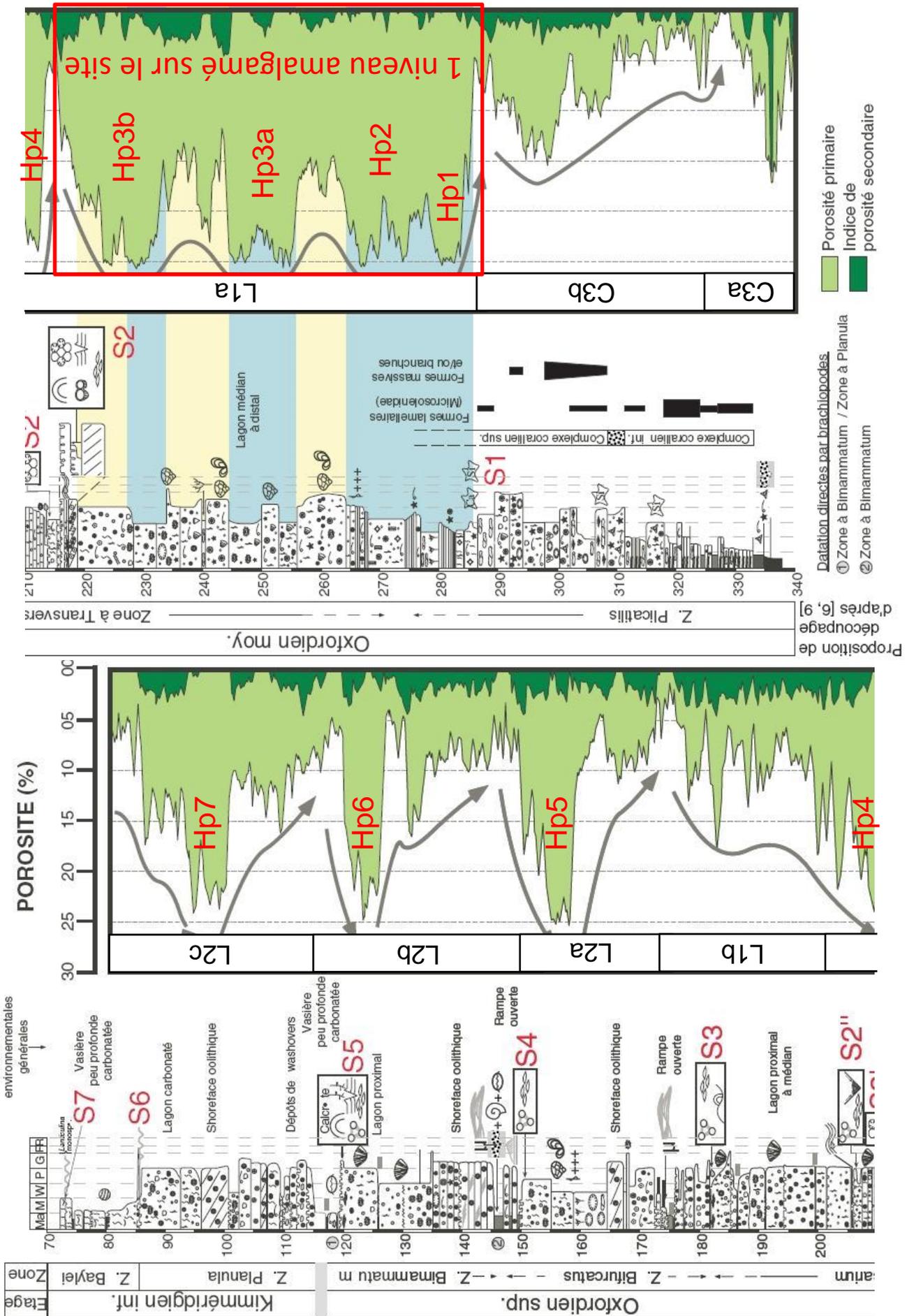


# Oxfordien calcaire Analogues à l'affleurement de l'encalissant supérieur du COX

Architectures sédimentaires et  
géométries des horizons poreux



Log détaillé du forage HTM102 et évolution de la porosité (Diageval)

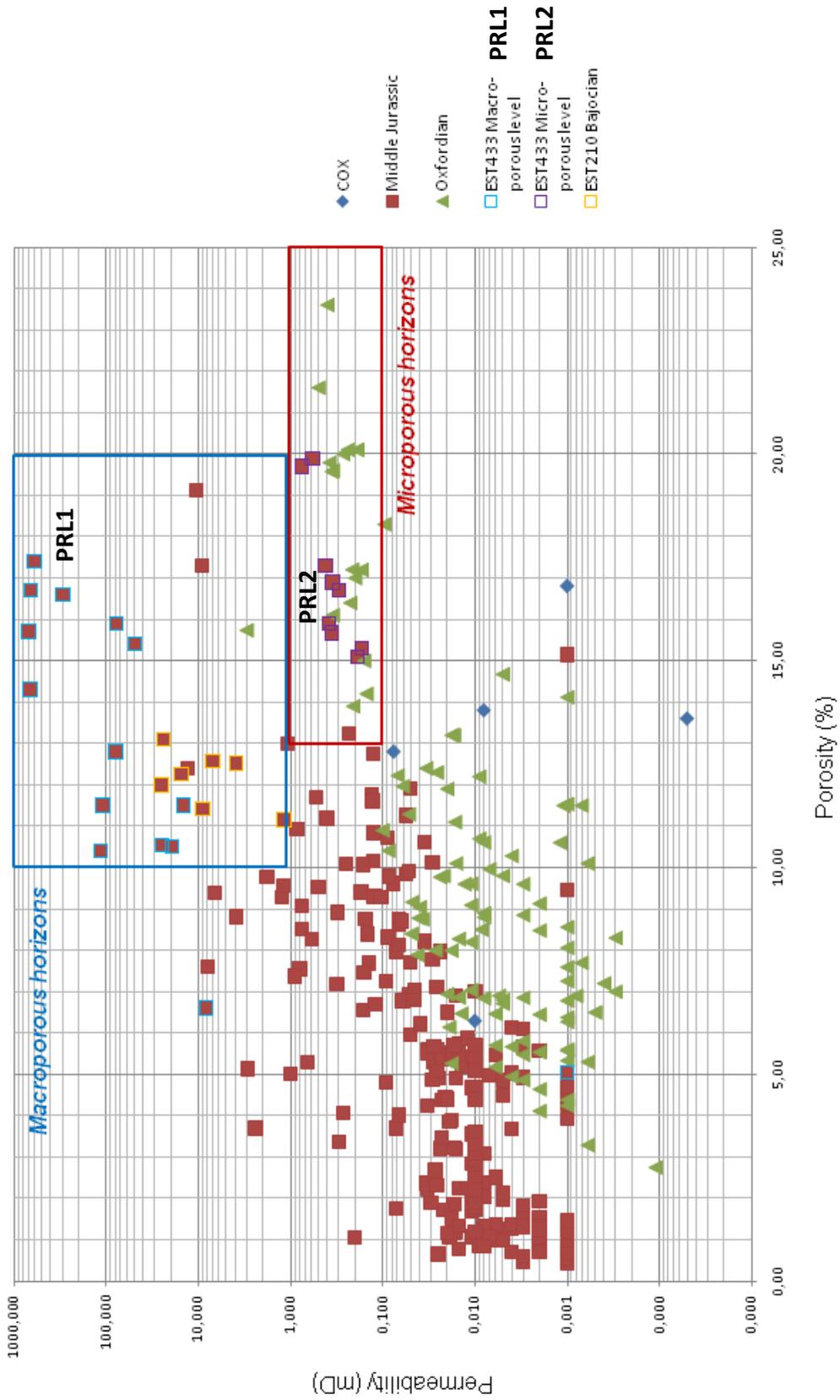


Porosité primaire  
 Indice de porosité secondaire

Datation directes par brachiopodes  
 ① Zone à Bimarmatum / Zone à Planula  
 ② Zone à Bimarmatum

Proposition de découpage d'après [6, 9]  
 Z. Plicatilis  
 Zone à Transvers

Pétrophysique des Horizons Poreux (Hp)

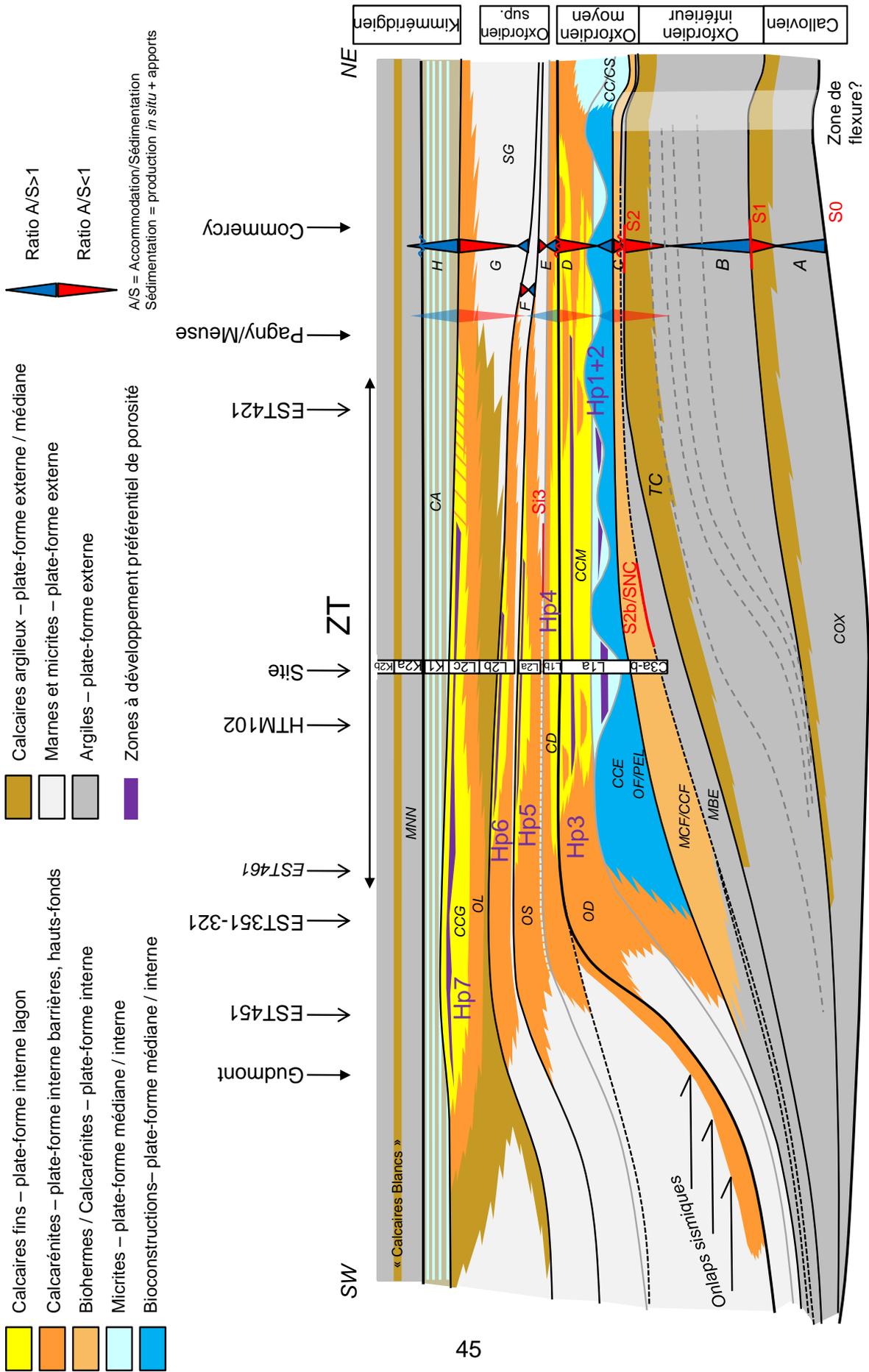


Les Hps Oxfordiens sont semblables à PRL2 (Dogger)

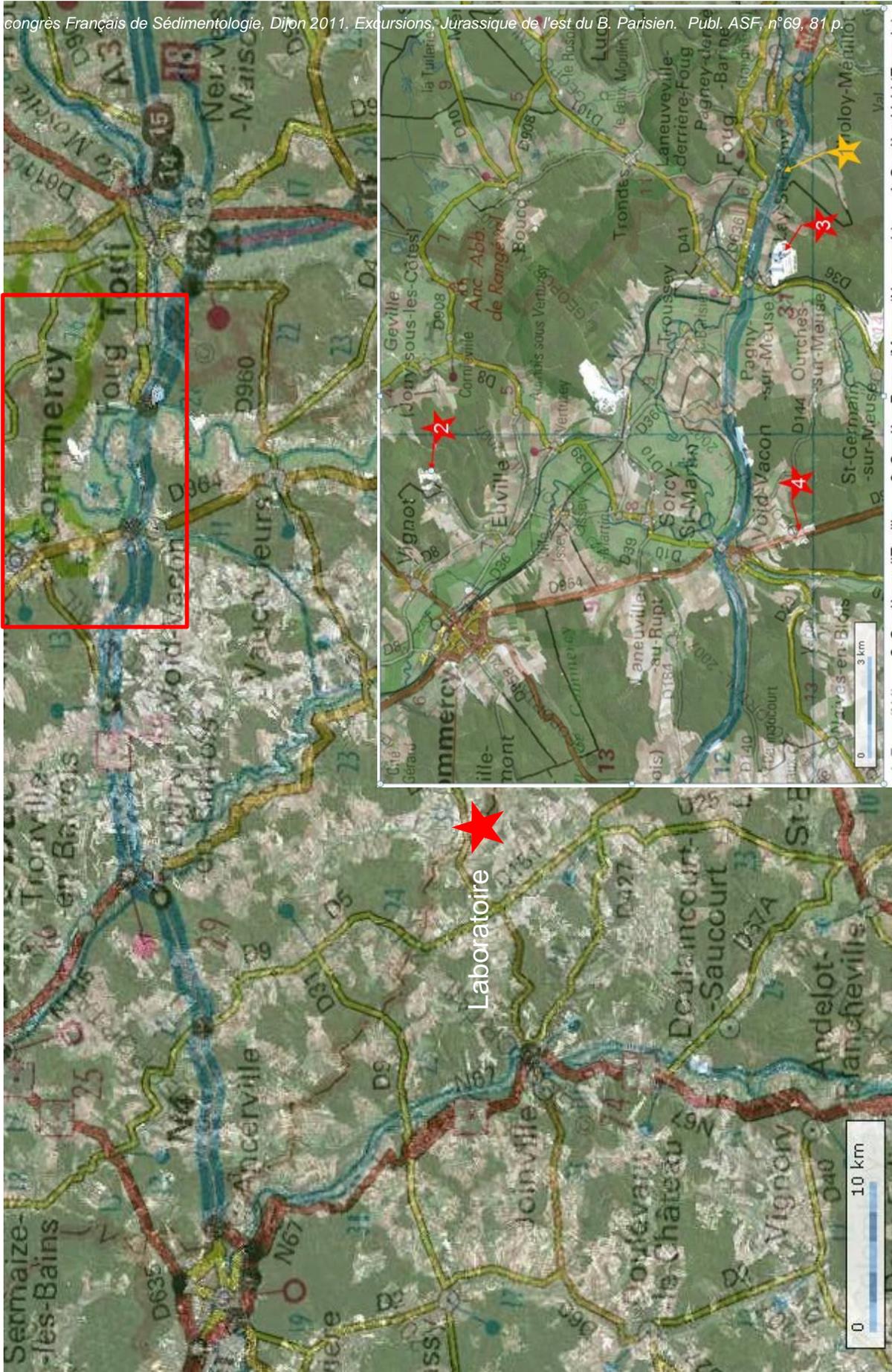




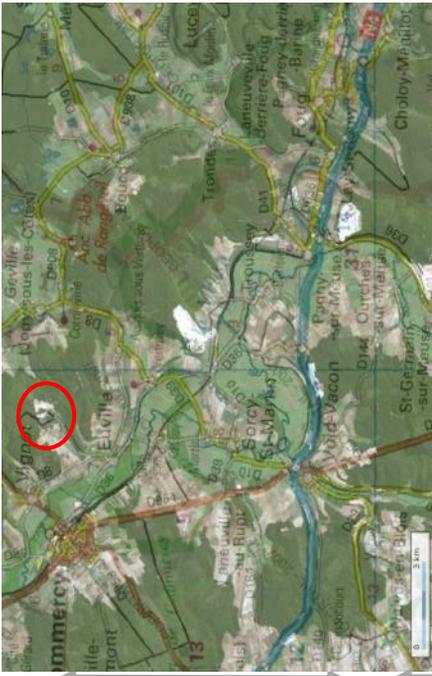
# Vision conceptuelle de l'extension des Hps à l'échelle du secteur après FSP et FZT



Localisation de la zone d'affleurements par rapport au laboratoire



1: Foug (N4) 2: Carrières d'Euville 3: Carrière Pagny/Meuse (Novacarb) 4: Carrière Void (Eurovia)

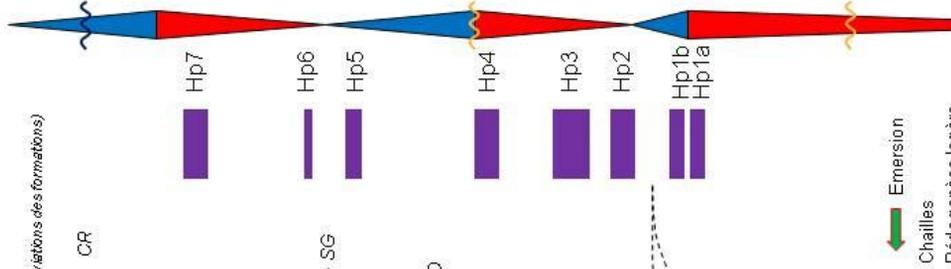


Void (Eurova)

Pagny/Meuse

Evville

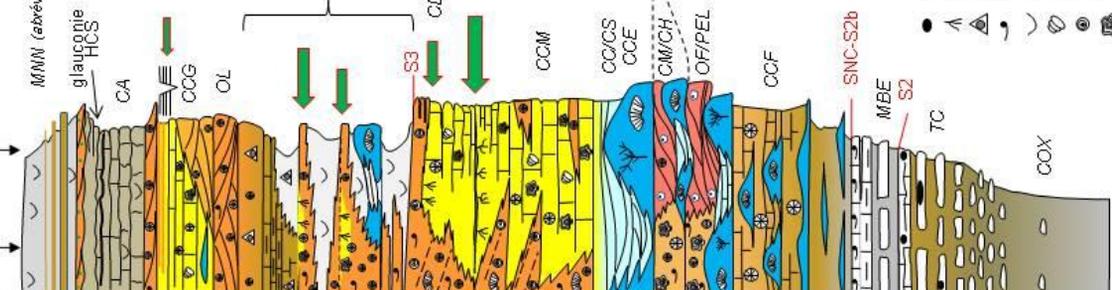
Foug



SE

Affleurements (Pagny/Meuse)

Site

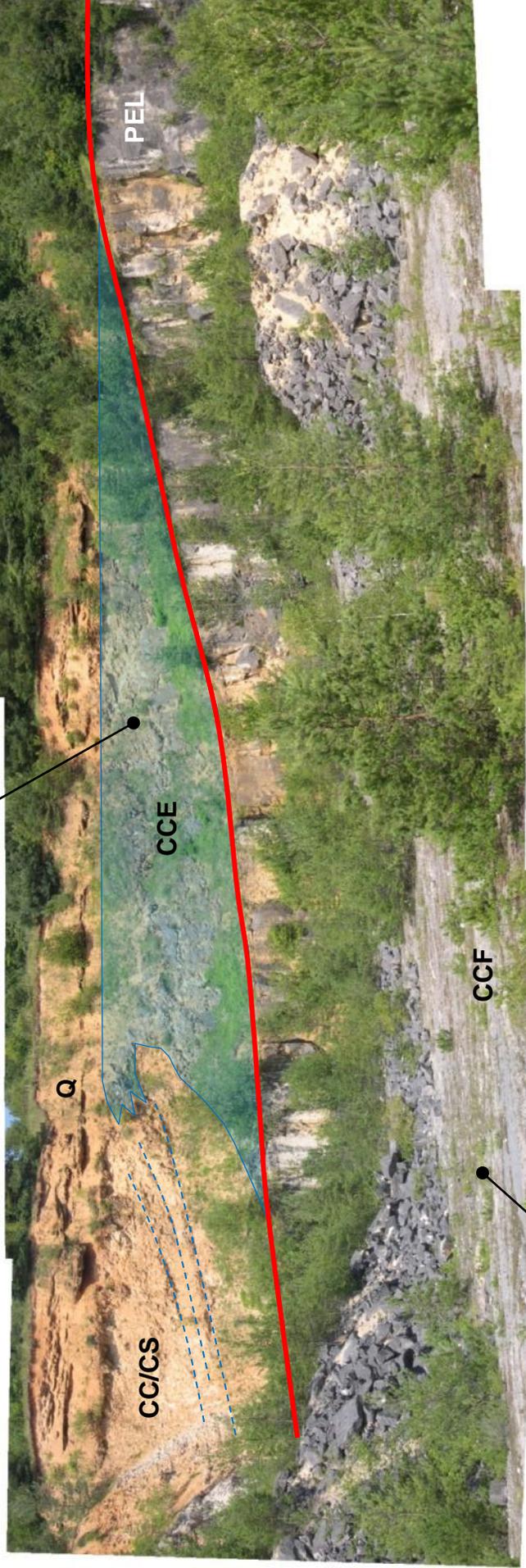


- Emersion
- Chaillies
- Pédogenèse légère
- Serpules
- Bivalves indet. Et/ou débris
- Huîtres
- Gastéropodes
- Oolithes
- Oncolithes
- Polyptéris solitaires et/ou débris
- Polyptéris branchus
- Polyptéris massifs/flamellaires

Formations (Carpentier, 2004)		Etages Anciens		Etages	
Marnes à Manogyra nana inférieures	Supérieur	K2a	Argovien	Manae	Oxfordien inférieur
Calcaires rocailloux	Supérieur	K1	Argovien	Plicatilis	Oxfordien inférieur
Calcaires à Astartes	Supérieur	L2c	Argovien	Cordatum	Oxfordien inférieur
Calcaires crayeux de Gudmont	Supérieur	L2b	Argovien	Manae	Oxfordien inférieur
Oolithe de Lamothe	Supérieur	L2a	Argovien	Manae	Oxfordien inférieur
Calcaires à serpules de Gudmont	Supérieur	L1b	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires à serpules de Pagny	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Marnes à lites de Pagny	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Marnes à lites de Pagny	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires de Dainville	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires crayeux de Maxey	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires coralliens d'Euville + Craie de Sorcy/Calc. de Creue	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires de Haudaiville	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires de Haudaiville	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Oncolithe de Foug	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Calcaires à coraux de Foug	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Marnes à coraux de Foug	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Marnes blanches des Eparges	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Terrain à chaillies	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen
Argiles de la Woèvre	Supérieur	L1a	Rauracien	Transversarium	Oxfordien moyen

# Euville, Carrière des sablières – Géométries sédimentaires

Récif frangeant (?)



Q

CC/CS

CCE

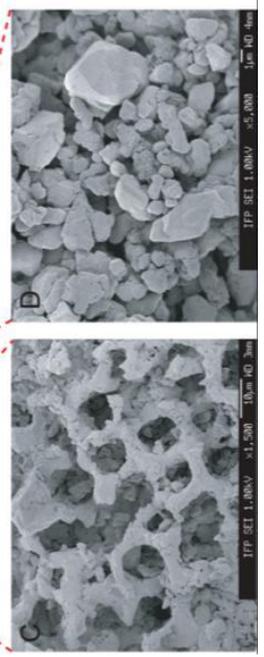
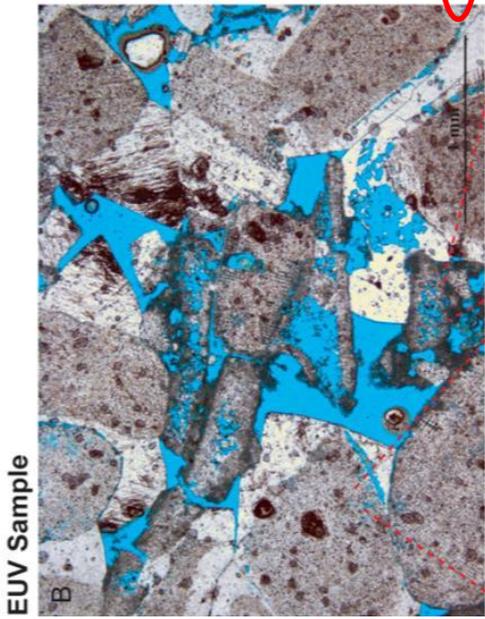
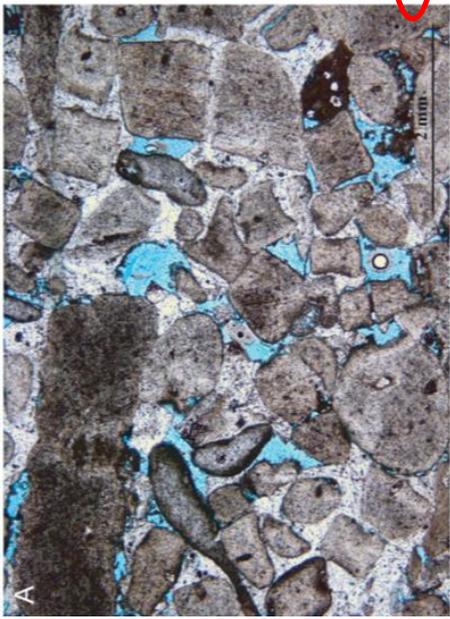
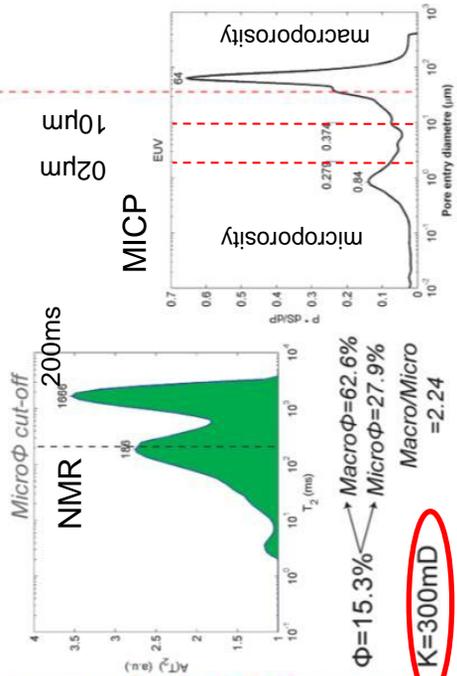
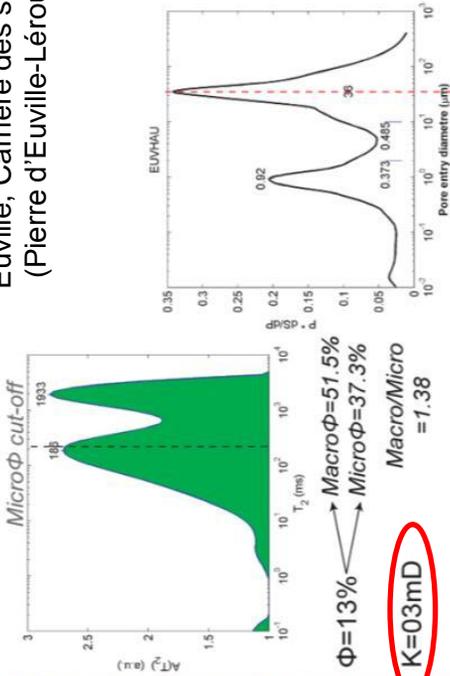
PEL

CCF

Calcaires bioconstruits

----- démantèlement récifal

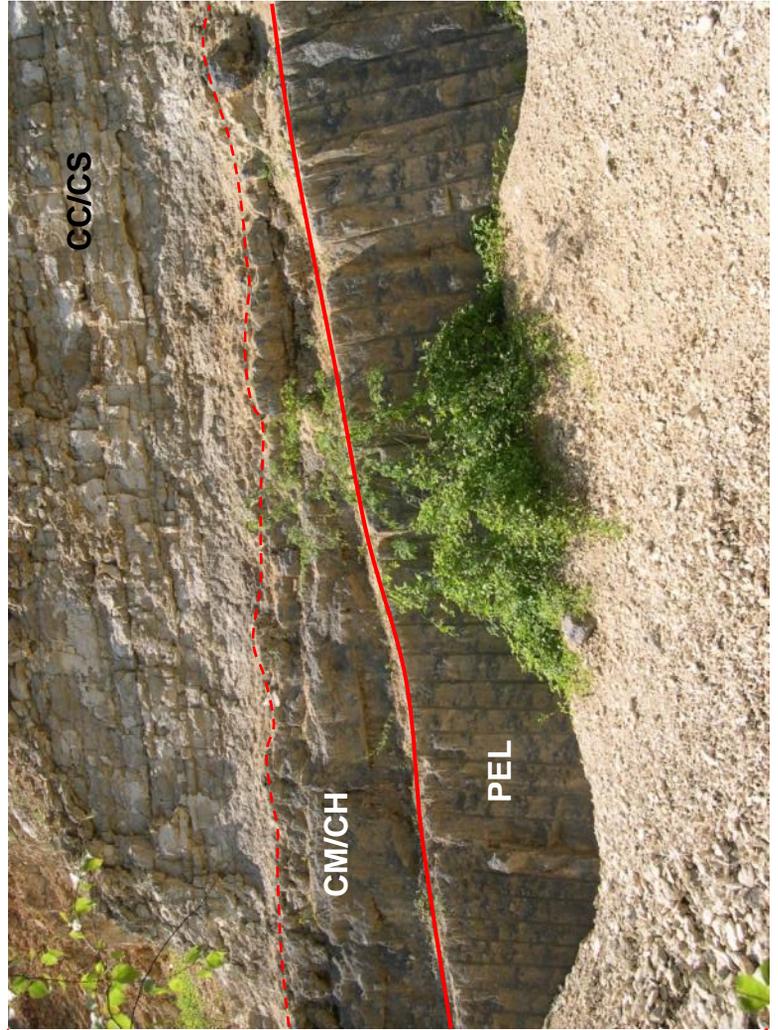
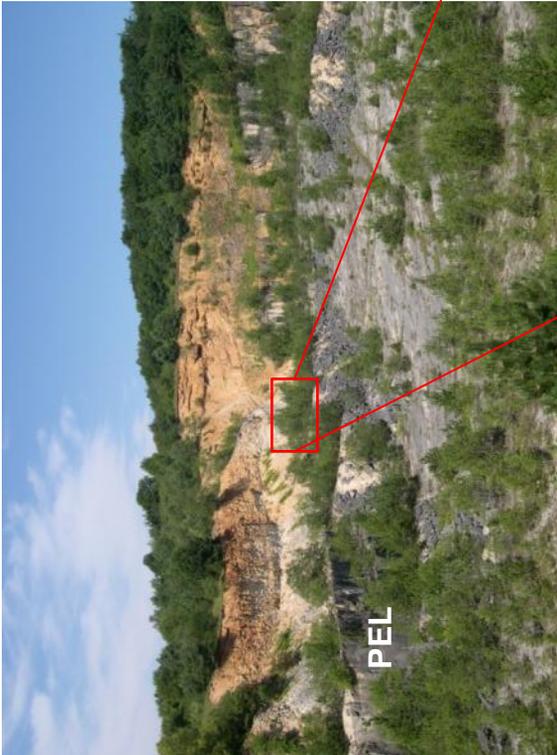
Euville, Carrière des sablières – Faciès grossier  
(Pierre d'Euville-Lérouville) – **Equivalent Hp1a**



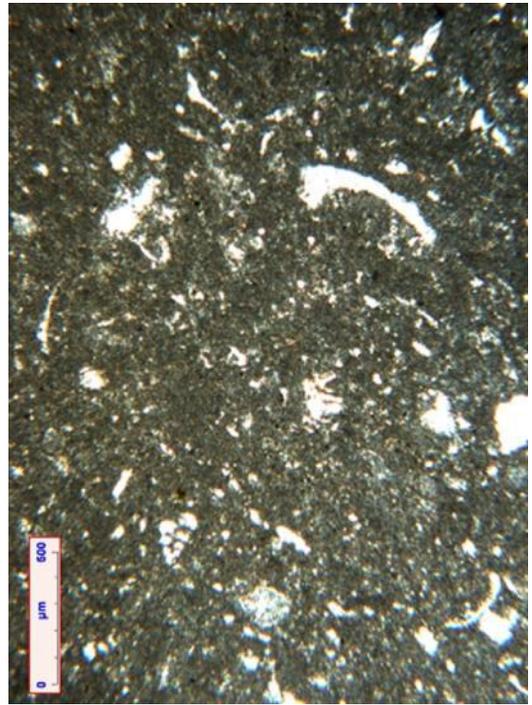
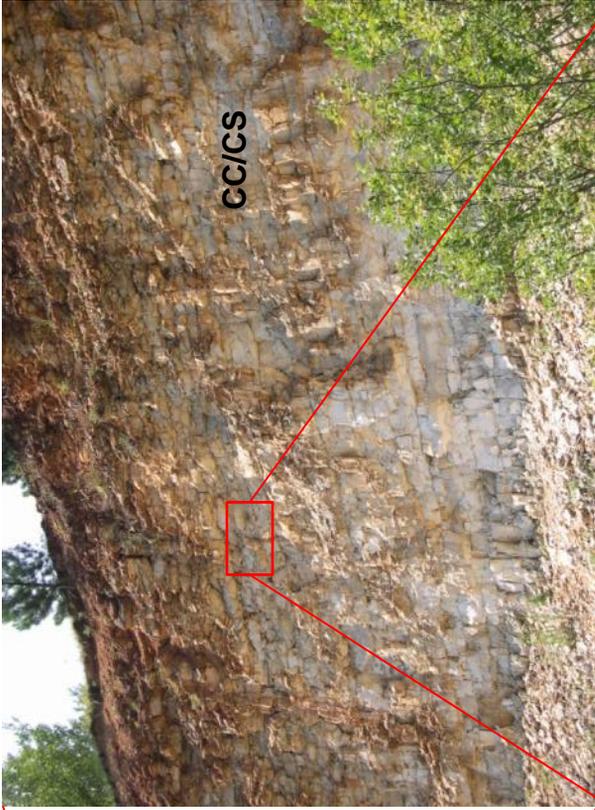
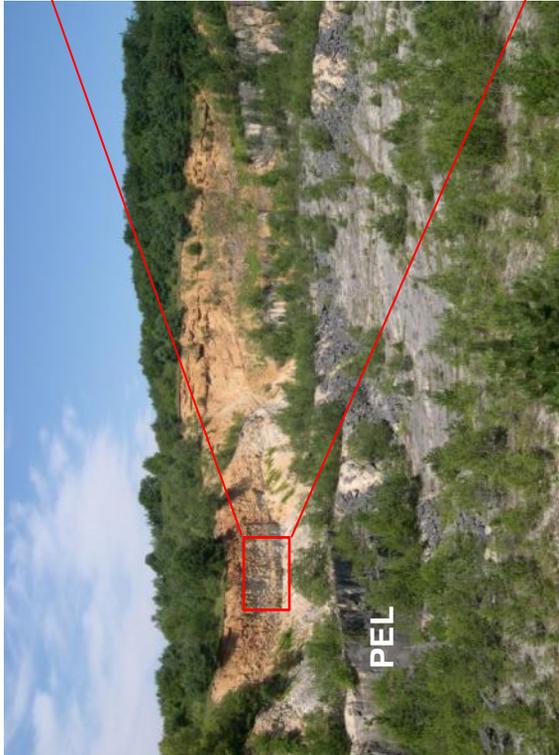
Vincent et al. (2011)

Euville, Carrière des sablières – Faciès bioconstruit cimenté  
(Calcaires coralliens de la Mésangère/ Calcarénite d'Haudainville)

Formations lenticulaires dans cette carrière.  
Elles seront observées de nouveau dans la carrière de  
Pagny-Meuse (**équivalent Hp1b**).

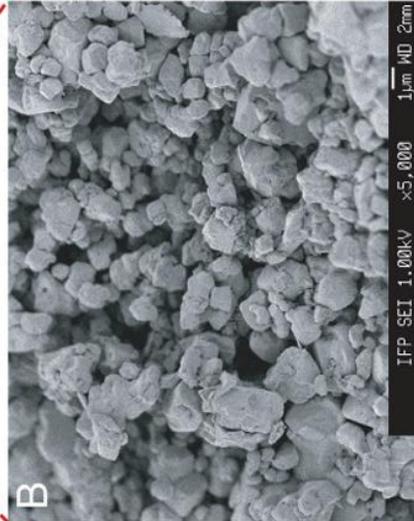
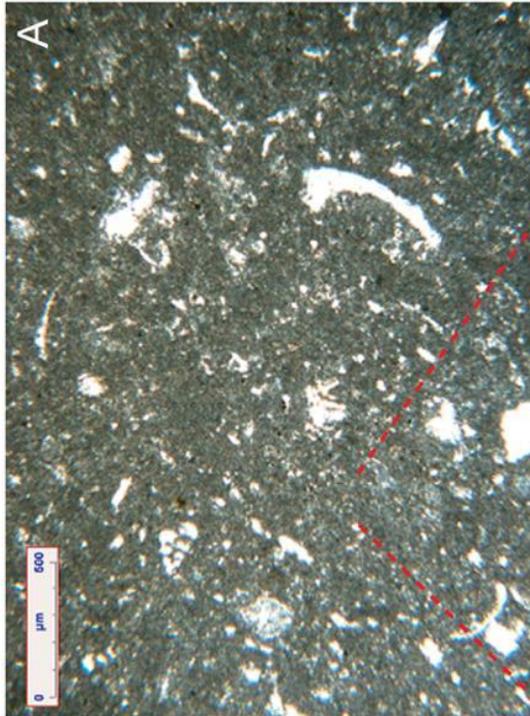


Euville, Carrière des sablières – Faciès fin poreux inter-récifal (Calcaires de Creüe / Craie de Sorcy) - **Equivalent Hp2**



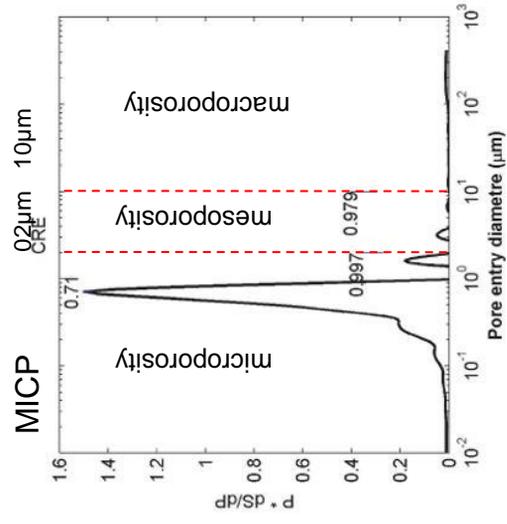
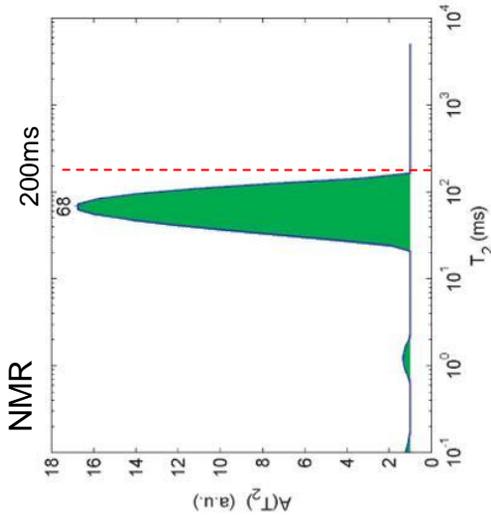
Faciès fin microporeux (« crayeux »)

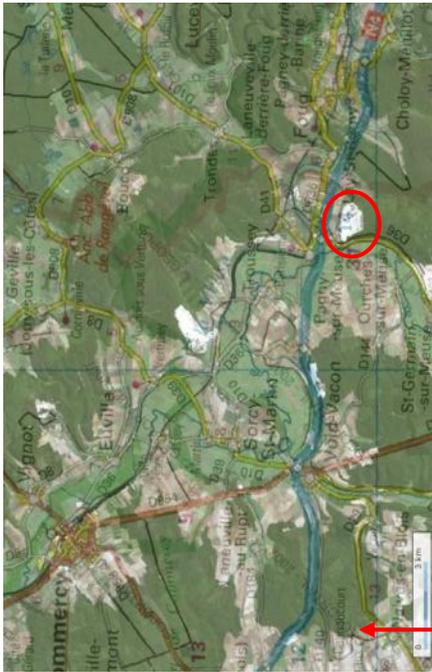
Calcaires de Creüe / « Craie » de Sorcy – **Equivalent Hp2** – Pétrophysique



$\Phi = 27.3\%$   $\rightarrow$  Macro  $\Phi = 0\%$   
 $\Phi = 27.3\%$   $\rightarrow$  Micro  $\Phi = 99.7\%$

$K = 0.75\text{mD}$



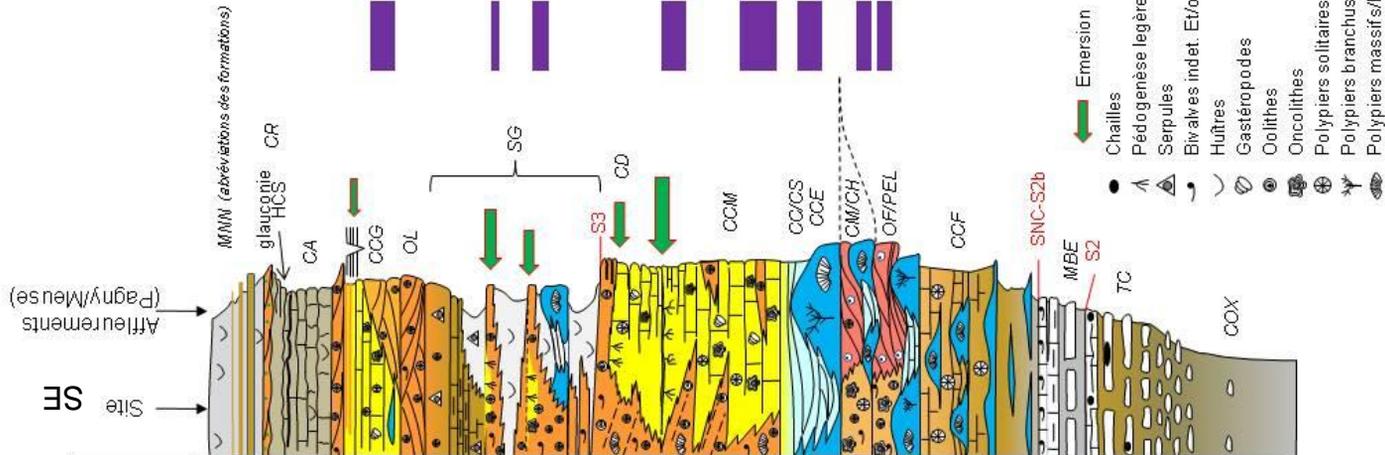
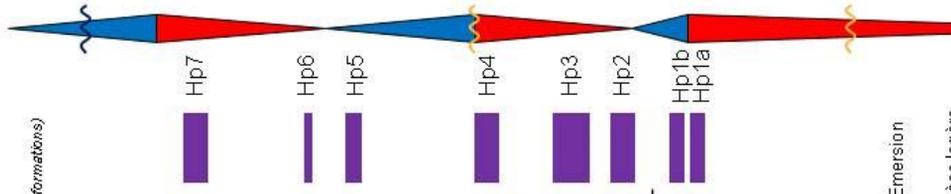


Pagny/Meuse

Euville

Foug

Void (Eurova)

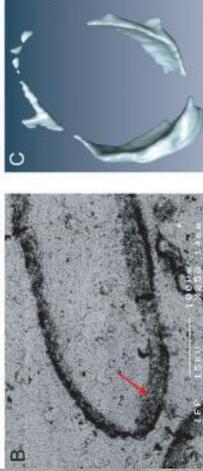
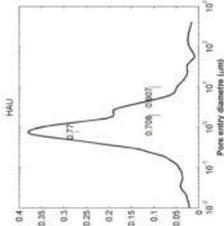
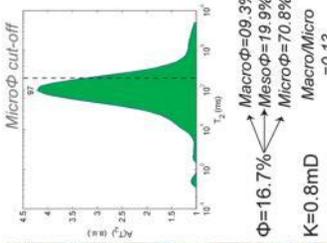
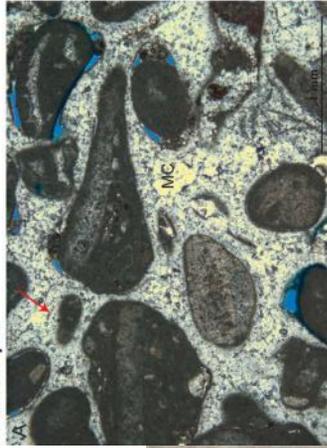


Formations (Carpentier, 2004)		Etages		Anciens		Litho stratigraphie		Etages	
Marnes à Manogyra nana inférieures	Calcaires crayeux	Supérieur				K2a		Inférieur	
Calcaires à Astartes	Calcaires crayeux de Gudmont		Séquanien			K1		Bayet	
Ooïlle de Lamothe	Calcaires à serpules de Gudmont			Inférieur		L2c		Planula	
Calcaires à serpules de Gudmont	Marnes à serpules de Pagny					L2b		Bifurcatus	
Marnes à luthès de Pagny	Marnes à luthès de Pagny					L2a		Inférieur	
Marnes à luthès de Pagny	Marnes à luthès de Pagny					L2a		Inférieur	
Marnes à luthès de Pagny	Marnes à luthès de Pagny					L2a		Inférieur	
Calcaires de Dainville	Calcaires crayeux de Maxey			Rauracien		L1b		Oxfordien supérieur	
Calcaires crayeux de Maxey	Calcaires coralliens d'Euville + Craie de Sorcy/Calc. de Créue					L1a		Transversarium	
Calcaires coralliens d'Euville + Craie de Sorcy/Calc. de Créue	Calcaire de Haudiville								
Calcaire de Haudiville	Ooïlle de Pagny								
Ooïlle de Haudiville	Pierre d'Euville								
Calcaires à coraux de Foug	Marnes à coraux de Foug			Argovien		qC3		Inférieur	
Marnes à coraux de Foug	Marnes blanches des Esparges			Supérieur		eC3		Complexe réctal	
Marnes blanches des Esparges	Terrain à chailles			Inférieur		pC3		Plicatilis	
Terrain à chailles	Argiles de la Woèvre							Cordatum	
Argiles de la Woèvre								Mariae	

- Emersion
- Chailles
- Pédogenèse légère
- Serpules
- Bivalves indet. Et/ou débris
- Huîtres
- Gastéropodes
- Oolithes
- Oncolithes
- Polyptères solitaires et/ou débris
- Polyptères branchus
- Polyptères massifs/lamellaires

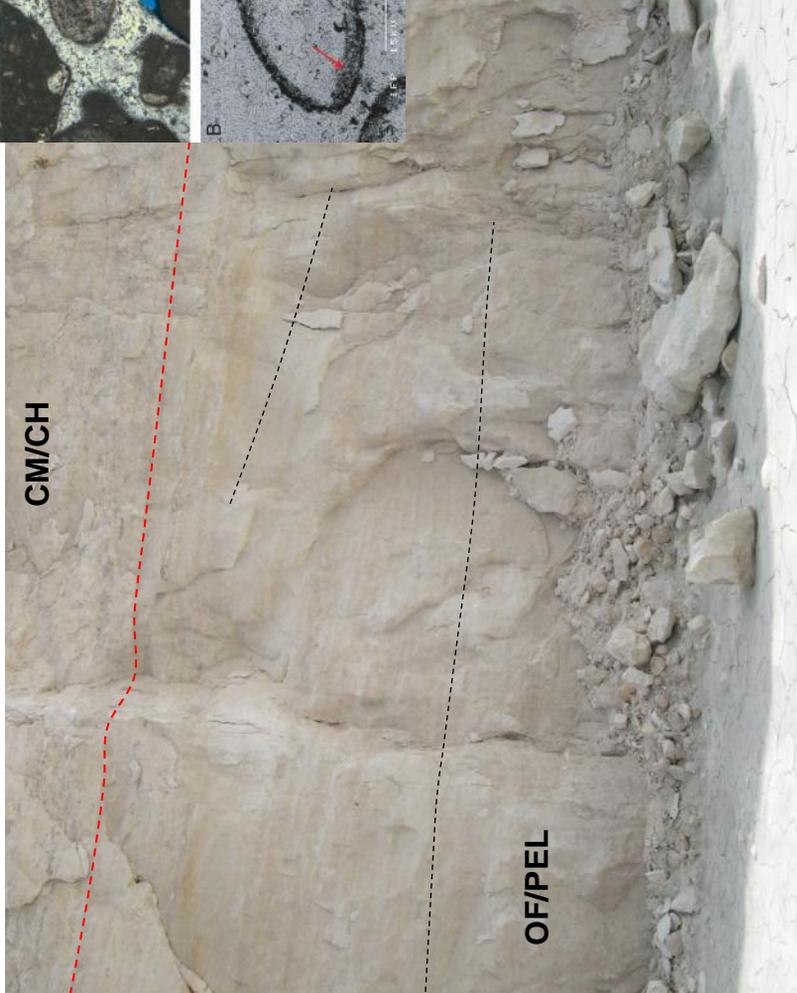
Carrière de Pagny/Meuse – Palier 1

HAU Sample



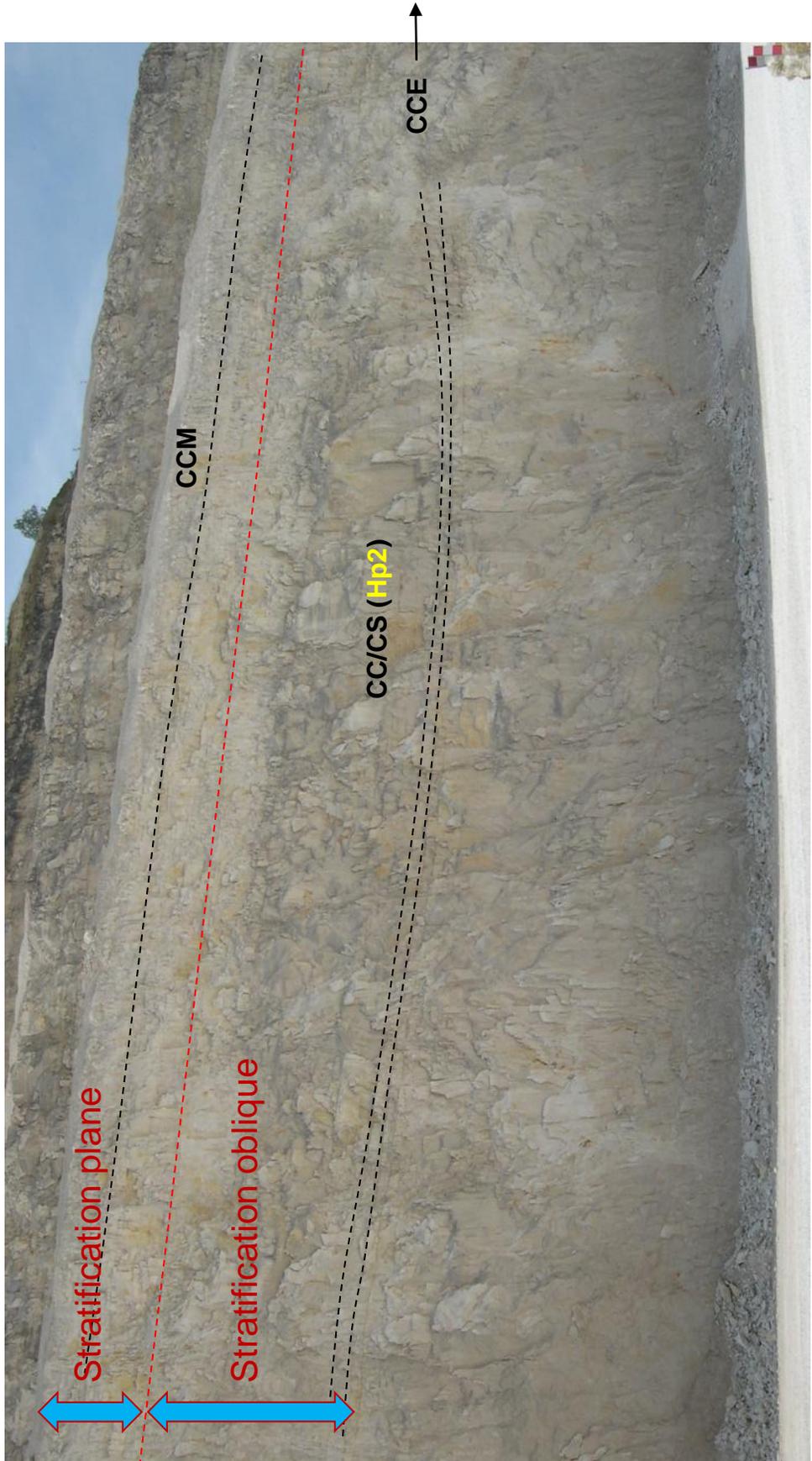
Vincent et al. (2011)

equivalent Hp1b



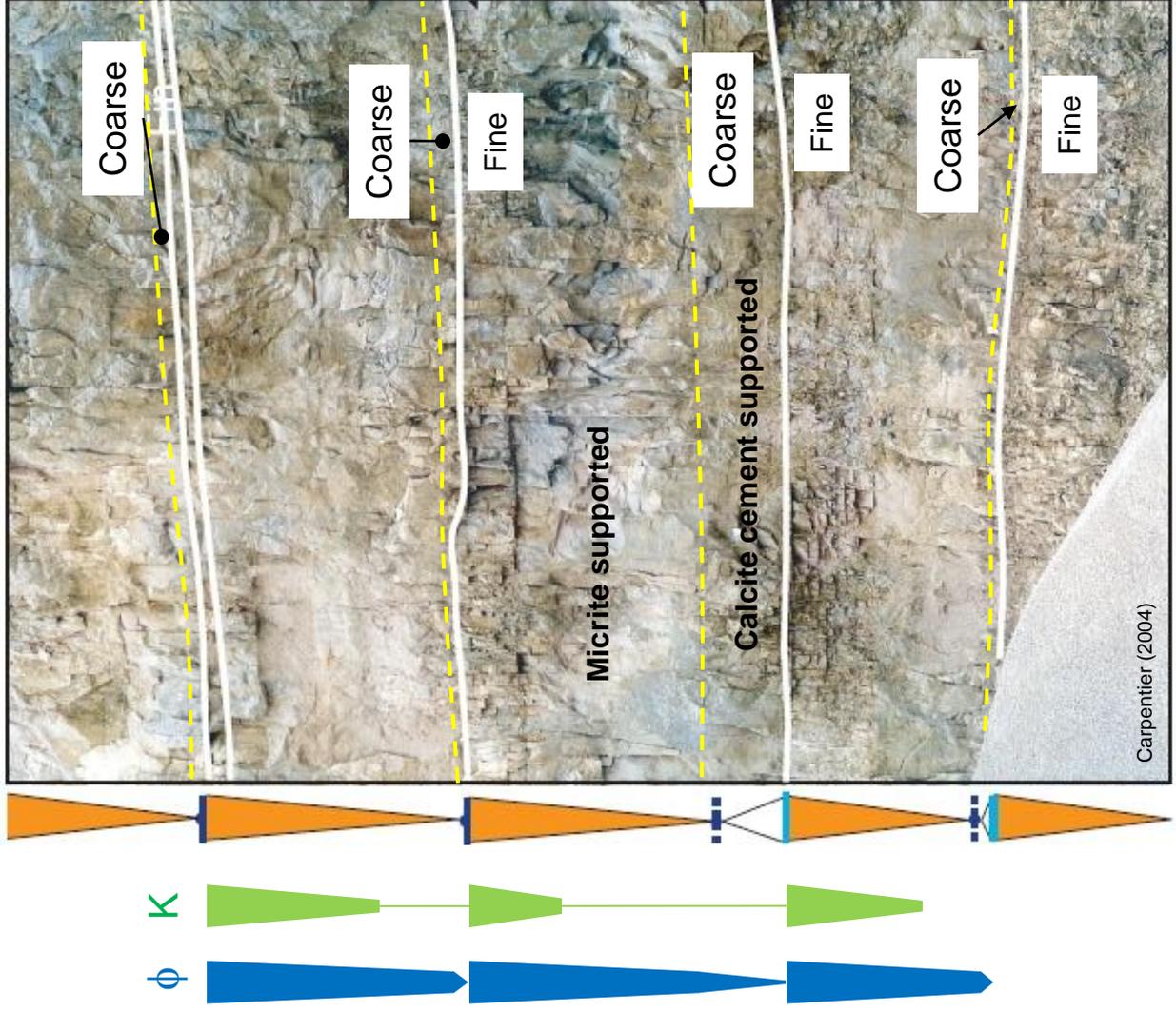
Faciès grossier ± poreux

Carrière de Pagny/Meuse – Palier 2

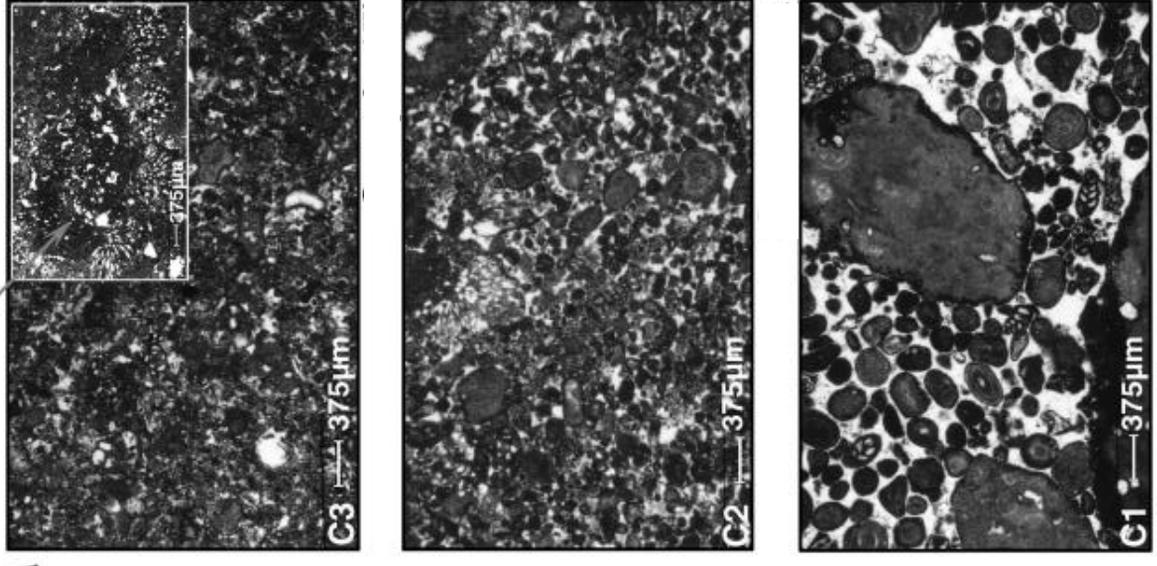


Carrière de Pagny/Meuse – Partie supérieure



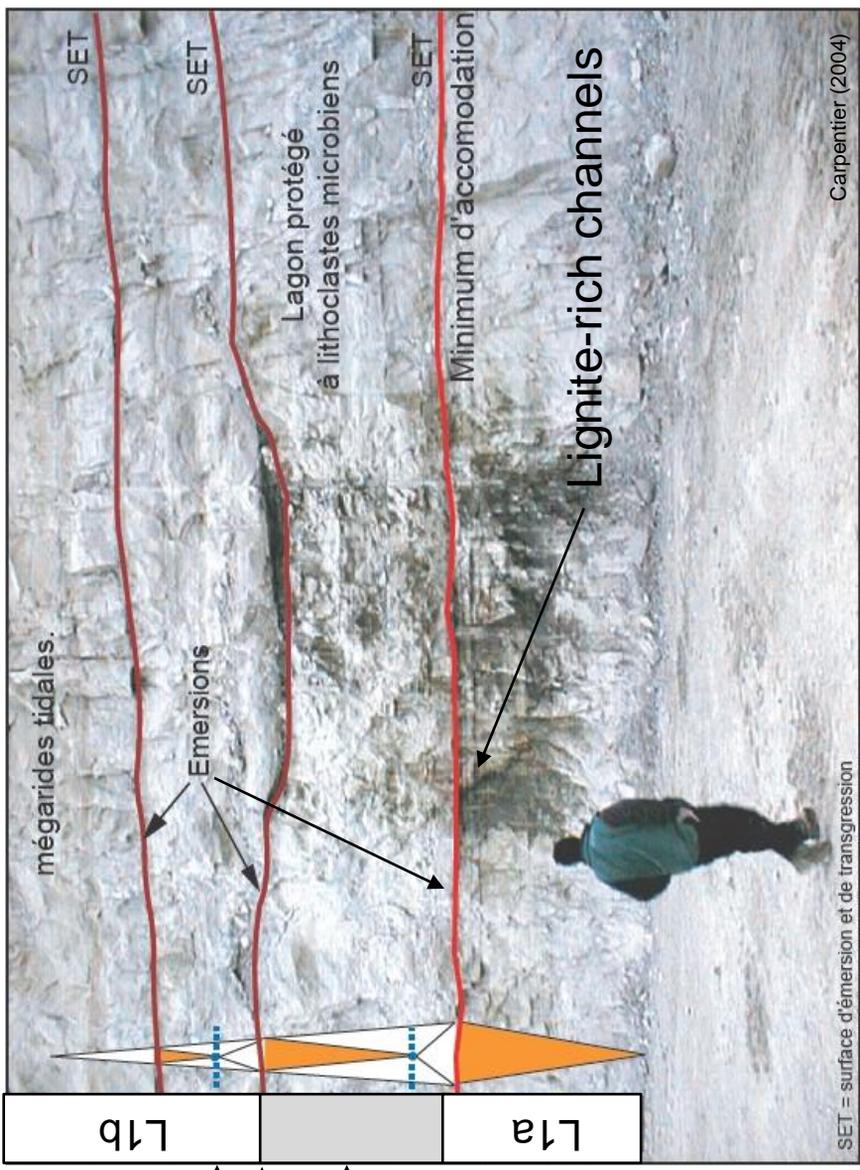
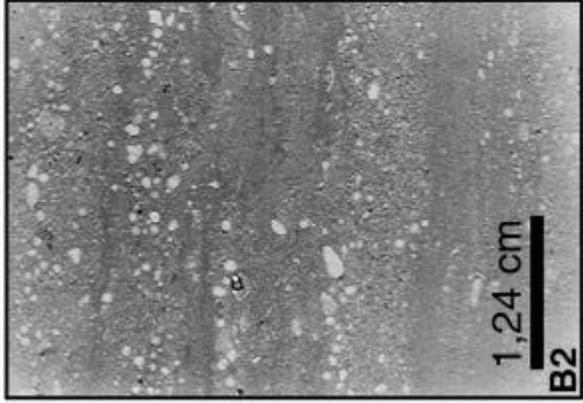


Detail of an encrustation by *Cayeuxia cyanobacteria*

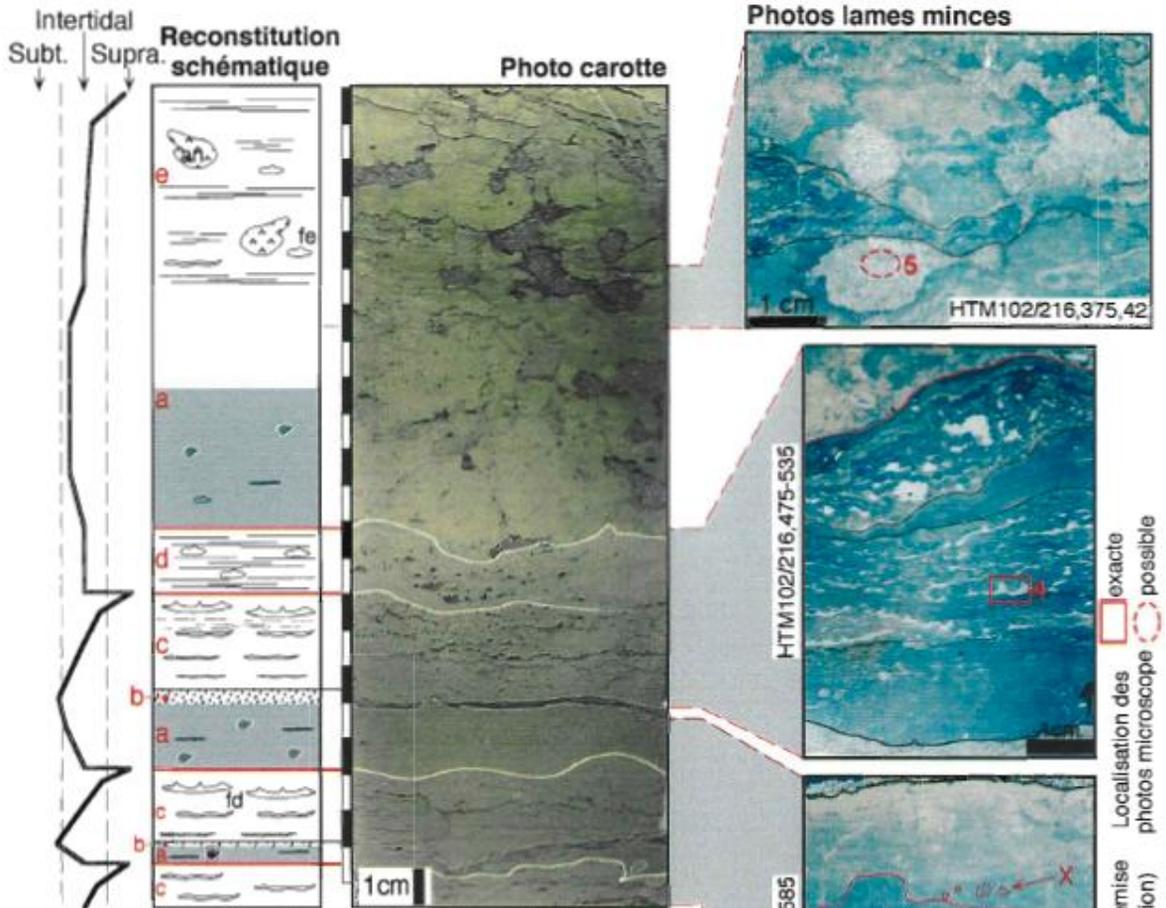


More and more proximal facies

Carrière de Pagny/Meuse – Passage Calcaires crayeux de Maxey/Calcaires de Dainville - **Equivalent Hp4**

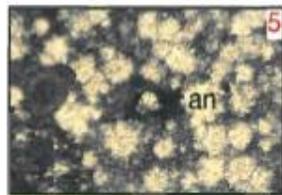


HTM102 – Passage Calcaires crayeux de Maxey/Calcaires de Dainville - Hp4



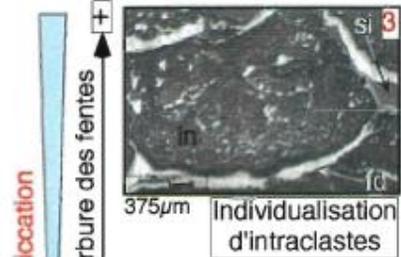
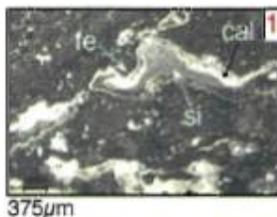
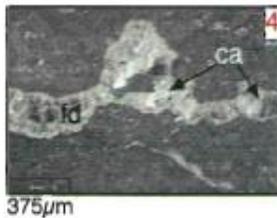
Vincent (2001)

(a) : micrite fine, localement laminée, à ostracodes, petits foraminifères (Miliolidae) et très rares charophytes. (b) : Niveaux granulaires discontinus (styloolithes) à péloïdes, gavelles, foraminifères benthiques. (c) : micrite fine (a) à fentes de dessiccation et fenestrae partiellement remplies par un ciment anisopaque synsédimentaire (photo 4) et/ou par des sédiments internes micritiques (photos 1, 3). Développement plus important et courbures prononcées des fentes au sommet des ensembles c = dessiccation plus intense (photo 3). (d) : structure stromatolithique à fenestrae. (e) : niveau complexe à structures stromatolithiques fenestrae, et terriers remplis de matériel granulaire (b) et montrant des structures en "chicken-wire" (photo 5).

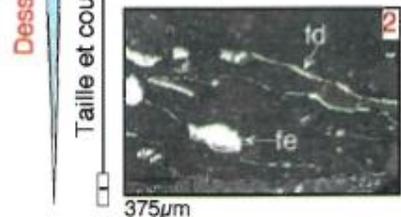


Structure en "chicken-wire"

- an : fantôme d'anhydrite
- ca : ciment anisopaque
- cal : ciment anisopaque laminé
- fd : fente de dessiccation
- fe : fenestrae
- in : intraclaste
- si : sédiment interne



Individualisation d'intraclastes

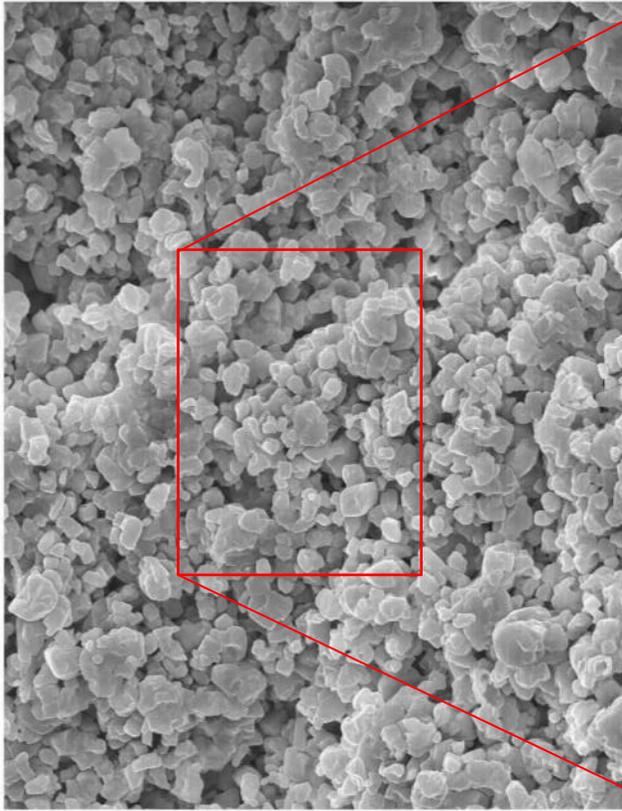


Dessiccation

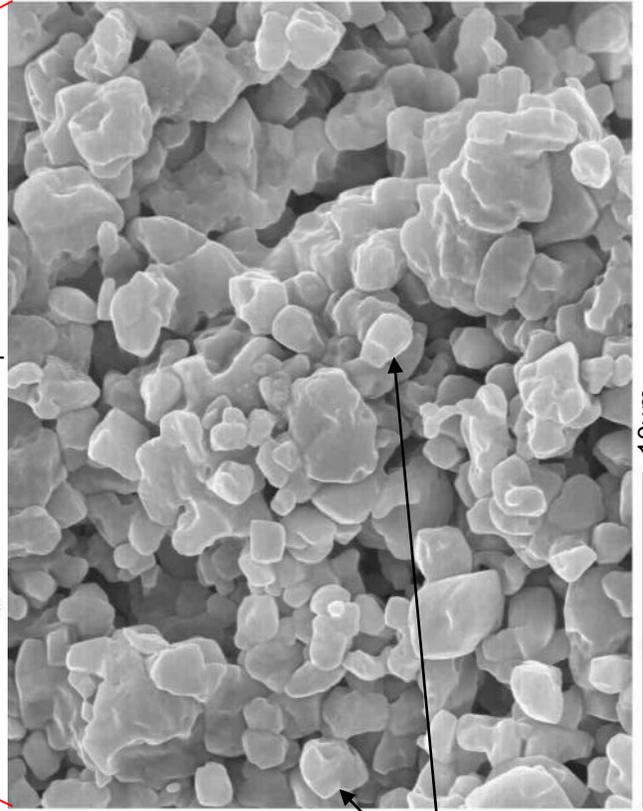
Taille et courbure des fentes

(X) démantèlement (remise en eau après dessiccation)  
 Localisation des photos microscope  
 exacte possible

Calcaires crayeux de Maxey – Pétrographie

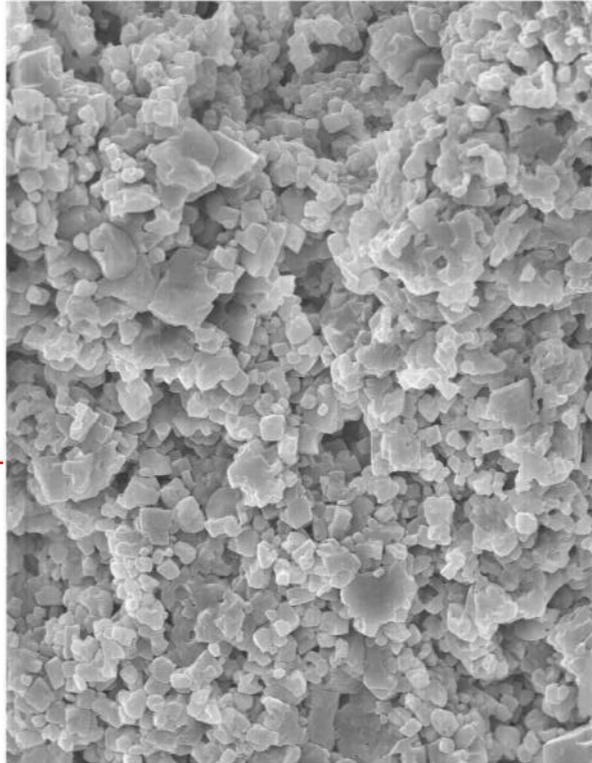


30µm



10µm

dissolution

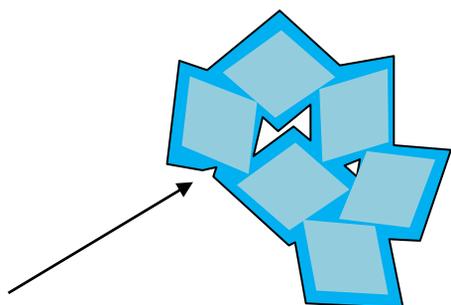
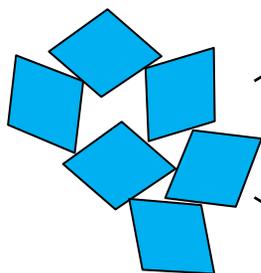


30µm

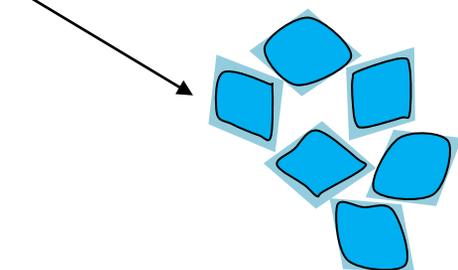
Cristaux de calcite arrondis

Calcaires crayeux de Maxey – Pétrographie

Micrite initiale



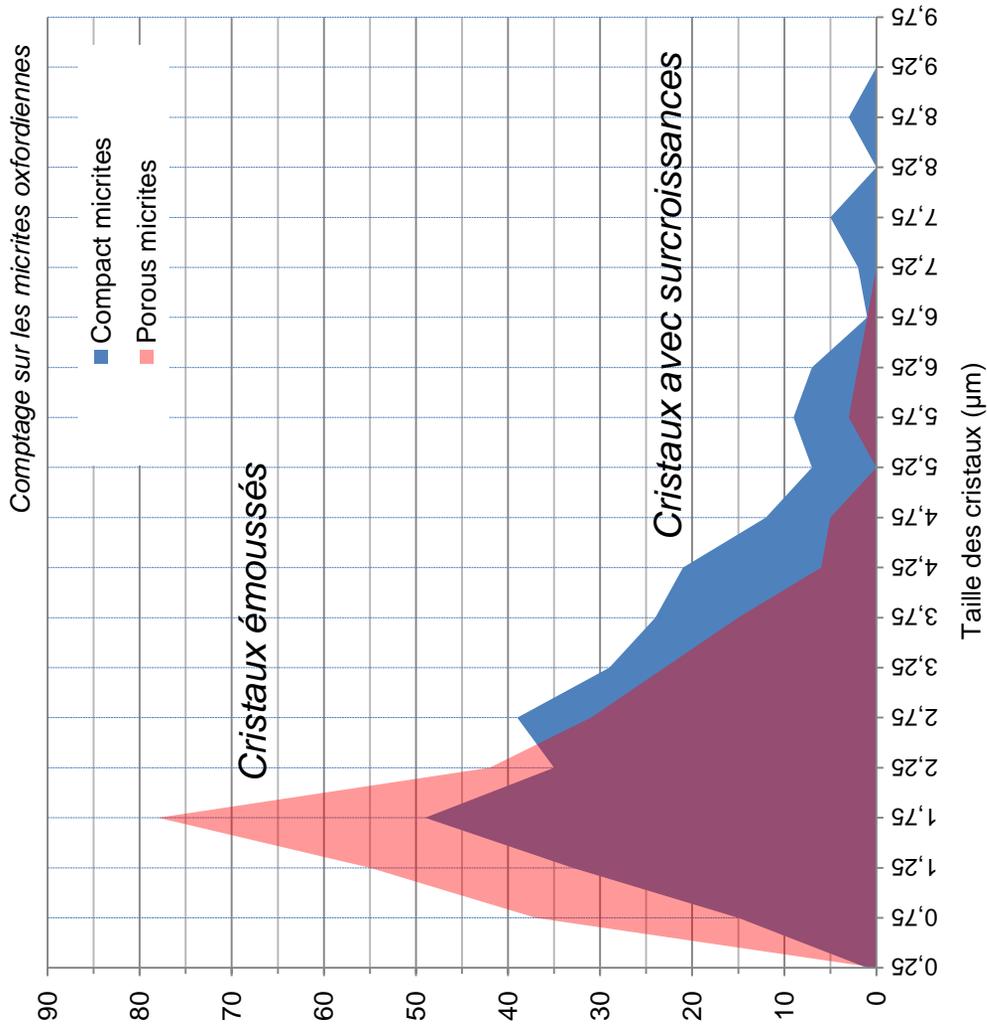
Micrite compacte  
cimentée



Micrite poreuse  
dissoute

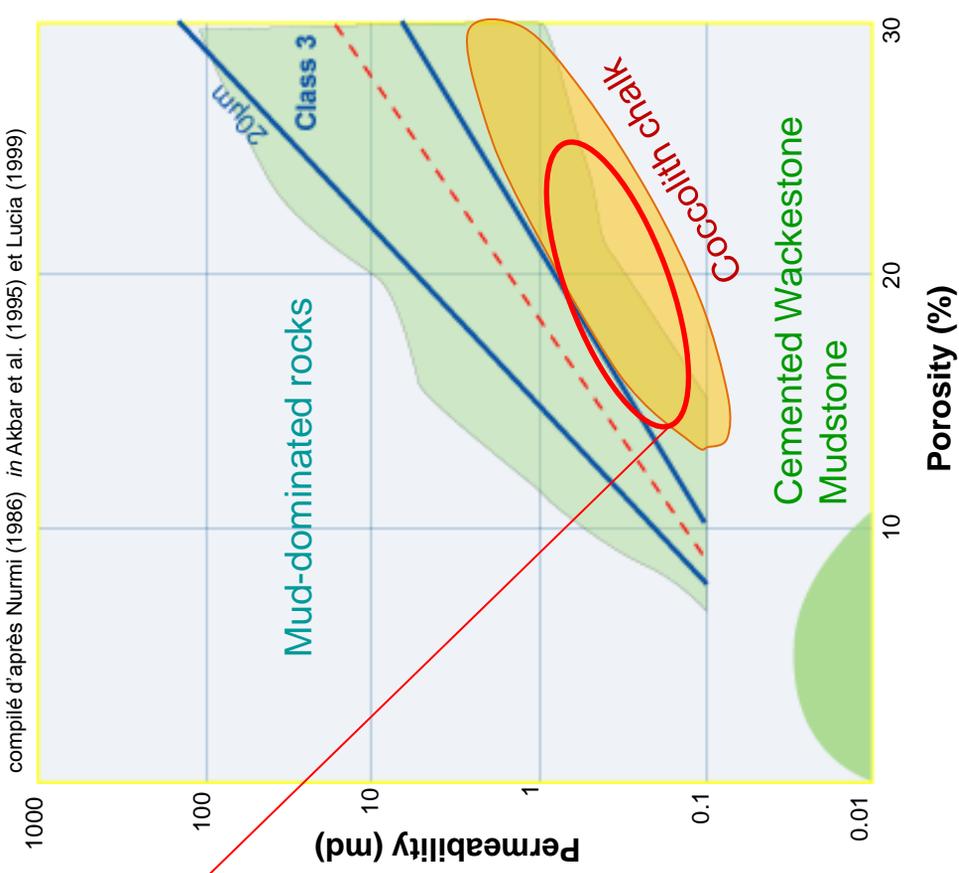
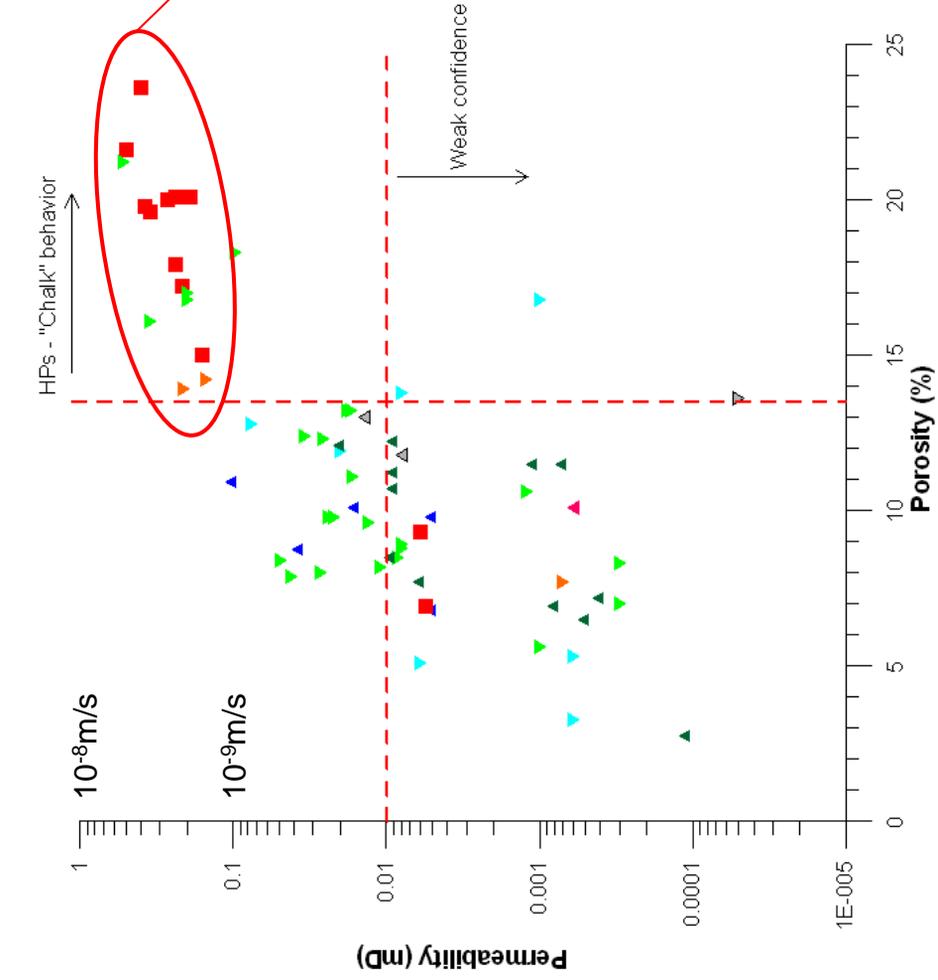


L'injection de résine colorée en bleu en lame mince donne une teinte à l'ensemble de la micrite



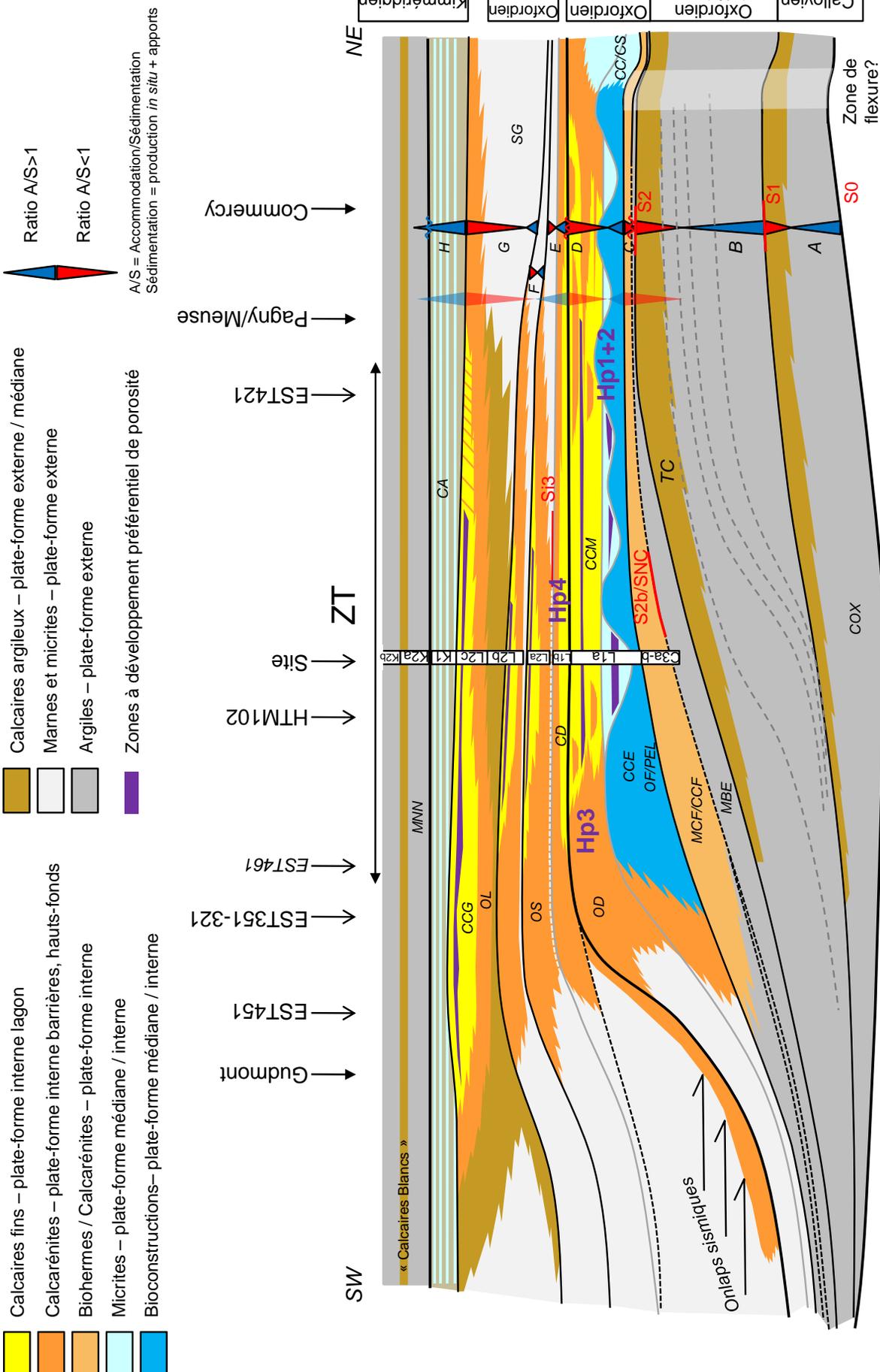
# Calcaires crayeux de Maxey – Pétrophysique

## Calcaires crayeux de Maxey



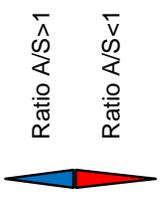


# Vision conceptuelle de l'extension des Hps à l'échelle du secteur après FSP et FZT



- Calcaires fins – plate-forme interne lagon
- Calcarénites – plate-forme interne barrières, hauts-fonds
- Biohermes / Calcarénites – plate-forme interne
- Micrites – plate-forme médiane / interne
- Bioconstructions – plate-forme médiane / interne

- Calcaires argileux – plate-forme externe / médiane
- Marnes et micrites – plate-forme externe
- Argiles – plate-forme externe
- Zones à développement préférentiel de porosité



A/S = Accommodation/Sédimentation  
 Sédimentation = production *in situ* + apports



Carrière de Pagny/Meuse – Partie supérieure et découverte

Marnes à figures de tempêtes

Bioherme



- Grossier
- Plus cimenté
- Moins poreux que CCM

SG

CD

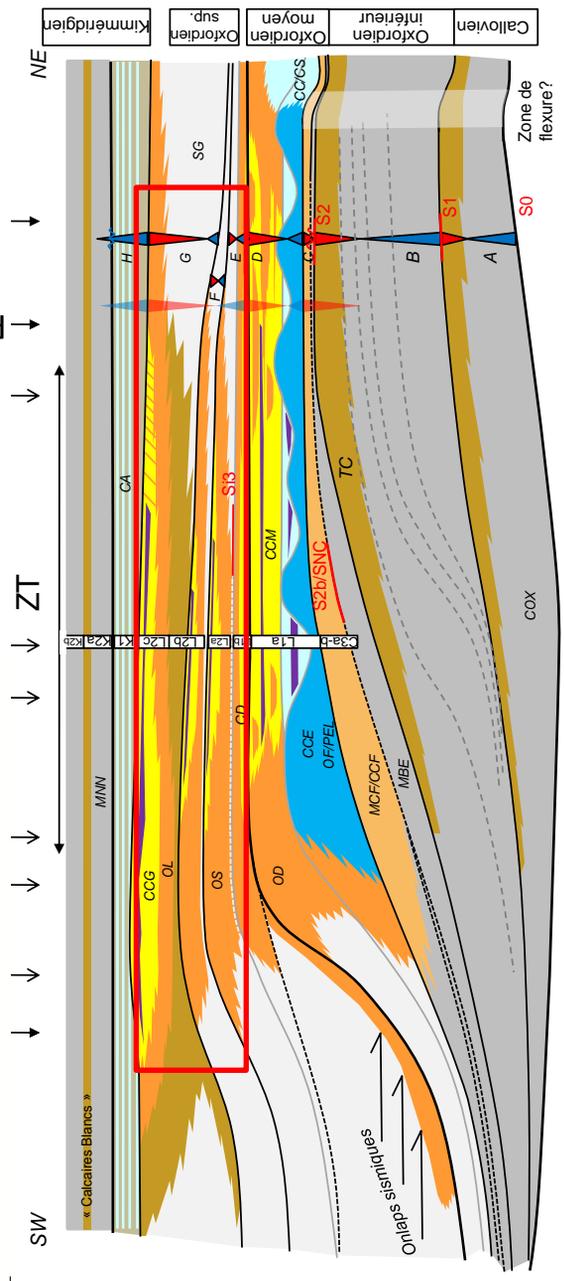
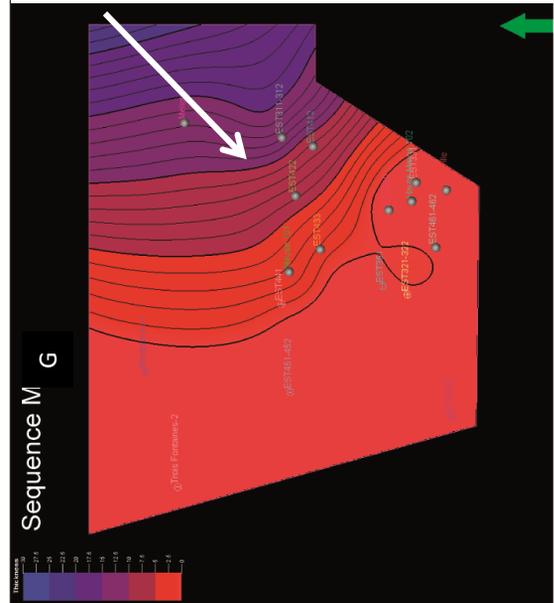
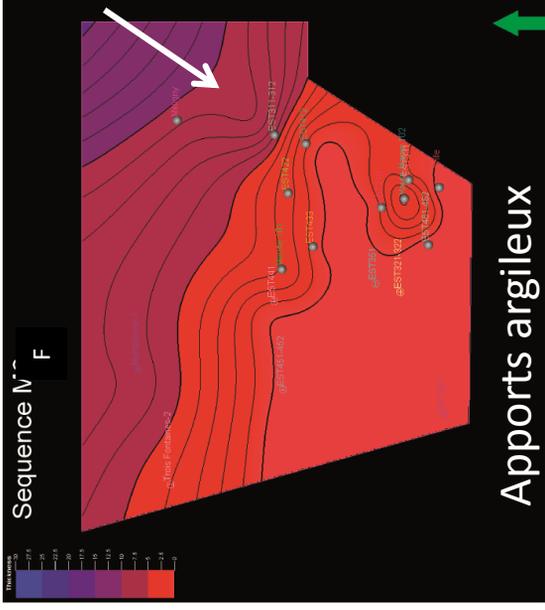
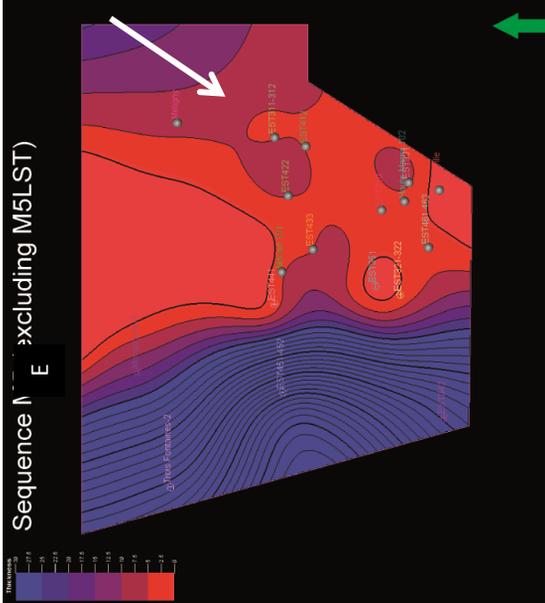
CCM

L2a

L1b

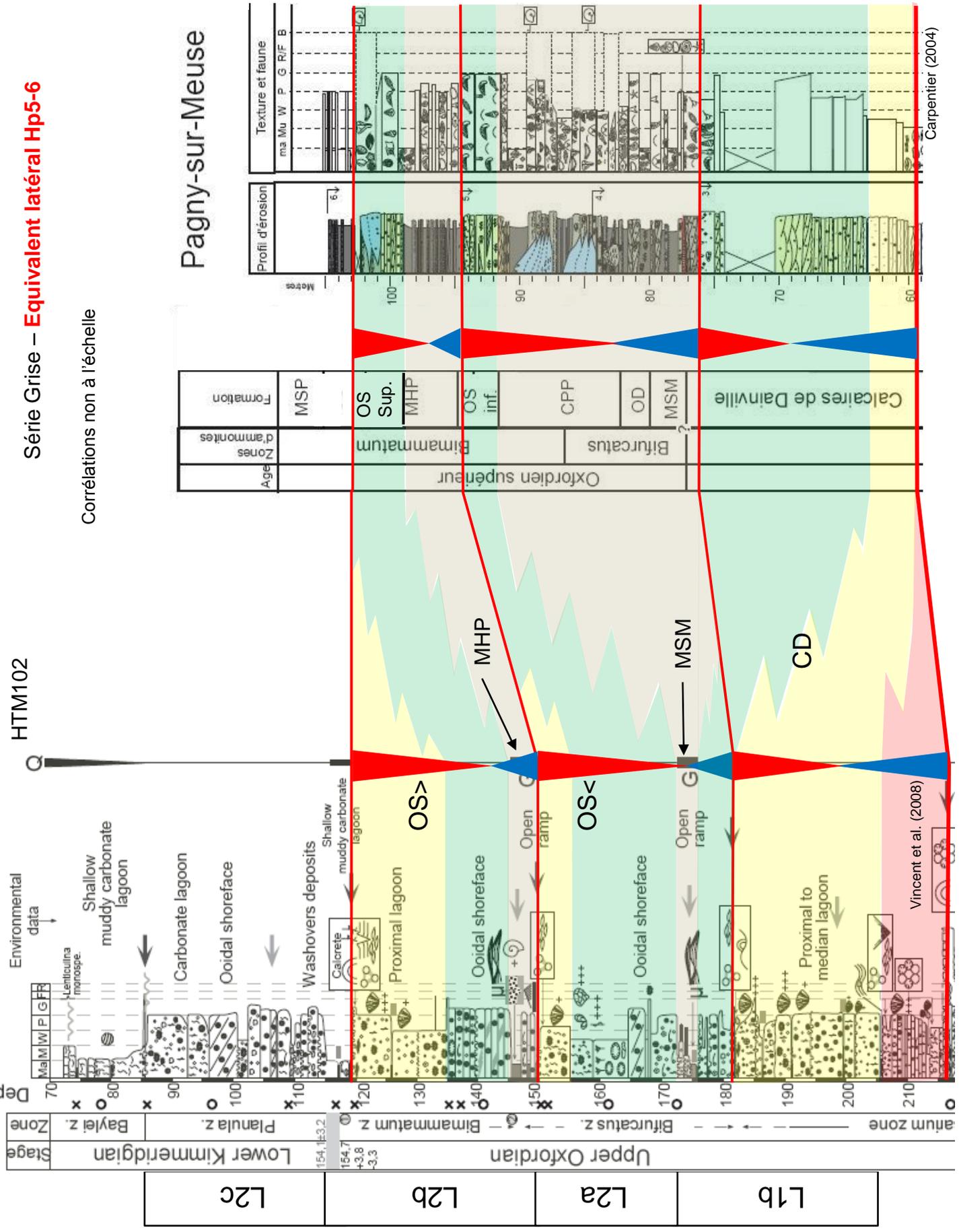
L1a

# Série Grise – Apports argileux du NE



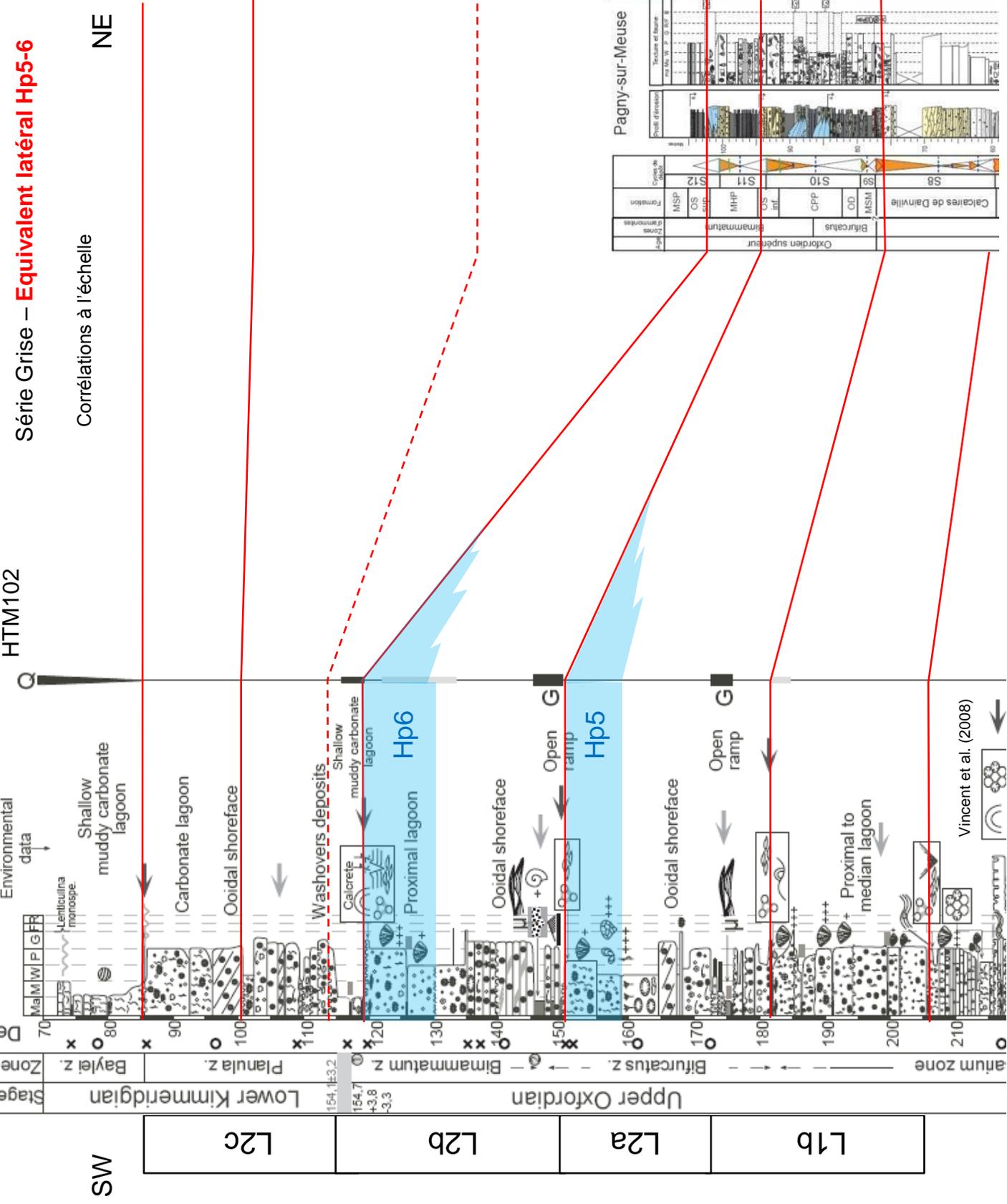
# Série Grise – Equivalent latéral Hp5-6

Corrélations non à l'échelle

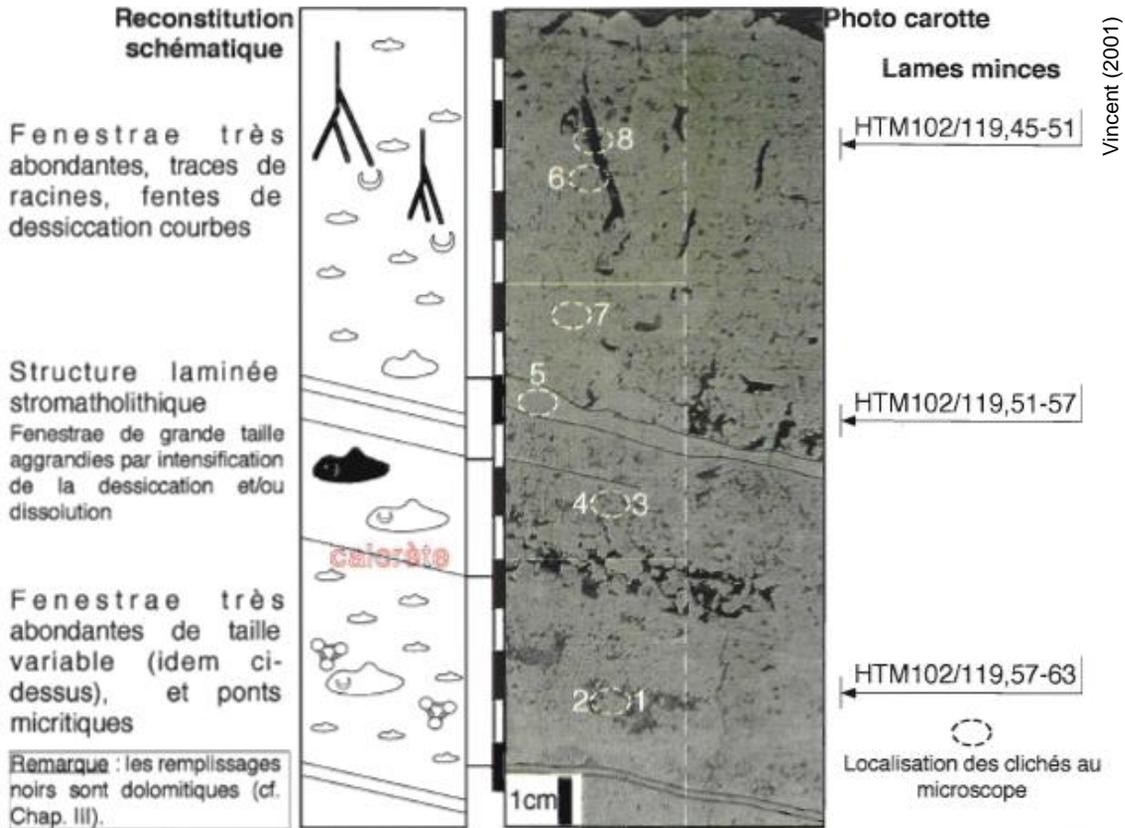


Carpentier (2004)

Vincent et al. (2008)

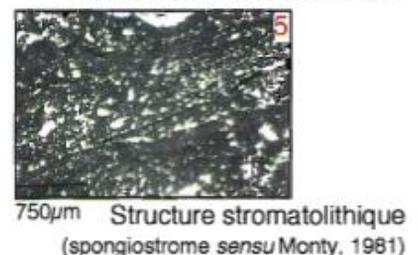
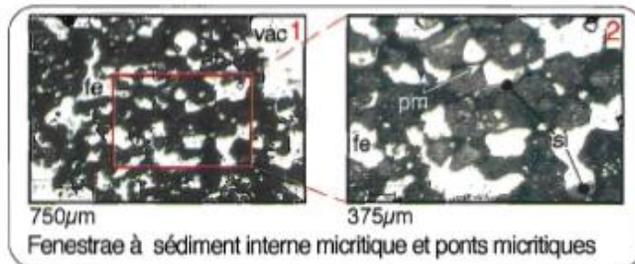
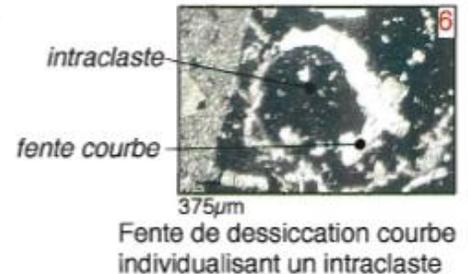
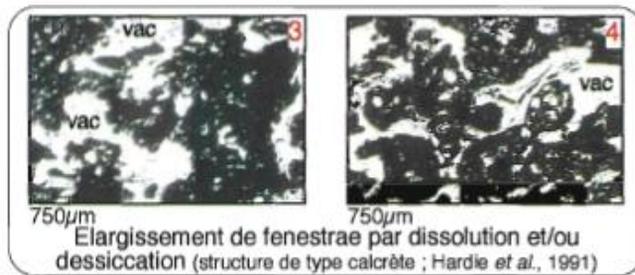
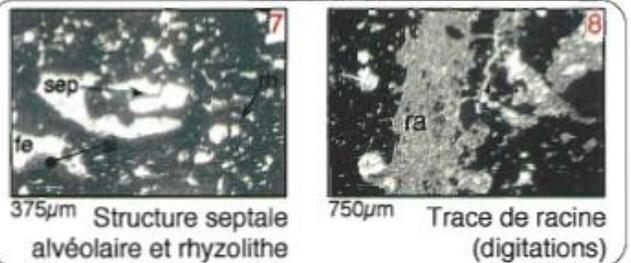


HTM102 – Hp6

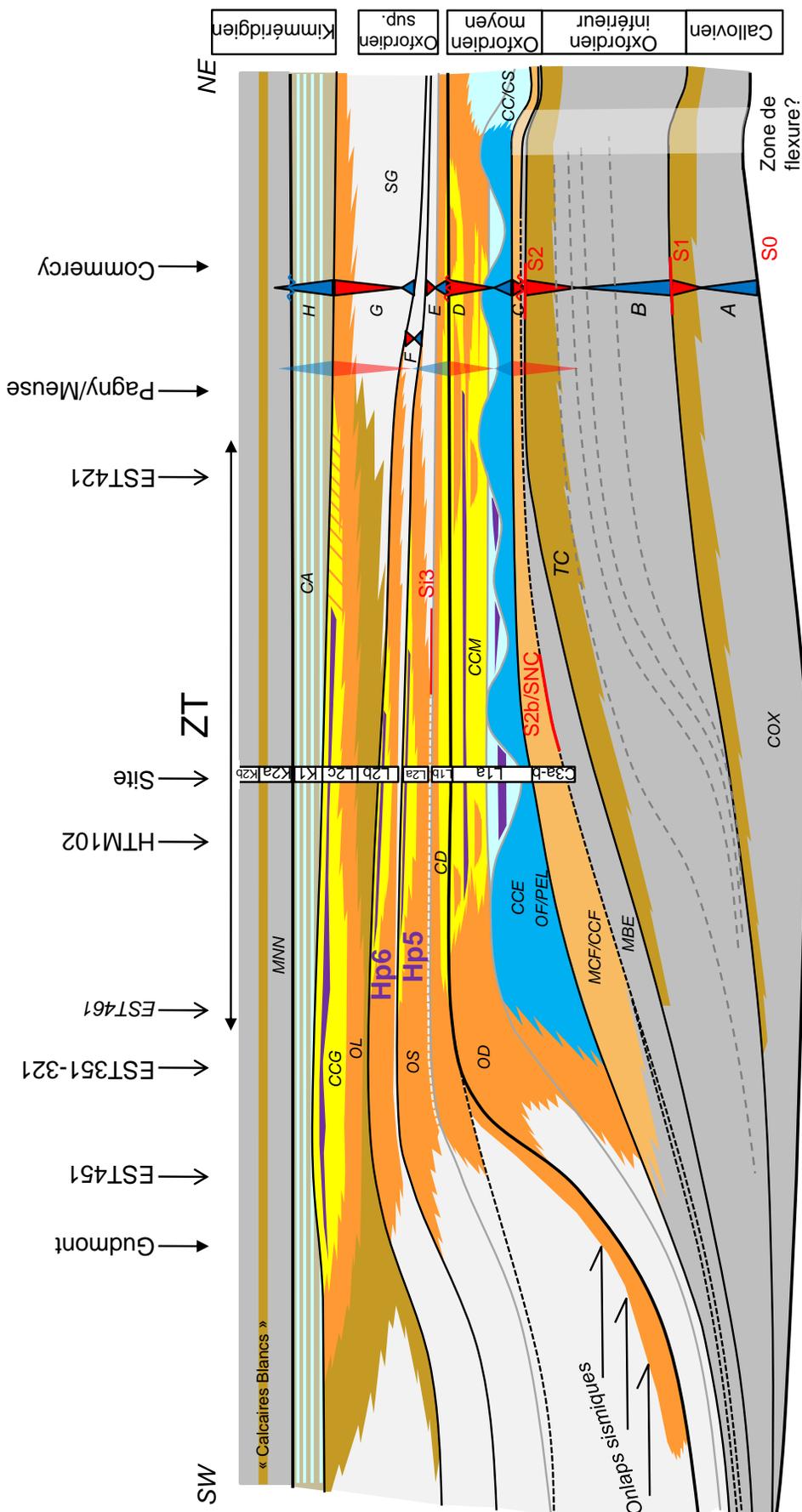


Vincent (2001)

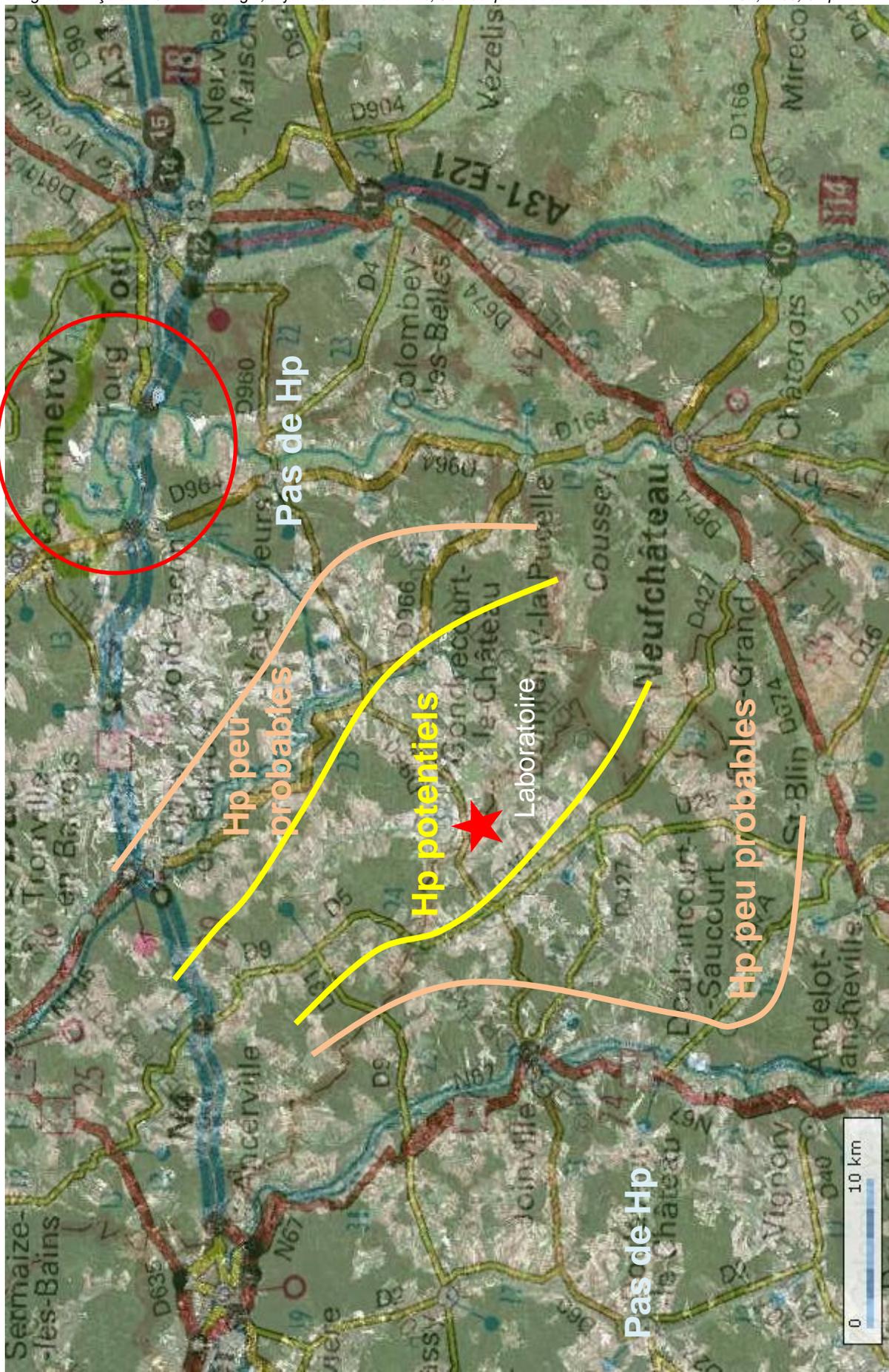
fe : fenestrae  
pm : ponts micritiques  
ra : trace de racine (remplie de dolomite)  
rh : rhyzolithes  
si : sédiment interne  
vac : vacuole de dissolution et/ou dessiccation

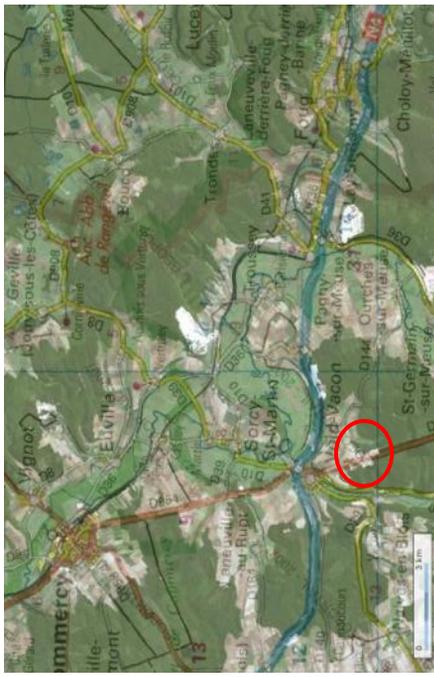


# Vision conceptuelle de l'extension des Hps à l'échelle du secteur après FSP et FZT



Extension des faciès les plus favorables  
le développement des HP5 et 6



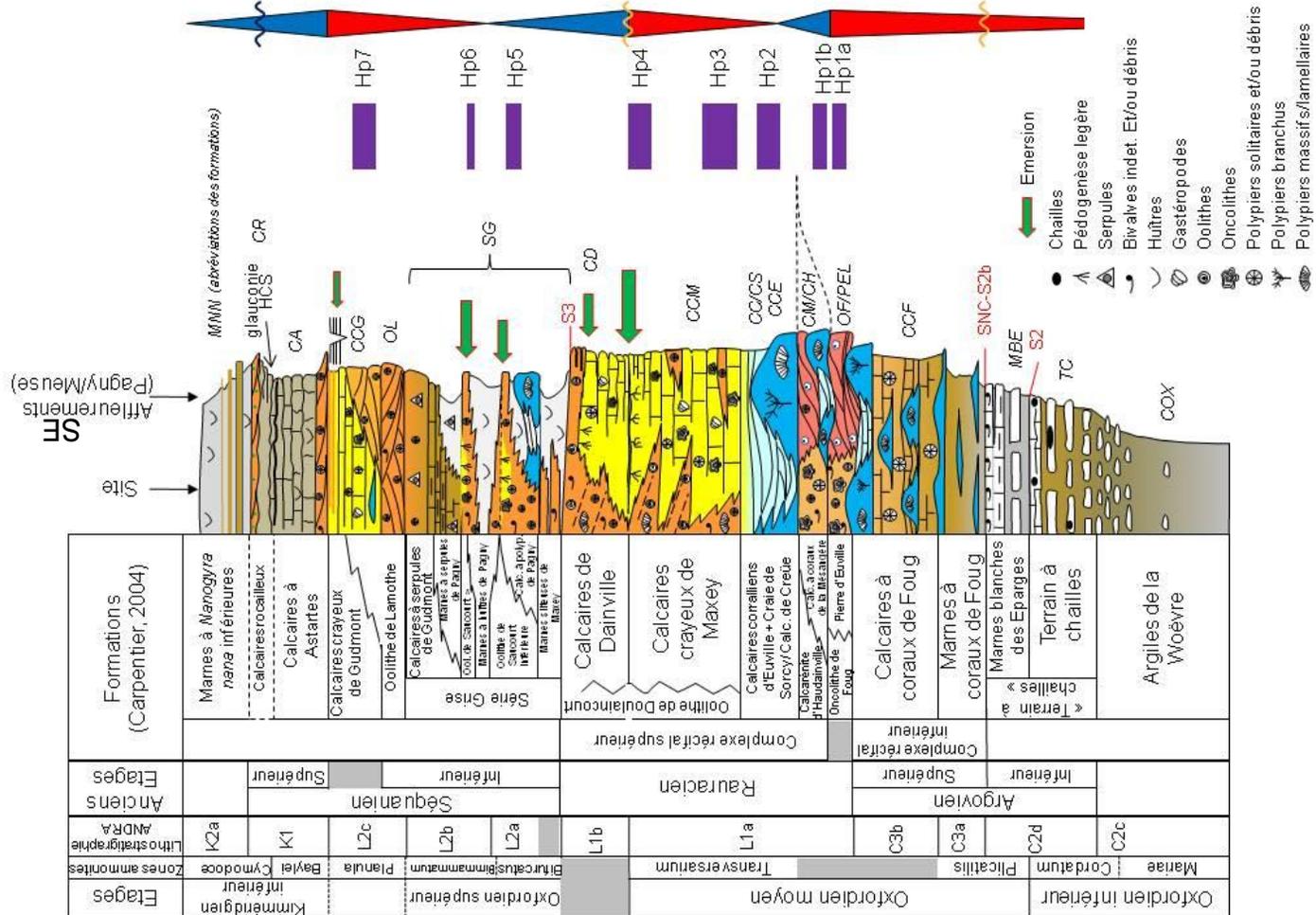


Void (Eurovia)

Pagny/Meuse

Evuille

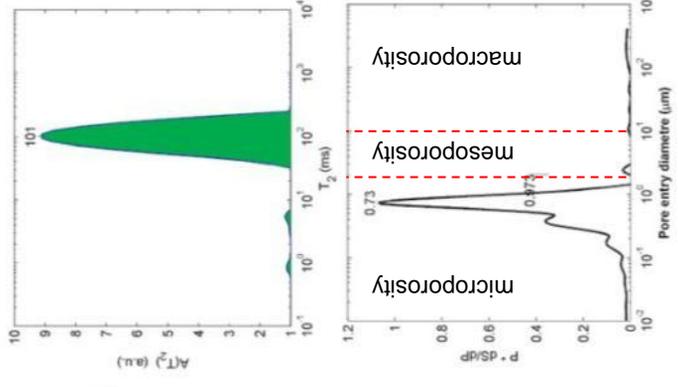
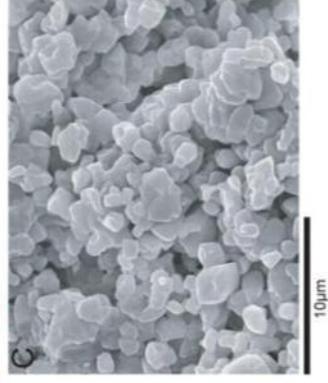
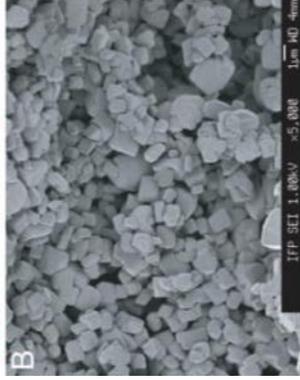
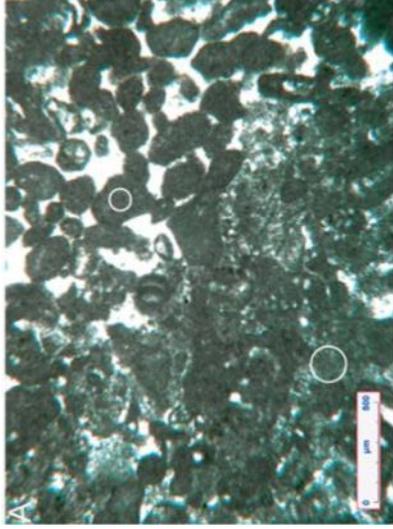
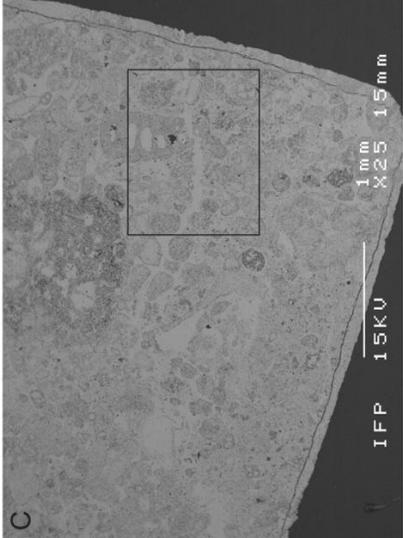
Foug



Carrière de Void (Eurovia) – Calcaires crayeux de Gudmont, Calcaires à Astartes, Marnes à Nanogyra inférieures



# Eq. Calcaires crayeux de Gudmont – Hp7

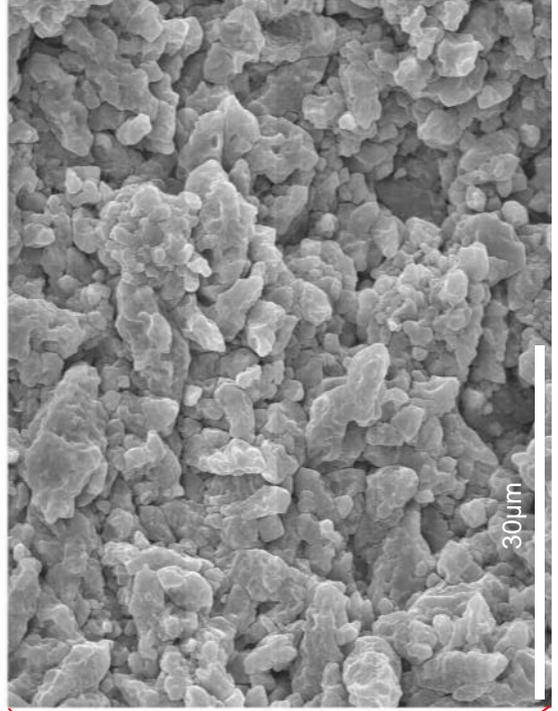


$\Phi = 22.7\%$   $\rightarrow$  Macro  $\Phi = 0\%$   
 $\Phi = 22.7\%$   $\rightarrow$  Micro  $\Phi = 97.3\%$   
 $K = 0.45 mD$

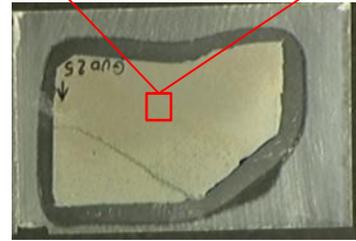
Calcaires à Astartes



Mudstone fin sans clastes ni figures sédimentaires



Mudstone bioturbé  
Les terriers ressortent via l'oxydation de la MO



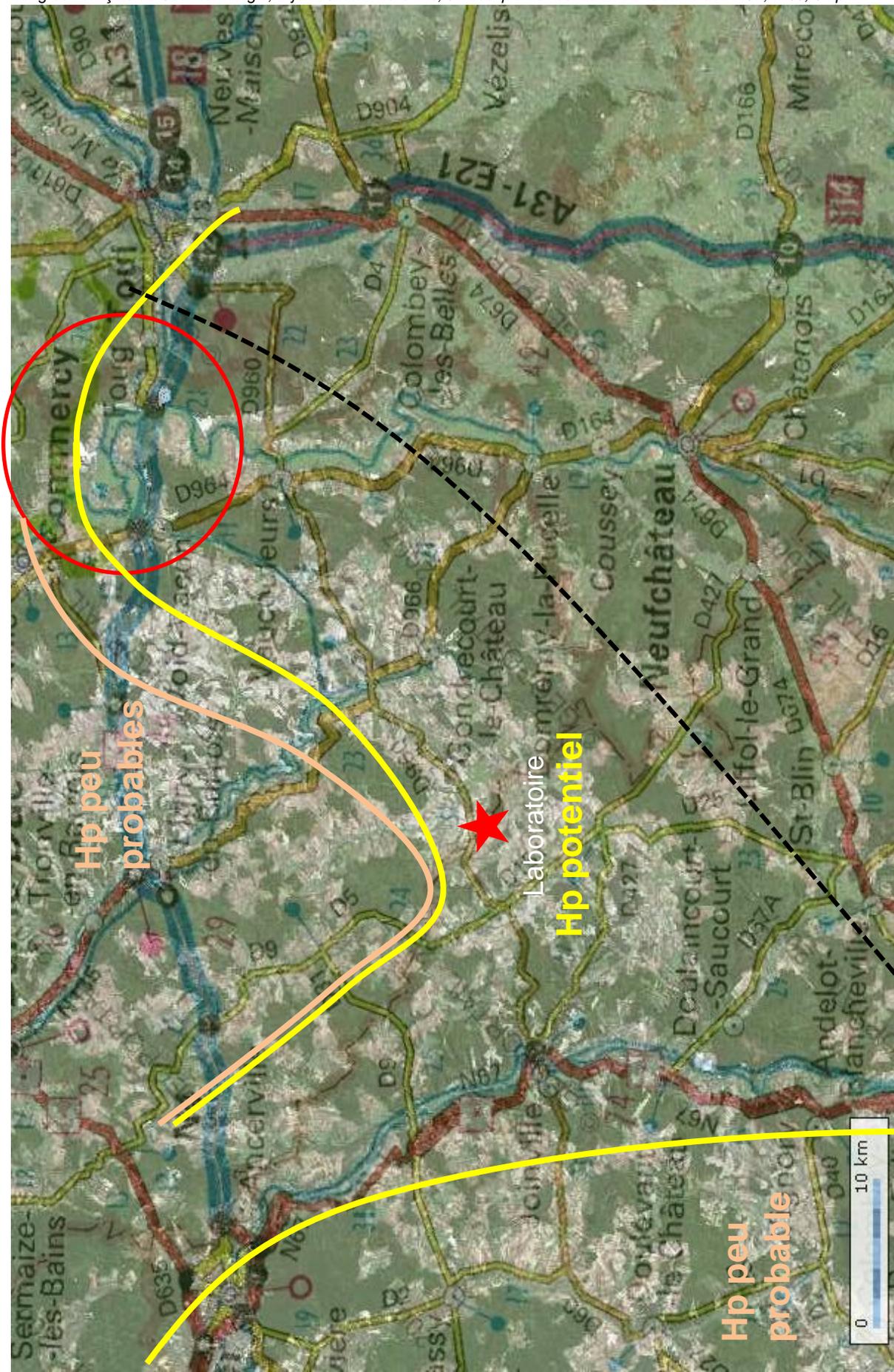
Micrite compacte  
(Calcaires à Astartes)



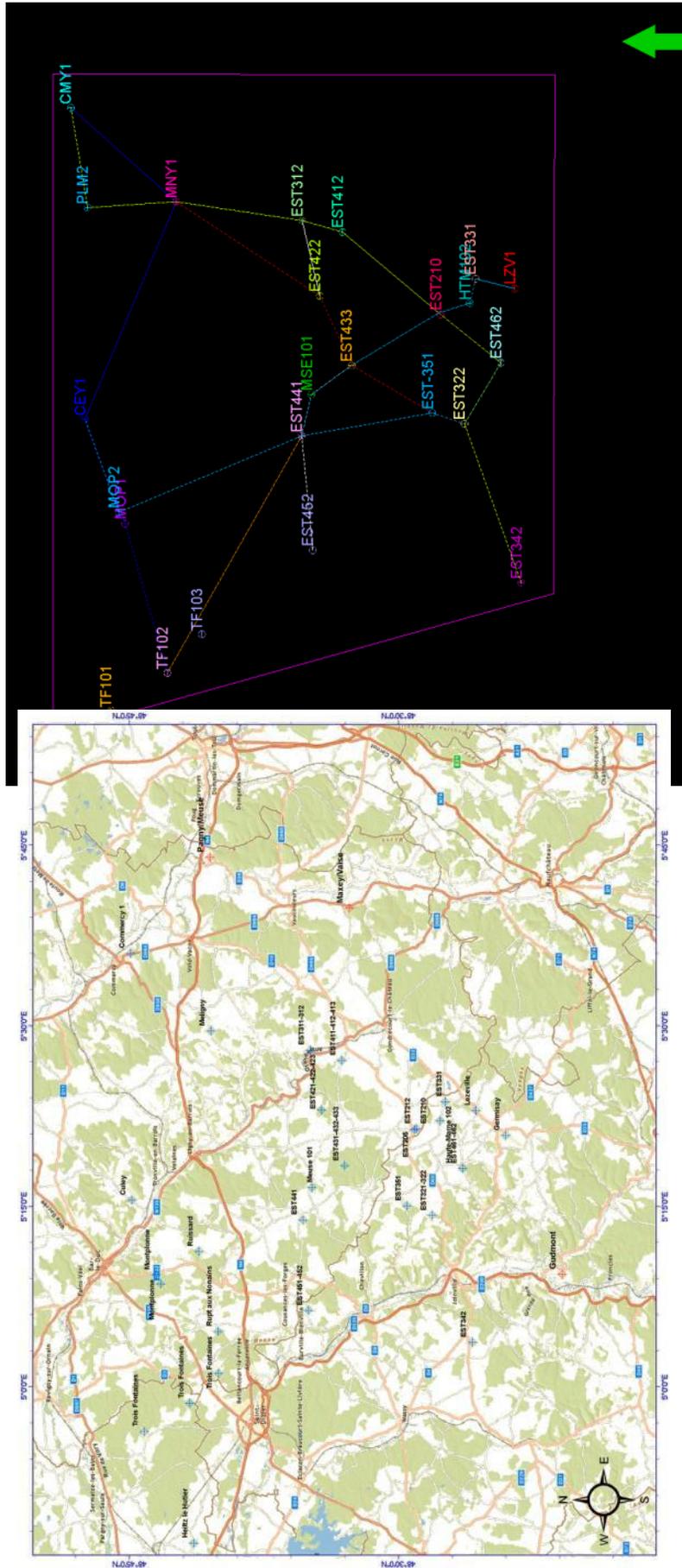
Micrite poreuse  
(Calcaires crayeux de  
Gudmont)

*Lames minces imprégnées à la résine teintée*

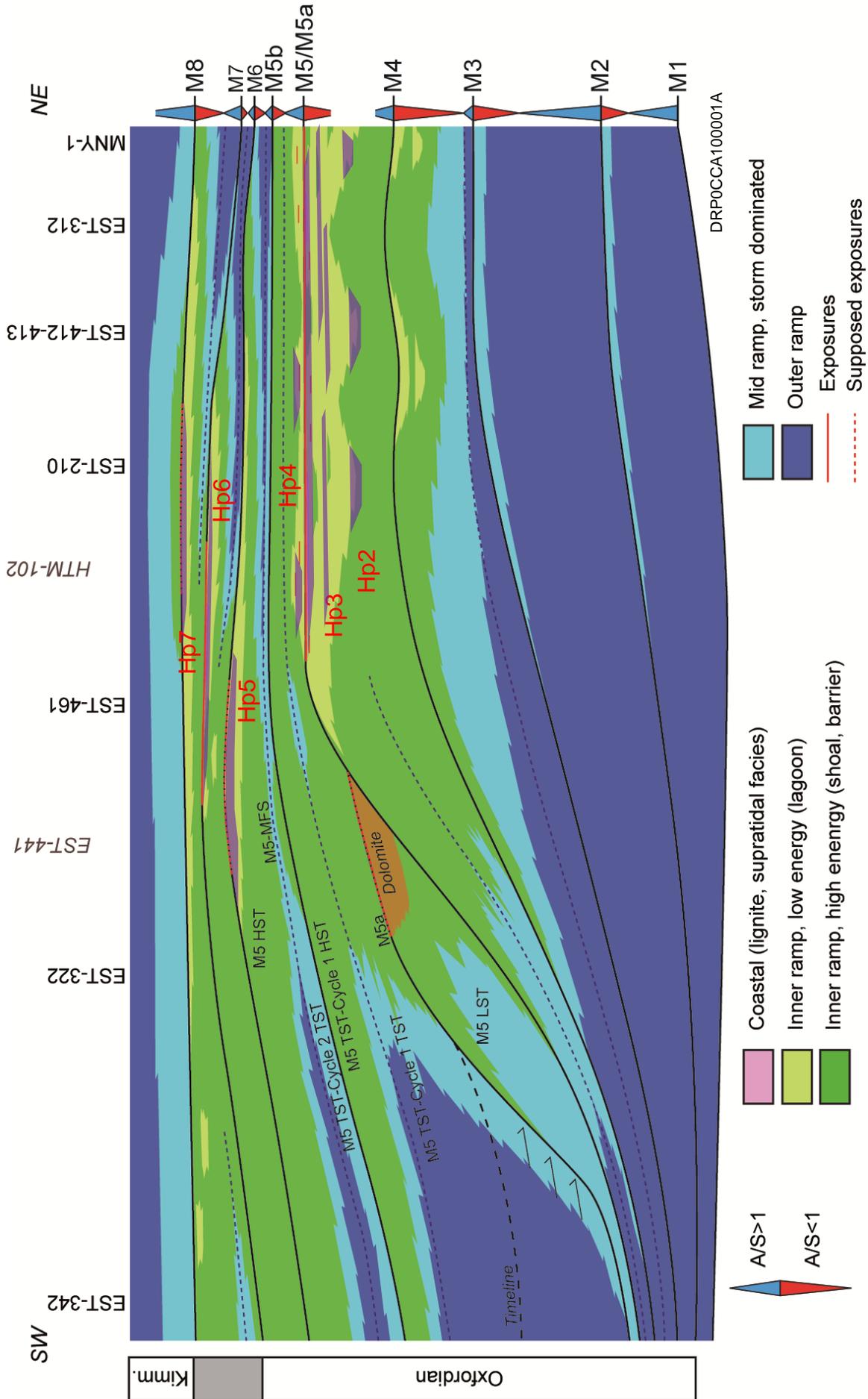
Extension des faciès favorables pour le développement de Hp7



Static geological model



Static geological model



Kimm. Ordovician

SW

EST-342

EST-322

EST-441

EST-461

HTM-102

EST-210

EST-412-413

EST-312

MNY-1

NE

M8

M7

M6

M5b

M5/M5a

M4

M3

M2

M1

DRPOCCA100001A

A/S > 1

A/S < 1

Coastal (lignite, supratidal facies)

Inner ramp, low energy (lagoon)

Inner ramp, high energy (shoal, barrier)

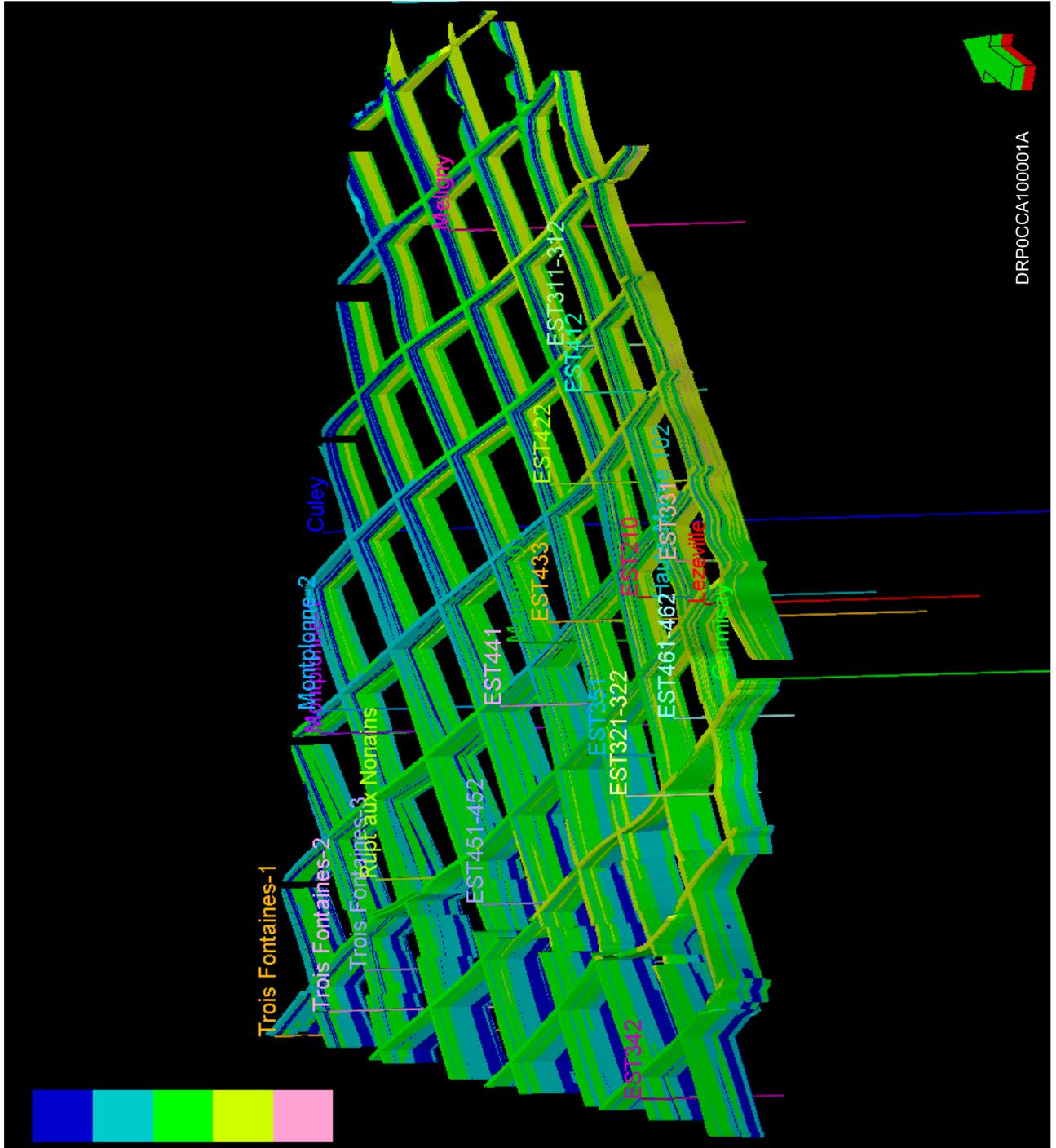
Mid ramp, storm dominated

Outer ramp

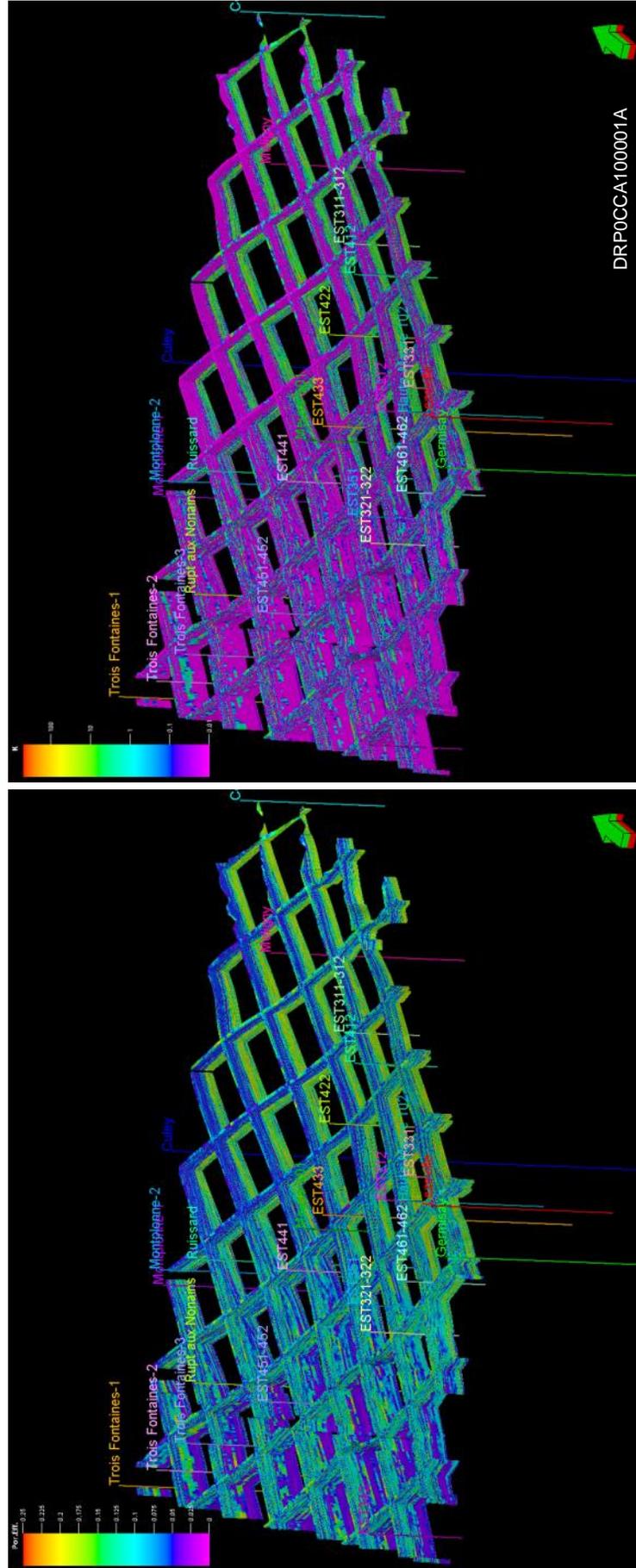
Exposures

Supposed exposures

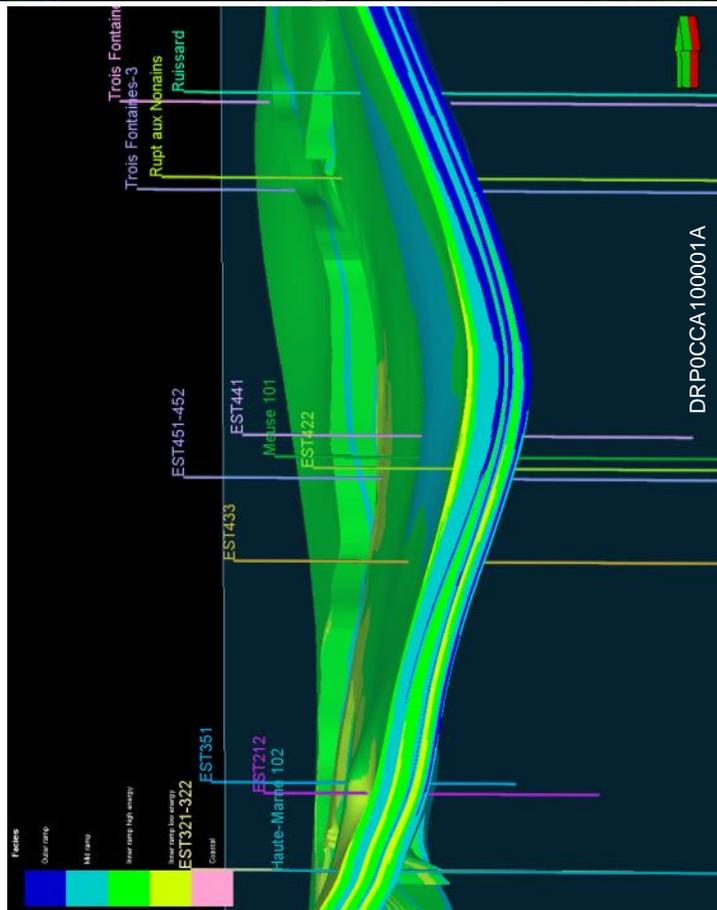
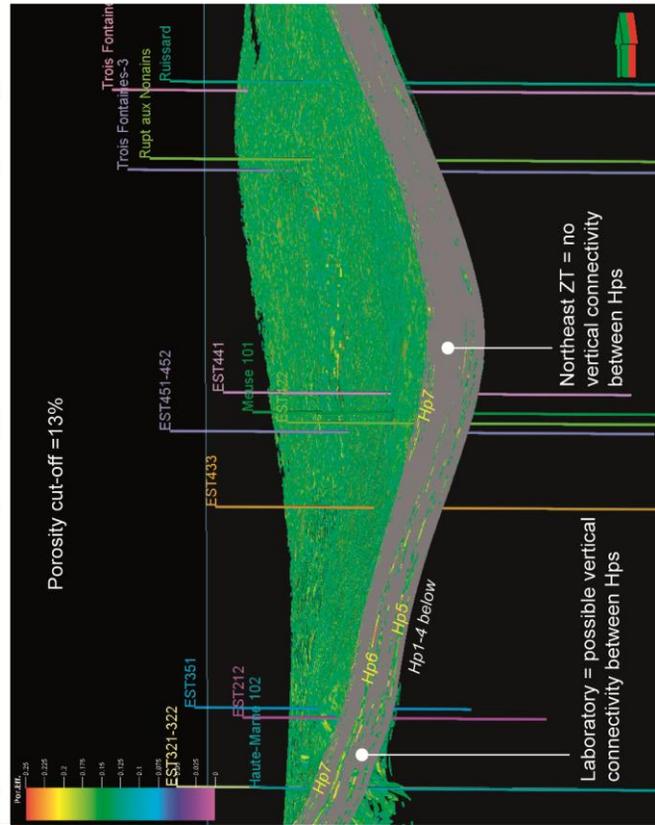
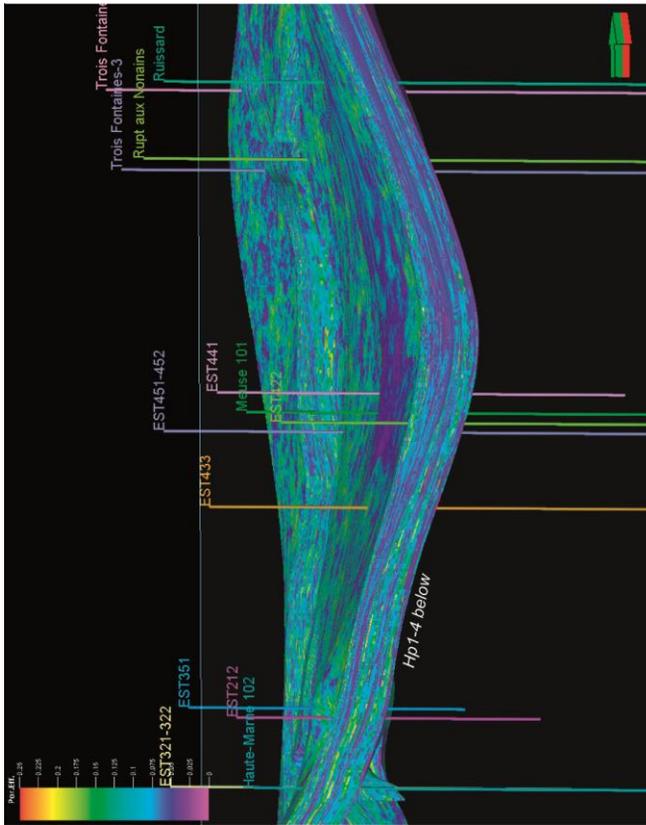
Static geological model



Static geological model



Static geological model



## Bibliographie

AKBAR, M., PETRICOLA, M., WATFA, M., BADRI, M., CHARARA, M., BOYD, A., CASSELL, B., NURMI, R., DELHOMME, J. P., GRACE, M., KENYON, B. et ROESTENBURG, J., 1995, Classic Interpretation Problems: Evaluating Carbonates. *Oilfield Review*, 38-57.

BRIGAUD, B., 2009, *Influence du contexte sédimentaire et de la diagenèse sur les propriétés pétrophysiques du Dogger calcaire de l'Est du Bassin de Paris*. PhD thesis. Dijon, Université de Bourgogne, 340 p.

BRIGAUD, B., DURLET, C., DECONINCK, J.-F., VINCENT, B., PUCEAT, E., THIERRY, J. et TROUILLER, A., 2009, Facies and climate/environmental changes recorded on a carbonate ramp: A sedimentological and geochemical approach on Middle Jurassic carbonates (Paris Basin, France). *Sedimentary Geology*, **222**: 181-206.

CARPENTIER, C., 2004, *Géométries et environnements de dépôt de l'Oxfordien de Lorraine*. Thèse de Doctorat. Nancy, Université Henri Poincaré, 470 p.

LANDREIN, P., VIGNERON, G., DELAY, J., LEBON, P. et PAGEL, M., in press, Lithostratigraphy, hydrodynamism and thermicity in the multi-layer sedimentary system intersected by the Andra deep borehole of Montiers-sur-Saulx (Meuse, France). *Bulletin de la Société Géologique de France*.

LUCIA, J. F., 1999, *Carbonate Reservoir Characterization*, Springer-Verlag, 336 p.

NURMI, R., 1986, The land of giants. *Middle East Well Evaluation Review*, **1**: 7–21.

VINCENT, B., 2001, *Sédimentologie et Géochimie de la Diagenèse des carbonates. Application au Malm de la bordure Est du Bassin de Paris*. PhD Thesis. Dijon, University of Burgundy, 380 p.

VINCENT, B., VIGNERON, G., DELAY, G., 2008, *Sédimentologie et stratigraphie des encaissants calcaires du COX - Apports des investigations du programme RZT et première intégration avec les données hydrologiques laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne*. Document interne Andra DRPALS081201A, 32p.



**LISTE DES PUBLICATIONS A.S.F.**  
(ACTUELLEMENT DISPONIBLES)

- Livre Sp. – La sédimentation du Jurassique W-Européen. 1979.
- Livre n° 6 - Le Trias détritique de Provence et du Dôme de Barrot.
- Livre n° 10 – 2<sup>ème</sup> congrès Français de Sédimentologie, 1989, Paris.
- Livre n° 11 – Mesozoic eustacy record on western Tethyan margins. Abstract book.
- Livre n° 12 - Mesozoic eustacy record on western Tethyan margins. Excursion.
- Livre n° 13 - Diapirisme sur une marge en distension puis en décrochement.
- Livre n° 16 - 3<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, 1991, Brest. Excursions.
- Livre n° 19 - 4<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, 1993, Lille. Résumés.
- Livre n° 20 - 4<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, 1993, Lille. Excursion.
- Livre n° 21 - Géométrie et productivité des plates-formes carbonatées. Résumés.
- Livre n° 22 - IAS, 16<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology et 5<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, 1995, Aix. Abstracts, Résumés.
- Livre n° 23 - IAS, 16<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology et 5<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, 1995, Aix. Field-trip, excursions.
- Livre n° 24 - Modélisation d'un système de piémont. Excursion.
- Livre n° 26 - Microbial mediation in carbonte diagenesis. International workshop.
- Livre n° 27 - 6<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Montpellier. Résumés.
- Livre n° 28 - 6<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Montpellier 1997. Excursions.
- Livre n° 29 - Danube delta : geology, sedimentology, evolution. Field-trip.
- Livre n° 30 - Argiles : sédimentologie, diagenèse, environnement. Résumés.
- Livre n° 31 - Mauritanian microbial buildups. Field-trip.
- Livre n° 32 - Paleooceanology of reefs & carbonate platforms : Miocene to Modern.
- Livre n° 34 - 7<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Nancy. Excursions.
- Livre n° 36 - 8<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Orléans 2001. Résumés.
- Livre n° 37 - 8<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Orléans. Excursions.
- Livre n° 38 - 9<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Bordeaux 2003. Résumés.
- Livre n° 39 - Excursion. Processus gravitaires et évolution de bassin : Le Crétacé et le Tertiaire du Pays Basque.
- Livre n° 40 - Excursion. Sédimentologie et stratigraphie de deux vallées incisées de la côte aquitaine : la Gironde et la Leyre.
- Livre n° 41 – Excursion. Géologie et typicité des vins de Bordeaux
- Livre n° 42 – Excursion. La plate-forme carbonatée cénomaniennne de Charente : une double approche sédimentologique et paléocéologique.

Livre n° 43 – Excursion sur les sites stratotypiques de l’Aquitainien et du Burdigalien et sur le Miocène régional.  
Livre n° 44 – Sédimentogenèse des sites préhistoriques du Périgord.  
Livre n° 45 – Ecole d’été : Carbonates récifaux et de plate-forme.  
Livre n° 46 – Atelier / Workshop : Microbialithes et communautés microbiennes dans les systèmes sédimentaires.  
Livre n° 47 – 38<sup>ème</sup> Symposium de l’ECSA - Programme Seine-Aval : Excursion en Baie de Somme.  
Livre n° 50 – Sédimentologie de la formation des Sables de Fontainebleau et architecture des dépôts oligocènes du Bassin de Paris.  
Livre n° 51 – 10<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Presqu’île de Giens 2005. Résumés.  
Livre n° 52 – Sédimentations gravitaires carbonatées et silicoclastiques dans un bassin en transtension, séries d’âge Cénomaniens à Coniacien moyen du Bassin Sud-Provençal.  
Livre n° 54 – Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et architecture réservoir des séries Eocène-Oligocène du Sud-Est de la France (Grès d’Annot et systèmes associés).  
Livre n° 55 – Sealaix ’06. Sea level changes: records, processes and modeling.  
Livre n° 56 – International symposium « Early Permian continental environments in the Autun basin ».  
Livre n° 57 – 11<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Caen 2007. Résumés.  
Livre n° 58 – 11<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. La Baie du Mont-Saint-Michel : faciès, séquences, évolution.  
Livre n° 60 – 11<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. Les séismites de l’Oxfordien supérieur sur la bordure occidentale du Bassin Parisien.  
Livre n° 61 – 11<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. Résidus à silex de l’Ouest du bassin de Paris (Normandie et Perche).  
Livre n° 62 – Excursion. The Triassic of NE France: continental environments and unconformities.  
Livre n° 63 – Argiles et sédiment. Ecole thématique. Poitiers 2008.  
Livre n° 64 – 12<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009. Résumés.  
Livre n° 65 – Excursions. Etudes sédimentologiques en presqu’île de Crozon. 12<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009.  
Livre n° 66 – Excursion. Les vallées incisées pléistocènes de Bretagne : l’exemple de l’estuaire de la Vilaine. 12<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009.  
Livre n° 67 – Excursion. Les systèmes de dépôt tertiaires de la bordure méridionale du bassin sud-pyrénéen dans la Sierra de Guara. Contrôle tectonique de la sédimentation et instabilités gravitaires. RST, Bordeaux, 2010.  
Livre n° 68 – 13<sup>ème</sup> Congrès Français de Sédimentologie, Dijon 2011. Résumés.

Pour commander ou consulter la mise à jour de cette liste, visitez le site web de l’association :  
<http://www.sedimentologie.com>

For ordering any of these books, please visit our web site:  
<http://www.sedimentologie.com>



Ce document a été imprimé par  
L'Université Lille 1 – Service de Reprographie  
59 655 – Villeneuve d'Ascq Cedex

ISSN 0990-3925  
ISBN 2-907205-68-4

Dépôt légal : 3<sup>ème</sup> trimestre 2011



LIVRE EXCURSIONS

**GÉOLOGIE DE  
LA CÔTE VITICOLE  
bourguignonne**

Géologie  
Côtes de Nuits  
Terroirs viticoles  
Jurassique moyen et supérieur  
Pédologie  
Evolution de versant

ISSN 0990-3903  
ISBN 2-907303-69-2