



**HAL**  
open science

## Mouvements verticaux des fonds marins : la mémoire du sédiment et l'impact sur les courants et sur l'évolution biologique

Marina Rabineau, Romain Pellen, Massimo Bellucci, Maryline Moulin, Jean-Loup Rubino, Estelle Leroux, François Bache, Speranta-Maria Popescu, Suc Jean-Pierre, Gorini Christian, et al.

### ► To cite this version:

Marina Rabineau, Romain Pellen, Massimo Bellucci, Maryline Moulin, Jean-Loup Rubino, et al.. Mouvements verticaux des fonds marins : la mémoire du sédiment et l'impact sur les courants et sur l'évolution biologique. *Géochronique*, 2023. hal-04310182

**HAL Id: hal-04310182**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-04310182>**

Submitted on 27 Nov 2023

**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.

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

## **Mouvements verticaux des fonds marins : la mémoire du sédiment et l'impact sur les courants et sur l'évolution biologique**

**Marina Rabineau<sup>1</sup>, Romain Pellen<sup>1</sup>, Massimo Bellucci<sup>1</sup>, Maryline Moulin<sup>1</sup>, Jean-Loup Rubino<sup>2</sup>, Estelle Leroux<sup>1</sup>, François Bache<sup>3</sup>, Speranta-Maria Popescu<sup>4</sup>, Jean-Pierre Suc<sup>2</sup>, Christian Gorini<sup>2</sup>, Daniel Aslanian<sup>1</sup>**

1 Geo-Ocean, Univ Brest, CNRS, Ifremer, UMR6538, F-29280 Plouzane, France

2 Institut des Sciences de la Terre de Paris, UMR 7193, Univ. P. & M. Curie, Paris

3 Santos Limited, Adelaide, Australie

4 GeoBioStratData.Consulting, 69 Rillieux la Pape

**Les mouvements verticaux des fonds marins, mis à part la subsidence thermique qui les approfondit, ont souvent été négligés ; il se pourrait pourtant qu'ils aient un impact important sur les courants, par la création de seuils topographiques, et donc sur le paléoclimat, et même sur l'évolution biologique. Or, les sédiments qui recouvrent ces fonds océaniques sont en quelque sorte le Grimoire de la Terre car ils enregistrent tous les mouvements, à terre comme en mer, et même leur absence est significative. C'est à travers leur observation que les mouvements verticaux des fonds marins peuvent être étudiés et révéler de fortes surprises.**

### **1-Les mouvements verticaux et la formation des marges et des bassins océaniques**

Depuis les modèles classiques de [McKenzie \(1978\)](#) et [Wernicke \(1985\)](#), la compréhension de la formation des marges continentales passives et des océans, c'est-à-dire du processus d'amincissement de la lithosphère continentale jusqu'à la formation de nouvelle croûte océanique, induisant la subsidence différentielle de la marge et du bassin demeure un sujet majeur des Sciences de la Terre. C'est cette subsidence qui permet le remplissage sédimentaire et l'acquisition d'une morphologie typique plateforme-pente-bassin. Combinant les deux premières propositions, de nombreux modèles ont été proposés pour expliquer telle ou telle

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

autre marge. Ces modèles sont dits conservatifs car ils excluent tout échange entre le manteau sous-jacent et la croûte continentale et donnent un rôle passif au manteau ; ils supposent généralement une évolution polyphasée et un processus d'amincissement qui varie avec la profondeur,

Ces modèles impliquent un mouvement horizontal important très problématique entre les deux plaques lithosphériques en jeu (les deux côtés du système qui se brise), et rarement testé par des reconstructions paléogéographiques précises. D'autre part, la grande variété des morphologies des marges passives questionne en elle-même l'idée de l'unicité d'un processus de formation. Or, du processus d'amincissement des marges passives ou des bassins sédimentaires dépendent la subsidence, l'histoire thermique et l'évolution du remplissage sédimentaire. Enfin, il existe aussi des mouvements inverses, de soulèvements, intimement liés à des changements cinématiques, des réajustements isostatiques et (ou) des événements magmatiques associés, qui perturbent cette histoire que l'on veut croire généralement simple et unidirectionnelle, en particulier dans un souci de simplification pour les modélisations. Ces mouvements verticaux impactent naturellement l'enregistrement sédimentaire.

Nous verrons que l'évolution du remplissage sédimentaire est, en retour, une fenêtre sur la rhéologie de la lithosphère et le témoin essentiel des événements tectoniques passés.

## **2- Le sédiment : marqueur des mouvements verticaux**

La subsidence des marges est un prérequis à la préservation des sédiments ; de même, tout mouvement vertical de la marge impacte l'enregistrement sédimentaire, où il peut être évalué, quantifié et daté. Les marges conjuguées du Golfe du Lion et de la Sardaigne, qui forment un bassin quasi fermé, jeune et bien échantillonné, représentent le laboratoire naturel pour mettre au point et tester cette méthodologie.

### **2-1 Identification des paléo-rivages quaternaires : niveau zéro de la mer**

Dans le golfe du Lion, l'étude des structures de la croûte et de la sédimentation initiale (avec plusieurs surfaces d'érosions majeures identifiées et datées) a permis de montrer que la marge

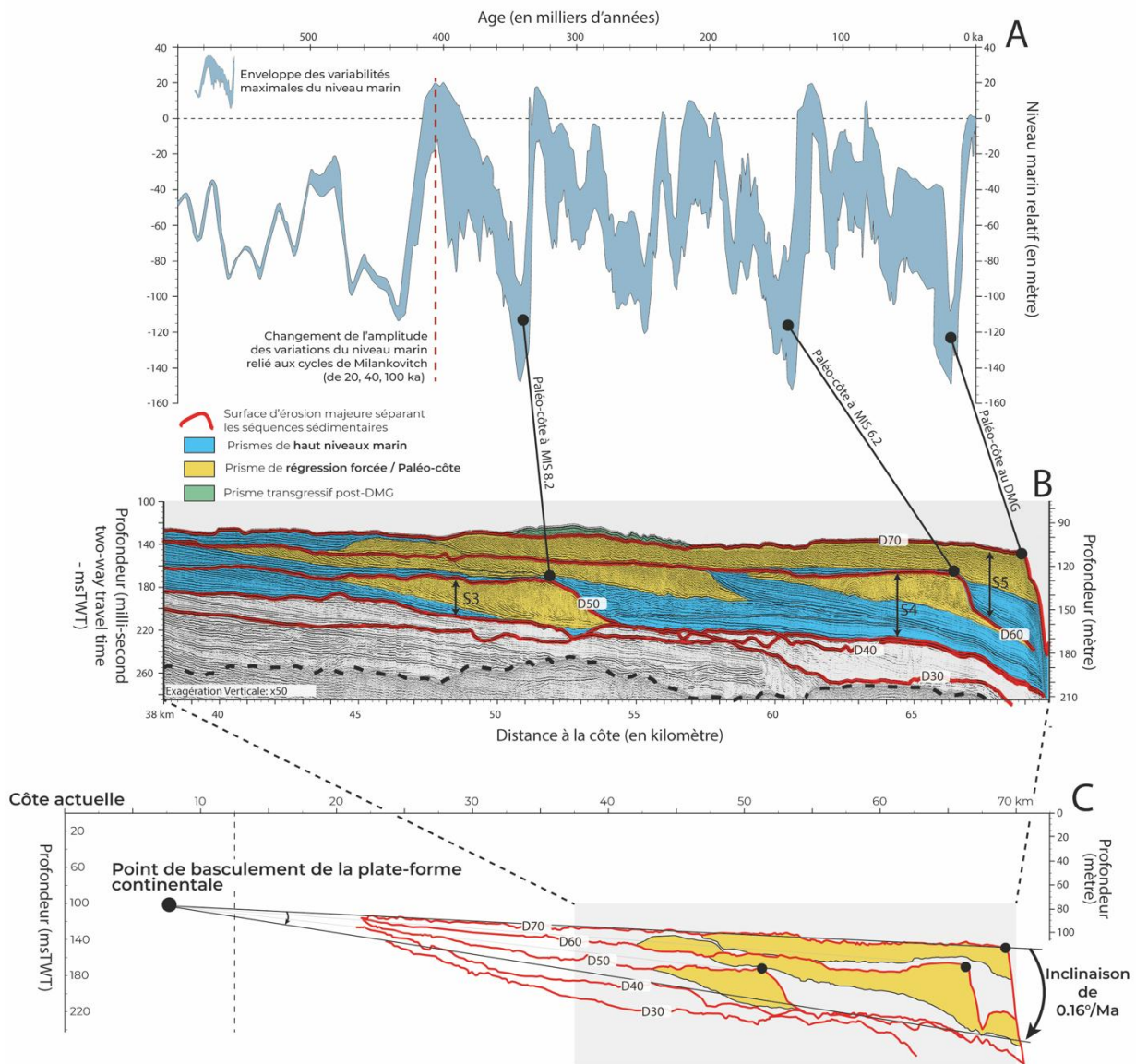
N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

restait en position haute jusqu'à l'Aquitaniien (23-20 Ma) : l'ensemble du substratum, mésozoïque et paléozoïque, paraît largement érodé. Cette érosion affecte l'ensemble de la marge, pratiquement jusqu'à la zone dite « transitionnelle ». Une position surélevée, aérienne, de cette zone jusqu'à la fin de l'épisode de *rifting* est ainsi mise en évidence. Cette position haute contraste avec la zone camarguaise où un important bassin *synrift* oligocène est connu et est en contradiction avec les modèles de subsidence les plus employés. À partir de l'Aquitaniien (fin du *rifting*), la rupture semble limitée à une zone étroite d'environ 50 km et l'ensemble du Golfe du Lion s'affaisse alors suivant le modèle décrit pour le segment central de l'Atlantique sud. Cette position haute, anormale par rapport aux modèles en cours, a été observée sur bien d'autres marges et semble être un caractère primordial.

En Méditerranée, l'événement messinien constitue un autre paléo-marqueur bathymétrique (surface d'érosion subaérienne) important pour les reconstitutions de l'évolution verticale de la marge au cours du temps ([voir ci-dessous](#) et le N° 151 de Géochronique dédié à ce sujet).

À plus petite échelle, l'étude détaillée des architectures sédimentaires et des faciès permet, par combinaison des géométries, des carottages et de la modélisation stratigraphique, de montrer que les séquences de dépôts préservées sur la plate-forme externe correspondent aux cycles climatiques de 100 000 ans ([fig. 6-1](#)). Les cinq surfaces d'érosion identifiées dans la zone (D30, D40, D50, D60 et D70 – D pour Discontinuité sédimentaire) ([fig. 6-1 B et C](#)) correspondent donc aux maxima glaciaires MIS12 (pour Marine Isotope Stages), MIS10, MIS8, MIS6, et MIS2 respectivement ([fig. 6-1 A](#)) avec la préservation des paléo-plages glaciaires (montrant donc le niveau zéro de la mer) à la limite actuelle plateforme-pente. Cette évolution géomorphologique récurrente, liée aux variations du niveau de la mer, induit bien entendu des changements majeurs dans l'organisation des courants méditerranéens avec la quasi-absence du plateau continental aux maxima glaciaires et un apport plus direct des sédiments vers le bassin profond (via les canyons sous-marins).

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722



**Fig. 6-1.** - Les paléo-rivages des derniers 500 000 ans sont des marqueurs paléobathymétriques. Chaque paléo-surface d'érosion (en rouge, **fig. 6-1 B et C**) se trouve au toit d'un même motif sédimentaire de dépôt représentant la progradation d'un prisme bleu (de haut niveau marin) vers un prisme jaune régressif correspondant à la chute ultime du niveau marin au Dernier Maximum Glaciaire (DMG) d'une plage-front de delta (**fig. 6-1 A**). Le point ultime de progradation (point noir) correspond au niveau zéro de la mer au maximum glaciaire (c-à-d à l'époque de sa formation). Ce marqueur bathymétrique permet subséquemment de quantifier la subsidence (mouvement vertical d'enfouissement) entre son époque de dépôt et l'Actuel (**fig. 6-1 C**) (voir paragraphe 2.2) (modifié de Rabineau *et al.*, 2005 & 2006).

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

## 2-2 Des paléo-rivages à la mesure des mouvements verticaux :

L'organisation en 3D de l'empilement des surfaces sédimentaires permet de surcroît de proposer une mesure directe des mouvements verticaux tels qu'imaginés sur la sismique réflexion avec un minimum d'hypothèses théoriques. Les surfaces d'érosion liées aux cycles de 100 000 ans montrent par exemple une inclinaison générale des surfaces vers le bassin. L'ampleur de cette inclinaison augmente en profondeur et reflète la subsidence continue au cours du temps de la plate-forme. La simple mesure de cet angle de basculement permet de décrire la subsidence dans l'espace comme un basculement autour d'un point de rotation situé proche de la côte, atteignant 250 m/Ma en rebord de plate-forme et constant au cours des derniers 500 000 ans (fig. 6-1 C).

L'application de cette méthodologie a permis de mesurer les taux de subsidence de la plate-forme à l'échelle du Quaternaire supérieur, de l'ensemble Pliocène et Pléistocène ainsi que du Messinien, tout comme de l'Oligocène et du Miocène.

Ainsi, la géométrie des dépôts nous fournit-elle de précieux indicateurs des mouvements verticaux ayant affecté les sédiments depuis l'ouverture du bassin.

À l'échelle de la marge, trois domaines différents et successifs de subsidence sont distingués : les domaines de plate-forme, de pente (où la subsidence prend la forme d'un basculement plus important) et le bassin profond (qui s'affaisse de façon purement verticale) (fig. 6-2).

Ces trois domaines sont ainsi définis : le premier, situé entre 15 à 20 km en amont du trait de côte actuel et la rupture de pente de l'actuel plateau, montre une subsidence différentielle dans l'espace, en basculement (fig. 6-1 C, fig. 6-2) ; le deuxième, entre la rupture de pente de l'actuel plateau et le domaine profond, accuse une pente et un basculement beaucoup plus important ; enfin le troisième, situé dans le bassin profond montre une subsidence purement verticale, sans basculement (fig. 6-2). Ces trois domaines sont ainsi encadrés par des lignes charnières (*hinge-lines*), qui indiquent le passage d'un type de subsidence à l'autre. Or, il se trouve que ces lignes charnières correspondent aux limites de la segmentation crustale qui passe d'un substratum très légèrement aminci à une zone très mince de croûte atypique *via* une

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

zone d'amincissement principal (la *Necking zone*). Les enregistrements sédimentaires, même très récents, sont ainsi directement reliés, au moins dans le Golfe du Lion, à la structure profonde et représentent des « fenêtres » sur les processus géodynamiques profonds.

Dans le détail, l'analyse des marqueurs miocènes antérieurs à la surface d'érosion messinienne, se trouvent aujourd'hui à l'horizontale malgré la subsidence Pliocène-Quaternaire postérieure. Ils nous permettent de proposer, pour la première fois, une mesure directe du rebond glacio-isostatique sur le rebord de la plate-forme, lié à l'événement messinien et à la baisse catastrophique du niveau de la mer. Celui-ci s'élève à 1,3 km dans cette zone de bordure de plate-forme, soit **1830 m/Ma** de soulèvement (*uplift*), en considérant la durée maximale de la crise messinienne de 700 000 ans, donnée par la synthèse CIESM, 2008. Cette valeur est forte, mais en fait, du même ordre de grandeur que celle des rebonds glacio-isostatiques quaternaires. A noter que ce rebond stoppe au Pliocène et est remplacé par une subsidence en forme de basculement vers le large qui perdure jusqu'à l'actuel (voir ci-dessus et fig. 6.1). Ces mesures devraient être étendues en 3D et conduire aussi à de nouvelles modélisations isostatiques, sur la base de ces nouvelles quantifications.

### **3- Des mouvements verticaux aux impacts océanographiques et biologiques.**

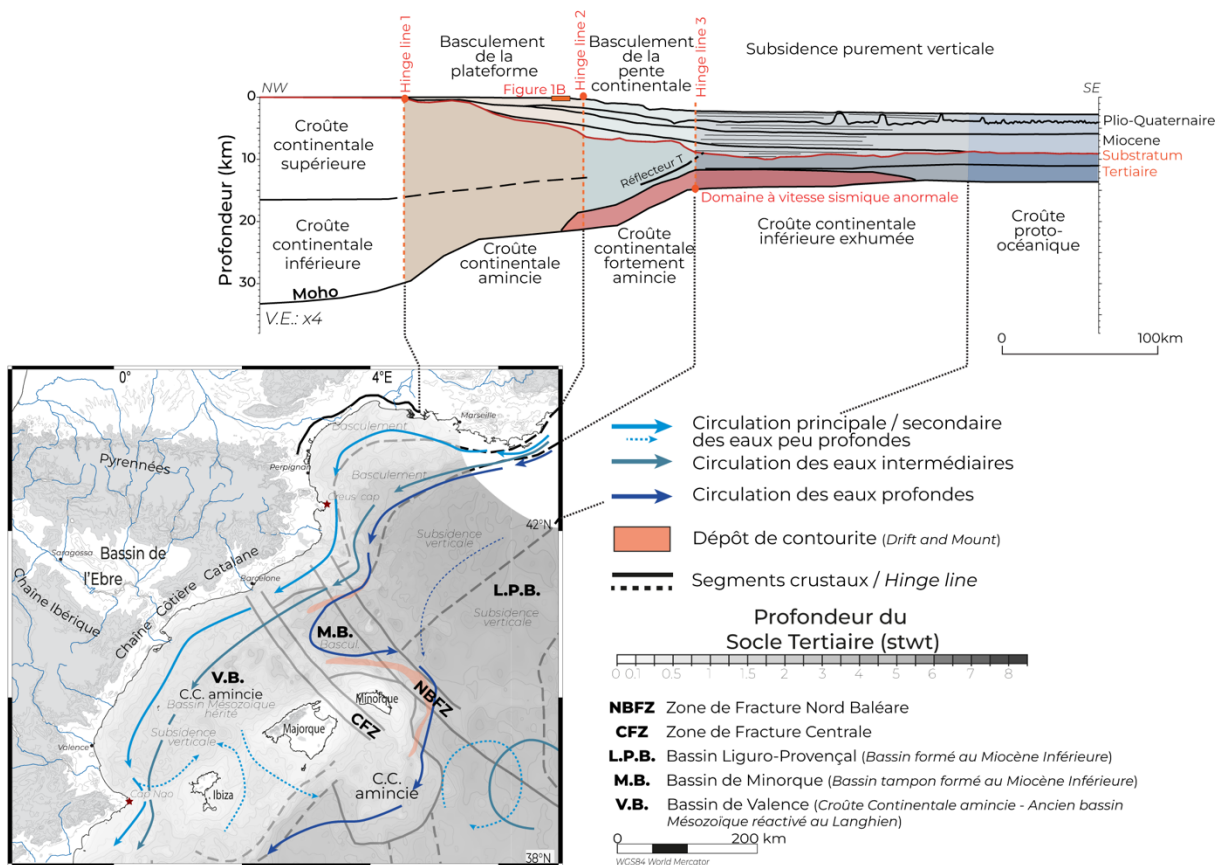
#### **3.1 Conséquence des mouvements sur l'évolution des seuils et des courants**

Un exemple évident de l'impact des mouvements verticaux et horizontaux est donné par le cas extrême de la Méditerranée pendant l'événement messinien (voir par exemple dans le N° 151 de Géochronique). Les mouvements tectoniques, conséquence d'une révolution cinématique globale autour de 6 Ma ont conduit à la fermeture des connexions Atlantique-Méditerranée et donc au quasi-assèchement de la Méditerranée, modifiant bien évidemment toute l'organisation des courants à cette époque et transportant des quantités énormes de sédiments au fond des bassins.



N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

Dans le bassin de Valence, l'existence d'un sous-bassin, le bassin de Minorque, a été démontrée par l'interprétation détaillée des séquences du Miocène à l'Actuel. Ce bassin joue un rôle de tampon (*buffer zone*) entre le Golfe du Lion et le bassin de Valence s.s. avec des zones d'accommodation en paliers séparées par les zones de fractures. L'existence de ce bassin intermédiaire induit des structures sédimentaires spécifiques (appelées contourites) créées par les courants dès la fin de l'épisode messinien (fig. 6-2).



**Fig. 6-2.** - Les différents domaines de subsidence de la marge du golfe du Lion: en vue verticale (modifiée de Leroux *et al.* 2015) et en plan. Les flèches bleues représentent la circulation de surface, intermédiaire et profonde et le dépôt local/régional de contourites dans le sous-bassin spécifique de Minorque (modifiée de Pellen *et al.* 2016 ; 2019 ; Miramontes *et al.*, 2019).

Les courants de fond peuvent avoir une influence très importante sur la morphologie des marges continentales à grande échelle, comme le proposent Mosher *et al.* (2017) en



N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

construisant des structures contouritiques sur la pente et en domaine profond, associées à des érosions localisées (les « *moats* »). Mais, à un ordre de grandeur supérieur, nous pensons que les changements de morphologie, de paléogéographie et de paléo-bathymétrie, en particulier dans des zones seuils entre bassins océaniques, impactent drastiquement les courants globaux et en retour peuvent influencer aussi l'évolution paléoclimatique. C'est tout le sens des nombreuses études actuelles sur les seuils (« *Gateways* »).

### **3.2 Conséquence des mouvements verticaux sur l'évolution et les colonisations biologiques : exemple de Madagascar**

Ces seuils et détroits sont donc à la fois liés à la géodynamique (soulèvement, magmatisme, subsidence), à la courantologie et aux processus sédimentaires. Leur étude nécessite donc l'approche la plus holistique possible. Mais ces seuils peuvent avoir des conséquences sur d'autres questionnements scientifiques qui peuvent sembler plus éloignés *a priori*. C'est le cas du problème de la colonisation puis de l'évolution endémique de la flore et de la faune de l'île de Madagascar. La présence d'organismes d'affinité africaine, arrivés après 120 Ma, alors que la position de l'île était déjà celle que nous connaissons aujourd'hui, c'est-à-dire à plus de 450 km de l'Afrique, est énigmatique dans de telles conditions d'éloignement entre les continents et de profondeur du bassin les séparant. La seule hypothèse jusqu'à une période très récente, dite du radeau (« *Rafting* ») invoquait une traversée sur des morceaux de terre et (ou) d'arbres arrachés du continent africain lors de fortes et sporadiques tempêtes et se retrouvant après plus de 40 jours sur les côtes de Madagascar. Cette hypothèse est extrêmement problématique du point de vue physiologique (surtout pour des mammifères) et océanographique (les tempêtes sont supposées de courte durée et les courants globaux sont plutôt dirigés vers le sud, le long de la côte du Mozambique, que vers l'est, vers Madagascar).

La combinaison de nos savoirs en sciences de la Terre, océanographie et biologie nous a permis de démontrer l'existence de phases de surrection verticale en domaine marin, dans une zone géodynamique dite tampon, la ride de Davie et ses branches adjacentes, lors de trois phases de révolutions géodynamiques globales et cycliques. Celles-ci ont induit trois époques de soulèvement à l'origine de moments de colonisation et de dispersion fournissant une explication claire et robuste aux interrogations sur la faune et la flore de Madagascar. Chacune

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

de ces périodes de brève connexion terrestre (<5 millions d'années) ont par ailleurs donné lieu sur Madagascar à des épisodes d'harmonisation phylogénétique des végétaux insulaires et continentaux bien identifiés dans la restitution historique de la flore malgache. La récente étude des assemblages polliniques sur le site de forage DSDP 242 indique ainsi des ceintures de végétation depuis le littoral jusqu'au haut relief, c'est-à-dire depuis la mangrove jusqu'aux forêts de montagnes, y compris la végétation de basse altitude intermédiaire.

Un exemple similaire du rôle des événements volcano-tectoniques sur les échanges fauniques a d'ailleurs aussi été proposé en Méditerranée.

## CONCLUSION

Réceptacles des produits de l'érosion continentale, les marges passives accumulent un enregistrement sédimentaire qui dépend du flux sédimentaire et de l'accommodation liée aux variations globales du niveau de la mer et à la subsidence. La pile sédimentaire conserve ainsi dans son architecture l'enregistrement des mouvements verticaux de la marge. Ainsi, l'histoire racontée par les archives sédimentaires nous renseigne-t-elle sur l'érosion et les variations du climat, mais aussi sur l'histoire de la subsidence et des événements tectoniques (rebond, déplacement de masses de dépôts remaniés). Cette histoire des mouvements verticaux, liée à la segmentation du substratum et à la rhéologie de la lithosphère, a fortement affecté les courants océanographiques et a pu entraîner l'émersion de barrières temporaires qui peuvent faciliter la colonisation biologique d'îles ou de morceaux de continent.

## Références.

- Ali, J.R., Huber, M. 2010. Mammalian biodiversity on Madagascar controlled by ocean currents. *Nature* 463, 653–656. doi:10.1038/nature08706
- Aslanian, D., Moulin, M., Olivet, J-L., Unternehr, P., Bache, F., Rabineau, M., Matias, L., Nouzé, H., Klingelhofer, F., Contrucci, I. and Labails, C., 2009. Brazilian and African

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

passive margins of the Central Segment of the South Atlantic Ocean: kinematic constraints, *Tectonophysics*, 468, 98-112.

Aslanian, D., Moulin, M., 2012. Paleogeographic consequences of conservational models in the South Atlantic Ocean, *Geological Society, London, Special Publications*, V. 369, Feb 29, 2012, doi 10.1144/SP369.5

Aslanian, Daniel, Moulin Maryline, Schnurle Philippe, Evain Mikael, Afilhado Alexandra, Rabineau Marina (2019). Passive Margin and Continental Basin: Towards a New Paradigm. In Rossetti F. et al. (eds) *The Structural Geology Contribution to the Africa-Eurasia Geology: Basement and Reservoir Structure, Ore Mineralisation and Tectonic Modelling. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development)*. Springer, Cham, pp.333-336 (Springer Nature). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01455-1\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01455-1_73)

Aslanian, D., Rabineau, M., Leroux, E., Pellen, R., Moulin, M., Suc, J-P. Des crises récentes. La crise messinienne, point de vue géodynamique. *Géochronique*, Société géologique de France et BRGM, 2019, Paléoenvironnements méditerranéens (151), p. 31-33.

Aslanian, D., Moulin, M., Rabineau, M., Schnürle, P., Leroux, E., Pellen, R. & Thompson J. (2022). Major Kinematic Revolutions: The Underside of the Maps. In: M. Meghraoui et al. (eds) *Advances in Geophysics, Tectonics and Petroleum Geosciences. CAJG 2019. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73026-0\\_119](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73026-0_119).

Aslanian, D., Pellen, R., Rabineau, M., Moulin, M., Leroux, E., Delaunay, A., Baby, G., Courgeon, S., Linol, B., Suc, J.-P., Popescu, S., Fauquette, S., Mazza, P.P.A., Couette, S., Delpero, M., Huck, T., Penven, P., Le Hir, T., Zhang, Y., Génin, F., Masters, J. soumis à earth science Reviews, Testing the hypothesis of occasional land bridges to explain recurrent colonization episodes of Madagascar by African vertebrates: a tribute to the late Judith Masters and Fabien Génin.

Aslanian, D., Pellen, R., Masters, J., Genin, F., Rabineau, M., Mazza, P., Moulin, M., Thompson, J., Suc, J.-P., Popescu, S. M., Fauquette, S., Linol, B., Doucouré, M., Huck, T., Penven, P., Le Hir, T. & Zhang, Y., L'endémisme de Madagascar : démonstration d'une méthode holistique, *PANGAEA N° 42*, Avril 2022

Bache F., Olivet J.-L., Gorini F., Rabineau M., Baztan J., Aslanian D., Suc J.-P., 2009. Messinian Erosional and Salinity Crises: View from the Provence Basin (Gulf of Lions, Western Mediterranean). *Earth and Planetary Science Letters*, 286, 139-157.

Bache, F., Olivet, J-L, Gorini, C., Aslanian, D., Labails, C., Rabineau, M. Evolution of rifted continental margins: the case of the Gulf of Lions (Western Mediterranean Basin), 2010 *Earth and Planetary Science Letters*, 292, 3-4, p.345-356

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

Booth-Rea, G., R Ranero, C. and Grevemeyer, I., 2018. The Alboran volcanic-arc modulated the Messinian faunal exchange and salinity crisis. *Scientific Reports*, 8(1), pp.1-14.

Ehlers, J., Gibbard, P. L. (2004). "Quaternary Glaciations - Extent and Chronology Part I: Europe." Elsevier, Amsterdam.

Génin, F., Mazza, P., Pellen, R., Rabineau, M., Aslanian D., Masters, J. (2022). Co-evolution assists geographic dispersal: the case of Madagascar. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2022.

Gorini C., Montadert L., Rabineau M., 2015. New imaging of the salinity crisis: dual Messinian lowstand megasequences recorded in the deep basin of both the eastern and western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 66, 278-294.

Labails, C., Jean-Louis Olivet, Daniel Aslanian, Frauke Klingelhoefer, Maryline Moulin, Patrick Unternehr and the "Geodynamic group" (dont M. Rabineau), Deep crustal structure of the SW-Moroccan margin from wide-angle and reflection seismic data (The DAKHLA experiment). Part B: the tectonic heritage, Tectonophysics, Special issue: Role of the magmatism, 2009

Leroux, E., Aslanian, D., Rabineau, M., M. Moulin, D. Granjeon, C. Gorini, L. Droz, 2015. Sedimentary markers in the Provencal Basin (western Mediterranean): a window into deep geodynamic processes. *Terra Nova* 27, 122-129.

Leroux E., Aslanian D., Rabineau M., Pellen R., Moulin M., 2018. The late Messinian event: a worldwide tectonic revolution. *Terra Nova*, 30, 207-214.

Masters, J.C., Génin, F., Pellen, R., Mazza, P., Zhang, Y.R., Huck, T., Rabineau, M., Aslanian, D. 2022. Geodispersal as a biogeographic mechanism for Cenozoic exchanges between Madagascar and Africa. In: Goodman, S.M. (Ed.), *The New Natural History of Madagascar*. Princeton University Press, Princeton, 78–81.

Masters, J.C., Génin, F., Zhang, Y.R., Pellen, R., Huck, T., Mazza, P.P.A., Rabineau, M., Doucouré, M, Aslanian, D. 2021. Biogeographic mechanisms involved in the colonization of Madagascar by African vertebrates: rifting, rafting and runways. *J. Biogeogr.* 48, 492–510.

McKenzie. D., 1978. "Some remarks on the development of sedimentary basins", *Earth and Planetary Science Letters*. 40, 1: 25-32

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

- Miramontes, E., Garreau, P., Caillaud, M., Jouet, G., Pellen, R., Hernández-Molina, F.J., Clare, M., and Cattaneo, A., 2018. Contourite distribution and bottom currents in the NW Mediterranean Sea: Coupling seafloor, geomorphology and hydrodynamic modelling. *Geomorphology*, 333, 43-60.
- Mosher, D., D. Campbell, J. Gardner, D. Piper, J. Chaytor, and M. Rebesco, 2017, The role of deep-water sedimentary processes in shaping a continental margin: The Northwest Atlantic, *Marine Geology*, doi: 10.1016/j.margeo.2017.08.018.
- Moulin, M., Aslanian, D., Olivet, J-L., Contrucci, I., Matias, L., Géli, L., Klingelhoefer, F., Nouzé, H., Réhault, J.-P., Unternehr, P., 2005. Geological constraints on the evolution of the Angolan margin based on reflection and refraction seismic data (ZaiAngo project), *Geophysical Journal International*, 162, 793-810.
- Moulin M., F. Klingelhoefer, A. Afilhado, D. Aslanian, P. Schnurle, H. Nouzé, M. Rabineau, M.O. Beslier, A. Feld., 2015, Deep crustal structure across an young passive margin from wide-angle and reflection seismic data (The SARDINIA Experiment) - I. Gulf of Lion's margin, Submitted *BSGF, ILP Special volume*
- Moulin, M., Aslanian, D., Evain, M., Leprêtre, A., Schnurle, P., Verrier, F., Thompson, J., De Clarens, P., Dias, and the PAMELA-MOZ35 team, Gondwana breakup and passive margin genesis: Messages from the Natal Valley, *Terra Nova*, 32:205–214. 2020. <https://doi.org/10.1111/ter.12448>
- Pellen, R., Aslanian, D., Rabineau, M., Leroux, E., Gorini, C., Silenzario, C., Blanpied, C., Rubino J-L., 2016. The Minorca Basin: a buffer zone between Valencia and Provençal Basins, *Terra Nova*, vol. 28, 4, p.245-256. doi: 10.1111/ter.12215
- Pellen R., Aslanian, D., Rabineau, M., Suc, J.-P., Gorini, C., Leroux, E., Blanpied, C., Silenziario, C., Popescu S.-M., Rubino, J.-L., 2019. Unravelling the Ebro paradox. *Global and Planetary Change*, 181, 102988.
- Pellen, R., Aslanian, D., Rabineau, M., 2022. Reconstruction of land-sea DTMs at several geological periods: example of the Mozambique Channel and Madagascar. *SEANOE*, <https://doi.org/10.17882/89892>.

N°	Reçu le		9/01	10/01	17/01		Nb ca + esp
165	09/01/2023	DR 9/01	FDr	EJ	BF		16 722

Péron-Pindivic, G. & Manatschal, G., 2009 . The final rifting evolution at deep magma-poor passive margins from Iberia-Newfoundland: a new point of view. *Int. J. Earth Sci.*, doi:10.1007/s00531-008-0337-9.

Rabineau, M., 2001 : un modèle géométrique des séquences de dépôts sur la marge du Golfe du Lion : enregistrement des cycles climatiques de 100,000 ans, thèse de Doctorat, Université de Rennes et IFREMER, 392 + 70 pp (2 vols), <http://www.ifremer.fr/docelec/>.

Rabineau, M., Berné, S., Aslanian, D., Olivet J-L., Joseph, P., Guillocheau, F., Bourillet, J-F., Ledrezen, E., Granjeon, D., 2005 : Sedimentary sequences in the Gulf of Lions : a record of 100,000 years climatic cycles, *Marine and Petroleum Geology*, 22, p. 775-804).

Rabineau, M., S. Berné, J-L Olivet, D. Aslanian, P. Joseph, F. Guillocheau, 2006 : Paleosea levels reconsidered from direct observation of paleoshoreline position during Glacial Maxima (for the last 500 000 yr) (*Earth and Planetary Science Letters*, Volume: 252 Issue: 1-2 Pages: 119-137 DOI: 10.1016/j.epsl.2006.09.033 Published: NOV 30 2006.

Rabineau, M., Leroux, E., Aslanian, D., Bache, F., Gorini, C., Moulin, M., Molliex, S., Droz, L., Dos Reis, T., Rubino, J-L., Olivet, J-L., 2014. Quantifying Subsidence and Isostasy using paleobathymetric markers : example from the Gulf of Lion, *EPSL*, vol. 388, p. 353-366.

Schnurle, P., Leprêtre, A., Evain, M., Verrier, F., de Clarens, P., Thompson, J., Dias, N., Afilhado, A., Loureiro, A., Leroy, S., d'Acremont, E. Aslanian, D., Moulin, M. Crustal structure of the South Mozambique Margin to South Mozambique Ridge from combined wide-angle and reflection seismic data, *Earth and Space Science*, in press

Suc, J-P. Christian Gorini, Rabineau, M., Rubino, J-L, Speranta-Maria Popescu, Estelle Leroux, et al. La Crise de salinité messinienne. *Géochronique*, Société géologique de France et BRGM, 2019, Paléoenvironnements méditerranéens (151), p. 24-30.

Wernicke, B., 1985. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Can. Journal of Earth Sci.* 22, 22.108-22.125.