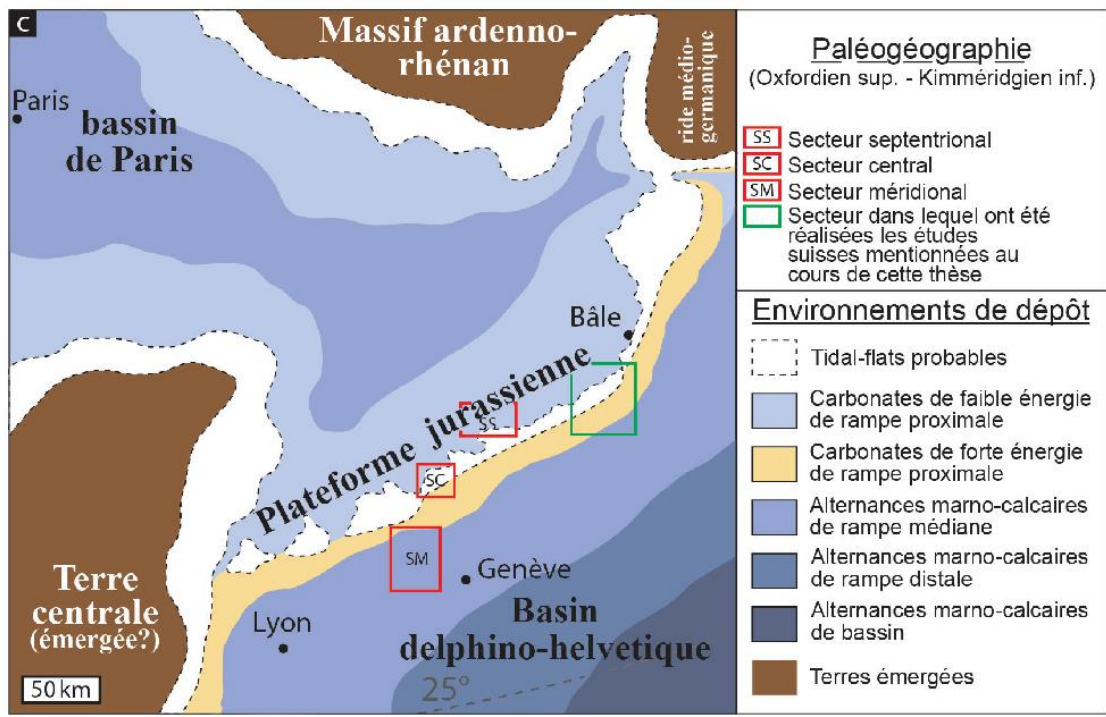


TP 1 – BG C3 Le climat de la Terre : changements climatiques à longue échelle de temps

Reconstitution de la calotte Eurasiennne il y a 90 000 ans (programme QUEEN (Mangerud et al., 2004))



Reconstitution de la plateforme carbonatée jurassique à la limite Oxfordien - Kimmeridgien

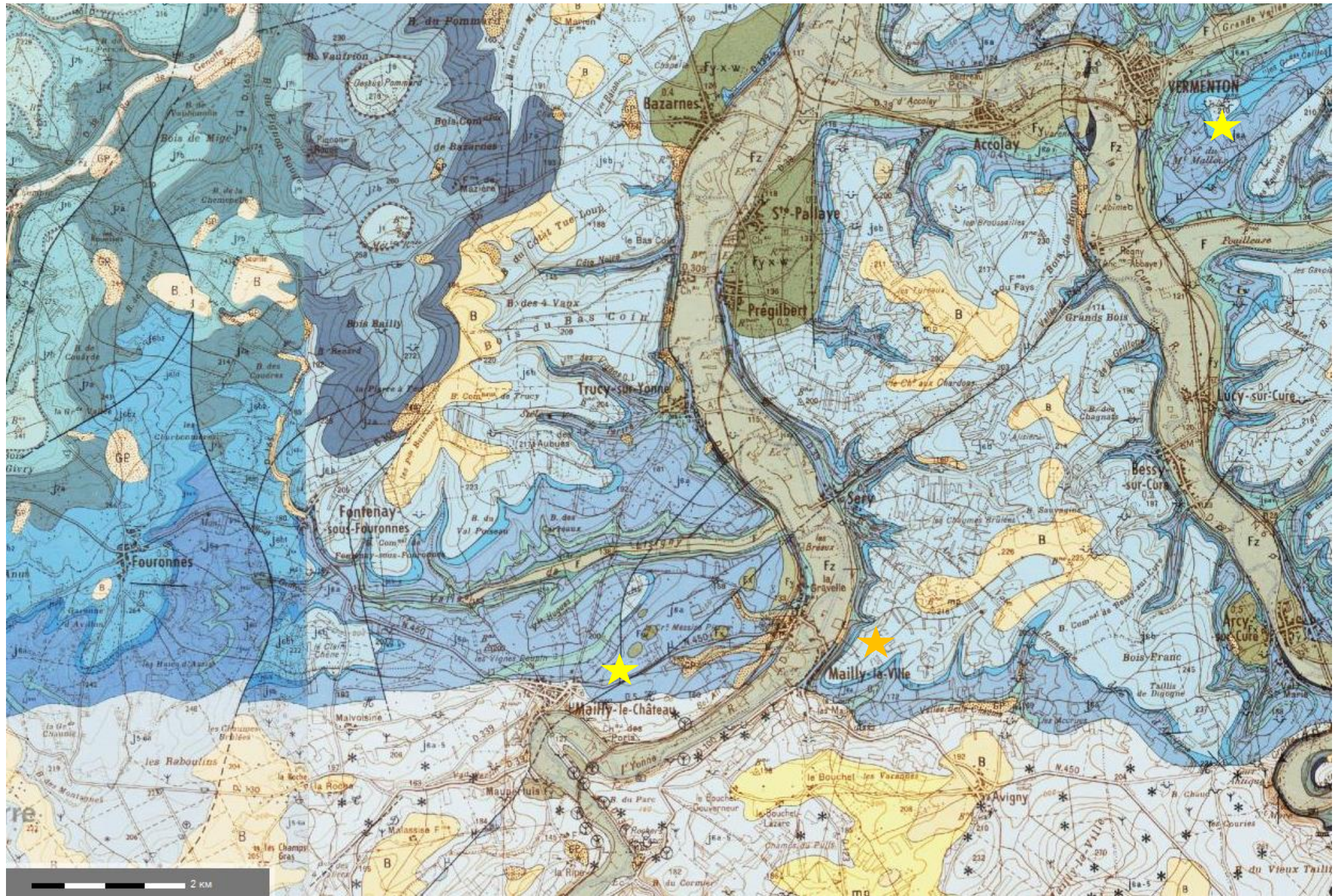
<https://www.semanticscholar.org/paper/La-plateforme-jurassienne-au-passage-Oxfordien-%3A-et-Cariou/e6d7817db716f35830f70197d5a764ac9f944c17>

<https://www.glaciers-climat.com/cg/quaternaire-de-planete/>

Reconstitution d'un paléoenvironnement à partir de la carte de Vermenton (1/50000)



Reconstitution d'un paléoenvironnement à partir de la carte de Vermenton



TERRAINS SÉDIMENTAIRES

Les notations employées ici sont celles définies par le Colloque de Luxembourg (1967). Entre parenthèses figure la correspondance avec l'ancienne terminologie.

	Kimméridgien supérieur et moyen (Kimméridgien) Marnes et calcaires
	Kimméridgien inférieur - Calcaire à Astartes (Séquanien supérieur) •• Niveau terminal à glauconie
	Kimméridgien inférieur - Calcaire de Tonnerre (Séquanien moyen)
	Oxfordien supérieur - Calcaires de Bazarnes et de Cravant (Séquanien inférieur)
	Oxfordien supérieur - Marnes de Fontenay (Limite Séquanien-Rauracien)
	Oxfordien supérieur - Calcaires de Vermenton (Rauracien)
	3-Marnes de Frangey 2-Marnes de Moutot
	1-Calcaires à spongiaires — Niveau marneux
	Oxfordien supérieur et moyen - Récif de Mailly-le-Château* (Rauracien-Argovien)
	Oxfordien moyen - Calcaires grumeleux et Calcaires à chailles (Argovien)
	Oxfordien moyen et inférieur - Oolithe ferrugineuse (Oxfordien S.S.)

	ETAGES	Datation par les Ammonites		EQUIVALENCE ANCIENNE
		ZONES	SOUS-ZONES	
KIMMERIDGIEN	SUPERIEUR	<i>pseudomutabilis</i>		"KIMMERIDGIEN"
	MOYEN	<i>mutabilis</i>		
	INFERIEUR		<i>cymodoce</i>	
		<i>baylei</i>		"SEQUANIEN"
OXFORDIEN	SUPERIEUR	<i>bimammatum</i>	<i>bimammatum</i>	"RAURACIEN"
			<i>hypselum</i>	"RAURACIEN"
	MOYEN	<i>transversarium</i>	<i>bifurcatus</i>	"ARGOVIEN"
			<i>transversarium</i>	
			<i>paradieri</i>	
	INFERIEUR	<i>plicatilis</i>	<i>plicatilis</i>	
			<i>tenuicostatum</i>	
INFERIEUR	<i>cordatum</i> <i>mariae</i>	<i>cordatum</i>	"OXFORDIEN"	
		<i>mariae</i>		

Document 2. Extrait de la légende et de la notice de la carte de Vermenton.

Document 1. Caractéristiques sédimentaires et paléontologiques de trois faciès à Mailly-le-Château, Mailly-la-Ville et Vermenton (extraits de la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Vermenton ; photos E. Vennin).



Mailly le Château (j6a-5)

- biocalcaire construit.
- calcaires à bioclastes, tous généralement à ciment sparitique.
- grande diversité de polypiers avec des morphologies variées suivant les affleurements, comme par exemple le corail branchu, en boule (figuré ci-contre), ou encore des formes rameuses.
- nombreux organismes marins tels des brachiopodes, des oursins.
- présence de *Perisphinctes panthieri* (base de la biozone à *transversarium*).
- présence des rudistes *Diceras* sp.

	ETAGES	Datation par les Ammonites		EQUIVALENCE ANCIENNE
		ZONES	SOUS-ZONES	
KIMMERIDGIEN	SUPERIEUR	<i>pseudomutabilis</i>		"KIMMERIDGIEN"
	MOYEN	<i>mutabilis</i>		
	INFERIEUR	<i>cymodoce</i>		"ASTARTIEN"
<i>baylei</i>			"SEQUANIEN"	
OXFORDIEN	SUPERIEUR	<i>bimammatum</i>	<i>bimammatum</i>	"RAURACIEN"
			<i>hypselum</i>	"ARGOVIEN"
	MOYEN	<i>transversarium</i>	<i>bifurcatus</i>	"ARGOVIEN"
			<i>transversarium</i>	
			<i>paradierei</i>	
	INFERIEUR	<i>plicatilis</i>	<i>plicatilis</i>	"OXFORDIEN"
<i>tenuicostatum</i>				
INFERIEUR	<i>cordatum</i>	<i>cordatum</i>	"OXFORDIEN"	
	<i>mariae</i>	<i>mariae</i>		

Document 2. Extrait de la légende et de la notice de la carte de Vermenton.

Document 1. Caractéristiques sédimentaires et paléontologiques de trois faciès à Mailly-le-Château, Mailly-la-Ville et Vermenton (extraits de la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Vermenton ; photos E. Vennin).



Mailly le Château (j6a-5)

- biocalcaire construit.
- calcaires à bioclastes, tous généralement à ciment sparitique.
- grande diversité de polypiers avec des morphologies variées suivant les affleurements, comme par exemple le corail branchu, en boule (figuré ci-contre), ou encore des formes rameuses.
- nombreux organismes marins tels des brachiopodes, des oursins.
- présence de *Perisphinctes panthieri* (base de la biozone à *transversarium*).
- présence des rudistes *Diceras* sp.

	ETAGES	Datation par les Ammonites		EQUIVALENCE ANCIENNE
		ZONES	SOUS-ZONES	
KIMMERIDGIEN	SUPERIEUR	<i>pseudomutabilis</i>		"KIMMERIDGIEN"
	MOYEN	<i>mutabilis</i>		
	INFERIEUR	<i>cymodoce</i>		"ASTARTIEN"
<i>baylei</i>			"SEQUANIEN"	
OXFORDIEN	SUPERIEUR	<i>bimammatum</i>	<i>bimammatum</i>	"RAURACIEN"
			<i>hypselum</i>	
	MOYEN	<i>transversarium</i>	<i>bifurcatus</i>	"ARGOVIEN"
			<i>transversarium</i>	
			<i>paradierei</i>	
	INFERIEUR	<i>plicatilis</i>	<i>plicatilis</i>	
<i>tenuicostatum</i>				
INFERIEUR	<i>cordatum</i>	<i>cordatum</i>	"OXFORDIEN"	
	<i>mariae</i>	<i>mariae</i>		

Document 2. Extrait de la légende et de la notice de la carte de Vermenton.

Document 1. Caractéristiques sédimentaires et paléontologiques de trois faciès à Mailly-le-Château, Mailly-la-Ville et Vermenton (extraits de la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Vermenton ; photos E. Vennin).



**Mailly la Ville
(toute bordure de j6a-5)**

- calcaire oolitique à bioclastes non triés de coraux et de coquilles de mollusques, et ciment sparitique (tel celui présenté ci-contre).

- localement dans cette zone, on observe des interdigitations des deux autres faciès.

**Vermenton
(j6a-1 à 3)**

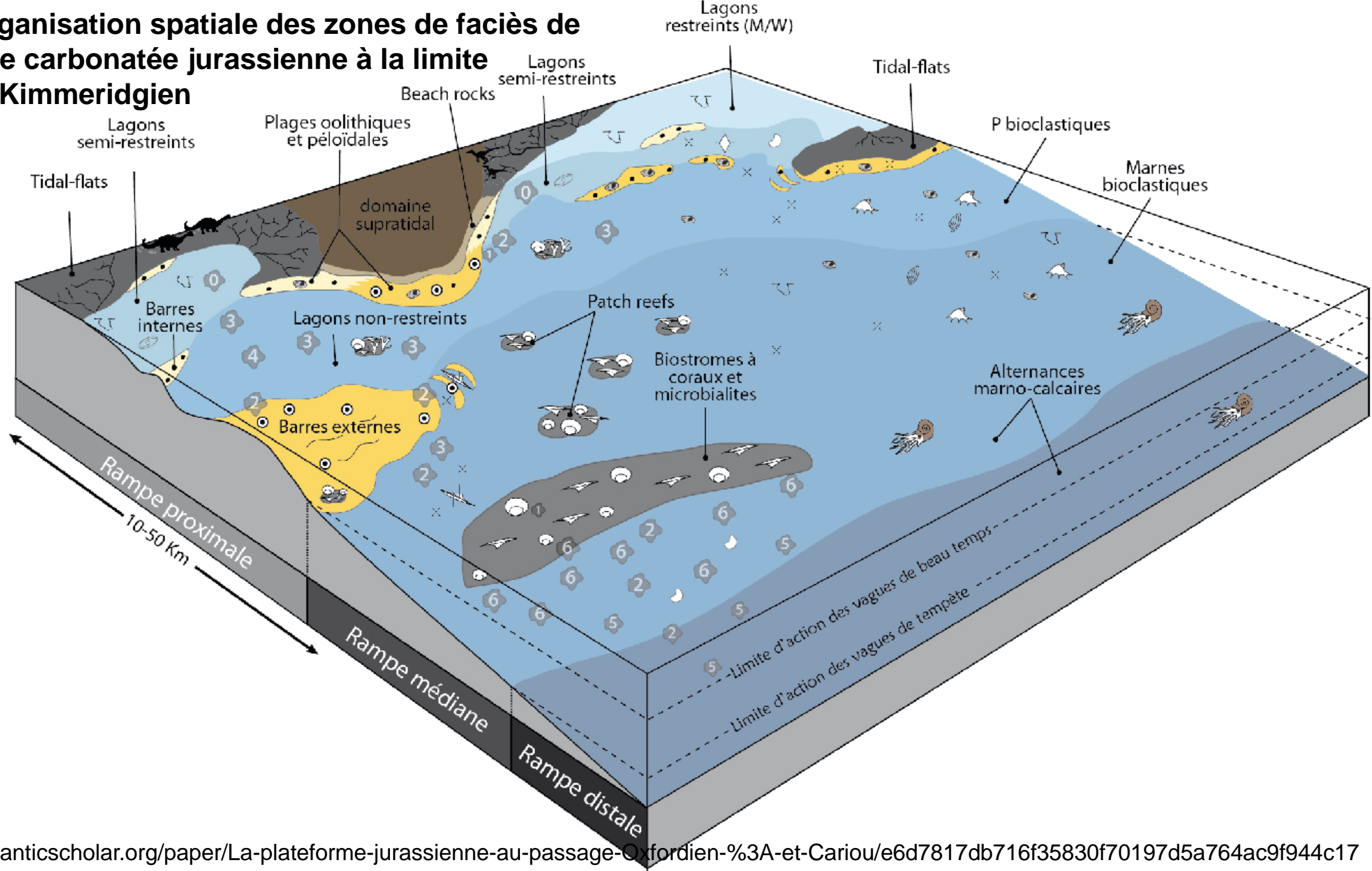
- à la base des calcaires à spongiaires très massifs.
- alternances de bancs massifs (calcaire micritique) et de marnes à débits en feuillets; certains niveaux sont finement silteux.
- présence de foraminifères des genres *Planularia* et *Lenticulina*.

- (rare) présence de *Glochiceras nimbatum* correspondant à la sous-zone à *hypselum* dans sa partie supérieure au moins.

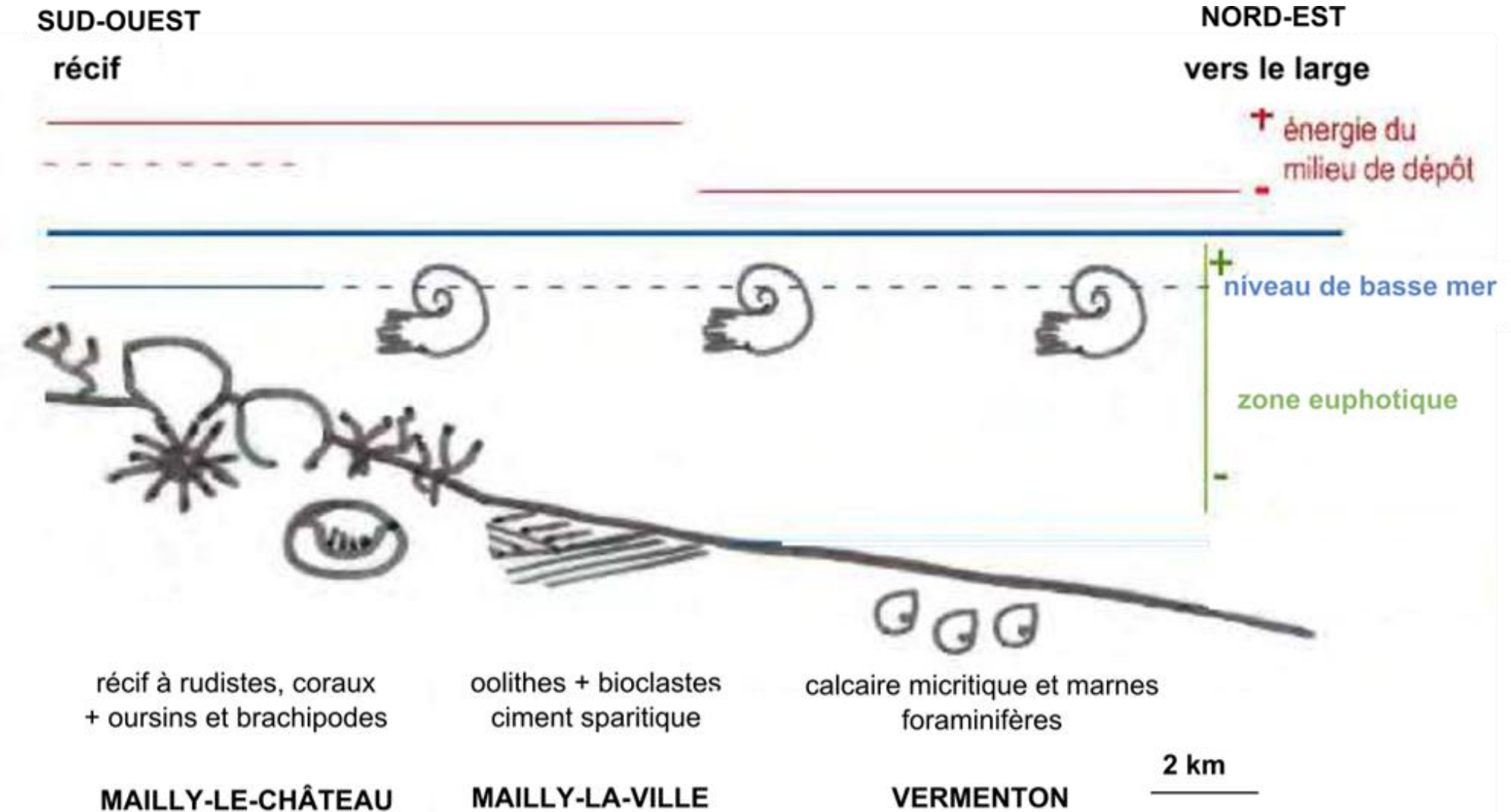
		Datation par les Ammonites		EQUIVALENCE ANCIENNE
		ZONES	SOUS-ZONES	
KIMMERIDGIEN	SUPERIEUR	<i>pseudomutabilis</i>		"KIMMERIDGIEN"
	MOYEN	<i>mutabilis</i>		
	INFERIEUR	<i>cymodoce</i>		"ASTARTIEN"
<i>baylei</i>			"SEQUANIEN"	
OXFORDIEN	SUPERIEUR	<i>bimammatum</i>	<i>bimammatum</i>	"RAURACIEN"
			<i>hypselum</i>	
	MOYEN	<i>transversarium</i>	<i>bifurcatus</i>	"ARGOVIEN"
			<i>transversarium</i>	
			<i>paradieri</i>	
INFERIEUR	<i>plicatilis</i>	<i>plicatilis</i>	"OXFORDIEN"	
		<i>tenuicostatum</i>		
INFERIEUR	<i>cordatum</i>	<i>cordatum</i>	"OXFORDIEN"	
	<i>mariae</i>	<i>mariae</i>		

Document 2. Extrait de la légende et de la notice de la carte de Vermenton.

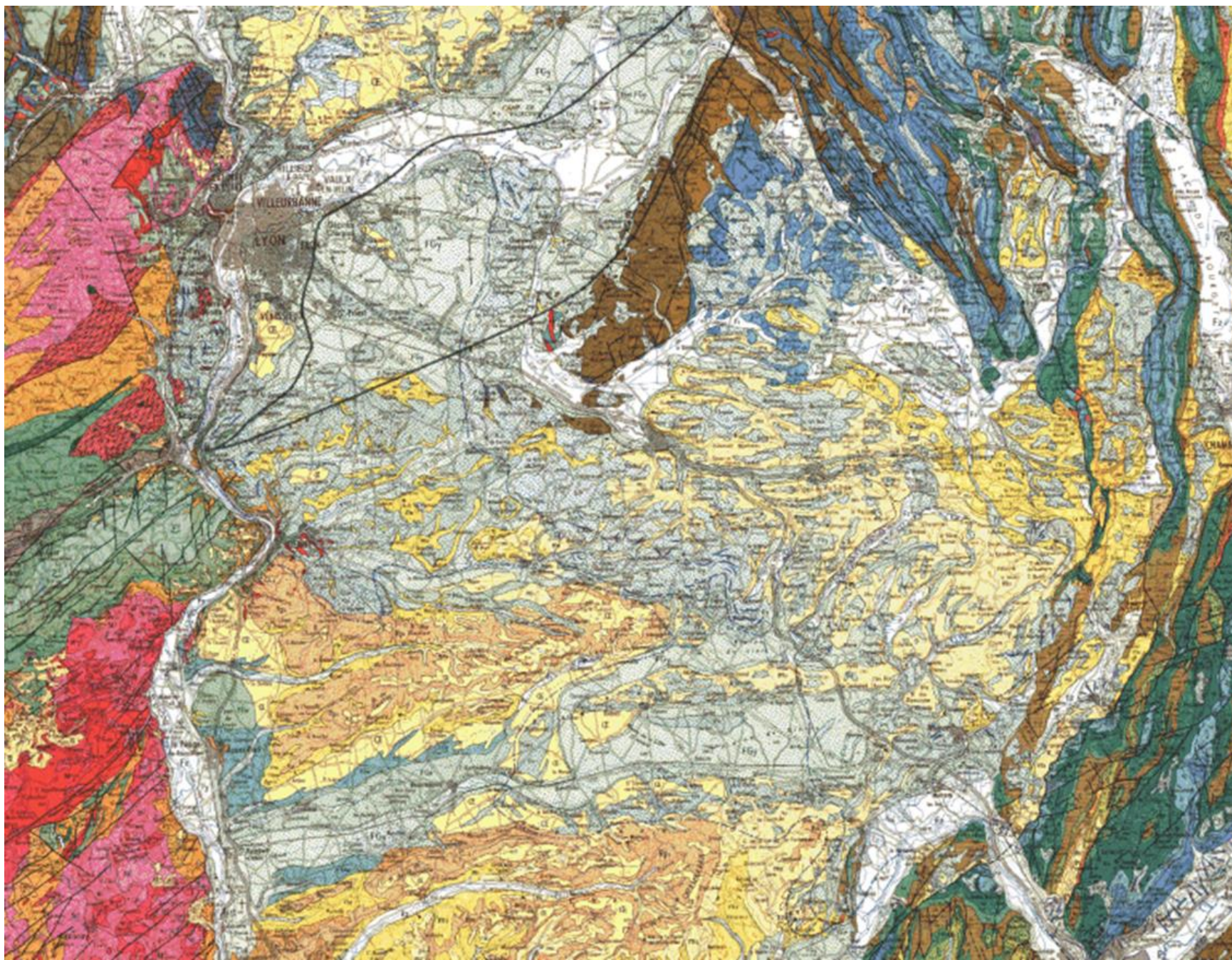
Modèle d'organisation spatiale des zones de faciès de la plateforme carbonatée jurassienne à la limite Oxfordien - Kimmeridgien

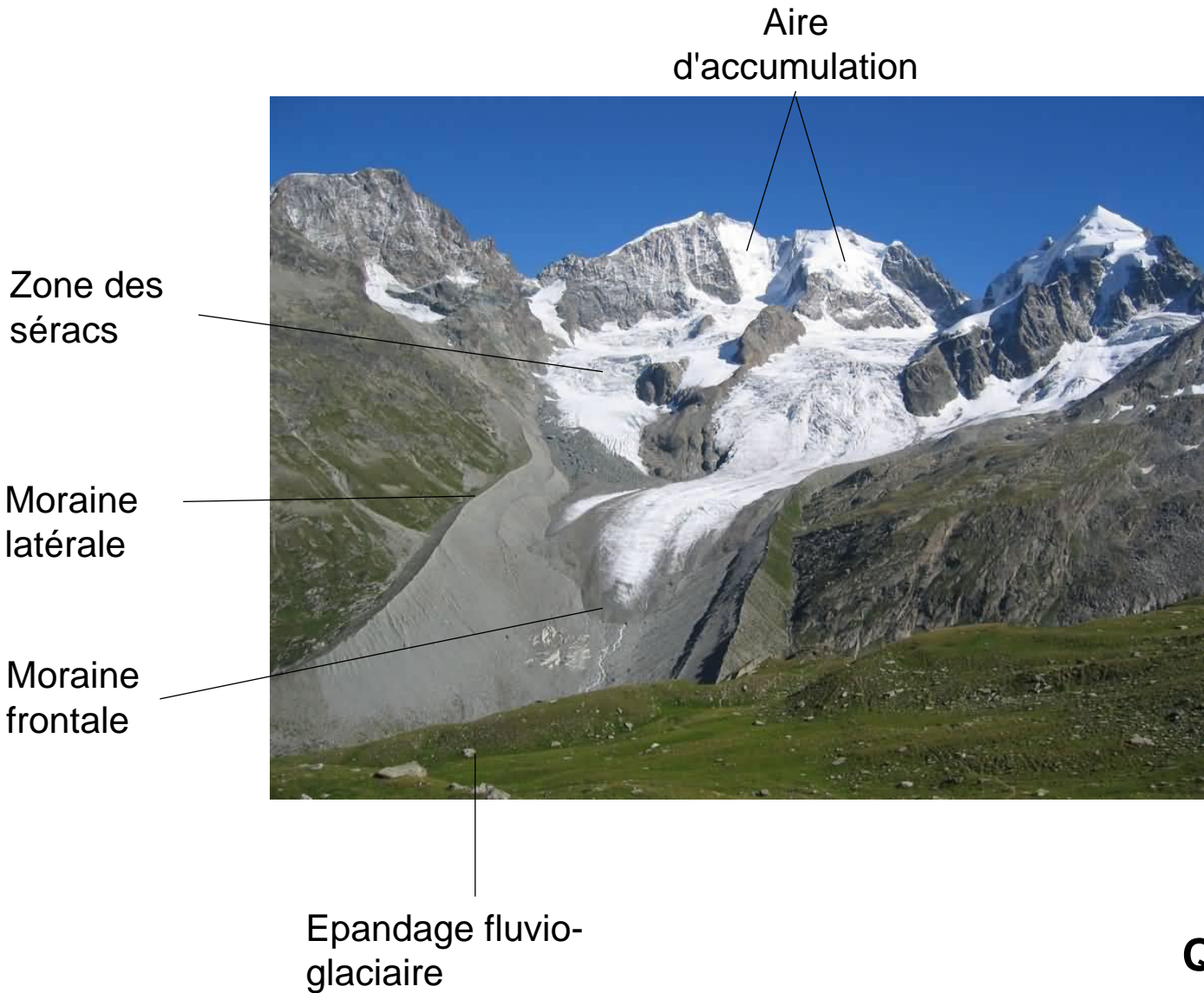


Position des trois faciès étudiés sur un modèle de plateforme carbonatée :

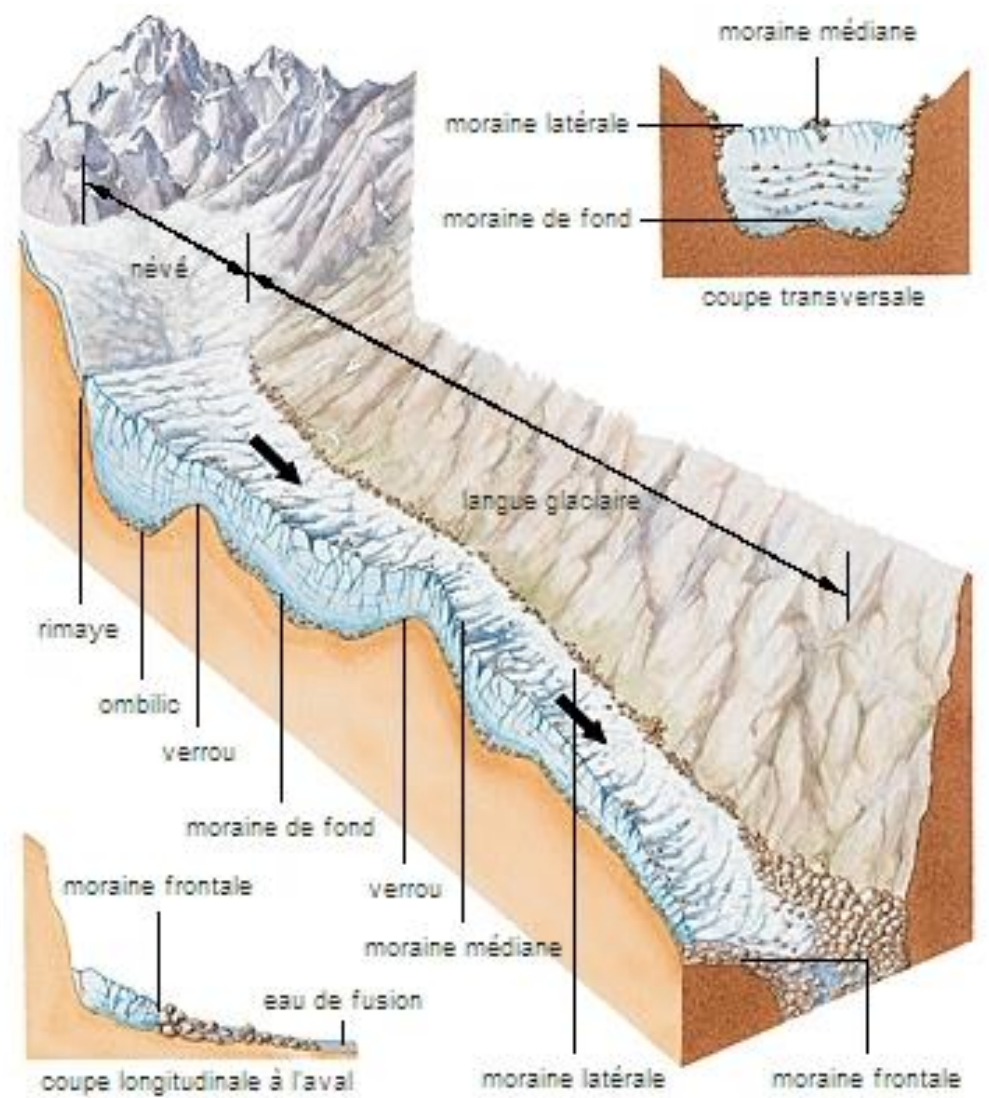


Les variations climatiques au cours du quaternaire à partir de l'étude de la carte de Lyon (1/250 000)





Glaciers du massif de la Bernina (Suisse)



Quelques éléments de morphologie glaciaire

Vue d'ensemble de la mer de Glace et du glacier du Géant



Moraine
latérale

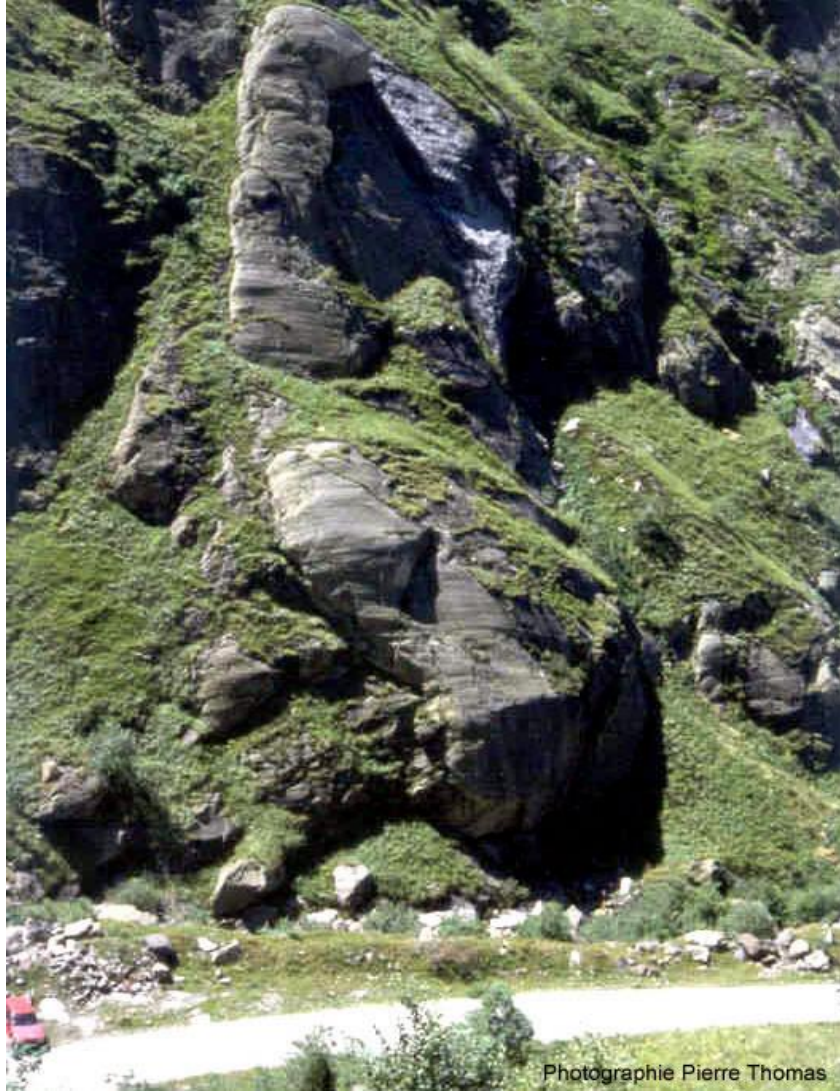
Ce complexe glaciaire a une superficie de 30 km². Sa longueur actuelle est de 11 km.

Moraine frontale



Moraine latérale

Des indices de la présence passée de glaciers



Vue générale d'un affleurement présentant des stries glaciaires, vallée de Vicdessos (Ariège).

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/lmg32-2003-02-24.xml>
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/lmg361-2011-09-19.xml>



Roche striée recouverte de placages clairs de « farine glaciaire », près du front des glaciers des Quirliès, Massif des Grandes Rousse (Isère).

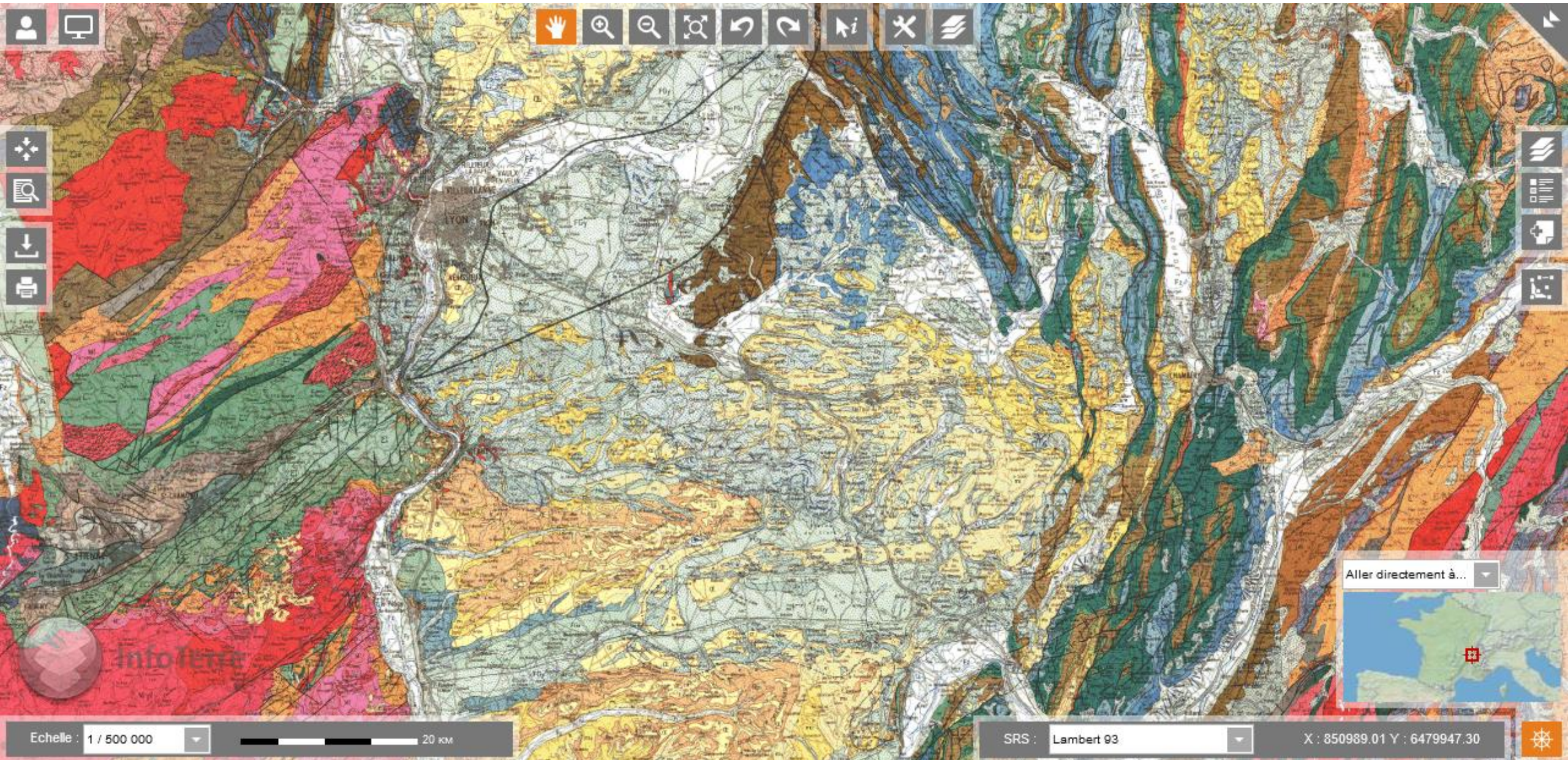
Des indices de la présence passée de glaciers



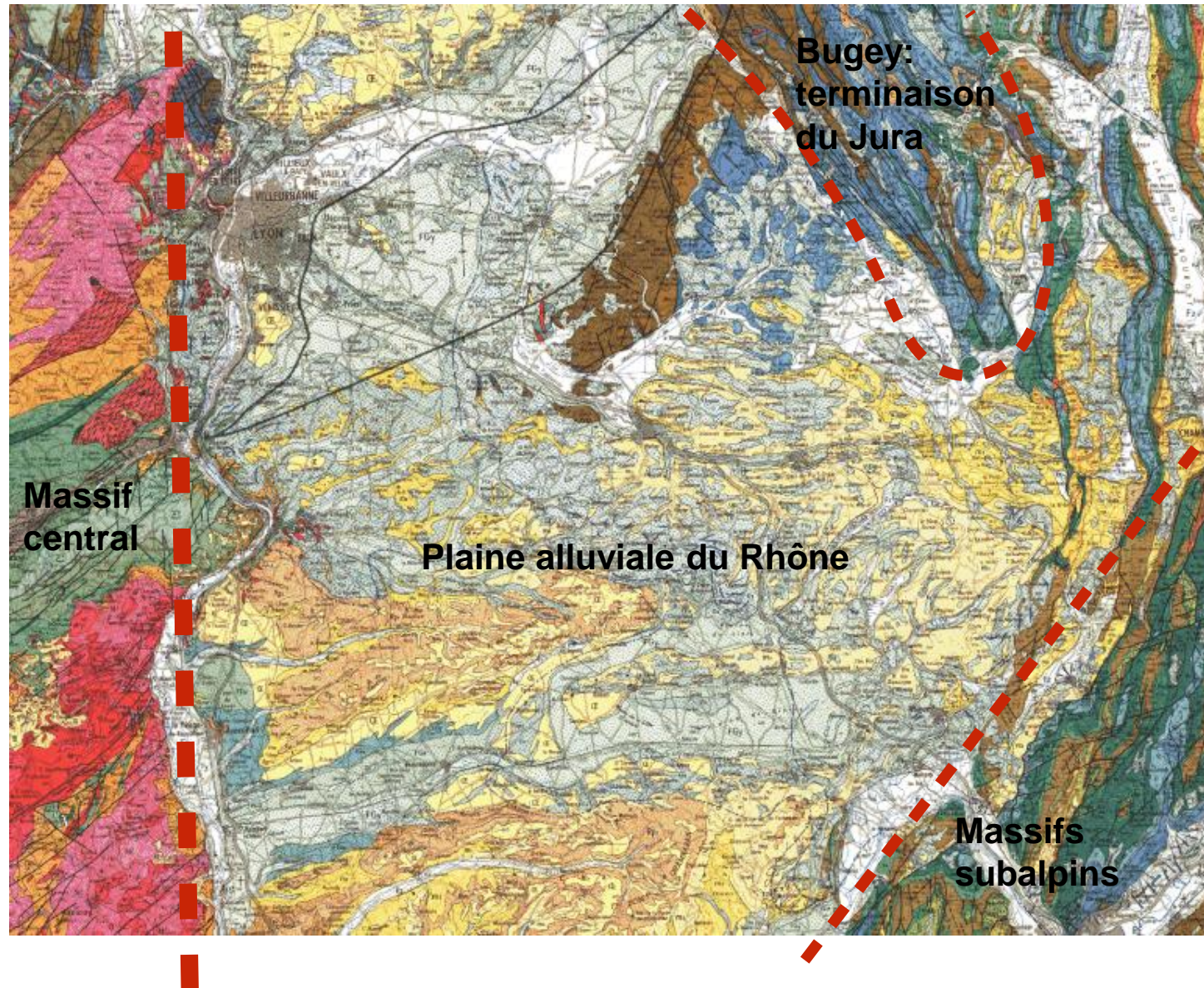
Le « Gros caillou » de la Croix-Rousse, à Lyon : un bloc erratique.

Dégagé au début du XXe siècle lors des travaux d'aménagement d'un funiculaire, ce gros caillou est constitué de quartzite triasique métamorphique. Les affleurements de ce type de terrain les plus proches sont situés en Haute Maurienne ou en Haute Tarentaise (Savoie), à plus de 175 km de Lyon.

Vue d'ensemble de la carte de Lyon au 1/250 000^e

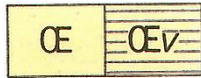


Extrait carte de Lyon 1/250000

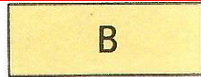


TERRAINS SÉDIMENTAIRES

QUATERNAIRE Dépôts superficiels divers



Œ - Loess et limons
Œv - Loess à bancs durcis type St-Vallier



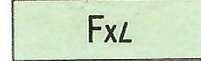
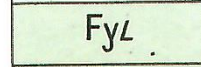
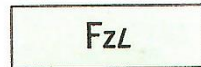
B - Couverture superficielle diverse (secteur du Mont Pilat)



E - Eboulis
Eb - Eboulement de Myans
- Glissements

Alluvions fluviales et dépôts glaciaires fluvio-glaciaires et lacustres

Plaine du Forez

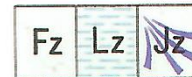


Alluvions de la Loire

Alluvions et colluvions indifférenciées

Formations glaciaires ou périglaciaires

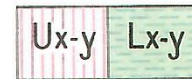
Régions situées à l'est de l'axe Saône-Rhône



Alluvions post-wurmiennes :
Fz - fluviales Lz - lacustres Jz - cônes de déjection



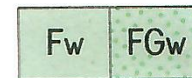
Dépôts wurmiens :
Fy - fluviales Gy - glaciaires
FGy - fluvio-glaciaires Ly - lacustres
Jy - cônes de déjection



Dépôts interglaciaires Riss-Würm :
Ux-y - tufs de la Saône
Lx-y - argiles d'Eybens



Dépôts rissiens :
Fx - fluviales Gx - glaciaires
FGx - fluvio-glaciaires
Jx - cônes de déjection et cailloutis de piedmont



Dépôts mindéliens :
Fw - fluviales FGw - fluvio-glaciaires



Alluvions anté-mindéliennes :
Fv - fluviales Gv - glaciaires
FGv - fluvio-glaciaires
Jv - cônes de déjection



Principaux vallums morainiques



Limites d'extension vers l'ouest des glaciers
1 - rissiens 2 - wurmiens

FGz post-Würm

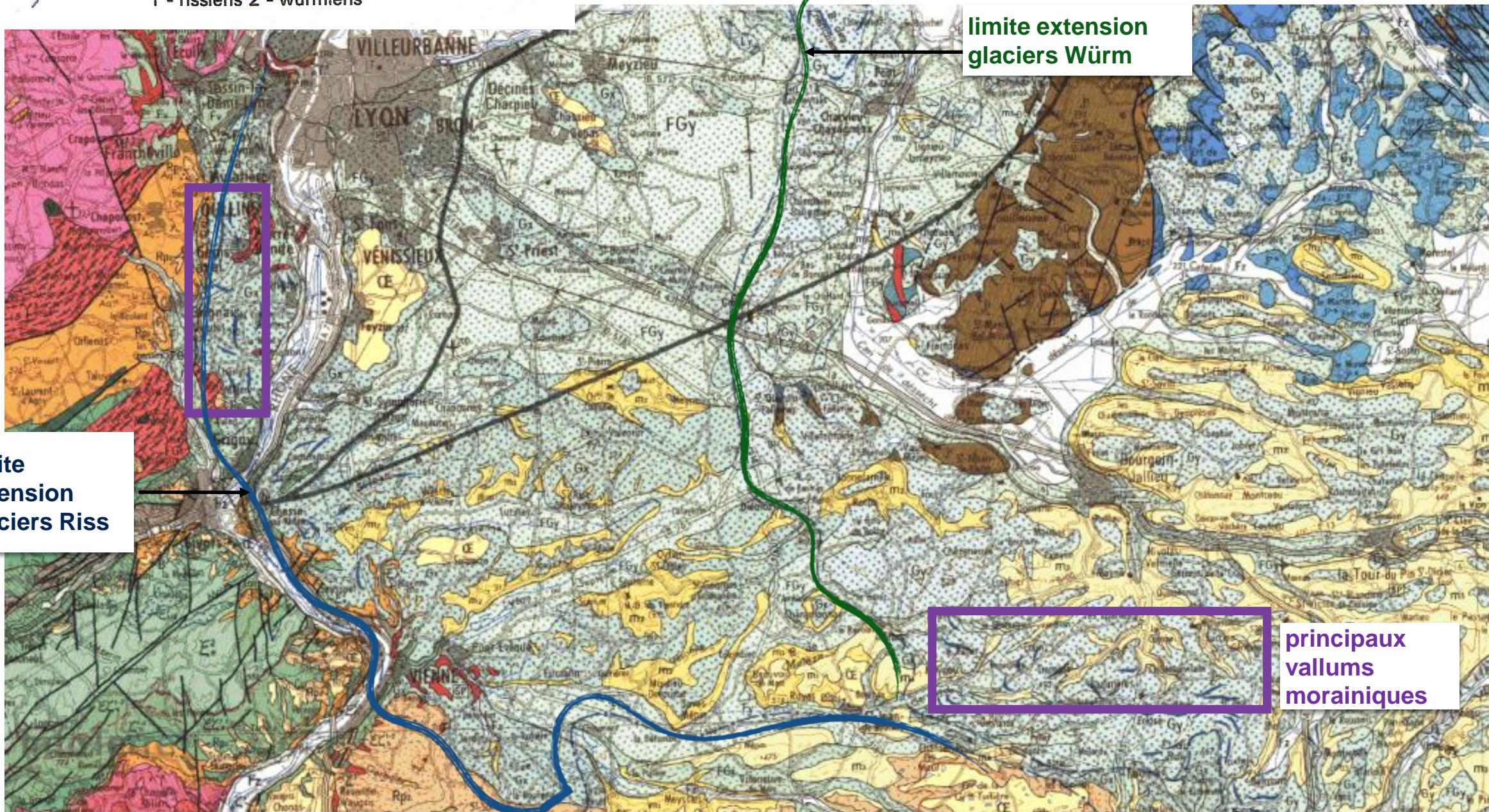
FGy Würm

FGx Riss

FGw Mindel

Principaux vallums morainiques

Limites d'extension vers l'ouest des glaciers
1 - rissiens 2 - wurmiens



limite extension glaciers Würm

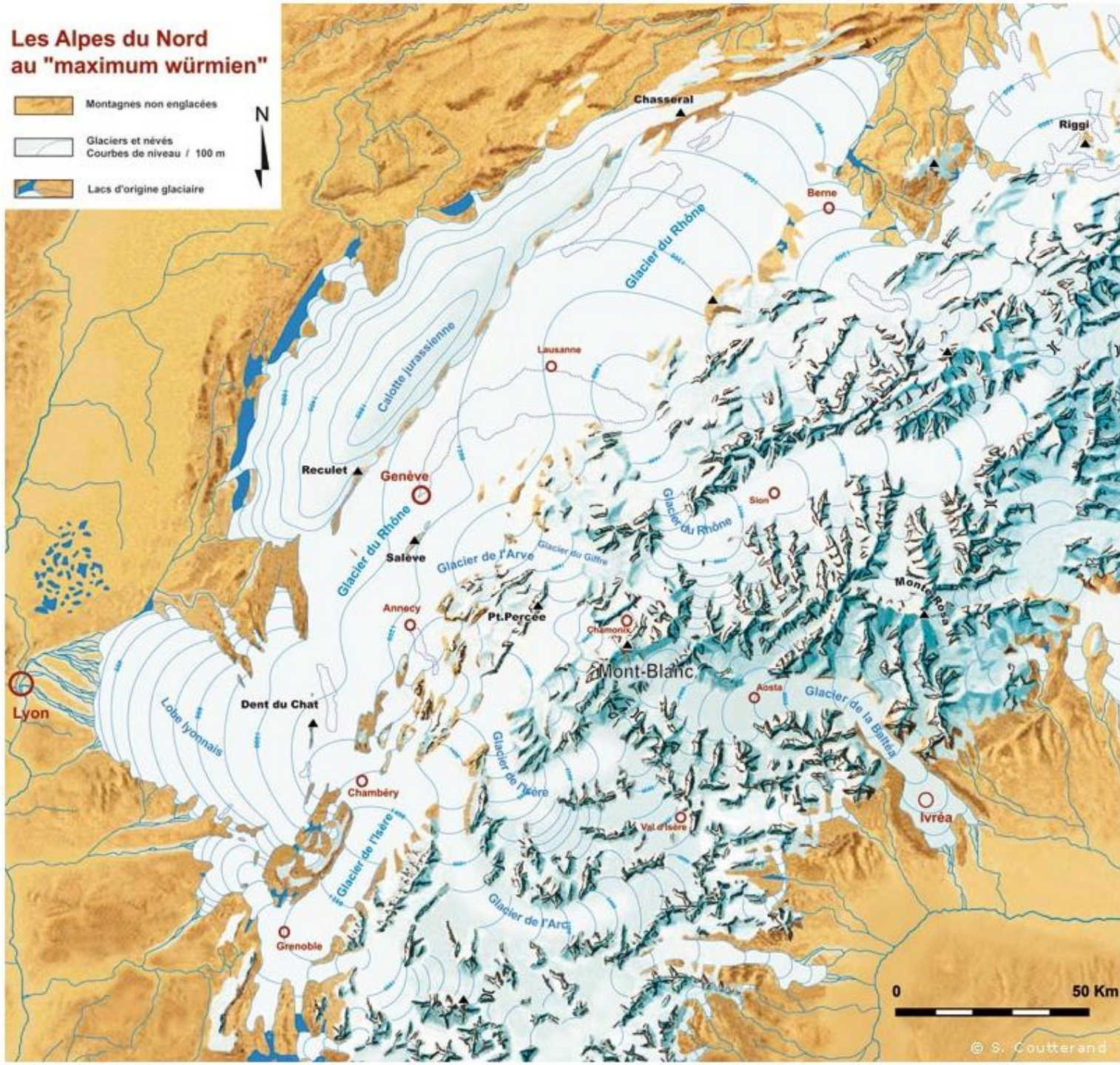
limite extension glaciers Riss

principaux vallums morainiques

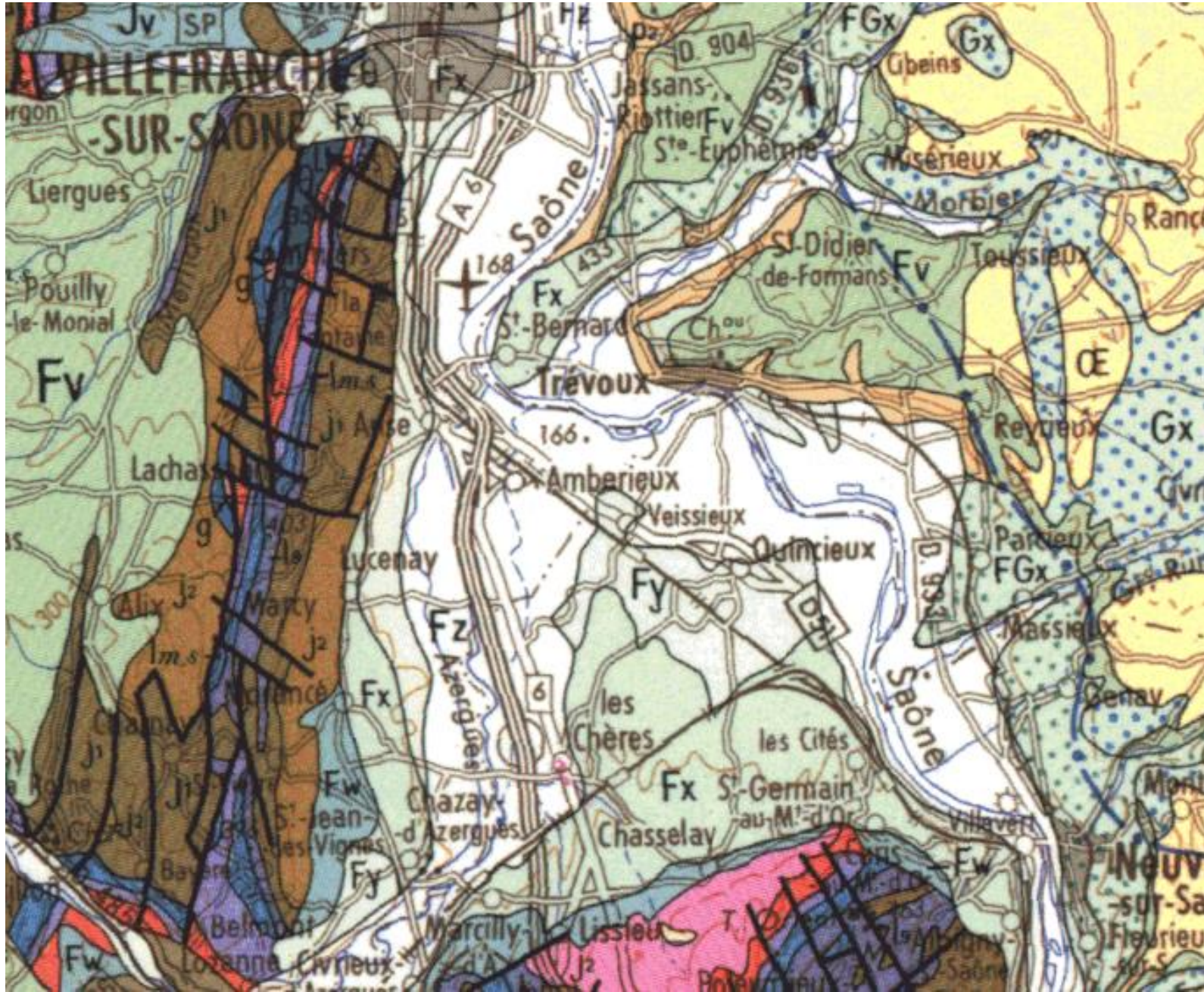


Les Alpes du Nord au "maximum würmien"

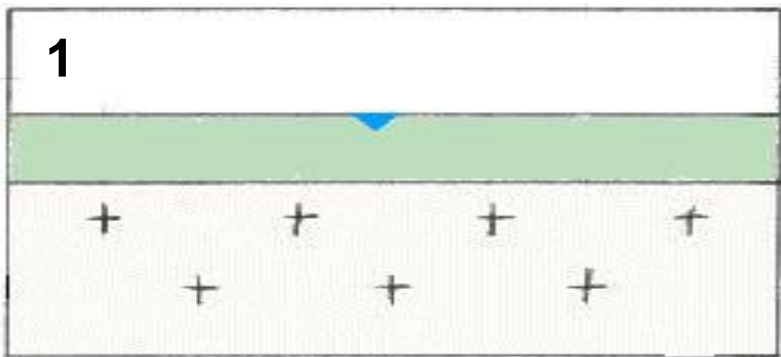
-  Montagnes non englacées
-  Glaciers et névés
Courbes de niveau / 100 m
-  Lacs d'origine glaciaire



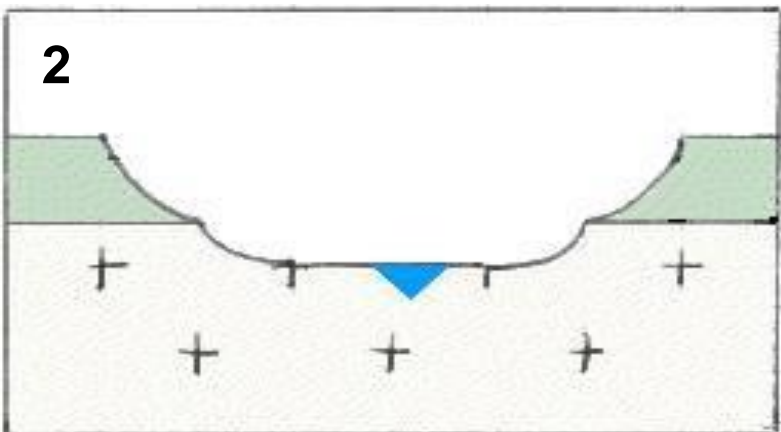
Terrasses fluviales Fv, Fx, Fy, Fz



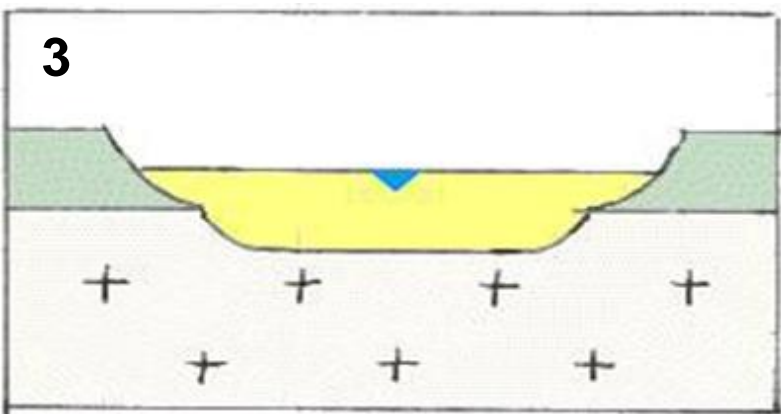
Terrasses étagées



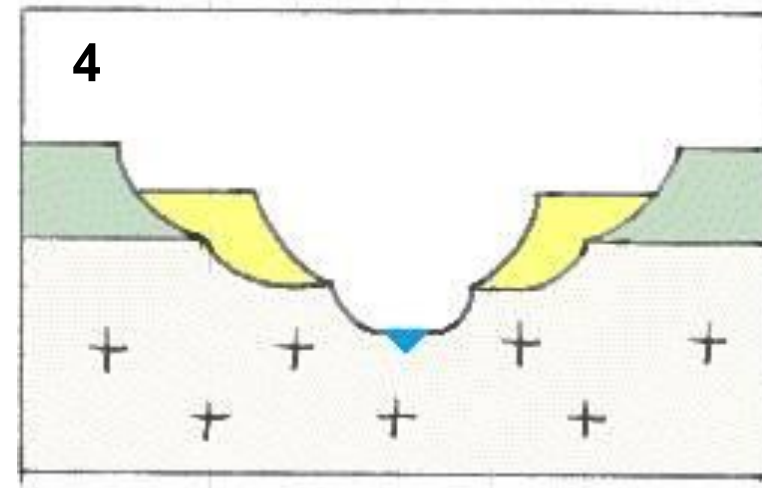
Au départ, le cours d'eau dépose ses alluvions sur sa plaine d'inondation..



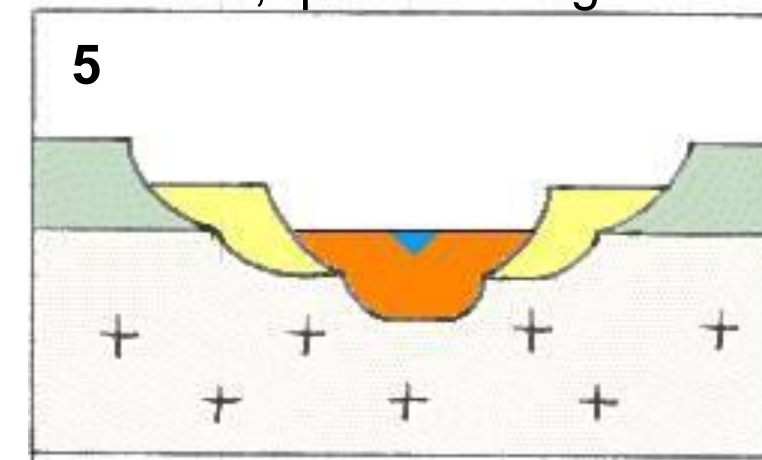
La dynamique du cours d'eau change : le débit augmente → le cours d'eau incise le dépôt n°1 sur toute son épaisseur, ainsi que le substratum.



Un nouveau changement de dynamique (baisse du débit) → dépôt de nouvelles alluvions (en jaune sur le schéma) dans l'incision du substratum.

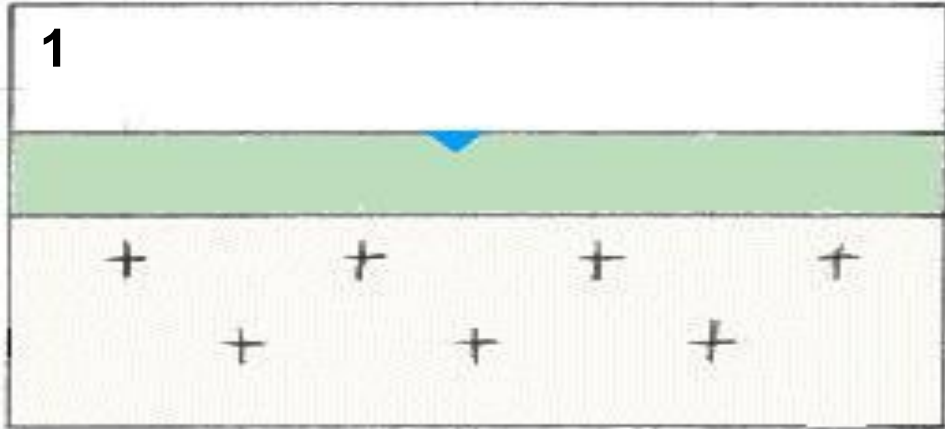


Nouveau changement de dynamique → le cours d'eau incise le dépôt n°2 sur toute son épaisseur, et atteint le substratum, qu'il incise également.



Nouveau changement de dynamique → dépôt de nouvelles alluvions (en orange) dans cette incision.

Terrasses emboîtées

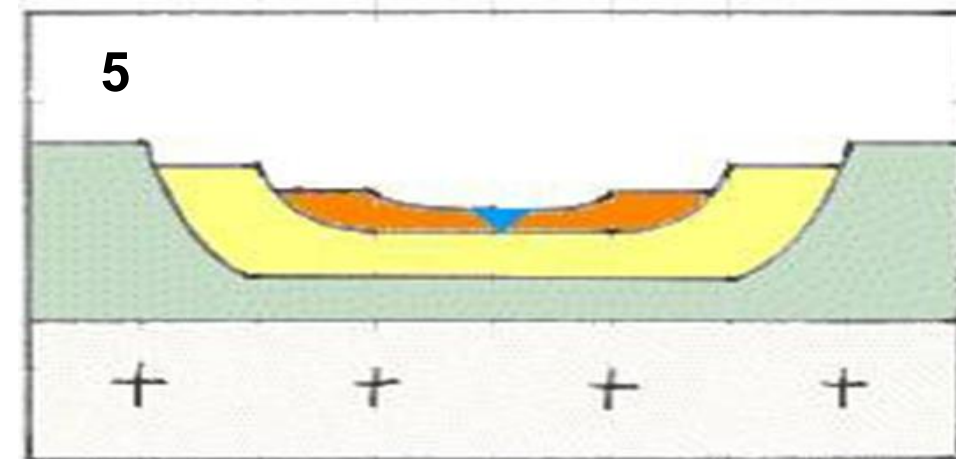


Au départ, le cours d'eau dépose ses alluvions sur sa plaine d'inondation..

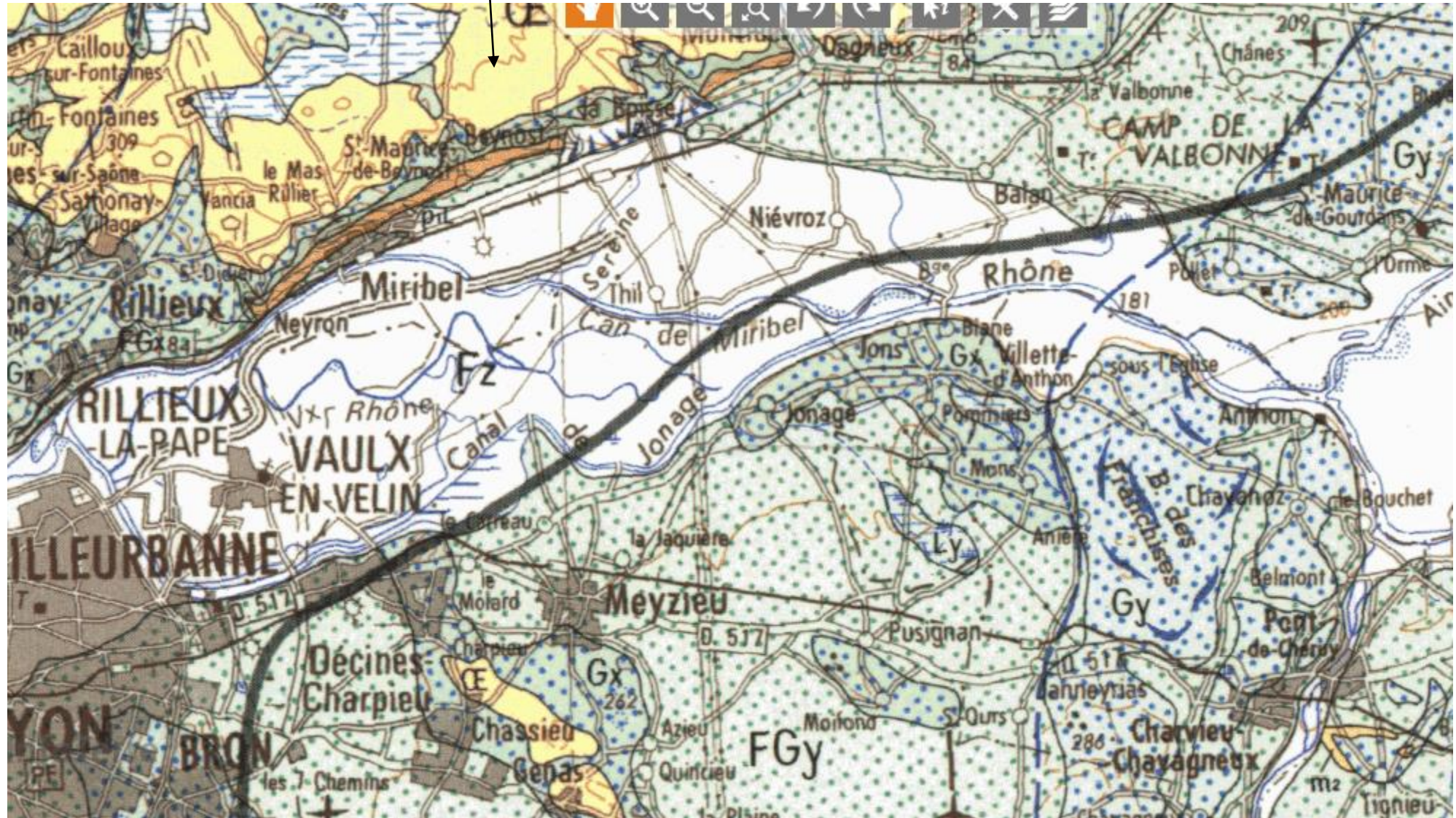
La dynamique du cours d'eau change : le débit augmente
→ le cours d'eau incise le dépôt n°1 **MAIS PAS** sur toute son épaisseur, le substratum n'est pas atteint.

Un nouveau changement de dynamique (baisse du débit)
→ dépôt de nouvelles alluvions...

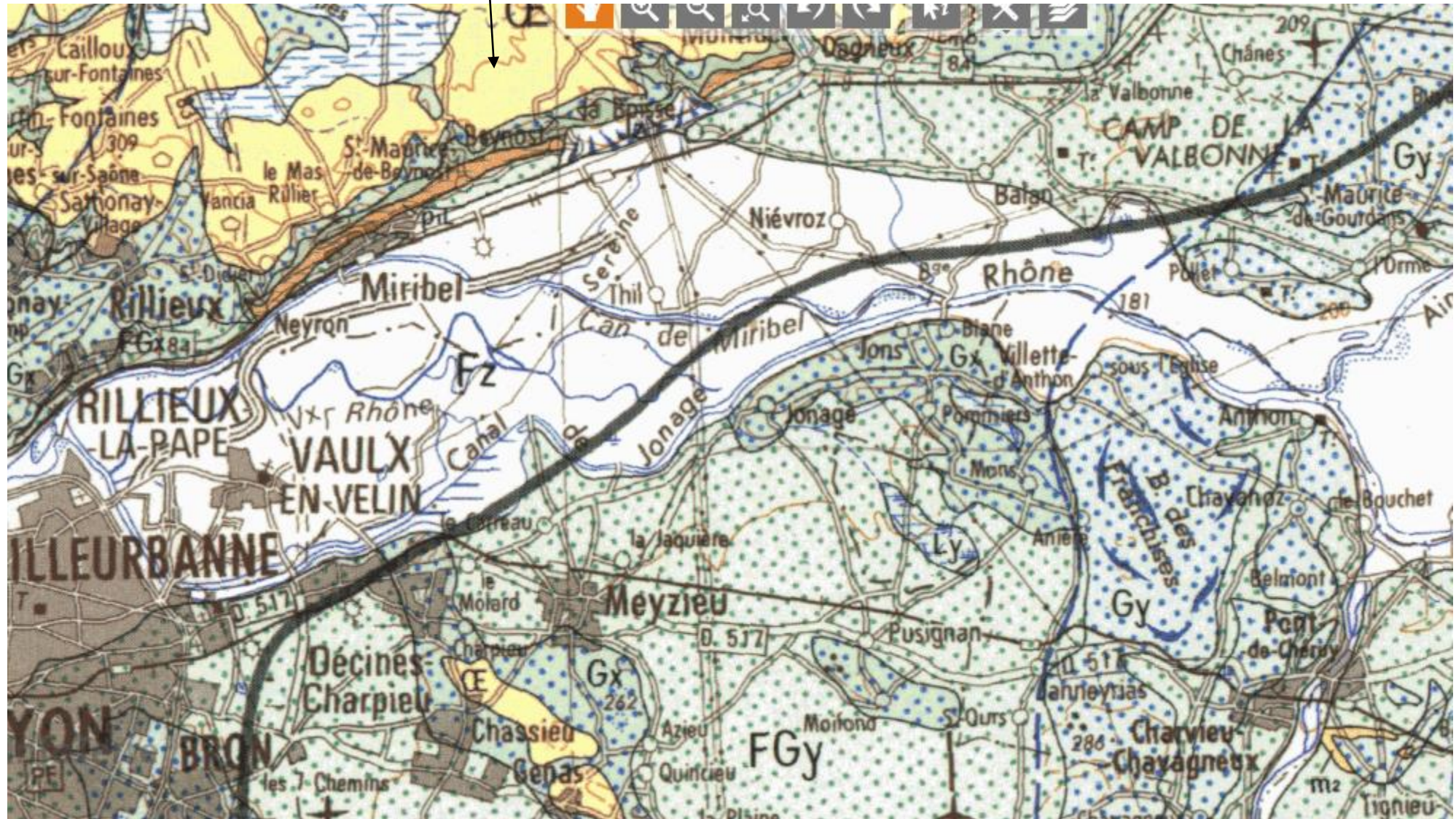
Il y a alternance de phases de dépôt et d'érosion de moins en moins importantes : l'érosion n'est pas assez forte pour creuser les alluvions jusqu'au substratum.



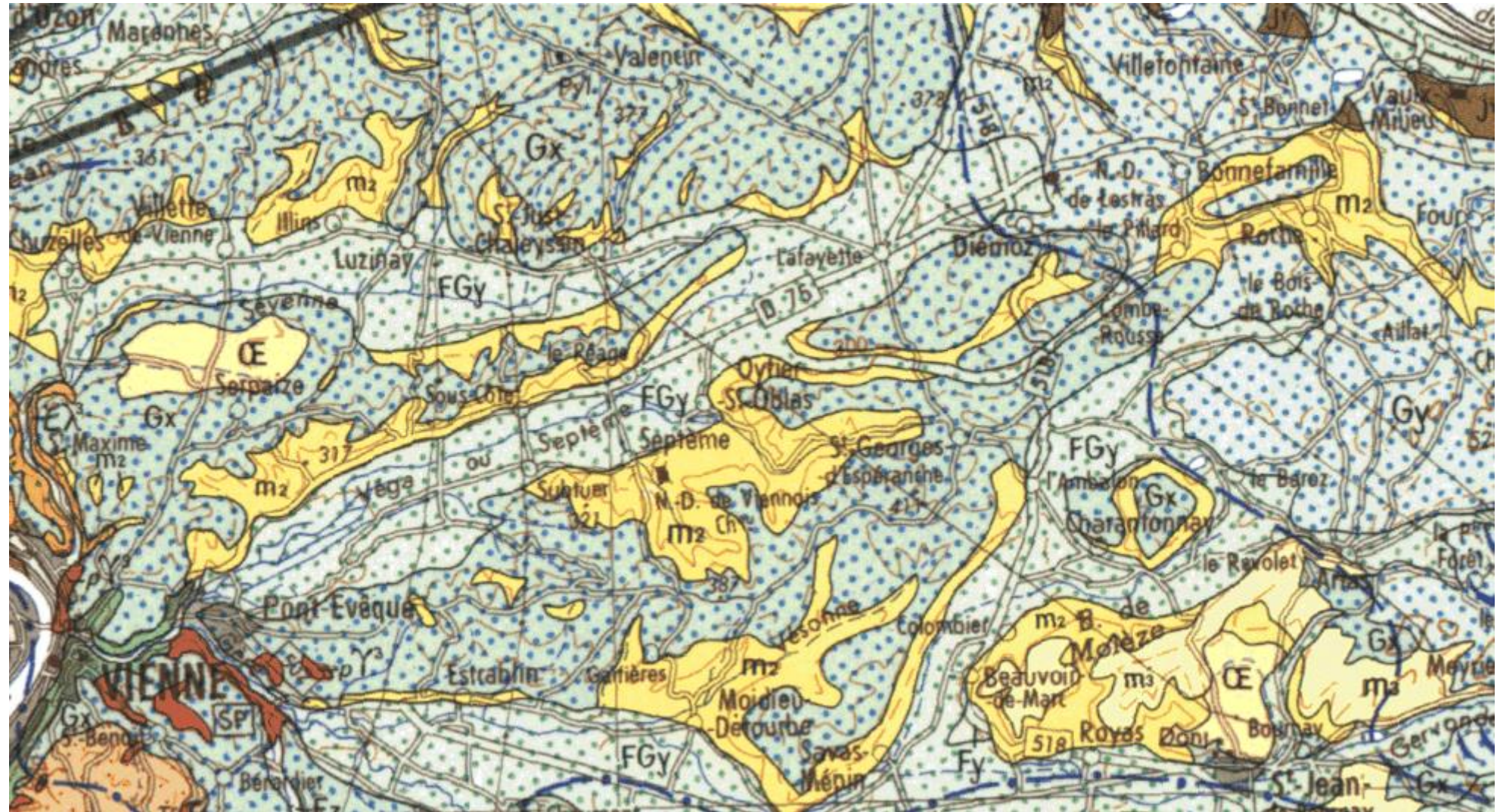
Loess

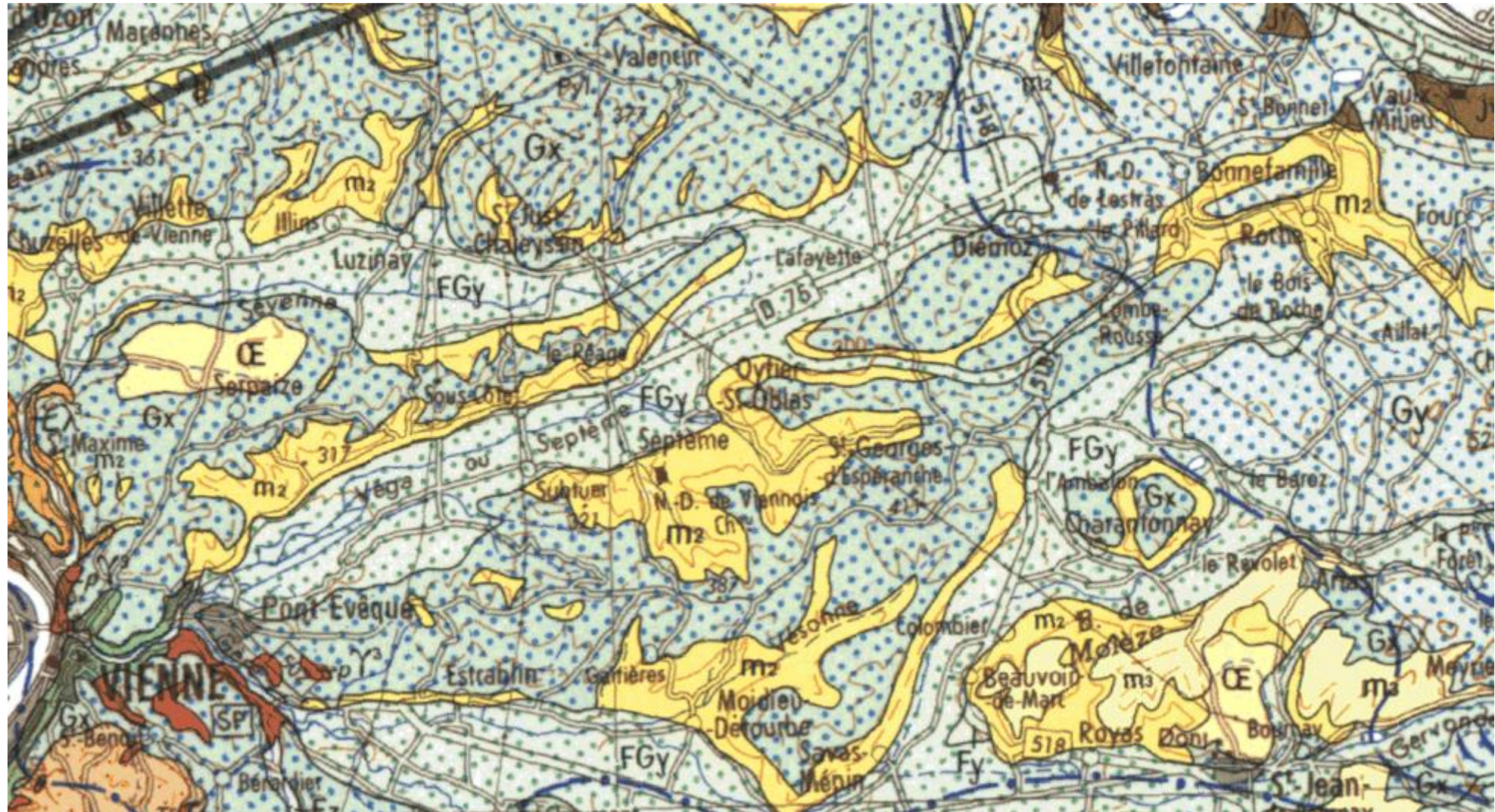


loess

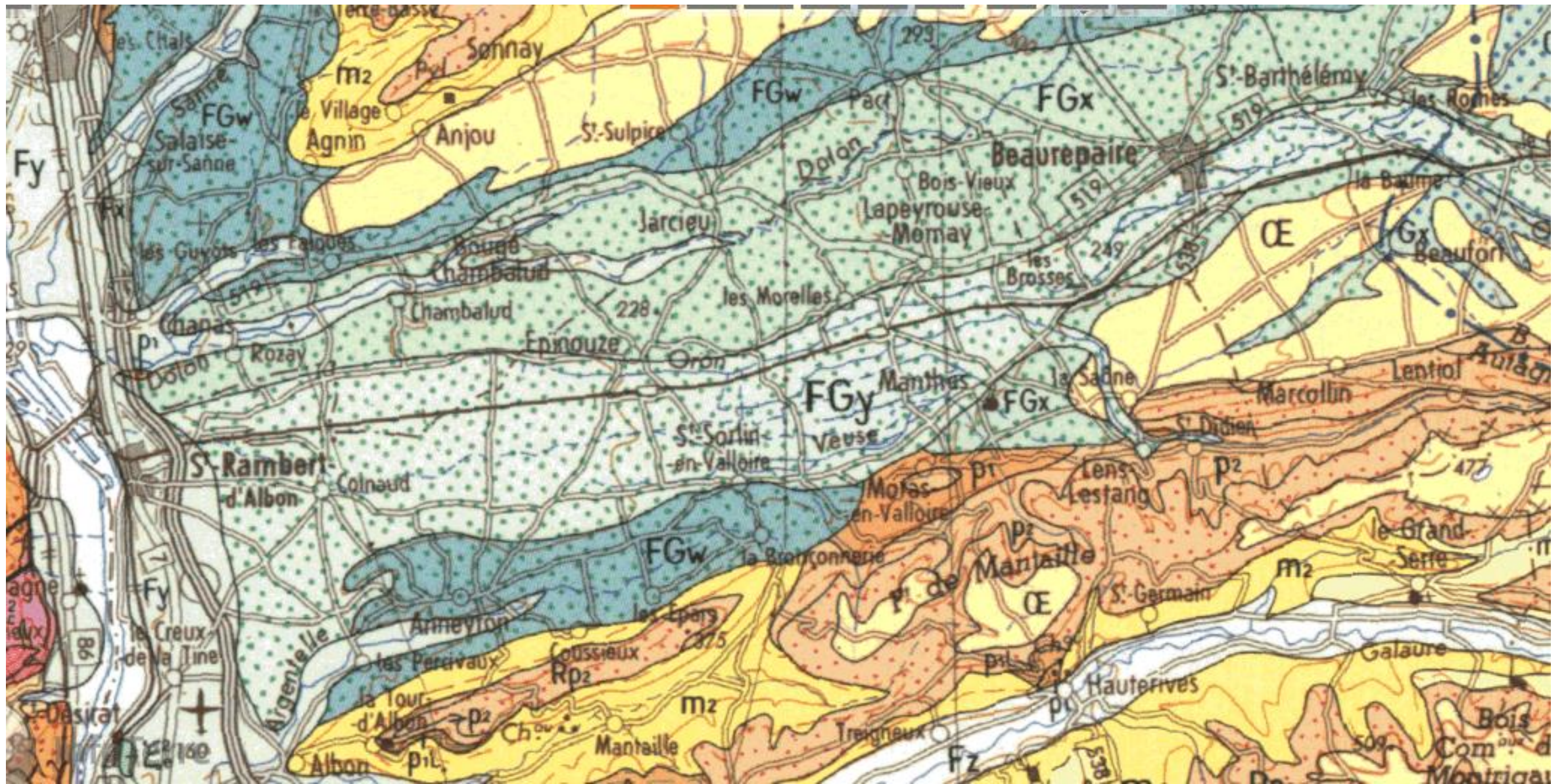


OE sur les collines en placage, FGy plus bas (vallée) entouré par Gx plutôt sur les sommets





OE sur les collines en placage, FGy plus bas (vallée) entouré par Gx plutôt sur les sommets





**Document 3. Terrasses
fluvio-glaciaires (région de
Chanas dans l'Isère).**



Document 3. Terrasses fluvio-glaciaires (région de Chanas dans l'Isère).

- Dépôts hétérométriques, peu consolidés
- Granoclassement
- Stratifications entrecroisées

Transport par l'eau à l'état liquide

**Document 4. Dépôts
morainiques en
Vanoise.**



Document 4. Dépôts morainiques en Vanoise.

- Dépôts hétérométriques, peu consolidés
- Ni granoclassement, ni stratification

↓
Transport par les glaciers



Document 5. Affleurement à proximité du glacier de St Sorlin (massif des Grandes Rousses, Savoie).



Photographie : Damien Mollex



Photographie : Damien Mollex



Photographie : Damien Mollex

Document 5. Affleurement à proximité du glacier de St Sorlin (massif des Grandes Rousses, Savoie).



Photographie : Damien Mollex

Roches moutonnées (lisses) et striées :
témoins du passage d'un glacier

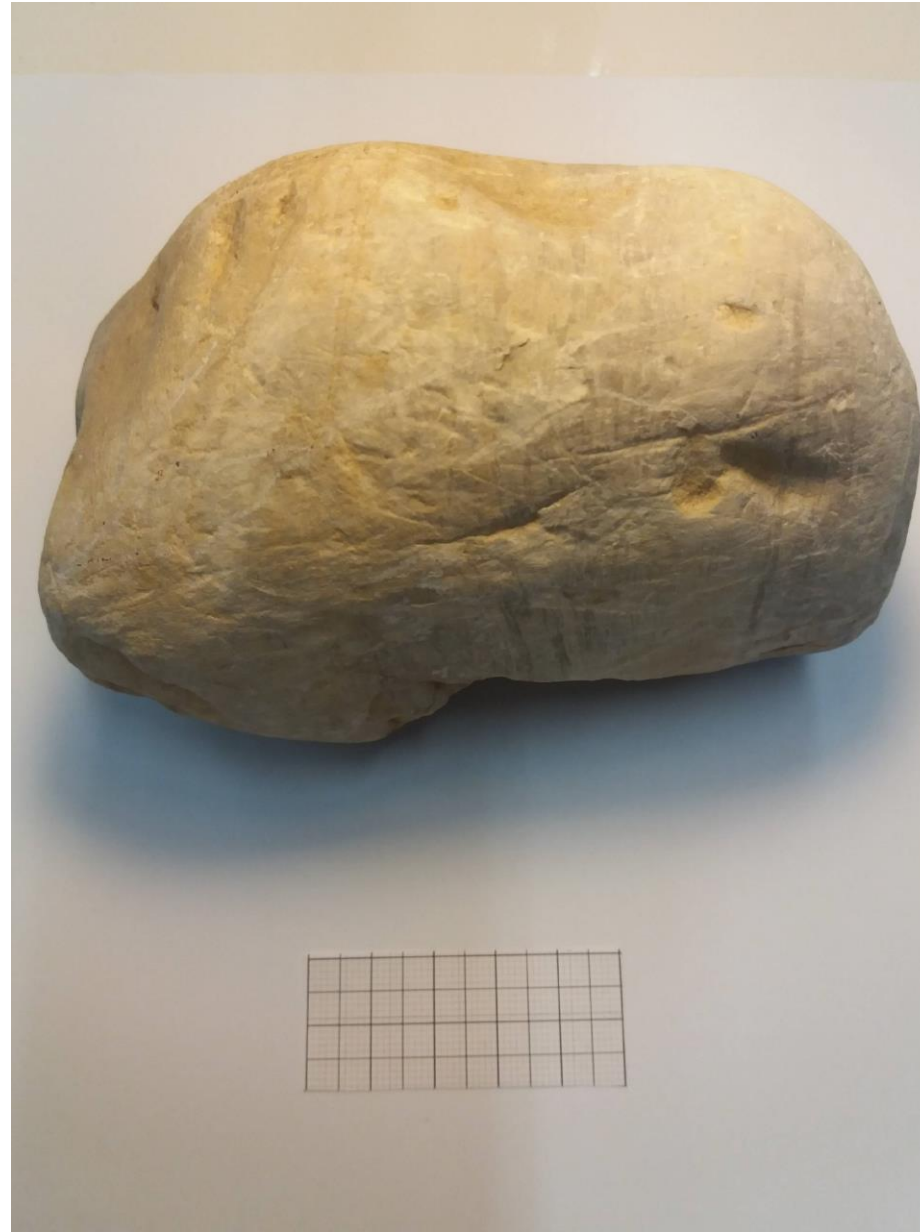


Photographie : Damien Mollex

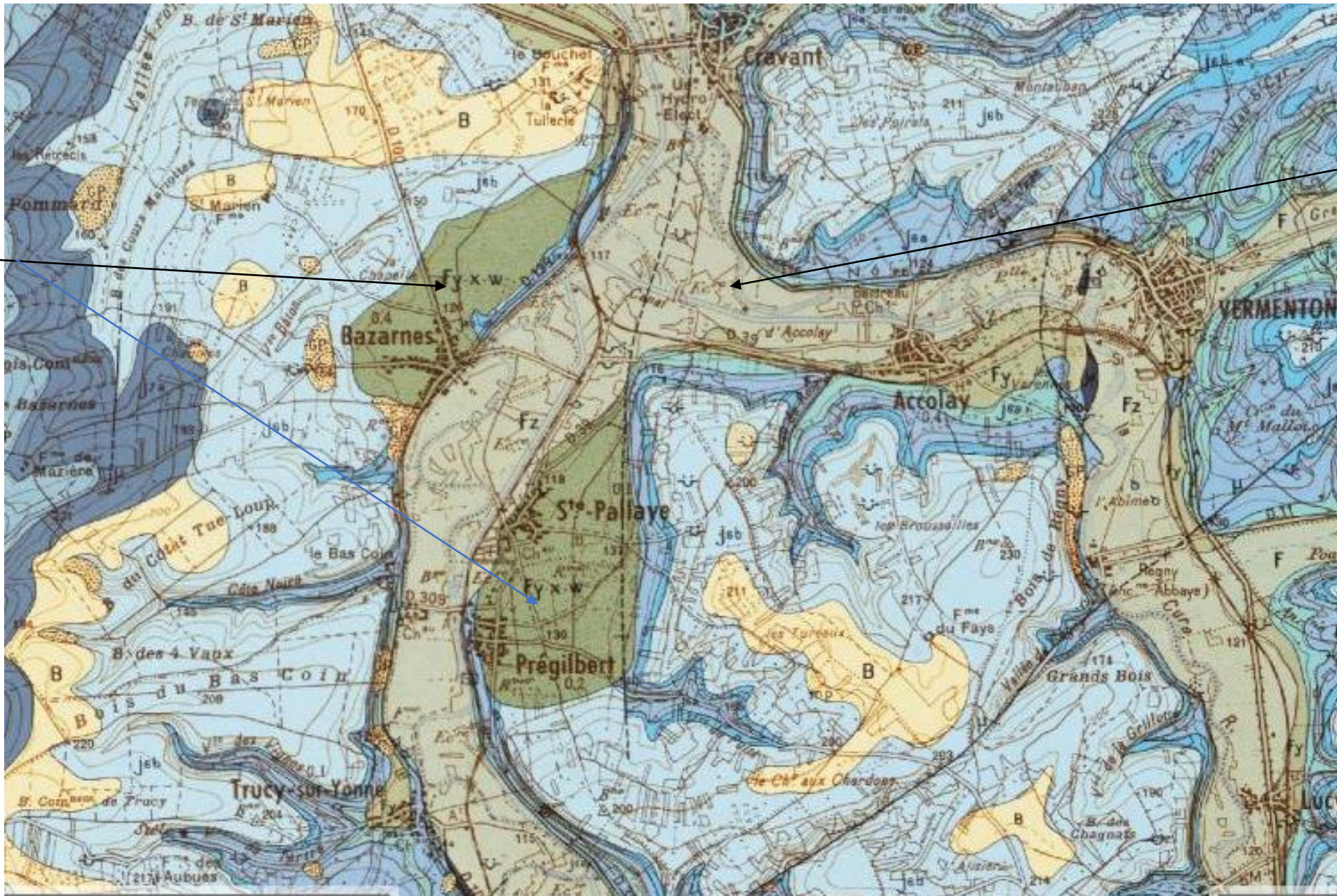


Photographie : Damien Mollex

Echantillon fourni



Extrait carte de Vermenton 1/50 000



Alluvions
anciennes

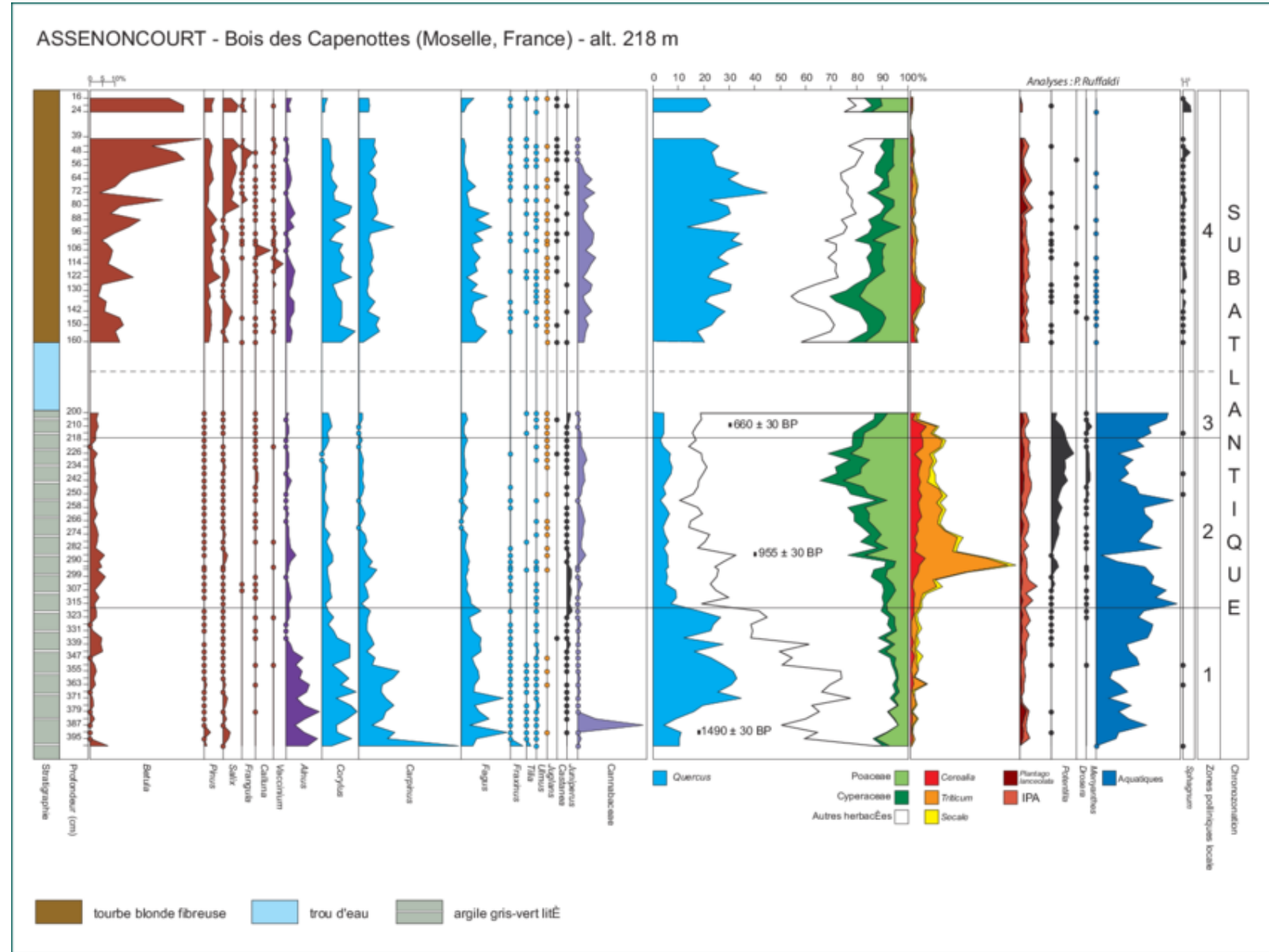
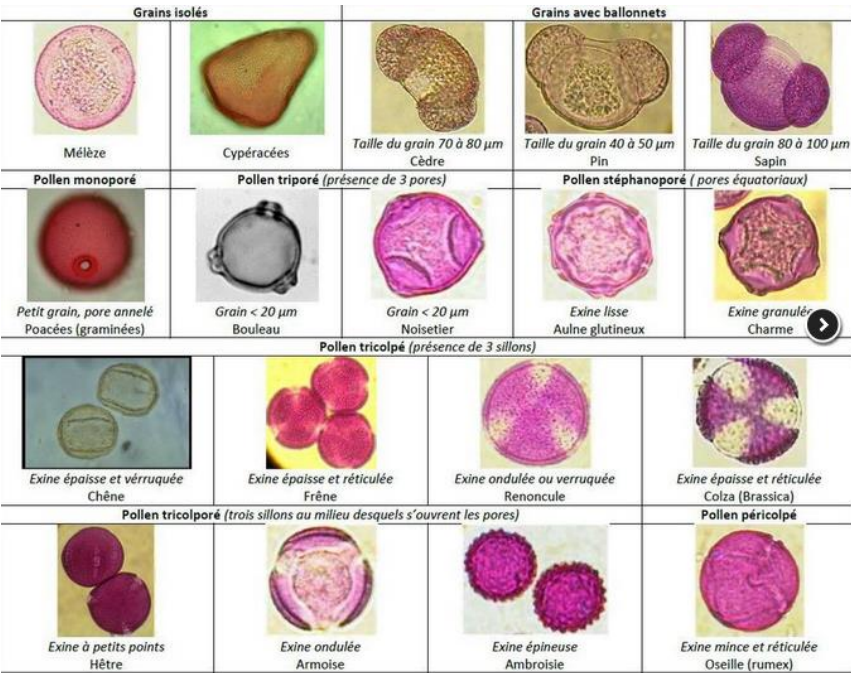
Alluvions
récentes



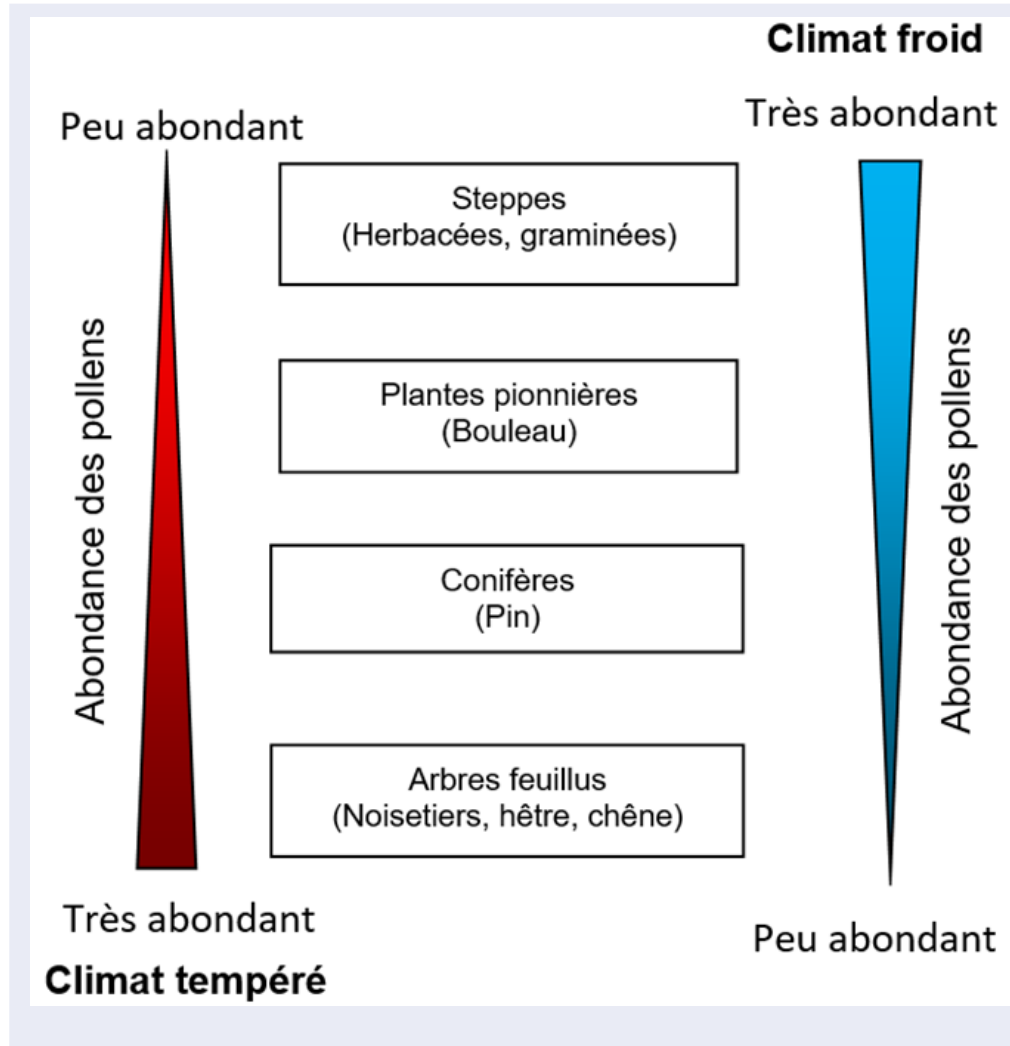
Reconstituer des variations climatiques à partir de diagrammes polliniques



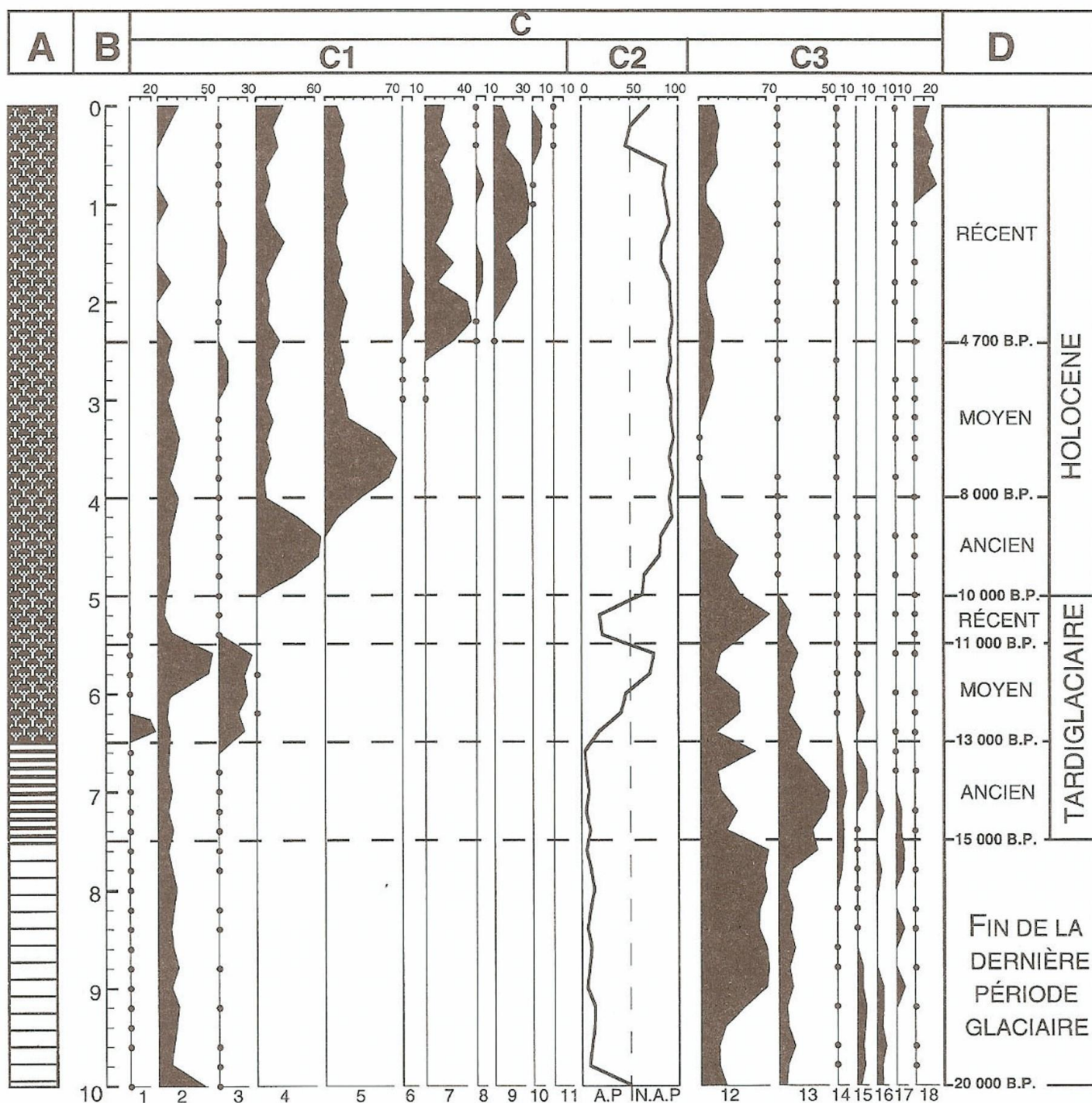
Carotte de tourbe



Document 6. Abondance de certains taxons en fonction du climat et exigences climatiques de quelques taxons.



Taxons	Noms familiers	Exigences climatiques
<i>Quercus robur</i>	Chêne	Hiver frais ou doux. Sensible à la sécheresse
<i>Betula sp.</i>	Bouleau	Tempéré à froid
<i>Poaceæ</i>	Graminées	Froid et sec
<i>Artemisia</i>	Armoise	Grande tolérance aux froids hivernaux. Sécheresse estivale tolérée
<i>Corylus</i>	Noisetier	Hiver frais ou doux. Sensible à la sécheresse
<i>Pinus</i>	Pin	Supportent bien la sécheresse. Certaines espèces sont présentes sous des climats chauds, d'autres peuvent vivre sous des climats froids.



Document 7. Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes.

A : Lithologie du forage.

B : profondeur (en m).

De bas en haut : 3 m d'argiles laminées, 1 m d'argiles riches en matière organique et 7 m de tourbe.

C : Évolution de pourcentage des grains de pollen des principaux taxons reconnus (espèces, genres, familles).

C1 : Taxons arborés

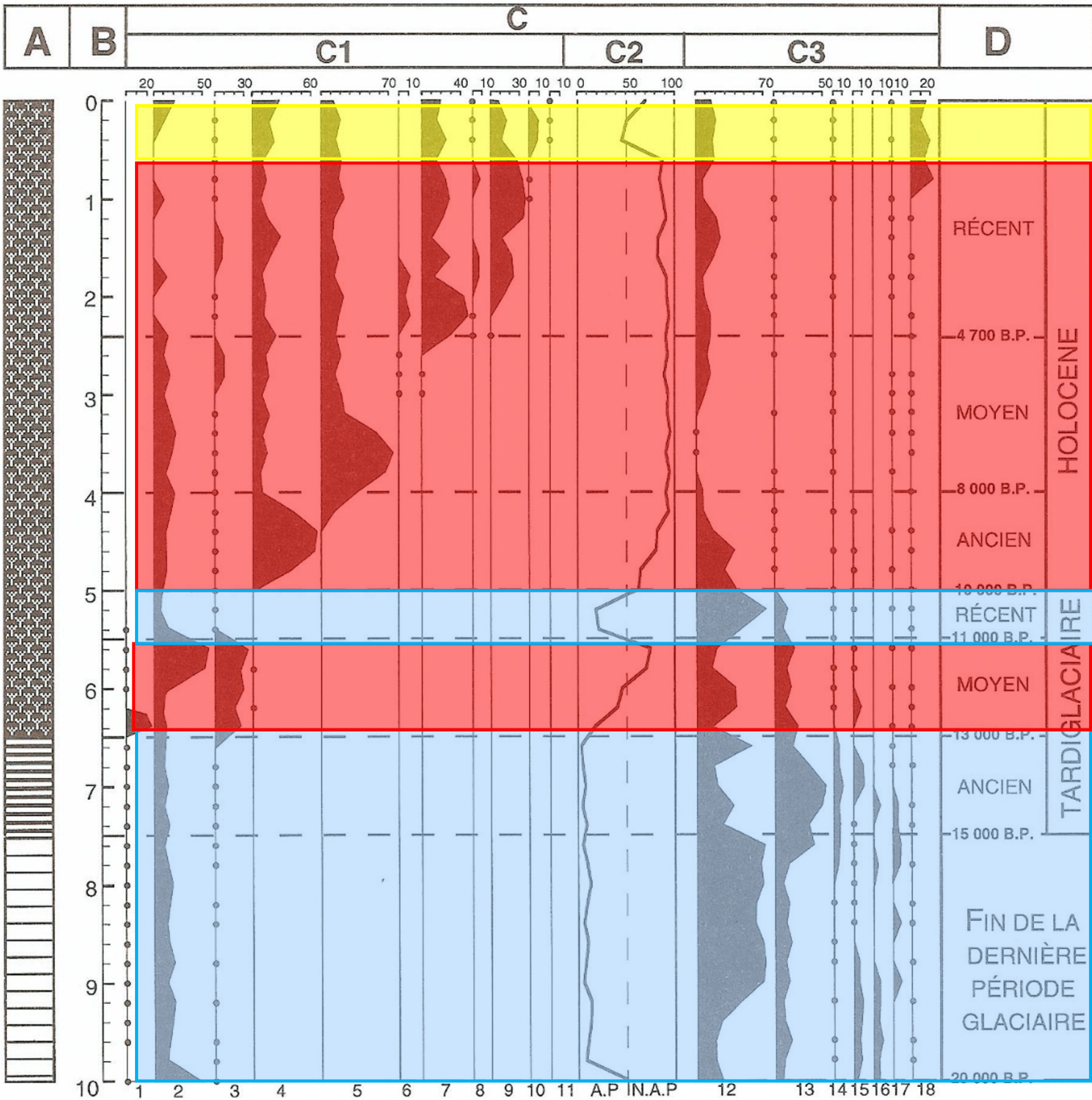
1 : *Juniperus* (genévrier) ; 2 : *Pinus* (Pin) ; 3 : *Betula* (bouleau) ; 4 : *Corylus* (noisetier) ; 5 : *Quercus* (chêne) ; 6 : *Tilia* (tilleul) ; 7 : *Alnus* (aulne) ; 8 : *Abies* (sapin) ; 9 : *Fagus* (hêtre) ; 10 : *Juglans* (noyer) ; 11 : *Platanus* (platane).

C2 : Évolution du rapport entre les grains de pollen d'arbres (AP : Arboreal Pollen) et les autres types de grains de pollen dont les herbacées (NAP : Non Arboreal Pollen).

C3 : Taxons herbacés 12 : Poacées ; 13 : *Artemisia* (armoïse) ; 14 : Chénopodiacées ; 15 : *Helianthemum* (hélianthème) ; 16 : *Thalictrum* (pigamon) ; 17 : *Rumex* (rumex) ; 18 : *Calluna* (callune).

D : Phases climatiques et datations ¹⁴C (BP : Before Present).

Document 7. Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes.

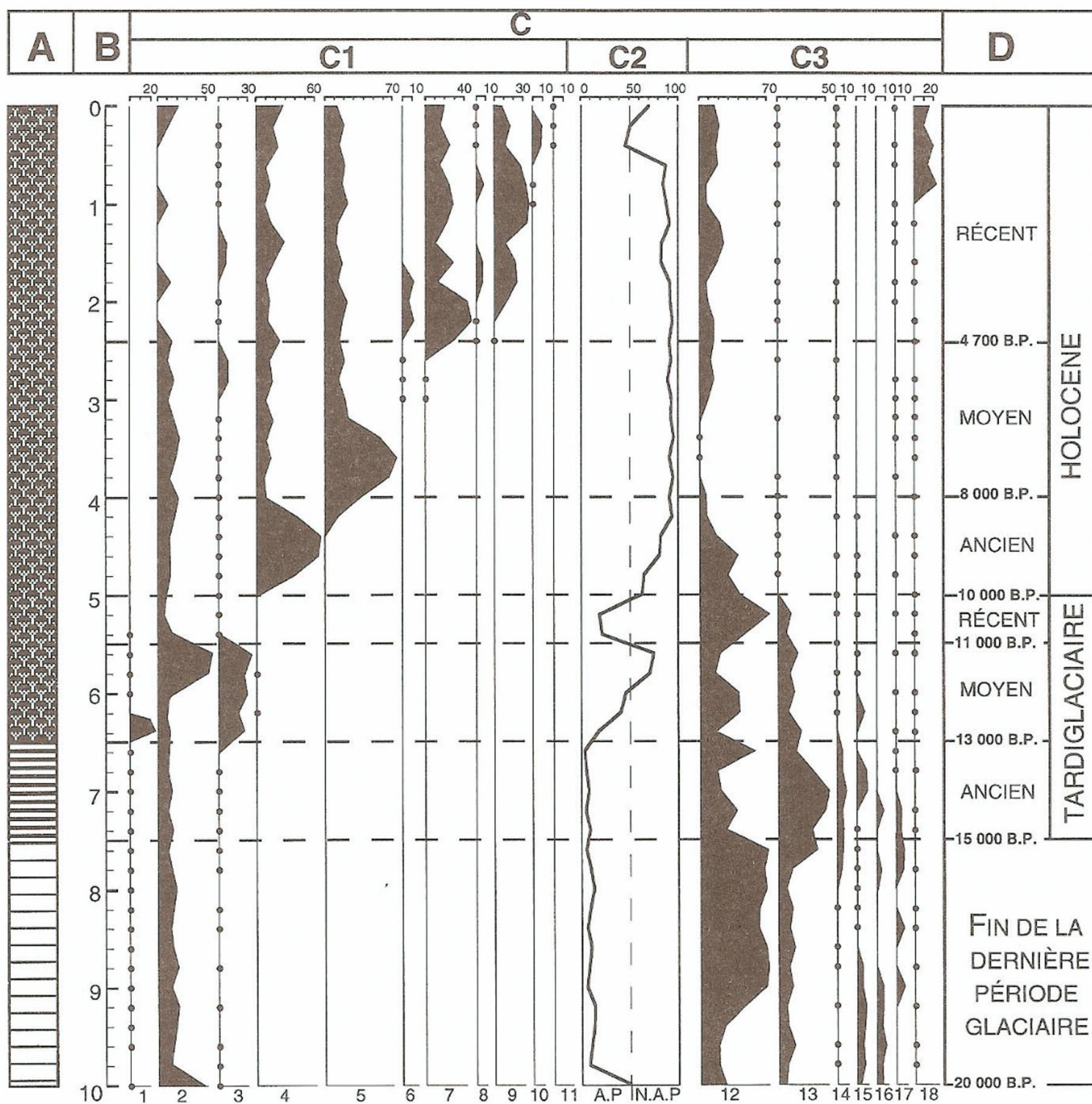


1 - Reasonner sur le rapport AP/NAP :
Colonne C2

↑ AP/NAP

Taxons herbacés dominants

Document 7. Diagramme pollinique d'une tourbière de la région de Lourdes.



2 – Regarder plus en détail les informations données par des espèces aux exigences thermiques particulières

1 : genévrier, 2 : pin ; 3 : bouleau

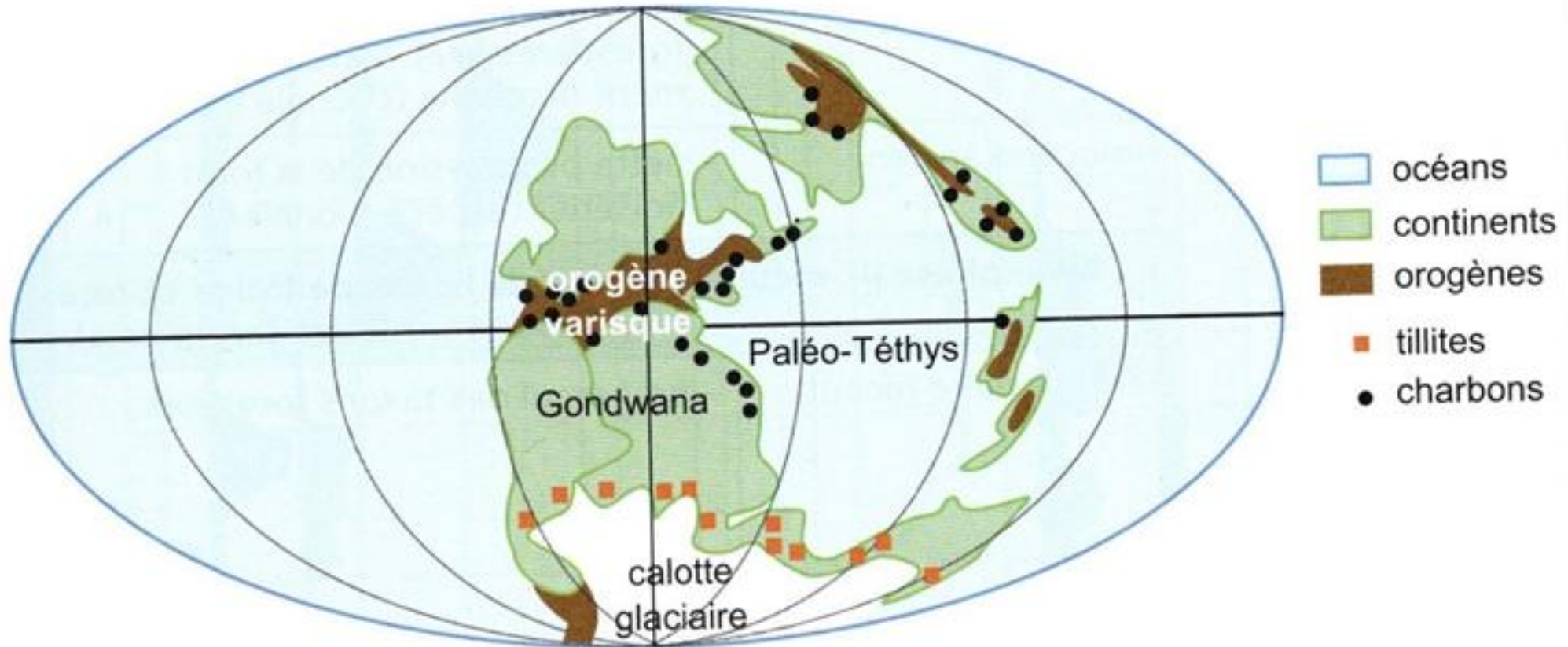
4 : noisetier : arbuste pionnier

5 : chêne

7 : aulne ; 9 : hêtre → climat plus humide

Identifier des facteurs impliqués dans une entrée en glaciation

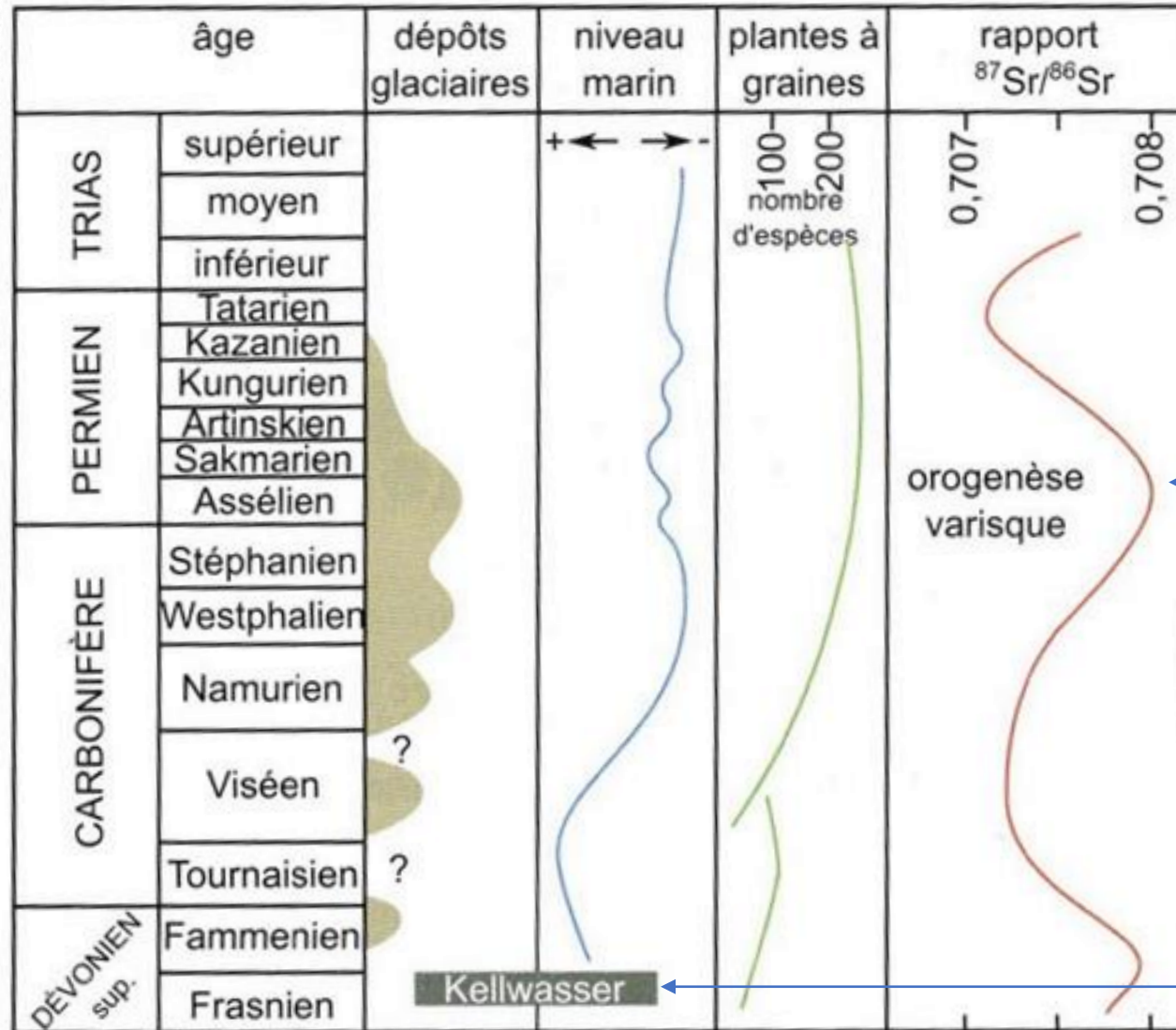
Document 9. Le visage de la Terre au Carbonifère supérieur.



Tillites : dépôts glaciaires.

Charbons : formation sous un climat permettant une forte productivité primaire (chaud).

Document 10. Distribution temporelle des dépôts glaciaires, variations du niveau marin, développement de la végétation et évolution du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les sédiments carbonatés du Dévonien supérieur au Trias.

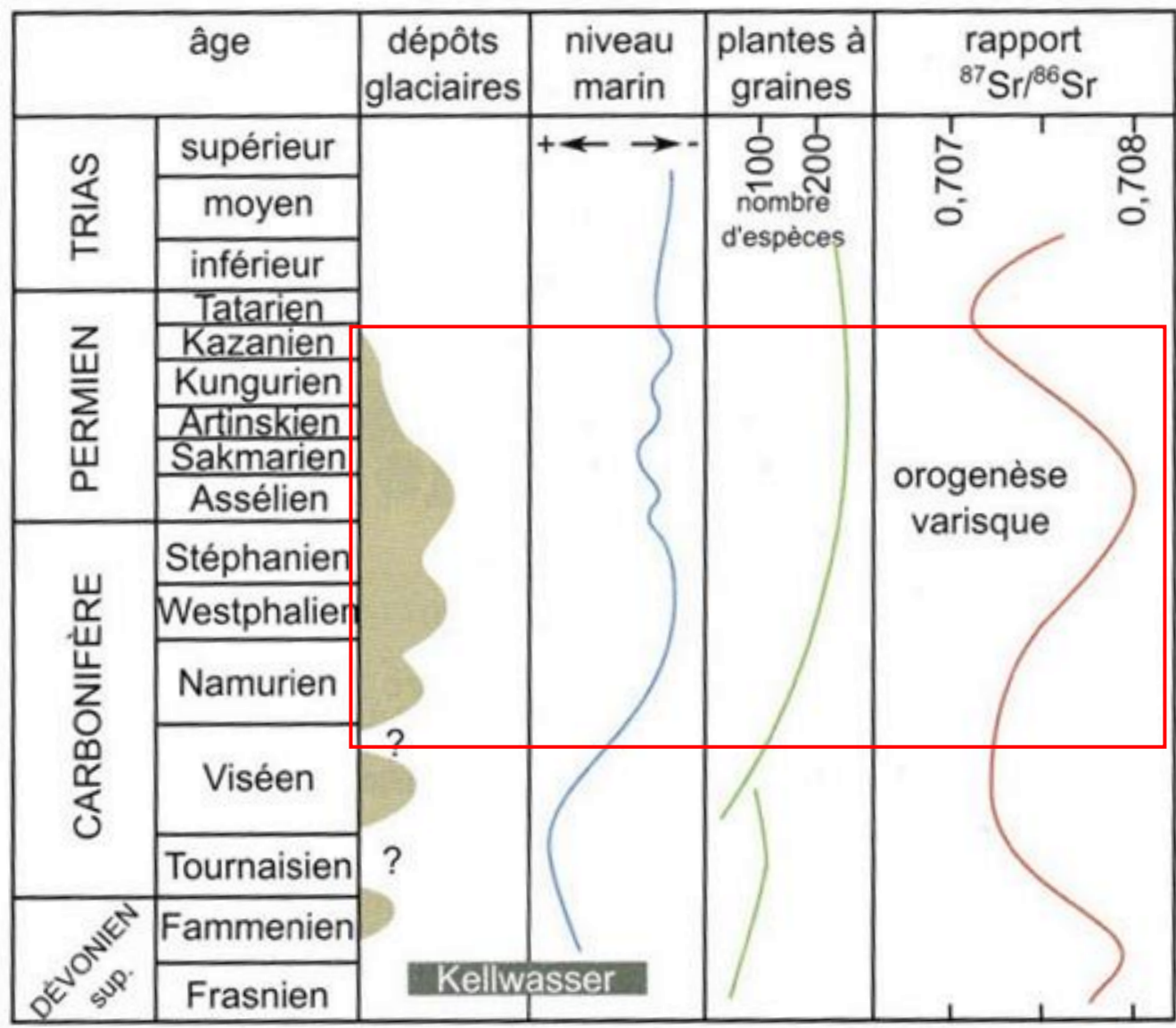


← Forte érosion

← Horizon riche en matière organique

NB : l'augmentation du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les carbonates est interprétée comme résultant d'une augmentation des apports d'origine continentale dans le réservoir océanique.

Document 10. Distribution temporelle des dépôts glaciaires, variations du niveau marin, développement de la végétation et évolution du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les sédiments carbonatés du Dévonien supérieur au Trias.



➤ **Corrélation entre baisse du niveau marin, glaciation et altération/ érosion des continents**

La glaciation entraîne le piégeage de grands volumes d'eau dans les glaciers et calottes glaciaires :

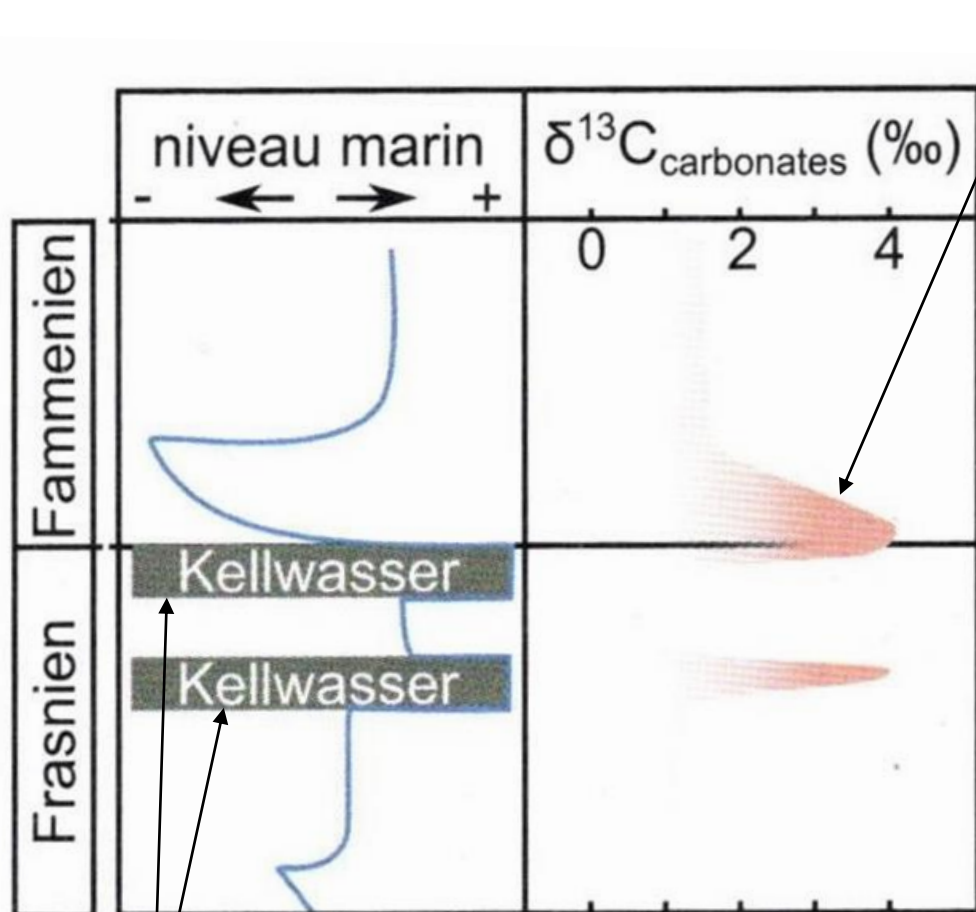
Glaciation → baisse du niveau marin

Altération / érosion des continents consomment du CO_2
 → **baisse de $[\text{CO}_2]$ atmosphérique et refroidissement.**

L'altération / érosion → glaciation

→ Facteur géologique

Document 11. Horizons sédimentaires et rapports isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ de niveaux carbonatés au passage Frasnien – Famennien.



Enrichissement de l'atmosphère en ^{13}C

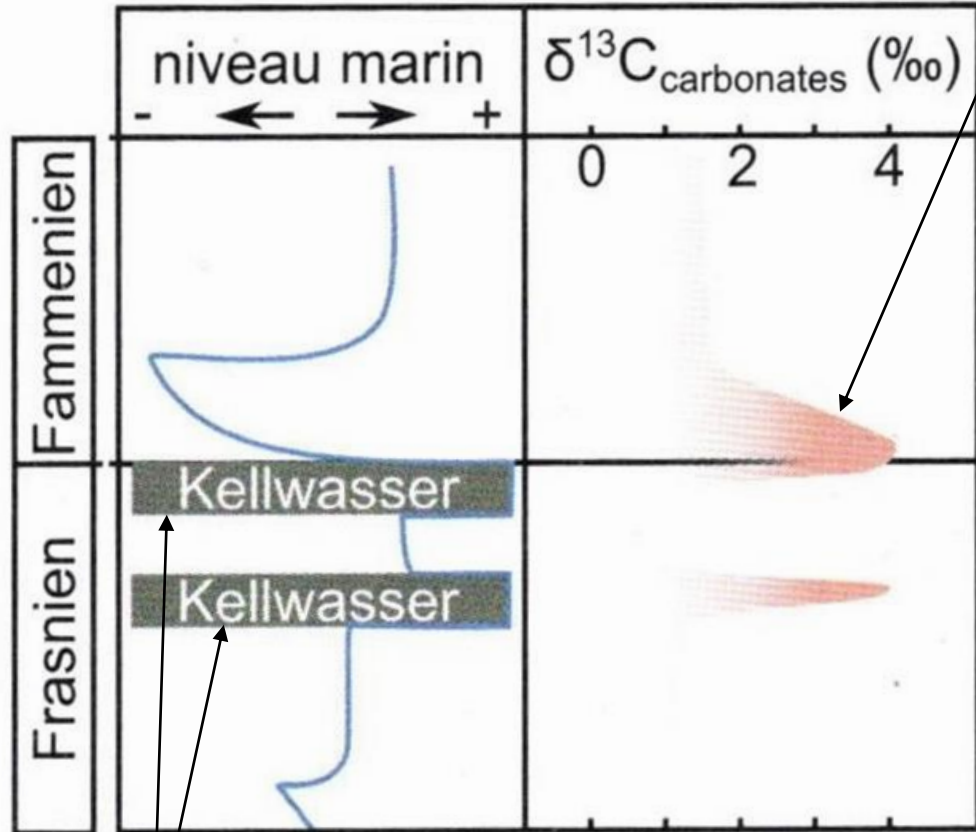
➤ **Corrélation entre stockage de MO et hausse du $\delta^{13}\text{C}$**

➤ **Corrélation entre stockage de MO et entrée en glaciation**

Horizons riches en matière organique

$$\delta^{13}\text{C} = 1\,000 \left[\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{échantillon}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{référence}}} - 1 \right]$$

Document 11. Horizons sédimentaires et rapports isotopiques $\delta^{13}\text{C}$ de niveaux carbonatés au passage Frasnien – Famennien.



Horizons riches en matière organique

Enrichissement de l'atmosphère en ^{13}C

➤ **Corrélation entre stockage de MO et hausse du $\delta^{13}\text{C}$**

Interprétation :

La photosynthèse entraîne un fractionnement isotopique : l'isotope ^{12}C est préférentiellement incorporé dans la MO

Stockage MO \rightarrow $\delta^{13}\text{C}$ augmente

➤ **Corrélation entre stockage de MO et entrée en glaciation**

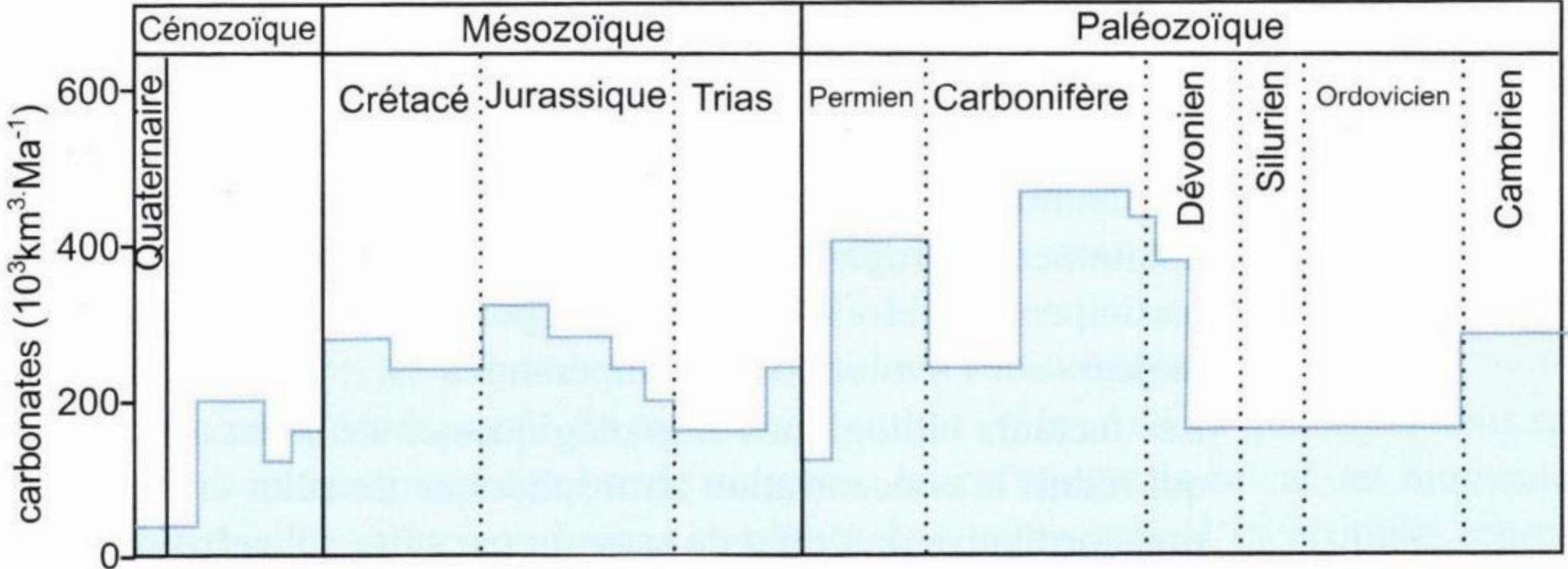
Hypothèse : stockage MO \rightarrow entrée en glaciation

Explication :

Le stockage de C dans la MO entraîne une baisse de $[\text{CO}_2]$ atmosphérique et un refroidissement.

\rightarrow Facteur biologique

Document 12. Estimation de la production carbonatée au cours du Phanérozoïque.



Document 13. Evolution de la concentration du CO₂ au cours des temps géologiques, rapportée à la concentration préindustrielle de 300 ppm (modèle Géocarb).

$$RCO_2 = \frac{[CO_2]_{\text{atmosphère au temps t}}}{[CO_2]_{\text{atm. préindustrielle (300 ppm)}}$$

C : Cénozoïque
Cr : Crétacé
J : Jurassique
T : Trias
P : Permien
Cb : Carbonifère
D : Dévonien
S : Silurien
O : Ordovicien
Ca : Cambrien
PC : Précambrien

