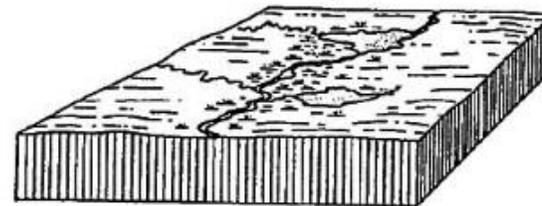
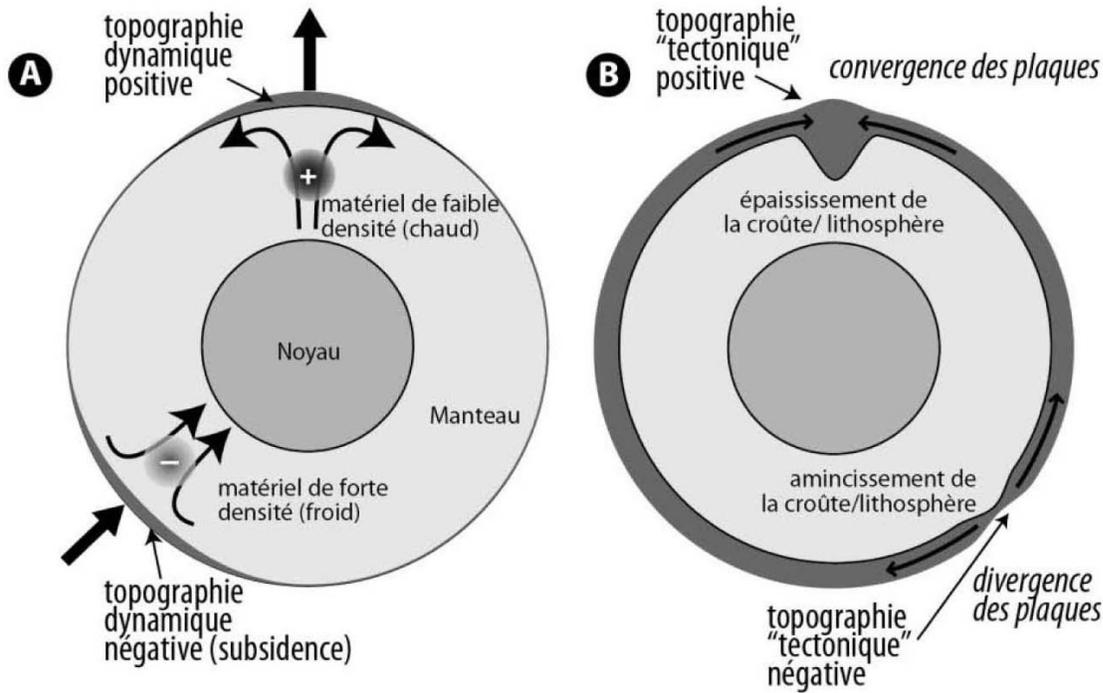
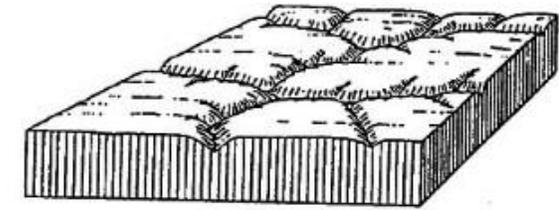


Contexte morphologique du Massif armoricain –  
Milieux sédimentaires- Actualisation (BESSIN Paul : dec.2015).



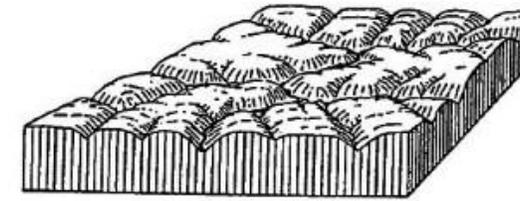


A In the initial stage, relief is slight, drainage poor.



B In early youth, stream valleys are narrow, uplands broad and flat.

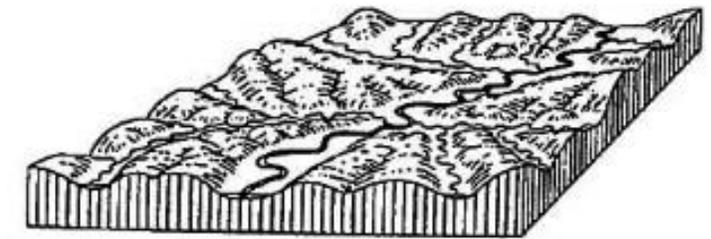
1899



C In late youth, valley slopes predominate but some interstream uplands remain.



D In maturity, the region consists of valley slopes and narrow divides.

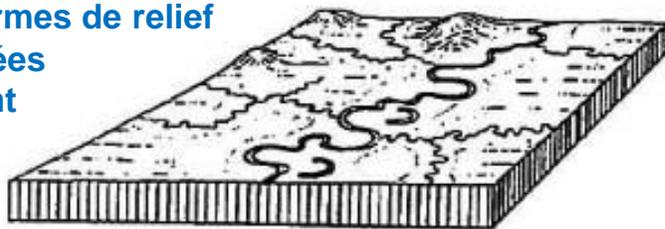


E In late maturity, relief is subdued, valley floors broad.

Figure 1-15 : A – Schéma illustrant comment le flux mantellique (dynamique du manteau) peut générer de la topographie. B – Schéma illustrant l'impact de la tectonique des plaques sur la topographie. Du fait du rééquilibrage isostatique, la convergence (épaississement de la croûte/lithosphère) induit une topographie positive tandis que la divergence (amincissement de la croûte/lithosphère) induit une topographie négative.

Le relief est modelé par une interaction de la dynamique interne (manteau-croûte-lithosphère) qui induit des secteurs à topographie positive et négative.

Sur le continent les formes de relief primitives sont dégradées par l'érosion et évoluent vers la pénéplaine. Les vallées incisées étant de plus en plus évasées et abaissées.



F In old age, a peneplain with monadnocks is formed.

Modèle d'évolution de la topographie de Davis (1899; Figure I.37 in Chorley et al., 1984).

G Uplift of the region brings on a rejuvenation, or second cycle of denudation, shown here to have reached early maturity.



Figure 2.1 The cycle of erosion, proposed by W. M. Davis, drawn by E. Raisz.

Source: A. N. Strahler, *Introduction to Physical Geography*, 1965, figure 21.1, p. 304, copyright © John Wiley and Sons, by permission.

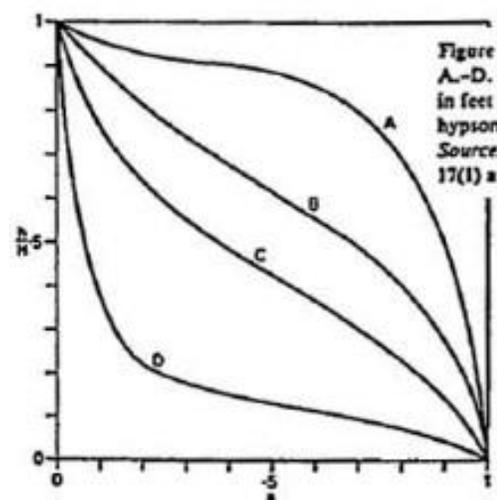
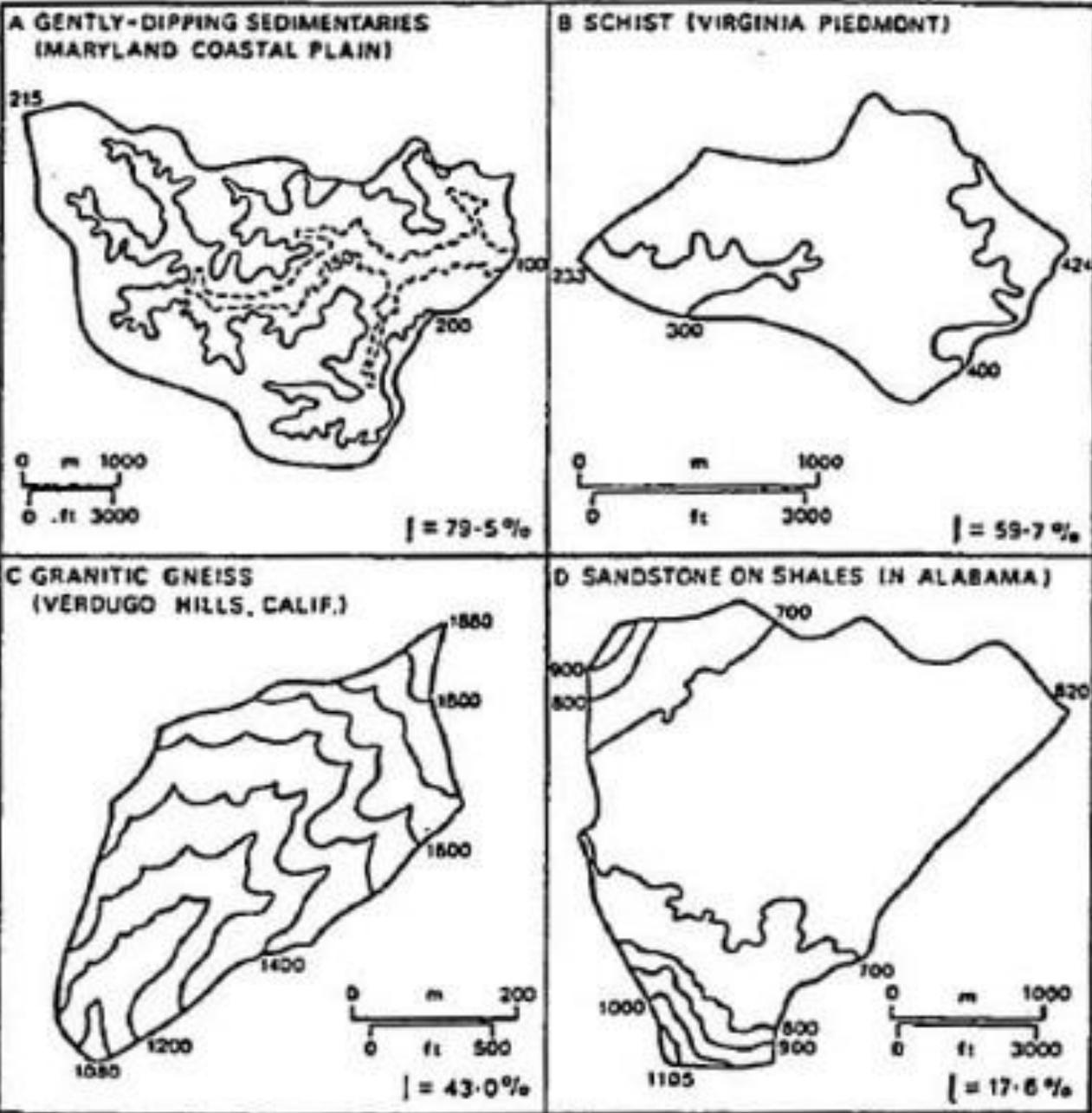
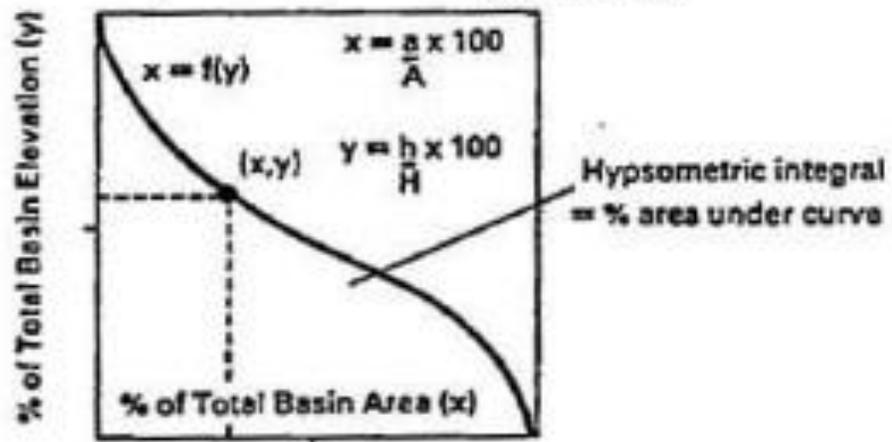
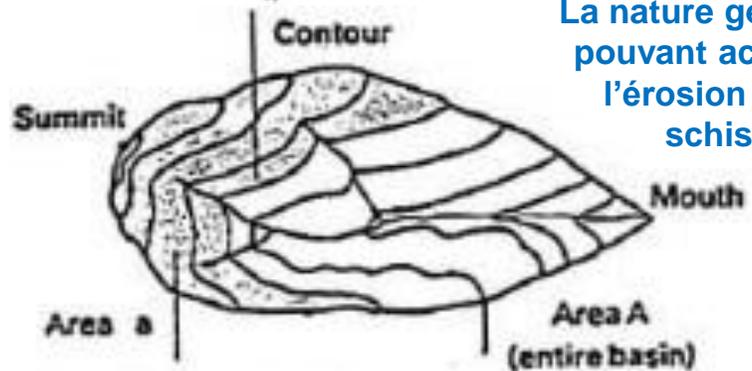
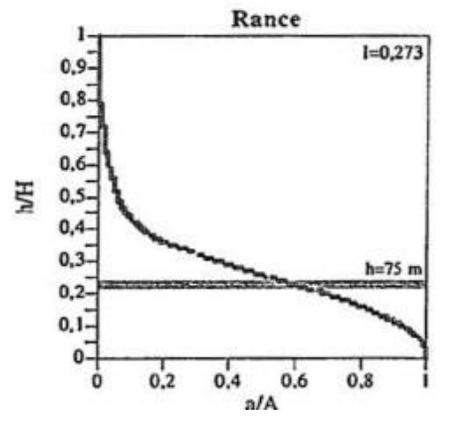
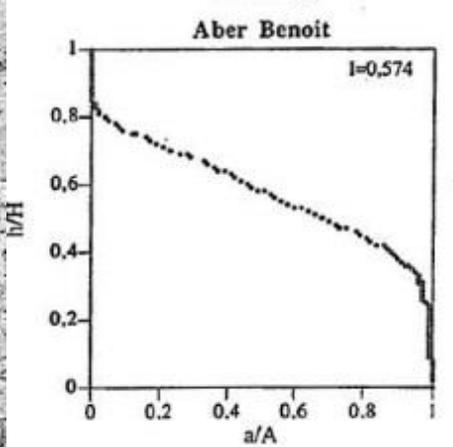
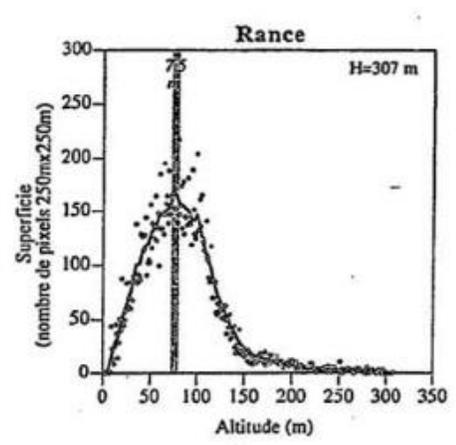
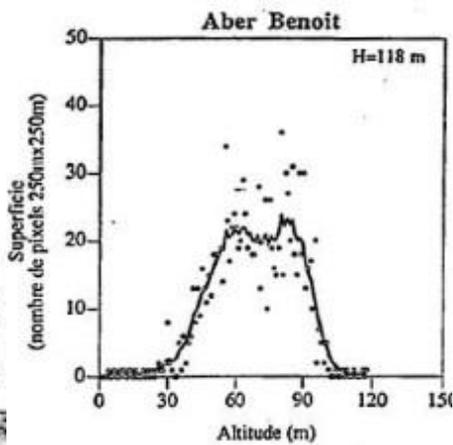
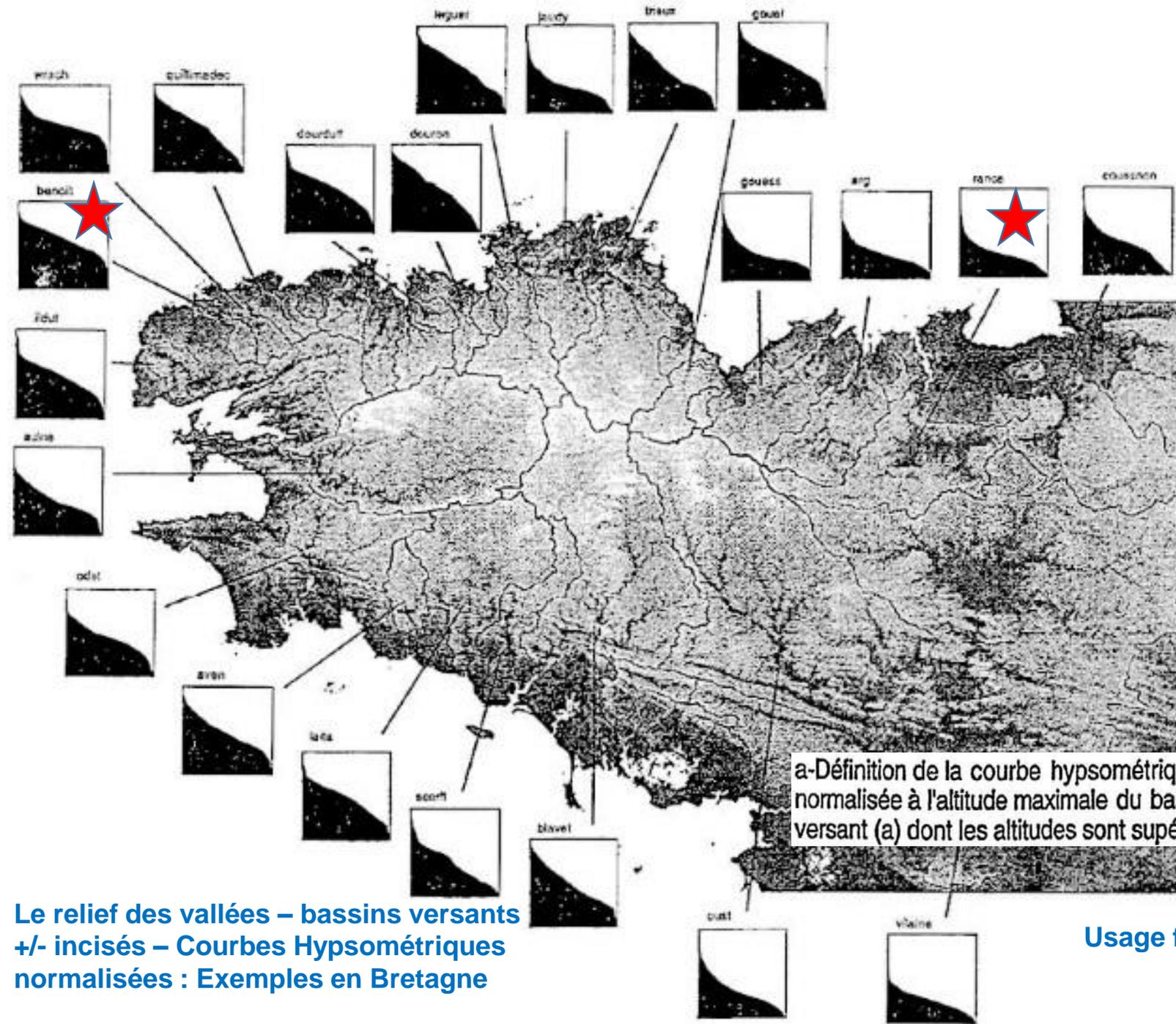


Figure 13.8 The hypsometric integral: A.-D. four drainage basins showing heights in feet and hypsometric integrals; bottom, hypsometric curves for the four basins. Source: Strahler, 1952, figures 14, 15, 16, 17(1) and 18(1), pp. 1129-33.

La répartition des altitudes (*courbe hypsométrique*) dans un bassin versant, traduit le niveau d'évolution du relief : B → F (*voir Davis*). L'altitude s'abaisse progressivement vers un niveau limite inférieur caractérisant la pénéplaine. La nature géologique du substrat pouvant accentuer les effets de l'érosion : Ici calcaire, sable schiste, granite et gneiss.



b-Courbes hypsométriques de quatre bassins versants depuis une forme incisée (A) jusqu'à une forme non incisée (D). D'après Strahler (1952), modifié.

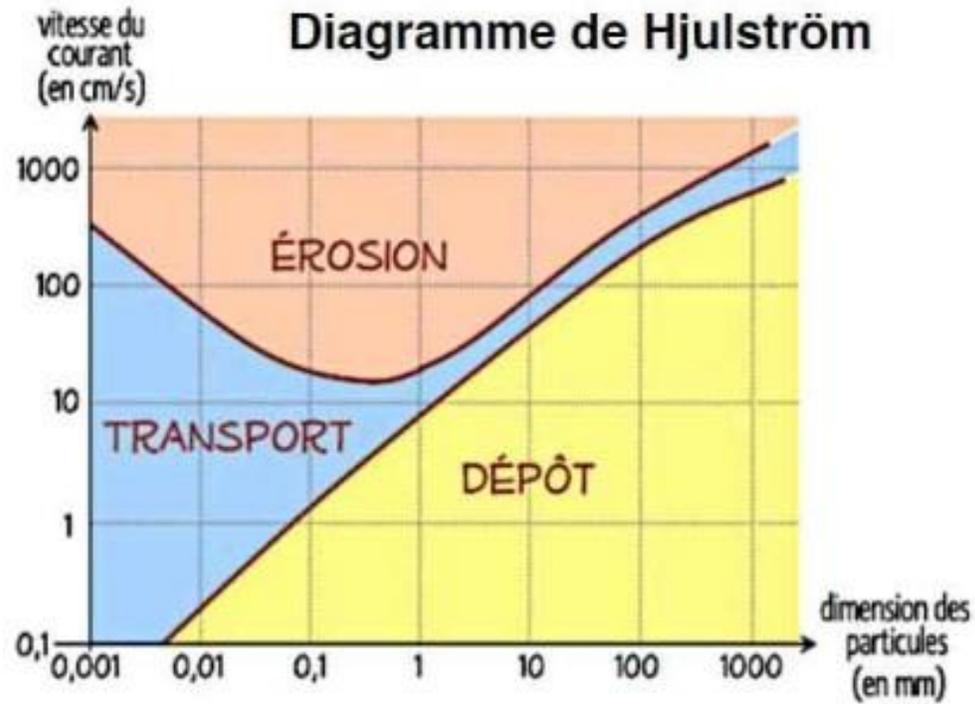


**BV bretons : Courbes hypsométriques : Indices de maturité variable.**

a-Définition de la courbe hypsométrique d'un bassin versant. En ordonnée est reportée l'altitude (h) normalisée à l'altitude maximale du bassin versant (H). L'abscisse correspond à la superficie du bassin versant (a) dont les altitudes sont supérieures à h, normalisée à la superficie totale (A).

**Le relief des vallées – bassins versants +/- incisés – Courbes Hypsométriques normalisées : Exemples en Bretagne**

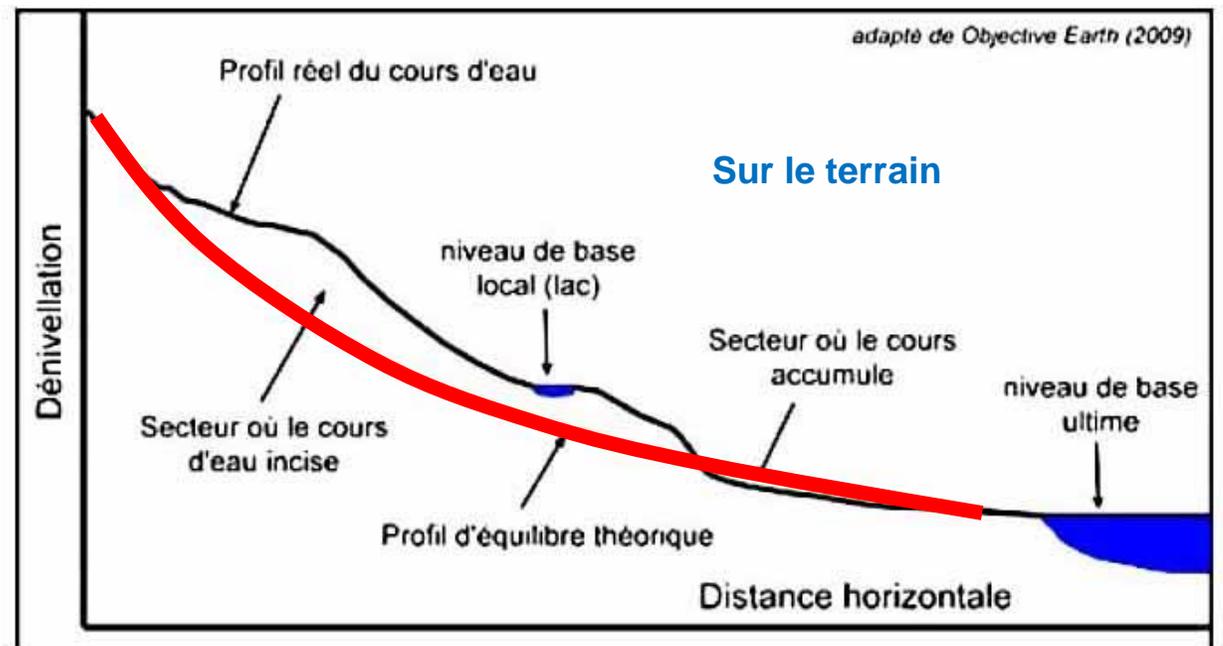
**Usage facilité du fait des Modèles Numériques de Terrain  
Tableau des altitudes.**



#### Approche expérimentale

Grâce à des dispositifs expérimentaux permettant de faire varier la vitesse du courant et/ou la dimension des particules, **Hjulström** a établi un diagramme délimitant trois domaines. Celui de la **sédimentation** où le courant n'a pas l'énergie suffisante pour transporter les particules, celui du **transport** où cela devient possible et enfin celui de **l'érosion** où le courant est non seulement capable de transporter les particules de la taille concernée mais peut, de plus, les arracher et les remettre en suspension si elles ont été déposées précédemment (*fig. 28.4*).

La densité augmente avec la charge solide, le courant devient turbide puis boueux. On parle de lave froide dans les torrents et de courants de turbidité dans les lacs ou en mer



#### Profil d'équilibre et niveau de base d'un cours d'eau.

Les réseaux fluviaux incisent les reliefs jusqu'à atteindre un profil d'équilibre concave. Dans la réalité, le profil théorique d'équilibre n'est presque jamais atteint.

Le niveau de base représente le point le plus bas du bassin versant. Sa modification (relèvement ou abaissement) provoque une diminution ou une augmentation (respectivement) de l'érosion régressive.

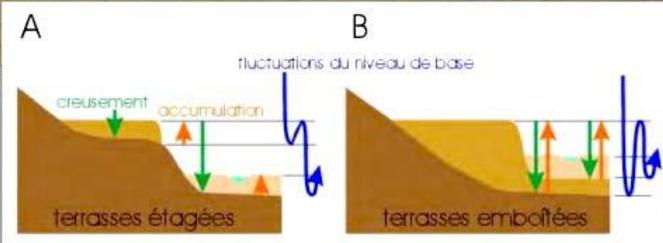
#### APPROCHE DE TERRAIN

**Les cours d'eau : Profil en long**  
**Transport et sédimentation des particules**  
**Profil d'équilibre : Incision – Dépôt**  
**Niveau de base ultime / eustatique**

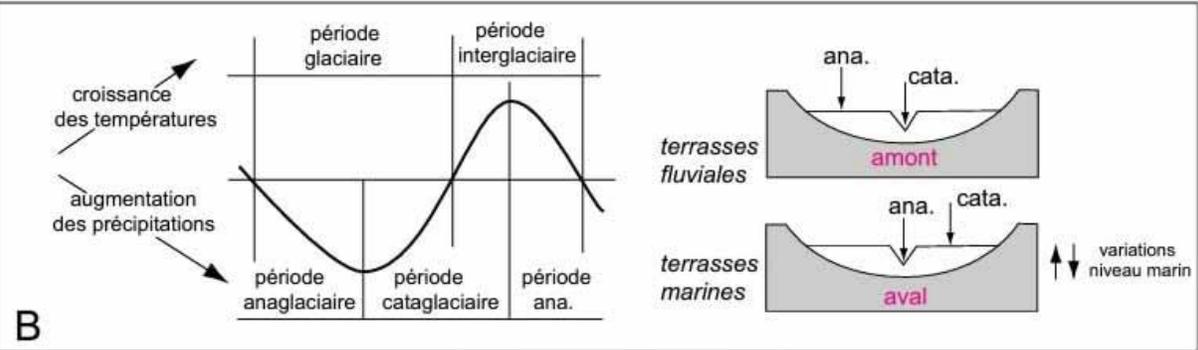
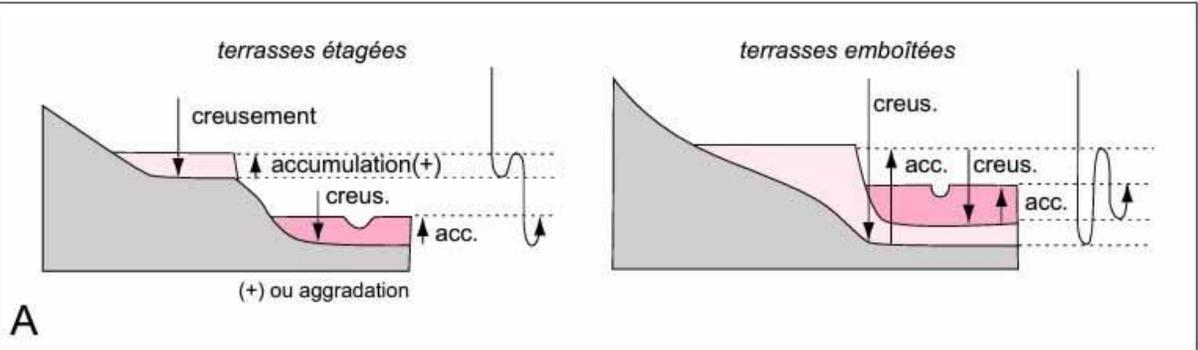
Une terrasse apparaît lorsque la rivière s'encaisse dans ses propres alluvions : la surface de l'ancien lit majeur est alors suspendue au-dessus du fleuve. Si le phénomène se reproduit plusieurs fois, deux cas se présentent. Les terrasses dites *étagées* laissent apparaître entre elles des affleurements du substratum. Les terrasses dites *emboîtées* se forment dans le cas contraire. La terrasse la plus basse est toujours la plus récente



**Terrasses étagées**  
*Nombreuses terrasses étagées à Pokhara (Népal). La terrasse t1 est la plus ancienne et la terrasse t5 est la plus récente.*



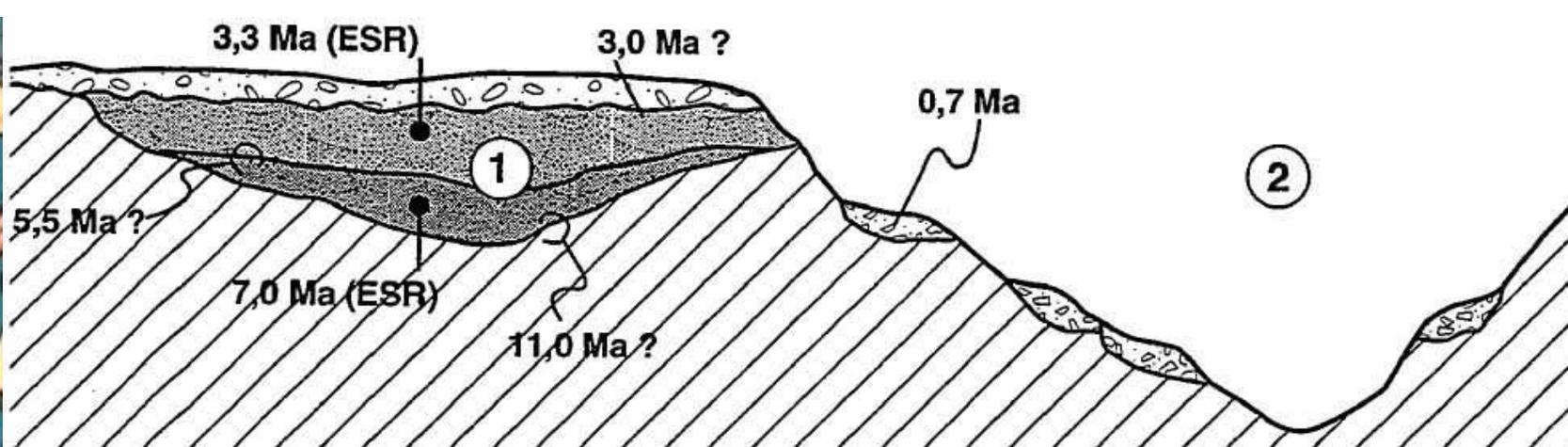
**Les cours d'eau : Profil en travers**  
**Les terrasses : Définition - rôle**



**Les terrasses des rivières.**

- A.** Morphologie des terrasses fluviales (d'après A. Jauzein).
- B.** Caractères climatiques et position relative des périodes glaciaires et interglaciaires d'une part, anaglaciales et cataglaciales d'autre part. Commentaires dans le texte.

**Les terrasses alluviales traduisent les différents niveaux d'incision d'une rivière (Jeu de faille-tectonique/niveau eustatique)**

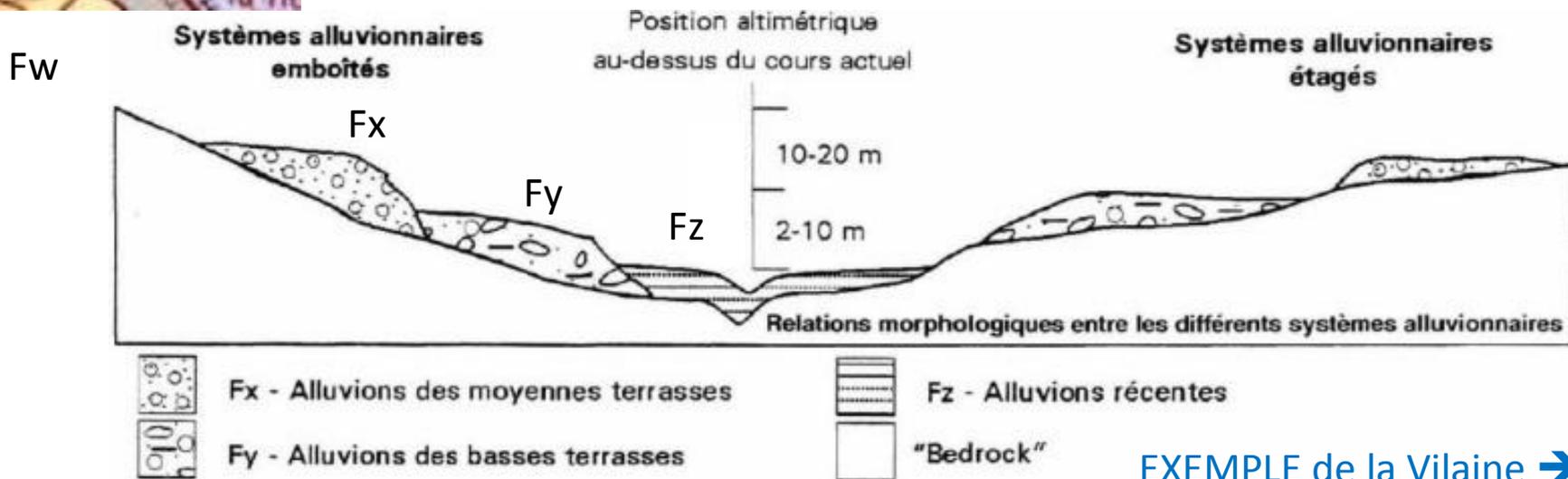


**Figure II.32** Représentation schématique des unités permettant de préciser la chronologie de développement du relief armoricain (cf. texte). 1-paléo-vallées Mio-Pliocène. 2-Vallée actuelle.

**Chronologie des terrasses des rivières IV en Bretagne : Le fait des jeux tectoniques alpins, plus que les variations des niveaux marins liés aux épisodes glaciaires (trop fugaces).**

**Exemple terrasses emboîtées : Fw > Fx > Fy > Fz Le Garun à Saint Uniac**

**Les dépôts marquent les périodes de sédimentation.**



**EXEMPLE de la Vilaine →**

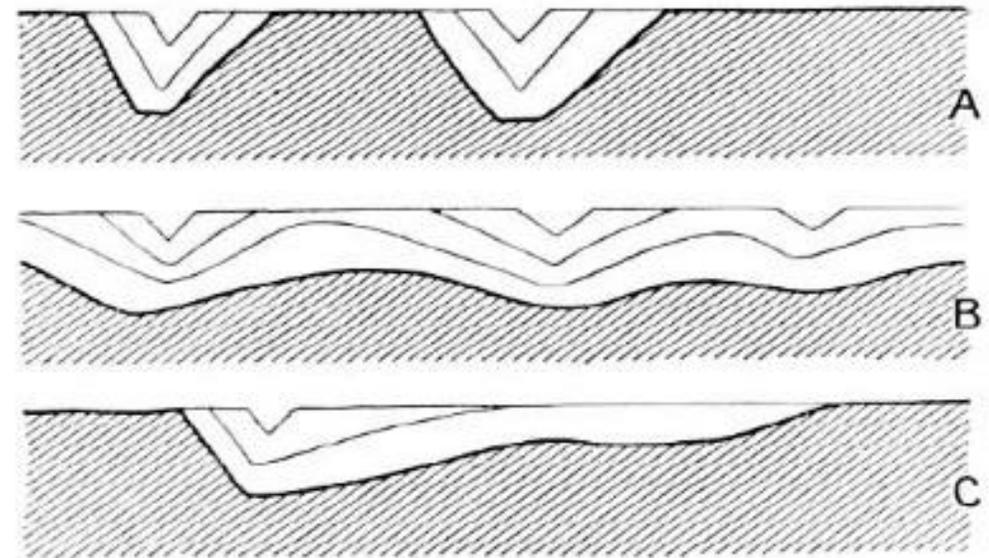
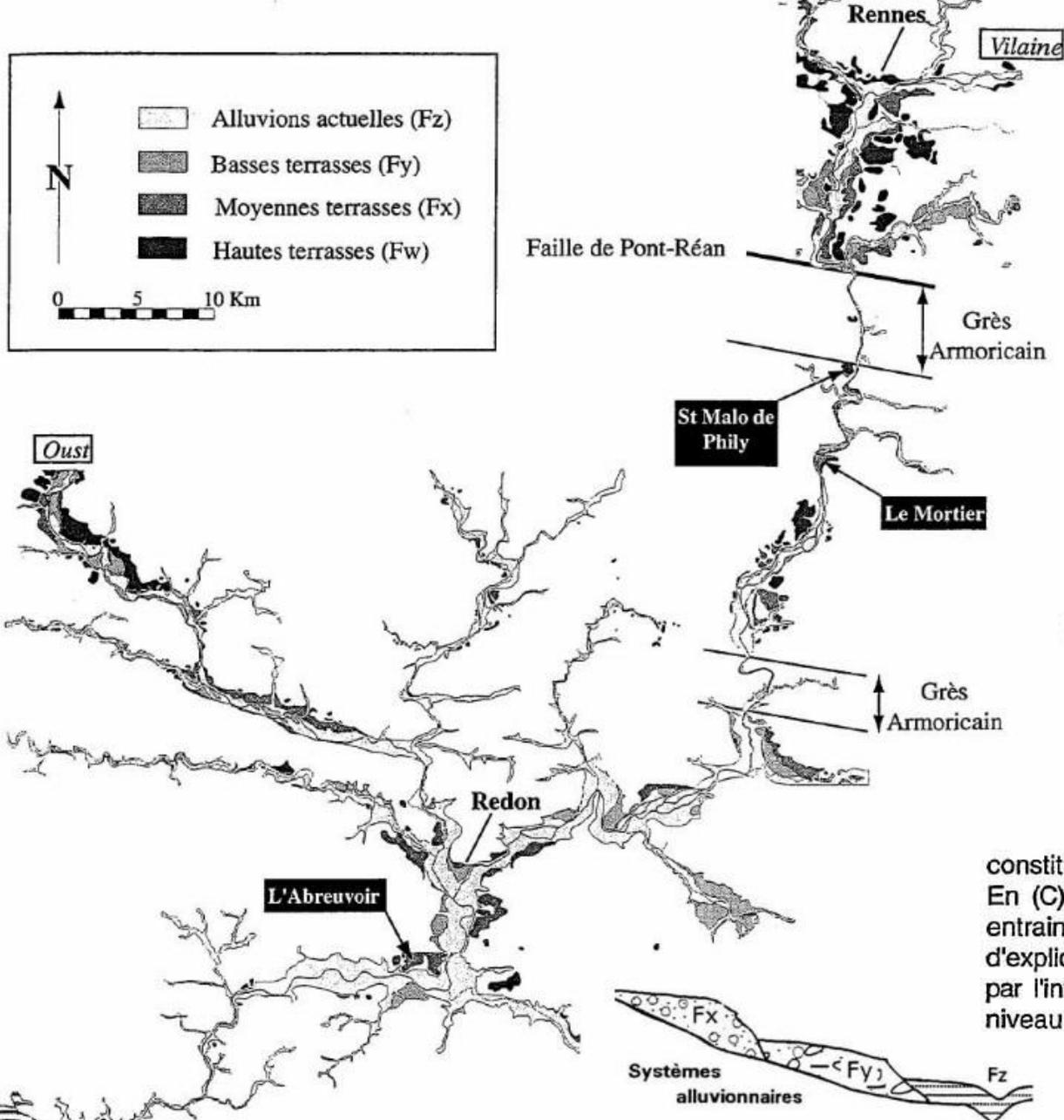
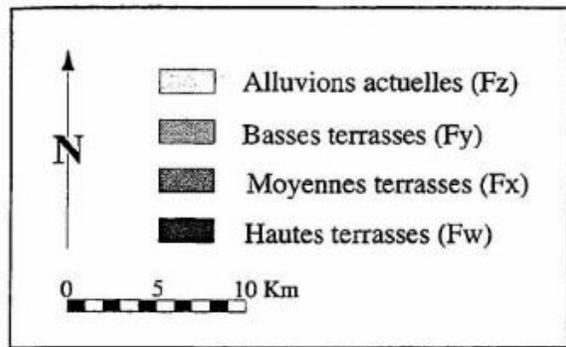


FIG. 3.

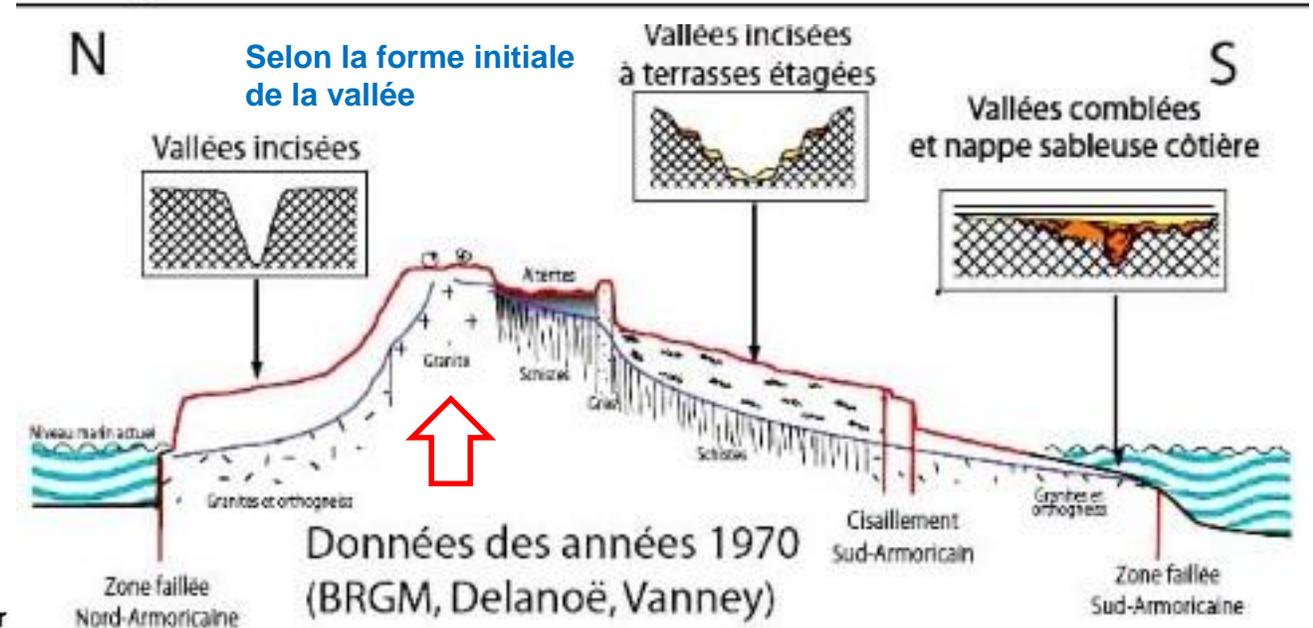
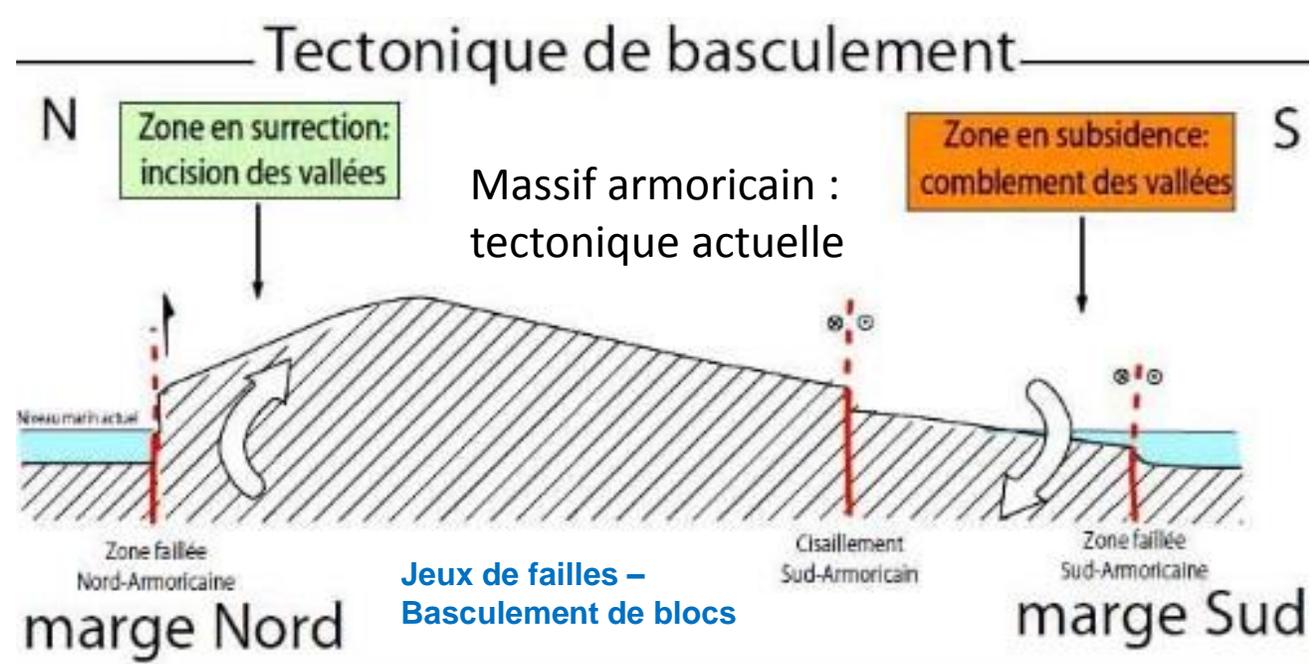
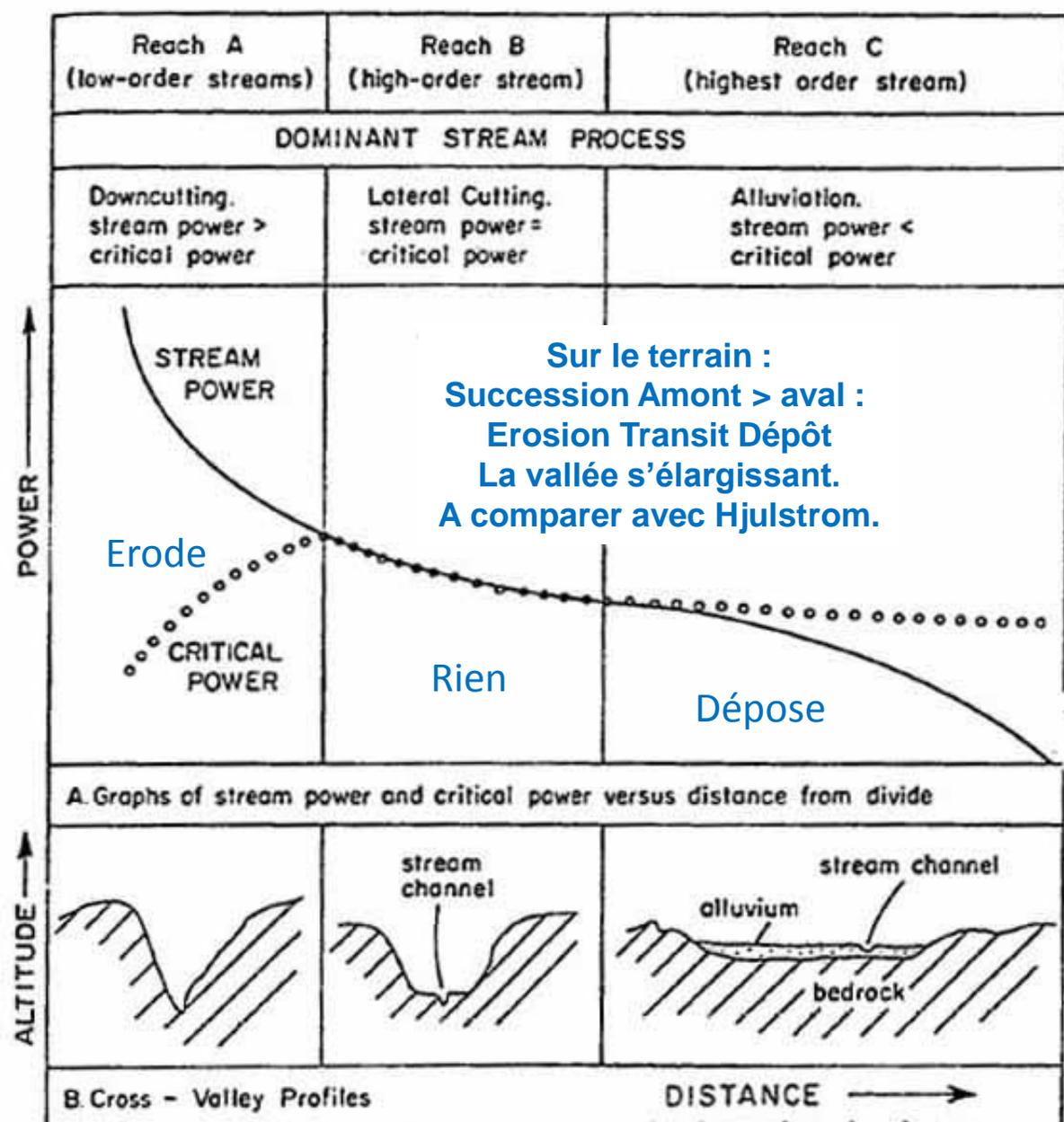
Ravinement d'une pénéplaine. Ravinement exprimé par les profils transversaux successifs emboîtés des vallées :

- A, dans une région de couches très résistantes à l'érosion ;
- B, dans une région de couches peu résistantes ;
- C, au contact de bandes de roches de consistance inégale.

Evolution de la topographie pendant l'incision fluviale selon que le substrat soit constitué de roches "résistantes" à l'érosion (A) ou non (B). D'après de Martonne (1906). En (C), la juxtaposition de roches résistantes (à gauche) et de roches peu résistantes (à droite) entraîne la formation d'une topographie assymétrique. Pour De Martonne, cet modèle permet d'expliquer la formation du Bassin de Rennes (schistes) séparé du Plateau du Sud de Rennes (grès) par l'intermédiaire de l'escarpement de Pont-Réan. Dans ce modèle, la pénéplaine est érodée au niveau du Bassin de Rennes mais conservée sur le Plateau du Sud de Rennes.

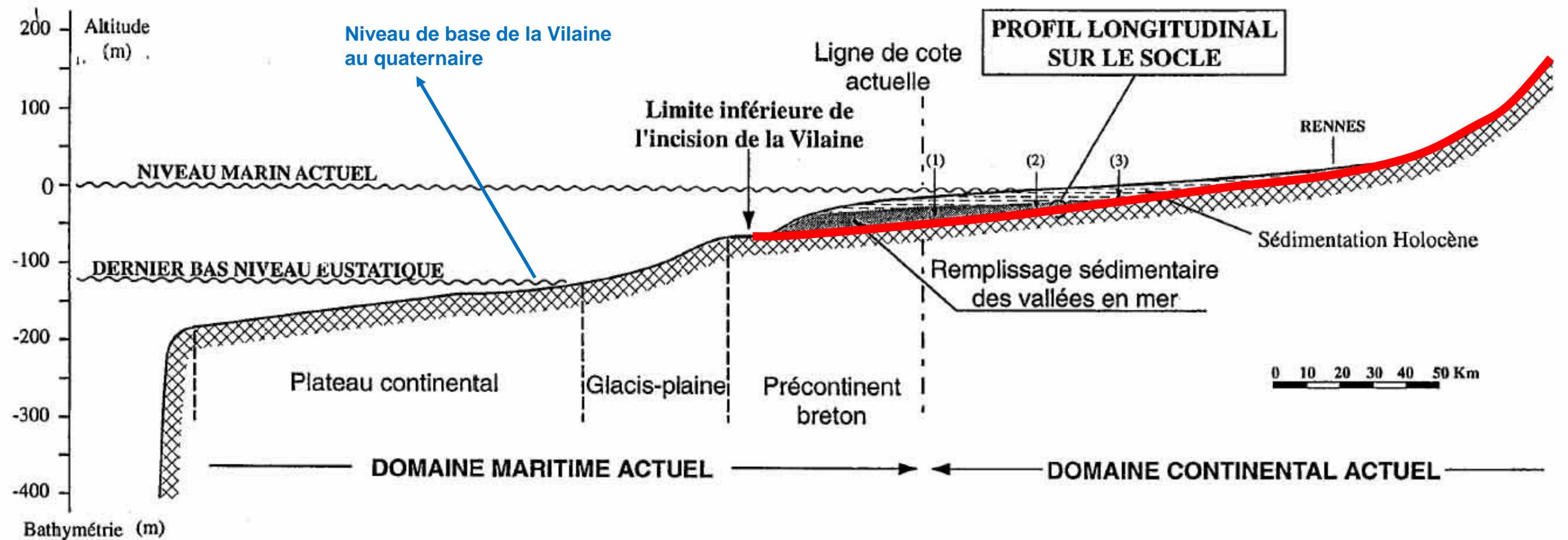
**Les terrasses de la Vilaine.  
Localisation liée au substrat géologique si  
la vallée peut s'élargir.**

Figure IV.4 Cartographie des terrasses de la Vilaine et de l'Oust, d'après les cartes géologiques au 1/50 000 du BRGM (n° 449, 418, 419, 387, 388, 353, 317). Les principales terrasses citées dans le texte ont été indiquées ainsi que la localisation des barres de grès majeures et de la faille de Pont-Réan (cf. texte).



**Figure 1.11** Processus dominants dans un cours d'eau en fonction du rapport entre le stream power (capacité de la rivière) et le critical power (capacité nécessaire pour transporter le stock particulaire disponible). En A, la rivière est en érosion (stream power > critical power), en B elle est en transit (stream power = critical power) et en C elle est en alluvionnement (stream power < critical power). D'après Bull (1979).

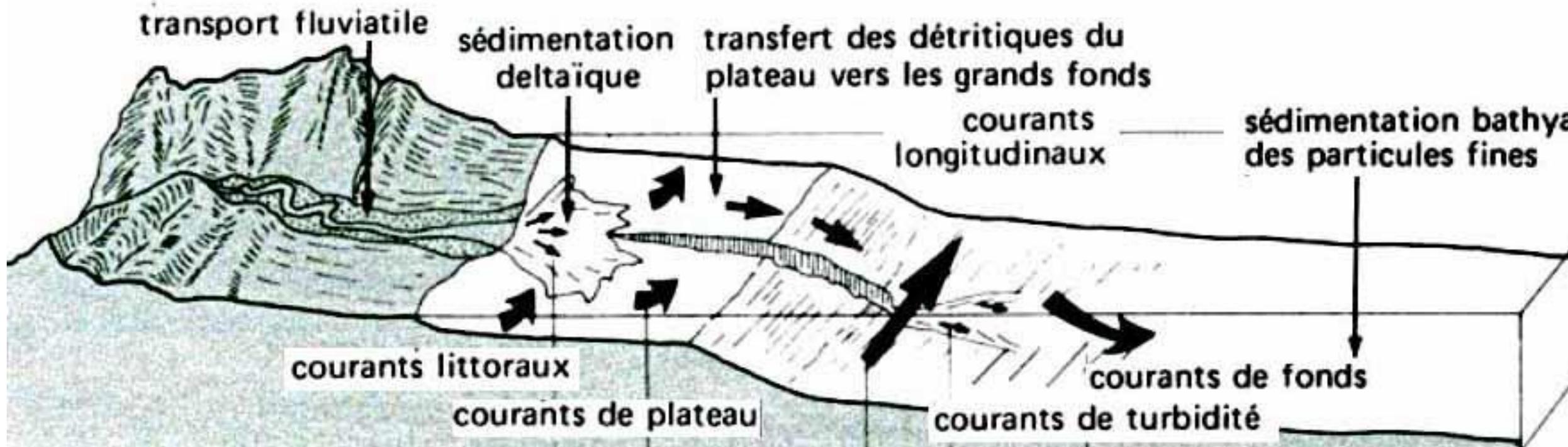
**Morphologie des vallées : A terre indice tectonique modelant le paysage. En mer marque les régressions / Transgressions.**



**Figure IV.3** Profil longitudinal de la Vilaine à terre et en mer. A terre, la forme du profil longitudinal sur le socle a été tracée schématiquement à partir de données de sondages (profondeurs du socle : (1) Langon : - 8m; (2) Redon : - 21m; (3) La Roche Bernard : >- 35 m). En mer, le profil a été prolongé à partir des profils de sismique réflexion. Le remplissage des vallées en mer est indiqué en gris et le remplissage Holocène en pointillés. En aval de l'incision de la Vilaine, le profil longitudinal a été poursuivi par le profil topographique du glacis-plaine et du plateau continental. Noter qu'il ne s'agit pas de la même information.

**Morphologie des vallées : profil en long - continental et immergé**  
**Exemple de la Vilaine. Dernier niveau d'équilibre : 120 m ?**  
**La sédimentation actuelle est faible et fine : limons.**

► AU DELA DU PLATEAU CONTINENTAL

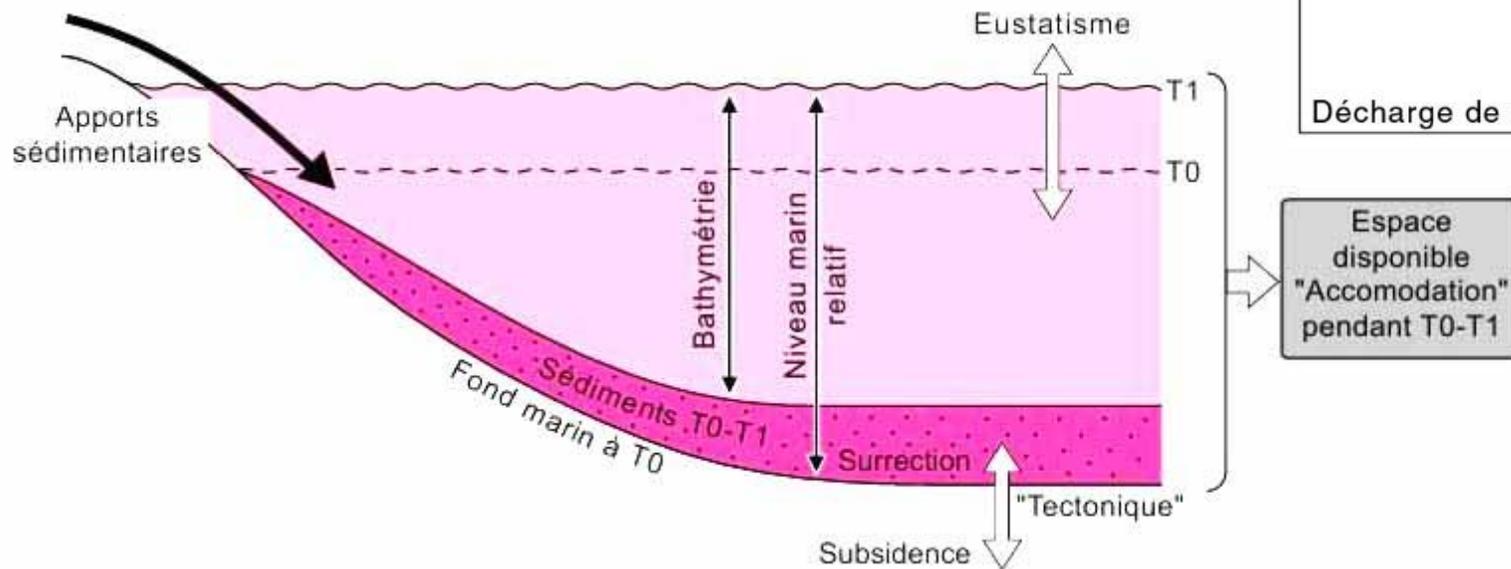


Dans ce domaine d'extension continentale et marine la nature des dépôts détritiques (issus de l'érosion) est variée

Particule	Taille ( $\mu\text{m}$ )	Temps pour atteindre la profondeur de 4 km (jours)
sable fin	100	4,73
silt	10	473
argile fine	1	47 300 (130 ans)

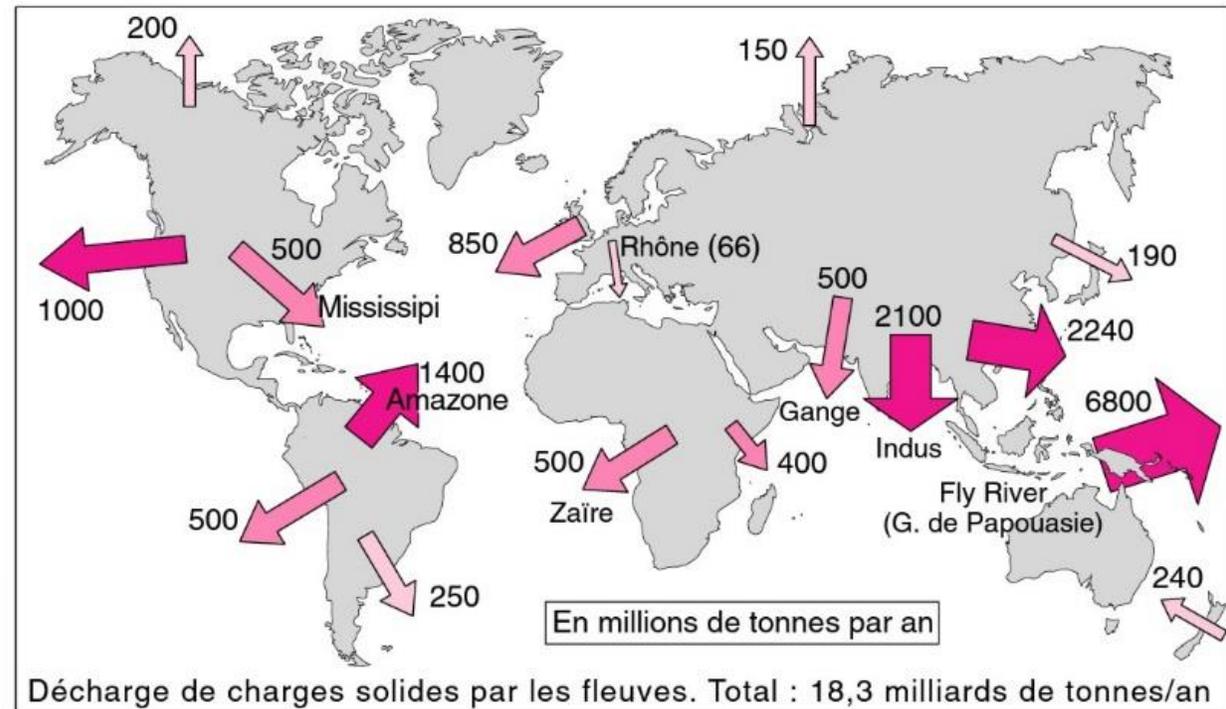
**Le granoclassement a le temps de se faire !**

## CUBAGE DES APPORTS TERRIGENES



**Représentation schématique du concept d'espace disponible pour la sédimentation (accommodation)**

Rapport avec la bathymétrie (profondeur d'eau), l'eustatisme (variation propre du niveau marin) et le niveau marin relatif (qui intègre l'eustatisme et les mouvements des fonds marins pendant la période de dépôt T0-T1 considérée). Eustatisme et subsidence sont exprimés par rapport à un repère fixe externe au système sédimentaire (centre de la Terre par exemple).



**BILAN volumétrique des apports terrigènes (autres qu'argiles)**  
(recouvrirait la France sur 16 m)

Voir aussi : les mouvements du fond océanique, l'influence des calottes glaciaires...



Écoulement de débris concentré dans un vallon  
(Piau-Engaly, Pyrénées)  
**Erosion / éboulement / versants**



**ravinement**

**Ravinement sur colluvion**

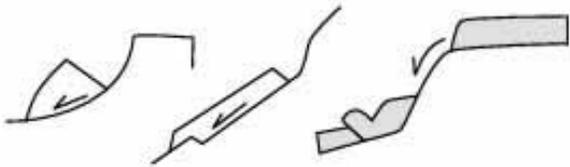
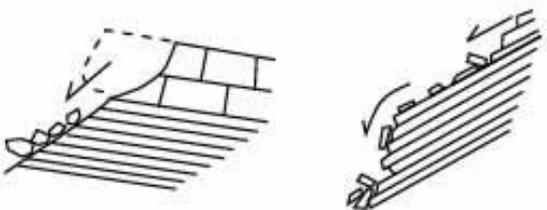


**parcelles enherbées +  
plantations de fruitiers**

**Lutte érosion (Algérie)**

**L'ÉROSION A TERRE :**

**déstabilisation de versants**

classe	glissements de terrain (ss)			coulées		écroulements (ou éboulements)		fauchage
type	circulaires (loupes)	plans	de niveaux d'altération	de solifluxion	de boue	de surplomb	de pendage aval	
vitesse	qqes cm à m par jour			cm par jour (selon saison)	m par sec.	instantané	x sec.	x cm par an
schéma								

**Tableau synthétique des divers types de déstabilisation de versants.**

*Solifluxion: en zone périglaciaire (gel/dégel) entraîne les produits de la cryoclastie dans la pente lorsque le sol est imbibé d'eau*



Glissements

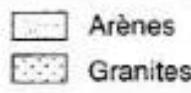
Exemples d'érosion actuelle, en montagne

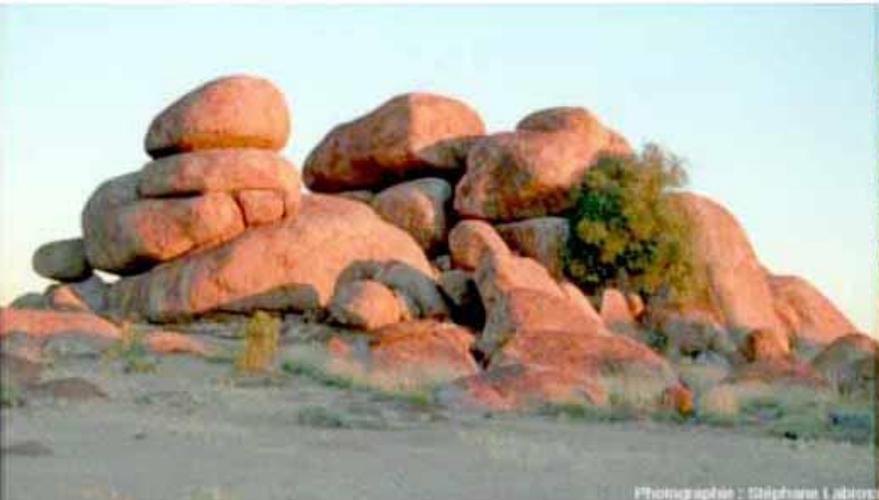
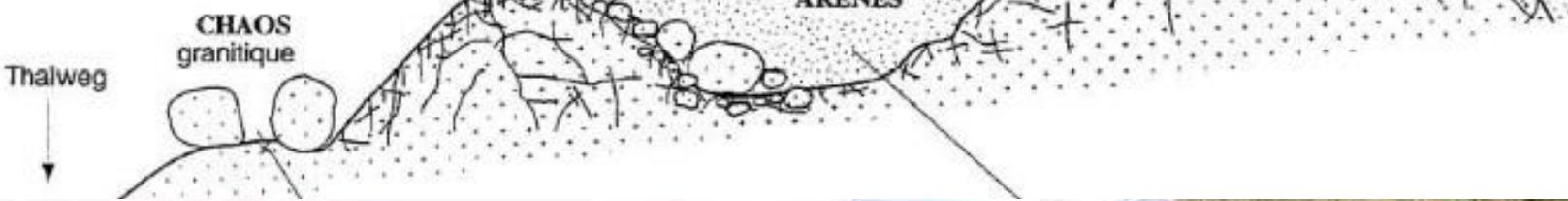


Écoulement de débris concentré dans un vallon



Avalanche rocheuse


  
 Arènes
   
 Granites
   
 hauteur maximale d'observation: 7m.
   
 Longueur de la coupe: 250m.
   
*d'après Püschel (1974), modifié*



**Chaos granitique** : l'arène a été emportée

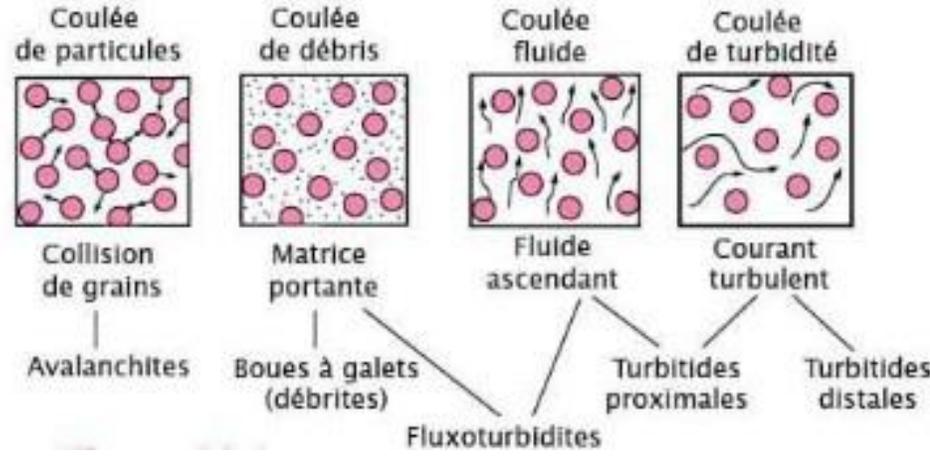
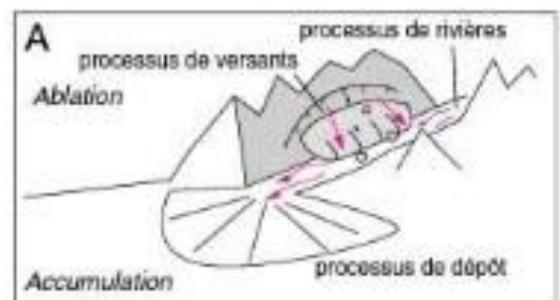
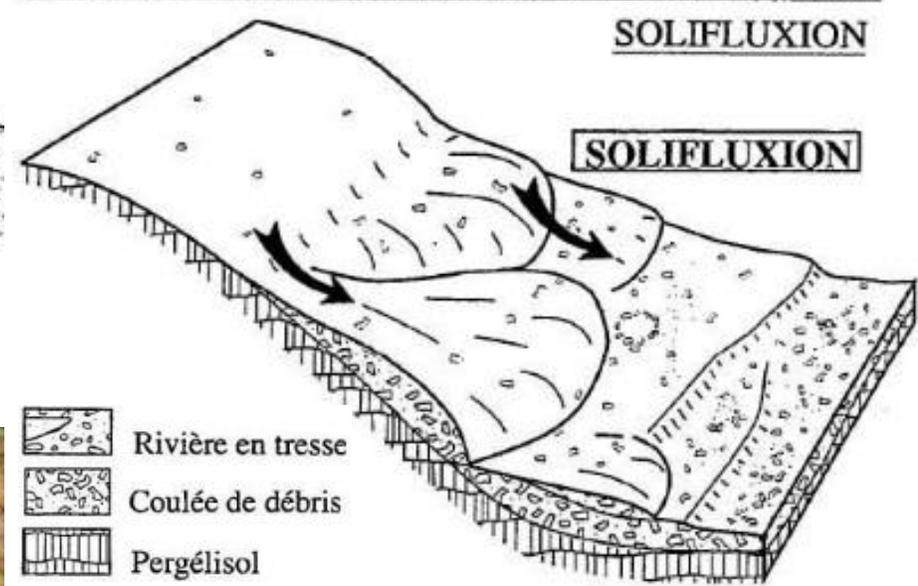


**Boules de granite dans une arène**

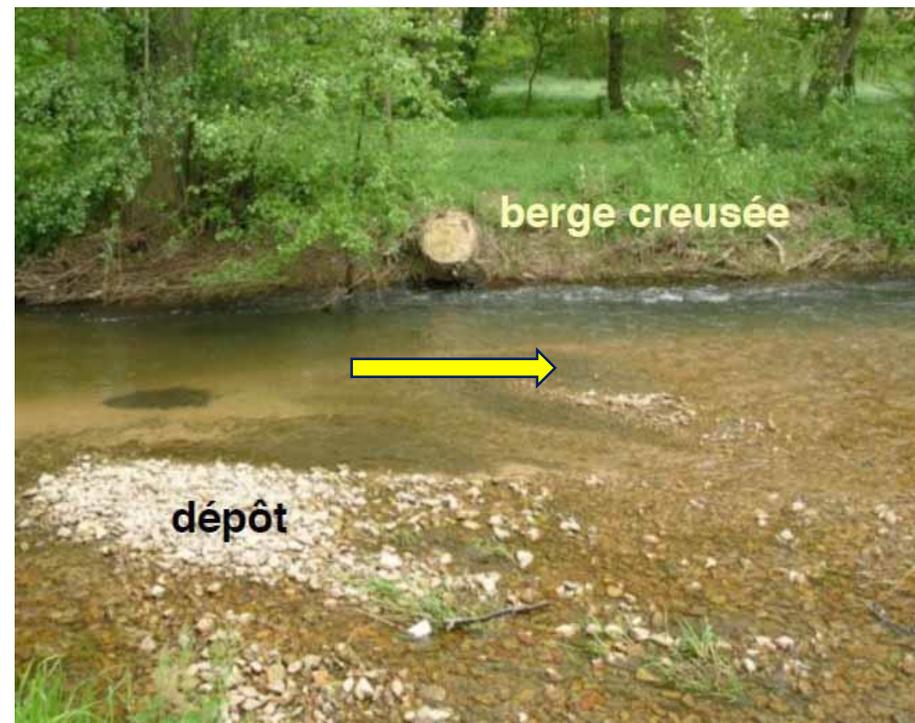
Le chaos granitique traduit un volume d'arène évacué par l'érosion – généralement sous la forme de solifluxion/colluvion en bas de versant.

Les différents vecteurs de transport des coulées ►►

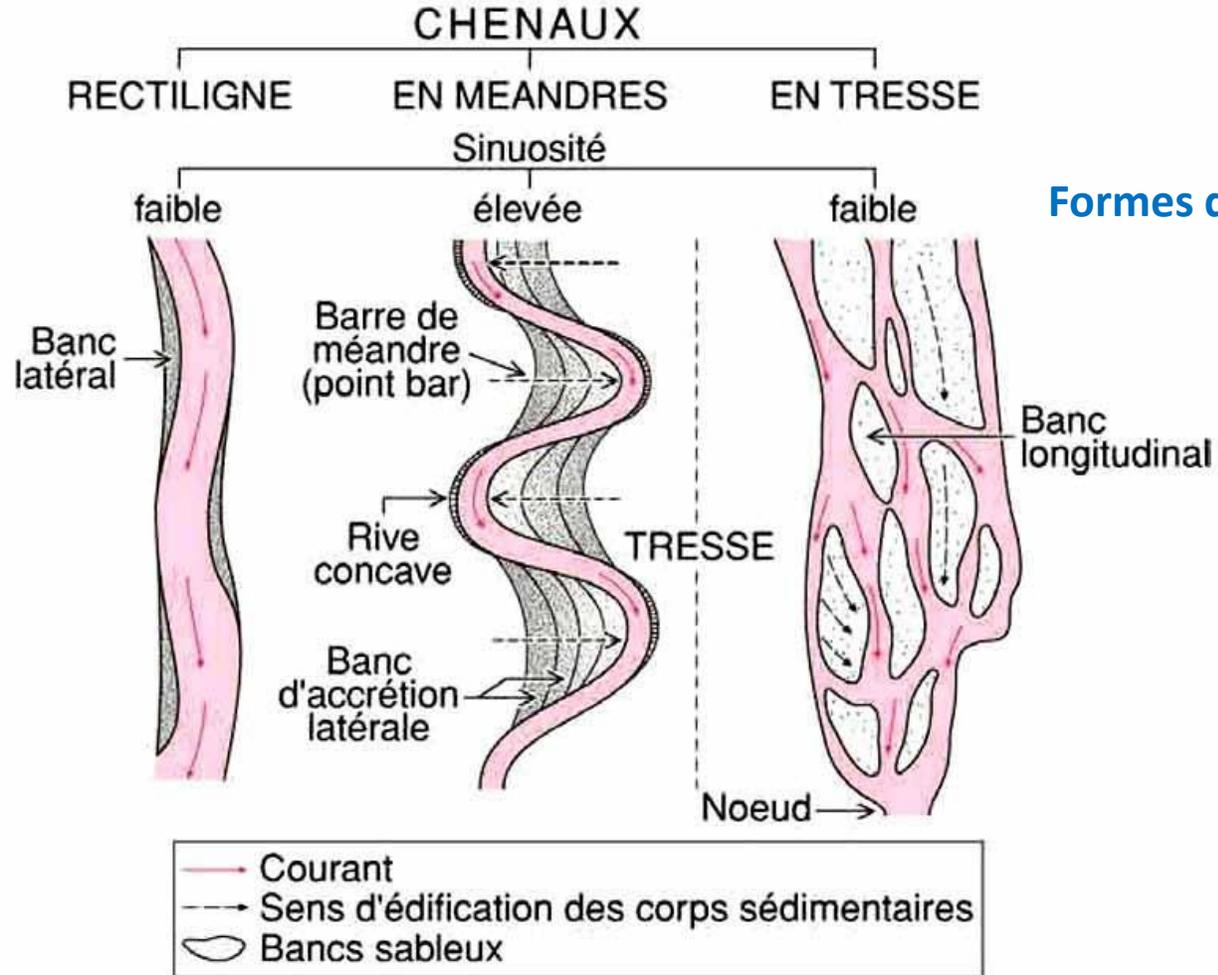
**STADE 1 - DESTABILISATION DES VERSANTS ET SOLIFLUXION**



## REGIONS DE PLAINE



Les mouvements  
sédimentaires actuels  
: essentiellement des  
limons. Dans le lit mineur  
les alluvions graveleuses  
peuvent être déplacées,  
à la faveur de courants  
chenalisés ou délaissés.

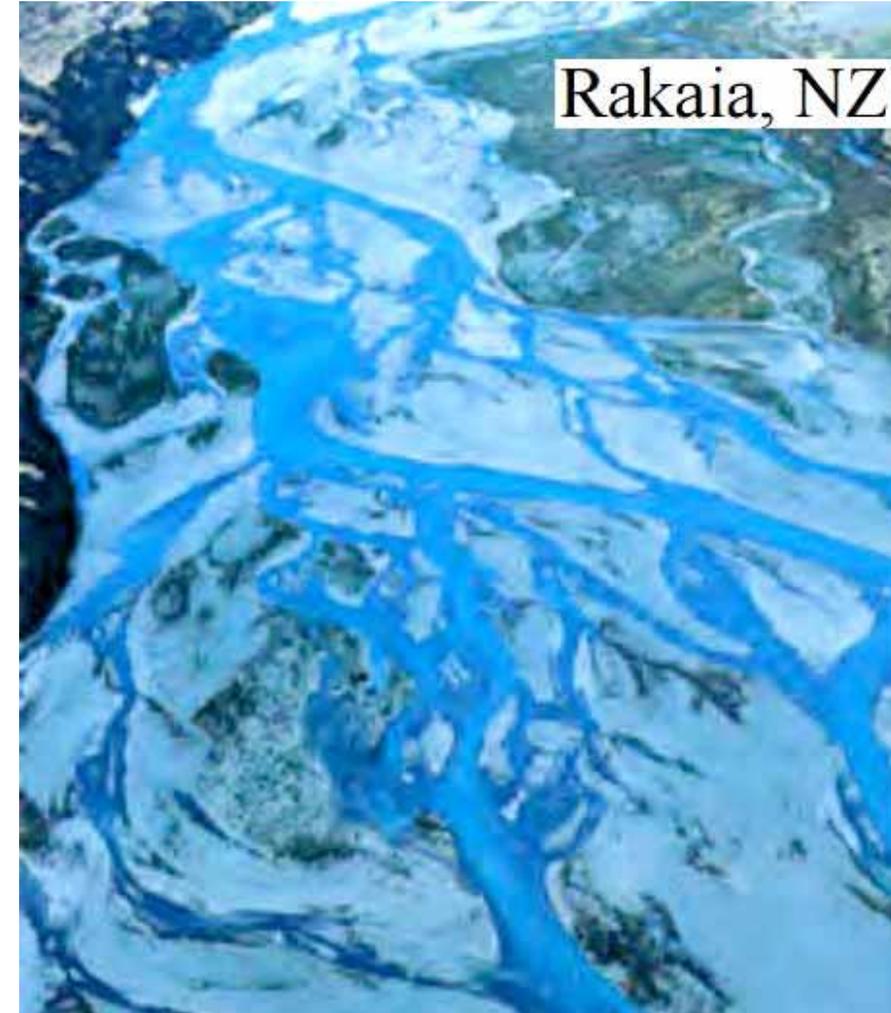


Formes d'écoulement reliées à la pente longitudinale.

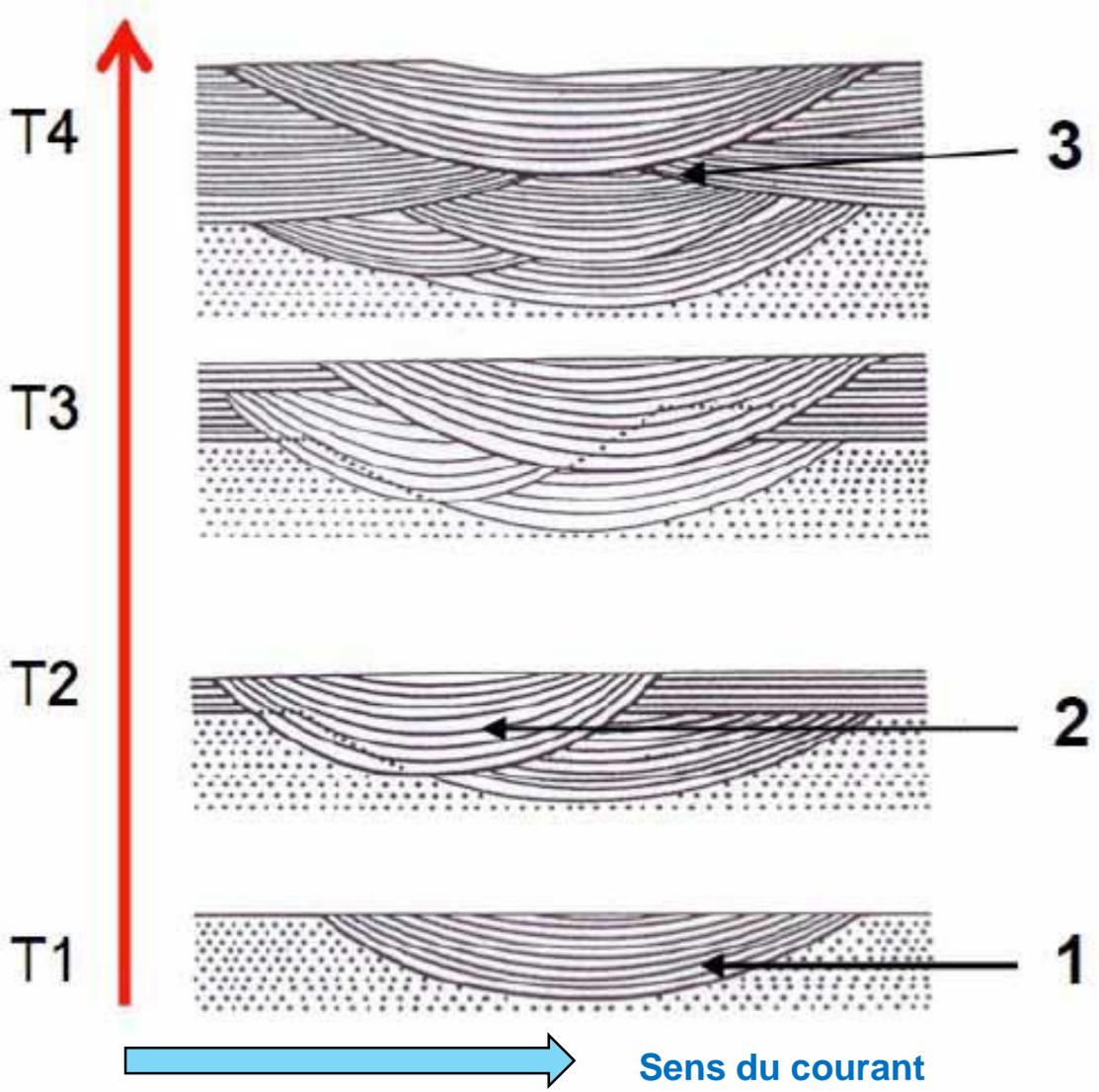
Les principaux types de chenaux et les bancs sableux associés.

À décharge constante, les rivières en tresses se développent sur des pentes plus raides que celles des rivières en méandres. À pente constante une augmentation de la charge ou de la largeur produit la même évolution.

L'analyse des dépôts de roches meubles caractérise des chenaux indices de milieux de sédimentation continentale (rivières avec +/- d'énergie à sinuosité variable).

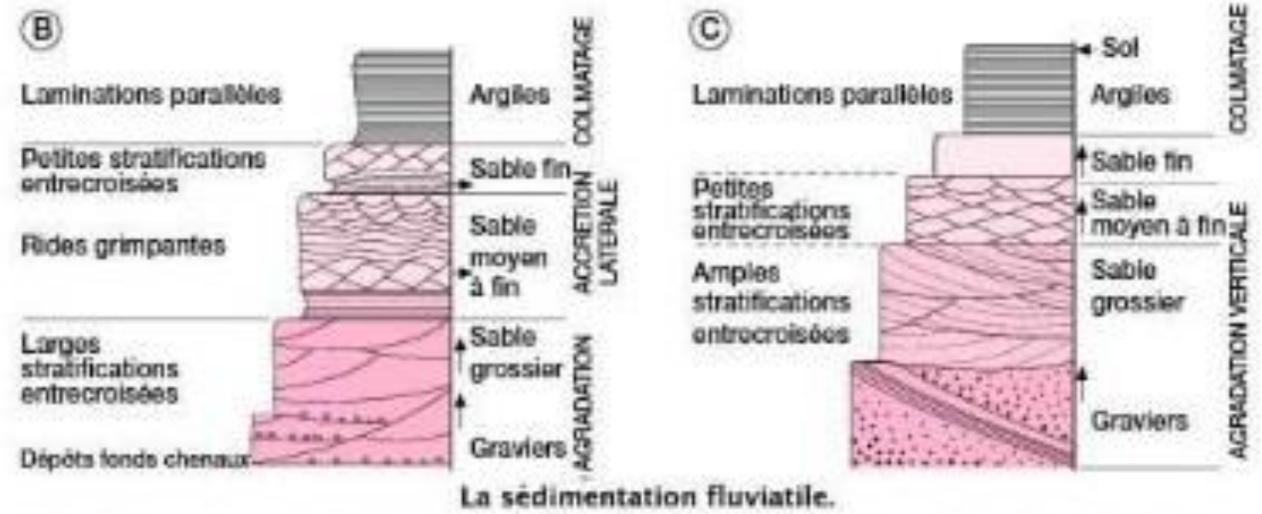
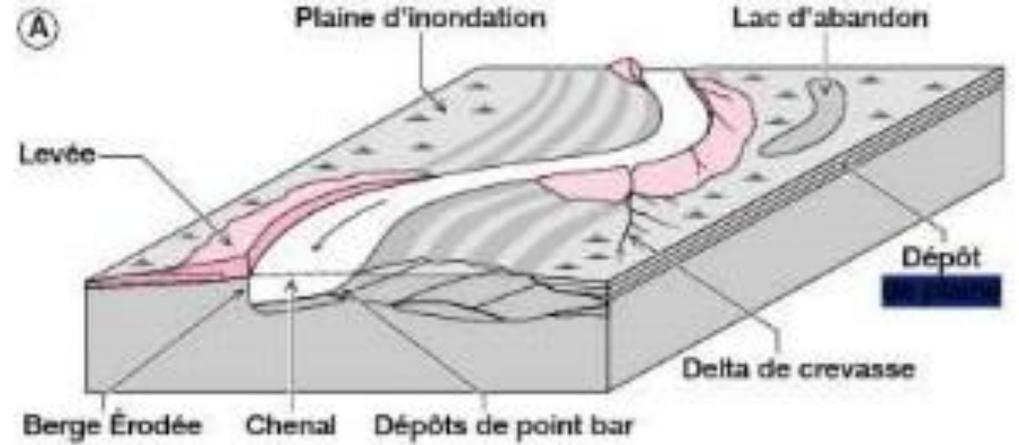
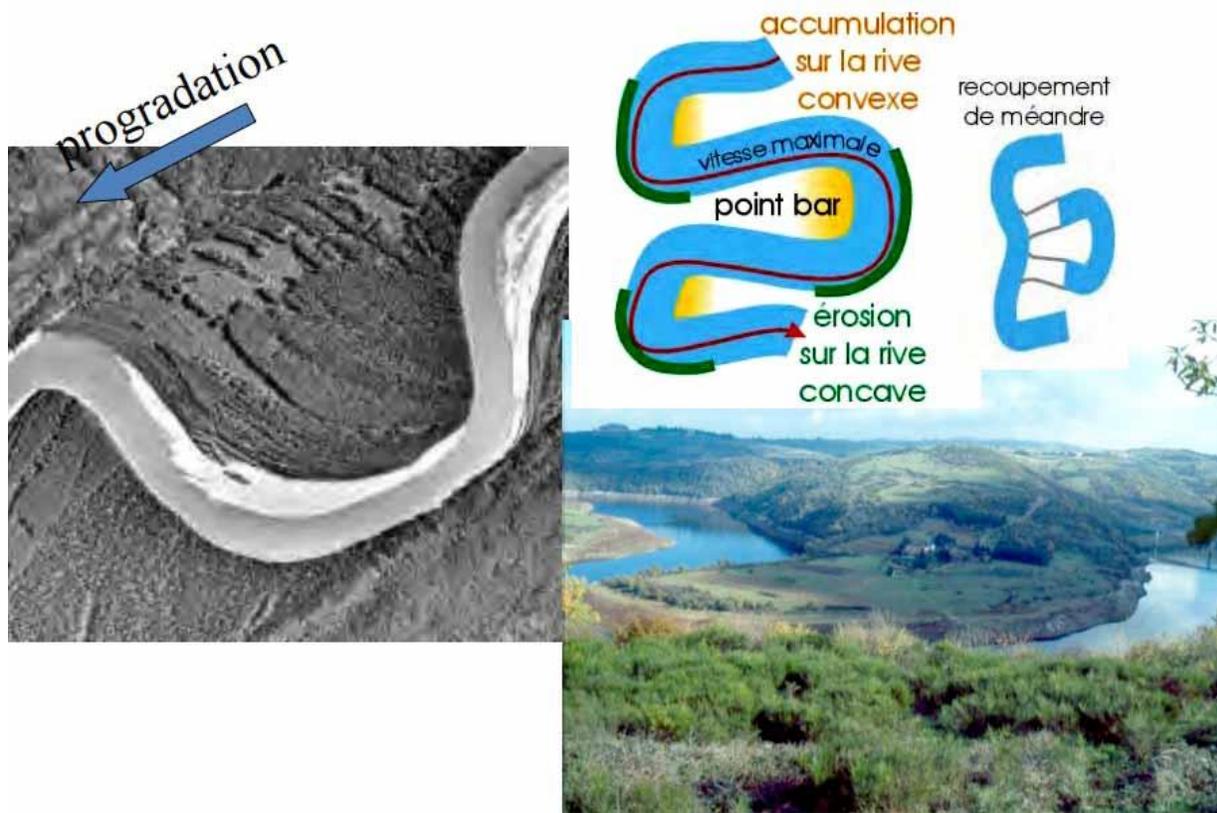


Réseau alluvial en tresse



- 1 Creusement puis comblement d'un chenal
- 2 Formation d'un nouveau chenal sécant
- 3 Recoupement des strates plus anciennes par les plus jeunes

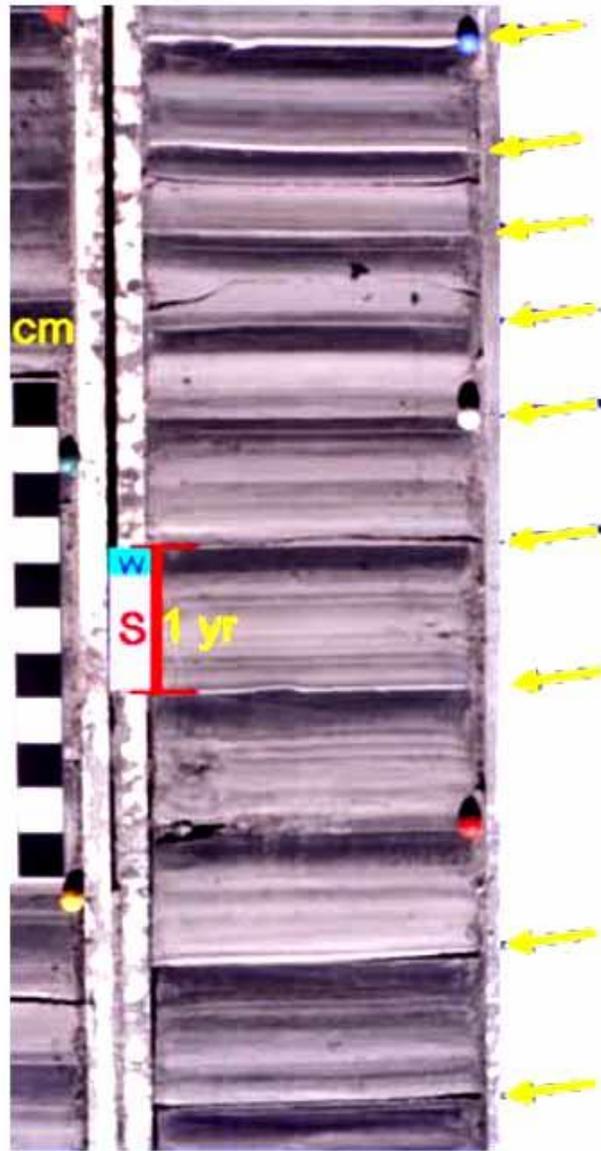
Rivières en Tresses



La sédimentation fluviale.

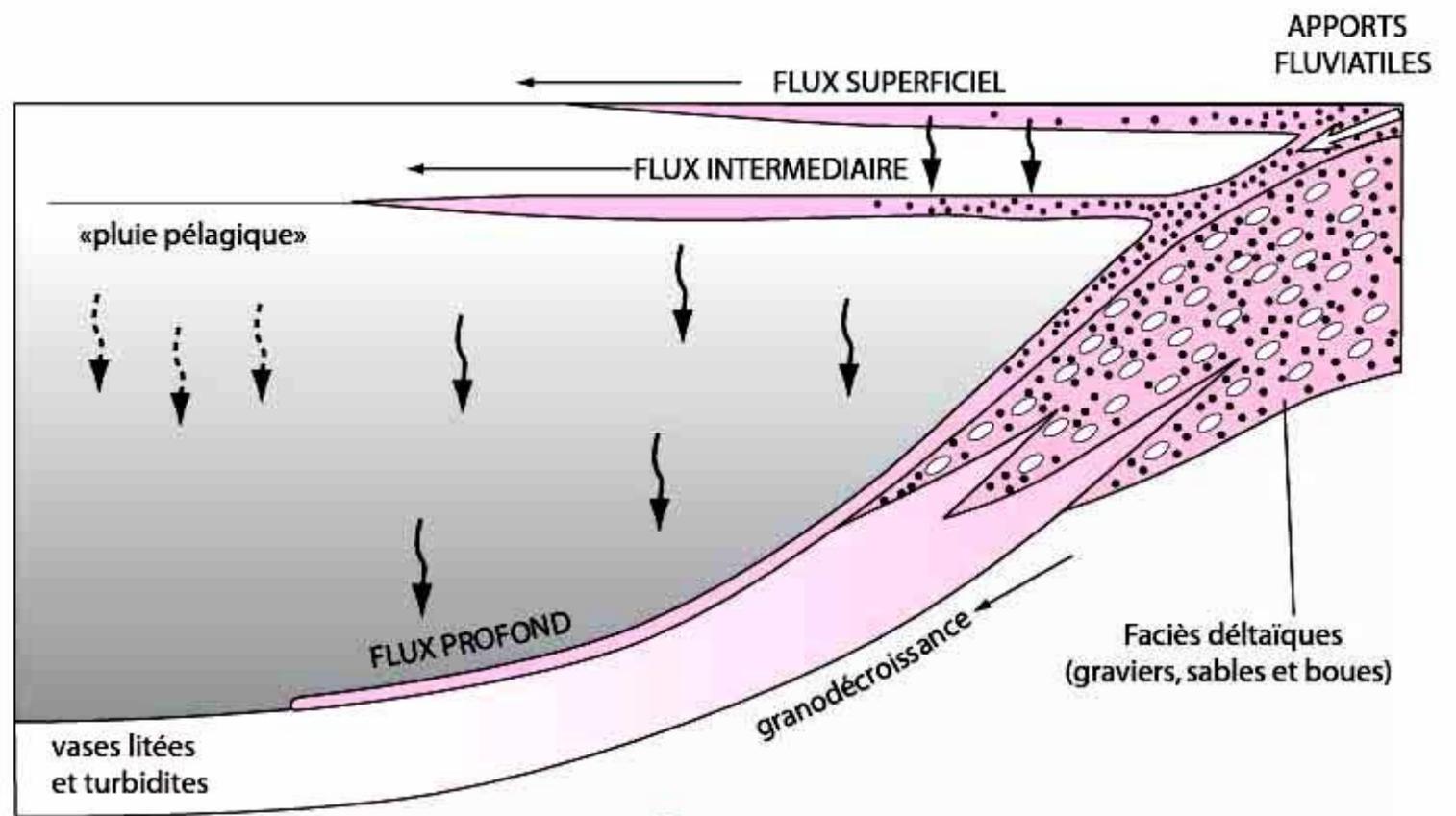
Rivière avec méandres indiquant les trajectoires du lit mineur et les régimes d'écoulement (analyse sédimentaire des dépôts).

A - Représentation schématique des différents types de dépôts des milieux fluviaux (exemple d'un cours à méandre).  
 B - Séquence idéale de comblement d'un chenal en méandres avec une partie inférieure correspondant aux dépôts du chenal d'étiage et une partie supérieure à la migration latérale des barres de méandres lors des crues  
 C - Séquence idéale de comblement d'un chenal en tresse (cas d'un comblement par aggradation verticale lors de crues successives).



Carotte de forage dans un lac glaciaire. Les varves correspondent à des alternances de strates claires pluricentimétriques déposées en été (S=summer) et de lamines sombres plurimillimétriques (riches en matières organiques) déposées en hiver (W=winter). Chaque couplet correspond à une année.

→ Erosion



**Sédimentation détritique dans un lac de climat tempéré à stratification thermique, en fonction d'apports fluviatiles.**

Les flux superficiels sont des venues d'eau légère, chaude, apportée en été par les cours d'eau, qui provoquent un dépôt sédimentaire en laminations à grain décroissant vers le large. Les flux intermédiaires concernent des eaux de densités qui se répandent en été au-dessus de la thermocline avec les particules qu'elles transportent ; ces particules se sédimentent lorsque l'inversion des densités à l'automne annule la thermocline. Les flux profonds résultent de courants de turbidité de haute énergie ou de venues d'eaux denses et froides consécutives au dégel, qui apportent sur le fond des eaux oxygénées et riches en particules grossières.

**Contextes de sédimentation lacustre :**  
**Influence/alternance des saisons.**  
**Origine climatique.**

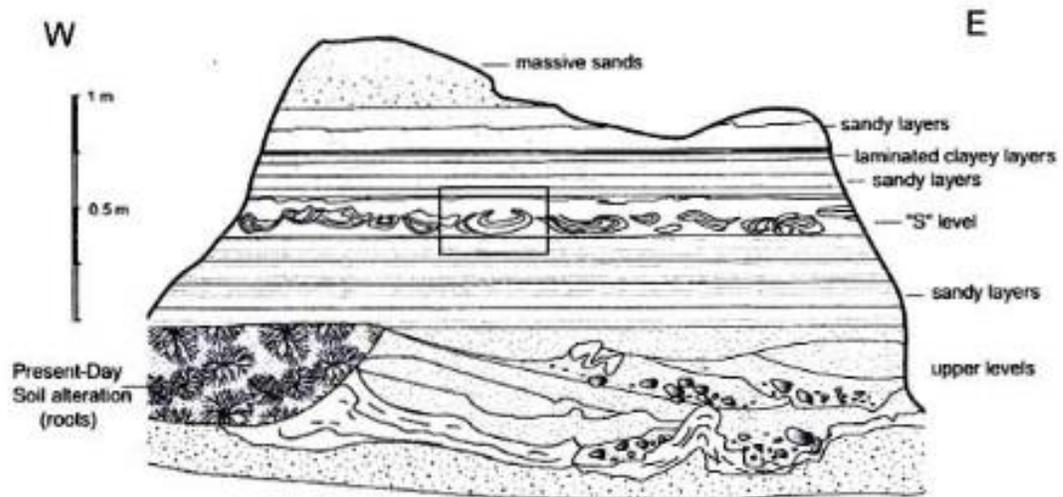


Figure II-8 Sketch of NF1 outcrop of Nan Forezan Canyon, Le Bourget Basin, France. The "S" level corresponds to the disturbed layer, attributed to seismic event. The frame is location of the figure II-9 (see below).

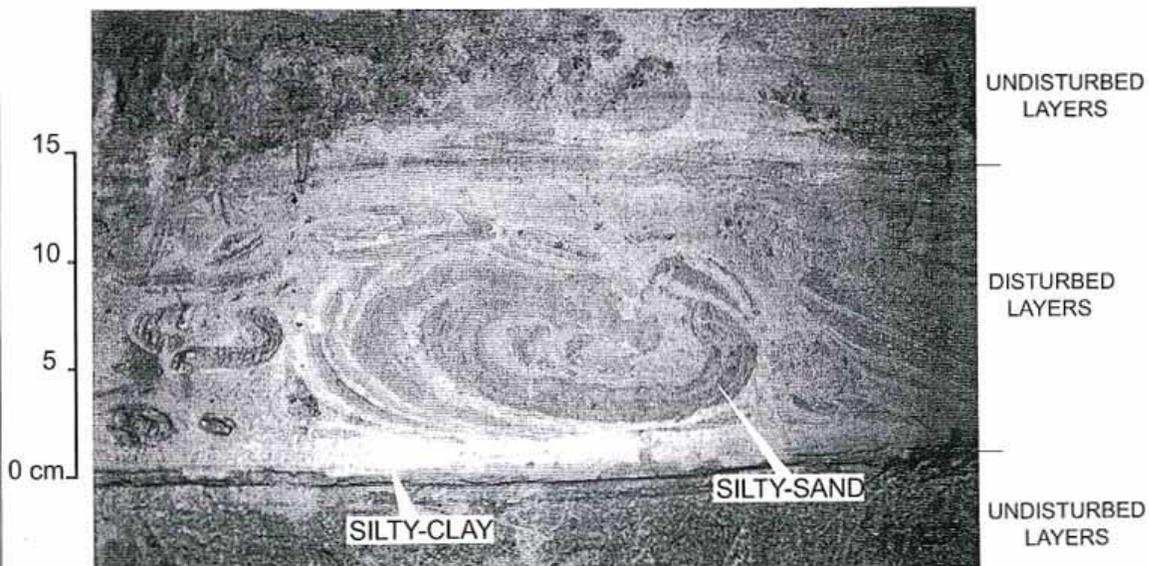


Figure II-9 : Detailed picture of the NF1 outcrop (located on the figure II-8); the "S" level is interbedded between undisturbed layers of same composition. Notice the pillow structure of laminated silty-sand layers into silty-clay layer. This level is interpreted as seismite.

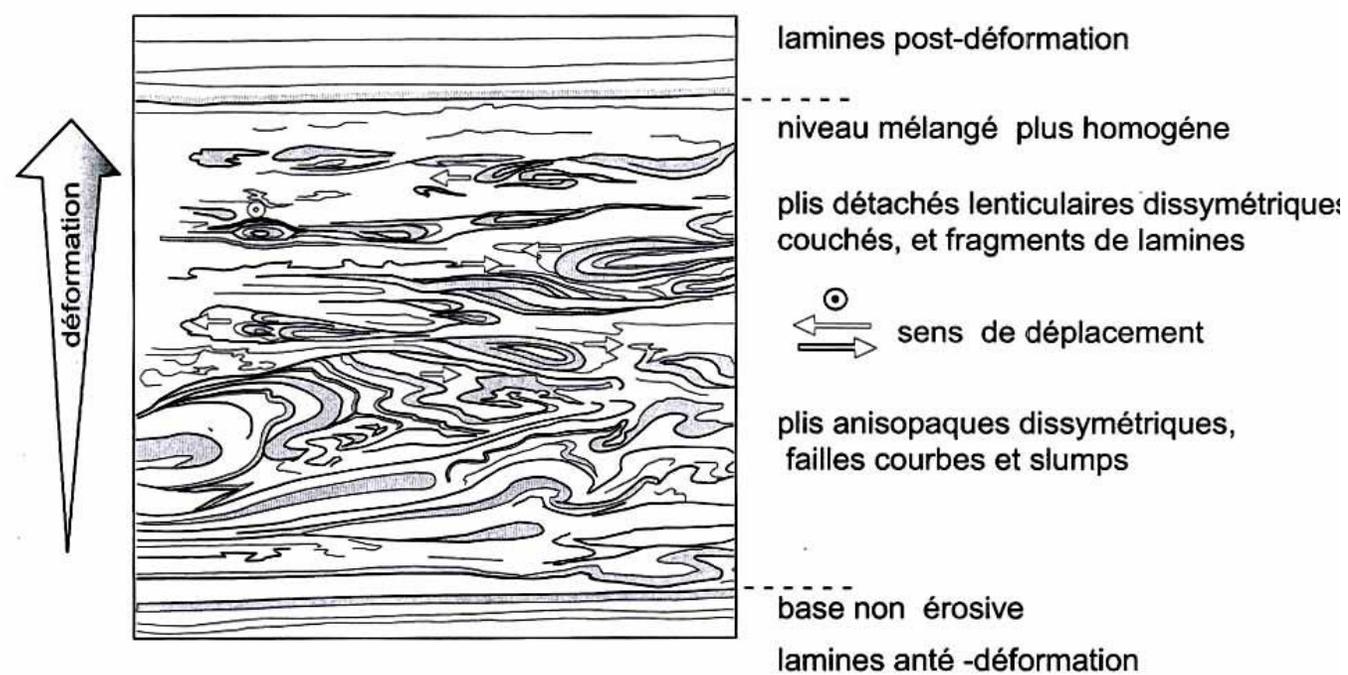
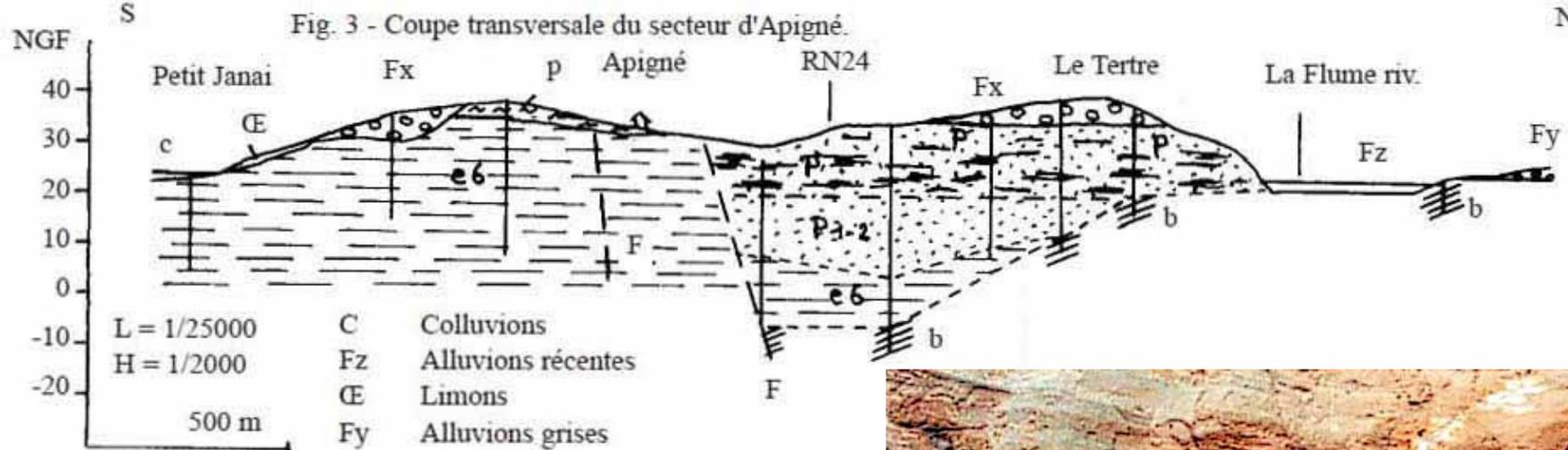


Figure II - 6 : Structure à gradient de plissement.

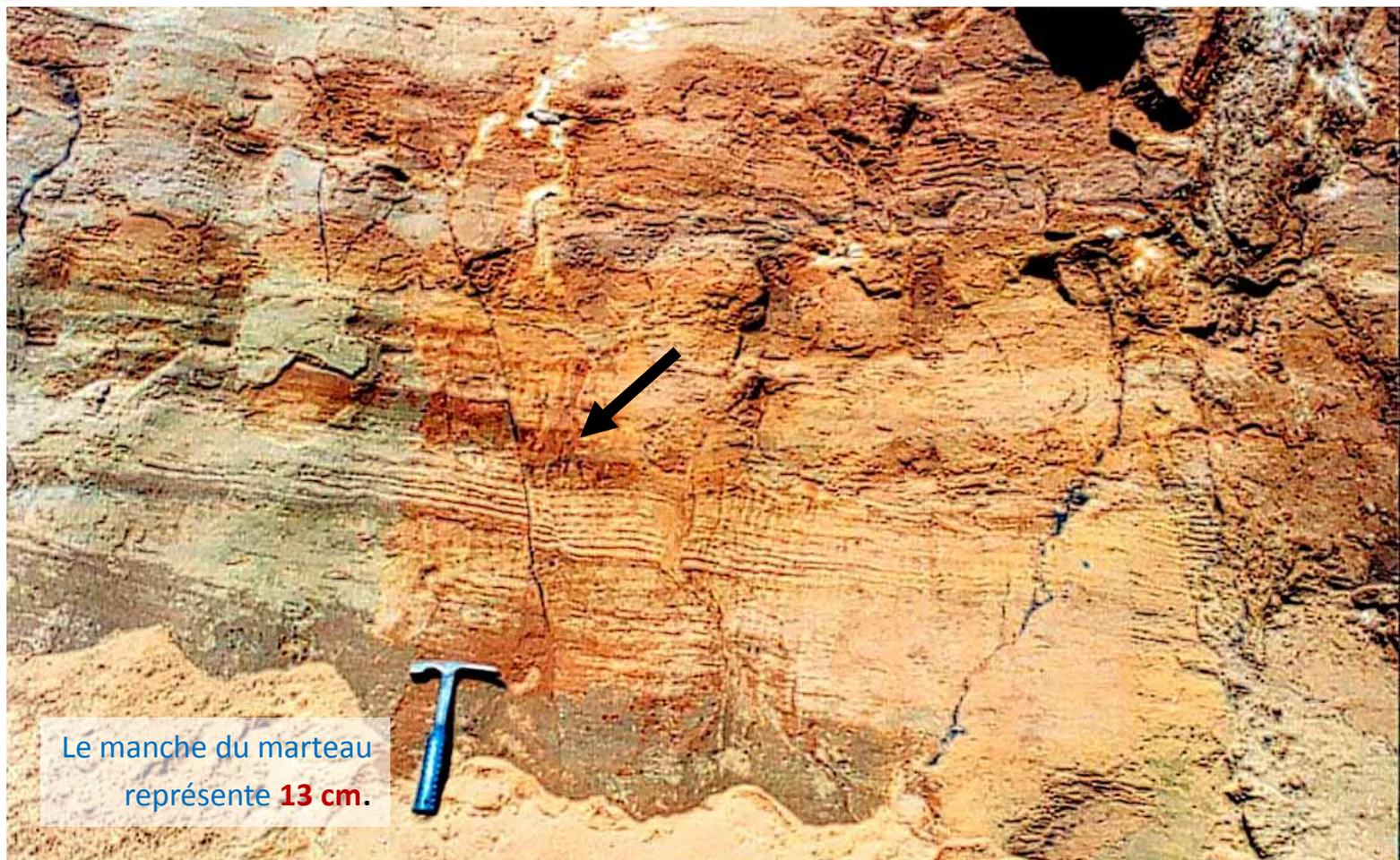
(Tronçon de la carotte de Lavars, coupe transversale interprétée). Le gradient de déformation du bas vers le haut de la structure peut être comparé à celui observé sur les fault-grading (Seilacher, 1984). L'orientation des plis indique un cisaillement horizontal probablement par une mise en oscillation du sédiment lors de sa déformation.

**Sédimentation lacustre : Enregistrements des séismes sur matériaux encore mous. Figures de déformation. Ici la base n'est pas érodée (*milieu soumis à vibrations*)**



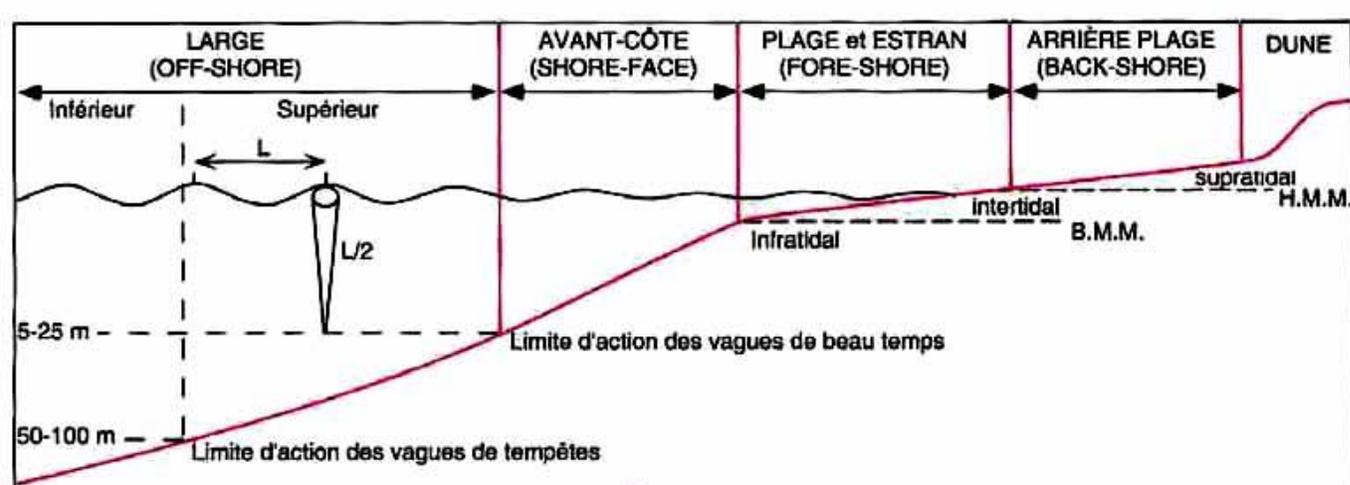
- |       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| Fx    | Alluvions rouges - séquence 1         |
| p     | Pliocène continental - séquences 2, 3 |
| p 1-2 | Pliocène marin - séquences 4 à 6      |
| e6    | Éocène                                |
| b     | Briovérien                            |

Sédiments sableux : Enregistrement tectonique sur matériaux plus indurés. Exemple des sables pliocènes.



Le manche du marteau représente 13 cm.

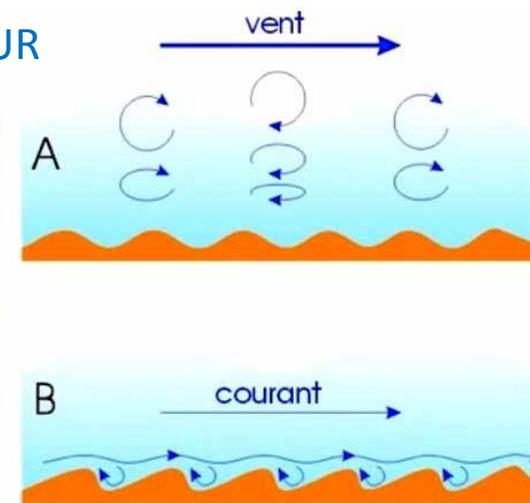
Sablrière d'Apigné (n° 3) - Faille normale (jeu apparent) dans les sables micacés bruns de la séquence 3 d'Apigné.



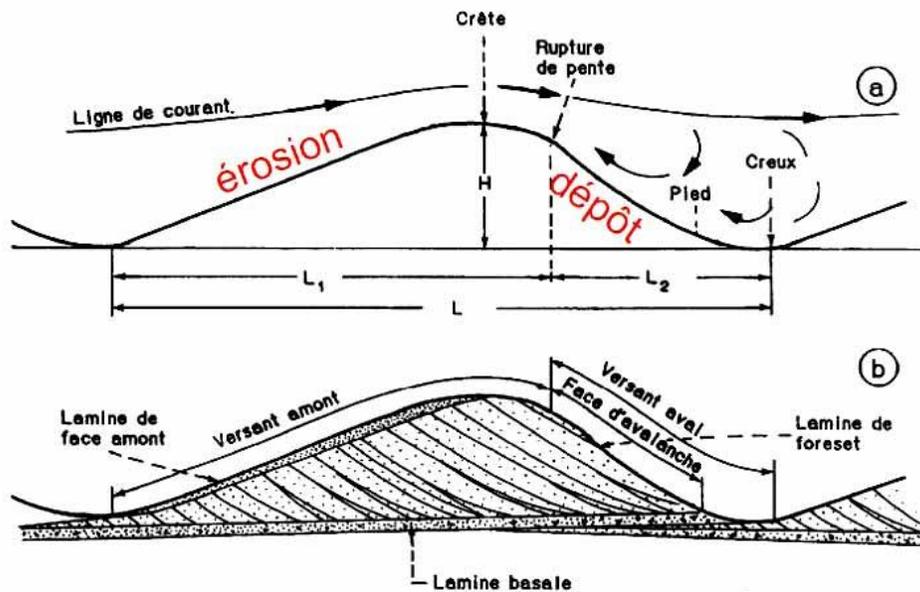
Zonation hydrodynamique et environnements de dépôts du domaine marin côtier.

B.M.M = basses mers moyennes. H.M.M = hautes mers moyennes.

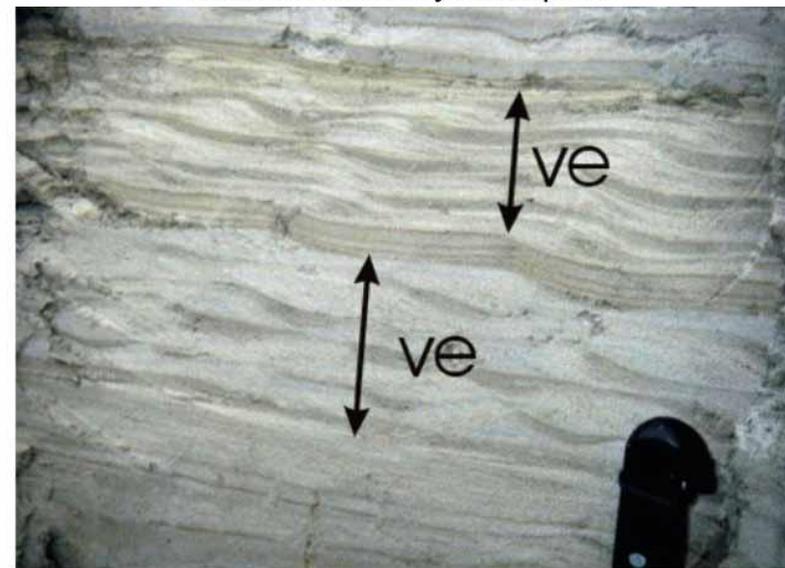
## SEDIMENTATION : INDICES DE LA PROFONDEUR



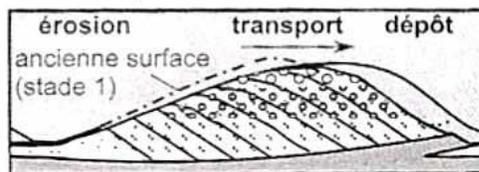
Les rides de vagues sont symétriques (va et vient). Les rides de courant sont asymétriques.



Les rides Indices de sédimentation peu profonde et du sens des courants.



Laminations engendrées par les allers et venues des vagues pendant les marées de vives-eaux (ve). Chaque alternance claire (= litage de sable) /sombre (= lamine de silt) représente une marée. Actuel, Pontaubault, Baie du Mont Saint-Michel, France.



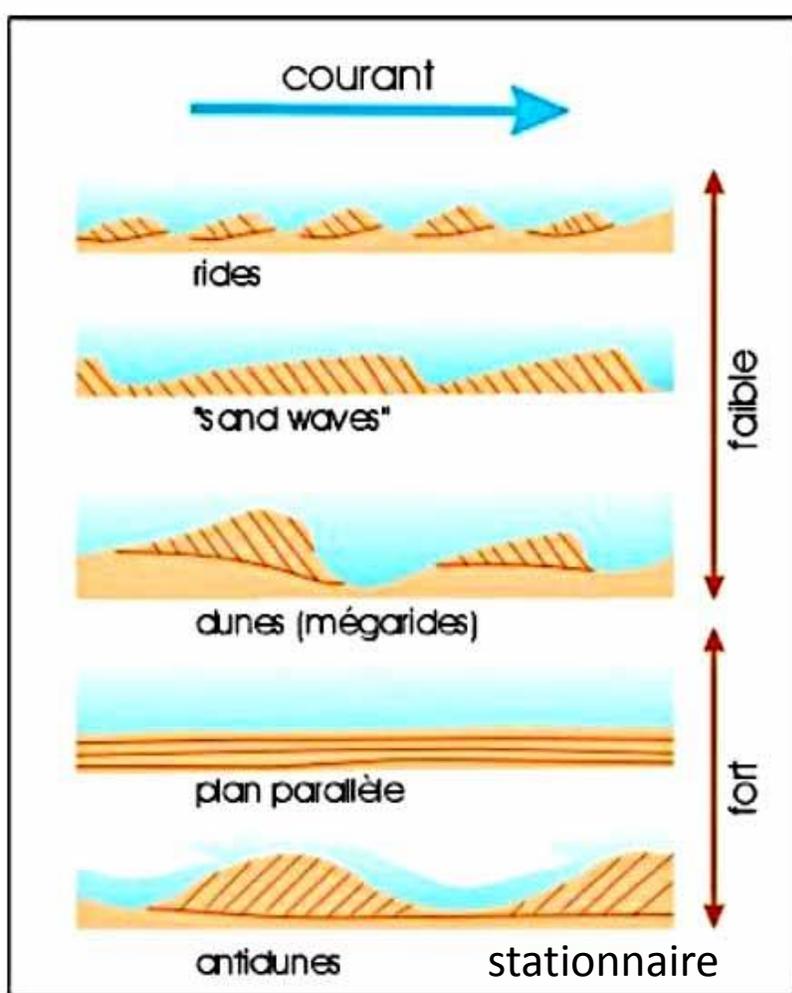
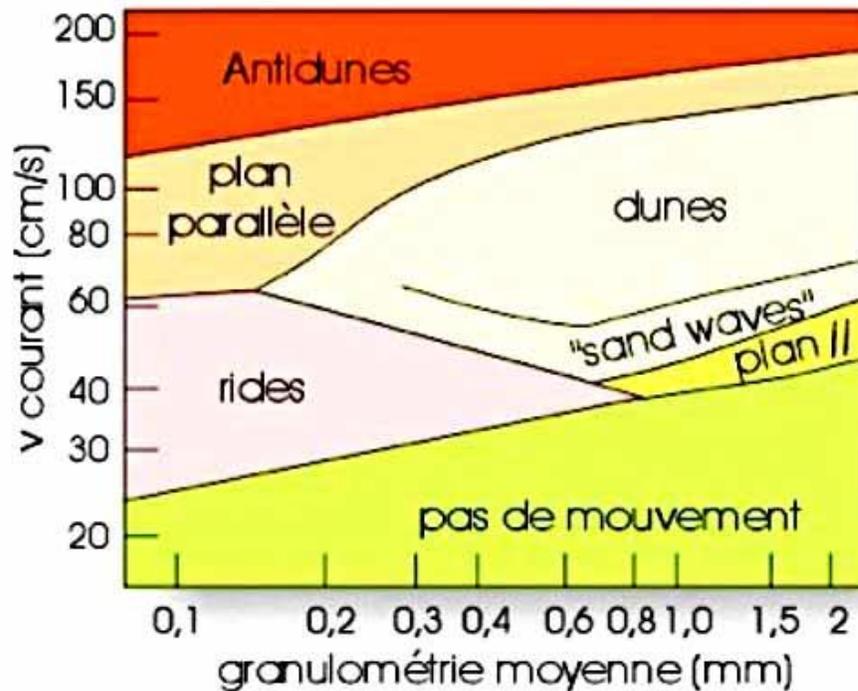


Diagramme d'Allen



Les volumes sédimentaires sont tributaires de la vitesse des courants et de la granulométrie des éléments transportés.

Sur le terrain il faut vérifier que toutes les observations soient concordantes avec le milieu de sédimentation envisagé.

Le *diagramme d'Allen* visualise les caractéristiques des structures sédimentaires formées sous l'action des courants, en fonction de la granularité des sédiments (sables fins). On distingue différents domaines. Pour les courants les plus faibles (en gros inférieurs à  $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ), aucune structure sédimentaire ne se forme (domaine du dépôt du diagramme de Hjulström). Au-dessus, des *rides de courant* se développent pour les granularités les plus fines, alors que pour les plus grossières, on forme des *laminés plans* (l'énergie est trop faible pour construire des rides). L'encart (1) du document 6B illustre la géométrie des crêtes des rides qui, d'abord linéaires, deviennent ondulantes puis discontinues à mesure que la vitesse du courant augmente. Lorsque les courants sont plus forts encore, on entre dans le domaine de formation des *mégarides*, de plus grande taille, et dont la géométrie des crêtes témoigne également de la force du courant. Le domaine supérieur du diagramme illustre, au-delà d'une *zone de transition* marquée par l'absence de développement de structures particulières, les effets sédimentaires des *courants supercritiques* (nombre de Reynolds  $> 1$ ) qui conduisent à la formation de *litages plans de haute énergie* et d'*antidunes*.

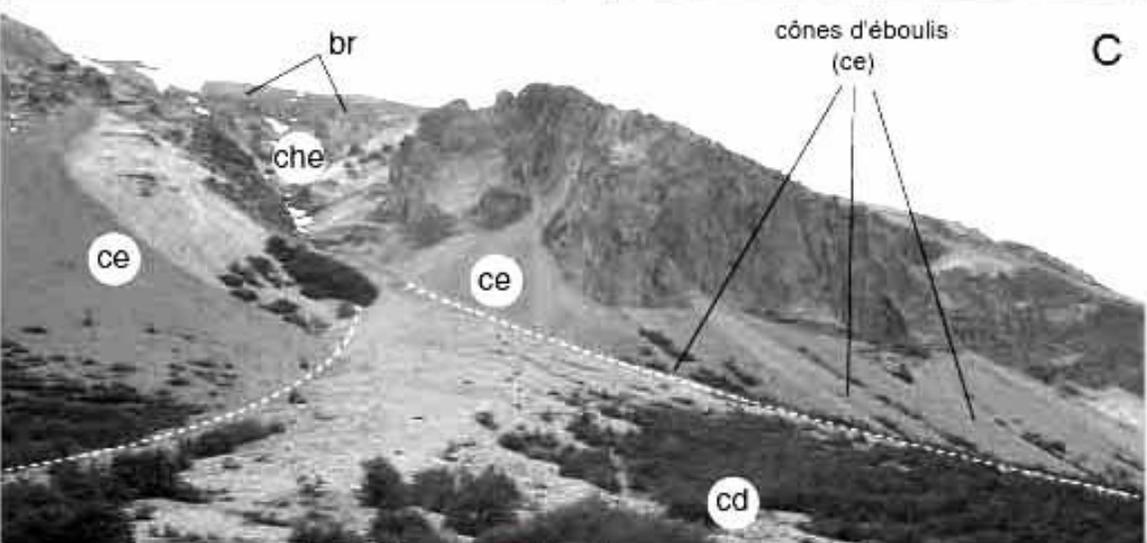
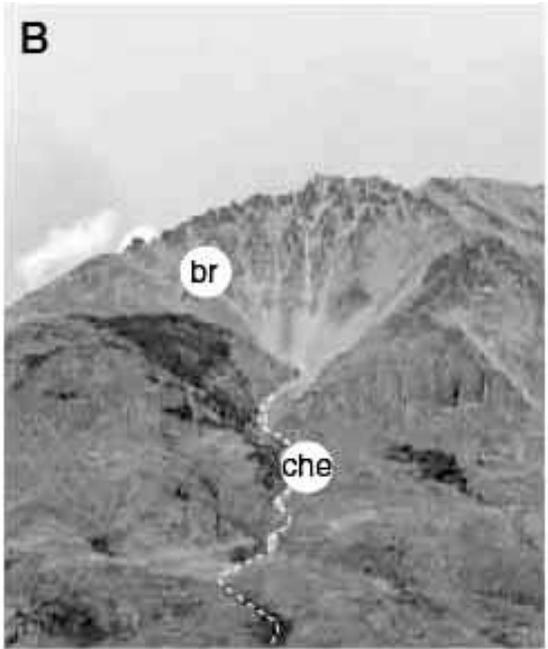
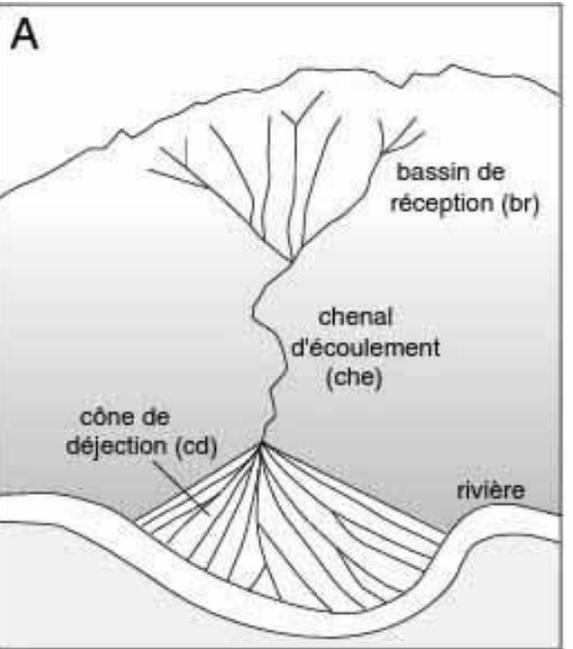


Terril (La Troche)

Bassin de réception

Chenal d'écoulement rectiligne

Cône de déjection

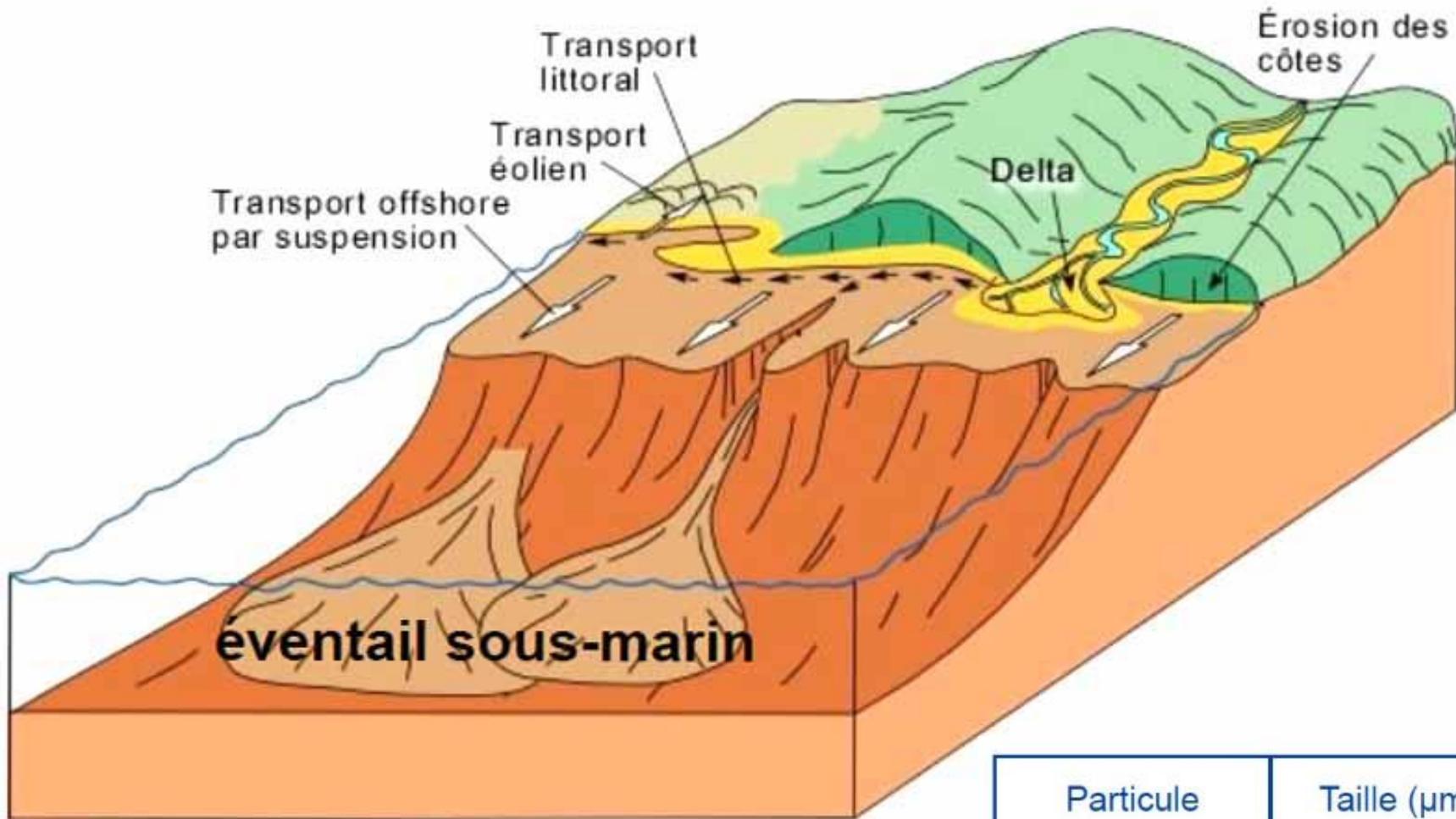


Les différentes parties du cours d'un torrent.

A. Schéma. Noter l'absence d'affluents le long du chenal d'écoulement et du cône de déjection ainsi que l'incurvation du cours de la rivière due à la croissance du cône.

B. Photographie du bassin de réception et du chenal d'un torrent.

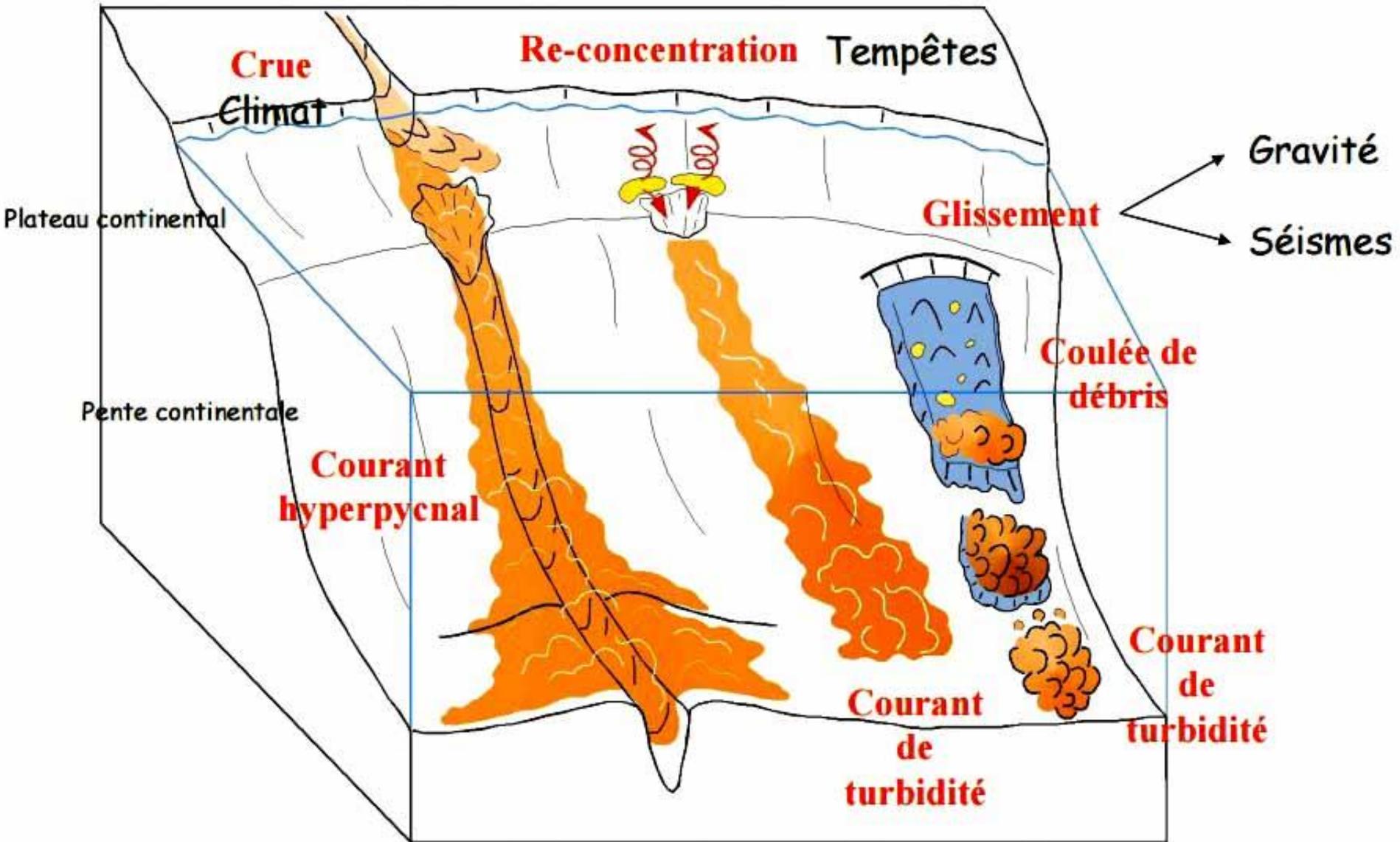
C. Association de cônes d'éboulis (sans chenaux, en pied de paroi) et d'un cône torrentiel actif, alimenté par un chenal incisant la paroi (Noter que la végétation est absente localement, ce qui souligne le caractère actif du cône) (B,C, Andes de Patagonie, sud Chili, cliché Y. Lagabriele).



Le domaines des courants de turbidité : Répétition des deltas à un étage inférieur.

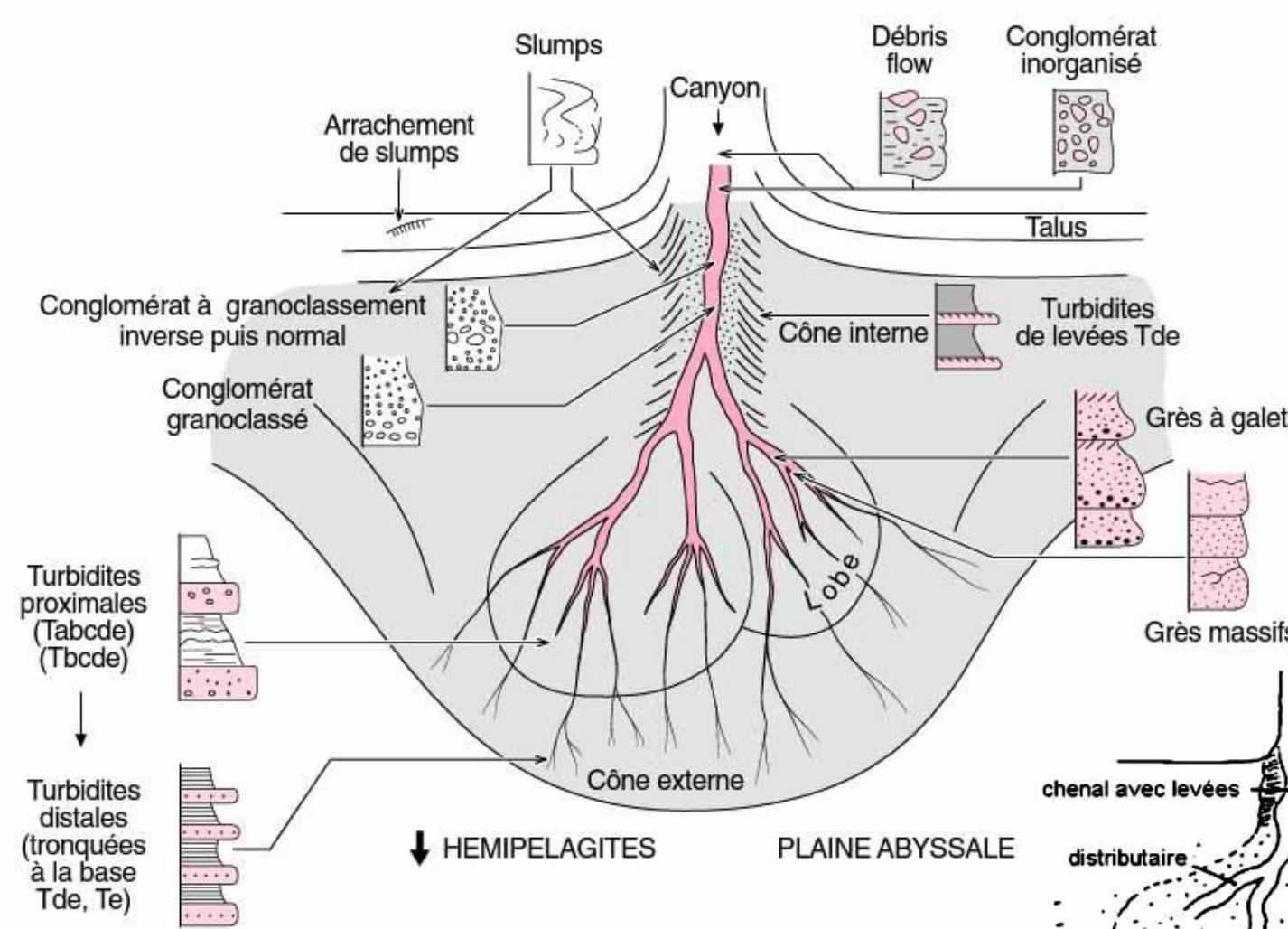
Particule	Taille ( $\mu\text{m}$ )	Temps pour atteindre la profondeur de 4 km (jours)
sable fin	100	4,73
silt	10	473
argile fine	1	47 300 (130 ans)

**Le granoclassement a le temps de se faire !**



Les courants de turbidité :  
 Matériaux grossiers expulsés  
 en domaine abyssal :  
 Mécanismes variés.

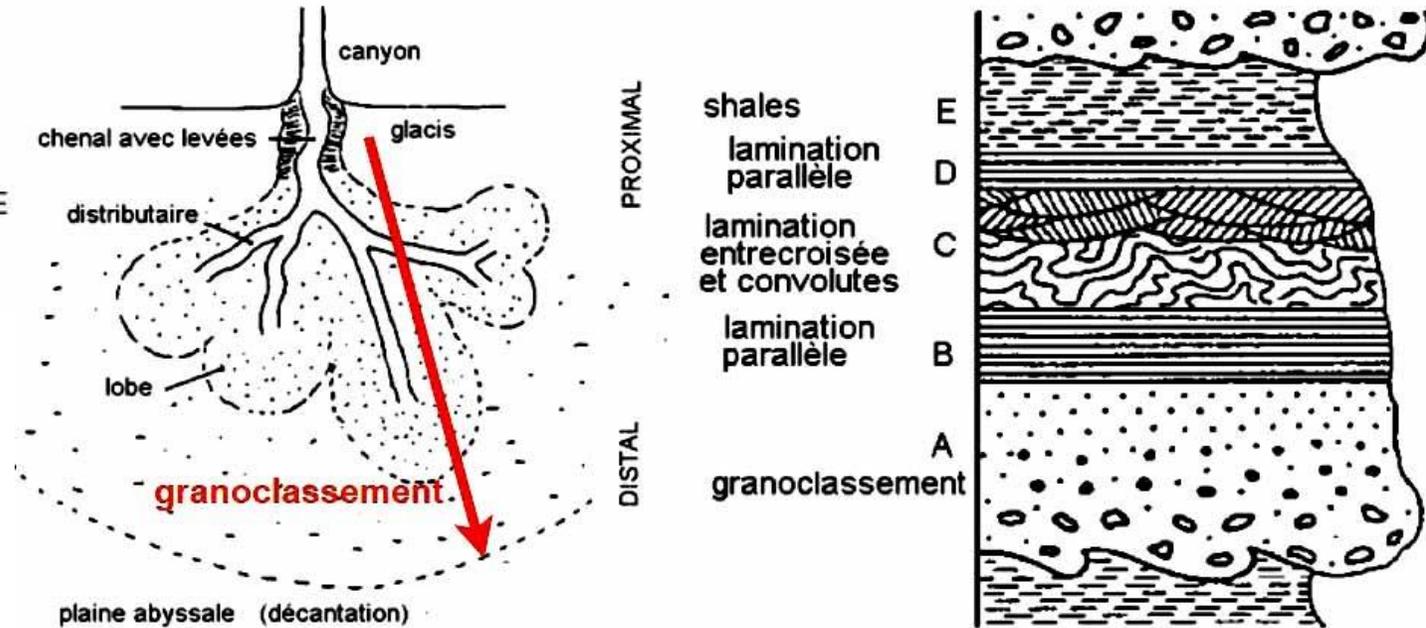
Courant hyperpycnal : Masse d'eau chargée de matériaux détritiques en suspension et qui, en raison de sa forte densité, s'écoule en continu par gravité jusqu'aux grands fonds (= *courant de densité*). Le courant de turbidité n'est qu'un cas particulier du courant de densité, lequel se définit comme une masse fluide en mouvement au sein d'un fluide.



Un éparpillement brutal des sédiments impliquant le granoclassement des particules en éventail au delà du canyon.

L'empilement des séquences de Bouma définissent les formations sédimentaire de type Flysh.

En Bretagne, le briovérien a été localement assimilé à des Flysh ou des formations deltaïques : Attention on est pas au même niveau de profondeur ?



Séquence de turbidite (Bouma) - quelques décimètres



Séisme dans l'Atlantique Nord en 1929 => rupture des câbles transatlantiques

- le courant de turbidité s'était déplacé à une vitesse de 25 à 100 km/h suivant la pente
- le dépôt provoqué par le courant de turbidité a couvert plus de 200.000 km<sup>2</sup> de fond océanique; l'épaisseur de sédiments déposés variant de quelques cm à un mètre
- mise en jeu plus de 200 km<sup>3</sup> de sédiments.

Indice historique de l'existence des courants de turbidité au-delà du plateau continental.

Des ruptures de câbles



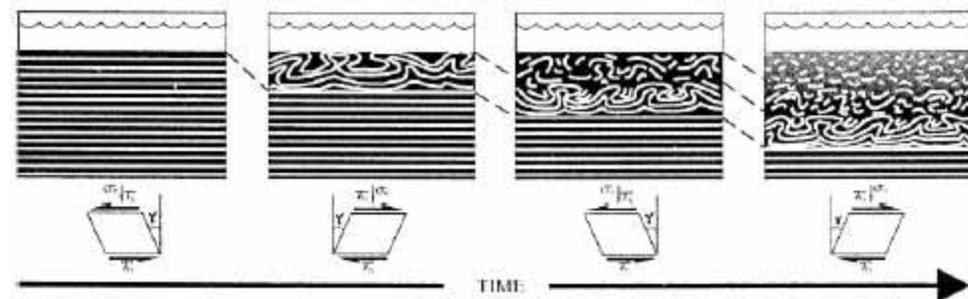
# Mise en évidence de cycles sismiques

Analyses du  $^{210}\text{Pb}$  sur les 140 premiers cm



Taux de sédimentation constant

→ Extrapolation



Dépôts témoins de l'activité sismique  
séparés par 50 cm +/- 18 cm

Taux de sédimentation : 1,01 cm/an

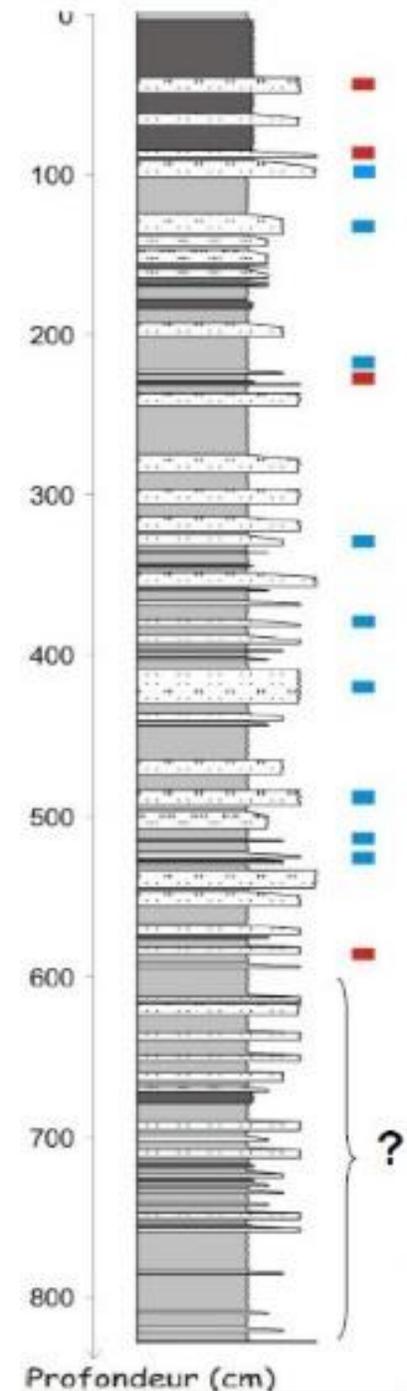
**Cycles sismiques de 50 +/- 18 ans**  
**Maximum de 80 ans**

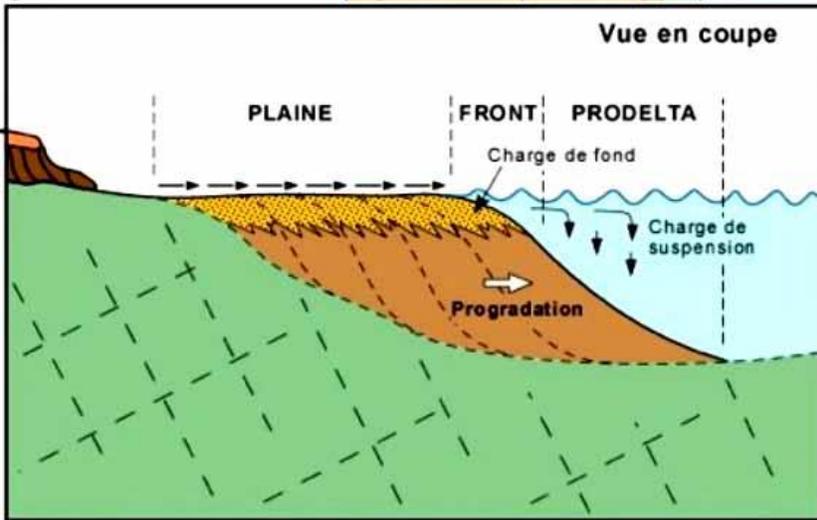
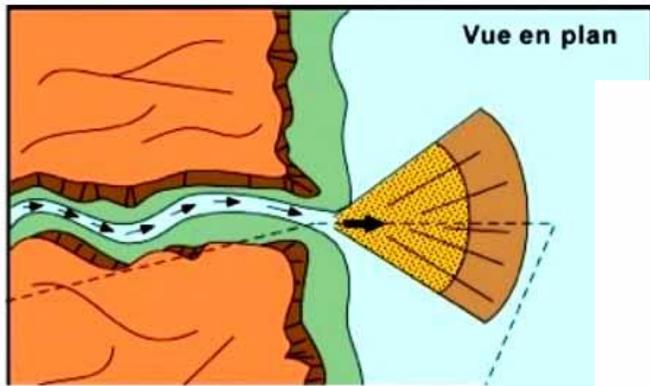
?

-  Turbidites co-sismiques
-  Liquéfaction



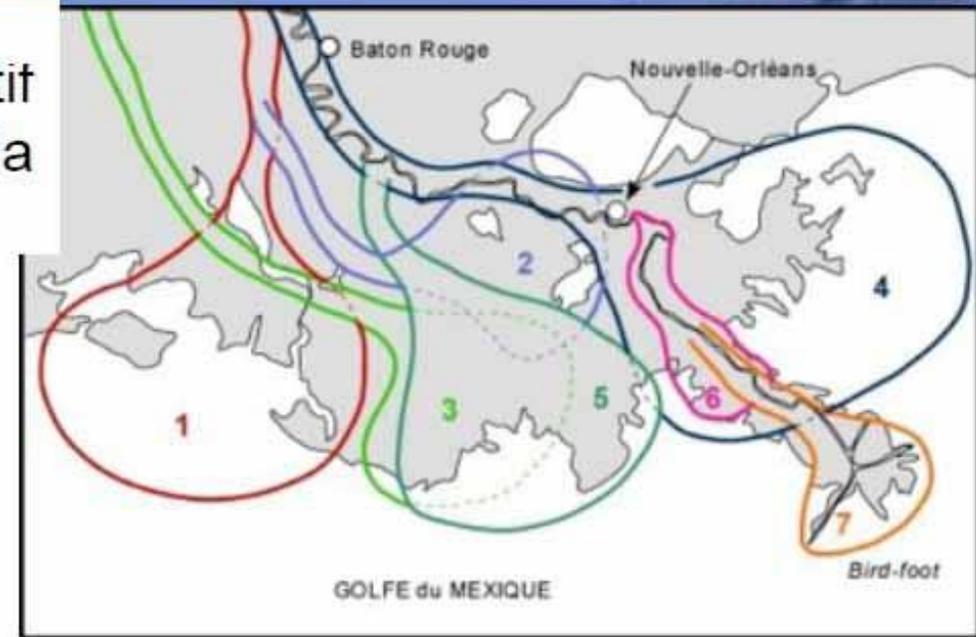
Flysch Oligocène (Alpes Maritimes)





Le lobe actuellement actif est localisé au SE de la Nouvelle-Orléans.

Domaine deltaïque : « turbidites » limitées au plateau continental au débouché des fleuves à forts apports solides (crues) qui se succèdent.





400 t/ha de sol perdus par an, et transportés vers l'Océan Indien

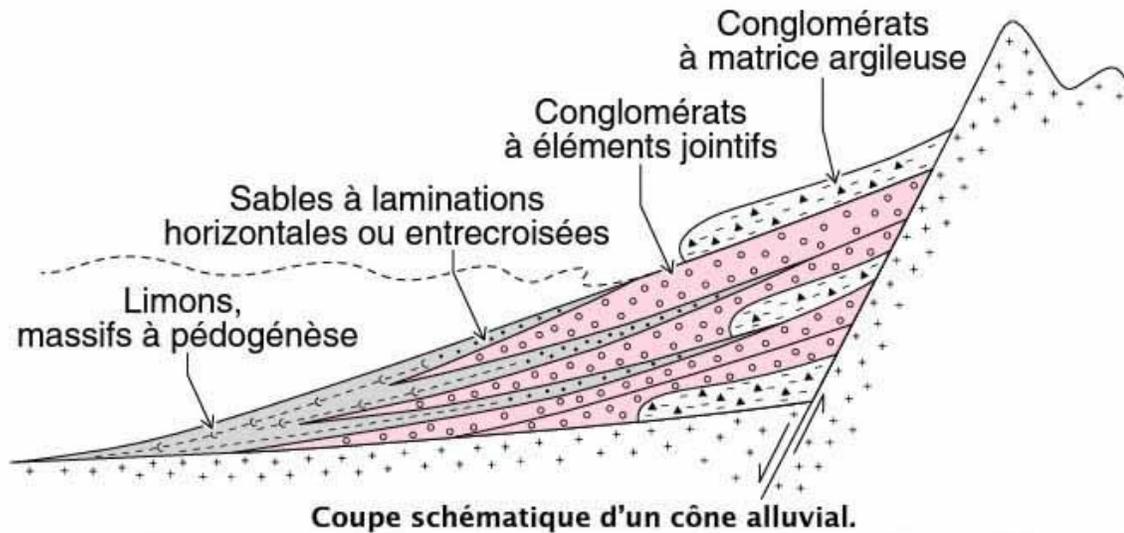
estuaire

Sols érodés, rouge vif dans l'estuaire de Betsiboka, Madagascar.

Ces apports solides sont nourris par l'érosion du bassin versant qui acquiert un modelé caractéristique (voir hypsométrie). Ici la déforestation est mise en cause.

Ce sont des corps sédimentaires en formes d'éventails constitués de l'accumulation de sédiments grossiers au pied des reliefs au niveau d'une rupture de pente (fig. 29.6). La coalescence de ces corps constitue le **piémont**. Ils se forment en général dans un contexte de tectonique active (montagnes en surrection en bordure d'une zone subsidente). L'accumulation d'un tel matériel grossier résulte de la diminution de la puissance de l'écoulement par réduction de son épaisseur et de sa vitesse au moment de son étalement à partir du débouché (apex) du chenal torrentiel montagneux.

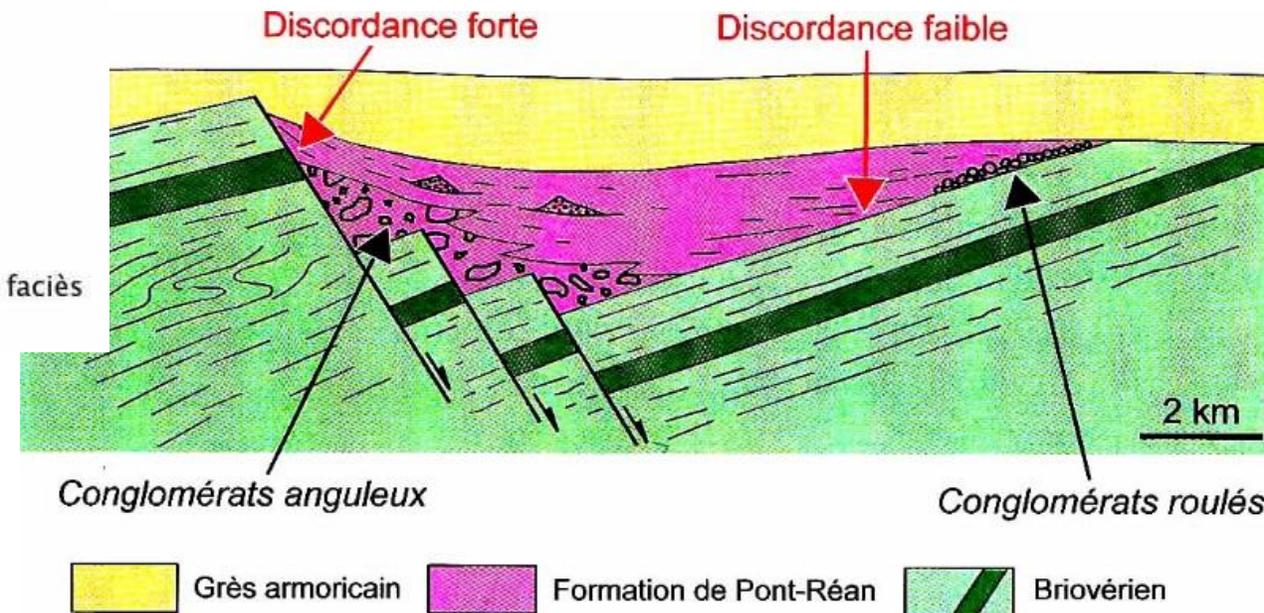
### Les dépôts des cônes alluviaux



Coupe schématique d'un cône alluvial.

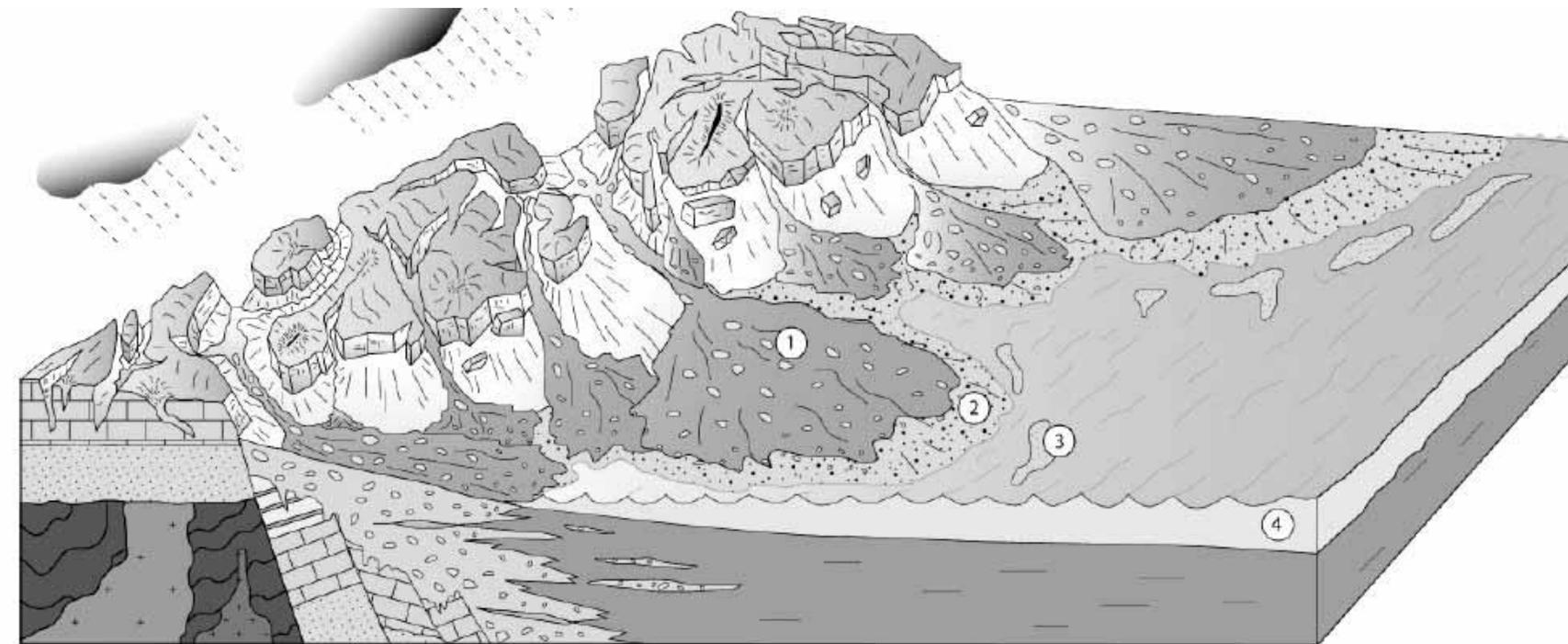
On observe une alternance de dépôts grossiers correspondant à des coulées de débris et des faciès plus fins à laminations déposées pendant les débordements de crues.

### Dépôts proches de reliefs : Les piémonts.



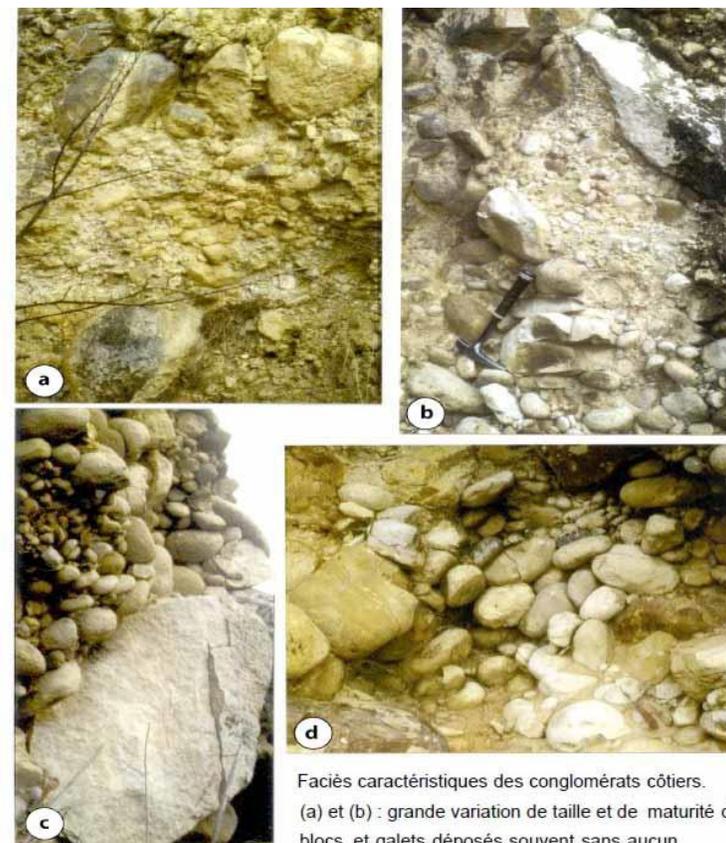
Grès armoricain
  Formation de Pont-Réan
  Briovérien

Coupe schématique montrant l'environnement de dépôt du poudingue de Montfort et des schistes rouges de Pont-Réan sur le socle briovérien.



Modèle sédimentaire de la mise en place des conglomérats en bordure Est et Ouest du fossé rhénan. Les matériaux conglomératiques sont déposés au sein de puissants cônes conglomératiques qui viennent se déverser en pied de montagne en bordure du lac rhénan. L'affleurement de Turchheim est représenté principalement par des faciès grossiers à très grossiers (1 et 2). A Rouffach, les dépôts sont principalement gréseux (2 et 3). Ce sont des faciès de bordure de lac. Des dépôts marneux typiquement lacustres (4) sont présent à la base de la coupe à Rouffach (Düringer, 1988).

☺ Equivalent de la Formation de Pont-Réan, durant l'Oligocène il y a 25 MA.



Faciès caractéristiques des conglomérats côtiers.  
(a) et (b) : grande variation de taille et de maturité des blocs et galets déposés souvent sans aucun

classement. (c) : galets et blocs bien usés témoignant d'une longue maturation au fond des canyons avant le transport et le dépôt final. (d) : conglomérat tivoiquement polvaéni que dans lequel on trouve des blocs et galets de grès roses du Trias (en bas à gauche) de calcaire oolitiques jaunes du Jurassique (à gauche au milieu de la photo) et de galets de calcaires micritiques de teinte claire du Muschelkalk supérieur (calcaire à Entroques et à Cétratites) (Turchheim) (Düringer, 1988).

# Contexte morphologique du Massif armoricain - Apports récents.

----0000----

Thèse Paul BESSIN [1]

## Evolution géomorphologique du Massif armoricain

### depuis 200 MA : approche Terre-Mer

----0000----

Soutenue à Géosciences Rennes le 5/12/2014

#### MODÈLE D'ÂGE DES FORMES DU RELIEF ÉMERGÉ

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| ■ Reliefs résiduels                | 4 ■ Pré-Bajocien (Pré-170 Ma)             |
| 1 ■ Pré-Pliensbachien (Pré-190 Ma) | 5 ■ Pré-Cénomaniens (Pré-100 Ma)          |
| 2 ■                                | 5d ■ dégradée                             |
| 3 ■                                | 6 ■ Pré Miocène supérieur à Pré-Bartonien |

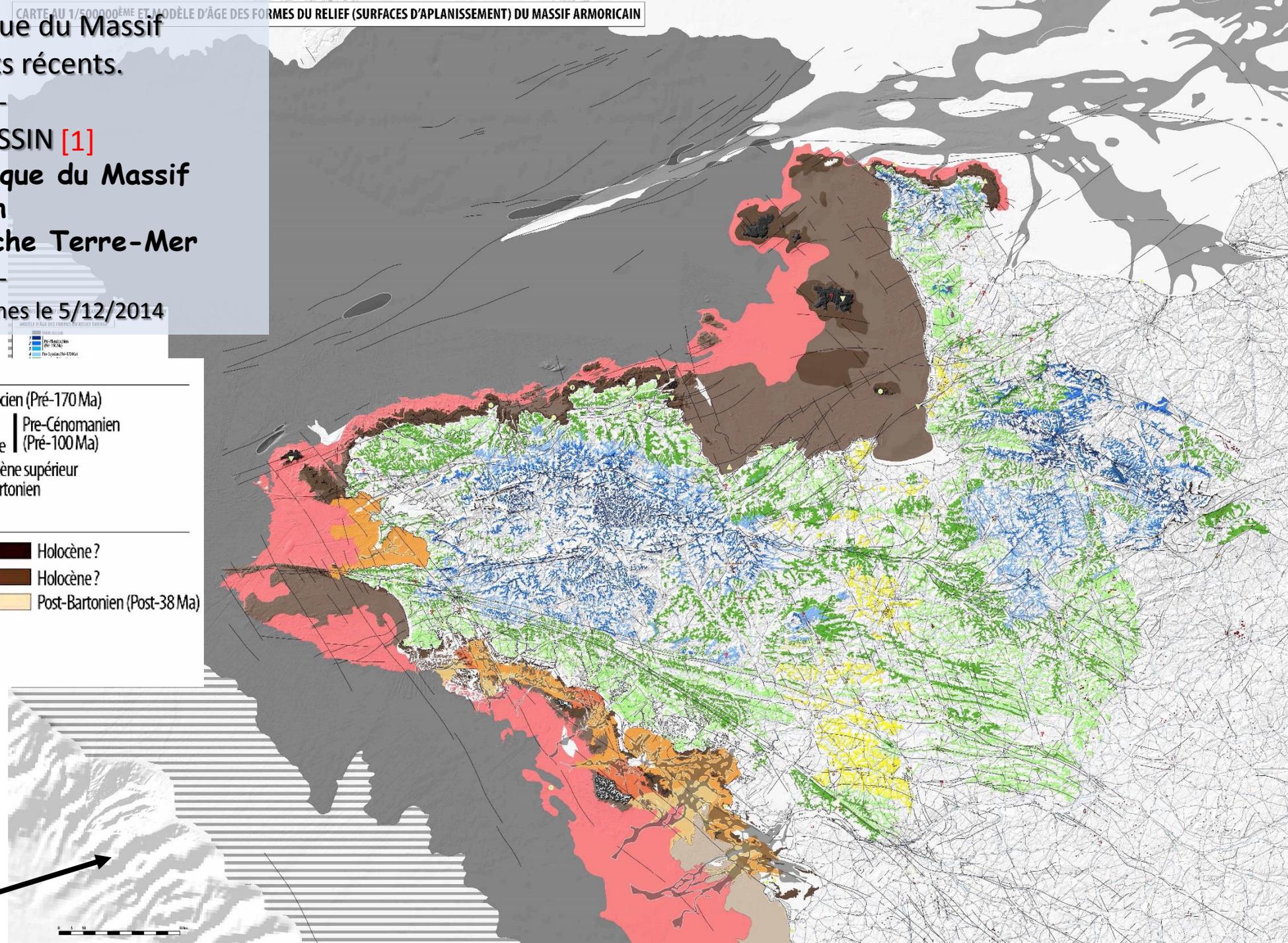
#### MODÈLE D'ÂGE DES FORMES DU RELIEF IMMERGÉ

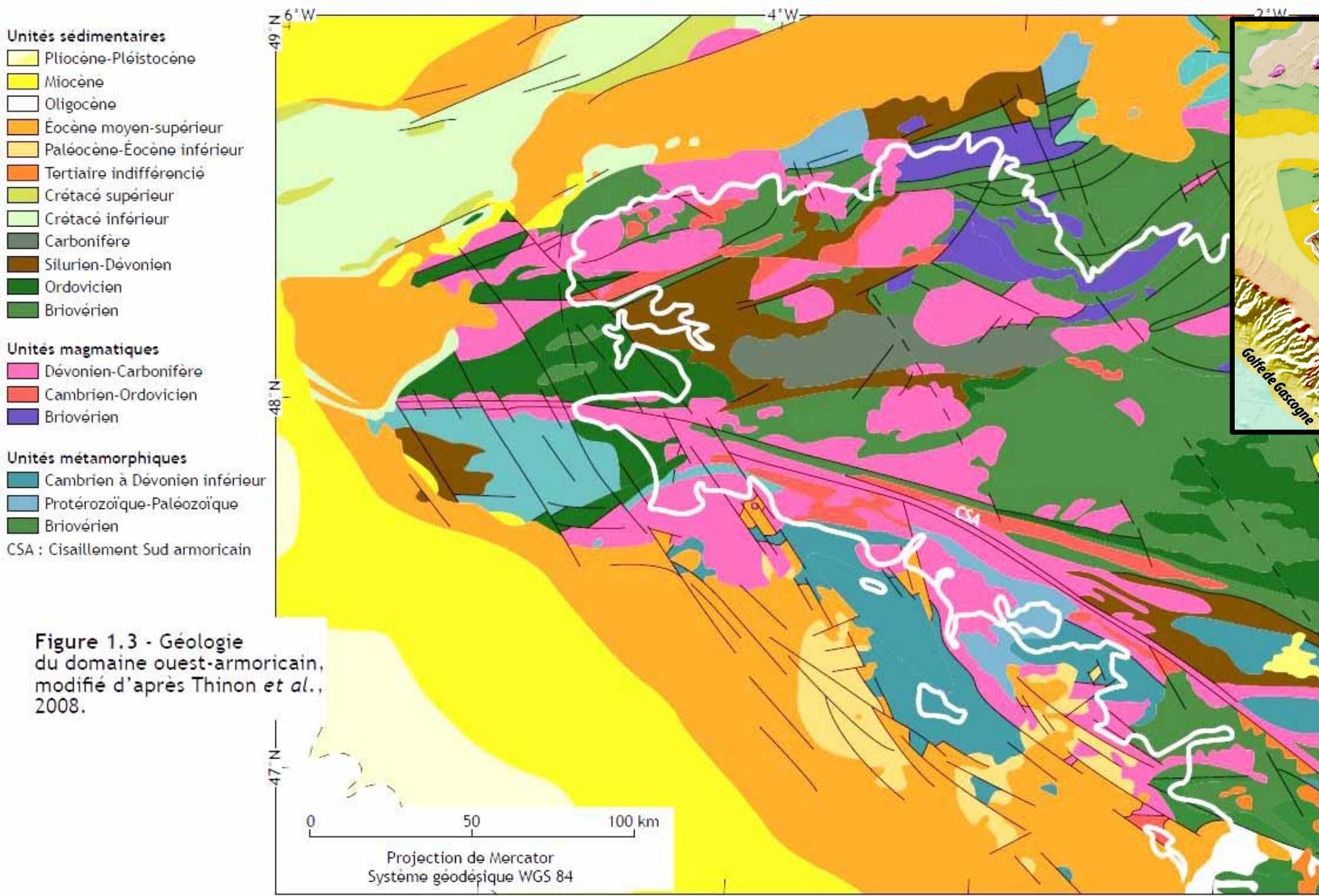
- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| E (5 ?) ■ Pré-Cénomaniens ? (Pré-100 Ma ?) | A1 ■ Holocène ?                  |
| LVP1 ■ Bartonien - Chattien (38-28 Ma)     | A2 ■ Holocène ?                  |
| AMSA ■ Miocène moy. à sup. (13-8 Ma)       | A3 ■ Post-Bartonien (Post-38 Ma) |
| LVP2 ■ Miocène moy. à sup. (13-8 Ma)       |                                  |
| ZB ■ Miocène moy. à sup. (13-8 Ma)         |                                  |
| AMSAd ■ Pléistocène moy. à sup. (< 0,7 Ma) |                                  |

Un travail de synthèse qui reprend l'individualisation des surfaces d'aplanissement (« *pénéplaines* »).

[1] Aujourd'hui  
ATER U. du Mans

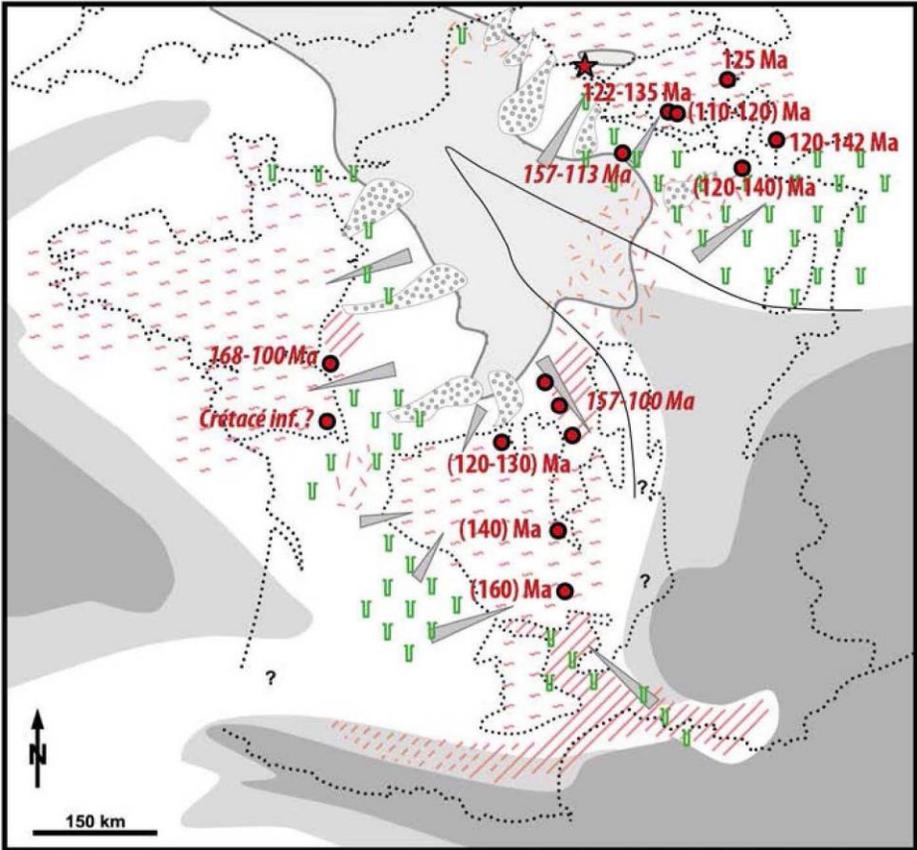
Rebord plateau continental





**Massif armoricain :**  
Socle paléozoïque / briovérien + couverture méso/cénozoïque sur le plateau continental.

**Synthèse des cartographies géologiques, à terre et sous la mer.....**



- DOMAINE MARIN**
- plate-forme marine de bas-niveau marin
  - marin profond
  - limite d'extension du Valanginien-Hauterivien (140-130 Ma) dans le Bassin de Paris
- DEPOTS «WEALDIENS» (145-125 Ma)**
- argiles et sables fluviodeltaïques et plaines d'inondation à paléosols
  - «lobes fluviatiles»
  - «puits naturel» avec remplissage à fossiles d'Iguanodons (130-125 Ma)
- PALEOSOLS ET PALEOPAYSAGES**
- kaolinique sur socle
  - kaolinique sur sédiments
  - bauxite (gibbsite) autochtone/allochtone
  - 120 Ma datations radio-isotopiques
  - (120) Ma datations paléomagnétiques
  - 120 Ma datations stratigraphiques
  - paléokarsts
  - piémonts

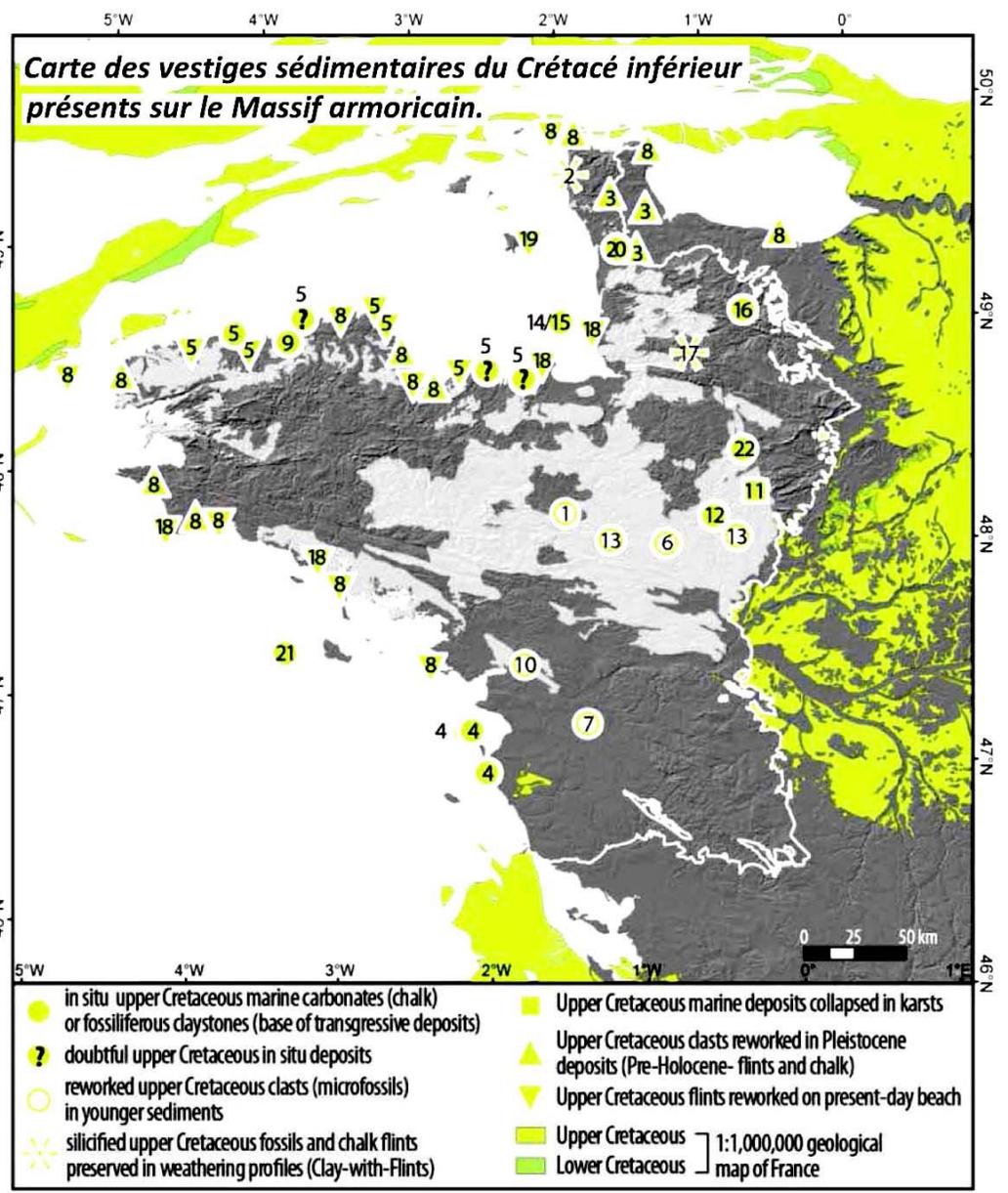


Figure 2-12 : Occurrences de paléo-altérations du Crétacé inférieur représentées sur une carte paléogéographique de la France et de la Belgique pour l'intervalle Bériasien – Barrémien (modifié d'après Thiry et al., 2006 et données de datation d'après Steinberg, 1967 ; Estéoule-Choux et al., 1969 ; Lippolt et al., 1998 ; Giot et al., 2003, Yans, 2003 ; Thiry et al., 2005 ; Théveniaut et al., 2007 et Quesnel et al., 2009).

.....liées aux contextes d'émersion (altérites épaisses) répertoriés alentour : Ici les paléosols du Crétacé (II).

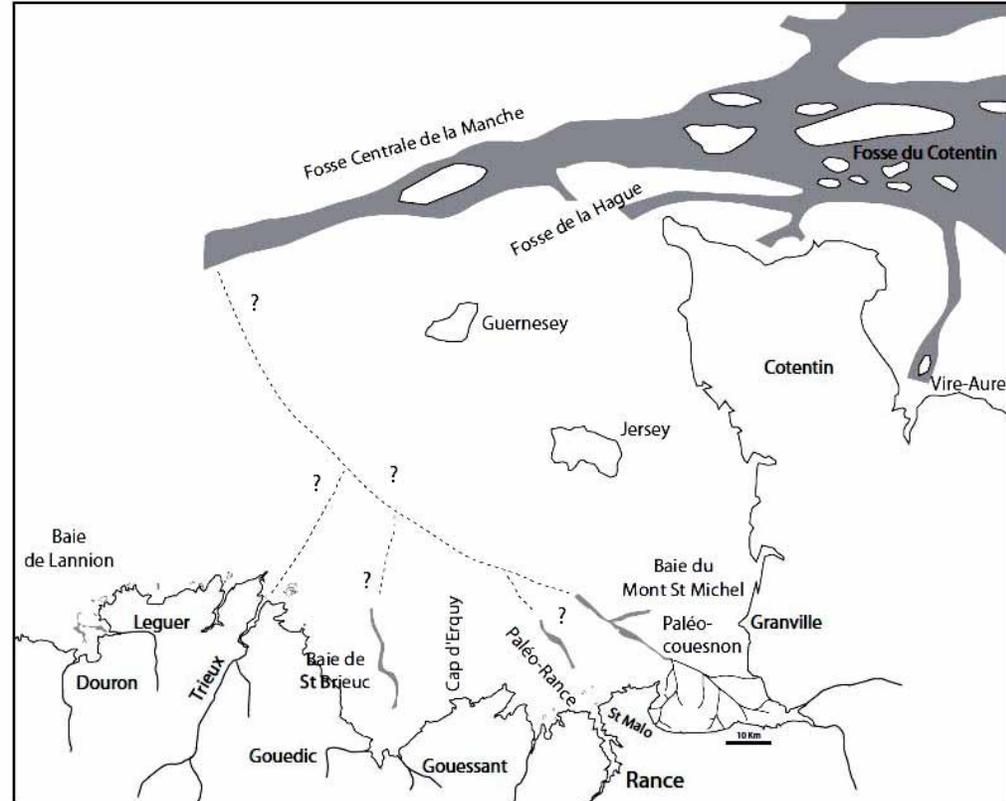


Figure IV.7 : Paléo-réseau côtier Nord Armoricain et son prolongement probable avec la fosse de la Manche (Synthèse de données dans Quesney, 1983)

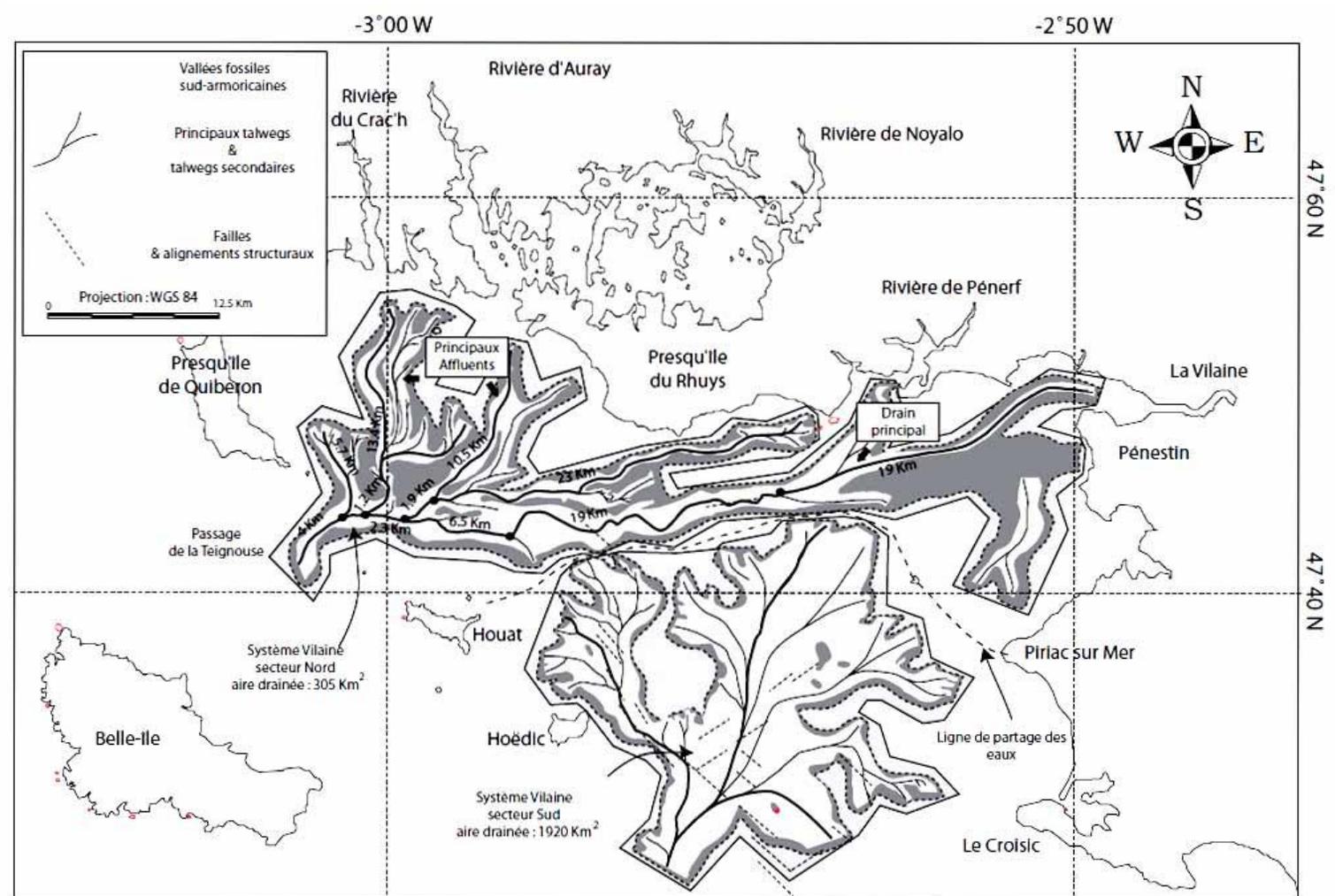


Figure III.15 : Cartographie des réseaux hydrographiques fossiles du système Nord-Vilaine et du système Sud-Vilaine

**Plateau continental : Continuation du socle émergé.  
Prolongation des réseaux hydrographiques quaternaires  
à terre.**

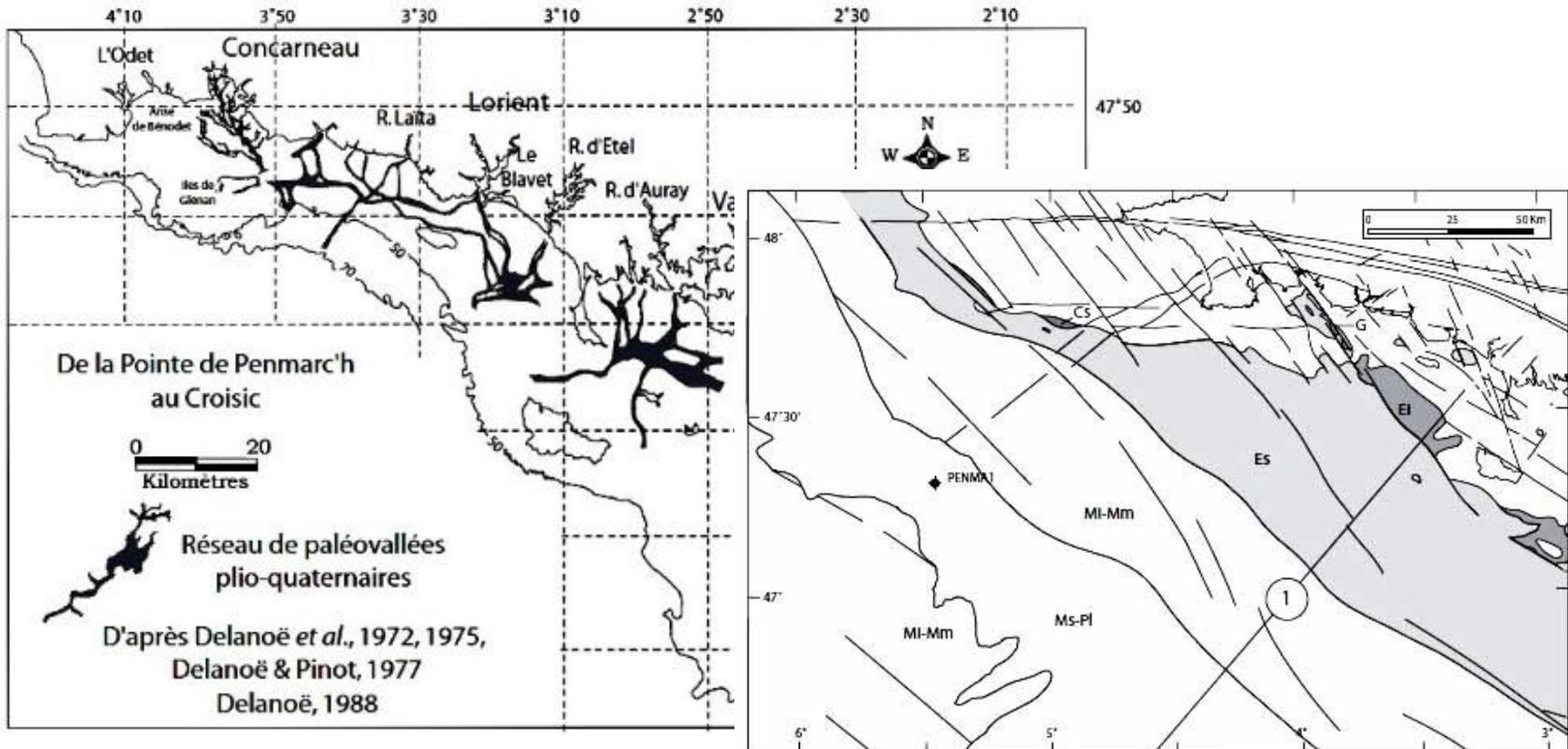
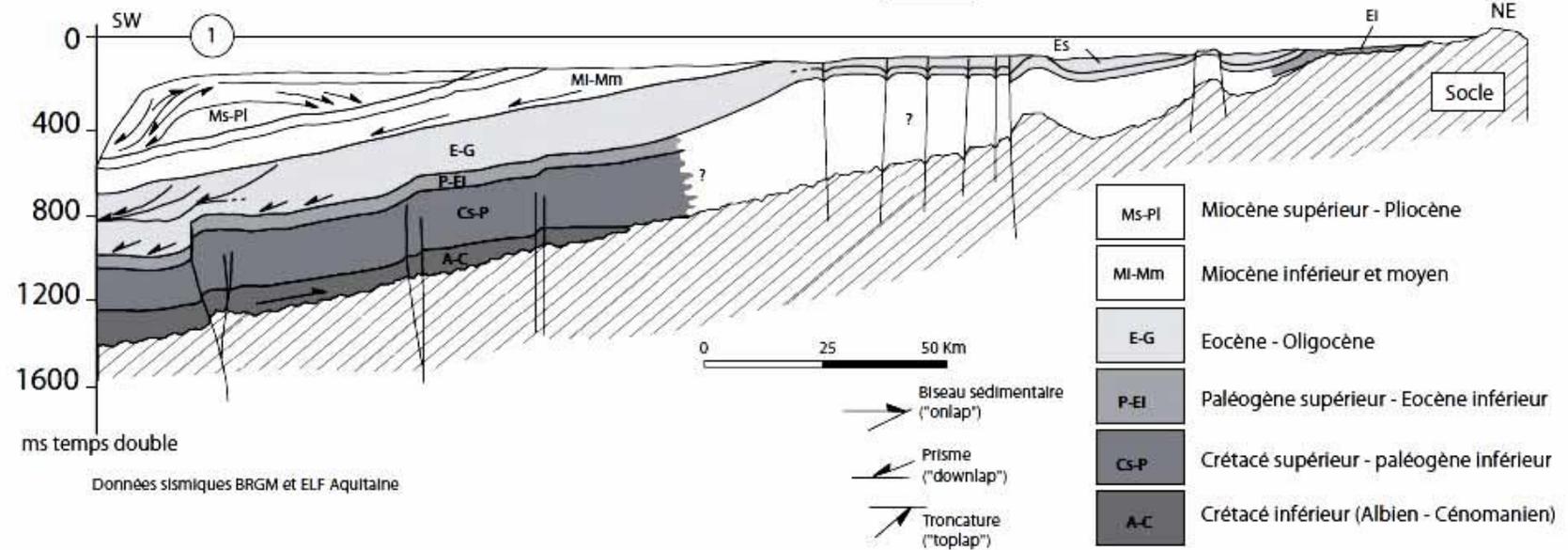


Figure 1.5 : La couverture sédimentaire au sud-ouest du plateau sud-armoricain :  
 A. Carte géologique simplifiée  
 B. Coupe NE-SW de la marge SW armoricaine en position 1 sur la carte A  
 Interprétation de Lucas, 1995 & Guillocheau *et al.*, sous presse  
 (modifié d'après Thomas, 1999)

- Ms-Pl Miocène supérieur - Pliocène
- MI-Mm Miocène inférieur et moyen
- G Oligocène (baie de Concarneau)
- Es Eocène moyen et supérieur
- Ei Eocène inférieur
- Cs Crétacé supérieur
- Socle et sédiments anté-Cénozoïque

De la Pointe de Penmarc'h au Croisic  
 0 20 Kilomètres  
 Réseau de paléovallées plio-quadernaires  
 D'après Delanoë *et al.*, 1972, 1975,  
 Delanoë & Pinot, 1977  
 Delanoë, 1988

**Plateau continental : Au-delà du socle immergé :  
 Présence d'une couverture épaisse de sédiments  
 secondaires et tertiaires : ~ 1000 m (*idem pour  
 la Manche*).**



- Ms-Pl Miocène supérieur - Pliocène
- MI-Mm Miocène inférieur et moyen
- E-G Eocène - Oligocène
- P-Ei Paléogène supérieur - Eocène inférieur
- Cs-P Crétacé supérieur - paléogène inférieur
- A-C Crétacé inférieur (Albien - Cénomanién)

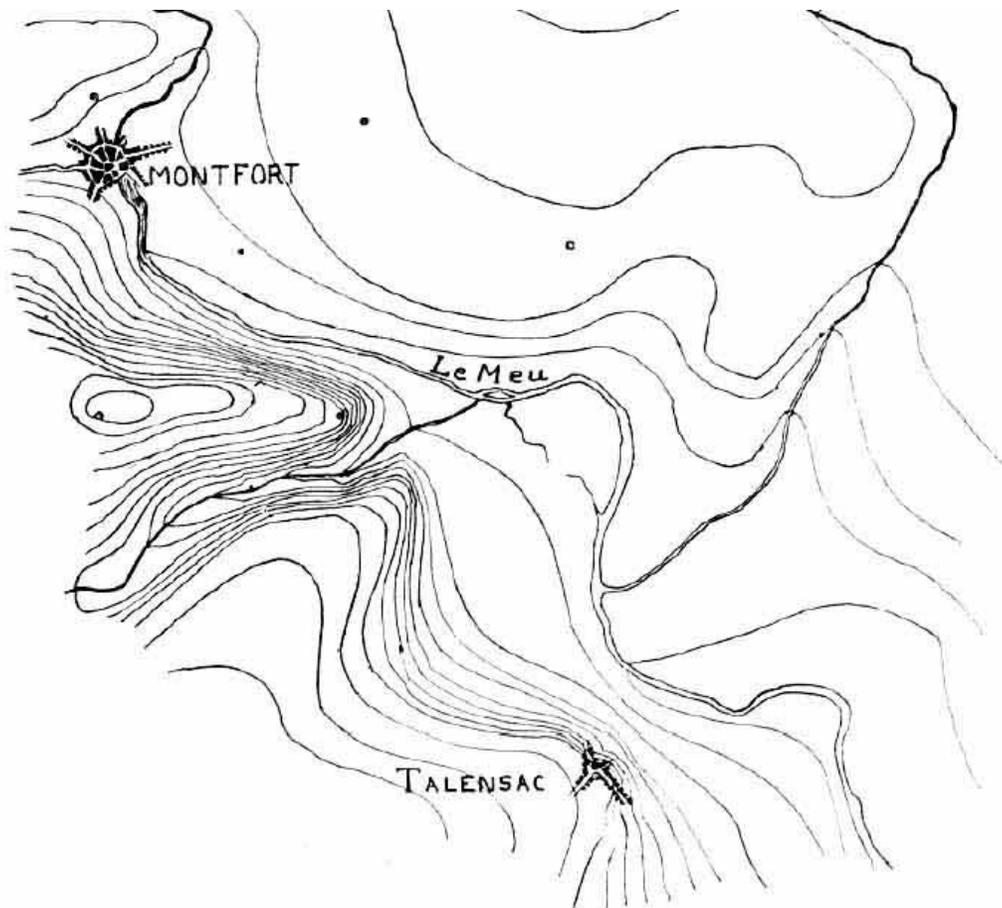
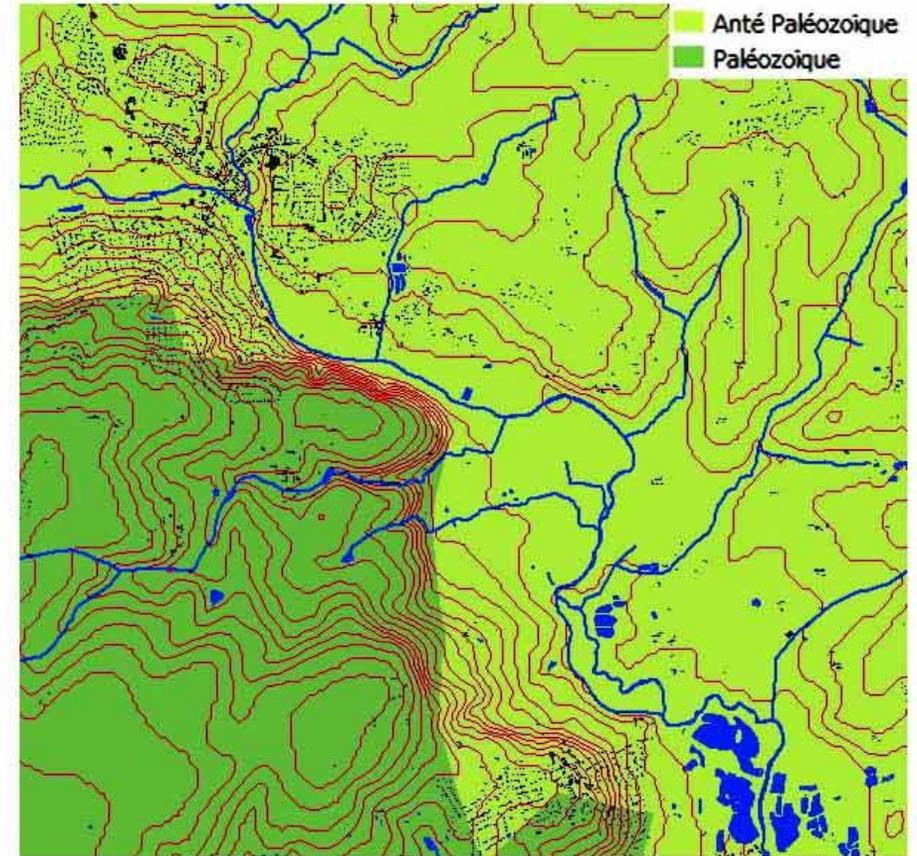


FIG. 1. — Topographie des environs de Montfort-sur-Meu.

Ce fragment topographique est la reproduction d'un travail exécuté comme exercice pratique au Laboratoire de Géographie de l'Université de Rennes. A la suite d'une excursion, les élèves ont été invités à tracer sur un agrandissement à 1 : 25 000 de la carte d'État-Major les courbes de niveau de 5 en 5 m., en s'appuyant sur les cotes de la carte, sur un certain nombre d'altitudes déterminées au baromètre pendant l'excursion, et en cherchant à rendre toutes les particularités de la topographie étudiée sur le terrain. Le travail reproduit ici, à 1 : 50 000, est dû à M<sup>r</sup> WAUDET, candidat à la licence.†



Fait en 2016 (QY)

Le contact des schistes rouges cambriens avec les schistes de Rennes est jalonné par un abrupt, particulièrement accentué lorsque le Meu vient affouiller le rebord du plateau schisteux, atténué lorsqu'il s'en écarte. Cette disposition prouve évidemment que l'abrupt est dû à l'érosion du Meu, qui a dégagé le rebord de la plate-forme cambrienne, en abaissant la surface topographique dans la zone des schistes de Rennes. On remarquera le mode de ravinement de la plate-forme cambrienne.

**Les précurseurs : De Martonne (1906) : Le Meu affouille la bordure de la plate-forme cambrienne en érodant les schistes de Rennes plus tendres que les schistes rouges. Cette plate forme correspond à une surface de pénéplaine.**



A. — LA PLATE-FORME DES SCHISTES ROUGES ENTAILLÉE PAR LA VILAINE.

Phototype E. DE MARTONNE.



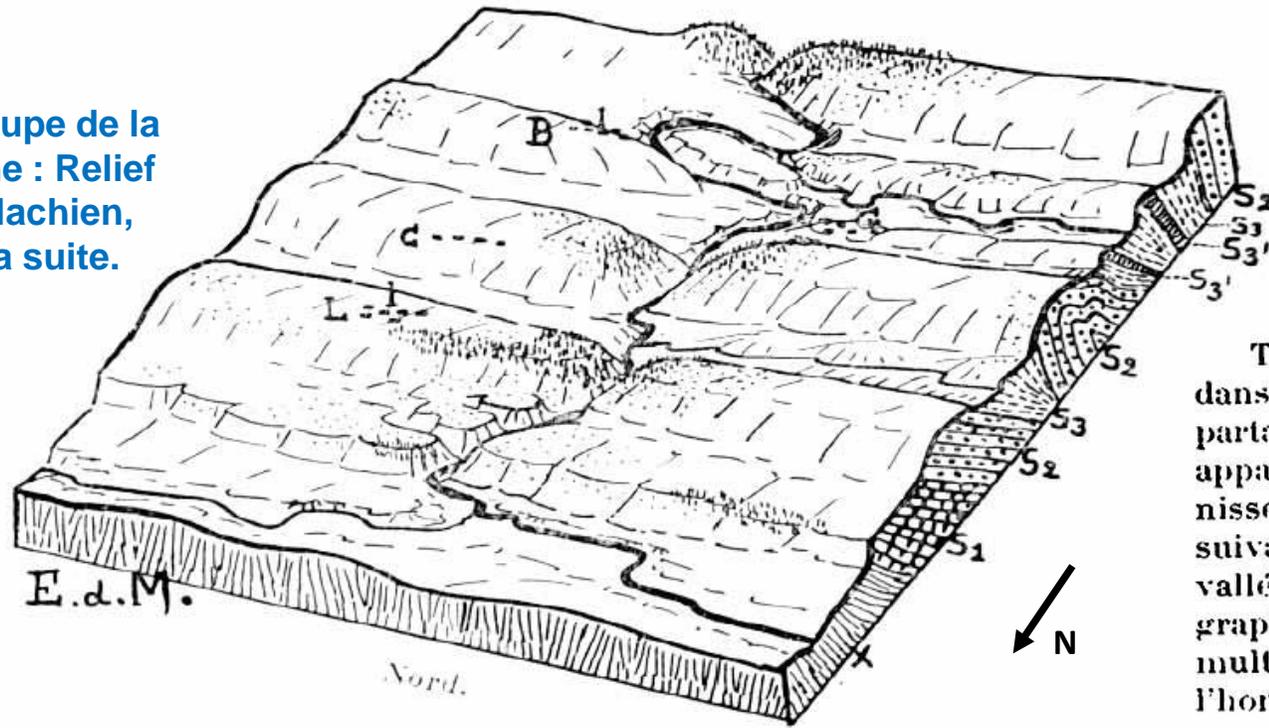
A. — LA VILAINE AU MOULIN DU BOUËLLE.

Phototype MATRAISJ



Hommage à l'auteur !

La coupe de la  
Vilaine : Relief  
Appalachien,  
voir la suite.



Les précurseurs : De Martonne (1906) : Suite  
un style éminemment descriptif et imagé

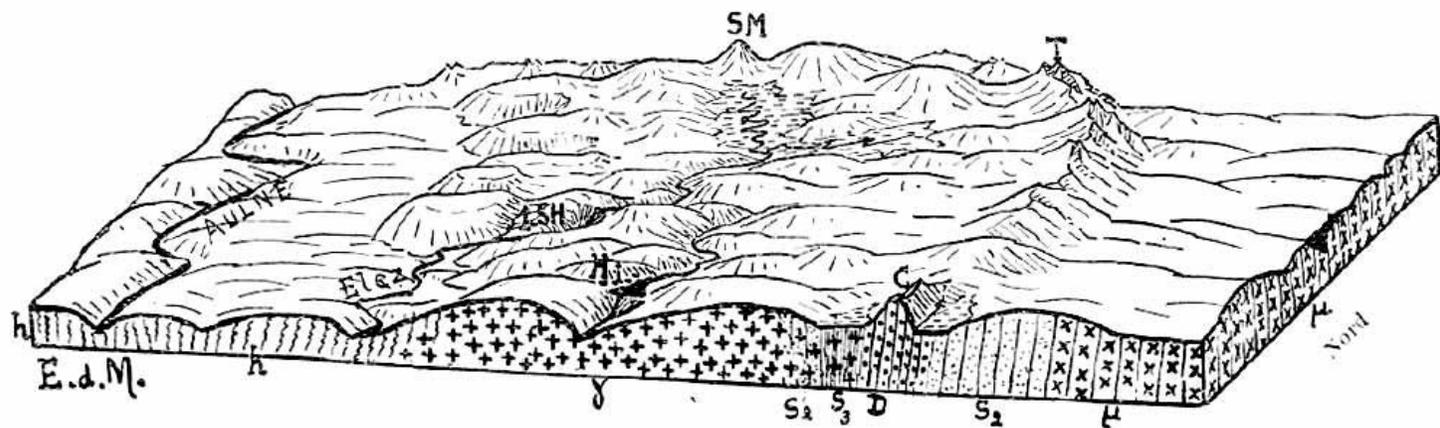
Tous les traits essentiels de la structure de la Bretagne se révèlent dans cette course de 30 km., qu'il est facile de faire en une journée en partant de Rennes. Nous avons bien réellement affaire à une région appalachienne, encore peu différenciée. On saisit nettement le rajeunissement de la topographie, la mise en saillie des bancs résistants suivant l'alignement dû aux anciens plissements et l'encaissement des vallées dans leur traversée, le développement d'une nouvelle topographie arrivée à la maturité dans les bandes schisteuses, enfin les multiples conséquences de cette évolution sur l'utilisation du sol par l'homme.

FIG. 4. — Diagramme des plateaux siluriens traversés par la Vilaine.

L, Laillé; C, La Corbinais; B, Bourg-des-Comptes; G, Agglomération de la Station Guichen-Bourg-des-Comptes. — X, Schistes précambriens; S<sub>1</sub>, Schistes rouges; S<sub>2</sub>, Grès armoricain; S<sub>3</sub>, Schistes d'Angers; S<sub>3'</sub>, Grès du Châtellier. — Les Bois de pins et les Landes sont représentés par un figuré conventionnel (traits verticaux et pointillés).

Question :  
Age des rivières ?

La seule interprétation satisfaisante de ces faits est la suivante. Après un plissement vigoureux qui remonte à l'époque primaire, l'érosion a réussi à niveler entièrement toute la région; schistes de Rennes et schistes rouges formaient un plan incliné doucement et uniformément vers le Sud (fig. 3 C). Un déplacement négatif du niveau de base, dû sans doute à des mouvements épeirogéniques tertiaires, a ranimé l'érosion: les rivières ont recommencé à creuser leurs vallées pour retrouver leur profil d'équilibre.



L'œuvre des affluents de l'Aulne a consisté surtout à rajeunir la topographie du plateau granitique dans sa partie méridionale, à en assurer le drainage, à l'assainir en quelque sorte, permettant ainsi aux établissements humains de s'y multiplier. Chaque entaille faite au bloc granitique est un couloir par où l'homme s'insinue. Le vieux manoir de Rusquec, dont les ruines abritent une ferme, l'exquise chapelle de Saint-Herbot, perdue au milieu des bois avec les trois ou quatre masures qui l'entourent, témoignent de l'ancienneté de ces essais de colonisation. En suivant la vieille route de Saint-Herbot au pic Saint-Michel, c'est un spectacle frappant que de voir chaque ravin débouchant dans le bassin de Châteaulin marqué par une ferme, sentinelle avancée au bord de la lande qui s'étend au loin vers le Nord. Nous saisissons ici un des traits les plus importants de la physionomie géographique de la Bretagne intérieure : aux parties les plus élevées et les mieux conservées de la pénéplaine ancienne correspondent partout les régions les moins peuplées et les plus pauvres ; le travail de l'érosion fraye la route à la colonisation.

FIG. 6. — Diagramme du massif du Huelgoat et des Monts d'Arrée. —  $\gamma$ , Granite;  $\gamma$ , Schistes cristallins.  $S_2$ , Grès armoricain;  $S_3$ , Schistes d'Angers; D, Dalles de Plougastel; h, Schistes de Châteaulin. — C, Roc du Cragou (268 m.); T, Roc Trévél (344 m.); SM, Butte Saint-Michel (391 m.); SH, Saint-Herbot; H, Le Huelgoat.

On voit nettement le rôle joué par la ceinture siluro-dévonienne, formée surtout par les dalles de Plougastel, qui donnent des sommets de forme plus tourmentée du Cragou au Trévél, et se scindant à partir du Trévél en deux branches dont la plus intérieure et la mieux marquée dans ce schéma est constituée par le grès armoricain. La partie Nord-Ouest du massif du Huelgoat, avec son relief indécis, son hydrographie confuse, ses fonds tourbeux (Marais de Saint-Michel), forme un contraste frappant avec la partie Sud-Est, de relief singulièrement plus travaillé et d'hydrographie plus riche. On remarque les efforts vigoureux de l'érosion partant du bassin de Châteaulin contre la ceinture méridionale de grès armoricain (entre Saint-Herbot et Saint-Michel), efforts qui, cependant, n'ont pas réussi à percer jusqu'au granite.

Les précurseurs : De Martonne (1906) : Fin / Une évaluation fine des coupes géologiques fonction du relief

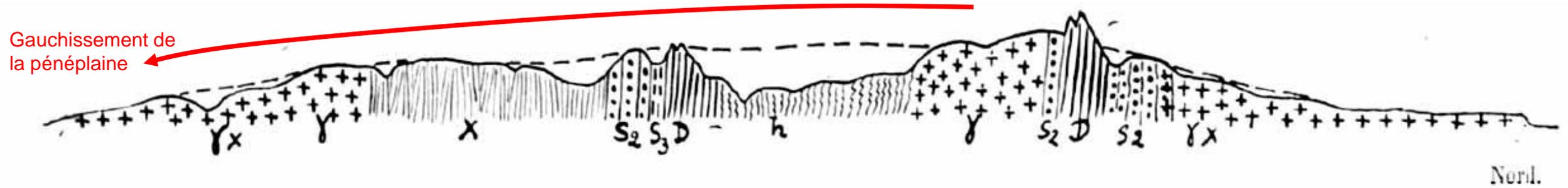
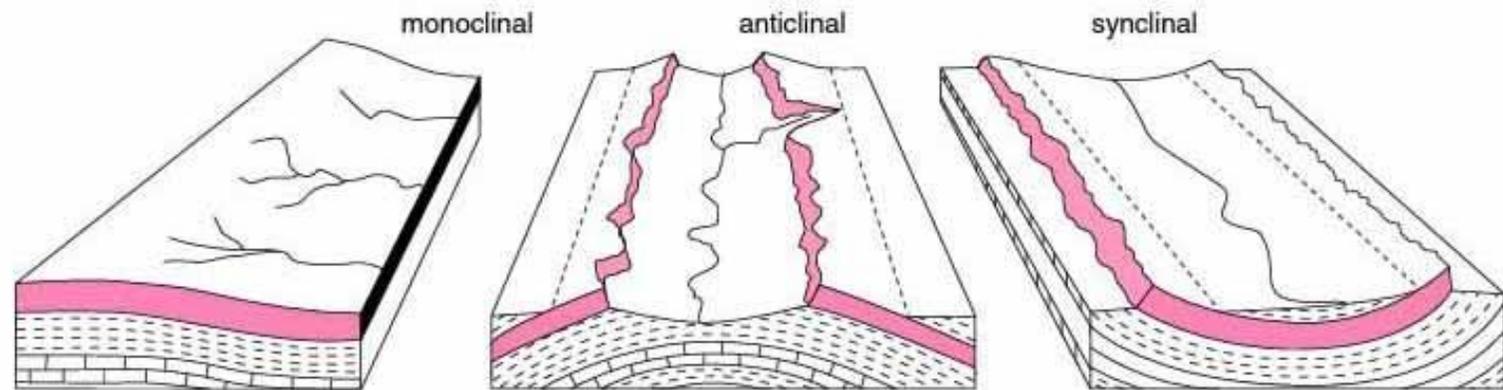
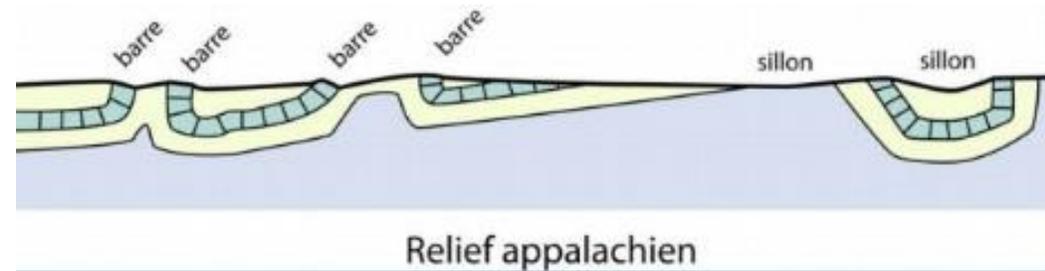
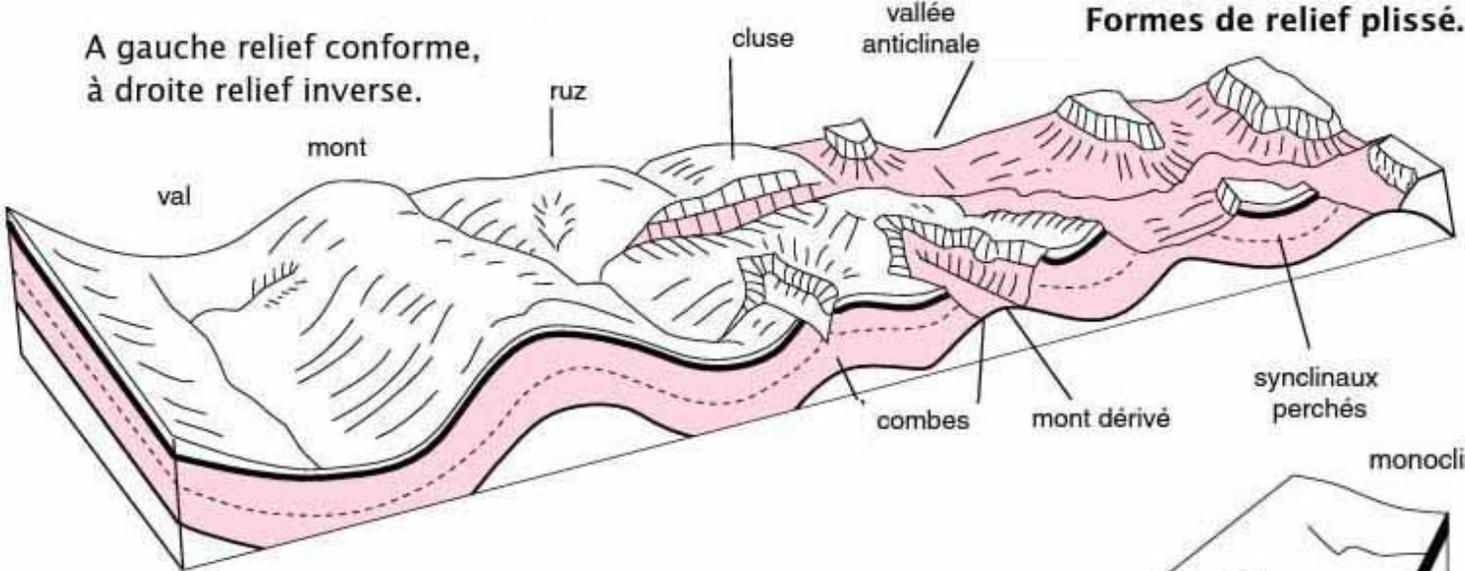


FIG. 8. — Coupo schématique à travers la Basse Bretagne.

Le trait brisé indique la trace du plan de la pénéplaine, mettant en évidence son gauchissement, l'existence de la saillie des Monts d'Arrée à sa surface, son ravinement dans la zone schisteuse de Châteaulin, sa conservation anormale dans le plateau schisteux de Scaër. —  $\gamma$ , Granite;  $\gamma x$ , Roches cristallophylliennes; X, Schistes précambriens;  $S_2$ , Grès armoricain;  $S_3$ , Schistes d'Angers; D, Dalles de Plougastel; h, Schistes de Châteaulin.

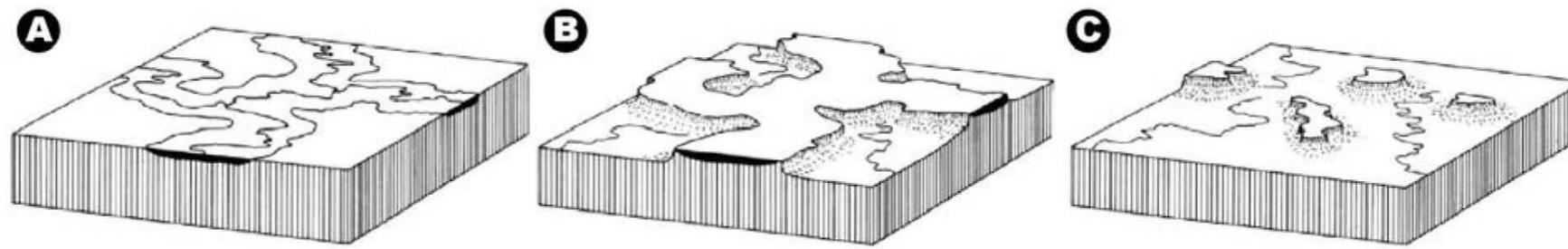


**Rappel :**  
**Les formes de relief en**  
**domaine plissé :**

**Le relief « appalachien » est caractérisé par des reliefs résiduels (*reliques dures*) faisant légèrement saillie sur la surface d'aplanissement.**



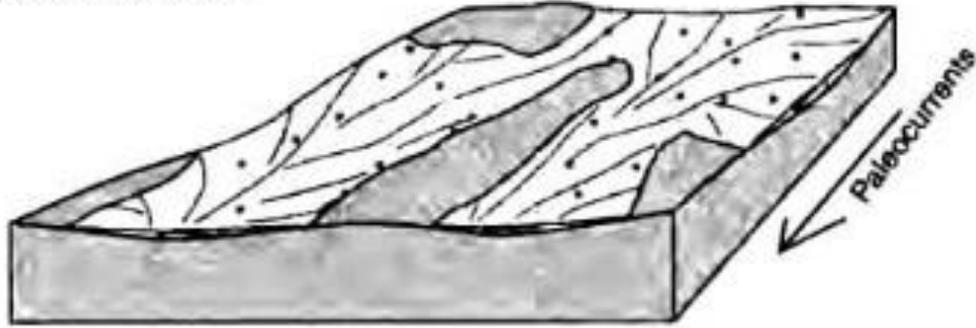
En haut : Monoclinal ou flexure: cours d'eau conséquent. Anticlinal: cours d'eau subséquent et obséquent dans une combe dégagée par l'érosion. Synclinal dégagé et perché. Exemple sur une coupe des Alpes dans les Bauges et localisation du cliché de la figure 17.32. Coupe d'après J. Debelmas, *Géologie de la France*, Doin, 1974 (en bas).



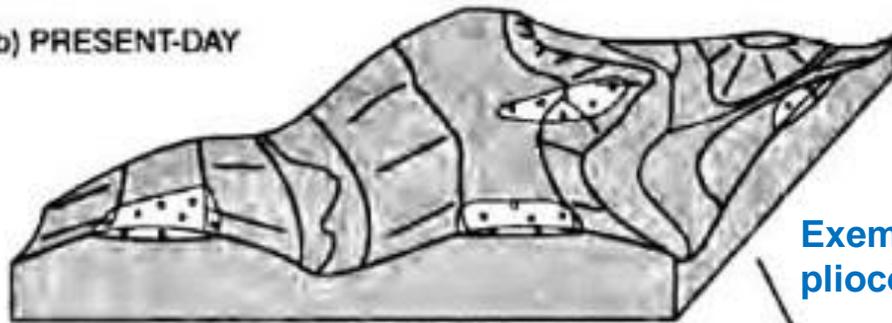
Formes de relief  
aujourd'hui Inversées  
bas-fonds sur les hauteurs.

Figure 1-27 : Blocs diagrammes illustrant une inversion de relief. A – Relief initial avec formation d'une ferricrète ou d'une silcrète dans les zones topographiques basses. B – Érosion différentielle induite par une chute du niveau de base et la résistance à l'érosion plus importante des ferricrètes ou silcrètes. C – Érosion progressive des plateaux résiduels, principalement par "backwearing" (Summerfield, 1991).

(a) MIO-PLIOCENE



(b) PRESENT-DAY

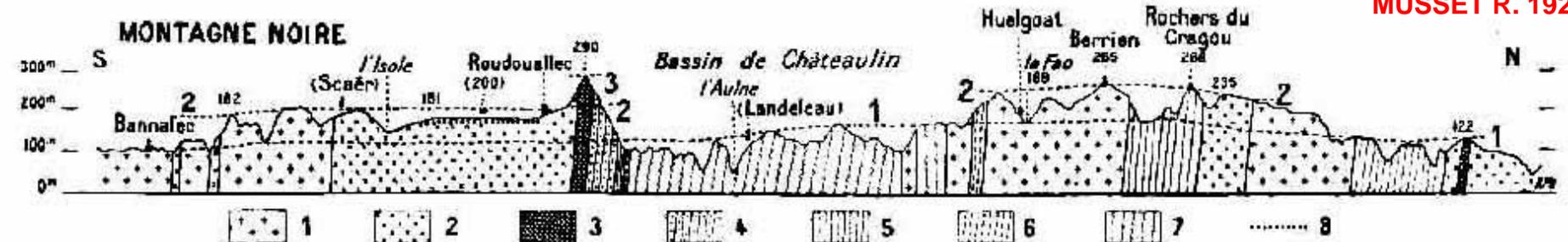
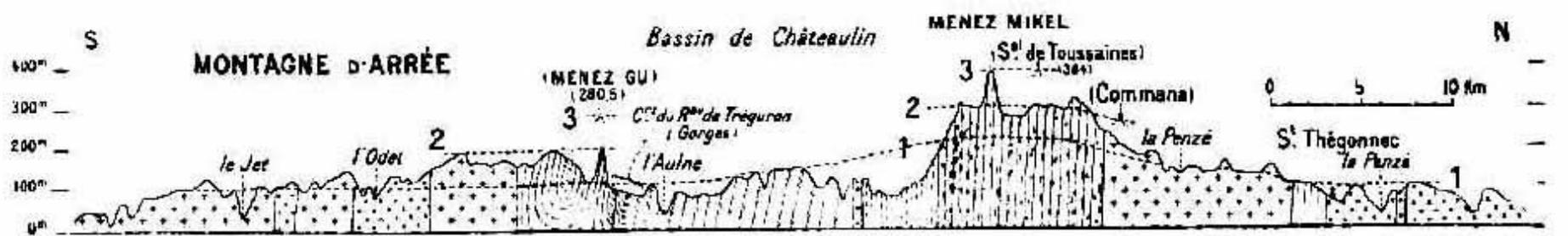


 Mio-Pliocene deposits
  Bedrock

Exemple des sables  
pliocènes.



Terrasse  
perchée



MUSSET R. 1928

Continuation de l'examen attentif des reliefs, avec les cartes topographiques de l'époque.

Plate formes d'abrasion multiples ?  
Déformation synchrone ?  
Blocs basculés.

1, Granite et roches cristallophyliennes. -- 2, Schistes briovériens. - 3, Grès armoricains. -- 4, Schistes d'Angers et schistes et grès de Camaret. -- 5, Schistes et grès de Plougastel. -- 6, Schistes et calcaires de Nehon. -- 7, Schistes ardoisiens carbonifériens. -- 8, Couverture de cailloux argileux (entre l'Isle et Roudouallec). -- Échelle des longueurs, 1 : 500 000 ; hauteurs exagérées vingt fois. -- Les tracés en traits interrompus se rapportent à des lieux situés au voisinage du plan de coupe.

COUPES NORD-SUD A TRAVERS LA BRETAGNE OCCIDENTALE, MONTRANT LES TROIS PLATES-FORMES DU LEON (1), DE SAINTE-MARIE-DU-MENEZ-HOM (2), D'ARRÉE (3), ET LEURS DÉFORMATIONS.

LA FORMATION DU RÉSEAU

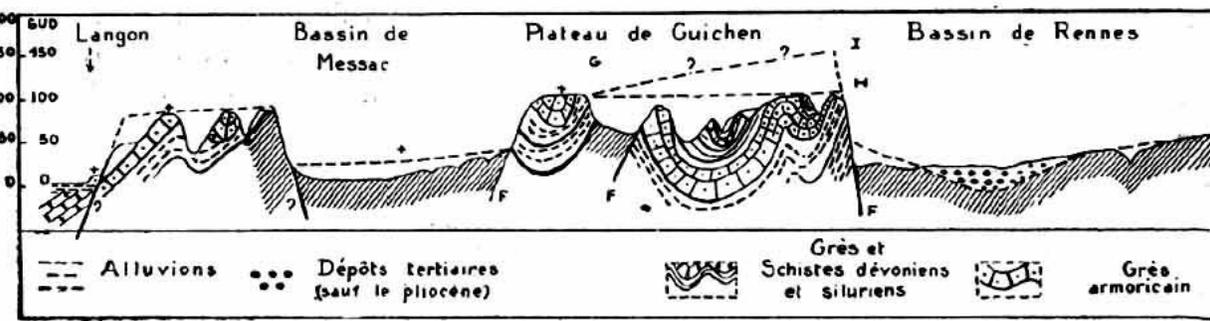
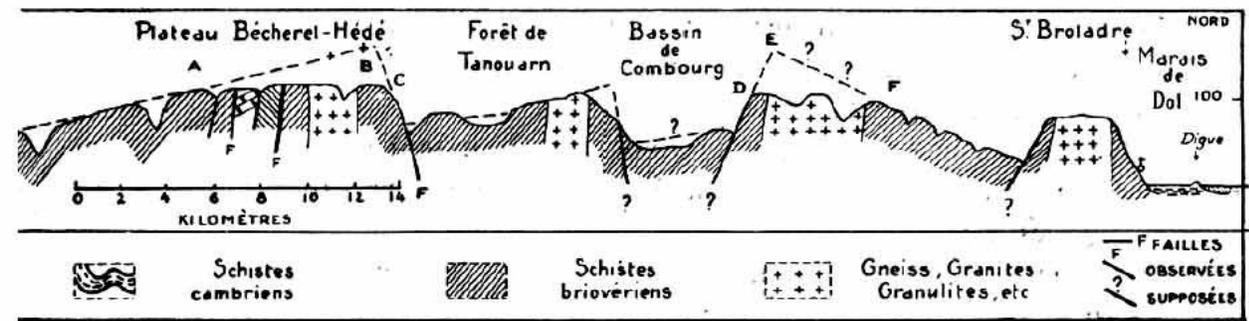


FIG. 2. -- Coupe de Langon (20 km. à l'E

Les traits discontinus indiquent la restitution schématisée (le signe + indique la position des dépôts tertiaires qui, sans être géographiquement analogues à celle de l'emplacement au-dessus duquel

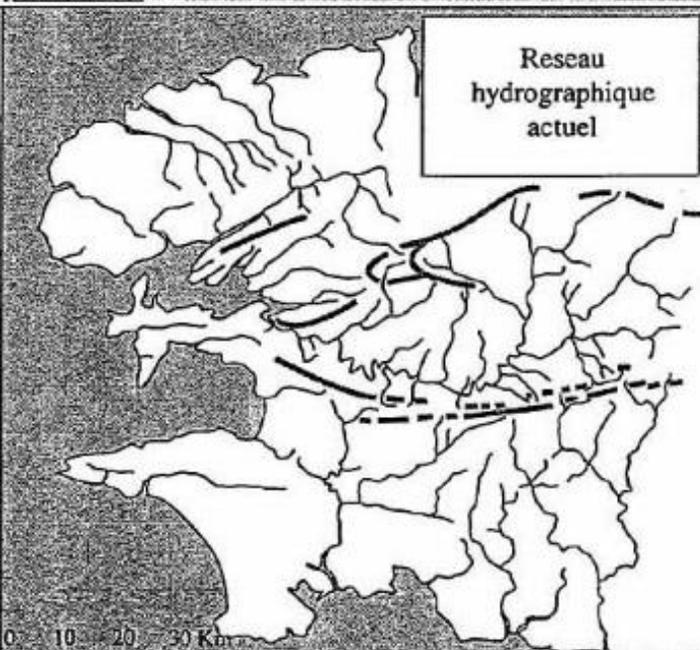
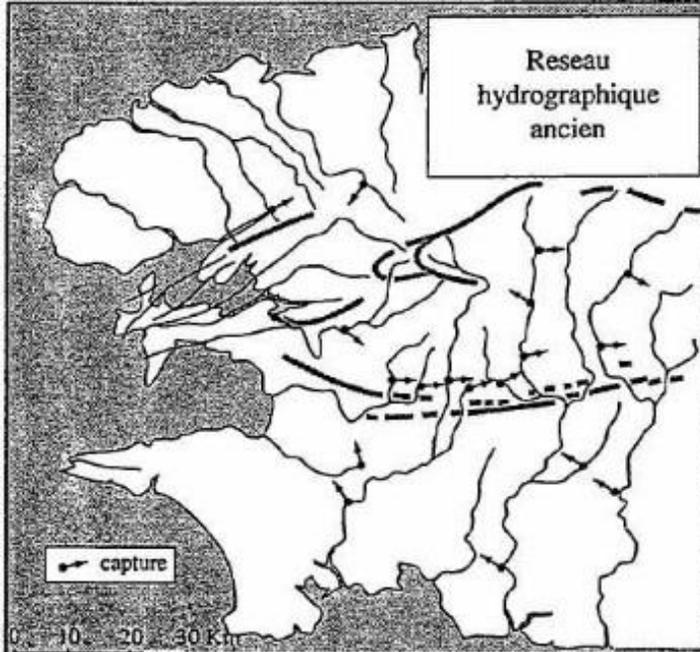
HYDROGRAPHIQUE DE LA VILAINE



e-Redon) à la baie du Mont-Saint-Michel.

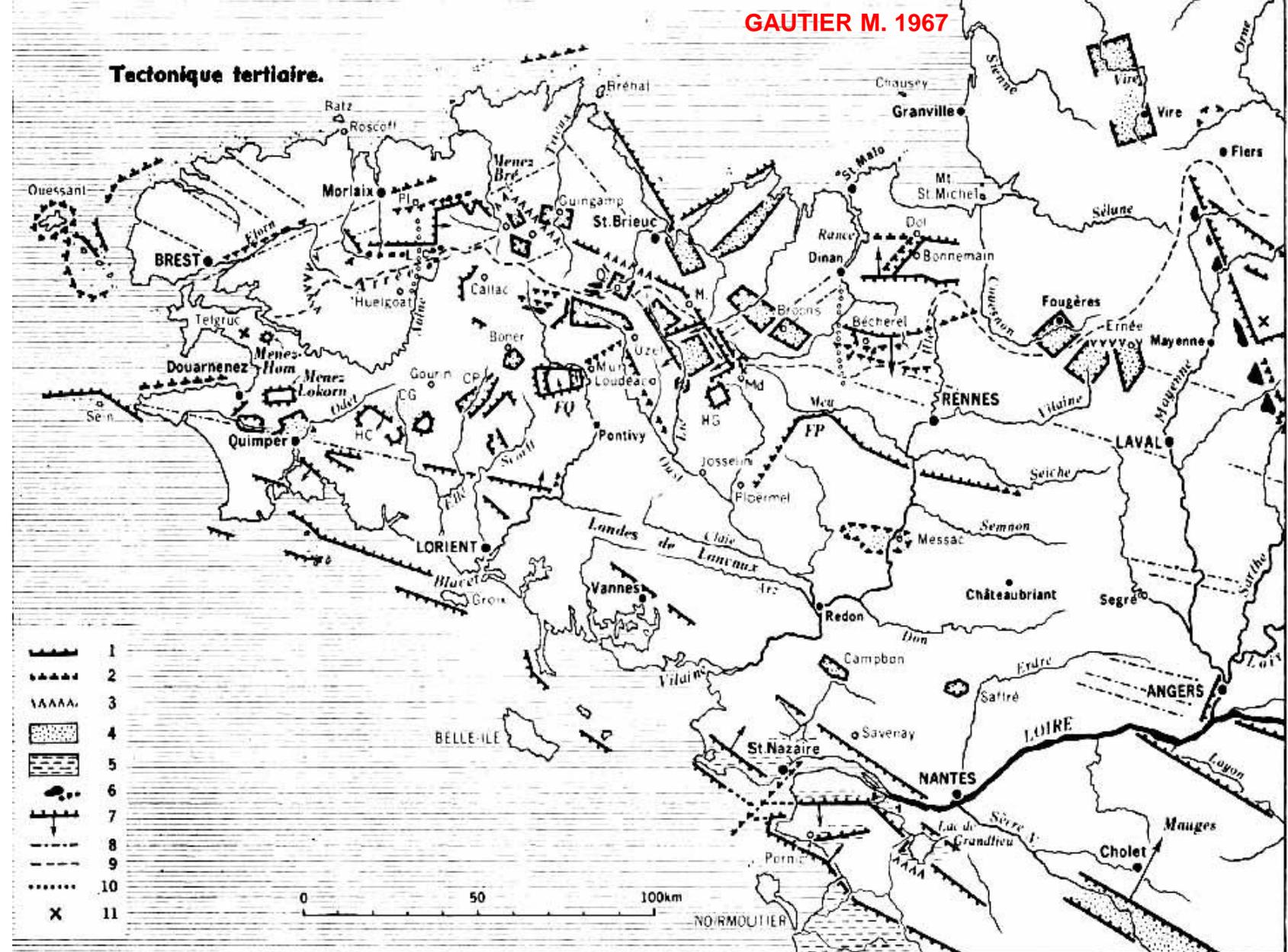
topographie antérieure à l'invasion de la mer des Faluns. Le tracé exact de la coupe, occupant une position topographique marquée.

Blocs basculés ?



Evolution du réseau hydrographique de Bretagne occidentale (Musset, 1934; modifié).

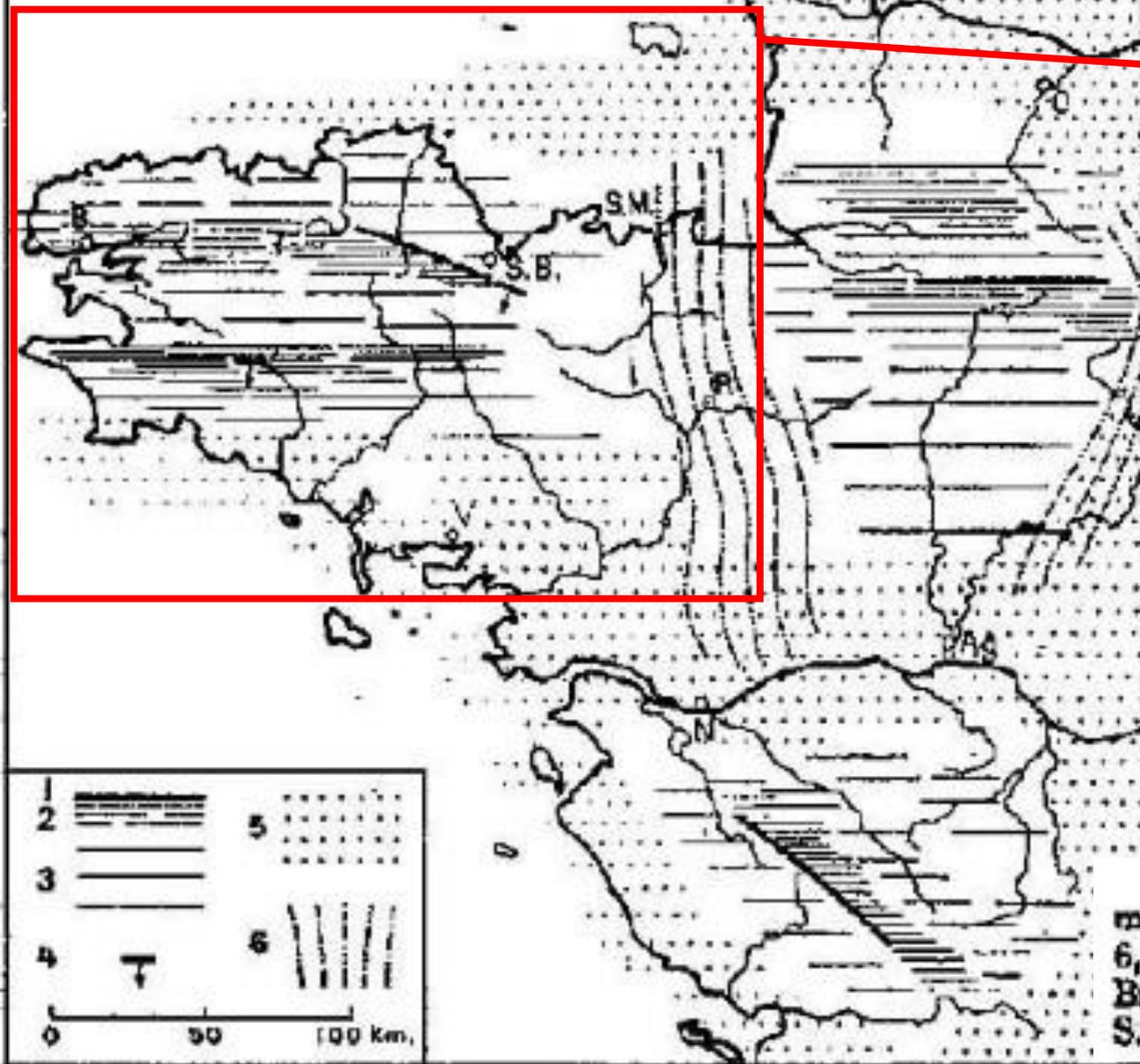
Captures de rivières ▼  
Néotectonique tertiaire ▼



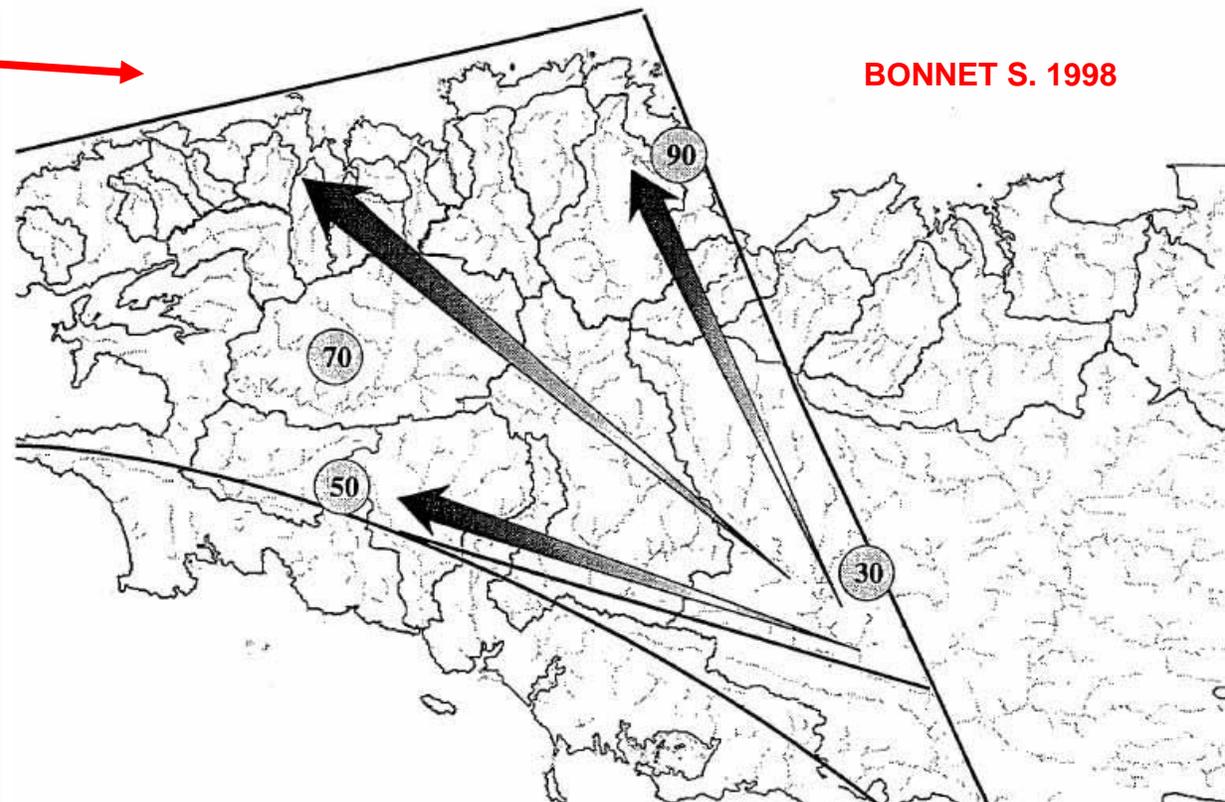
1. Faille. — 2. Faille probable. — 3. Flexure. — 4. Graben. — 5. Marais du pays Nantais. — 6. Vasques (E : alvéole avec dépôts éocènes). — 7. Bloc basculé (la flèche indique le sens de la pente du bloc). — 8. Axe structural orientant l'hydrographie. — 9. Ligne de partage des eaux Manche-Atlantique. — 10. Ensellement (axe de l'accident). — 11. Gisement de sables et galets à altitude « anormale ».

(PI : Plouigneau. — L : Lannéanou. — Md : Merdrignac. — Q : Quintin. — HG : Horst de Gommené. — HC : Horst de Coadri. — CG Cavette de Guiscriff. — CP : Cavette de Plouray. — FQ : Forêt de Quénéran. — FP : Forêt de Paimpont).

Un précurseur de la compréhension des déformations verticales du Massif armoricain : E. de Martonne (1947).



Appréciation de la composante verticale du relief (réseau hydrographique actuel)

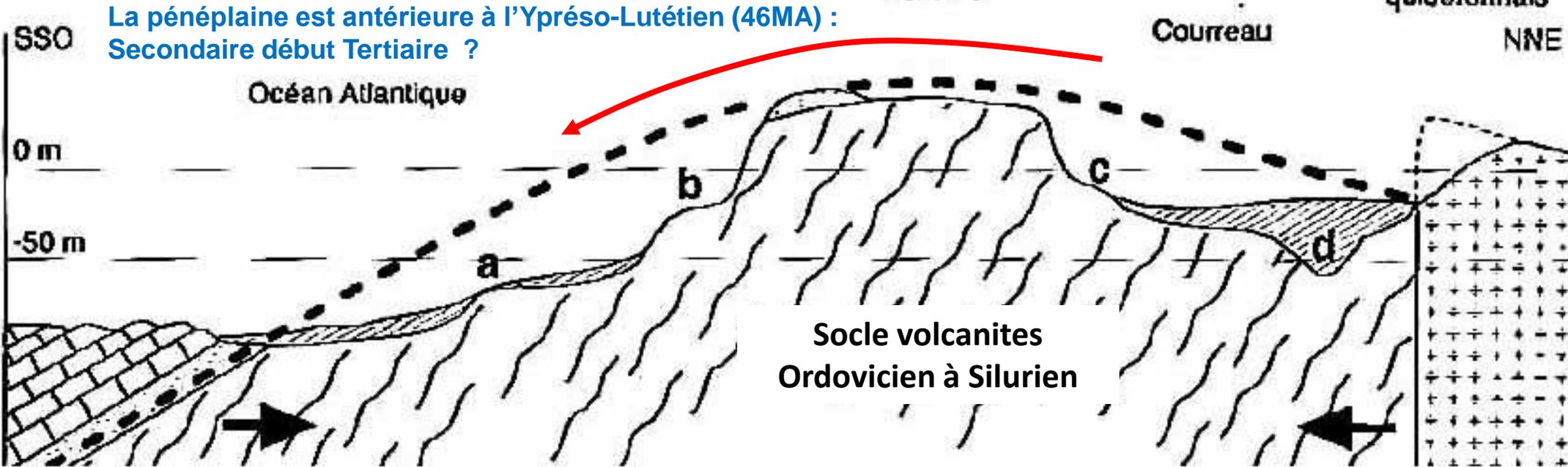


BONNET S. 1998

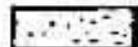
Synthèse des mouvements verticaux (cercles, en mètres) déduits de l'analyse du relief. Les principales failles ont également été indiquées. Il existe des gradients de déplacements de l'est vers l'ouest et du sud vers le nord qui indiquent un basculement vers le sud-est et une zone de surrection maximale au niveau du Léon.

1, 2, 3, Tendence à l'exhaussement (1, maximum ; 3, minimum). — 4, Inclinaison du socle. — 5, Tendence à l'affaissement. — 6, Affaissement transversal. — Abréviations : Ag., Angers ; B., Brest ; C., Caen ; Ch., Cherbourg ; N., Nantes ; R., Rennes ; S. B., Saint-Brieuc ; S. M., Saint-Malo ; V., Vannes.

# Coupe géologique schématique de Belle-Ile et des fonds entourant l'île (d'après Vanney 1977, modifié).



La pénéplaine est antérieure à l'Ypréso-Lutétien (46MA) :  
Secondaire début Tertiaire ?

-  Séries volcano-sédimentaires de Belle-Ile
  -  Leucogranite de Quiberon
  -  Calcaire Lutétiens
  -  Sables yprésiens
  -  Sables et galets pliocènes
  -  Remblais détritiques (dont head)
- Couverture sédimentaire éocène (Tertiaire)

- a : surface d'abrasion marine néogène (fin du Tertiaire) submergée
- b : surface d'abrasion quaternaire submergée, formant une banquette à -25 m
- c : emplacement actuel du banc de maëri du Coureau de Belle-Ile
- d : vallée du Morbihan remblayée et submergée
-  Surface d'aplanissement bombée en antéclinal par la compression fini-tertiaire
-  Direction de la compression fini-tertiaire

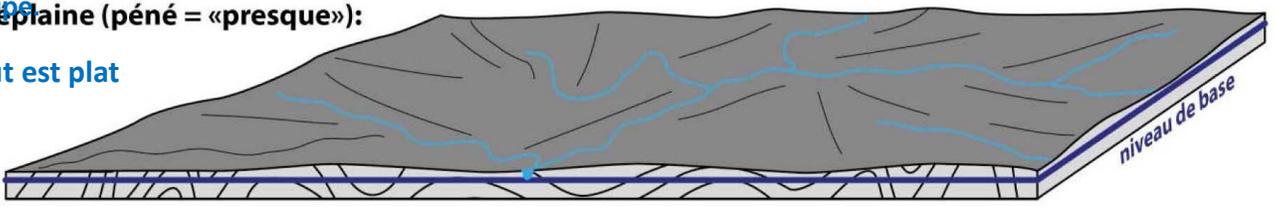
1993 : Belle-Ile  
Identification de  
la pénéplaine  
« bombée ».

# Surfaces d'aplanissement : Bibliographie terminologie utilisés

La surface est issue de l'usure d'une topographie préexistante, elle est contrôlée par le niveau de base du réseau de drainage qu'elle porte, elle n'est pas affectée par les structures géologiques sous-jacentes qu'elle recoupe.

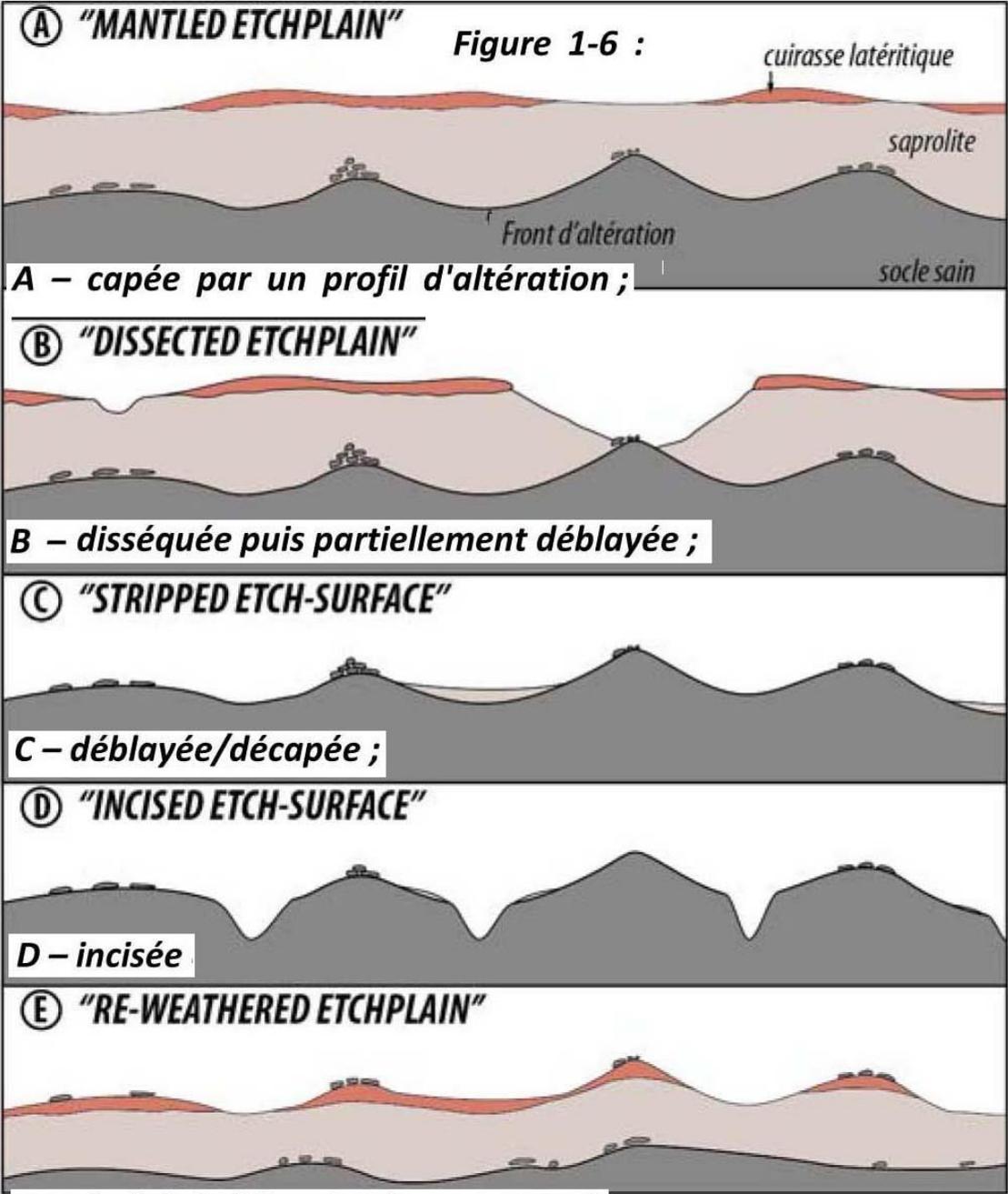
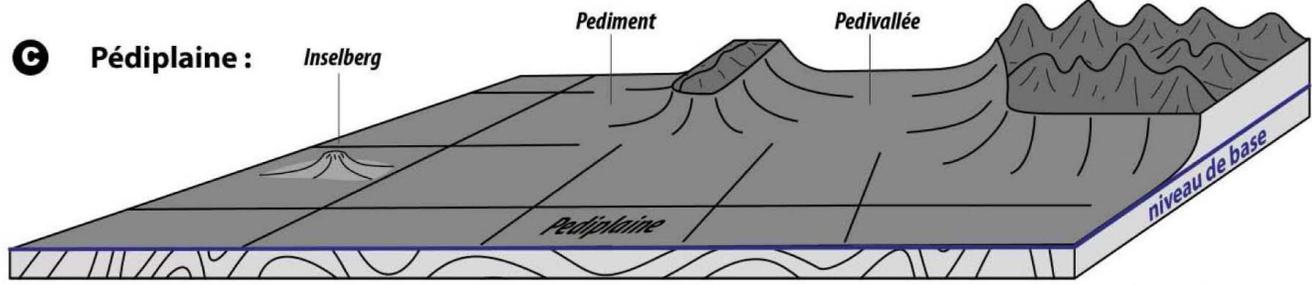
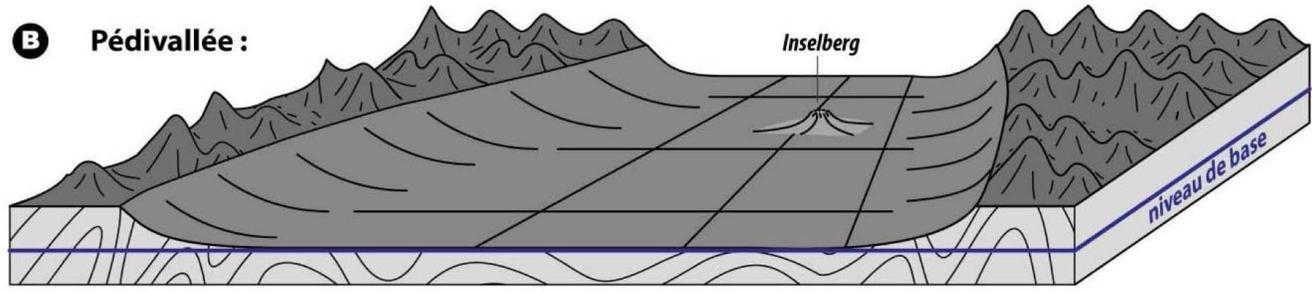
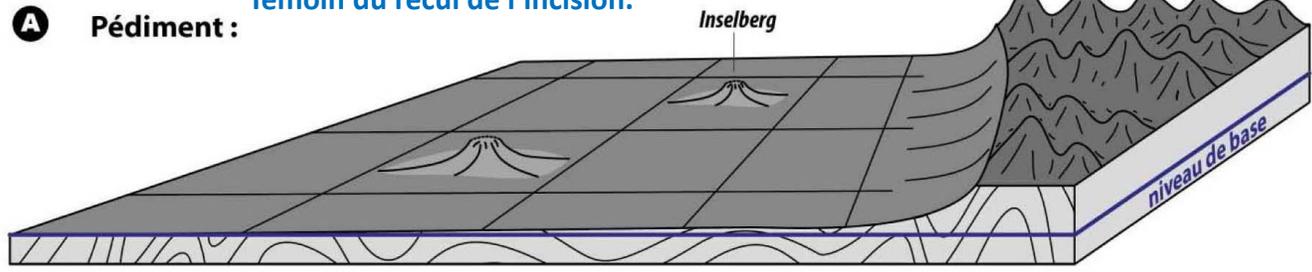
**Pénéplaine (péné = «presque») :**

Tout est plat



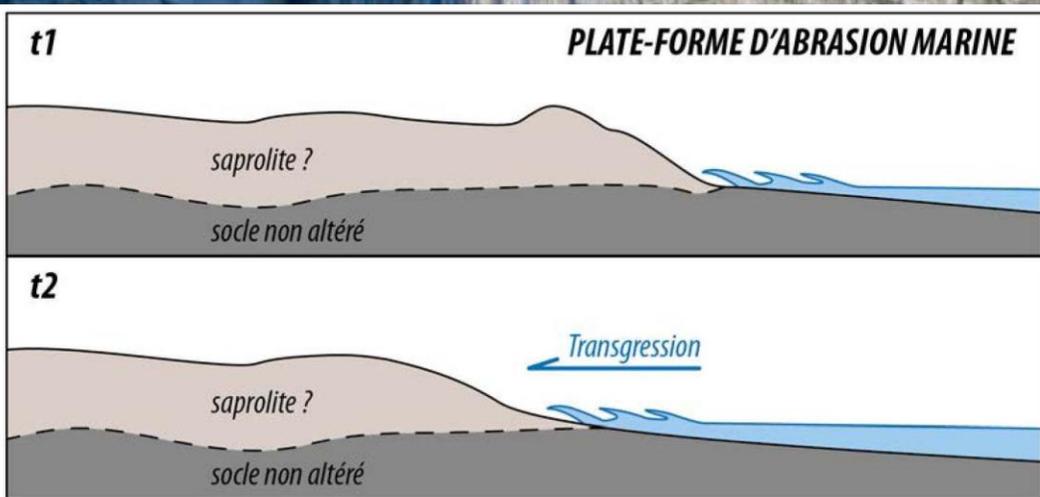
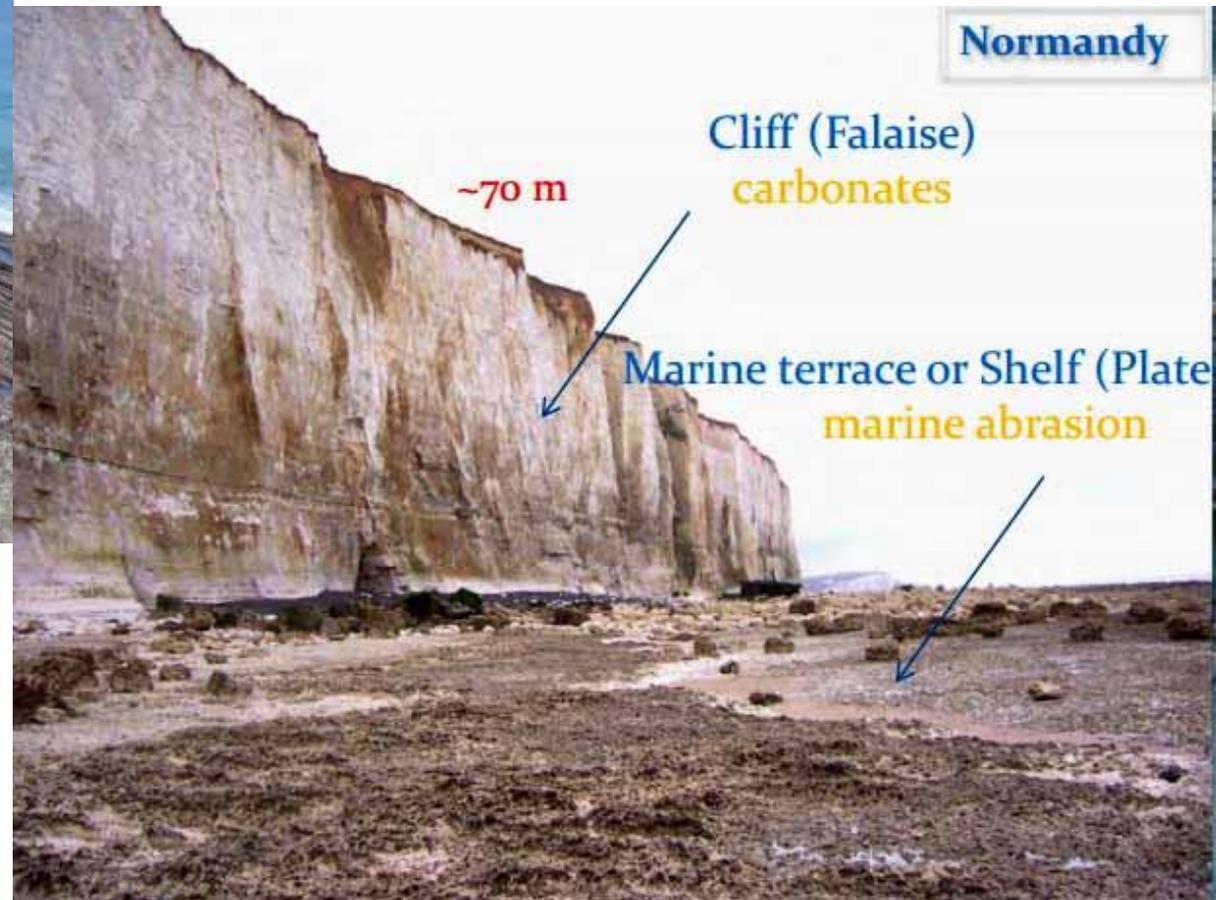
**Pédi... :** Plan peu penté (quelques reliefs résiduels  $h < 100$  m) adossé à un col pédimantaire :  $B > C > A$

Témoin du recul de l'incision.



**E – ré-altérée (d'après Thomas, 1994). Les différents types de surfaces de corrosion ("etchplains")**

Figure 1-4 : Schémas illustrant : A – un pédiment, B – une pédivallée et C – une pédipleine formée par la coalescence d'un pédiment et d'une pédivallée. Le col pédimantaire correspondant à la connexion locale de la partie amont de deux pédiments ou pédivallées n'est pas représenté. **Relief plat + climat >>> Front d'altération du substrat ▶**



Surface d'abrasion marine (marqueur de la transgression marine).

Facilitée si couverture altérée.

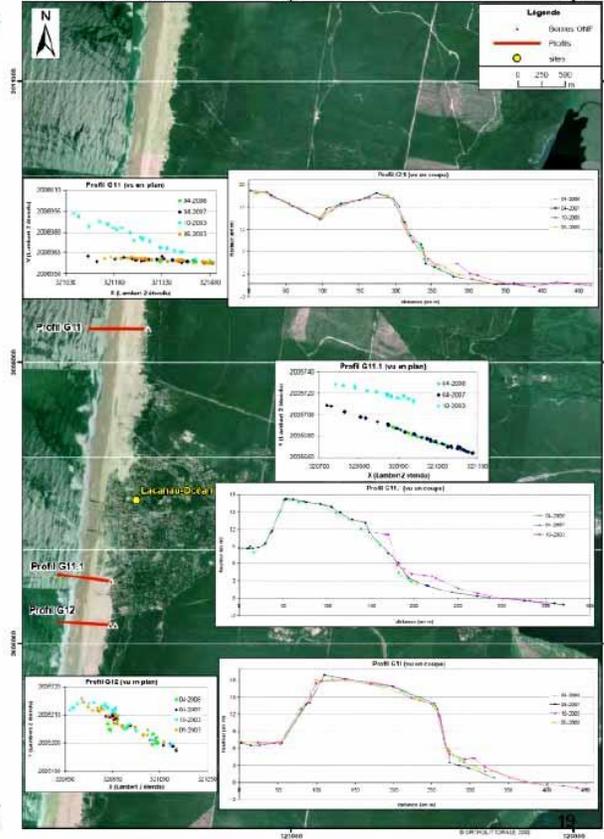
Figure 1-8 : Schéma de formation d'une plate-forme d'abrasion marine associée à une phase de transgression entraînant un élargissement de la plate-forme au cours du temps depuis le stade t1 vers le stade t2. La nécessité d'un ameublissement des terrains antérieurs par des processus d'altération (décapage plus aisé du saprolite) est toujours débattue.

# Evolution du trait de côte de Lacanau

> Au N et au S de la zone urbaine :

- Le pied de dune peut reculer suivant des taux de 1 à 12 m / an
- Mais la plage peut s'engraisser de + 2 m également

> Fortes oscillations et tendance à l'érosion < 1 m / an environ



Aujourd'hui : Recul du trait de côte :  
Un enjeu humain important.



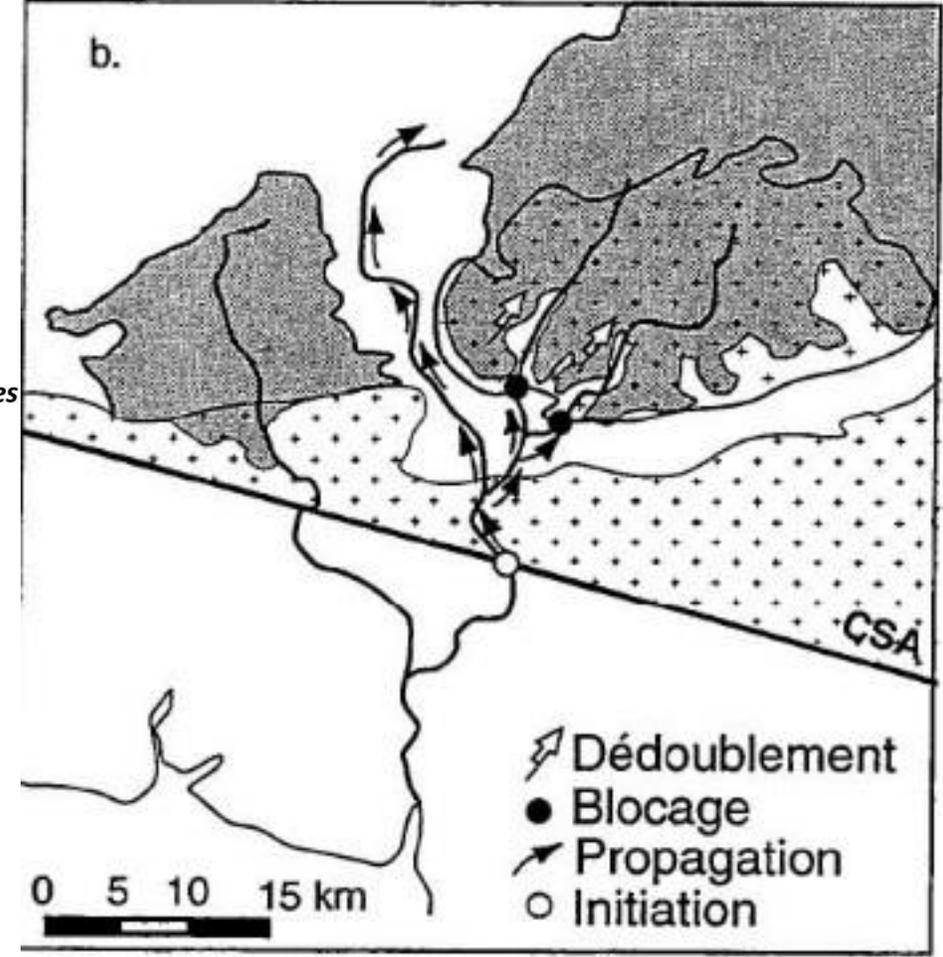
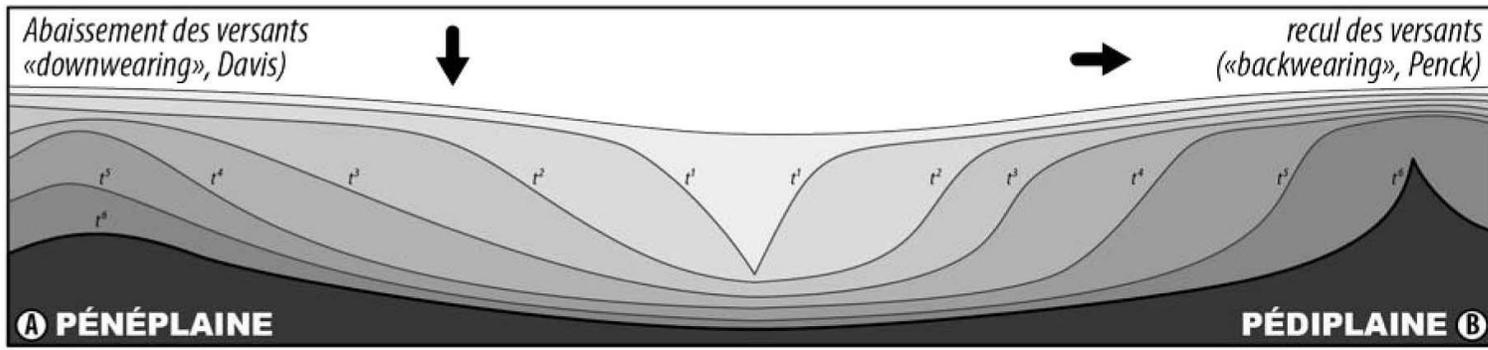
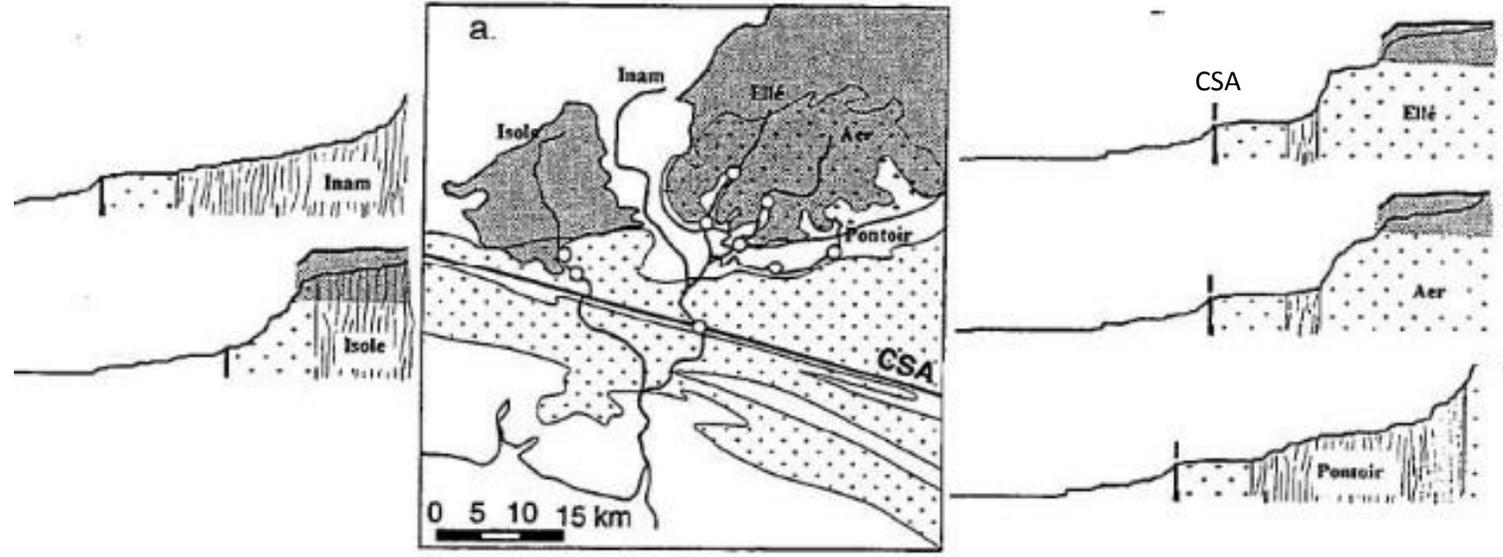


Figure 1-3 : Coupes schématiques représentant l'évolution des versants dans le cas d'un processus d'abaissement des versants (A) de Davis (1899 – pénéplanation) et de recul des versants (B) de Penck (1924 – pédiplanation)



a-Rappels des principales caractéristiques morphologiques du bassin versant de la Laita. Sur la carte, les plateaux à altérites sont représentés en gris; les croix correspondent aux granites. Les cercles blancs localisent les ruptures de pente des profils longitudinaux. Les profils longitudinaux des cinq principales rivières sont également représentés (cf. fig. IV.28 pour les échelles). Les zones altérées sont également en gris, et la position actuelle des plateaux à altérites a été représentée schématiquement. Ils sont conservés à la faveur de ruptures de pente dans les profils longitudinaux.

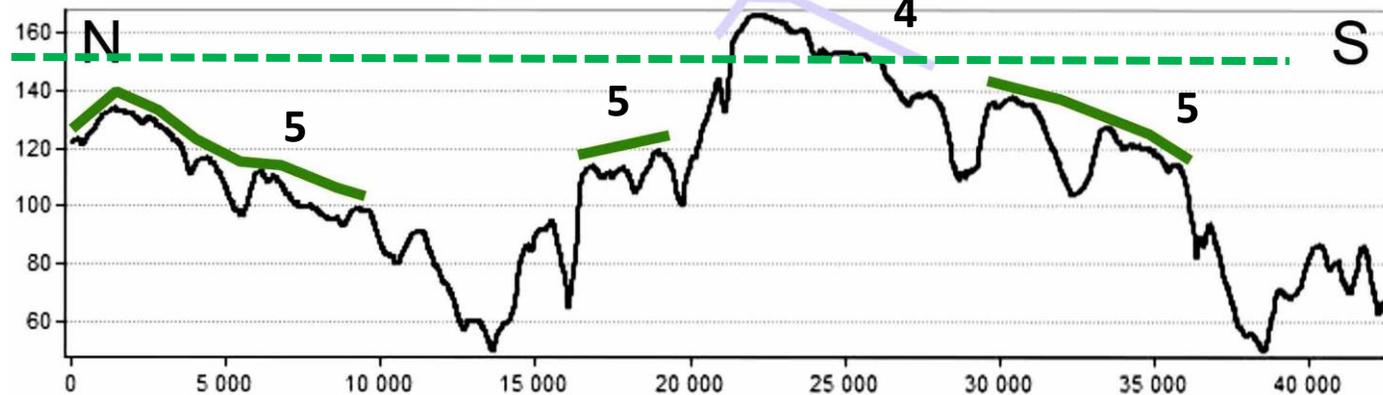
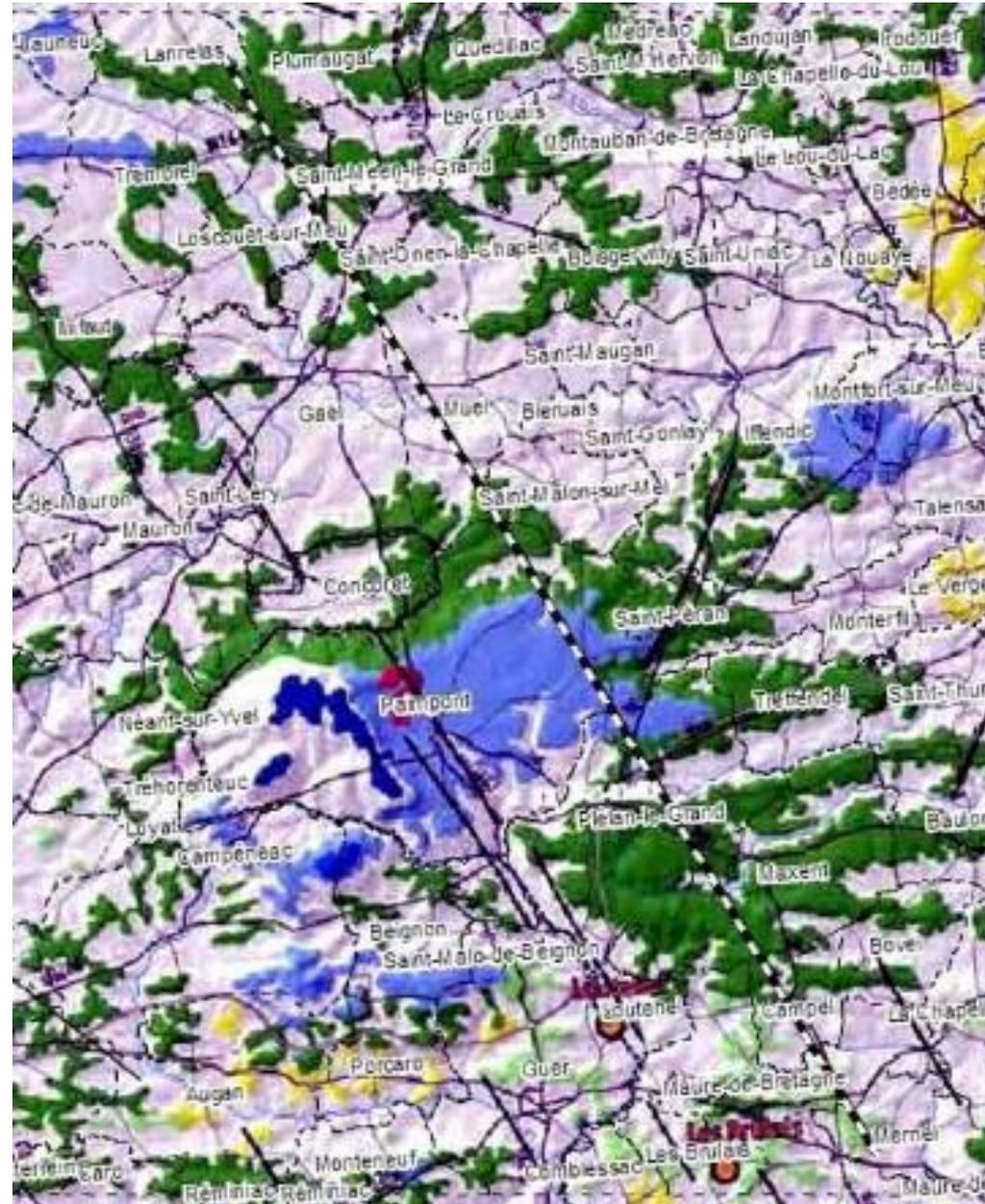
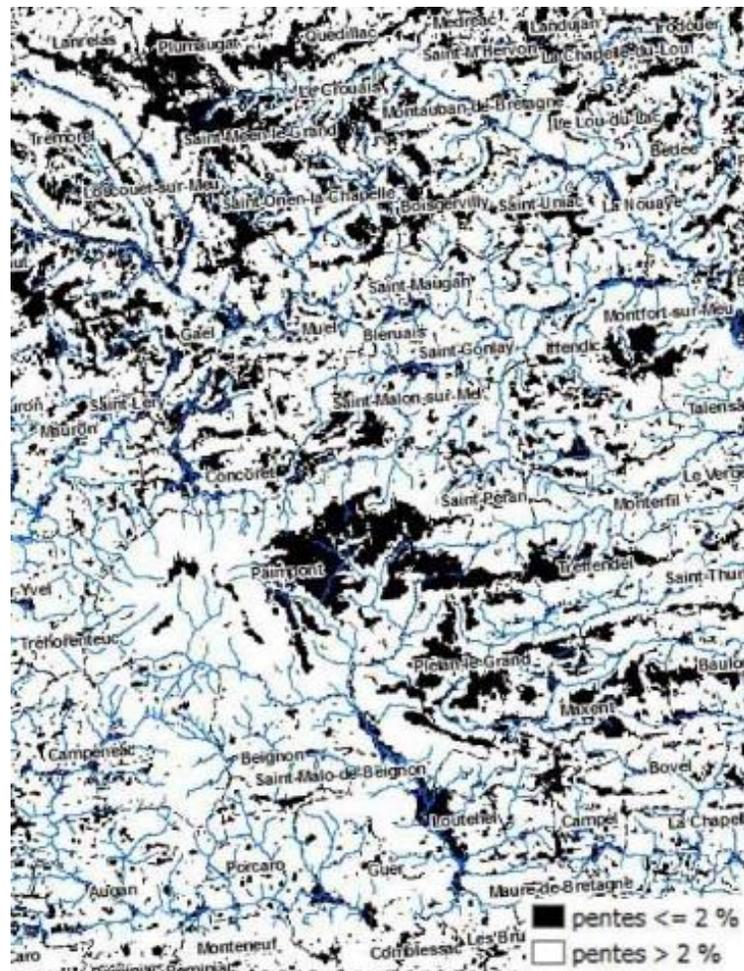
b-Evolution comparée de l'Inam, de l'Ellé et de l'Aer. L'incision, initiée lors des mouvements du CSA, se propage vers l'amont. La principale différence d'évolution de ces rivières vient de la présence d'un granite dans les parties amont érodées par l'Ellé et l'Aer. Alors que l'incision se propage dans la totalité du profil de l'Inam, elle est bloquée sur la bordure du granite dans le cas de l'Ellé et de l'Aer; il se forme une rupture de pente lithologique qui s'amplifie au cours du temps. En amont, le plateau à altérites est conservé. Son érosion ultérieure se fait à la faveur du dédoublement de la rupture de pente lithologique. Le plateau a par contre été entièrement érodé par l'Inam.

**A une autre échelle : Recul des versants - Baisse eustatique ? Jeux du Cisaillement Sud Armorican (CSA) ?**

Bessin : Typologie des surfaces d'aplanissement continentales : Utilisation des cartes numériques.

**MODÈLE D'ÂGE DES FORMES DU RELIEF ÉMÉRGÉ**

- Reliefs résiduels
- 1 ■ Pré-Pliensbachien (Pré-190 Ma)
- 2 ■
- 3 ■
- 4 ■ Pré-Bajocien (Pré-170 Ma)
- 5 ■ Pré-Cénomanién (Pré-100 Ma)
- 5d ■ dégradée (Pré-100 Ma)
- 6 ■ Pré-Bartonien



Approche descriptive (le + haut le + ancien)

# Exemples d'utilisation des MNT (tableau de points d'altitude) : Classement des formes de relief par cellules à rayon croissant

## Topographic Position Index at 3 different scales

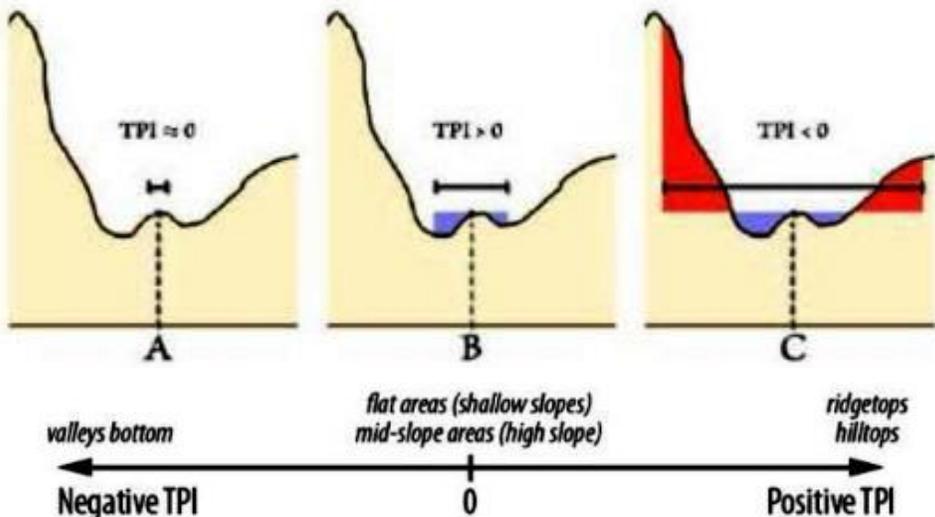
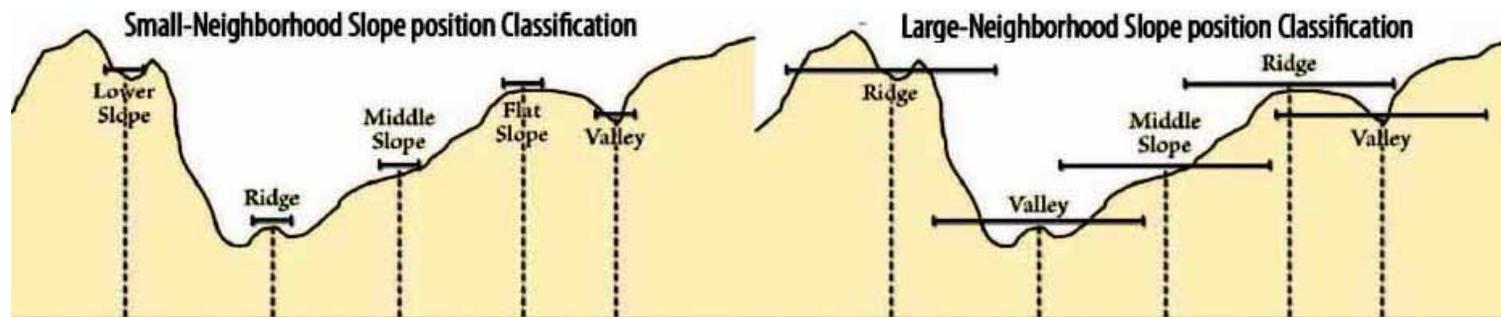
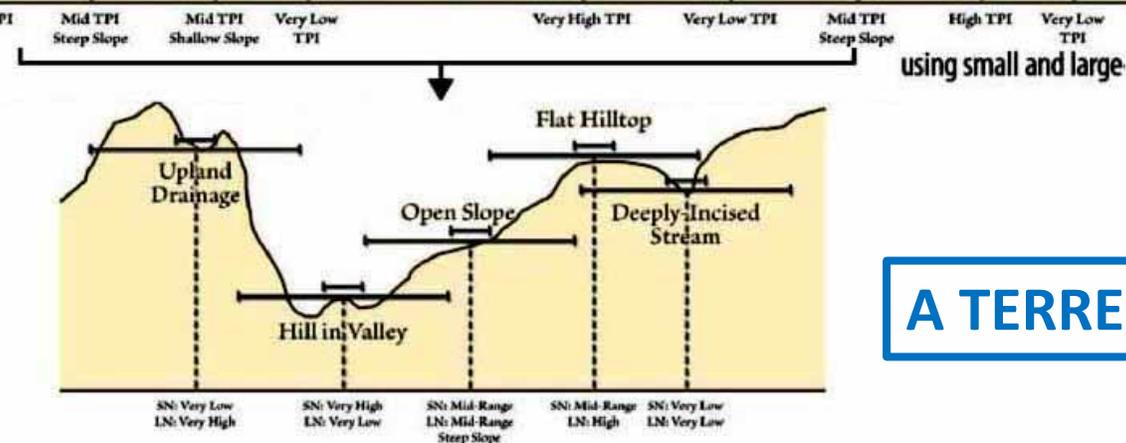


Table 3 : Paramètres utilisés dans la méthode de classification des pentes "TPI slope position" (Weiss, 2001 ; Jenness, 2006)

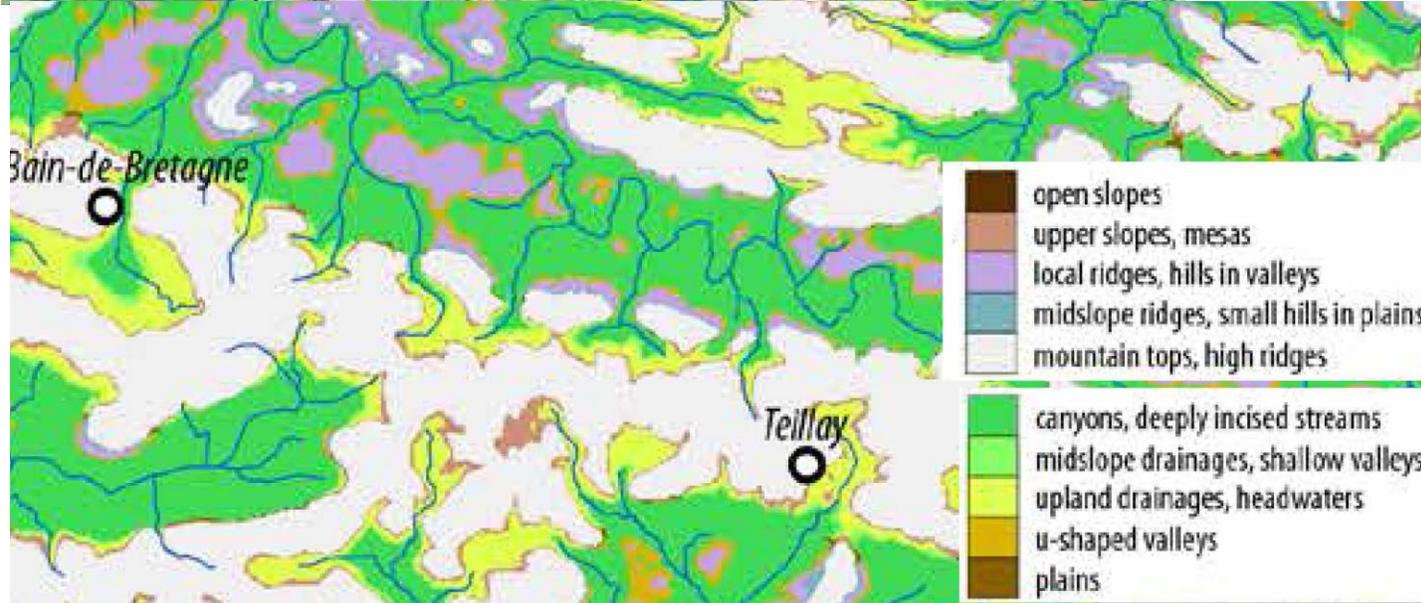
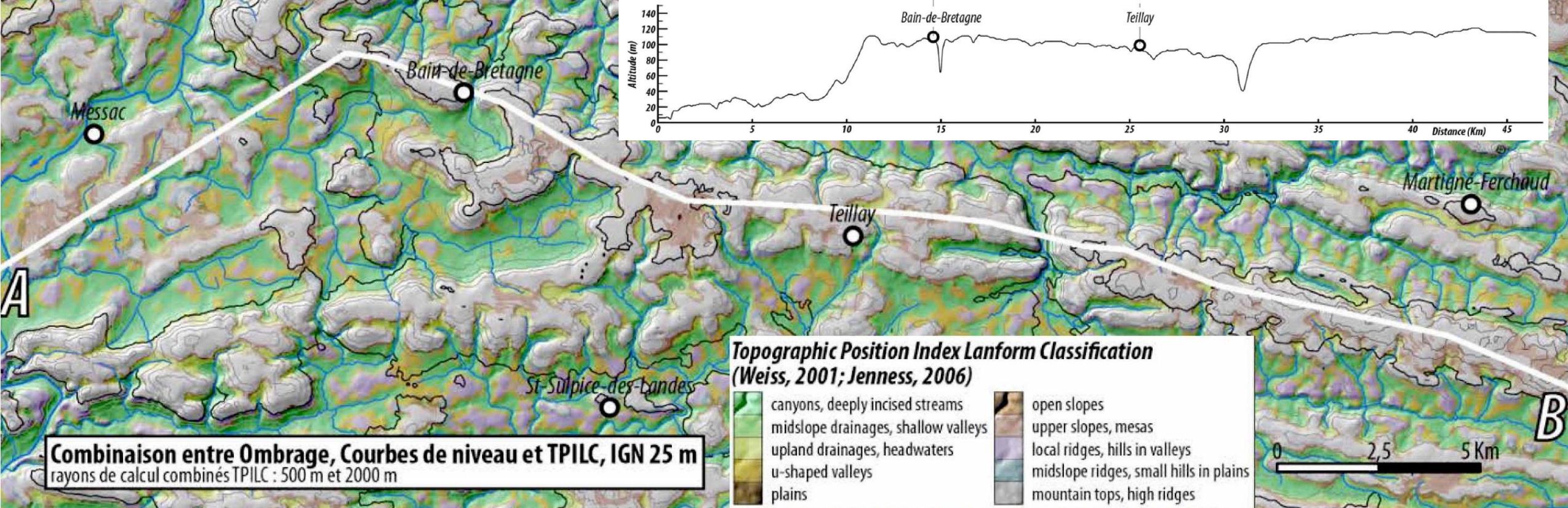
Class	Description	Breakpoints
1	ridge	$TPI \geq +1 SD$
2	upper slope	$0.5 SD < TPI < 1 SD$
3	middle slope	$-0.5 SD < TPI < 0.5 SD, \text{slope} > 5^\circ$
4	flat slope	$-0.5 SD < TPI < 0.5 SD, \text{slope} < 5^\circ$
5	lower slope	$-1 SD < TPI < -0.5 SD$
6	valleys	$TPI \leq -1 SD$



Class	Description	Small Neighborhood	Large Neighborhood
1	Canyons, Deeply incised streams	$TPI \leq -1 SD$	$TPI \leq -1 SD$
2	Midslope Drainages, Shallow Valleys	$TPI \leq -1 SD$	$-1 SD < TPI < +1 SD$
3	Upland Drainages, Headwaters	$TPI \leq -1 SD$	$TPI \geq +1 SD$
4	U-Shaped Valleys	$-1 SD < TPI < +1 SD$	$TPI \geq +1 SD$
5	Plains	$-1 SD < TPI < +1 SD$	$-1 SD < TPI < +1 SD$
6	Open Slopes	$-1 SD < TPI < +1 SD$	$-1 SD < TPI < +1 SD$
7	Upper Slopes, Mesas	$-1 SD < TPI < +1 SD$	$TPI \geq +1 SD$
8	Local Ridges/Hills in Valleys	$TPI \geq +1 SD$	$TPI \leq -1 SD$
9	Midslope Ridges, Small Hills in Plains	$TPI \geq +1 SD$	$-1 SD < TPI < +1 SD$
10	Mountain Tops, High Ridges	$TPI \geq +1 SD$	$TPI \geq +1 SD$



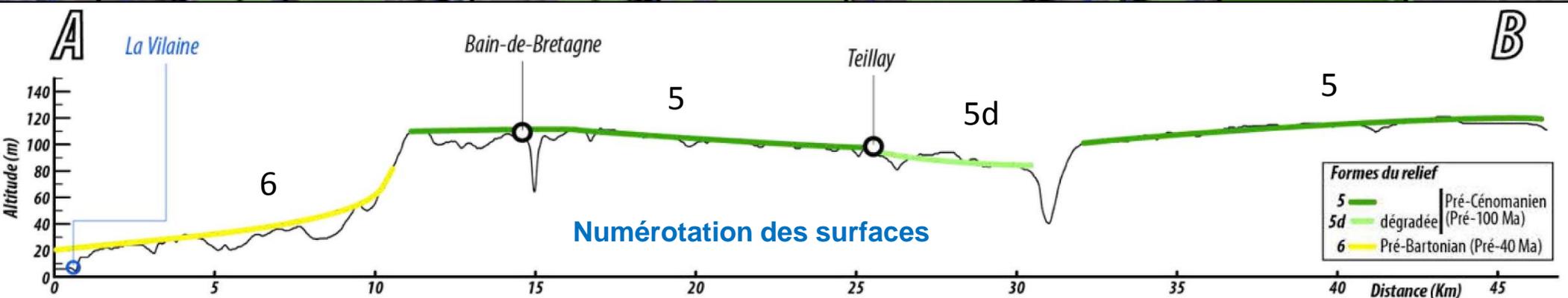
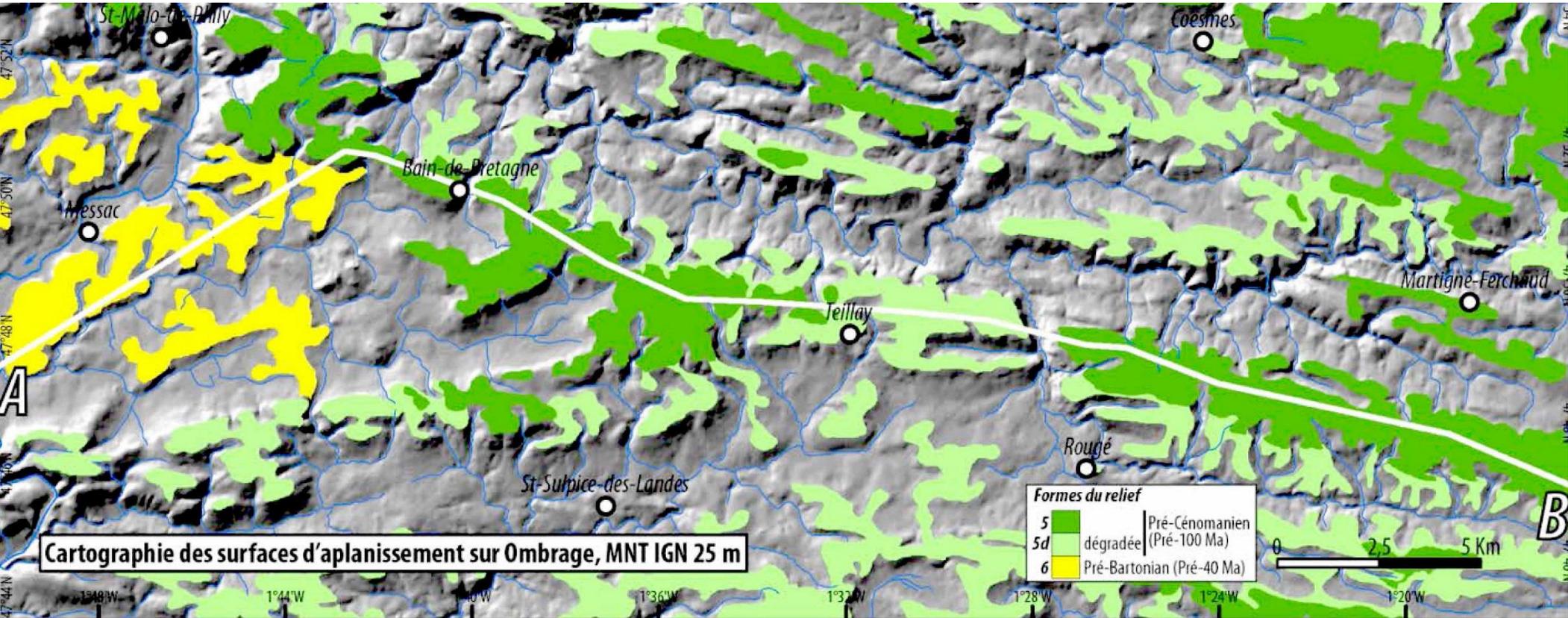
**A TERRE**

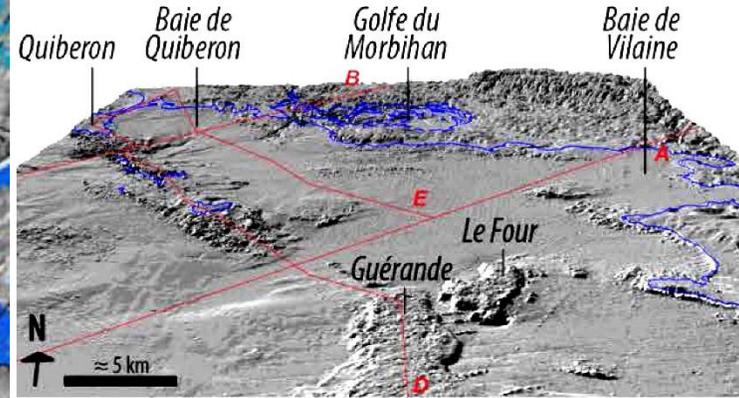
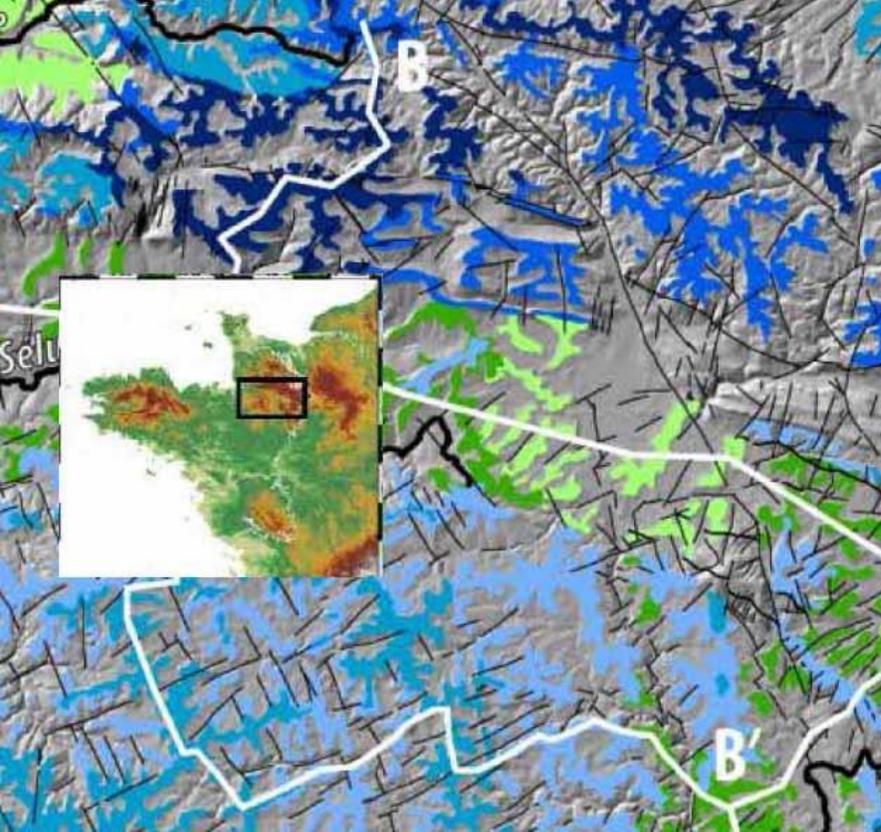


Exemple de traitement les « Synclinaux du Sud de Rennes » – Voir plus haut De Martonne.

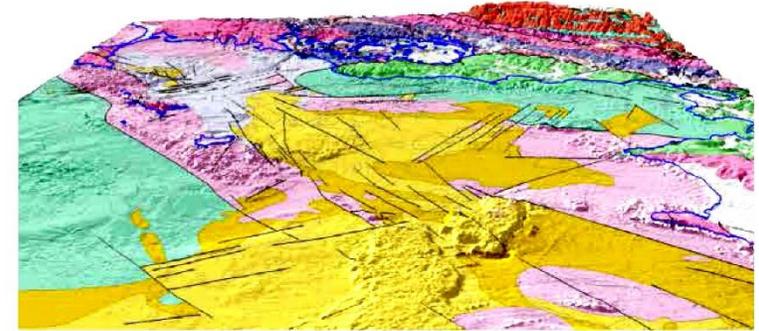
A comparer (photos du terrain ?)

# CARACTERISATION DES SURFACES D'APLANISSEMENT



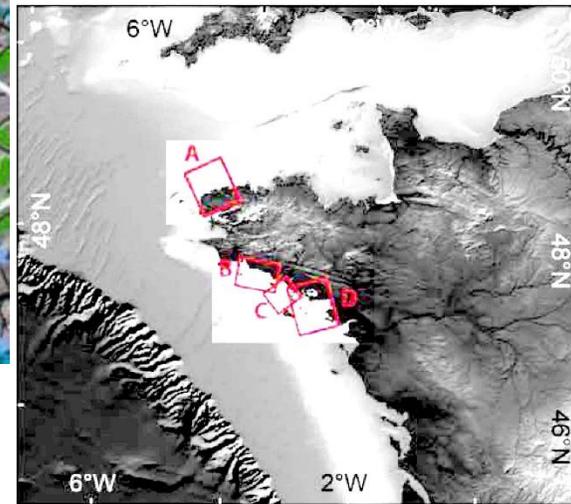


## Baies de Quiberon et de Vilaine



A Nom et localisation des coupes de la Fig.4.5

— Failles  
- - - Failles supposées



### Sédiments

■ Miocène  
■ Eocène moy. et sup.

■ Crétacé sup.  
■ Néoprotérozoïque - Cambrien

### Sédiments

■ Carbonifère

### Géologie des encarts B, C et D

■ Quaternaire  
 ■ Néogène : Formations mio-pliocènes: sables, argiles, graviers  
 ■ Miocène (Aquitainien) : Marno-calcaires et calcaires à Miogypsines  
 ■ Oligocène (Chattien) : Sables calcaires très fossilifères à Operculines  
 ■ Eocène (Lutétien-Bartonien) : Calcaire à Nummulites, calcaires à Gypsinidae  
 ■ Yprésien : Sable jaune glauconieux à grands foraminifères, calcarénites gréseuses et glauconieuses  
 ■ Crétacé supérieur ?-Paléocène : Dolomie azoïque  
 ■ Paléogène : Grès, sables, argiles, marnes, calcaires  
 ■ Carbonifère : Leucogranites, monzogranites  
 ■ Ordovicien : Métatuffites acides, méta-ignimbrites, métarhyolites  
 ■ Paléozoïque : Micaschistes, amphibolites à faciès schistes bleus  
 ■ Néoprotérozoïque ? : Paragneiss, morbihannites, migmatites paradérivées et orthodérivées  
 ■ Néoprotérozoïque ?-Ordovicien : Amphibolites, schistes verts, micaschistes, paragneiss, leptynites

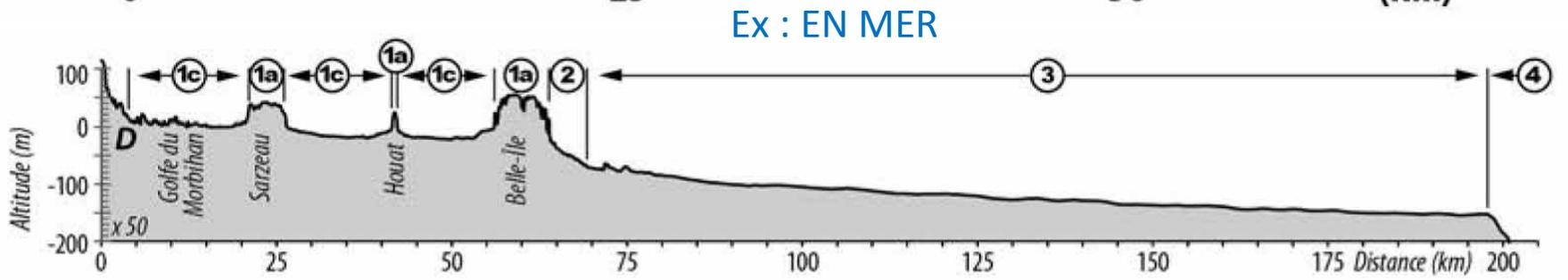
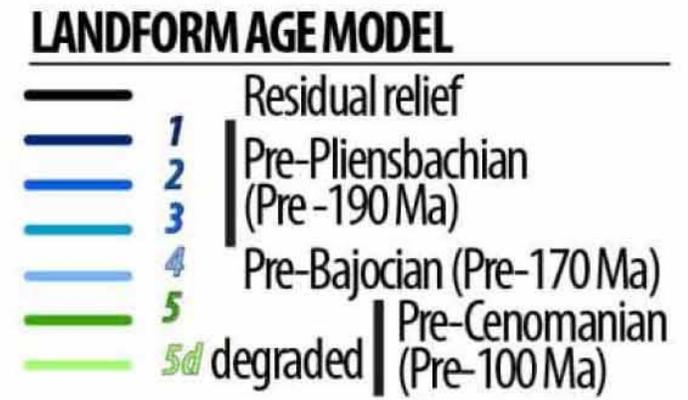
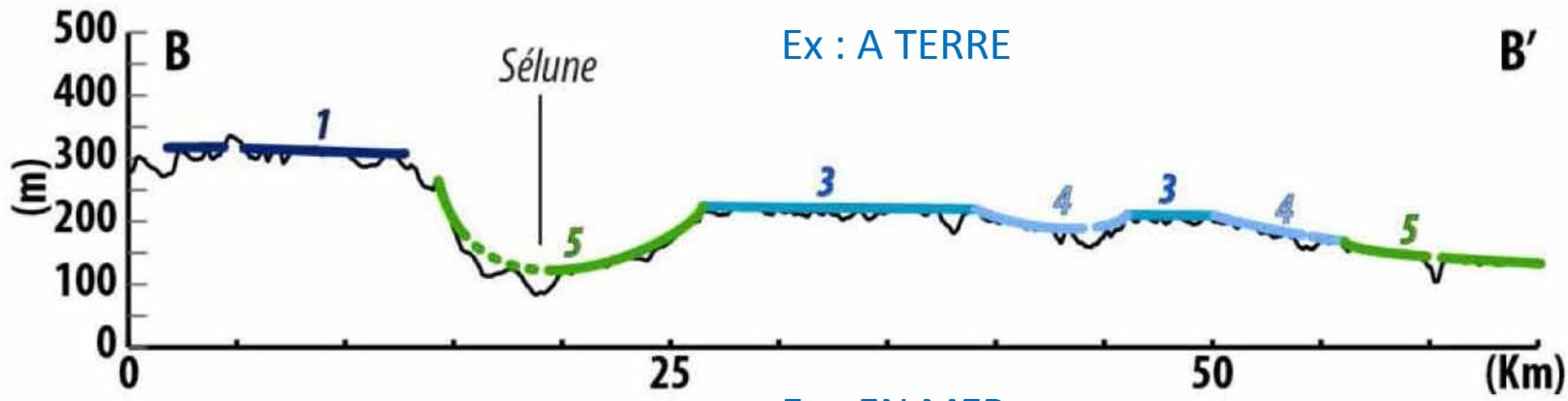
L'analyse des formes de relief est faite sur terre (ex Sélune à gauche) et sous la mer (ex Baies de Quiberon et Vilaine à droite) : Cartographie des surfaces d'aplanissement.

Transcription papier des documents originaux informatiques - Lisibilité : Exercice difficile.

Figure 4-5 : Visualisation 3D de la bathymétrie (à gauche) et carte géologique (à droite) pour 4 secteurs clés du pourtour littoral armoricain (A : Léon, B : baies de Concarneau et du Pouldu, C : baie d'Etel et D : baies de Quiberon et de Vilaine). Données géologiques : A : carte géologique de France au 1:1000000<sup>ème</sup>, BRGM, 1996 et B, C, D : Thinon et al. (2009) ; Sources M.N.T.: IGN 25 m, "Dalles Bathymétriques" SHOM).

DESCRIPTION DU RELIEF : A TERRE – SOUS LA MER

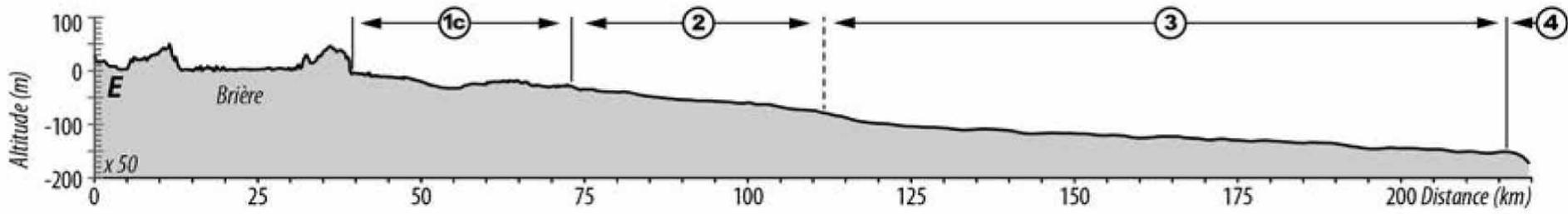
# TRANSVERSE SECTIONS



Sous la surface du plateau continental la couverture méso/cénozoïque épaisse, a permis de repérer des marqueurs concernant les discontinuités à interpréter.

La Sismique réflexion donne une image du sous-sol :

Les ondes réfléchies à chaque interface (réflecteur-ligne sismique) permettent de reconnaître les principales structures géologiques (limites de strate, failles, discordances...).

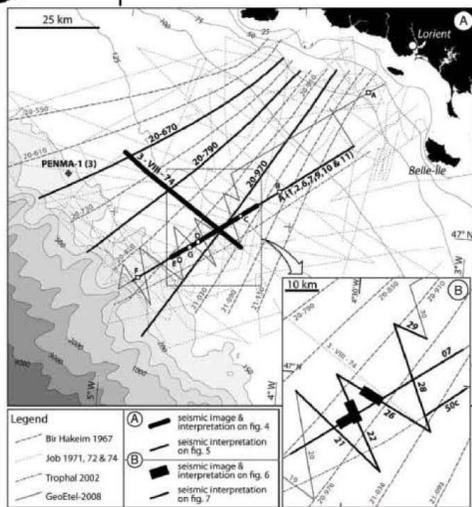
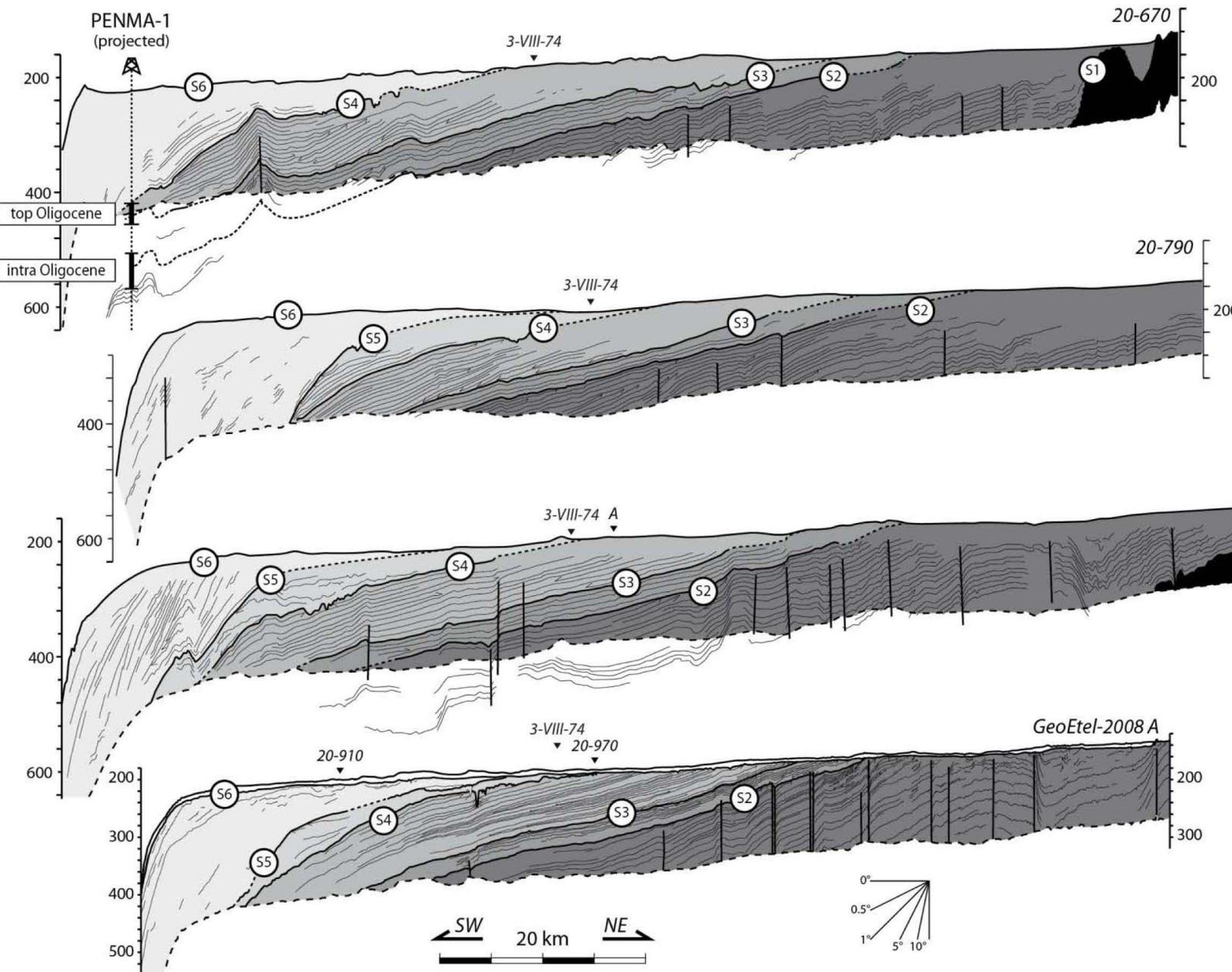
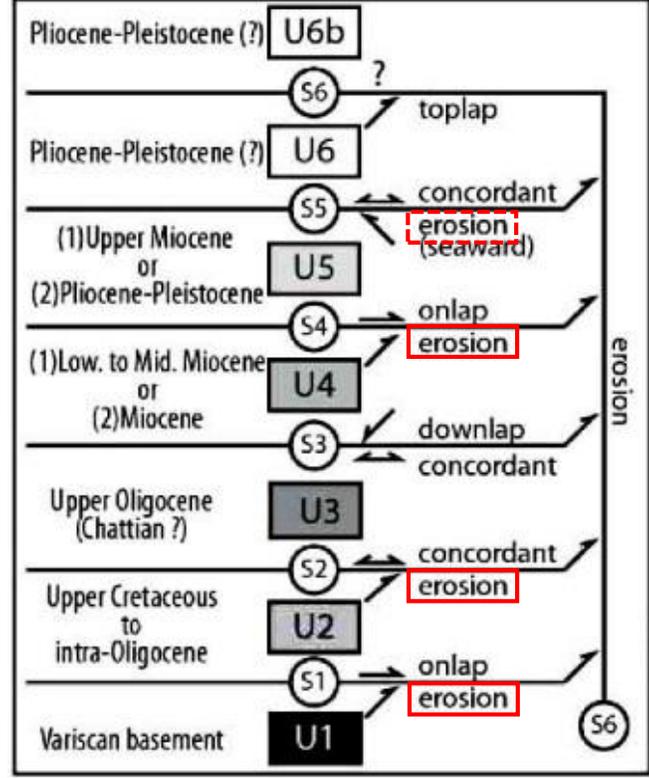


- |                         |    |                                   |   |   |
|-------------------------|----|-----------------------------------|---|---|
| Domaine péri-armoricain | ①a | Surfaces d'aplanissement émergées | ② | Zone bordière                                       |
|                         | ①b | Surfaces d'aplanissement côtières | ③ | Surface d'aplanissement Manche/Sud-Armorique (AMSA) |
|                         | ①c | Larges «vallées» sous-marines     | ④ | Pente continentale                                  |

**Coupes topographiques présentant les principaux éléments géomorphologiques des domaines marins situés sur le pourtour du Massif armoricain (Sources M.N.T.: "NASA SRTM 3 arc", Jarvis et al., 2008, "Dalles Bathymétriques" SHOM, SHOM Golfe de Gascogne-Manche 1 km).**

► Voir diapo suivante :

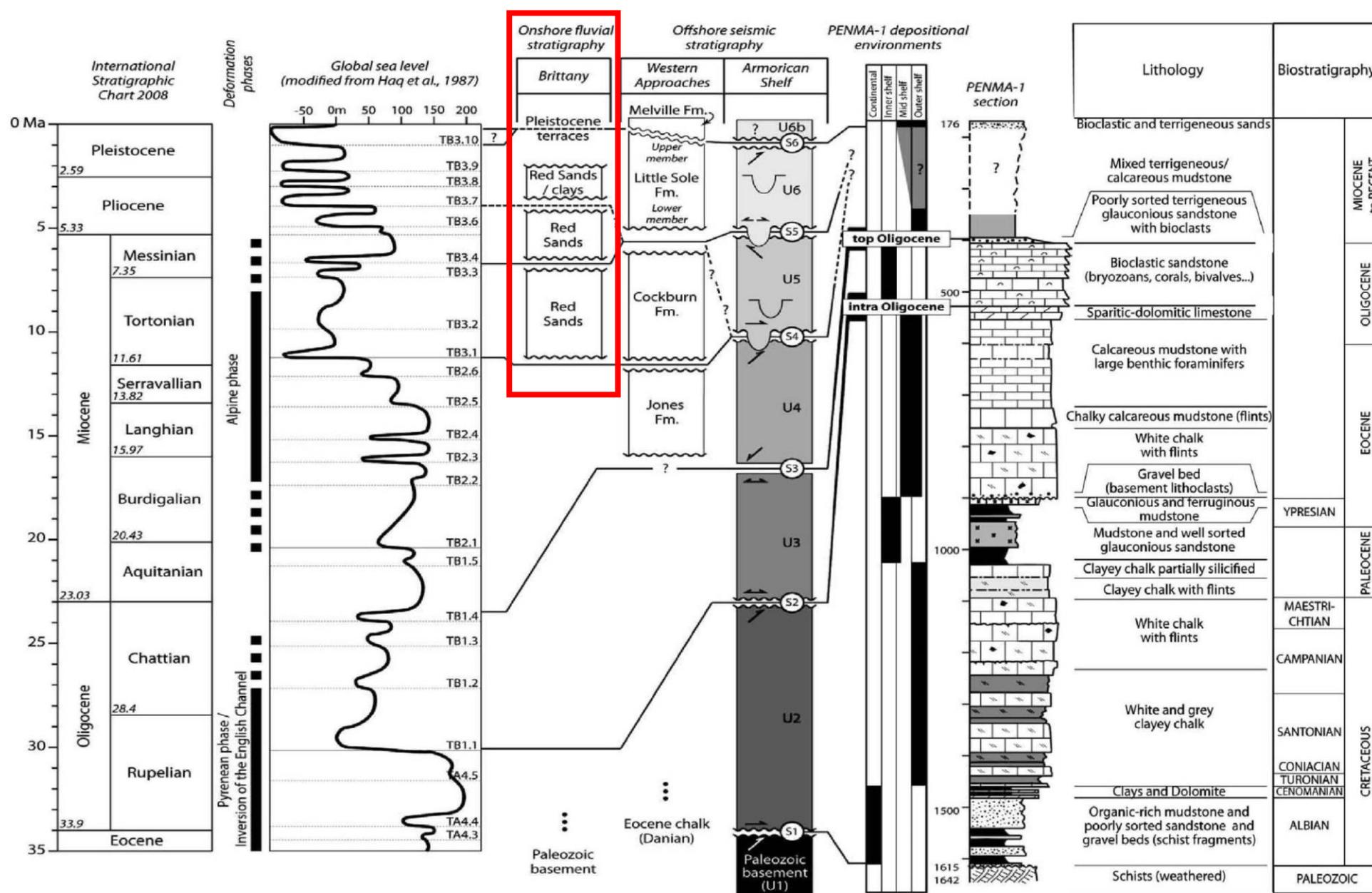
Suite des discontinuités interprétées



7 unités, dont 4 discordantes

EN MER

Figure 2-22 : Interprétation de quatre profils sismiques issus des campagnes Bir Hakeim 67 (20-670 ; 20-790 ; 20-970 et GeoEtel 2008 (A) montrant l'organisation des principales unités (U1 à U6b) et discontinuités (S1 à S6) sismiques de la Marge sud-armoricaine. Sur la ligne 20-670, les unités sismiques et discontinuités sont corrélées au puits PENMA-1 projeté (situé à 3 km au NW). Échelle verticale en millisecondes temps double (d'après Paquet et al., 2010).

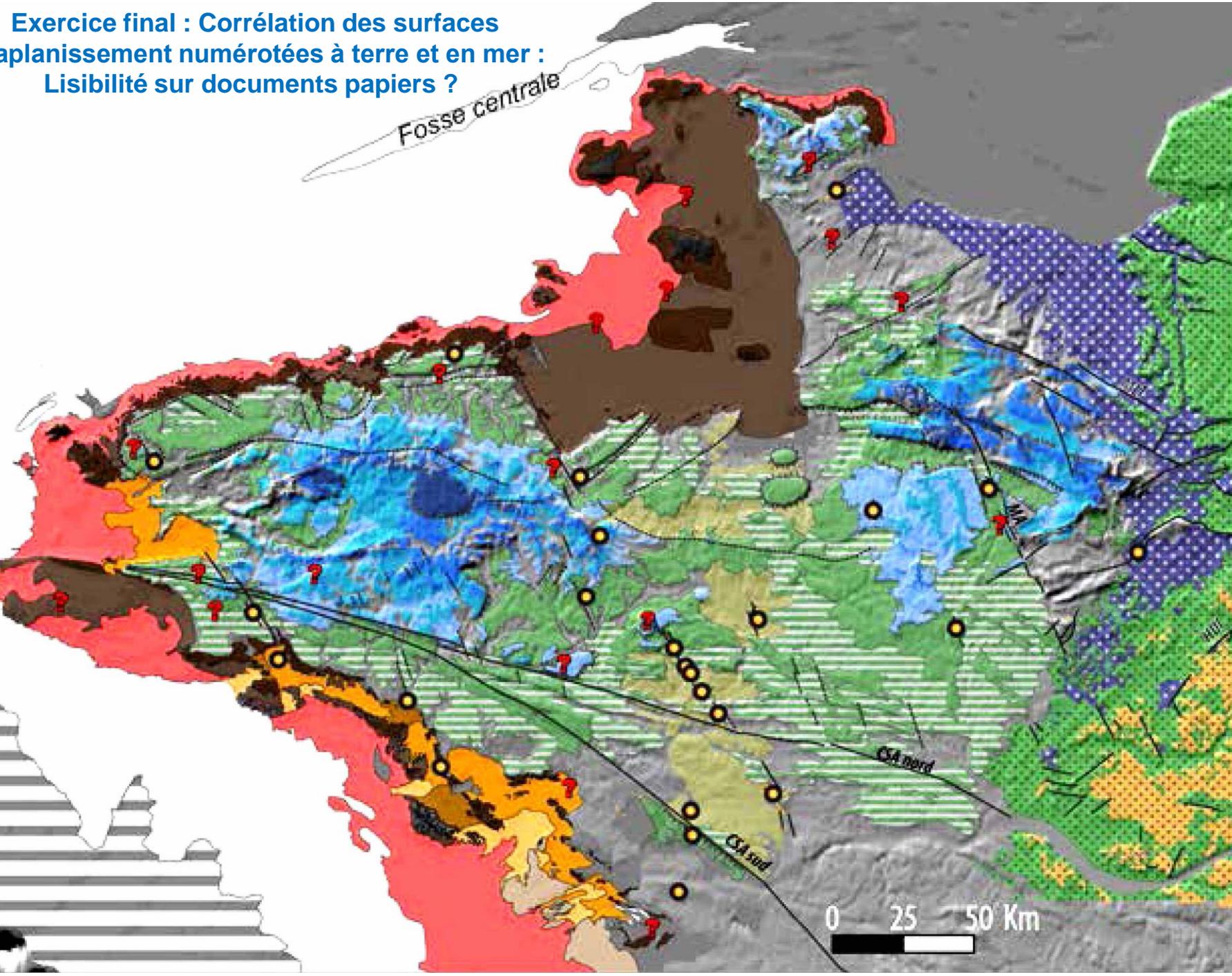


**CALEES PAR UN FORAGE CARROTE**

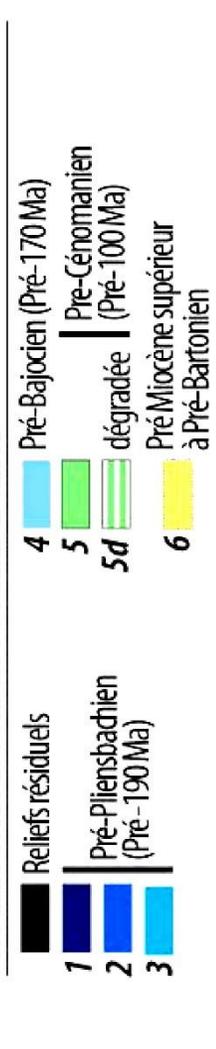
Coupe de PENMA1 (1971) corrélations. Encadré rouge unités à terre du Massif armoricain : Sables terrigènes.

Figure 2-20 : Coupe lithologique du puits PENMA-1 (datation déduite de la biostratigraphie des foraminifères et nanofossiles), interprétation des milieux de dépôts, et corrélation des séquences identifiées en stratigraphie sismique pour la Marge sud-armoricaine avec (1) les Approches de l'Ouest (Bourillet et al., 2003), (2) la stratigraphie fluviale à terre (Van Vliet-Lanoë et al., 1998, Guillocheau et al., 1998, Brault et al., 2004), (3) le puits PENMA-1 (Preux, 1978), (4) la courbe globale de variation du niveau marin modifiée de Haq (1987) et (5) les phases orogéniques majeures affectant l'Europe de l'Ouest (d'après Paquet et al., 2010).

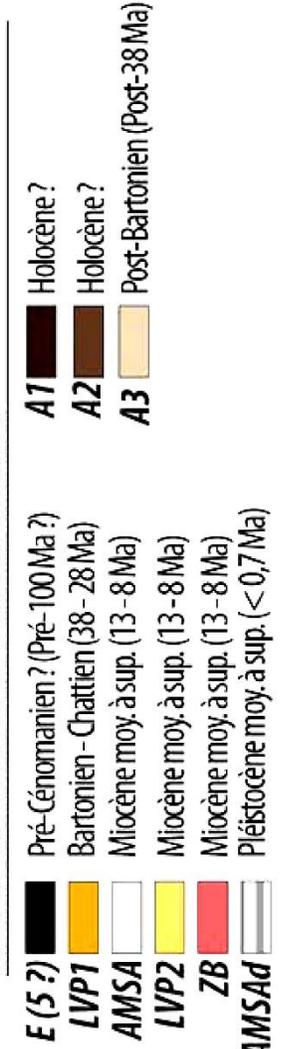
Exercice final : Corrélation des surfaces  
 aplatissement numérotées à terre et en mer :  
 Lisibilité sur documents papiers ?



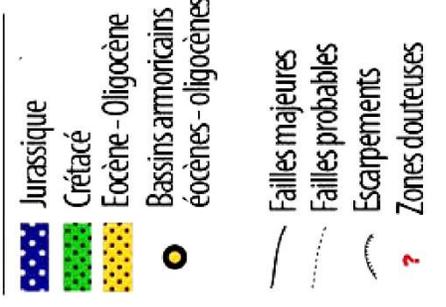
**MODÈLE D'ÂGE DES FORMES DU RELIEF ÉMÉRGÉ**

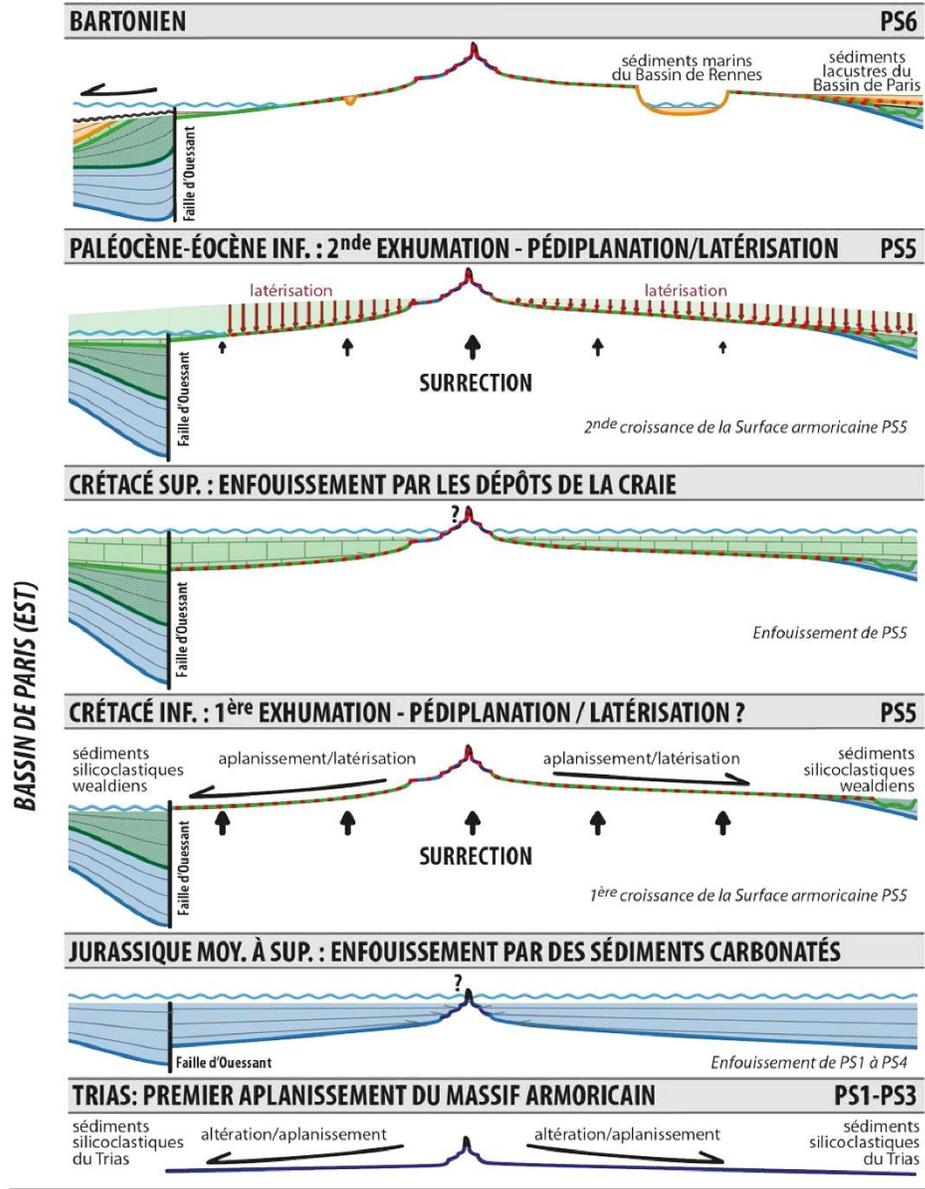


**MODÈLE D'ÂGE DES FORMES DU RELIEF IMMERGÉ**



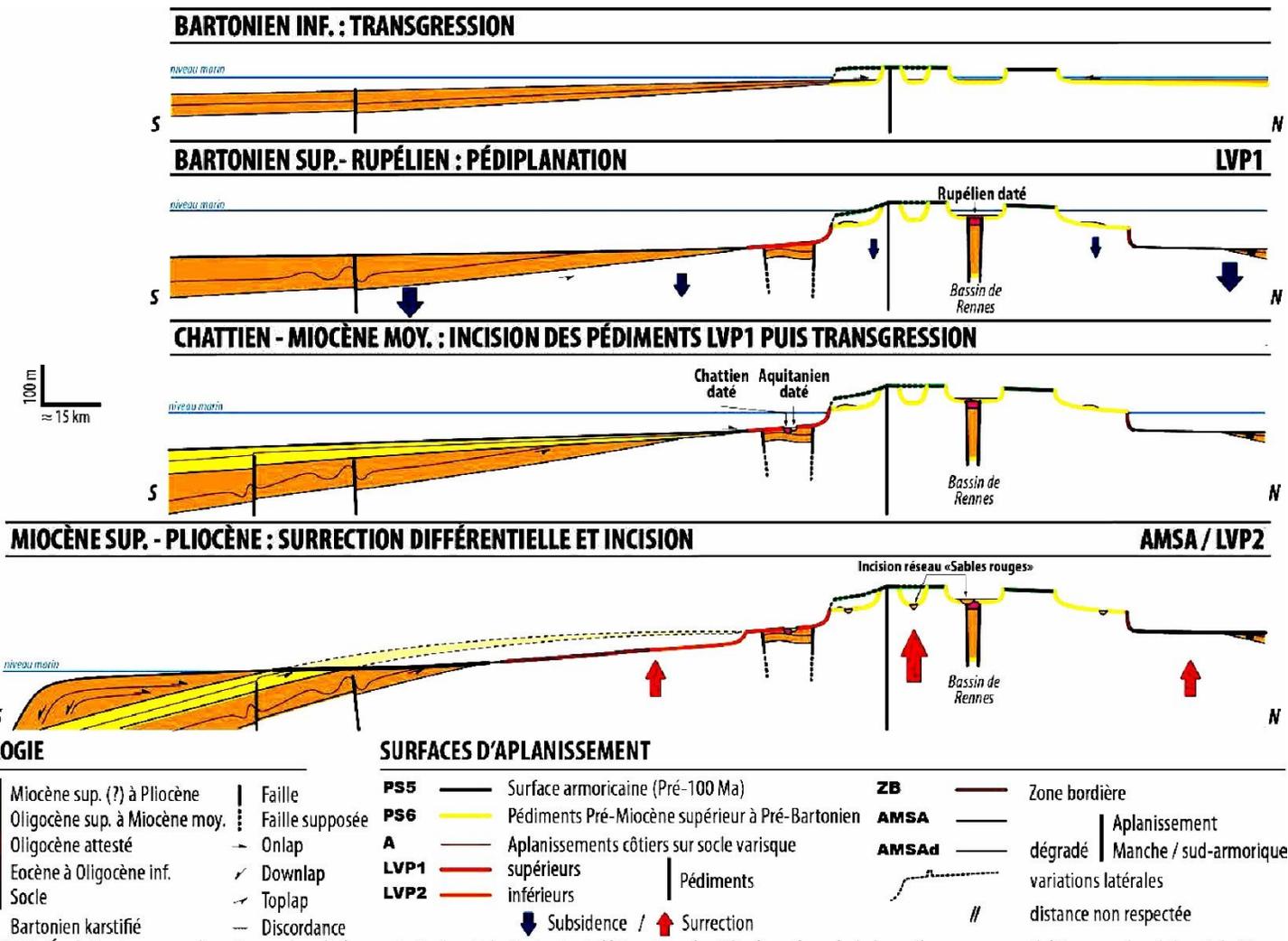
**ENREGISTREMENT SÉDIMENTAIRE (BASSIN DE PARIS)**





DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES	FORMES DU RELIEF	ALTÉRATION / ÉROSION
Bartonien à Rupélien	PS6: pédiments pré-Bartonien à pré-Rupélien	Épaisseur de Craie altérée
Craie altérée / érodée	PS5: « Surface armoricaine » pré-Crétacé supérieur	Surface d'aplanissement latérisée
Craie du Crétacé supérieur	PS4: surface d'aplanissement pré-Bajocien (pré-170 Ma)	Onlaps
Sédiments silicoclastiques du Crétacé inférieur (« wealdiens »)	PS1 to PS3: surfaces d'aplanissement pré-Pliensbachien (pré-190 Ma)	Flux des produits d'érosion
Carbonates du Jurassique moyen à supérieur	Relief résiduel	Niveau marin

APPROCHES OCCIDENTALES DE LA MANCHE (OUEST)



GÉOLOGIE	SURFACES D'APLANISSEMENT	ZB
Miocène sup. (?) à Pliocène	PS5 — Surface armoricaine (Pré-100 Ma)	ZB — Zone bordière
Oligocène sup. à Miocène moy.	PS6 — Pédiments Pré-Miocène supérieur à Pré-Bartonien	AMSAd — Aplissement dégradé
Oligocène attesté	A — Aplissements côtiers sur socle varisque	AMSAd — Aplissement Manche / sud-armorique
Eocène à Oligocène inf.	LVP1 — Pédiments supérieurs	AMSAd — variations latérales
Socle	LVP2 — Pédiments inférieurs	AMSAd — distance non respectée
Bartonien karstifié	↓ Subsidence / ↑ Surrection	
Faïlle		
Faïlle supposée		
Onlap		
Downlap		
Discordance		

Figure 5-32 : Évolution terre-mer long-terme du relief armoricain depuis le Bartonien inférieur jusqu'au Pliocène résumée le long d'une coupe synthétique nord-sud depuis la Marge sud-armoricaine (au sud) jusqu'au Approches occidentales de la Manche (au Nord). Dans la partie centrale (actuellement émergée), seul le Bas-plateau breton est représenté.

## Evolution Terre/mer du Massif armoricain depuis le Trias (250 MA) jusqu'à l'actuel

Figure 5-31 : Évolution long-terme du relief du Massif armoricain depuis le Trias jusqu'au Bartonien, insistant sur les principaux épisodes d'exhumation et d'enfouissement. Ici, l'évolution et résumée sur une coupe synthétique Est (Bassin de Paris) – Ouest (Approches occidentales de la Manche), illustrant uniquement un plateau du massif (Plateau bas-Normand / Plateau ouest-breton). La dénudation pré-bajocien (pédiments PS4) n'est pas représentée.

La compression pyrénéenne crée un « bombement » à surface plane, exondé soumis à l'altération.

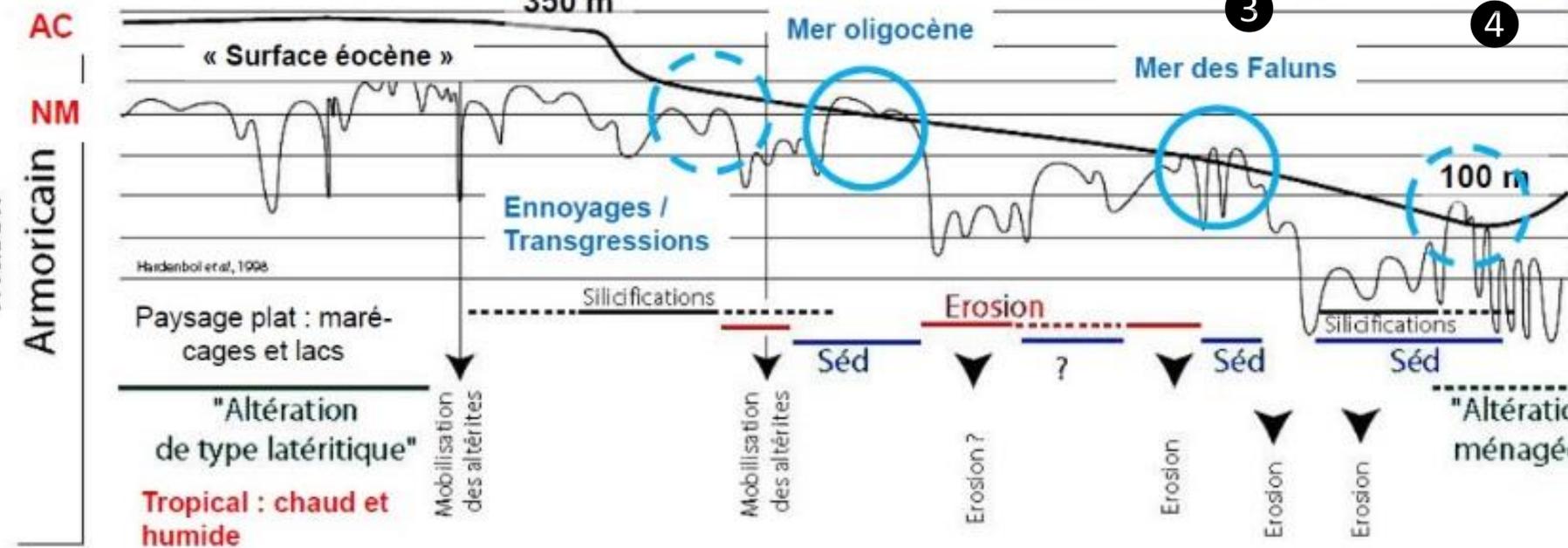
Ouverture du Rift Ouest Européen : Affaissement du Massif armoricain décapage des altérites – transgressions marines localisées

D33

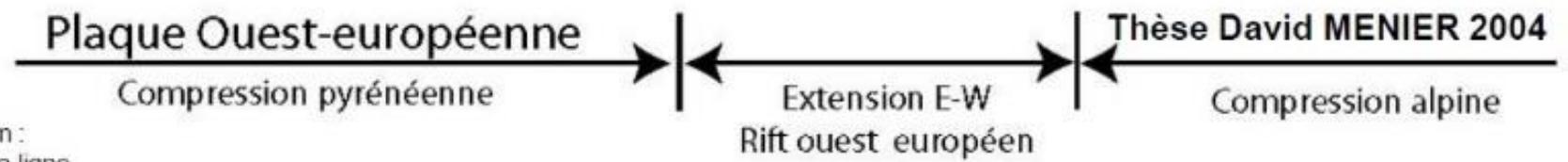
Grandes glaciations



MA 65 53 34 23.5 15 11 5 1.75



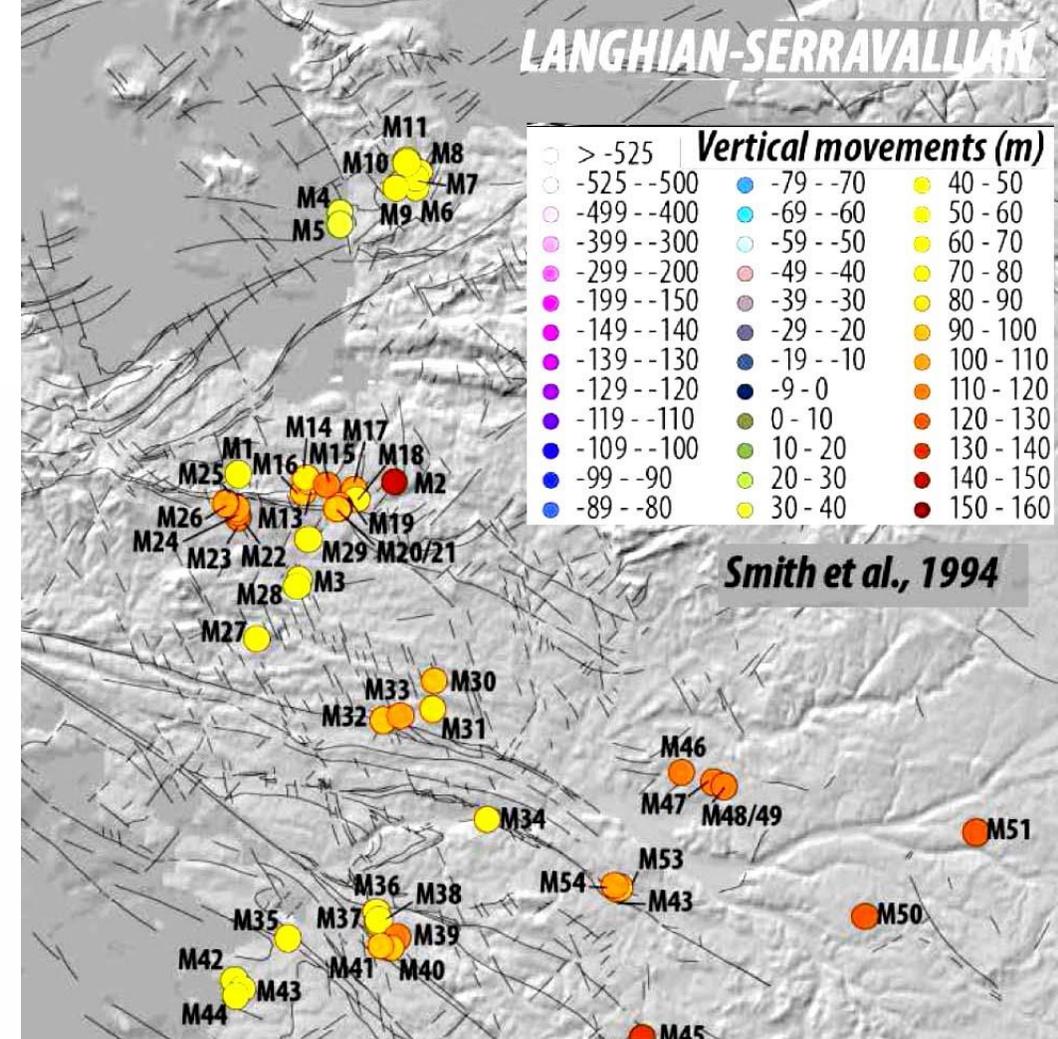
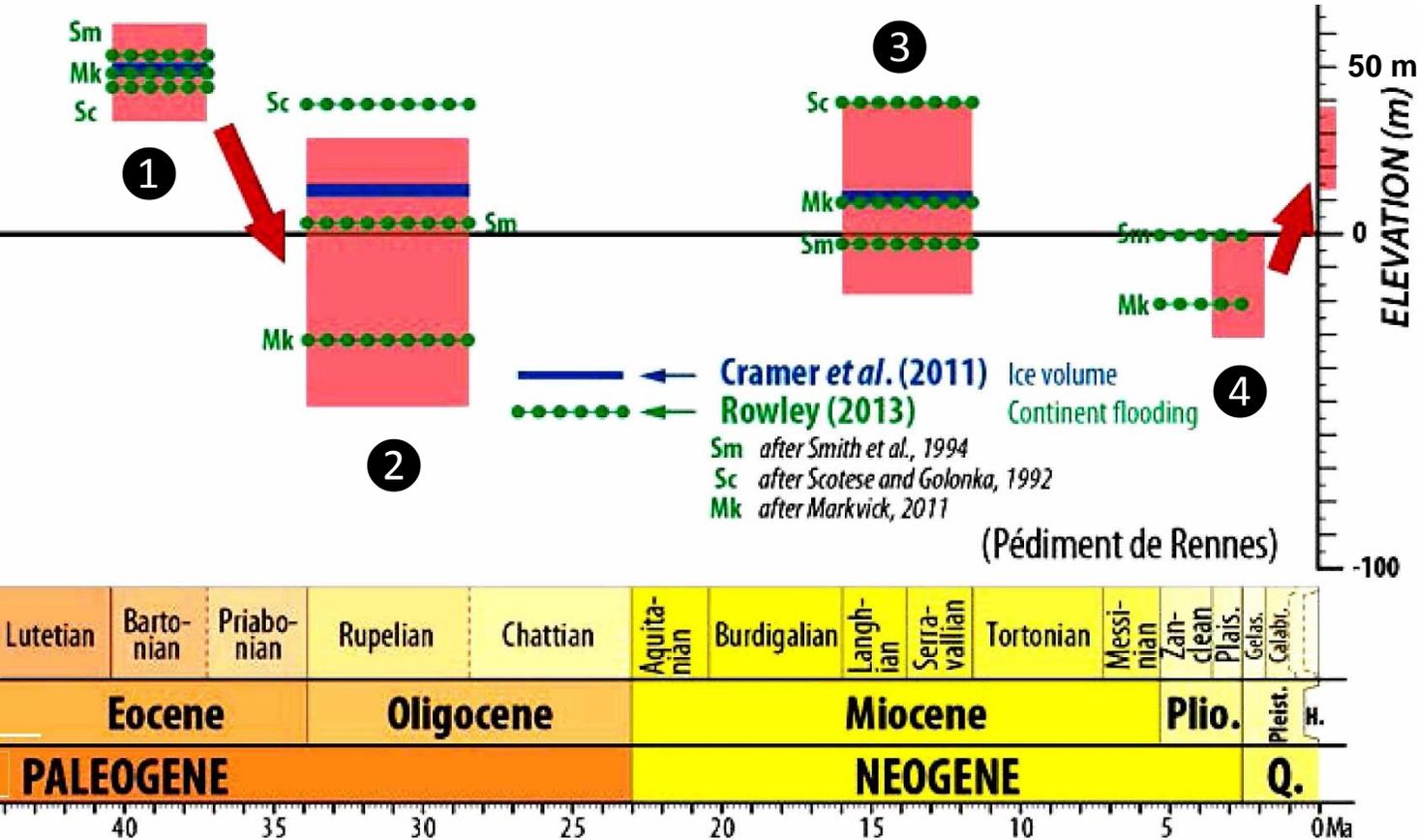
Calage de la surface continentale en utilisant Le niveau eustatique. Travaux antérieurs : 2004. ① à ④ Stades revus par P. Bessin.



Transgression : Avancée de la ligne du rivage.

### Cénozoïque et Tertiaire : Variations Altitude continentale – Niveau eustatique

Calage niveau eustatique  
Travaux récents : 1997-2014

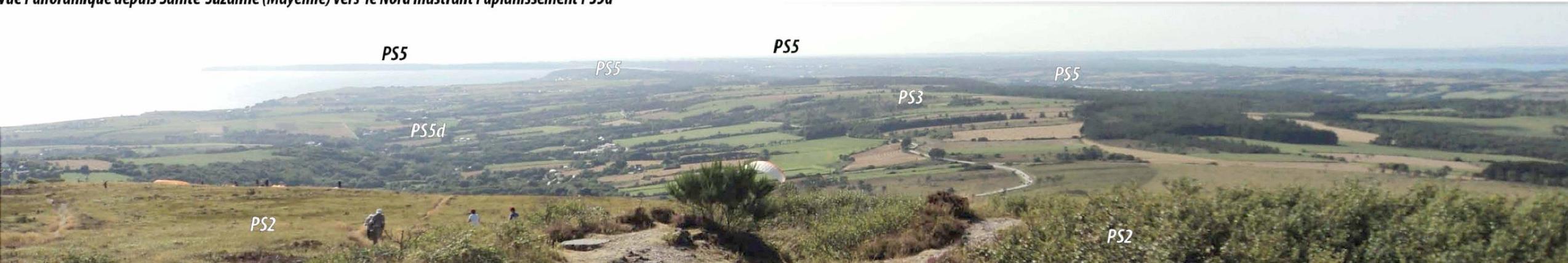


Mesure du déplacement vertical fini pour les dépôts du Miocène moyen (Langhien - Serravallien) à partir de la courbe de variation du niveau marin de Rowley (2013) d'après les cartes paléogéographiques de Smith et al (1994).

Figure 5-28 : Graphique représentant l'évolution des paléoaltitudes du Bas-plateau breton au Cénozoïque, établi à partir des courbes eustatiques (Cramer et al., 2011 ; Rowley, 2013) et des paléobathymétries estimées des dépôts. Aplats rouges : gamme d'altitude mesurée pour un intervalle de temps donné.



*Vue Panoramique depuis Sainte-Suzanne (Mayenne) vers le Nord illustrant l'aplanissement PS5d*



*Vue Panoramique depuis le Belvédère du Ménez-Hom vers l'Ouest et la presqu'île de Crozon, illustrant l'étagement des surfaces PS2, PS3, PS5 et PS5d*

**Vues de paysages : Pas facile à traduire  
A repérer sur le Massif brécilien.**

**\*\*\*\*\*FIN\*\*\*\*\***