

**Livret guide
Excursion AGSE du 28 mai 2025**

**Rythmes de sédimentation des vallons du piémont sud du Grand Luberon en relation avec les variations climatiques et l'anthropisation depuis la dernière glaciation »
(vallons du Mirail et vallon du Loup)**



Dr. Naïs Sirdeys (CNRS, CEREGE, Aix en Pce)
Géomorphologie, sédimentologie, géoarchéologie
Chercheure contractuelle CNRS

Dr. Vincent Ollivier (CNRS, LAMPEA, Aix en Pce)
Géomorphologie-Géoarchéologie
Ingénieur de Recherche CNRS Ecologie & Environnement

Résumé

La morphogenèse réside dans le fonctionnement, conjoint ou alterné, de processus d'attaque de la roche en place et de processus d'évacuation des débris qui autorisent la poursuite et la progression de l'attaque (Birot, 1981). D'une manière générale l'érosion peut également être appréhendée comme un phénomène naturel mais aussi un fait de civilisation (Neboit, 2010). Les climats et de manière plus récente l'Homme en modifient le cours et l'intensité. Les études que nous menons sur les rythmes de sédimentation des cours d'eau et des versants sur la longue durée (composantes de la morphogenèse) permettent de mieux identifier et comprendre les impacts des variations climatiques et des activités anthropiques sur les paysages du Luberon (Ollivier et al., 2001, Ollivier, 2006, Ollivier et al., 2006, Sirdeys, 2025, Sirdeys et al., 2024, Sirdeys et al., 2023). Les résultats de ce travail ont donc pour objectif de démontrer l'ampleur et la vitesse des changements paysagés de notre région sous le contrôle des variations du climat au Quaternaire récent, période où alternent des épisodes froids comprenant de plus brefs mais rapides réchauffements (interstades), au travers des marqueurs sédimentaires singuliers que constituent les paléosols interstadiaires régionaux (Ollivier et al., 2014, Sirdeys, 2025, Sirdeys et al., 2024, Sirdeys et al., 2023). Les périodes étudiées par l'intermédiaire de ces paléosols n'ont pas encore été réellement concernées par l'empreinte de l'Homme sur le cycle de l'érosion. Les variations des paramètres bioclimatiques y sont les facteurs dominant de la morphogenèse. Conjointement, les recherches menées sur les formations de tufs calcaires du massif du Luberon se poursuivent. Ces dernières, se développant au cours du réchauffement climatique postglaciaire amorcé il y a plus de 11500 ans, sont sensibles aux moindres modifications du biotope, et offrent des éléments d'étude permettant de mieux identifier les impacts liés aux activités anthropiques depuis au moins le Néolithique. Dans cette excursion de l'AGSE, nos données et interprétations nous permettront d'aborder et de discuter des reconstructions paysagères liées aux changements climatiques et aux effets plus tardifs de l'anthropisation du milieu. Les données recueillies offrent un modèle de référence des dynamiques de la morphogenèse à travers le temps, utile, entre autres, à la gestion et à la préservation du territoire du Parc naturel régional du Luberon sur la problématique de l'érosion, du climat et de l'Homme. Lieu : Ravin du Loup et Ravin du Mirail (communes de Cabrières d'Aigues, La Motte d'Aigues, Saint Martin de la Brasque et Peypin d'Aigues, Vaucluse). Difficulté : Quelques fortes pentes sur éboulis en amont des ravins, ruissellement sur certaines sections de cours d'eau, prévoir de bonnes chaussures. Discussion sur le site de découverte du Bas-Relief des Nautes dans le ravin du Loup (en fonction du temps disponible)

Lieu : Ravin du Loup et Ravin du Mirail (communes de Cabrières d'Aigues, La Motte d'Aigues, Saint Martin de la Brasque et Peypin d'Aigues, Vaucluse). Difficulté : Quelques fortes pentes sur éboulis en amont des ravins, ruissellement sur certaines sections de cours d'eau, prévoir de bonnes chaussures.

Programme de l'excursion

Mercredi 28 mai 2025

9h30	<i>RDV parking du cimetière de St-Martin de la Brasque</i>	
10h30	<i>Stationnement près de la source du Mirail</i>	Etape 1 : Découverte des tufs holocènes du vallon du Mirail
		Etape 2 : La coupe tardiglaciaire MIR-9
		Etape 3 : Les coupes Pléistocènes du haut vallon du Mirail
12h	<i>Pause méridienne</i>	
13h - 13h30	<i>Retour au parking et déplacement en voiture vers le ravin du Loup, Cabrières d'Aigues</i>	Etape 4 : Découverte du ravin du Loup et de ses coupes holocènes (arrêt sur la coupe LOUP-9) Etape 5 : La grande coupe détritique LOUP-10
	<i>Retour aux voitures et fin de l'excursion</i>	

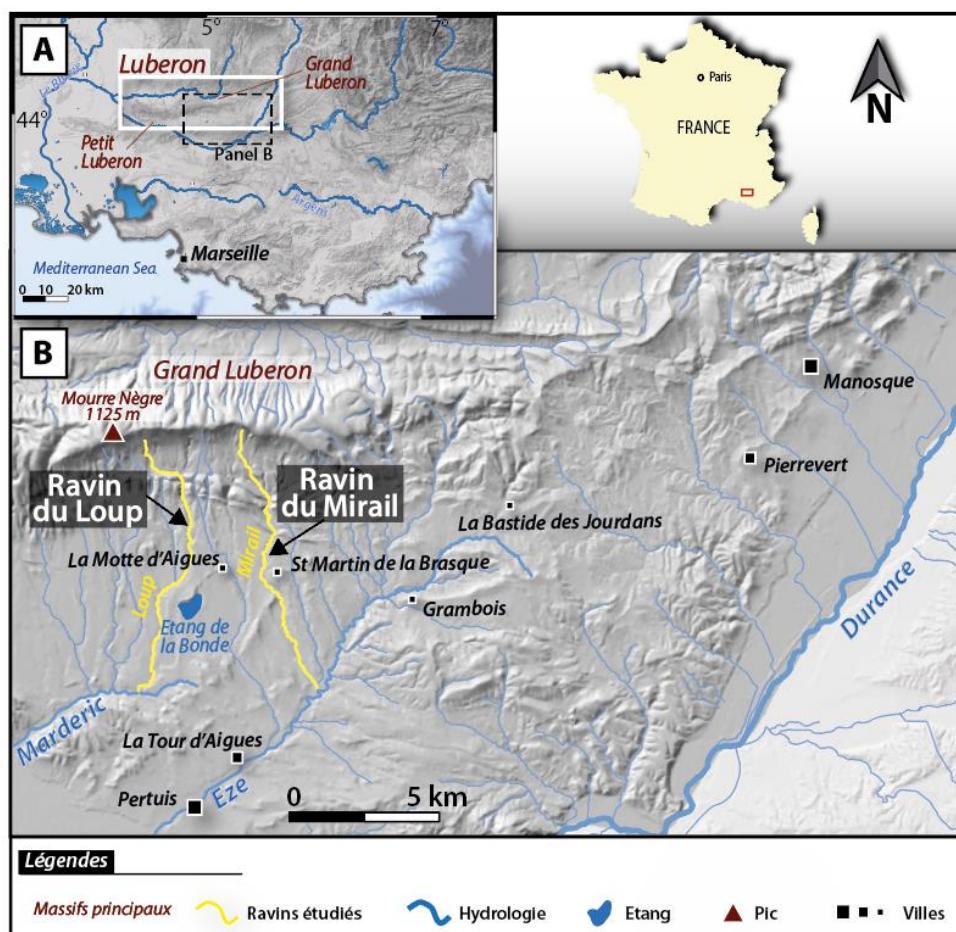
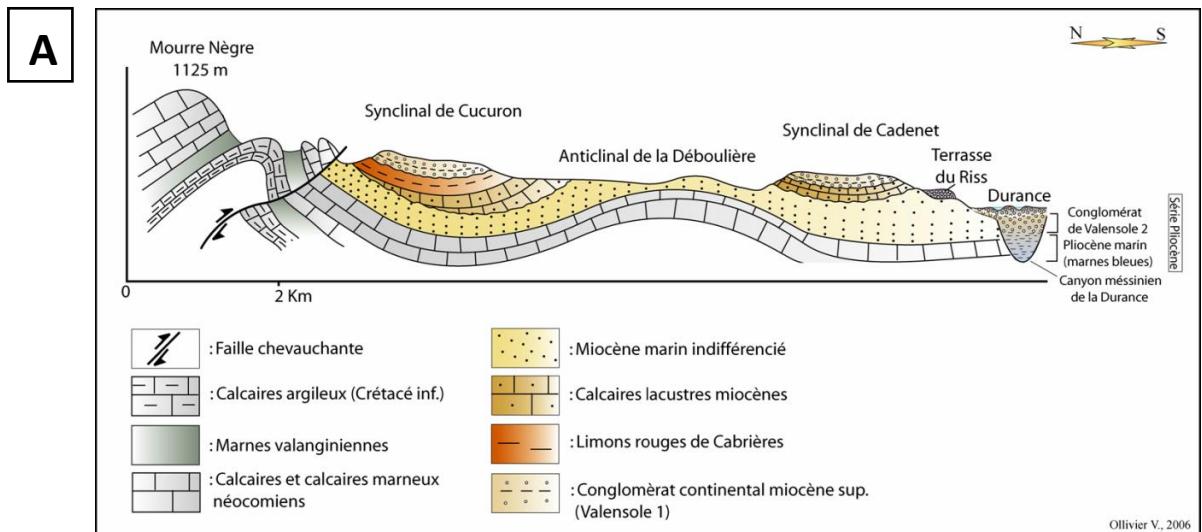


Figure 1. Localisation du massif du Luberon (A) et des ravins comprenant les sites étudiés (B) : le ravin du Mirail et le ravin du Loup.

Introduction

Géométrie des dépôts quaternaires du versant sud du Grand Luberon



La géométrie des dépôts quaternaires sur le versant sud du Grand Luberon est d'abord conditionnée par la structuration géologique du massif, dont les éléments structuraux constituent des zones de piégeage favorables à l'accumulation sédimentaire. À cette contrainte morphostructurale s'ajoute l'influence des variations climatiques, qui ont rythmé les séquences sédimentaires par des alternances de phases d'érosion et de dépôt. Enfin, les dynamiques paysagères récentes témoignent d'une emprise croissante des sociétés humaines sur ces systèmes, prolongeant et modifiant les héritages géo-sédimentaires antérieurs.

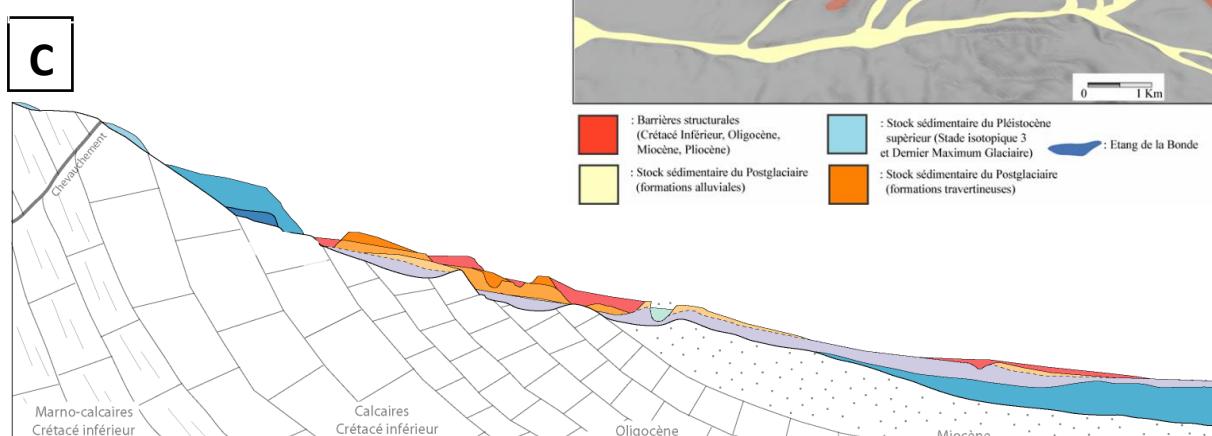
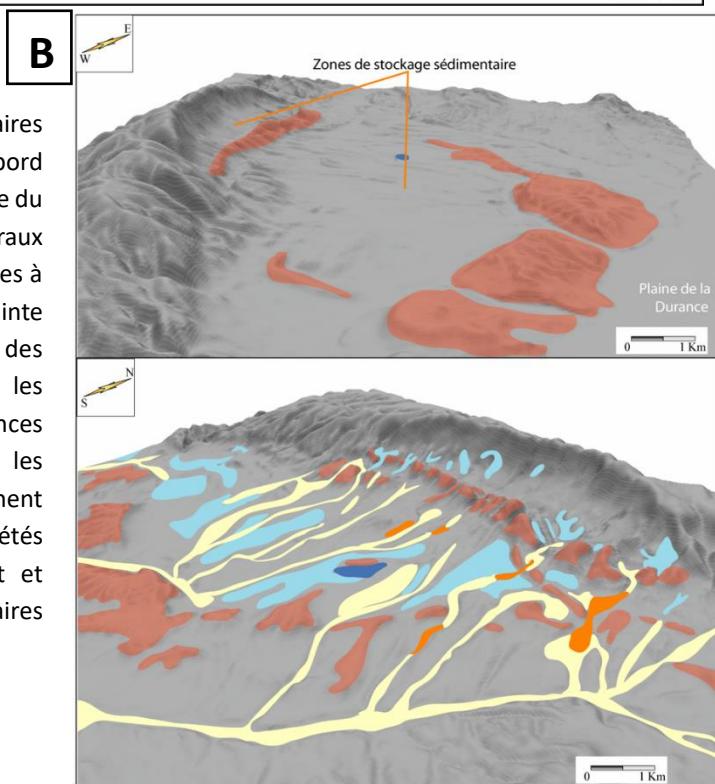


Figure 2. A. Structure géologique du Luberon; B) phénomène structural de piégeage des sédiments sur le piémont sud du Grand Luberon et C) Bilan des principales formations quaternaires sur le piémont sud (d'après Olivier, 2006).

Zoom sur le vallon du Mirail

Le vallon du Mirail, affluent de l'Èze, s'inscrit dans un bassin versant de près de 165 km², principalement alimenté par des hydrosystèmes prenant leur source sur le versant méridional du Grand Luberon (**Figure 3**). Ces systèmes de drainage jouent un rôle majeur dans les transferts sédimentaires amont-aval des formations quaternaires, en lien direct avec les lithologies traversées, dont l'influence sur les dynamiques sédimentaires est bien documentée (Ollivier, 2006 ; Sirdeys et al., 2023b).

Véritable laboratoire naturel, le vallon du Mirail offre un enregistrement exceptionnel de près de 50 000 ans d'histoire sédimentaire, couvrant une large gamme de dynamiques depuis le Pléistocène supérieur jusqu'à l'Holocène récent.

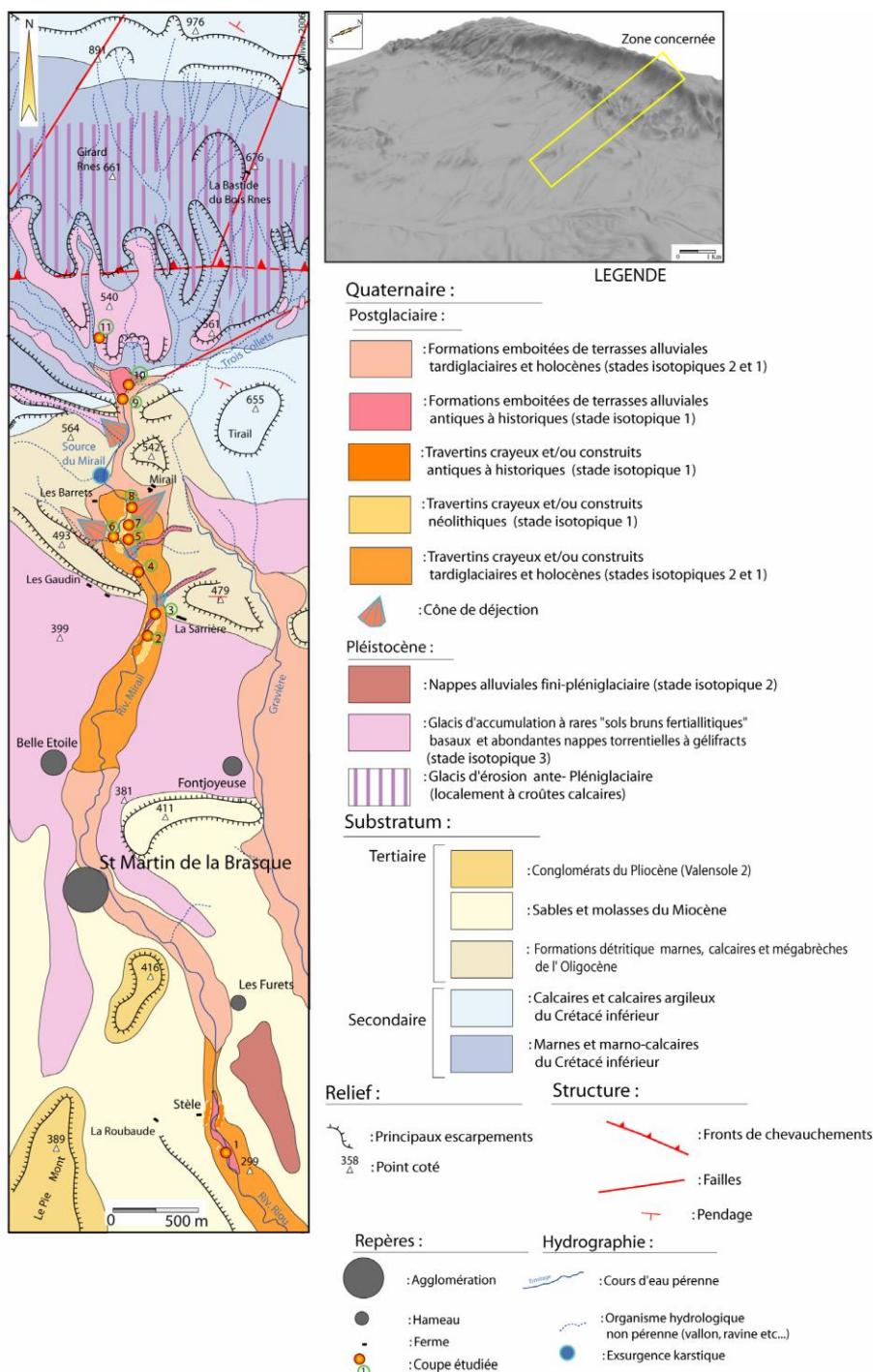


Figure 3. Principales formations géologiques et quaternaires observées dans le vallon du Mirail (d'après Ollivier, 2006).

Etape 1 : Les tufs tardiglaciaires et holocènes du vallon du Mirail

Contexte géomorphologique

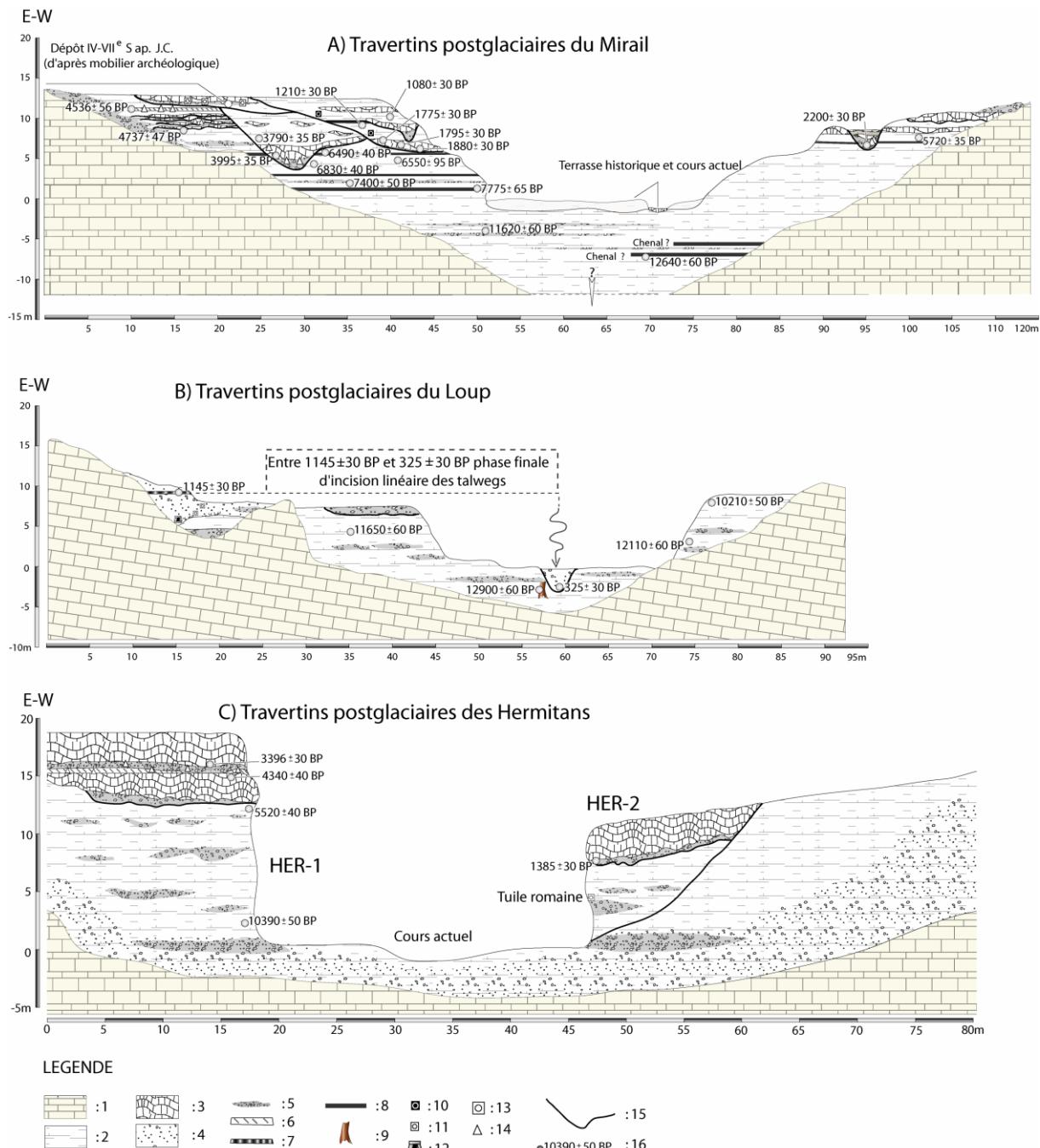


Figure 4. Profils synthétiques des formations travertineuses postglaciaires du piémont sud du Grand Luberon : Vallon du Mirail (A), du Loup (B) et des Hermitans (C) (Vaucluse). Cette synthèse présente les principales phases de dépôts, d'érosions/incisions observées et contraintes dans le temps grâce à des datations radiocarbone (^{14}C) et mises en évidence grâce aux séquences de tufs (d'après Ollivier, 2006).

Nouveaux apports issus des analyses sédimentologiques sur les séquences du Mirail (MIR-1, MIR-5 et MIR-8)

Type de concrétion	Caractéristiques	Hydrodynamisme	Milieu	Concréctions et matériel associé
Oncolites	Les oncolites caractérisent des zones de faible profondeur et de fort hydrodynamisme. Les oncolites sont composés de laminations concentriques dues au développement saisonnier de colonies d'algues qui se fixent sur un noyau. C'est la mobilité de ce noyau, due à l'agitation de l'eau, qui conduit à la formation de couches de carbonates concentriques.	Fort	Fluviatile	Galets encroutés, coquilles brisées, vasques / barrages travertineux, stromatolithes etc.
Choux-fleurs	Les concréions de type choux-fleurs ont souvent une origine algaire. L'hydrodynamisme plus faible de leur milieu de dépôt et l'absence d'exondation périodique empêchent la formation de lames concentriques contrairement aux oncolites.	Moyen	Fluviatile	Galets encroutés, coquilles brisées, vasques / barrages travertineux, stromatolithes etc.
Tubes	L'activité photosynthétique des Characées entraîne la formation d'un concréionnement carbonaté de forme tubulaire qui épouse et fossilise les thalles et les vermicelles de ces algues vertes. Ces concréions de type tube sont souvent associées à des oogones, qui ont une forme ovoïde et qui sont les fructifications des Characées. Un encroûtement autour de tiges de roseaux ou d'autres végétaux (ex: concréions racinaires) peut souvent donner ce type de concréion.	Fort Moyen Faible	Alluvio-Palustre (marges des talwegs) Fluviatile (sous une forme détritique) Palustre et lacustre	Croûtes zonaires, lames, oolithes, pisolithes, radicelles, coprolithes, Characées, croûtes algaires, concréions racinaires-tiges stromatolithes etc.
Plaque	La photosynthèse qui se développe au niveau des feuilles des plantes aquatiques provoque la précipitation de carbonates et la formation d'un concréionnement pelliculaire de type plaque.	Faible	Lacustre palustre	Biohermes / biostromes possibles croûtes zonaires, lames : diatomées cocolithes, pisolithes, tubes (suivant le type de végétation).
	Encroûtement pelliculaire sur végétaux en rapport au ruissellement (rigoles etc.).	Faible à moyen (variable)	Fluviatile de faible intensité	

Figure 5. Rappel des principaux types de concréions carbonatées en rapport avec leur hydrodynamisme de genèse et les milieux généraux qui leurs sont associés (observations de terrain V. Ollivier 2003-2005 et d'après Lang, 1981 et Magny M., 1995, modifiés).

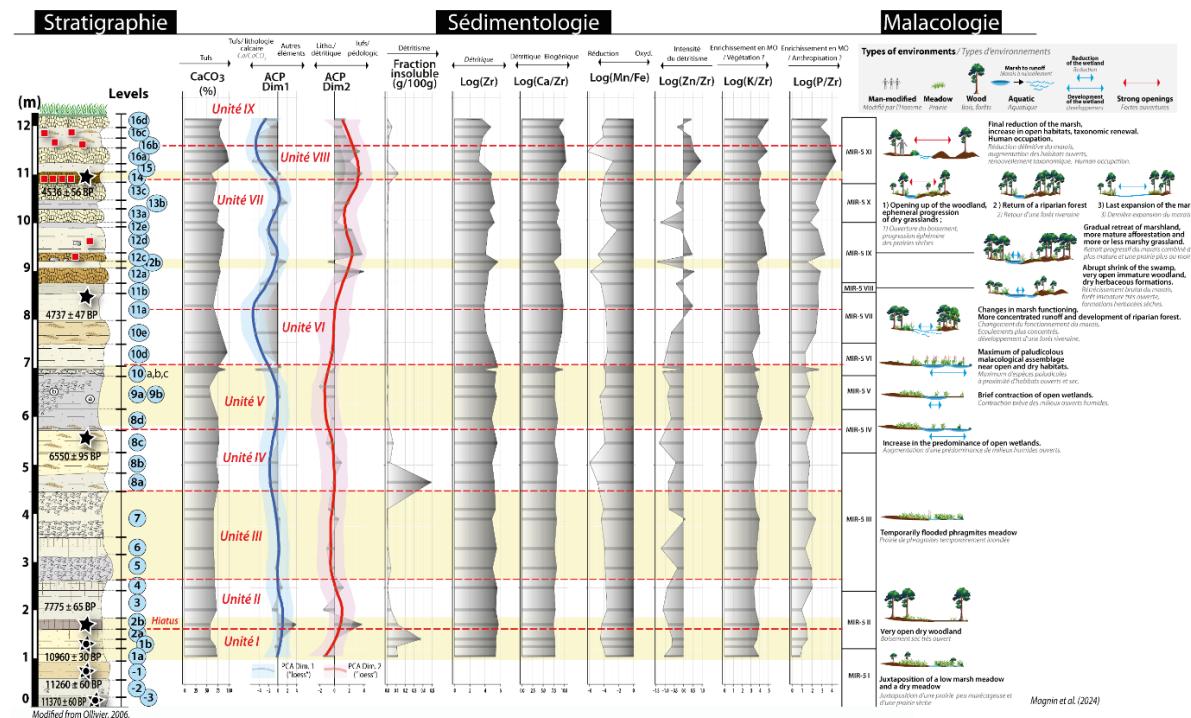


Figure 6. Exemple de résultats sédimentologiques obtenus sur la séquence MIR-5. Les profils géochimiques mettent en évidence la variation de plusieurs indicateurs environnementaux : Zr : trace les apports détritiques liés à l'érosion, Mn/Fe : informe sur les conditions redox (oxygénéation du milieu, circulation des eaux), P/Zr : reflète les apports en matière organique. Ces variations traduisent une succession de paléoenvironnements, en accord avec les résultats malacologiques publiés par Magnin et al. (2024) (D'après Sirdeys, 2025).

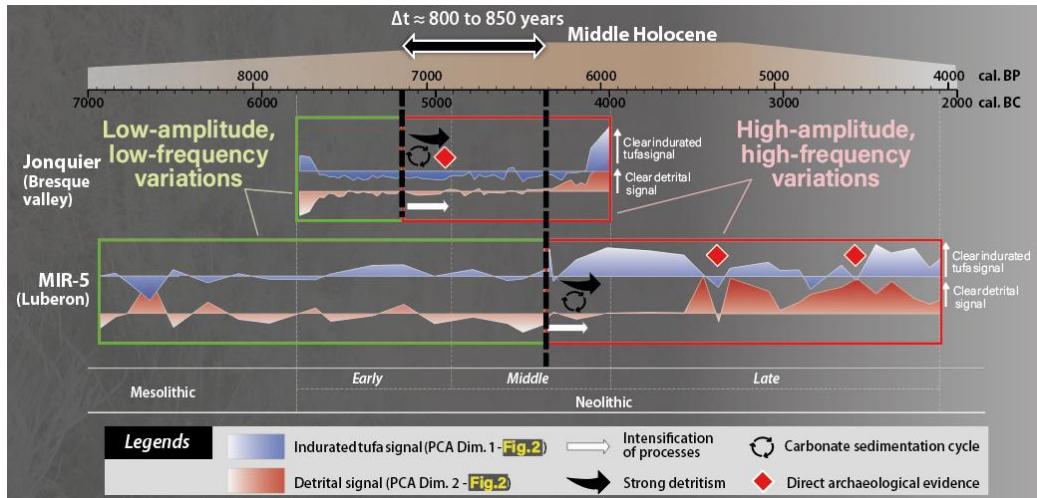


Figure 7. Variabilité sédimentaire dans deux séquences contemporaines de l’Holocène moyen (MIR-5, Luberon, et Jonquier, haute vallée de la Bresque) (d’après Sirdeys et al., 2025). Une analyse statistique (ACP) appliquée aux données sédimentaires permet d’identifier différents faciès, en particulier les faciès indurés riches en carbonates (en bleu) et les faciès détritiques riches en apports allochtones (en rouge). Cette figure met en évidence : (1) un changement net dans le régime sédimentaire, passant d’une succession de faciès à faible fréquence aux caractéristiques moins marquées, à des variations de faciès plus fréquentes et intenses, témoignant d’une complexification des processus (détritisme accru, alternances rapides de faciès, forte variabilité géochimique) ; (2) un décalage temporel dans le déclenchement de ce changement entre les deux sites, suggérant des pressions anthropiques différenciées selon les régions au cours du Moyen Holocène. Ce décalage soutient l’hypothèse d’impacts humains asynchrones sur les dynamiques sédimentaires régionales.

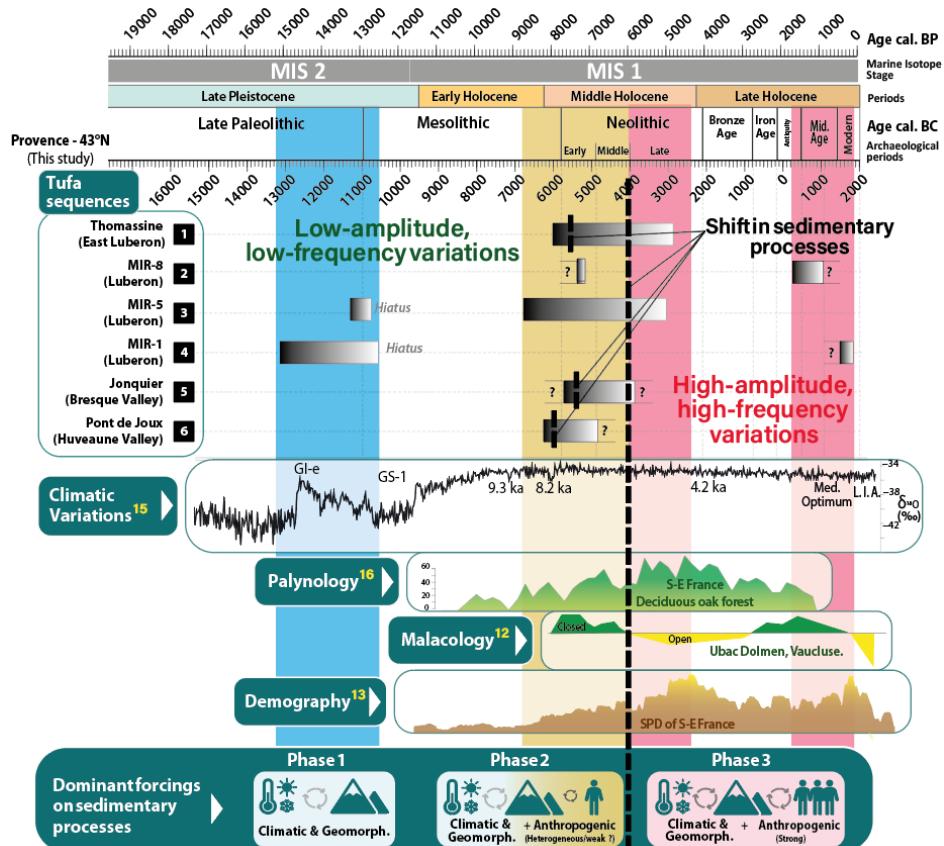


Figure 8. Synthèse régionale des séquences tufacées holocènes. Les rythmicités observées dans la séquence du Mirail se retrouvent dans d’autres tufs régionaux, révélant des dynamiques communes et des forçages partagés (d’après Sirdeys et al., 2025). Trois phases principales sont distinguées : (1) une phase initiale contrôlée par les fluctuations climatiques ; (2) une phase intermédiaire, avec des changements localisés laissant supposer une influence anthropique encore incertaine ; (3) une phase finale généralisée, synchrone de la Néolithisation régionale, suggérant une origine anthropique. La chronologie est confrontée à la courbe NGRIP (Rasmussen et al., 2014) et aux synthèses régionales malacologiques (Martin et al., 2005), polliniques et démographiques (Berger et al., 2019).

Etape 2 : La coupe pléistocène et tardiglaciaire MIR-9

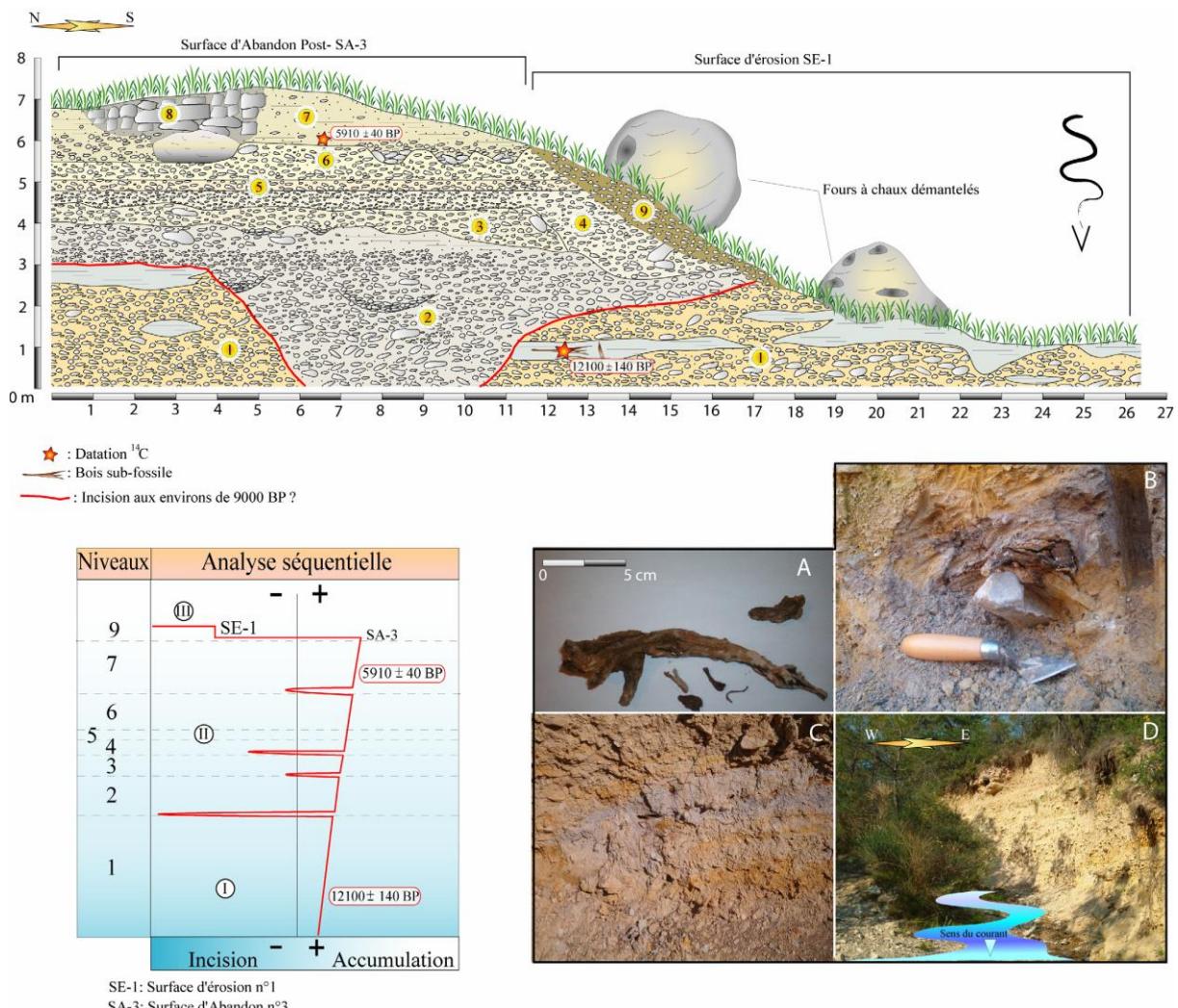


Figure 9. La coupe MIR-9 du ravin du Mirail, Peypin d'Aigues (en haut) (d'après Ollivier, 2006) ; Analyse séquentielle des rythmes de sédimentation (en bas à gauche) et A) bois fossiles, B) et C) traces d'incendies et D) Circulation actuelle du cours d'eau. Cette séquence, localisée plus en amont, illustre un mode de sédimentation complémentaire à celui des tufs actifs à l'Holocène. Elle enregistre des environnements qui ont été dynamiques et qui se sont nourris dans leur accumulation, du remaniement de stocks sédimentaires hérités du Pléistocène supérieur amont. Elle se distingue aussi par la présence de bois fossiles et d'un four à chaux qui la surplombe et menace de s'effondrer soulignant les enjeux de préservation du patrimoine archéologique face à l'incision active du piémont du Luberon, également observée dans d'autres massifs provençaux.

Etape 3 : Les principales formations associées au Pléistocène sur le Luberon

Des glacis cryoclastiques à horizons pédologiques : Zoom sur la coupe MIR-11

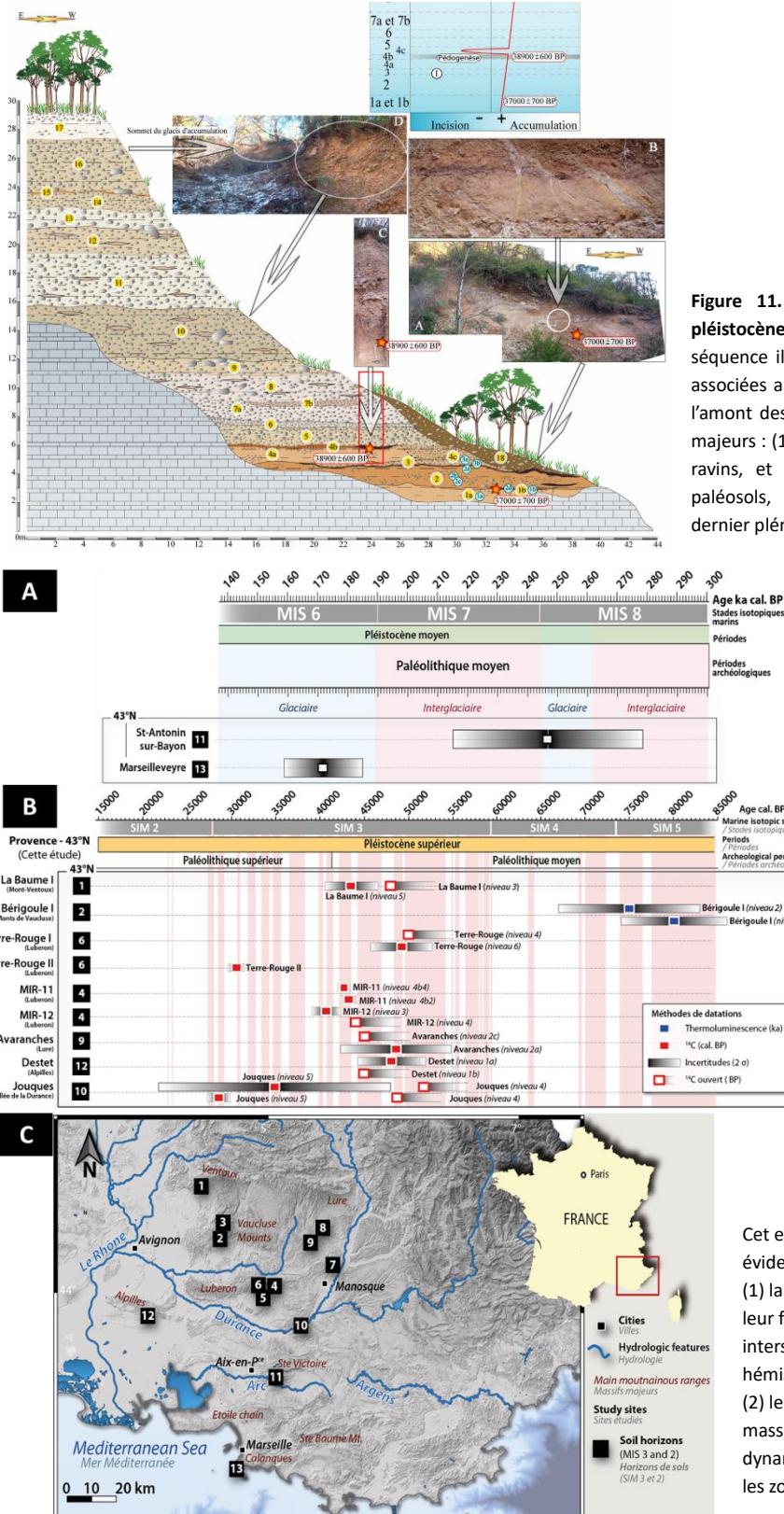


Figure 10. Synthèse de la couverture chronologique des esquisses de sol datés et étudiés dans le cadre du travail de thèse de N. Sirdeys pour la période A) du Pléistocène Moyen sur la base des datations OSL obtenues et B) la période du Pléistocène Supérieur sur la base des datations ^{14}C ; C) Carte de localisation des sites intégrés à cette étude (d'après Sirdeys, 2025).

Cet ensemble de paléosols datés met en évidence :

- (1) la forte cohérence chronologique de leur formation avec les périodes interstadiaires reconnues à l'échelle hémisphérique, et
- (2) leur récurrence sur la majorité des massifs de Provence, soulignant des dynamiques sédimentaires similaires dans les zones de piémont à l'échelle régionale.

Les nouveaux apports concernant les paléosols pléistocènes

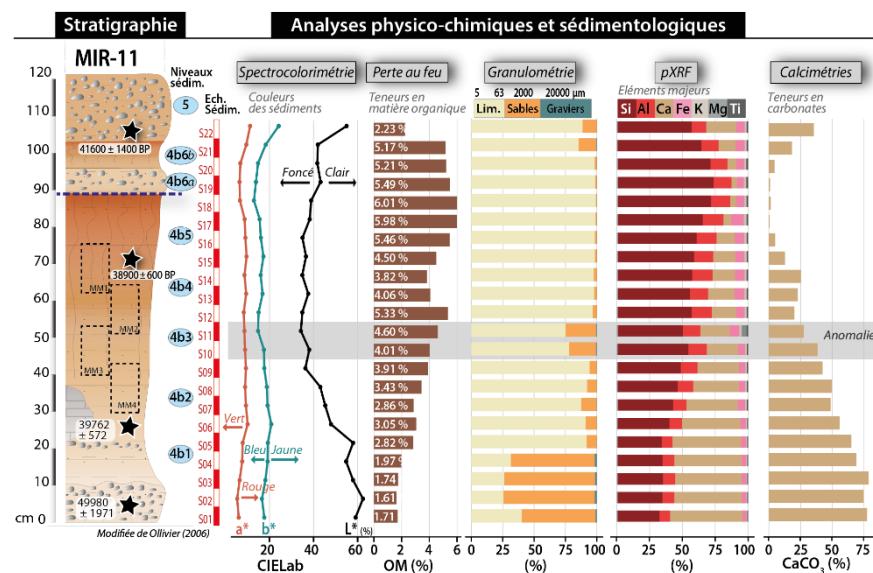


Figure 14. Propriétés sédimentologiques de la pédoséquence MIR-11 mettant en évidence une « anomalie » géochimique et granulométrique (d'après Sirdeys et al., 2023b).

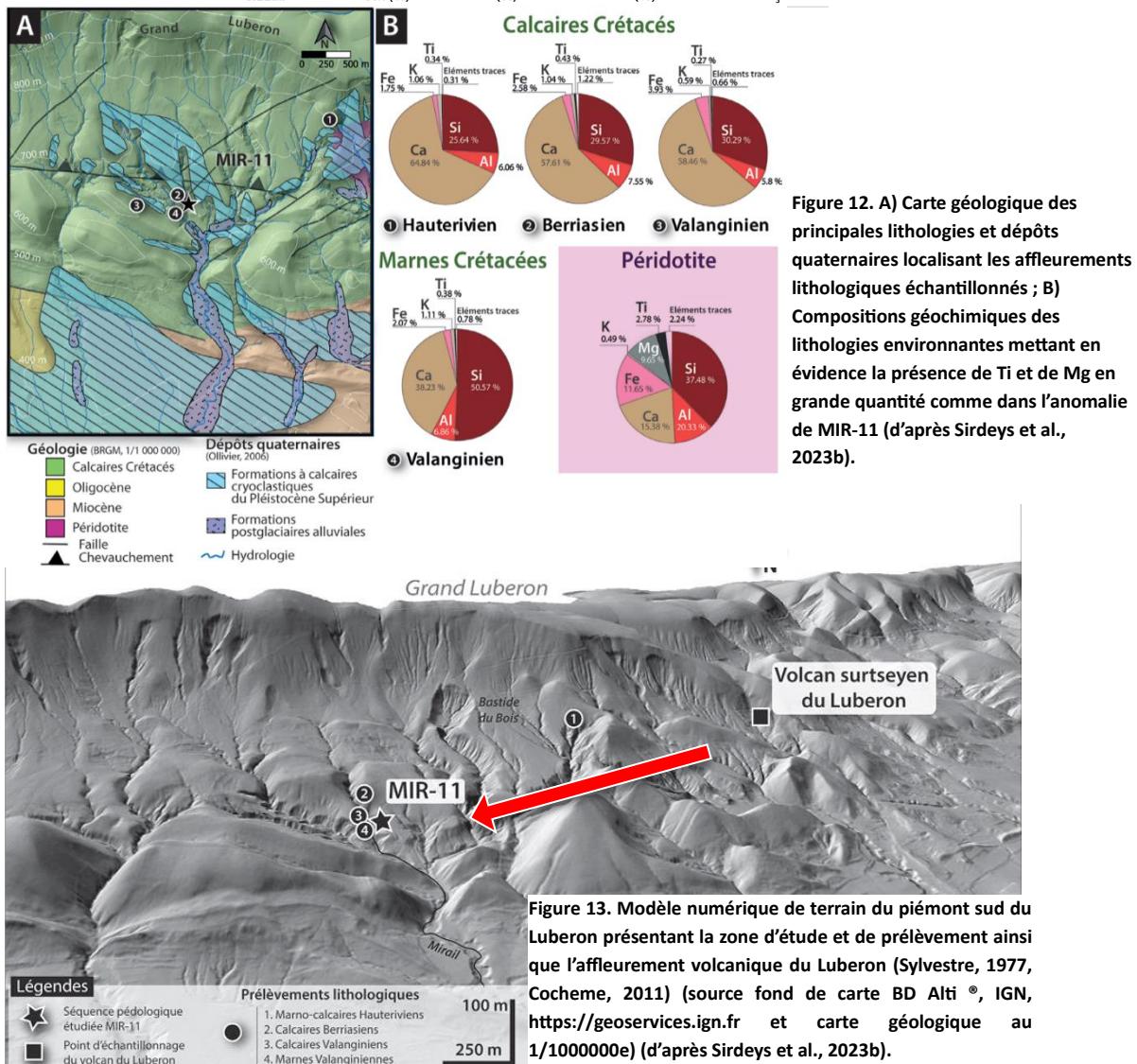


Figure 12. A) Carte géologique des principales lithologies et dépôts quaternaires localisant les affleurements lithologiques échantillonnés ; B) Compositions géochimiques des lithologies environnantes mettant en évidence la présence de Ti et de Mg en grande quantité comme dans l'anomalie de MIR-11 (d'après Sirdeys et al., 2023b).

Figure 13. Modèle numérique de terrain du piémont sud du Luberon présentant la zone d'étude et de prélèvement ainsi que l'affleurement volcanique du Luberon (Sylvestre, 1977, Cocheme, 2011) (source fond de carte BD Alti®, IGN, <https://geoservices.ign.fr> et carte géologique au 1/1000000e) (d'après Sirdeys et al., 2023b).

Introduction : le Vallon du Loup

Le ravin du Loup, situé à l'est du village de Cabrières d'Aigues, s'insère entre les ravins du Règue (à l'ouest) et des Vaucèdes (à l'est). Il s'étend depuis les crêtes culminant à 1069 m jusqu'à l'étang artificiel de la Bonde, implanté dans l'axe du synclinal de Cucuron. Le vallon traverse une série géologique variée allant des calcaires crétacés de l'anticlinal du Grand Luberon aux formations détritiques oligocènes, puis aux molasses miocènes du synclinal. La faille chevauchante y est bien marquée par un alignement de collines formant un seuil morphologique entre versant et piémont, entaillé en cluses par les torrents locaux. L'écoulement y est intermittent, activé uniquement par des précipitations prolongées ou intenses.

Comme pour le ravin du Mirail, le ravin du Loup offre une bonne représentation des dynamiques sédimentaires quaternaires régionales, avec la coexistence de lambeaux relictuels de glaciis d'accumulation pléistocènes, de dépôts détritiques postglaciaires emboîtés en terrasses et de séquences travertineuses crayeuses témoignant d'anciens environnements palustres, soulignant la complexité de la morphogenèse torrentielle sur le piémont sud du Luberon.

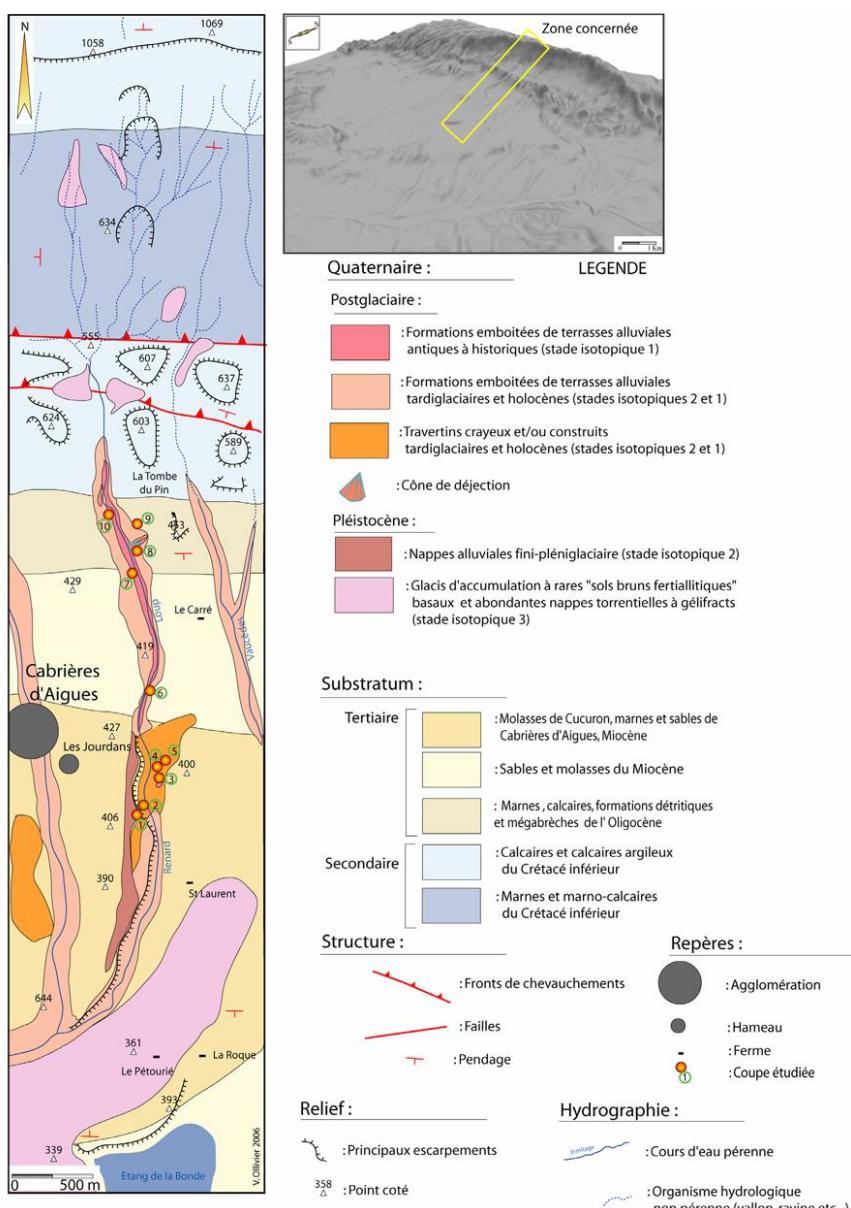


Figure 15. Principales formations géologiques et quaternaires observées dans le vallon du Loup (d'après Ollivier, 2006).

Etape 4 : La coupe holocène LOUP-9 et le bas-relief des Nautes

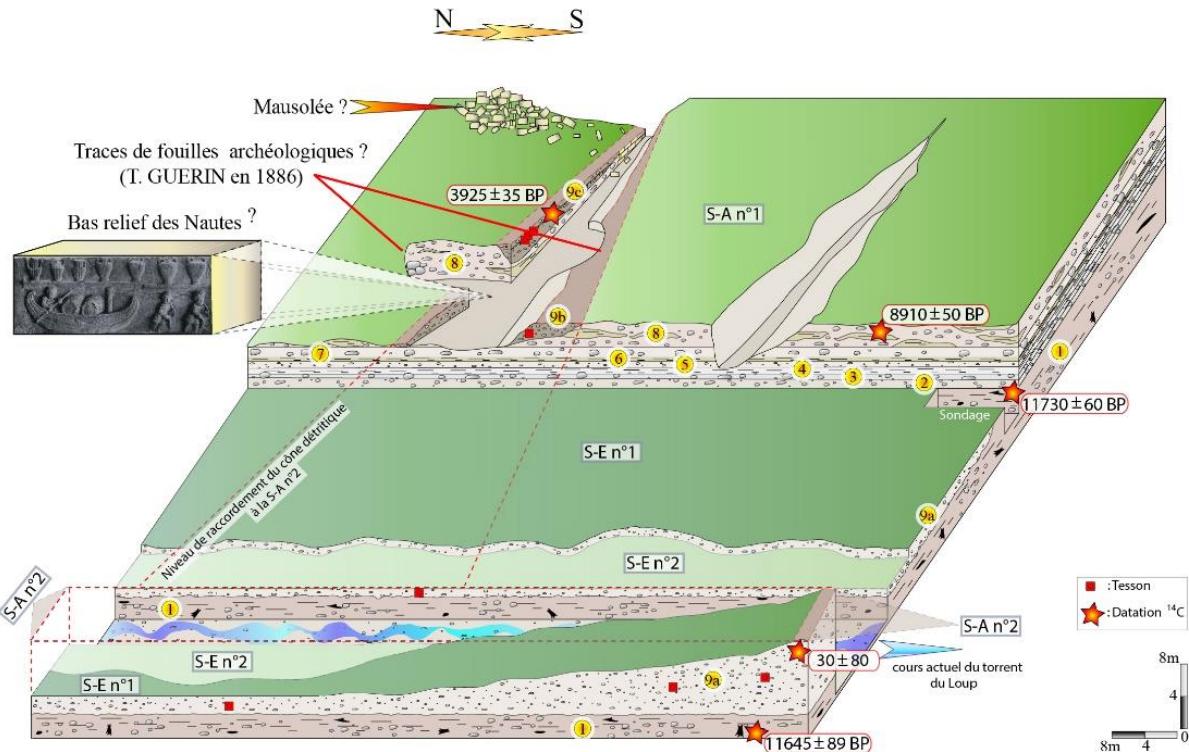


Figure 16. Ravin du Loup, bloc diagramme représentant la situation du bas-relief et du mausolée intégrée aux relevés stratigraphique in situ des coupes Loup-7, Loup-8 et Loup-9 de la thèse de V. Ollivier (d'après Ollivier, 2006). Cette proposition de localisation et d'interprétation s'appuie sur une analyse géomorphologique croisée avec des archives inédites (Müller, 2005).



Figure 17. Bas-relief des Nautes découvert en 1886 par Toussaint Guérin dans la partie amont supposée du vallon du Loup. Issu d'un mausolée exceptionnel attribué à un armateur fluvial gallo-romain, ce vestige antique unique en Gaule Narbonnaise (Deydier, 1912) constitue un élément central de la réflexion sur l'évolution morphogénétique du secteur. Sa localisation encore incertaine fait ici l'objet d'une proposition appuyée sur une analyse géomorphologique croisée avec des archives inédites (Müller, 2005).

Etape 5 : La coupe tardiglaciaire et holocène LOUP-10

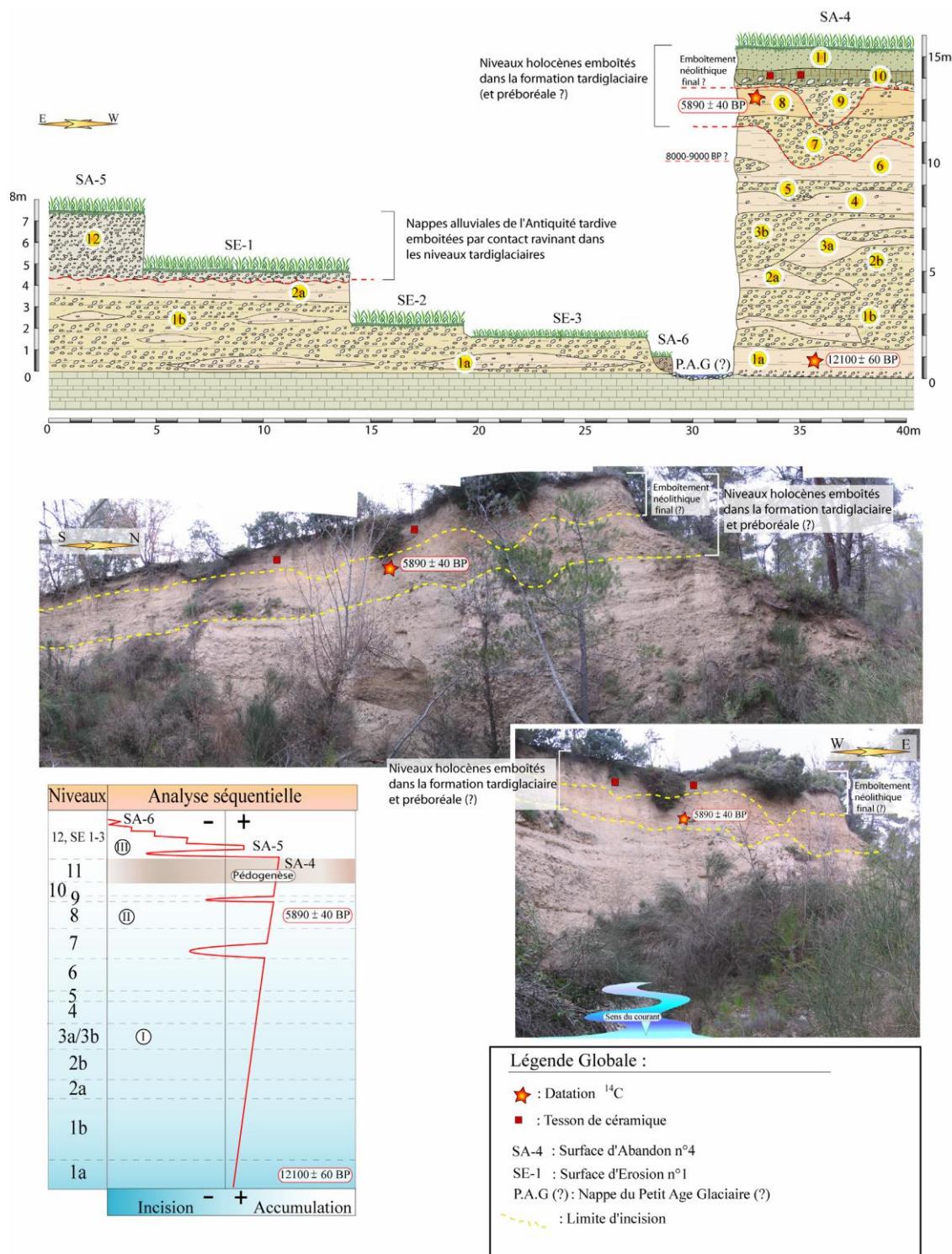


Figure 18. La coupe LOUP-10, localisée en rive droite et à l'amont du ravin du Loup, Cabrières d'Aigues (d'après Ollivier, 2006). Témoin majeur de la morphogenèse postglaciaire du piémont sud du Luberon, cette séquence, datée du Tardiglaciaire à l'Holocène, présente trois grandes phases séquentielles y sont identifiées : (I) Remblaiement postglaciaire fin (Tardiglaciaire), daté à $12\,100 \pm 60$ BP (Salix), ponctué de décharges détritiques grossières et d'alternances de faciès limono-sableux durant l'Holocène ancien ; (II) Incision modérée, développement de nappes détritiques holocènes (vers 5840 ± 40 BP, charbon de *Quercus sclerophylle*) surmontées d'un ou plusieurs niveaux d'occupation néolithique à tessons indéterminés, localement marqués par une pédogenèse ; (III) Incision majeure suivie de dépôts caillouteux attribués à l'Antiquité Tardive (tessons remaniés), puis d'une incision récente en paliers, atteignant le substratum miocène et recouverte localement par une petite terrasse possiblement liée au Petit Âge Glaciaire.

Bilan :

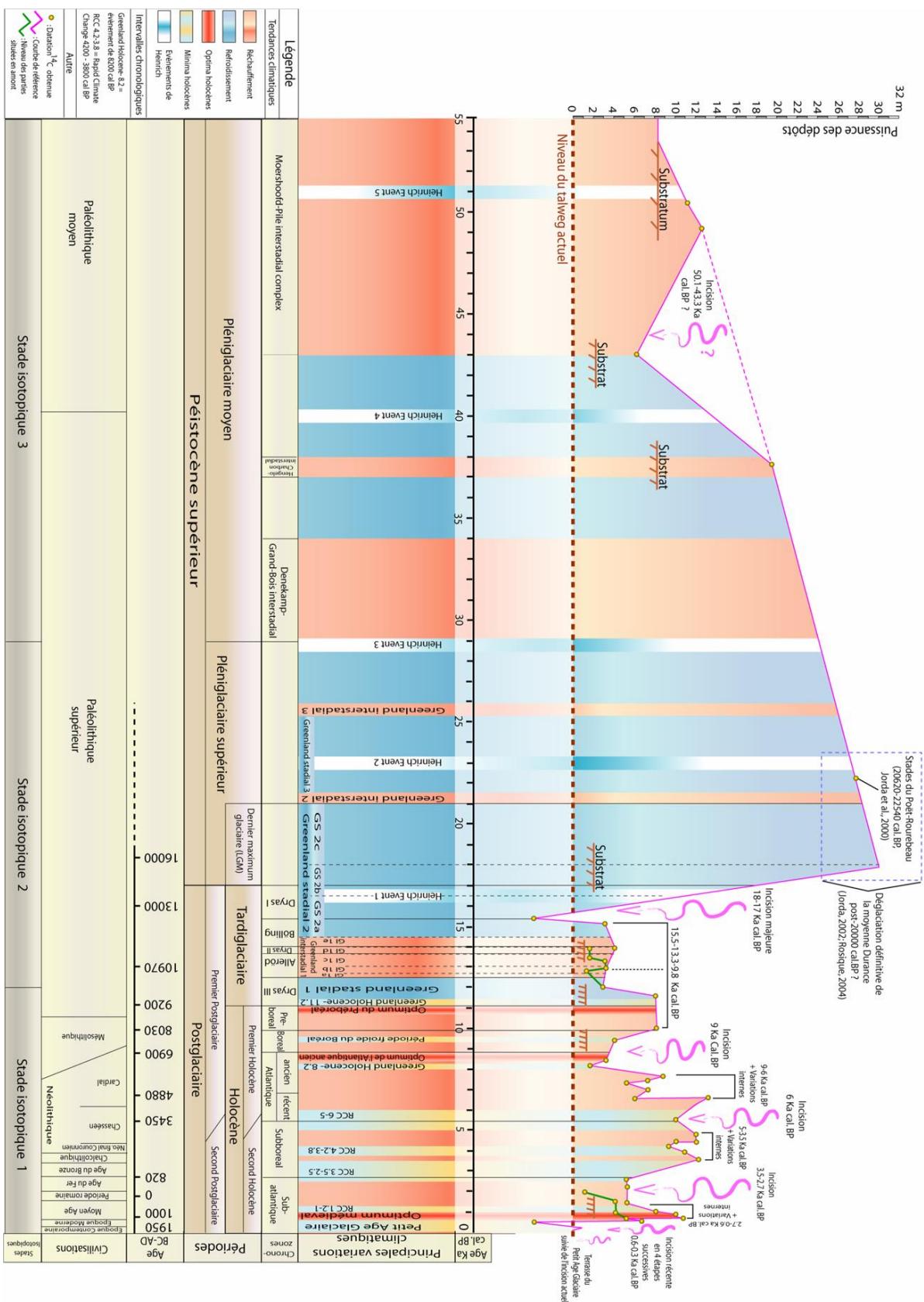


Figure 19. Bilan des tendances morphogéniques observées sur le Piémont Sud du Grand Luberon sur les derniers 50 000 ans (d'après Ollivier, 2006).

Références bibliographiques :

- BERGER, J. F., SHENNAN, S., WOODBRIDGE, J., PALMISANO, A., MAZIER, F., NUNINGER, L., ... & ROBERTS, C. N. 2019.**
Holocene land cover and population dynamics in Southern France. *The Holocene*, 29(5), 776–798.
- COCHEMÉ J.-J., 2011.** Un volcan sursteyen dans le massif du Luberon. Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon et de la Réserve de biosphère Luberon-Lure. N° 10, pp. 134-137.
- DEYDIER M., 1912.**- Un monument romain à Cabrières d'Aigues (Vaucluse), Bulletin Archéologique du Comité, pp. 87-93.
- LANG J. 1981.** Cadre de la classification des carbonates continentaux. Mem. Assoc. Fra. de Karstologie n°3,p. 101-112.
- MAGNIN, F., MARTIN, S., OLLIVIER, V., & SIRDEYS, N. 2024.** What do Lateglacial and Holocene land snail communities tell us about the palaeoenvironments of Mediterranean France? *Boreas*. <https://doi.org/10.1111/bor.12681>
- MAGNY M., 1995.** Une histoire du climat. Des derniers mammouths au siècle de l'automobile, Paris, France, Errance, 176 p.
- MARTIN, S., MAGNIN, F., & CHEVILLOT, P. 2005.** Mise en évidence des discontinuités spatiales et temporelles dans l'anthropisation de la plaine de la Vistrenque à Nîmes (Gard) durant l'Holocène. Apport de l'analyse malacologique. *Quaternaire*, 16(4), 339–353.
- MULLER A., 2005.**- « Marc Deydier 1845-1920 », éditions Patrilub, pp. 184-187.
- OLLIVIER V., 2001.** Evolution géomorphologique postglaciaire du piémont méridional du Grand Luberon en relation avec l'occupation humaine. Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon et de la Réserve de biosphère Luberon-Lure. N° 5, pp. 32-46.
- OLLIVIER V., 2006.** Continuités, instabilités et ruptures morphogéniques en Provence depuis la dernière glaciation. Travertinisation, détritisme et incisions sur le piémont sud du Grand Luberon (Vaucluse, France). Relations avec les changements climatiques et l'anthropisation. Doctoral dissertation, Thèse de doctorat de Géographie Physique, Université de Provence. 369 p.
- OLLIVIER V., GUENDON J. L., ALI A., ROIRON P. & AMBERT P., 2006.** Evolution postglaciaire des environnements travertineux provençaux et alpins: nouveau cadre chronologique, faciès et dynamiques morphosédimentaires. *Quaternaire*. Vol. 17, n° 2, pp. 51-67.
- OLLIVIER V., MAGNIN F., GUENDON J. L. & MIRAMONT C., 2014.** Regards sur les dynamiques paysagères du Pléistocène supérieur du Luberon et de Basse Provence (SIM 3 et SIM 2, France). *Quaternaire*. Vol. 25, n° 2, pp. 91-111.
- RASMUSSEN, S. O., BIGLER, M., BLOCKLEY, S. P., BLUNIER, T., BUCHARDT, S. L., CLAUSEN, H. B., ... & WINSTRUP, M. 2014.** A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106, 14–28.
- SYLVESTRE J.-P., 1977.** Présence d'un dyke de lherzolite dans le massif calcaire du Luberon (Vaucluse). *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Série D, Sciences naturelles*. T. 285, pp. 495-496.
- SIRDEYS, N., OLLIVIER V., BELLIER O., BRACCO J-P., 2025,** Human or climate: which geomorphological agent? The example of Holocene tufa systems in Provence (S-E France) as a tool for analysis, Poster, EGU 2025, Vienne (Autriche), 27 avril – 2 mai 2025.
- SIRDEYS N., 2025,** Où sont les sites ? Géomorphologie, taphonomie, potentiels archéologiques et risques naturels depuis les derniers 50 000 ans en contexte méditerranéen (S-E France). Thèse de doctorat de l'Université d'Aix-Marseille, 499 p.
- SIRDEYS N., OLLIVIER V., BELLIER O., BRACCO J-P., 2024,** Utilisation d'un marqueur d'origine volcanique dans le sud du Grand Luberon pour retracer les systèmes de drainage et l'érosion des versants et vallons au Quaternaire, Courrier scientifique du Parc naturel régional du Luberon et de la Réserve de biosphère Luberon-Lure, n° 17 - 2023, p. 26 à 45.
- SIRDEYS N., OLLIVIER V., BELLIER O., WACKENHEIM Q., DABKOWSKI J., LIMONDIN-LOZOUET N., ANTOINE P. ET BRACCO J-P., 2023,** « Integrated approach of sedimentary processes on paleosol and calcareous tufas in two Late Quaternary sequences in Mediterranean contexts (Southern France) », *Quaternaire*, vol. 34/4.