

Sujet de thèse

Chronologie des phases de mobilité des dunes côtières européennes durant l'Holocène: rôle du climat et implication sur les paysages et sociétés littorales (ChronoDune)

Mots clés : dune côtière, chronologie, datations OSL, géomorphologie, archéologie

Résumé du projet

Le projet de thèse ChronoDune a pour objectif de reconstruire la chronologie des phases d'activité dunaire au cours de l'Holocène le long des côtes européennes. Ce travail cherchera à mieux comprendre les contraintes imposées par ces épisodes d'ensablement à la fois sur les changements paysagers et sur les populations humaines vivant le long des côtes. Une autre question essentielle sera d'évaluer le rôle du climat dans la dynamique des environnements dunaires durant l'Holocène. Trois échelles spatiales sont envisagées dans ce travail. A l'échelle des côtes européennes, la thèse cherchera à développer un modèle chronologique robuste, basé sur une approche probabiliste (statistiques bayésiennes) intégrant des données de chronologie numérique telles que des datations par le radiocarbone et la luminescence stimulée optiquement (OSL), mais aussi les données historiques disponibles dans la littérature européenne. A l'échelle des côtes de l'ouest français, un travail de terrain sera mené à partir de carottages et l'acquisition de plusieurs dizaines de datations OSL pour reconstruire la chronologie des dunes côtières de Bretagne. A l'échelle locale, la thèse réalisera un travail plus ciblé sur quelques sites archéologiques en cours de fouille.

Information pratiques

Unité de recherche : laboratoire LETG (UMR 6554 CNRS), <https://letg.cnrs.fr/>

Equipe d'accueil : laboratoire LETG, site de Brest, Institut Universitaire Européen de la Mer, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané – France, <https://www-iuem.univ-brest.fr/>

Financement : EUR ISBLUE (<https://www.isblue.fr/>), Projet Flagship [SEALEX](#)

Directeurs HDR : Serge SUANEZ (serge.suanez@univ-brest.fr, Tel : +33 (0)2 98 49 86 10) & Guillaume GUERIN (guillaume.guerin@univ-rennes1.fr,)

Encadrement : Pierre STEPHAN (pierre.stephan@univ-brest.fr)

Partenariat : laboratoire Géosciences Rennes (UMR 6118 CNRS), laboratoire LGO (UMR 6538 CNRS), laboratoire CREAHA (UMR 6566 CNRS), laboratoire AUSONIUS (UMR 5607), laboratoire TRAJECTOIRES (UMR 8215)

Contact : Pierre STEPHAN , pierre.stephan@univ-brest.fr, tel. : +33 (0)2.98.49.86.88, mobile : +33 (0)6.99.60.78.30

Contexte

Le projet de thèse intitulé « Chronology of Holocene Coastal Sand Drift Events along the Atlantic coasts of Europe » s'inscrit dans le cadre du projet de recherche emblématique intitulé « *SEALEX : The Sea as a long-term socio-ecological experiment* » financé par l'Ecole Universitaire de Recherche (EUR) ISblue sur la période 2020-2024. Ce projet vise à étudier, à travers une approche interdisciplinaire, la réponse des sociétés littorales passées aux transformations environnementales induites par les forçages climatiques, hydrologiques et géomorphologiques. Le projet SEALEX associe une dizaine de laboratoires de recherche en Sciences Humaines et Sociales, Sciences de la Nature, Sciences de l'ingénieur. Ce projet de thèse s'inscrira également dans le cadre du projet GEOPRAS « *GEOarchaeology and PREhistory of Atlantic Societies* » financé par l'ANR sur la période 2022-2026. Le projet GEOPRAS analyse les sociétés côtières de la Préhistoire récente (Mésolithique et Néolithique) sur les rivages de l'Atlantique Nord, afin de comprendre leur rôle dans les dynamiques historiques. L'objectif est de poser les bases conceptuelles, méthodologiques et techniques d'une préhistoire maritime. L'identification et la mesure des fluctuations environnementales sont au cœur de cette investigation interdisciplinaire, à la fois pour évaluer le fonctionnement de ces communautés humaines dans des espaces en mutation rapide et pour assurer la réception d'un signal archéologique soumis à une très forte érosion et/ou sédimentation. L'une des questions centrales du projet est la suivante : Quel a été l'impact des transformations parfois radicales des paysages maritimes sur les établissements humains, l'accès aux ressources et les réseaux humains ? Le projet de thèse Chronodune cherchera à apporter des réponses à cette question en se concentrant sur l'impact de la mobilité des dunes côtières sur les populations littorales passées.

Hypothèses, questions posées, identification des points de blocage

Au cours de la période Holocène, les environnements côtiers ont connu de profondes transformations paysagères causées par les variations relatives du niveau marin, les fluctuations climatiques connues sous le nom d' « événements de Bond¹ » ou de « RCCs »²), la disponibilité des stocks sédimentaires et une empreinte croissante des sociétés sur les milieux naturels. Ces facteurs ont conduit à la fois à la submersion des paysages et à la mise en place de formes d'accumulations sédimentaires ayant fortement modifié la physiographie des côtes selon les secteurs. Ainsi, de vastes portions du littoral ont été envahies par les sables éoliens où d'importants massifs dunaires se sont formés. Ces dynamiques ont constitué des contraintes à l'installation ou au maintien des populations le long des côtes. Afin de mieux comprendre les phénomènes d'ensablement ayant conduit à la formation et la remobilisation épisodique des dunes côtières, le sujet de thèse proposé vise à reconstituer la chronologie des phases d'activité éolienne le long des côtes atlantiques d'Europe. En effet, l'évolution holocène des dunes côtières est marquée par des phases de stabilité et des périodes de remobilisation sous l'effet de différents forçages (variations du niveau marin, fréquence et intensité des tempêtes) et de conditions environnementales particulières (disponibilité en sédiments, dynamiques du couvert végétal).

Le long des côtes atlantiques européennes, un très grand nombre d'études en géologie, géomorphologie, archéologie et histoire ont porté sur les dunes littorales avec l'objectif de

¹ Bond G. (2001). « Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate during the Holocene », *Science*, 294, 2130–2136.

² Mayewski P.A., Rohling E.E., Curt Stager J., Karlén W., Maasch K.A., Meeker L.D., *et al.* (2004) « Holocene climate variability » *Quaternary Research*. 62(3), 243–55.

reconstituer les périodes d'installation des dunes et de remobilisation éolienne, dans le temps et dans l'espace. Des chronologies ont été dressées à des échelles locales et régionales et ont mises en évidence un lien étroit entre les périodes de mobilité des dunes et les conditions climatiques (intensité des flux atmosphériques). Récemment, Jackson *et al.* (2019)³ se sont intéressés à la période du Petit Age Glaciaire (1300-1850 cal.AD) et ont montré que la péjoration des conditions climatiques avait conduit à une mobilité généralisée des dunes côtières de l'ouest de l'Europe. De nombreux villages côtiers ont été ensevelis par les sables et ont induit d'importants déplacements de population le long des côtes. Nous faisons ici l'hypothèse que de tels événements se sont produits à plusieurs reprises durant l'Holocène. Bien que de nombreux articles établissent des synchronismes d'une région à une autre, les comparaisons restent très descriptives, dressent des cadres chronologiques trop flous, et s'appuient sur des données non harmonisées et des approches chronologiques déterministes. Le premier objectif de la thèse sera donc de reprendre ce travail en développant un modèle chronologique plus robuste, basé sur une approche probabiliste (statistiques bayésiennes) intégrant des données de chronologie numérique telles que des datations par le radiocarbone et la luminescence stimulée optiquement (OSL), mais aussi les données historiques disponibles dans la littérature européenne.

Le long de la côte atlantique française, les données chrono-stratigraphiques concernant les dunes côtières se limitent aux complexes dunaires de la région Aquitaine (e.g. Bertran *et al.*, 2021)⁴. Dans le sud-ouest de la France, la présence de séries de paléosols bien développés et interstratifiés au sein des dépôts sableux éoliens a permis l'acquisition de nombreuses dates radiocarbones, complétées plus récemment par des datations OSL (Kreutzer *et al.*, 2018; Bosq *et al.*, 2019)⁵. Sur les dunes côtières de Bretagne, en revanche, seuls de fins horizons humiques sont conservés au sein des séquences sédimentaires dunaires. L'absence de véritables paléosols ou horizons organiques limite fortement l'établissement de chronologies à partir de datations au radiocarbone. Le recours à des approches alternatives est donc indispensable. Actuellement, le travail de thèse mené par Aneta Gorczynska a pour objectif de réévaluer la documentation archéologique existante sur les dunes côtières de Bretagne. Un total de 236 sites archéologiques répartis le long des côtes a été sélectionné pour apporter une information précise en terme de stratigraphie et de chronologie dunaire. En effet, les sites archéologiques témoignent de périodes de stabilité des environnements dunaires. La synthèse de ces données met en évidence trois principales phases d'activité éolienne à l'échelle de la Bretagne : de 1600 à 500 cal. BC (phase 1), de 800 à 1400 cal. AD (phase 2) et de 1650 à 1850 cal. AD (phase 3). Ces trois phases apparaissent synchrones à l'échelle de la péninsule armoricaine et suggèrent que les périodes d'invasion dunaire sont déclenchées par une série de forçages régionaux (niveau marin relatif, budget sédimentaire, évolution du contexte paléogéographique). Désormais, cette chronologie demande à être précisée par des approches utilisant des méthodes de datation numériques telles que l'OSL. En effet, l'OSL permet de dater la mise en place des formations dunaires en datant la dernière exposition de grains de quartz à la lumière du jour. Les dunes littorales, en particulier datant de

³ Jackson D.W.T., Costas S., Guisado-Pintado E. (2019) – Large-scale transgressive coastal dune behaviour in Europe during the Little Ice Age. *Global and Planetary Change*, 175, 82–91.

⁴ Bertran P., Andrieux E., Bateman M.D., Fuchsf M., Klinge M., Marembert F. (2021) – Mapping and chronology of coversands and dunes from the Aquitaine basin, southwest France. *Aeolian Research*, 47, 100628.

⁵ Kreutzer, S., Duval, M., Bartz, M., Bertran, P., Bosq, M., Eynaud, F., & Mercier, N. (2018) – Deciphering long-term coastal dynamics using IR-RF and ESR dating: a case study from Médoc, south-west France. *Quaternary Geochronology*, 48, 108-120.

Bosq, M., Bertran, P., Beauval, C., Kreutzer, S., Duval, M., Bartz, M., & Stéphan, P. (2019) – Stratigraphy and chronology of Pleistocene coastal deposits in northern Aquitaine, France: a reinvestigation. *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 30(1), 275-303.

l'Holocène, constituent des archives sédimentaires particulièrement adaptées à la datation par OSL : d'une part, car elles contiennent quantité de grains de quartz dans la fraction granulométrique 100-250 μm ; d'autre part, car l'exposition à la lumière avant enfouissement a été suffisante pour remettre le signal d'OSL à zéro ; enfin, car la réponse en dose de l'OSL pour cette plage de temps est particulièrement rapide à mesurer et facile à exploiter. Le projet de thèse Chronodune a pour objectif de réaliser un nombre significatif de datations OSL sur les séquences sédimentaires dunaires, afin de contraindre chronologiquement les phases de mobilité des dunes. Ces données seront comparées aux chronologies dressées en Aquitaine et dans le reste de l'Europe de l'Ouest.

A une échelle locale, plusieurs opérations archéologiques sont actuellement en cours sur différents sites dunaires de Bretagne. La fouille du site archéologique de Porz Ar Punz sur l'île de Béniguet (archipel de Molène, ouest de la Bretagne) a démarré en août 2021 sous la direction d'Y. Pailler et de C. Nicolas. Le site archéologique montre trois niveaux anthropogéniques (amas coquilliers et aménagements en pierres) datés du campaniforme, du bronze ancien et du Moyen-Age. Ces niveaux sont interstratifiés dans des dépôts de sables éoliens. L'un des enjeux scientifiques de cette fouille archéologique est de reconstruire la stratigraphie générale des dépôts et la chronologie des périodes de mobilité des dunes pour évaluer l'impact de ces changements sur les installations humaines. Un second site archéologique en cours de fouille est celui de l'île Hoedic (sud de la Bretagne) sous la direction de G. Marchand. Des occupations humaines datant du Mésolithique sont ensevelies sous une épaisse couche de sable éolien qui a favorisé la conservation exceptionnelle de ces vestiges. Sur la même île, les sites archéologiques de Groah-Denn et de Douet attribués à la période néolithique et fouillés par J.-M. Large (Large & Mens, 2008)⁶ feront l'objet d'analyses chrono-stratigraphiques plus approfondies afin de dater la période d'ensevelissement des vestiges par des dépôts de sables éoliens. Enfin, l'île de Téviec pourrait également être investiguée par le biais de sondages. A nouveau, il apparaît nécessaire ici de reconstruire la chronologie des événements d'ensablement et de recontextualiser les découvertes archéologiques. Le troisième objectif de la thèse sera donc de participer aux opérations archéologiques et de reconstruire la lithostratigraphie et la chronostratigraphie des sites à partir (i) d'une série de carottages et de coupes effectuées sur le terrain et (ii) de datations absolues ou relatives acquises durant la thèse.

Approches méthodologique et technique envisagées

Trois échelles d'analyse seront considérées dans cette recherche doctorale :

(i) A l'échelle des côtes atlantiques de l'Europe, il s'agira de reconstituer les grandes phases d'activité éolienne en s'appuyant sur une réanalyse de la littérature scientifique. Une base de données des datations absolues (14C, OSL, IRSL) et des informations archéologiques et historiques disponibles sera constituée et sera analysée par le biais de méthodes statistiques. L'utilisation d'approches probabilistes (bayésiennes) est envisagée à partir de l'utilisation du logiciel ChronoModel (Lanos & Philippe, 2017)⁷, pour les données déjà publiées. Il s'agira donc d'intégrer les informations chronologiques disponibles dans le logiciel ChronoModel pour produire un (ou plusieurs) modèle(s) permettant de dresser (ou contraindre) des chronologies de mobilité et stabilité des dunes. Ces données seront croisées avec les signaux paléoclimatiques afin d'estimer le rôle des forçages climatiques dans la dynamique morphosédimentaire des dunes côtières.

⁶ Large J.-M. & Mens E. (2008) - L'alignement du Douet à Hoedic (Morbihan, France). *L'anthropologie*, 112, 544-571.

⁷ Lanos P., Philippe A. (2017) – Hierarchical Bayesian modeling for combining dates in archeological context. *Journal de la Société Française de Statistique*, 158 (2), 72-88.

(ii) A l'échelle de la péninsule armoricaine (ouest de la France), une série de missions de terrain seront réalisées sur les complexes dunaires les plus intéressants, sélectionnés sur la base de leur potentiel de mobilité et la complexité des stratigraphies rencontrées. Une série de vibro-carottages sera réalisée afin de reconstruire la stratigraphie des dépôts. Cette approche sera complétée localement par l'utilisation d'outils géophysiques (GPR). Le long du trait de côte, les séquences en érosion seront également étudiées. Les sédiments sableux seront échantillonnés en utilisant une procédure adaptée en vue de leur datation par OSL. Une étude granulométrique des sédiments sera également entreprise. Afin d'obtenir la meilleure résolution chronologique possible, des modèles associant radiocarbone, OSL et informations archéologiques ou historiques, seront construits à partir de l'outil de modélisation bayésienne BayLum. En effet, cet outil permet, grâce à la prise en compte de contraintes stratigraphiques et des incertitudes de mesures spécifiques à l'OSL, d'améliorer significativement la justesse et la précision des datations par OSL (Christophe *et al.*, 2020 ; Combès *et al.*, 2017 ; Philippe *et al.*, 2019 ; Heydari *et al.*, 2018, 2020, 2021 ; Guérin *et al.*, 2021)⁸.

(iii) A l'échelle des sites archéologiques de Porz ar Punz (île de Béniguet) et de Beg ar Vil (Saint-Pierre-Quiberon), une approche géoarchéologique sera menée à partir de vibro-carottages et d'analyses de coupes sédimentaires dégagées durant les fouilles. A partir d'analyses sédimentologiques et de datations OSL et radiocarbone obtenues sur les dépôts sédimentaires et/ou anthropiques, une chronologie des phases d'ensablement sera reconstruite. Ces données seront croisées avec les informations archéologiques pour étudier l'impact de ces changements environnementaux sur les occupations humaines.

Profil souhaité pour le candidat

Le candidat devra avoir acquis des connaissances en géomorphologie littorale, en sédimentologie et en paléoenvironnements tout au long de sa formation, notamment de master. Il devra maîtriser les principes fondamentaux de datations absolues (14C, OSL) et les outils de traitements associés (OxCal, Calib, ChronoModel), les outils de mesures sédimentologiques et avoir une expérience de terrain, en particulier en matière de carottages sédimentaires, de mesures topo-morphologique au DGPS et/ou de fouilles archéologiques. Il devra maîtriser les logiciels de cartographie SIG (ArcGis ou QGis). Une expérience dans l'utilisation des outils géophysique de type GPR (Ground Penetrating Radar) est également souhaitable. Une expérience en tant que bénévole sur un chantier de fouille archéologique ou un intérêt pour l'archéologie en générale est également importante.

⁸ Christophe, C., Philippe A., Kreutzer S., et G. Guerin. «BayLum: Chronological Bayesian Models Integrating Optically Stimulated Luminescence and Radiocarbon Age Dating. R package version 0.2.0.» 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=BayLum>.

Combès, B., and A. Philippe. "Bayesian analysis of individual and systematic multiplicative errors for estimating ages with stratigraphic constraints in optically stimulated luminescence dating." *Quaternary Geochronology* 39 (2017): 24–34.

Guérin, G., *et al.* «Towards an improvement of optically stimulated luminescence (OSL) age uncertainties: modelling OSL ages with systematic errors, stratigraphic constraints.» *Geochronology*, 2021: 3(1), 229-245.

Heydari, M, Guérin G. «OSL signal saturation and dose rate variability: Investigating the behaviour of different statistical models.» *Radiation Measurements* 120 (2018): 96-103.

Heydari, M., *et al.* «Do bayesian methods lead to more precise chronologies?'BayLum'and a first OSL-based chronology for the palaeolithic open-air site of Mirak (Iran). » *Quaternary Geochronology*, 2020: 101082.

Heydari, M., G. Guérin, M. Zeidi, et N. J. Conard. «Bayesian luminescence dating at Ghār-e Boof, Iran, provides a new chronology for Middle and Upper Paleolithic in the southern Zagros.» *Journal of Human Evolution*, 2021: 151, 102926.

Philippe, A., G. Guérin, and S. Kreutzer. "BayLum-An R package for Bayesian analysis of OSL ages: An introduction." *Quaternary Geochronology* 49 (2019): 16–24.

Conditions d'accueil

Le candidat sera inscrit à l'université de Bretagne Occidentale, à l'Ecole Doctorale des Sciences de la Mer, sous la direction de Serge Suanez, professeur de géographie. Son bureau sera installé au sein de l'UMR 6554 LETG à l'Institut Universitaire Européen de la Mer (Plouzané).

Qualités requises

- Aptitudes relationnelles et de travail en équipe
- Capacité d'écoute et de reformulation
- Capacité d'analyse, de synthèse et de rédaction
- Rigueur et organisation
- Autonomie et créativité