



**HAL**  
open science

## Les climats et la géographie du Sud-Est de la France au Paléogène enregistrés dans les lacs

François Fournier, Nazim Semmani, Alexandre Lettéron, Jean-Pierre Suc, Aixa Tosal, Séverine Fauquette, Michel Séranne, Speranța-Maria Popescu, Mihaela Carmen Melinte-Dobrinescu, Jean Borgomano

► **To cite this version:**

François Fournier, Nazim Semmani, Alexandre Lettéron, Jean-Pierre Suc, Aixa Tosal, et al.. Les climats et la géographie du Sud-Est de la France au Paléogène enregistrés dans les lacs. *Géochronique*, 2024, 169, pp.51-55. hal-04746456

**HAL Id: hal-04746456**

**<https://hal.science/hal-04746456v1>**

Submitted on 24 Oct 2024

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

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

# Les climats et la géographie du Sud-Est de la France au Paléogène enregistrés dans les lacs

François Fournier<sup>1</sup>, Nazim Semmani<sup>1</sup>, Alexandre Lettéron<sup>1</sup>, Jean-Pierre Suc<sup>2</sup>, Aixà Tosal<sup>3</sup>, Séverine Fauquette<sup>4</sup>, Michel Sérànnè<sup>5</sup>, Speranța-Maria Popescu<sup>6</sup>, Mihaela Carmen Melinte-Dobrinescu<sup>7</sup>, Jean Borgomano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Aix Marseille Université, CNRS, IRD, Cerege, Um 34, 3 Place Victor Hugo, 13331, Marseille Cedex 03, France.

<sup>2</sup> Sorbonne Université, CNRS-INSU, Institut des Sciences de la Terre Paris, UMR 7193, 75005 Paris, France

<sup>3</sup> Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà (DDTO), Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona (UB), C/de Martí Franqués s/n, 08028 Barcelona, Catalogne, Espagne

<sup>4</sup> Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM), CNRS, Univ. Montpellier, IRD, EPHE, Montpellier, France

<sup>5</sup> Géosciences Montpellier, Université de Montpellier - CNRS, Montpellier, France

<sup>6</sup> GeoBioStratData.Consulting, 385 Route du Mas Rillier, 69140 Rillieux-la-Pape

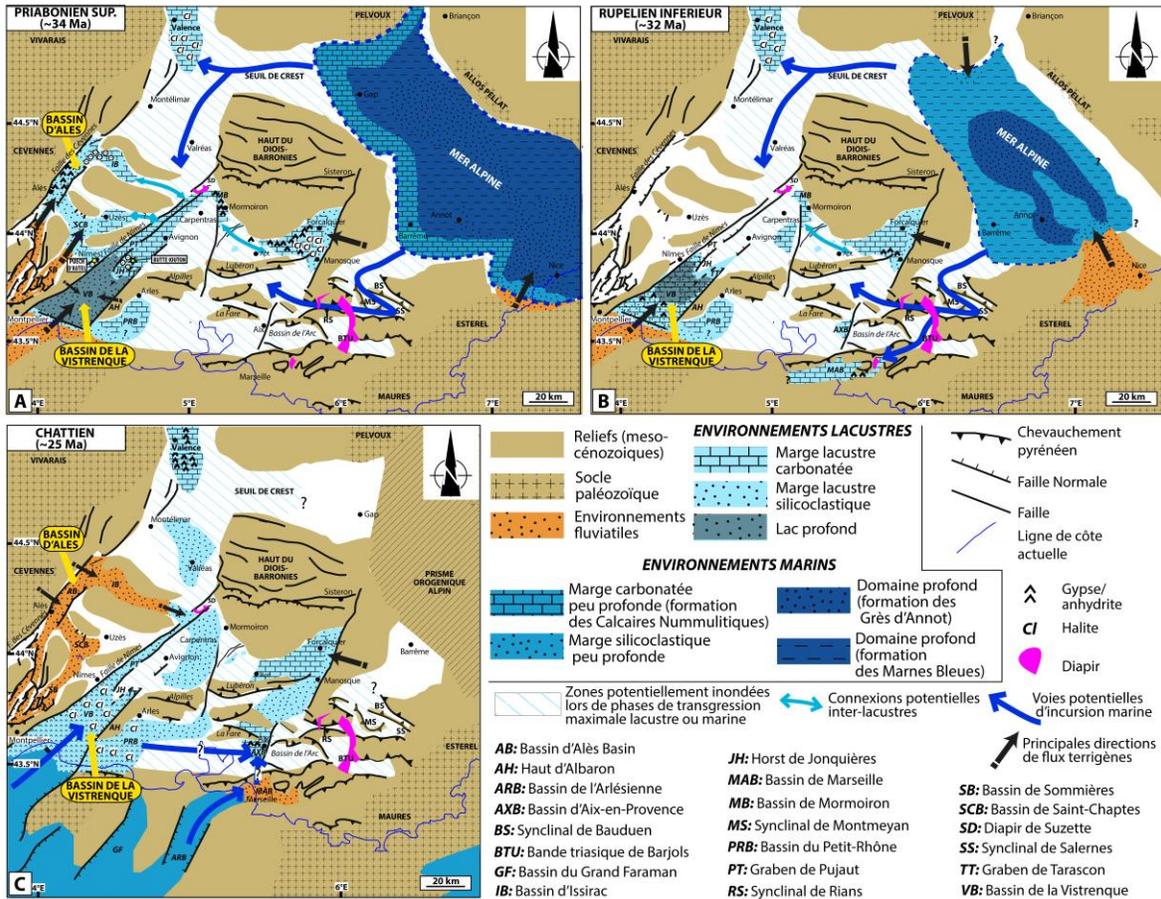
<sup>7</sup> National Institute of Marine Geology and Geo-Ecology, 23–25 Strada Dimitrie Onciul, 70318 Bucarest, Roumanie

La sédimentation lacustre ancienne est propice à l'enregistrement des changements paléoclimatiques et paléogéographiques. L'analyse sédimentologique, stratigraphique, géochimique, et micro-paléontologique des séries sédimentaires continentales permet de restituer les paléoenvironnements de dépôt et de fournir des estimations paléoclimatiques (salinité, température, précipitations, bilan hydrique). Cette approche pluridisciplinaire a été utilisée dans les bassins du Languedoc et de la Camargue pour déchiffrer les épaisses séries lacustres paléogènes qui se sont accumulées dans ces aires subsidentes, en particulier à l'Eocène supérieur et l'Oligocène. Il s'agit d'une période-charnière dans l'histoire climatique globale du Cénozoïque (transition Eocène-Oligocène : *EOT*) et dans l'évolution tectonique régionale (transition entre la compression pyrénéenne et le *rifting* liguro-provençal).

## Le bassin d'Alès et les bassins adjacents (Saint-Chaptes et Issirac) : enregistrements climatiques pré-EOT

Le bassin d'Alès, d'orientation NE-SW, s'étend le long de la faille des Cévennes et comprend deux diverticules au Nord et au Sud : les sous-bassins d'Issirac et de Saint-Chaptes (**Fig. 1**).

Le remplissage est d'âge priabonien basal (Eocène supérieur) à chattien (oligocène supérieur). La série priabonienne est continentale, à dominante lacustre, incluant des dépôts carbonatés, silicoclastiques et évaporitiques. Elle est surmontée en discordance par une série fluvio-lacustre silicoclastique d'âge rupélien supérieur à chattien. Les dépôts continentaux du Priabonien abritent de riches gisements de vertébrés fossiles (zones à mammifères MP17 à MP19) ainsi que des sites à macrorestes végétaux à l'instar de celui de Célas qui constitue une localité paléobotanique de référence pour le Paléogène européen. L'abondance de foraminifères benthiques et de mollusques d'affinité saumâtre dans l'ensemble de la série montre que des conditions salines ont persisté durant tout le Priabonien.



**Figure 1 :** Reconstitutions paléogéographiques du Sud-Est de la France, **A**) au Priabonien supérieur (~34 Ma), **B**) au Rupélien inférieur (~32Ma) et **C**) au Chattien (~25 Ma). Modifié d'après Semmani et al. (2023).

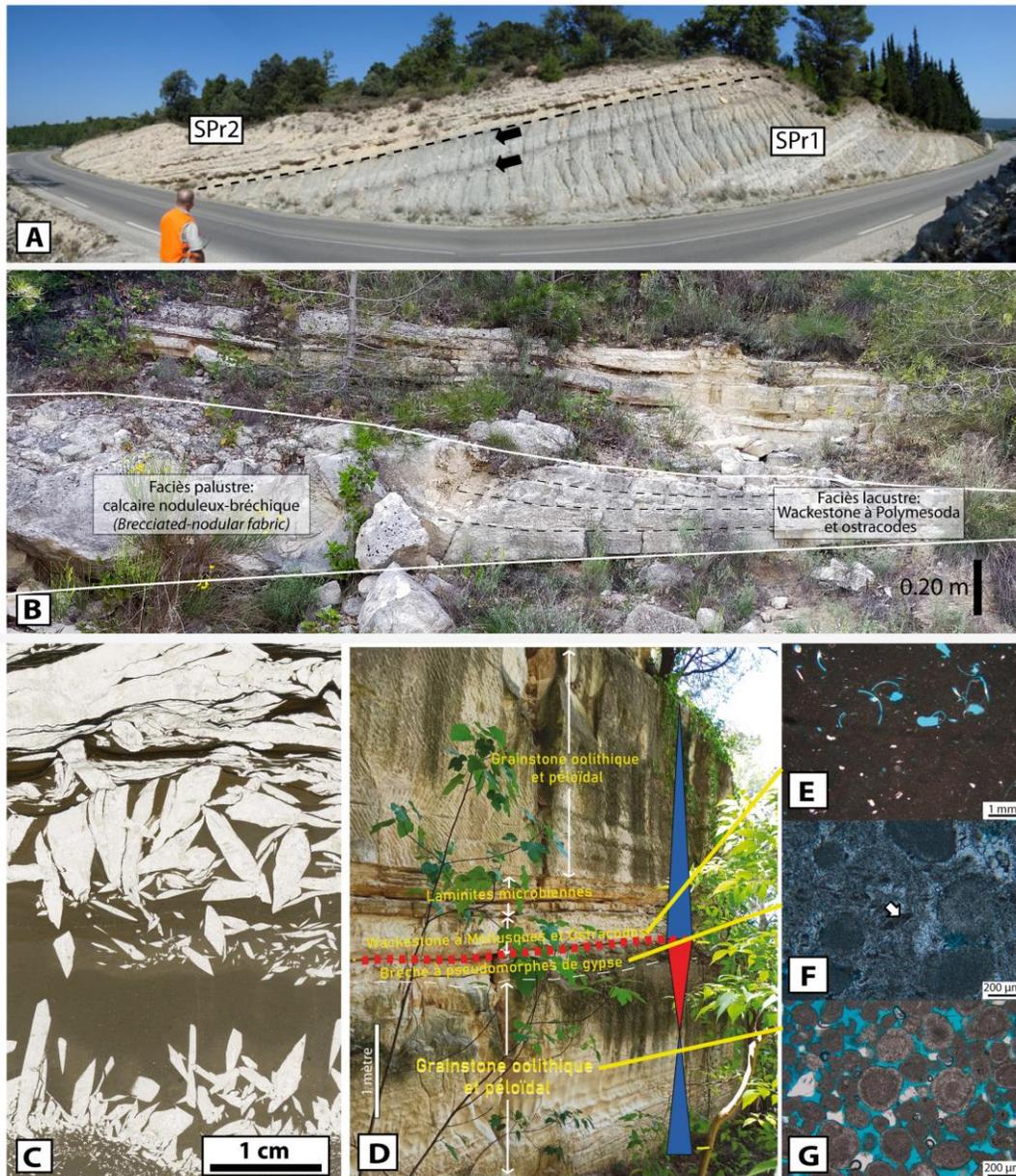
Les variations climatiques durant cet intervalle de temps ont été enregistrées avec des périodes à climat humide-perhumide (précipitations >800 mm) marquées par l'accumulation de faisceaux charbonneux (**Fig. 2A**), des phases climatiques subhumides (précipitations entre 600 et 800 mm), à saisons bien contrastées, caractérisées par le développement de paléosols et de faciès palustres carbonatés sur les bordures du lac (**Fig. 2B**). Deux phases d'aridification maximale s'expriment dans le dépointe du bassin par le dépôt d'alternances de lamines de gypse et d'anhydrite (bassin d'Alès : **Fig. 2C**) et de mudstones carbonatés, alors qu'elles s'enregistrent sur les bordures (bassin d'Issirac) par une brèche à pseudomorphes de gypse.

Pendant les phases d'expansion du lac priabonien, les assemblages de pollens indiquent un climat perhumide (précipitations >1200 mm), mésotropical (index de thermicité  $It^1$  entre 320 et 470) à thermotropical ( $490 < It < 690$ ). L'étude taphonomique des macrorestes végétaux dans des dépôts de différents environnements lacustres dont des barres d'embouchure a de plus permis de reconstituer la végétation et les paléo-paysages des berges du lacs et de son bassin-versant au Priabonien supérieur qui témoignent également d'un climat humide : la surface du lac pouvait être couverte de plantes aquatiques, et les berges par une végétation riparienne<sup>2</sup> à fougères, conifères hygrophiles (*Doliosrobos*), Lauracées, Malvacées, Myricacées et palmiers. Les aires plus éloignées des berges du lac étaient occupées par une forêt ouverte à jujubiers et légumineuses. La flore pollinique

<sup>1</sup> Index de thermicité,  $It = (T + M + m) \cdot 10$ , où T : température moyenne annuelle, M : température maximale moyenne du mois le plus froid, m : température minimale moyenne du mois le plus froid.

<sup>2</sup> Végétation de bordure de cours d'eau

confirme la présence de végétaux aquatiques sur les bords du lac parsemés de bosquets de mangrove à *Avicennia* qui indiquent de nettes influences marines confirmées aussi par des kystes de dinoflagellés. La forêt de basse altitude apparaît luxuriante et très diversifiée à travers le témoignage pollinique. Les assemblages polliniques permettent aussi de caractériser la végétation des reliefs, essentiellement constituée par des gymnospermes.



**Figure 2 :** **A)** bassin de Saint-Chaptes : affleurement du bord de la route D981 (Serre de Cauvel) montrant les dépôts silto-gréseux de barre d'embouchure lacustre et deux faisceaux ligniteux (flèches noires) au sommet de la séquence SPr1 (sensu Lettéron *et al.*, 2022) du Priabonien inférieur et les calcaires à dominante microbienne, riches en foraminifères benthiques de la base de la séquence SPr2 du Priabonien inférieur à moyen) ; **B)** bassin de Saint-Chaptes : transition latérale des faciès carbonatés palustres (*brecciated-nodular fabric*) aux calcaires en plaquettes lacustres marginaux (wackestone à *Polymesoda* et ostracodes), Saint-Maurice-de-Cazeveille, bordure de la route D120 ; **C)** bassin d'Alès : photographie de lame mince de cristaux de gypse à croissance verticale dans une boue dolomiticrite (Alès, séquence SPr3, Priabonien moyen à supérieur, puits Maruéjols-1) ; **D)** Butte Iouton, près de Beaucaire : calcaires de marge carbonatée lacustre, organisés en cycles de transgression-régression lacustre et présentant une succession verticale de wackestones à *Polymesoda* et ostracodes, laminites microbiennes et *grainstones* à oïdes et péloïdes ; **E-F-G)** Photographies de lames minces en lumière polarisée d'un *wackestone* à bivalves dissous et ostracodes (**E**), de croissances de cristaux de gypses (en pseudomorphose) en position intergranulaire dans un sable oolithique (**F**) et d'un *grainstone* oolithique (**G**).

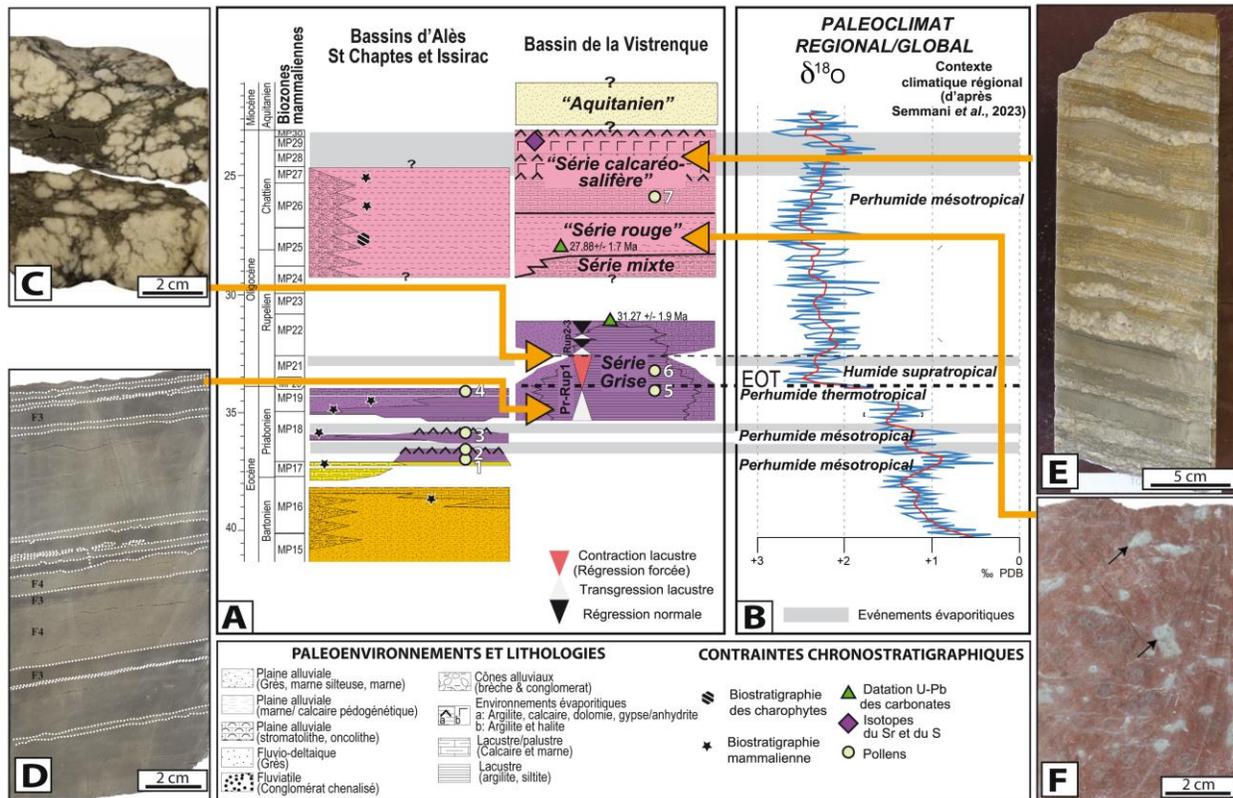
## Le bassin de Camargue : enregistrements climatiques syn- et post-EOT

Le bassin de la Vistrenque, situé en Camargue et bordé par la faille de Nîmes, représente le plus profond déposécentré cénozoïque du Sud-Est de la France, comportant plus de 3200 m de dépôts carbonatés, silicoclastiques et évaporitiques d'âge paléogène. Cette succession sédimentaire très dilatée, n'est pas affleurante et ne peut être étudiée que grâce à d'abondantes données de forage et des profils sismiques 2D issus d'anciennes campagnes d'exploration pétrolière. Seules quelques buttes-témoins, situées près de Beaucaire et à Nîmes, permettent d'étudier à l'affleurement ce qui constitue sa marge nord, carbonatée (**Fig. 2D-G**) : elles présentent un ensemble de calcaires à dominante oolithique (**Fig. 2G**) organisé en paraséquences métriques témoignant des cycles de transgression-régression du lac.

Dans le déposécentré, les datations de carbonates par l'uranium-plomb, ainsi que l'approche climatostratigraphique basée sur l'analyse pollinique et la modélisation géochimique des évaporites ont permis de construire un cadre chronostratigraphique robuste des séries étudiées qui s'échelonnent de l'Éocène supérieur à l'Oligocène supérieur. L'analyse des archives sédimentaires a mis en évidence quatre principales phases d'évolution du bassin (**Fig. 3A**) : 1) une phase transgressive à sédimentation lacustre profonde (Priabonien-Rupélien basal) où domine une dynamique gravitaire (**Fig. 3D**), correspond à une période de forte subsidence et de climat humide ; 2) une phase de régression forcée du lac (Rupélien inférieur), caractérisée par une réduction drastique des apports terrigènes et le dépôt d'anhydrite dans des sous-bassins compartimentalisés et déconnectés (**Fig. 3C**), conséquence d'une réduction des précipitations en lien avec le refroidissement global de la transition Eocène-Oligocène (**Fig. 3B**) ; 3) une phase de régression normale du lac et de comblement du bassin, du Rupélien moyen au Chattien inférieur, s'exprimant par une transition verticale évoluant de dépôts lacustres profonds gravitaires à des dépôts de marge lacustre puis de plaine d'inondation dans les formations de la « Série mixte » et de la « Série rouge » (**Fig. 3F**). Au cours du Chattien, un nouveau lac salin à sédimentation mixte carbonatée et évaporitique (halite et anhydrite : **Fig. 3E**) s'installe dans un fossé contrôlé par le jeu normal de la faille de Nîmes pendant la phase de *rifting* liguro-provençal.

## Incursions marines dans le Sud-Est de la France au Paléogène

La présence d'horizons évaporitiques, d'une faune de mollusques d'eau saumâtre et de la récurrence de foraminifères benthiques indiquent des environnements lacustres à salinité variable. La présence de nannofossiles calcaires, de kystes de dinoflagellés et de plantes halophiles, telles que les *Avicennia* et les Rhizophoraceae documentés par leur pollen, suggère quant à elle des intrusions d'eau salée d'origine marine dans les régions du Languedoc et de la Camargue du Priabonien au Rupélien inférieur. De plus, les signatures isotopiques du strontium et du soufre des sulfates de la « Série calcaréo-salifère indiquent des incursions d'eau marine dans le système lacustre de la Vistrenque au cours du Chattien. Au Priabonien et Rupélien inférieur, deux couloirs d'incursion marine sont envisagés (**Fig. 1A-B**) : 1) la haute vallée du Rhône via le seuil de Crest, 2) la basse vallée du Rhône via les synclinaux pyrénéens du Haut-Var. Au Chattien, les incursions marines dans la Vistrenque proviennent du Sud à la faveur de l'ouverture de fossés entaillant les reliefs pyrénéens et reliant les bassins de Camargue et du Languedoc à la Méditerranée occidentale (**Fig. 1C**).



**Figure 3 :** A) Charte de corrélation des dépôts du Bartonien à l'Aquitainien des d'Alès-Saint-Chaptès-Issirac et de la Vistrenque ; B) courbe d'évolution du  $\delta^{18}\text{O}$  des foraminifères benthiques d'après Westerhold et al. (2020) et paléoclimats régionaux (d'après Semmani et al., 2023) ; C) Nodules d'anhydrite au sein de marnes sombres marquant le maximum de régression lacustre au Rupélien inférieur (Puits Gallician-9) ; D) Bassin de la Vistrenque : alternance de grès turbiditiques (F4) et de marnes sombres (F3) (Priabonien supérieur à Rupélien inférieur, « Série grise », puits Vauvert-1) ; E) alternance de lits d'anhydrite et de marnes silteuses laminées (« Série calcaréo-salifère », Chattien) ; F) argilites calcaires à marmorisations (flèches noires) indiquant des processus pédogénétiques en plaine alluviale (« Série rouge », Rupélien terminal à Chattien). 1: Euzet, 2: Serre de Cauvel 3; 3: Maruéjols-1, 798m; 4: Montchamp; 5: Vauvert-1, 3200m; 6: Gallician-9, 2530m; 7: Gallician-1, 1648m.

## Enregistrement de la transition entre la phase de compression pyrénéenne et le *rifting* liguro-provençal

Au niveau régional, l'âge d'initiation des bassins associés au *rifting* liguro-provençal est compris entre le Rupélien supérieur et le Chattien inférieur. Les assemblages de mammifères fossiles des bassins nord-montpellierains permettent de contraindre le début de la phase de *rifting* pendant ou avant l'horizon MP25 (28,8-27,3 Ma). L'âge priabonien-rupélien inférieur à moyen de la « Série grise » dans le bassin de la Vistrenque suggère un dépôt antérieur à cette phase de *rifting*. La séquence inférieure de la « Série grise », extrêmement épaisse (jusqu'à 1 400 m) s'est accumulée en moins de 3,5 millions d'années (Fig. 3A) indiquant un bassin fortement subsident. Le mouvement en décrochement senestre de la faille de Nîmes, bordant le bassin de la Vistrenque, a été mis en évidence dans les bassins voisins nord-montpellierains et de Saint-Chaptès-Alès. Les séquences lacustres épaisses, en partie contemporaines, formant la « Série grise » dans le bassin de la Vistrenque sont donc susceptibles de s'être déposées dans un bassin en transtension résultant d'un mouvement en décrochement de la faille de Nîmes lors d'une phase transitionnelle entre le raccourcissement pyrénéen et le *rifting* liguro-provençal.

En revanche, l'âge U-Pb mesuré vers la base de la « Série rouge » ( $27,88 \pm 1,7$  Ma) est cohérent avec un dépôt syn-rift. De plus, le changement majeur dans la nature des apports (apparition d'éléments métamorphiques et plutoniques dans les dépôts détritiques) suggérant un changement significatif des zones de drainage et (ou) d'orientation du réseau hydrographique, ainsi que la préservation d'une série de plaine alluviale (« Série rouge ») constituent des arguments pour relier ces dépôts fluvio-lacustres à un stade précoce du *rifting* liguro-provençal. Dans la formation surincombante, d'âge chattien (« Série calcaréo-salifère »), les indices isotopiques d'incursions marines sont à mettre en relation avec des connexions vers la Méditerranée occidentale au Sud pendant la formation du rift liguro-provençal (**Fig. 1C**).

## REFERENCES

- Lettéron, A., Hamon, Y., Fournier, F., Demory, F., Séranne, M., Joseph, P., 2022. Stratigraphic architecture of a saline lake system: From lake depocentre (Alès Basin) to margins (Saint-Chaptes and Issirac basins), Eocene–Oligocene transition, south-east France. *Sedimentology*, 69, 2, 651-695.
- Semmani, N., Fournier, F., Suc, J.-P., Fauquette, S., Godeau, N., Guihou, A., Popescu, S.-M., Melinte-Dobrinescu, M., Thomazo, C., Marié, L., Deschamps, P., Borgomano, J., 2023. The Paleogene continental basins from SE France: New geographic and climatic insights from an integrated approach. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 615, 111452.
- Westerhold T, Marwan N, Drury AJ, Liebrand D, Agnini C, Anagnostou E, Barnet JSK, Bohaty SM, De Vleeschouwer D, Florin D, Lauretano V, Littler K, Lourens LJ, Lyle M, Pälike H, Röhl U, Tian J, Wilkens RH, Wilson P.A, Zachos JC. 2020. An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years. *Science* 369: 1383–1387.