



Avant-propos

Cette fiche a été rédigée dans le cadre du Groupe de travail « Tempêtes et submersions historiques » et plus particulièrement au sein du sous-groupe « type de données » réunissant plusieurs organismes, et dont l'objectif est de mutualiser les informations de tempêtes et de submersions marines historiques, capitaliser les connaissances et expertiser les données associées à des événements historiques.

Cette fiche relative aux données sédimentologiques fait partie d'un catalogue de données pour accompagner et comprendre la base de données relatives aux tempêtes historiques. Cet état de l'art pourrait nécessiter d'être complété en fonction de besoins ou applications particulières.

L'élaboration de cette fiche, fruit d'un travail collaboratif et pluridisciplinaire a été piloté par Pierre Pouzet (ISEN Yncréa Ouest).

Nous remercions également ici l'ensemble des personnes ayant collaboré avec leurs contributions écrites et/ou leurs relectures : Sabine Cavellec (Cerema), Aurélie Maspataud (BRGM) et Alexa Latapy (Shom).

Les termes suivis d'un astérisque * sont définis dans un glossaire spécifique associé au catalogue de données.

Résumé

Cette fiche présente une application de la sédimentologie permettant d'analyser les impacts morphologiques d'évènements côtiers historiques. Les méthodes de prélèvement et d'analyse sédimentologiques sont présentées, et les limites de cette méthode sont exposées. Elle doit être couplée avec un état de l'art complet des tempêtes ayant impacté l'espace étudié depuis plusieurs siècles.

Pour les chronologies les plus anciennes, l'état de l'art peut également s'axer sur les chronologies géomorphologiques d'espaces avoisinant celui qui est étudié. Ce couplage permet d'assurer la provenance tempétueuse d'un forçage sédimentologique observé dans un environnement de dépôt côtier.



Caractéristiques de la donnée

Définition

La sédimentologie* est une discipline qui vise à étudier les processus associés à la mise en place des sédiments* (dépôt de particules (allant des matières en suspension aux graviers) issues de l'érosion des roches). La sédimentation entraîne ensuite la formation de roches sédimentaires, caractéristiques de conditions paléogéographiques et climatiques définies. L'étude des faciès* (structures, pétrologie, granulométrie*, géométrie, etc.) permet de déterminer des environnements de dépôt.

Les carottes sédimentologiques permettent d'étudier l'évolution des faciès sédimentaires et d'analyser la dynamique paléoenvironnementale* des milieux. Les premiers travaux publiés par Liu et Fearn (1993) aux États-Unis ont permis de décrire précisément la façon dont les tempêtes* impriment leur marque dans les sédiments des zones basses côtières. Lors d'une très forte tempête concomitante avec un coefficient de marée* important, les paramètres météo-marins combinés de façon optimale peuvent induire le transport de sédiments marins situés sur l'avant-plage, la plage ou la dune vers la lagune, le lac côtier ou le marais maritime rétrolittoral (Bennington et Farmer 2014; Pouzet 2018). Ces espaces sont habituellement des zones de dépôt de sédiments continentaux. Un dépôt d'origine marine peut ainsi interrompre un processus régulier de sédimentation continentale. Ce mécanisme peut se répéter au cours du temps, au fil des tempêtes et il en résulte alors une alternance de vases continentales et de sables marins. En effectuant un carottage sédimentaire dans cet environnement de dépôt côtier, il est possible de détecter ces différentes incursions marines passées (Figure 1).

Trois étapes jalonnent la détermination de la provenance marine d'un dépôt ou de plusieurs dépôts sédimentaires au sein d'une carotte sédimentaire :

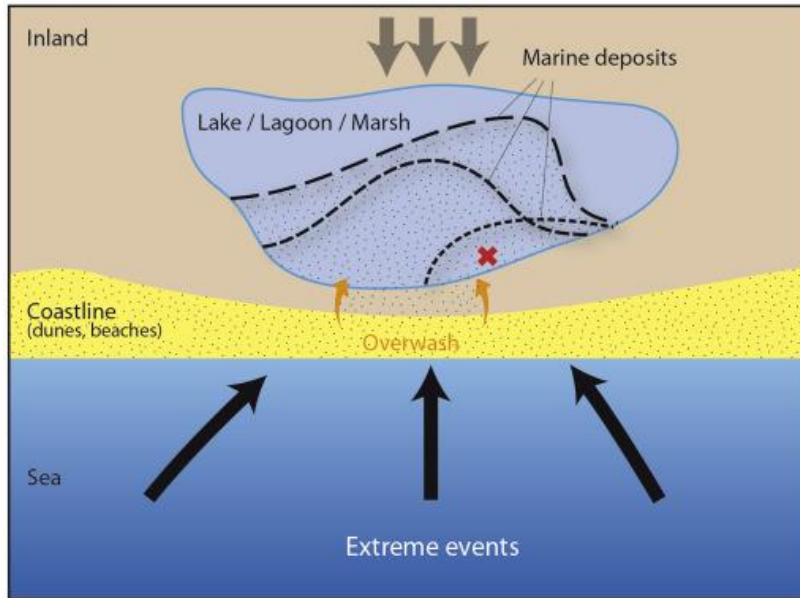
1) L'identification du faciès marin du dépôt observé différent des faciès traditionnels lagunaires, marécageux ou lacustres. Grâce aux analyses sédimentologiques, de nombreux indicateurs dérivés de la granulométrie et de la géochimie* sont utilisés pour caractériser la provenance des sédiments. Les dépôts marins allochtones (provenant d'une source extérieure) aux marais sont identifiés après croisement de plusieurs indicateurs sédimentologiques (Pouzet et Maanan, 2020b ; Sabatier *et al.*, 2008).

2) La datation* de la ou des couches marines. Cette datation isotopique s'effectue soit au ^{210}Pb et ^{137}Cs (Abrantes *et al.*, 2008 ; Pouzet *et al.*, 2019) sur les sédiments récents superficiels, soit au radiocarbone (^{14}C) par les éléments organiques présents dans la carotte pour des sédiments plus anciens et plus profonds (Feal-Pérez *et al.*, 2014 ; Pouzet et Maanan, 2020a). Ces méthodes permettent d'estimer l'âge précis ou une période durant laquelle les couches marines allochtones au marais se sont déposées.

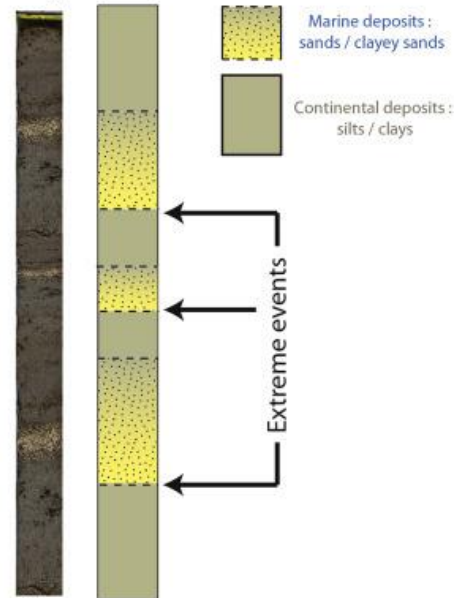
3) La détermination de l'origine tempétueuse d'un niveau marin daté. Une fois la couche marine datée, les données historiques permettent de caractériser précisément les aléas ayant favorisé le processus de dépôt. Les archives historiques et données météorologiques ou océanographiques permettent de dater précisément une submersion marine passée, à l'heure près pour les dernières décennies. En effectuant ces différents croisements, la certitude que le dépôt marin daté dans la carotte prélevée a été déposé suite à une tempête violente induisant une surcote* marine est établie (Liu, Shen, et Louie, 2001).



A. Overflowing or overtopping scenarios



Sedimentological deposits (type sequence)

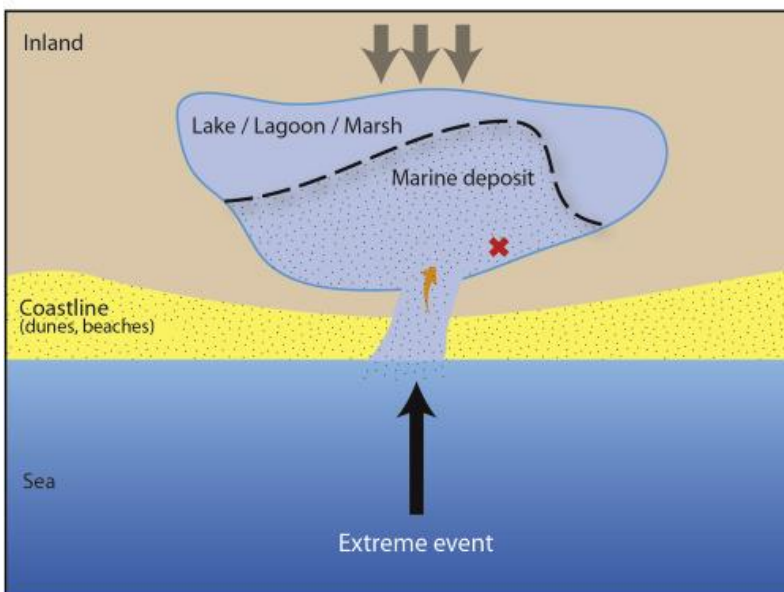


↑ Singular transport of marine sediments by high winds and waves due to intense marine and atmospheric conditions

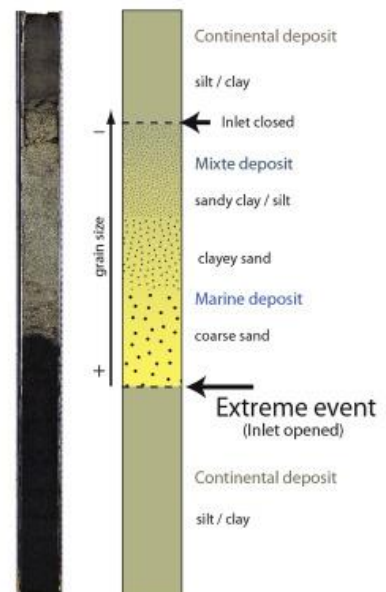
↓ Classic continental sedimentary filling

✗ Core extracted (once the marsh stabilized)

B. Breach scenario



Sedimentological deposits (type sequence)



↑ Singular transport of marine sediments after a breach due to intense marine and atmospheric conditions

↓ Classic continental sedimentary filling

✗ Core extracted (once the marsh closed)

Figure 1 - Présentation de deux scénarios de dépôts marins dans un marais côtier durant un évènement extrême



Moyen(s) d'acquisition

A. Les méthodes de prélèvement sédimentologique

Nous devons d'abord sélectionner le site d'étude à partir d'une analyse diachronique (dans le temps) via un système d'information géographique (SIG). L'environnement sélectionné doit impérativement avoir été préservé et pas ou peu impacté par l'activité anthropique pour éviter le remaniement de sédiments. En conséquence, les espaces naturels protégés sont des sites pertinents pour ce type d'analyse. Deux types d'environnement de dépôts côtiers différents peuvent être étudiés : i) les zones basses côtières situées en arrière de cordon dunaire protecteur ; et ii) les anciens marais côtiers qu'aujourd'hui colmatés, comme les tourbières ou lacs côtiers. Le premier type d'environnement côtier peut être analysé pour appréhender les tempêtes passées à une échelle de temps courte (dernières décennies ou siècles). Dans les anciens marais côtiers colmatés, les taux de sédimentation sont plus faibles. Ils sont étudiés pour évaluer les phases de forte activité tempétueuses dans les analyses à longue échelle temporelle (derniers millénaires).

Deux méthodes de carottage sont utilisées selon le type d'environnement et l'échelle de temps considérée :

- i) **Le carottier « Beeker »** est utilisé dans les sédiments humides de l'estran. C'est un carottier manuel qui permet de prélever des sédiments dans des espaces temporairement submergés (Figure 2). Il peut être utilisé pour l'analyse des tempêtes à court terme des zones basses côtières situées en arrière d'un cordon dunaire protecteur, ayant une dynamique sédimentologique importante.
- ii) **Le carottier « vibracore »** est utilisé pour les sols moins humides. Il peut atteindre des profondeurs plus importantes (Figure 2). Les sédiments étant colmatés, nous pouvons réaliser un carottage successif de plusieurs mètres dans un même site d'étude. Il peut être utilisé dans des environnements de dépôts côtiers moins dynamiques, tels que les tourbières anciennes ou les marais maritimes colmatés.

Les différents méthodes de prélèvement par carottage sédimentaire :



- Le carottier Beeker pour les sédiments humides (ci-contre)

- Le carottier à percussion pour les sédiments colmatés (ci-dessous)

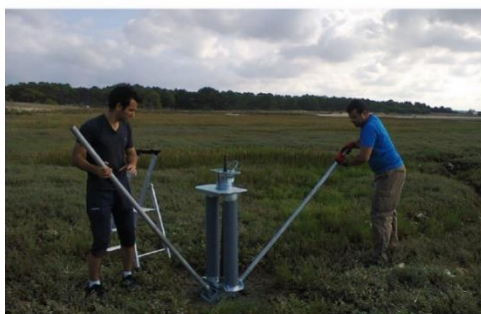


Figure 2 - Présentation des deux types de carottiers cités



Une fois la carotte prélevée, l'ouverture s'effectue à l'aide du banc d'ouverture de carottes sédimentaires. Les carottes sont ouvertes longitudinalement en deux moitiés. La première est analysée et la seconde archivée. Une photographie précise est prise dès l'ouverture des carottes pour conserver les couleurs des différents faciès. Une fois la photographie prise, nous effectuons un log* (description) visuel des carottes. Nous décrivons brièvement la stratigraphie* (étude de la stratification des sédiments) observée en estimant le type et la couleur de sédiment. Le log permet de conserver les informations brutes de la carotte juste ouverte.

B. La préparation des échantillons

L'échantillonnage des sédiments est généralement réalisé à haute résolution, car la détection de dépôts tempétueux induit parfois des analyses microstratigraphiques. La préparation des échantillons dépend des analyses qui seront réalisées à posteriori (se référer à la section suivante). Pour pouvoir caractériser précisément le sédiment présent dans les carottes et ainsi estimer son origine, plusieurs types d'analyses sédimentologiques fournissant de potentiels indicateurs tempétueux, selon la bibliographie, sont couplés. Pour la granulométrie (étude de la taille des grains constituant le sédiment), la palynologie* (étude des pollens contenus dans le sédiment), la malacologie* (domaine de la zoologie qui étudie les mollusques), ou encore l'analyse de matière organique, un prélèvement centimétrique est conseillé. Les analyses d'éléments traces ou isotopiques demandent quant à eux plus de précisions, un prélèvement à l'échelle demi-centimétrique est préconisé.

Les sédiments sont prélevés à l'aide d'une spatule en inox et insérés dans des piluliers en plastiques hermétiques. Les échantillons potentiellement datables au ^{14}C sont également identifiés et extraits. Des coquilles complètes, de la tourbe, de la matière organique, et dans un second temps des racines ou traces végétales sont prélevées et stockées à part. Il est préférable de prélever des échantillons à dater à proximité des grands changements stratigraphiques. Ils permettent d'avoir le plus de précision possible quant à l'estimation de la date de ces changements.

Traitements nécessaires

A. La détection de niveaux marins allochtones aux marais carottés

Selon l'objectif visé et l'échelle temporelle employée, la combinaison d'indicateurs sédimentologiques permettant de détecter des niveaux marins allochtones aux marais maritimes sera distincte. Un récapitulatif est proposé en **Figures 3** et **4**. Les principales méthodes employées par la littérature scientifique sont présentées dans les paragraphes suivants.

La première analyse effectuée est l'estimation du **taux de matière organique (MO)**. Le taux de matière organique a été régulièrement utilisé comme marqueur d'impacts tempétueux (Oliveira *et al.*, 2014), mais il permet principalement de détecter les grands changements d'environnements passés. Ces changements peuvent parfois être déclenchés par un bouleversement de type tempétueux. La MO offre des indications essentielles sur l'évolution paléo-environnementale des milieux. Pour discerner la méthode la plus propice à une analyse de paléo-événements, deux méthodes principales sont employées : la « Perte au feu » (dite LOI pour « Loss on Ignition »), et l'utilisation d'un analyseur Carbone/Souffre 832 du *Laboratory Equipment Corporation* (LECO) ©.



DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

L'analyse de matière organique demande un recul temporel important pour pouvoir étudier les grandes tendances paléoenvironnementales des milieux. En conséquence, seules les longues carottes sont analysées avec ces méthodes, avec une précision centimétrique.

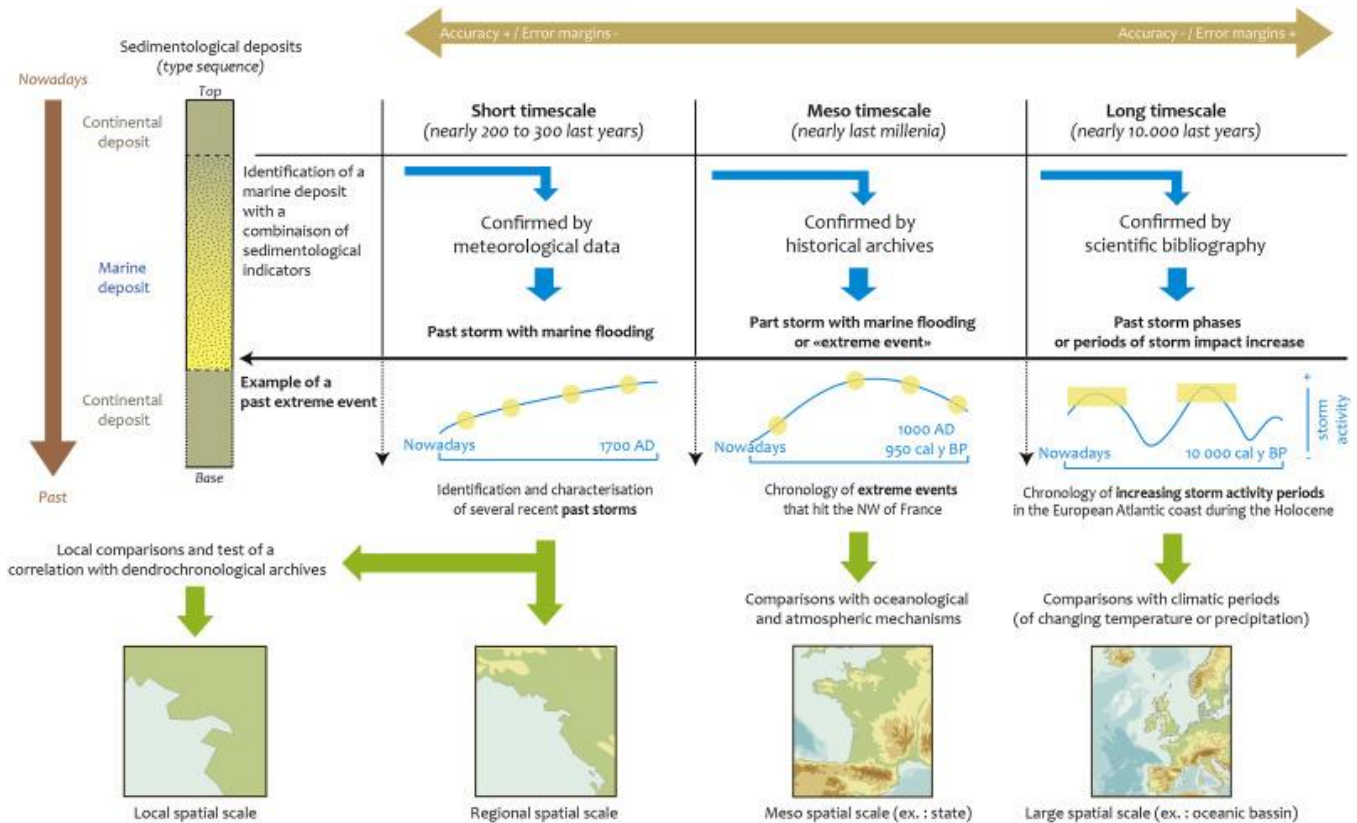


Figure 3 - Objectifs visés par l'analyse sédimentologique selon l'échelle temporelle employée.

La granulométrie est une des analyses les plus importantes, car elle permet de définir le type de sédiment selon sa taille, à l'aide d'un granulomètre à diffraction laser (Figure 4C). La taille de grain est le premier marqueur d'impacts tempétueux sédimentologique prouvé dans la littérature scientifique depuis les années 1990 (Yu *et al.*, 2009), car les sables marins présentent des grains bien plus grossiers que les vases ou limons des marais étudiés. Avant analyse, les sédiments calcinés sont placés dans une solution comprenant de l'eau distillée et de l'héxamétaphosphate de sodium ($\text{Na}_6\text{O}_{18}\text{P}_6$) à 5%, pendant 48h pour permettre aux particules fines ou aux argiles de se décoller les unes des autres. Les résultats d'analyse sont exploités grâce à un logiciel GRADISTAT V8 © qui permet de transformer la distribution granulométrique brute en une distribution ordonnée selon des classes de tailles de grains (Blott et Pye 2001). GRADISTAT calcule également de nombreux indicateurs statistiques tels que la moyenne, l'indice de tri (*Sorting index*), l'asymétrie (*Skewness*) et l'acuité (*Kurtosis*). Ces indices sont calculés selon plusieurs méthodes. Les taux de sables, moyenne et 10^e déciles, peuvent également être des indices pertinents pour la détection d'évènements extrêmes passés.



DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

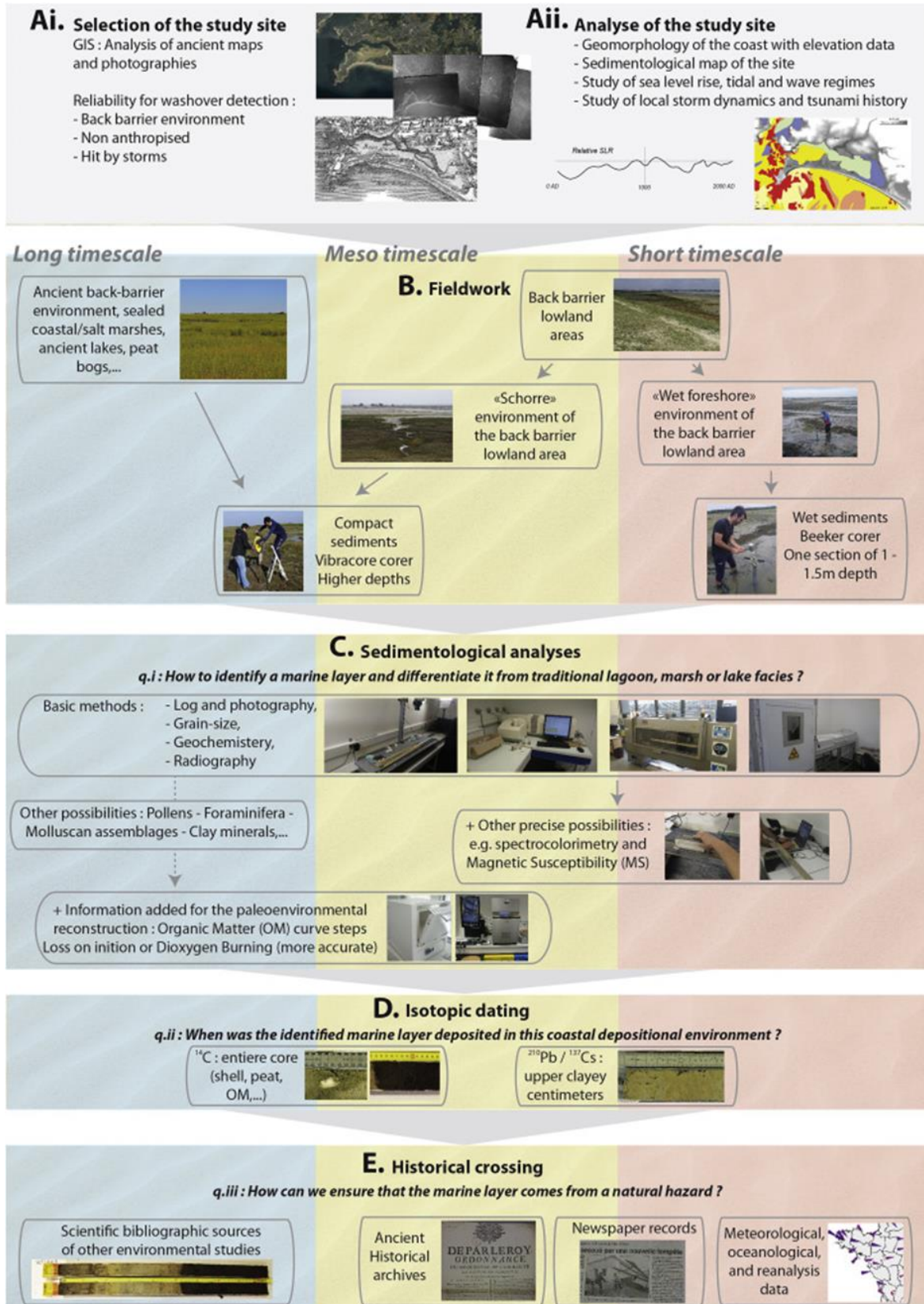


Figure 4 : Synthèse des trois méthodes sédimentologiques proposées aux trois échelles temporelles



La géochimie (analyse d'éléments majeurs, mineurs et traces) est également essentielle dans une étude sédimentologique. Si l'étude des paléo-tsunamis accorde une place importante à cette méthode depuis le début des années 2000 (Chagué-Goff, Szczuciński, et Shinozaki, 2017), la géochimie tend aujourd'hui à devenir une étape indispensable de l'analyse paléotempétueuse. La spectrométrie* par fluorescence des rayons X (XRF) est une technique d'analyse qui peut être utilisée pour déterminer la composition chimique d'une grande variété de types d'échantillons. Avant la mesure par XRF, les carottes doivent être lissées puis recouvertes d'un film polycarbonate. La résolution est demi-centimétrique.

Après avoir analysé la composition du bassin versant* amont, il est possible de classer les éléments mesurés au XRF en deux groupes : les éléments allochtones et ceux autochtones au milieu de prélèvement. Les éléments allochtones sont ceux qui ne proviennent pas du bassin versant. Ils sont amenés autrement que par le cycle naturel de l'érosion (à l'image des tempêtes). Après comparaison avec des études préexistantes, il est possible de catégoriser certains éléments comme allochtones aux environnements de dépôts côtiers lacustres et typiques de « *washovers** » (dépôts tempétueux). Nous pourrions différencier les éléments autochtones au milieu carotté et communs au bassin versant de ceux autochtones et typiques de dépôts tempétueux. La bibliographie indique que le Si (silicium) peut provenir du quartz présent dans les sables, et que les Ca (calcium) et Sr (strontium) (voir Mn manganèse) composent les coquilles et/ou éponges. D'autres indices, tels que des ratios géochimiques (Pouzet *et al.*, 2019) peuvent également être découverts.

La radiographie apporte un complément à la description visuelle et à la caractérisation précise des différents faciès présents (Migeon *et al.*, 1998). Elle fournit des images de la structure sédimentaire des carottes, de la bioturbation, de la densité et de l'hétérogénéité des sédiments, ainsi que de l'organisation générale des faciès prélevés. Cela peut aussi aider à repérer de fines variations sédimentologiques difficiles à identifier à l'œil nu, ou de fins éléments situés au cœur de la carotte (coquilles, cailloux, restes de végétaux...) lors de l'analyse de la lithostratigraphie*.

La colorimétrie réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre permet d'obtenir des informations très précises sur la composition colorimétrique du sédiment en mode RGB (Rouge Vert Bleu) ou $L^*a^*b^*$ (Polonia *et al.*, 2013). Nous utilisons le mode $L^*a^*b^*$ pour obtenir sa clarté (L), son taux de jaune/bleu (a) et de rouge/vert (b). La mesure s'effectue à l'échelle centimétrique, en flash interne (SCI) pour pouvoir comparer les deux méthodes.

Une autre analyse sédimentologique peut être réalisée sur les carottes. Il s'agit de la mesure de susceptibilité magnétique* (SM) qui constitue un marqueur du taux d'apports d'éléments détritiques par rapport aux éléments carbonatés d'une roche sédimentaire. Elle permet la mesure de proportions de carbonates, d'oxydes magnétiques et d'argiles (Wassmer *et al.* 2010), dans plusieurs études paléoclimatiques (Roy *et al.*, 2010).

Enfin, d'autres indicateurs peuvent également être utilisés dans une étude sédimentologique : notamment les foraminifères, les assemblages faunistiques, les pollens, les minéraux argileux, les indices de microtexture granulométriques, ou de nouveaux indicateurs pouvant être récemment découverts. C'est le croisement de l'ensemble des différents indices sédimentologiques qui permettra d'identifier des environnements marins allochtones aux marais étudiés.



B. La datation des carottes par radio-isotopie

Les mesures isotopiques nous permettent de dater les différents niveaux identifiés dans les carottes sédimentaires. Comme les terrains d'étude sont des environnements marécageux côtiers ayant des paramètres sédimentologiques différents, plusieurs types de datations peuvent être employées. Les datations au ^{14}C sont privilégiées dans les marais anciens et colmatés. Quant aux environnements de dépôts côtiers récents, il est important de coupler cette première méthode avec une datation au ^{210}Pb et au ^{137}Cs .

B.1. La méthode de datation au ^{14}C pour les périodes anciennes

Les organismes morts que nous pouvons repérer dans les carottes sédimentaires (coquilles, végétaux, tourbes ou matière organique) conservent le radiocarbone (^{14}C) qu'ils échangeaient lors de leur vie avec l'environnement (Taylor, 1997). Le ^{14}C qu'ils contiennent a la même proportion que celui de leur biosphère de l'époque. Lorsque l'organisme meurt, il ne reçoit plus de ^{14}C et celui qu'il contient va se désintégrer peu à peu. En relevant ce taux présent dans l'organisme mort, on peut estimer l'époque à laquelle celui-ci vivait en connaissant la période et la constante de désintégration du ^{14}C . On peut estimer depuis combien de temps l'organisme est mort, et donc la période à laquelle a été déposé le faciès dans lequel se trouve cet organisme.

Pour les tourbes et sédiments organiques, la partie minérale est séparée de la partie organique, utilisée pour la datation. La préparation chimique inclut un traitement avec un faible taux d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.5M pour supprimer tous les carbonates pouvant interférer avec la mesure.

Concernant les coquilles, un traitement acide est appliqué pour enlever les niveaux de carbonates les plus éloignés qui peuvent être affectés par du carbone étranger à l'organisme. Les échantillons sont ensuite rincés dans de l'eau distillée puis séchés. La seconde étape consiste à produire du Dioxyde de Carbone (CO_2) par combustion et digestion d'acide. Après le prétraitement chimique, l'échantillon de matière représentant une quantité d'1mg de carbone est placé dans une capsule en aluminium pour une combustion dans un analyseur élémentaire (Piotrowska, 2013). Les coquilles sont traitées sous vide avec une concentration d'acide phosphorique (H_3PO_4). Le CO_2 produit en réaction est cryogéniquement séparé et collecté. Le CO_2 de l'échantillon est ensuite transféré à l'unité de graphitisation*, permettant la conversion du carbone provenant du CO_2 vers une forme élémentaire, ou graphite. L'Équipement Automatique de Graphitisation (AGE) a été utilisé sous une température de 580°C . Les graphites produits sont ensuite envoyés au laboratoire DirectAMS à Bothell (USA) équipé d'un *Accelerator Mass Spectrometer* (AMS) pour déterminer la concentration précise de ^{14}C (Zoppi, 2010). Après calcul selon la période et constante de désintégration du ^{14}C de la zone d'étude, nous pouvons estimer une datation sur chacun des échantillons analysés. Enfin, les âges ont été calibrés en utilisant la courbe IntCal13 ou la NH1. Une exception est faite pour les coquilles où un effet de réservoir est ajouté selon les points les plus proximaux de la *Marine Correction Database*.

Une fois les dates estimées, il a été créé avec le GADAM (Gliwice Absolute Dating Methods Centre) un modèle d'âge selon la profondeur pour que chaque centimètre des carottes puisse être daté. En partant de l'année de prélèvement associée au centimètre 0, nous avons combiné un calcul de taux de sédimentation avec un algorithme prenant en compte les différentes couches stratigraphiques selon la méthode de Bronk Ramsey (2008). Plusieurs échantillons ont été prélevés à proximité de grands changements lithostratigraphiques pour pouvoir estimer les différences de sédimentation entre ces faciès. Cependant, lorsque ce n'est pas possible, nous ajoutons manuellement certaines frontières lithostratigraphiques dans



le modèle. Le logiciel OxCal v.4.2.4 © est utilisé pour pouvoir obtenir les différentes courbes d'âges selon les profondeurs de chaque carotte.

B.2. La méthode de datation aux ^{210}Pb et ^{137}Cs pour les périodes récentes

Concernant les datations au ^{210}Pb et au ^{137}Cs , les datations sont plus rapides, car elles sont mesurées directement dans les sédiments. Cependant, cette méthode fonctionne uniquement pour les faciès superficiels. Seuls les sédiments potentiellement riches en Plomb et Césium peuvent être analysés. Les échantillons ont été analysés dans un spectromètre gamma de type « puits à bas bruit de fond » CANBERRA © et équipé d'un cryo-cycle (Schmidt et al. 2014). Dans un premier temps, le ^{210}Pb est un radionucléide naturel. Il s'incorpore rapidement dans le sédiment par retombées atmosphériques et balayage de la colonne d'eau. Il se décompose dans le sédiment selon une demi-vie ($T_{1/2}$) de 22,3 ans. D'autre part, le ^{137}Cs ($T_{1/2}$ de 30 ans) est un radionucléide artificiel. Son premier pic est lié aux tests d'armes nucléaires des années 60. Les retombées atmosphériques maximales sont en 1963 dans l'hémisphère nord. Son second renvoi à l'accident de Tchernobyl en avril 1986.

Les activités du ^{210}Pb et ^{137}Cs sont directement déterminées à partir de leurs émissions gamma à 46.5 et 661.7 keV, et exprimées en mBq.g-1. Concernant le Plomb 210, il est mesuré en excès (Pbxs) suivant la différence des activités mesurées de ^{210}Pb et de Radium 226 (^{226}Ra), isotope père du Plomb 210. L'activité du $^{210}\text{Pbxs}$ dans la colonne sédimentaire décroît avec le temps selon la loi de désintégration radioactive. En connaissant la constante de désintégration du ^{210}Pb , nous pouvons obtenir le $^{210}\text{Pbxs}$ selon l'activité du ^{210}Pb mesurée à la profondeur donnée. Pour déterminer la vitesse ou le taux d'accumulation et l'âge des sédiments, le modèle CFCS (*Constant Flux, Constant Sedimentation Rate*) a été retenu. Il propose un flux de ^{210}Pb et un taux d'accumulation constants, et donc une activité initiale qui l'est également (Goldberg, 1963). Le taux de sédimentation moyen est calculé entre le haut et l'échantillon daté le plus profond de la carotte (profondeur/âge). Le taux est extrapolé aux faciès sous-jacents. Le ^{137}Cs nous permet ensuite de vérifier le modèle que nous avons produit.

C. Comparaisons avec les archives historiques

La datation des faciès marins est ensuite comparée aux chronologies tempétueuses reportées dans les archives historiques. Cela nous permet de certifier l'origine tempétueuse du dépôt marin allochtone aux marais étudiés, déterminée par les analyses sédimentologiques et datée par radio-isotopie. À l'inverse, si aucune concordance n'est établie entre un niveau marin daté et une tempête mentionnée dans les écrits, l'hypothèse est réfutée.

Les archives historiques offrent également des informations sur les impacts socio-économiques des événements passés, et permettent d'en estimer leur intensité (Athimon, 2021). Les datations radio-isotopiques induisent des marges d'erreur parfois importantes (notamment avec le ^{14}C), l'étude d'archives historiques est indispensable pour certifier l'origine tempétueuse du dépôt. Elle permet également de préciser au jour près la survenue d'un événement impactant.

Pour les événements les plus récents, des comparaisons avec les données de réanalyses météo-marines, les archives journalistiques contemporaines, ou les bases de données de Météo-France sont également possibles. Pour les chronologies anciennes (échelle temporelle longue), une comparaison avec les autres chronologies géomorphologiques d'espaces avoisinant celui qui est étudié peut permettre d'attester l'origine tempétueuse d'un dépôt historique.



Incertitudes et limites

- Dans les espaces macro-tidaux*, seules les tempêtes concomitantes avec un fort coefficient de marée durant une marée de vives eaux* peuvent être identifiées.
- La datation radio-isotopique peut induire des marges d'erreur importantes sur les échantillons les plus profonds datés au ^{14}C .
- Si l'intensité d'un évènement passé peut être estimée dans les espaces soumis aux évènements tropicaux et à faible marnage*, cet objectif est bien plus complexe à atteindre sur les littoraux atlantiques, en Manche et en Mer du Nord.
- La résolution est annuelle (pour les données les plus précises), l'impact sédimentologique témoigne donc d'un ou de plusieurs évènements successifs survenus durant une année.
- Les impacts sédimentologiques anciens ont pu être érodés et ne sont donc pas visibles sans utiliser la géochimie.
- Le carottage sédimentologique est une méthode de prélèvement sur le terrain complexe et parfois dangereuse, il doit être réalisé par un personnel expérimenté sous peine de déstructurer la donnée prélevée. Il nécessite également une très bonne connaissance du terrain, qui a été sélectionné après une analyse fine de ses paramètres géophysiques.
- Certains faciès marins identifiés peuvent provenir d'autres phénomènes morphogéniques (migrations de chenaux, évolution de morphologies de flèches sableuses, etc.), c'est pour ces raisons qu'il est indispensable de croiser la donnée sédimentologique avec des preuves de tempêtes historiques détaillées dans les écrits.

Organisme(s) clés / en jeu dans le GT TSH

ISEN Yncréa Ouest, Laboratoire L@bisen

UMR CNRS 6554 Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG)

UMR CNRS 5805 Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC)

UMR CNRS 8591 Laboratoire de Géographie Physique (LGP)

D'autres laboratoires disposent également de plateformes d'analyses sédimentologiques

Autres usages de la donnée

- Reconstructions paléoclimatiques
- Reconstructions eustatiques
- Études géomorphologiques
- Études paléoenvironnementales
- Étude des aléas anthropiques (pollutions)



Références clés

Abrantes, F., U. Alt-Epping, S. Lebreiro, A. Voelker, et R. Schneider. 2008. « Sedimentological record of tsunamis on shallow-shelf areas: The case of the 1969 AD and 1755 AD tsunamis on the Portuguese Shelf off Lisbon ». *Marine Geology* 249(3-4):283-93. doi: 10.1016/j.margeo.2007.12.004.

Athimon, Emmanuelle. 2021. *Tempêtes et submersions marines dans les territoires de la côte atlantique (XIVe-XVIIIe siècle) - Emmanuelle Athimon*. Les Indes Savantes.

Bennington, J. Bret, et E. Christa Farmer. 2014. « Recognizing Past Storm Events in Sediment Cores Based on Comparison to Recent Overwash Sediments Deposited by Superstorm Sandy ». P. 89-106 in *Learning from the Impacts of Superstorm Sandy*. Cambridge: Academic Press.

Blott, Simon J., et Kenneth Pye. 2001. « Gradstat : A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments ». *Earth Surface Processes and Landforms* 26(11):1237-48. doi: 10.1002/esp.261.

Bronk Ramsey, Christopher. 2008. « Deposition models for chronological records ». *Quaternary Science Reviews* 27(1-2):42-60. doi: 10.1016/j.quascirev.2007.01.019.

Chagué-Goff, Catherine, Witold Szczuciński, et Tetsuya Shinozaki. 2017. « Applications of geochemistry in tsunami research: A review ». *Earth-Science Reviews* 165:203-44. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.12.003.

Feal-Pérez, Alejandra, Ramón Blanco-Chao, Cruz Ferro-Vázquez, Antonio Martínez-Cortizas, et Manuela Costa-Casais. 2014. « Late-Holocene Storm Imprint in a Coastal Sedimentary Sequence (Northwest Iberian Coast) ». *The Holocene* 24(4):477-88. doi: 10.1177/0959683613520257.

Goldberg, Edward D. 1963. « Geochronology with lead-210 ». P. 121-31 in *Radioactive dating*. Vienne: International Atomic Energy Agenc.

Liu, Kam-biu, et Miriam L. Fearn. 1993. « Lake-Sediment Record of Late Holocene Hurricane Activities from Coastal Alabama ». *Geology* 21(9):793-96. doi: 10.1130/0091-7613(1993)021<0793:LSROLH>2.3.CO;2.

Liu, Kam-biu, Caiming Shen, et Kin-sheun Louie. 2001. « A 1,000-Year History of Typhoon Landfalls in Guangdong, Southern China, Reconstructed from Chinese Historical Documentary Records ». *Annals of the Association of American Geographers* 91(3):453-64. doi: 10.1111/0004-5608.00253.

Migeon, S., O. Weber, J. C. Faugeres, et J. Saint-Paul. 1998. « SCOPIX: A New X-Ray Imaging System for Core Analysis ». *Geo-Marine Letters* 18(3):251-55. doi: 10.1007/s003670050076.

Oliveira, F. M., K. D. Macario, J. C. Simonassi, P. R. S. Gomes, R. M. Anjos, C. Carvalho, R. Linares, E. Q. Alves, M. D. Castro, R. C. C. L. Souza, et A. N. Marques Jr. 2014. « Evidence of strong storm events possibly related to the little Ice Age in sediments on the southern coast of Brazil ». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 415:233-39. doi: 10.1016/j.palaeo.2014.03.018.

Piotrowska, N. 2013. « Status report of AMS sample preparation laboratory at GADAM Centre, Gliwice, Poland ». *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms* 294:176-81. doi: 10.1016/j.nimb.2012.05.017.

Polonia, Alina, Enrico Bonatti, Angelo Camerlenghi, Renata Giulia Lucchi, Giuliana Panieri, et Luca Gasperini. 2013. « Mediterranean Megaturbidite Triggered by the AD 365 Crete Earthquake and Tsunami ». *Scientific Reports* 3(1285). doi: 10.1038/srep01285.



Pouzet, Pierre. 2018. « Etude des paléoévénements extrêmes le long de la côte atlantique française : approches sédimentologiques, dendrochronologiques et historiques ». Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Nantes.

Pouzet, Pierre, et Mohamed Maanan. 2020a. « Climatological influences on major storm events during the last millennium along the Atlantic coast of France ». *Scientific Reports* (10):12059.

Pouzet, Pierre, et Mohamed Maanan. 2020b. « Temporal Approaches of Historical Extreme Storm Events Based on Sedimentological Archives ». *Journal of African Earth Sciences* 162C:103710. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2019.103710.

Pouzet, Pierre, Mohamed Maanan, Sabine Schmidt, Emmanuelle Athimon, et Marc Robin. 2019. « Correlating three centuries of historical and geological data for the marine deposit reconstruction of two depositional environments of the French Atlantic coast ». *Marine Geology* 407(C):181-91. doi: 10.1016/j.margeo.2018.10.014.

Roy, P. D., M. Caballero, R. Lozano, B. Ortega, S. Lozano, T. Pi, I. Israde, et O. Morton. 2010. « Geochemical record of Late Quaternary paleoclimate from lacustrine sediments of paleo-lake San Felipe, western Sonora Desert, Mexico ». *Journal of South American Earth Sciences* 29(3):586-96. doi: 10.1016/j.jsames.2009.11.009.

Sabatier, Pierre, Laurent Dezileau, Michel Condomines, Louis Briquieu, Christophe Colin, Frédéric Bouchette, Michel Le Duff, et Philippe Blanchemanche. 2008. « Reconstruction of paleostorm events in a coastal lagoon (Hérault, South of France) ». *Marine Geology* 251(3-4):224-32. doi: 10.1016/j.margeo.2008.03.001.

Schmidt, Sabine, Hélène Howa, Amy Diallo, Jacobo Martín, Michel Cremer, Pauline Duros, Christophe Fontanier, Bruno Deflandre, Edouard Metzger, et Thierry Mulder. 2014. « Recent sediment transport and deposition in the Cap-Ferret Canyon, South-East margin of Bay of Biscay ». *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 104:134-44. doi: 10.1016/j.dsr2.2013.06.004.

Taylor, R. E. 1997. « Radiocarbon Dating ». P. 65-96 in *Chronometric Dating in Archaeology, Advances in Archaeological and Museum Science*. Boston: Springer.

Wassmer, Patrick, Jean-Luc Schneider, Anne-V. Fonfrège, Franck Lavigne, Raphaël Paris, et Christopher Gomez. 2010. « Use of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) in the study of tsunami deposits: Application to the 2004 deposits on the eastern coast of Banda Aceh, North Sumatra, Indonesia ». *Marine Geology* 275(1-4):255-72. doi: 10.1016/j.margeo.2010.06.007.

Yu, Ke-Fu, Jian-Xin Zhao, Qi Shi, et Qing-Shan Meng. 2009. « Reconstruction of Storm/Tsunami Records over the Last 4000 Years Using Transported Coral Blocks and Lagoon Sediments in the Southern South China Sea ». *Quaternary International* 195(1-2):128-37. doi: 10.1016/j.quaint.2008.05.004.

Zoppi, Ugo. 2010. « Radiocarbon AMS Data Analysis: From Measured Isotopic Ratios to 14C Concentrations ». *Radiocarbon* 52(1):165-70.



DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

Fiches en lien

Fiche « Trait de côte et géomorphologie »

