



Reide CORBETT

East Carolina University



John Patrick WALSH

University of Rhode Island, Coastal
Resources Center

2.10 | Evolutions sédimentaires et géomorphologiques des zones humides littorales : connaissances nouvelles issues de recherches françaises et américaines

Bonjour tout le monde. Je m'appelle J. P. Walsh, et je vais présenter avec mon collègue Reide Corbett. Merci pour l'invitation. Je vais commencer avec les remerciements. Immédiatement, je voudrais dire merci à Éric Chaumillon qui a fait beaucoup de choses, également à Johanna Jupin qui a aidé les recherches. Je dois dire merci au programme de Fulbright qui a financé mon travail à l'Université de Bordeaux. Et finalement, je voudrais dire merci à tous les partenaires qui ont soutenu le colloque aujourd'hui.

« Venez avec nous dans les marais ».

Je vais commencer par vous communiquer l'information générale, après Reide expliquera les méthodes que nous avons dû utiliser et le résultat de notre travail aux États-Unis. Et je terminerai en vous donnant des résultats de notre travail en France, et un petit peu de discussions et une conclusion.

Nous avons entendu ce matin qu'il y a beaucoup de choses qui impactent les côtes, et il y a beaucoup d'échanges sur ces sujets autour du monde. Et cet échange ne date pas d'aujourd'hui, mais existe depuis beaucoup d'années.

I. INFORMATION GÉNÉRALE SUR LES MARAIS

La côte est attaquée

Sur le côté gauche de cette slide, ou diapo, vous pouvez regarder qu'autour de Boston, il y avait beaucoup de marais qui ont été perdus.

Sur le côté droit de cette diapo, vous pouvez regarder un graphe qui indique qu'en Rhode Island où j'habite, plus que 50 % des marais ont été perdus. C'est un grand pourcentage. Mais je pense que c'est intéressant parce qu'en France ce pourcentage est plus grand : c'est 86 % dans cette publication et c'est vraiment impressionnant.

Vulnérable

Pourquoi le marais est vulnérable ? Il y a beaucoup de raisons que nous avons entendues ce matin. La montée des niveaux marins est la première raison. Mais aussi, l'érosion par la vague et les courants, et la pression anthropique. Par exemple l'urbanisation, l'eutrophisation et la pollution.

Remerciements.

- Eric Chaumillon
- Johanna Jupin et les autres étudiants
- Fulbright Programme
- East Carolina University
- University of Rhode Island
- Université de La Rochelle
- Université de Bordeaux (J.P. a travaillé ici)
- Touts les organizations que a soutenu le colloque et nos voyages



Avec le soutien financier de



En partenariat avec



Diapo 02 > Remerciements

La côte est attaquée.

- Autour la monde.
- Pas seulement récemment.

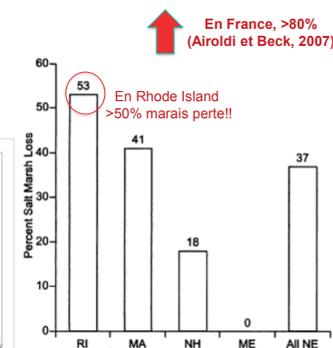
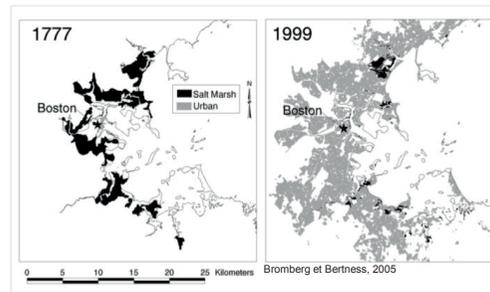


Fig. 2. Percentage of salt marsh lost in Rhode Island (RI), Massachusetts (MA), New Hampshire (NH), and Maine (ME) over the last 200 yr. At right, a weighted average of states losses are used to estimate salt marsh loss over all of New England (NE). Numbers above bars are the percentage values.

Diapo 05 > La côte est attaquée

Vulnérable.

- Montée du niveau marin (submersion)
- Érosion par les vagues et les courants
- Pressions anthropiques
 - Urbanisation
 - Eutrophication
 - Pollution



Diapo 06 > Vulnérabilité

Utile

C'est un grand souci, parce que les marais protègent les côtes contre les inondations et les tempêtes. Ils stockent le carbone et les contaminants, et sont très importants pour l'écologie et la biodiversité. Et pour toutes ces raisons, ils ne sont pas seulement une zone d'écologie, mais aussi une zone très importante pour les activités économiques : la pêche, par exemple et la mariculture.

Les marais sont très importants

En quoi les marais sont très importants ?

Vous pouvez regarder une diapo qui démontre que les zones d'écologie dépendent de l'élévation. Mais je voudrais expliquer aujourd'hui que le marais évolue.

Cette évolution dépend de la segmentation spatiale, spatialement et aussi temporairement. Il y a deux choses auxquelles nous devons penser.

L'augmentation de marais

Il y a beaucoup de choses qui sont importantes pour l'augmentation du niveau du marais.

Ce graphe indique le processus : par exemple, le climat est très important, et pas seulement pour le niveau de la mer mais aussi pour le marais, la bio productivité, et la sédimentation.

C'est important que tout le monde comprenne que le processus le plus dominant est différent pour chaque système. Et chaque système peut changer, avec par exemple l'impact anthropogénique.

Une autre chose très importante, c'est la variabilité du niveau marin, pas seulement le niveau marin mais la marée peut également changer avec le changement de la géomorphologie de la côte.

Donc il y a deux types de sédimentation que nous étudions, quand on étudie les marais : les sédiments organiques, et aussi les sédiments inorganiques ou minéraux.

Utile.

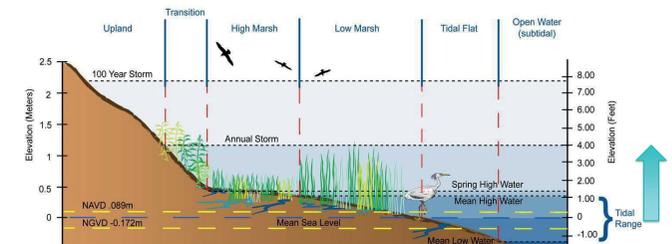
- Protection contre les inondations et les tempêtes
- Stockage du carbone et des contaminants
- Biodiversité
- Zone économique : pêche, conchyliculture, pâturage



Diapo 07 > Utilité

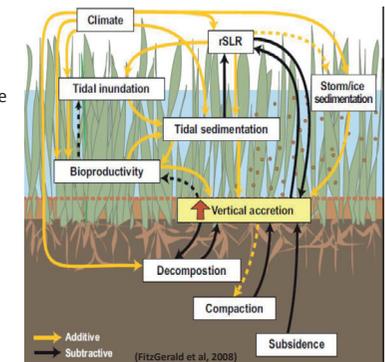
Ses zones de ecologie depends de l'elevation.

Ses evolutions depends de sedimentation spatialement et temporalement.



Diapo 08 > Les marais sont très importants

- Beaucoup de processus importants.
- Le plus dominant est différent pour chaque système, et aussi, un système peut changer.
- Le variabilité de niveau marin
 - Le marée
 - L'augmentation relatif
- Sédimentation
 - Organique
 - Inorganique
- Décomposition



Diapo 09 > L'augmentation de marais

Les marais du Golfe du Mexique disparaissent, pourquoi ?

Cette carte montre la possibilité de perdre la terre du delta du Mississippi : pourquoi ?

C'est parce que la montée du niveau marin est plus grande ici. Nous avons entendu ce matin, la montée du niveau marin est d'environ un centimètre par an, c'est vraiment grand. Et un autre problème, c'est que les sédiments sont limités, à cause de la pression anthropogénique.

Changement de débit de sédiment

Je vais vous le démontrer avec un autre graphe, ci-contre.

Sur le côté gauche, vous pouvez regarder le Mississippi dans le passé : il y avait un grand débit de sédiments. Mais aujourd'hui, parce qu'il y a beaucoup de barrages, le débit de sédiments a beaucoup diminué.

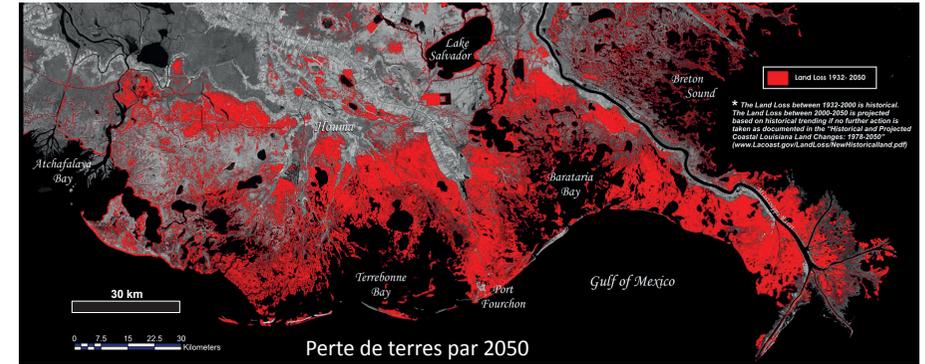
Un autre problème du delta, c'est qu'aujourd'hui il y a beaucoup de digues autour du delta, et les digues limitent les sédiments dans le marais. C'est la possible explication de perte des terres.

Marais du Golfe du Mexique : localement ils poussent

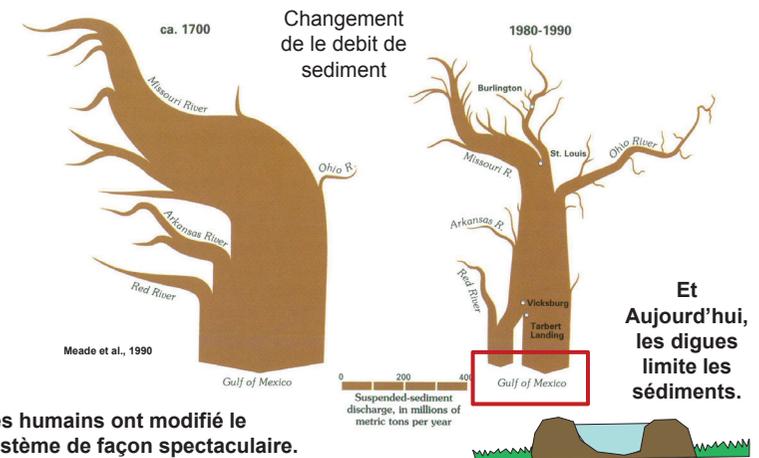
C'est intéressant ici, il y a aussi des possibilités de pousser le marais.

Dans le cadre jaune, vous pouvez voir une région du delta où une partie du fleuve a donné le sédiment dans la baie d'Atchafalaya. Et le delta s'avance dans la baie d'Atchafalaya. Donc, s'il y a le sédiment, c'est possible pour le marais de réussir avec exister.

Voilà une autre image qui montre, après un embouchement en 2011, que le delta avance, encore, avec beaucoup de sédiments dans le système. Quand vous avez beaucoup de sédiments, le système peut se maintenir.



Diapo 10 > Les marais du Golfe du Mexique disparaissent, pourquoi?

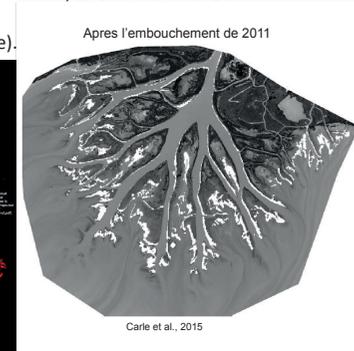
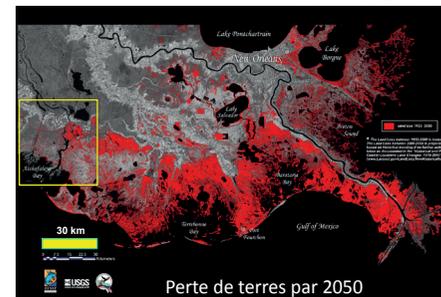


Diapo 11 > Changement de débit de sédiment

Marais de Golfe de Mexique mais localement ils se poussent.

- Golfe de Mexique généralement
- La montée de niveau marin (>1 cm/an)
 - Les sédiments sont limité (anthropogénique).

Mais, Le Delta de Wax Lake s'avance.



Diapo 12 > Les marais du Golfe du Mexique disparaissent, pourquoi?

Exemple de l'île de Ré

Voilà un autre exemple français : nous sommes en France, et nous discutons de la situation ici.

Vous pouvez regarder que, sur la gauche, il y avait beaucoup de marais dans le passé, mais maintenant il y a beaucoup de digues ; et le marais ne sédimente plus, n'est pas vraiment naturel. Vous pouvez regarder les zones de changement ici.

II. LES MÉTHODES

Reide Corbett traduit par Wayne Crawford:

Les méthodes

Il va parler des méthodes générales qu'on utilise sur le terrain. Pour comprendre les sédimentations de ces systèmes, on collecte beaucoup les carottes dans le terrain. Ces carottes sont ramenées au laboratoire, tranchées, et puis analysées. Ces analyses comprennent les radionucléides, comme le carbone, et d'autres choses.

Pour mieux comprendre le système, il faut aussi faire les mesures des élévations pour comprendre les changements de contexte. Et donc compléter avec d'autres mesures, y compris le transport des sédiments, des tables d'élévation, etc.

Méthode de ^{210}Pb

La méthode très commune, c'est d'utiliser les radionucléides dont le plomb 210. Le plomb 210 est introduit à travers l'atmosphère, et est présent partout. Il a une demi-durée de vie de 22 ans. On peut l'utiliser pour étudier les changements au niveau décennal.

Une fois que le plomb 210 est introduit dans le système, on peut regarder comment cela varie avec la profondeur, pour voir son changement avec le temps.

On voit typiquement une épaisseur de mélange, suivie par une épaisseur de décroissance radioactive qui donne le taux en-dessous du niveau basal. Dans un système parfait, ça représente des dépositions de matériel.



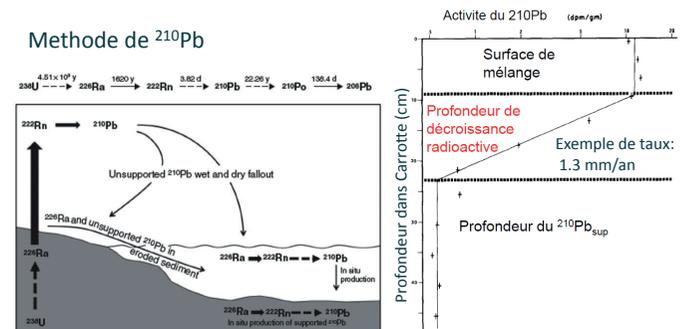
Diapo 13 > L'exemple de l'île de Ré

Les méthodes généralement.

- Carottes faites
- Couper en échantillons
- Analyses de laboratoire (e.g., carbone, radioisotopique)
- Mesure d'élévations (RTK)
- SIG pour mesurer le changement
- Autres mesures... niveau des marées, sédimentation (carrelages, SET), transport des sédiments.



Diapo 14 > Les méthodes



Diapo 13 > La méthode de ^{210}Pb

^{137}Cs et ^{210}Pb

Un autre radionucléide qu'on utilise, c'est le césium 137 qu'ils utilisent avec le plomb 210. Ici, on voit un profil logarithmique de plomb et de césium, avec la profondeur.

Le césium 137 est produit par les bombes nucléaires et le pic d'introduction était en 1963. On voit donc ce pic à une certaine profondeur, ces profondeurs correspondent à l'année 1963.

Ensemble, ça donne deux estimations indépendantes du taux de sédimentation.

Loss on Ignition (LOI = perte au feu)

Une fois qu'on a compris l'âge avec la profondeur, on peut étudier d'autres choses comme la déposition de matières organiques. Une des méthodes des plus communes utilisées s'appelle « loss of ignition », qui veut dire la « perte au feu ».

C'est la combustion. On fait tomber dans un four, on met à 500 degrés et on voit combien de matière est perdue. Normalement, on a de moins en moins de carbone avec la profondeur, parce que ça commence à se décomposer avec le temps.

On peut aussi voir parfois des événements, par exemple le dépôt d'ouragan qu'on voit à droite, en gris.

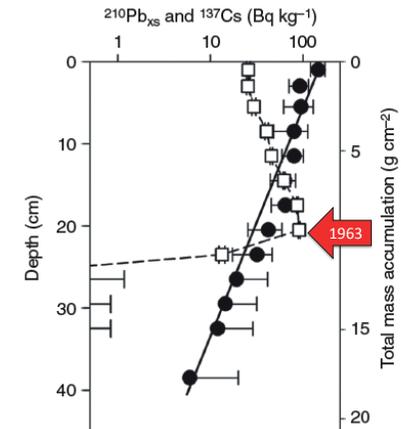
Comprendre la géomorphologie

En combinant les études de plomb 210, césium et carbone, on peut voir les impressions sur les séquestrations de carbone avec le temps. Une fois qu'on a ces informations sur les corps, on peut le mettre dans le contexte de l'écosystème ou d'un système, avec des études très précises de nivellement de niveau, en utilisant des GPS à haute précision.

On peut aussi voir les changements de la côte, et l'emplacement de la côte avec le temps. Ici, on a une image, une érosion. 1974, c'était en rouge et puis ça recule jusqu'à la mesure 2016.

^{137}Cs et ^{210}Pb

- ^{137}Cs – produit par la bombe nucléaire
- L'apogée est 1963
- Vérification avec 2^{ème} méthode
- Idéalement, ensemble avec ^{210}Pb



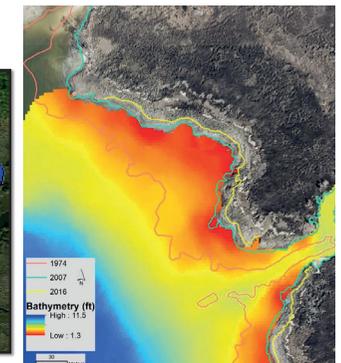
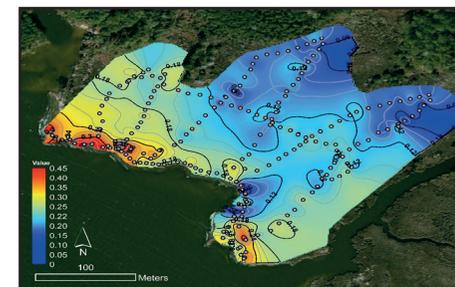
Diapo 16 > CS^{137} et PB^{210}



- Déterminer le pourcentage de matériaux organiques (pas exacte mais c'est facile)
- Normalement, variabilité avec profondeur (Carbone diminué), et avec événements.
- Déterminer le **sequestration de carbone** avec le taux d'accumulation et la densité du sédiment.



Diapo 17 > Loss on Ignition (LOI = perte au feu)

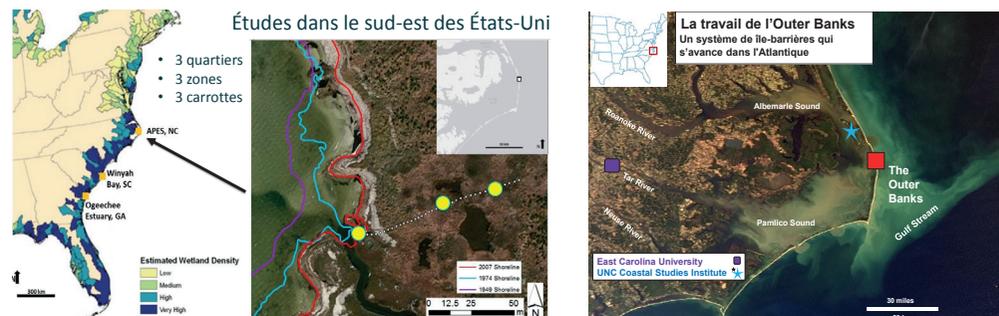


Diapo 18 > Comprendre la géomorphologie

Études dans le sud-est des États-Unis

Il va commencer avec un exemple : des études faites en Caroline du Nord. C'est chez lui, dans les Outer Banks et trois mesures y ont été faites. C'est une côte en érosion et chaque point jaune correspond aux mesures 1, 2 et 3 (dans le sens gauche à droite)

La localisation, présentée ci-dessous - diapo 20.



L'accumulation de sédiments de Pea Island

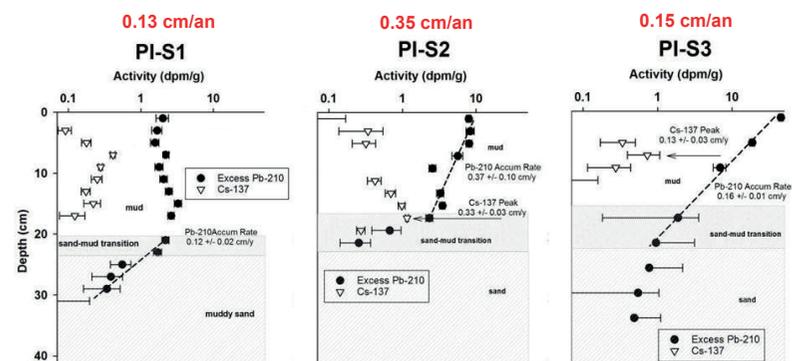
Voici des pelotes de césium et de plomb, avec la profondeur sur les trois sites pour regarder la vitesse de sédimentation (1, 2 et 3). Ces taux d'accumulation sont relativement petits, par rapport aux changements du niveau de la mer.

C'est le site deux, qui a le plus grand taux d'accumulation de sédiments.

Pea Island - Caroline du Nord

Voici (diapo 22) des pelotes de pertes de feu, de pourcentage de pertes de matériel, quand c'est brûlé, qui donnent des informations sur la quantité de carbone dans chacune de ces carottes. C'est une marée relativement jeune, parce qu'en-dessous des niveaux de boue, il y a du sable.

Diapo 19 et 20 > Études dans le sud-est des États-Unis



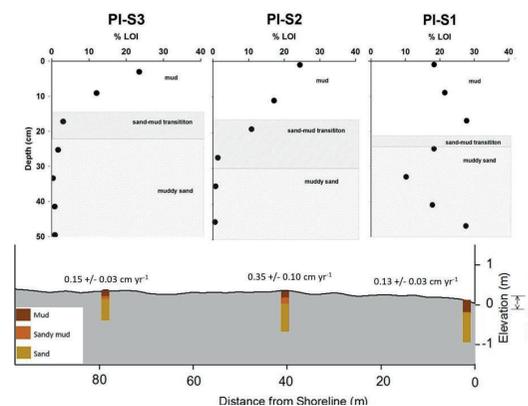
Diapo 21 > L'accumulation de sédiments de Pea Island

Pea Island – Caroline du Nord

20-30% LOI

Le montage de la niveau de le mer est 3-4 mm/ans

Les taux de sédimentation maintiennent les marais.



Diapo 22 > L'accumulation de sédiments de Pea Island

Les marais de Caroline du Nord

Il y a très peu de sédiments qui viennent des rivières et il y a très peu de transport par les marées. Dans ce cas particulier, c'est l'érosion de la côte, qui est un des éléments les plus importants. Il faut prendre le matériel à l'extérieur de la marche, pour mettre le matériel à l'intérieur de la marche.

Merci.

III. EXEMPLES DE RESULTATS EN FRANCE

Par John Patrick WALSH :

Maintenant, je vais expliquer le travail que nous avons fait en France.

Pertuis Charentais

Nous avons fait des recherches sur cinq sites. Vous pouvez voir la baie de l'Aiguillon, la baie du Fier d'Ars, la Charente, Brouage et la Seudre. Et dans les cinq sites, nous avons fait une ou deux carottes.

Exemples de résultats en France

À gauche, vous pouvez voir le même type de graphique, le plomb 210, avec la profondeur. Et avec l'activité diminuée, avec la profondeur, nous pouvons trouver un taux de sédimentation. Ici, le taux est de 1.5 cm par an.

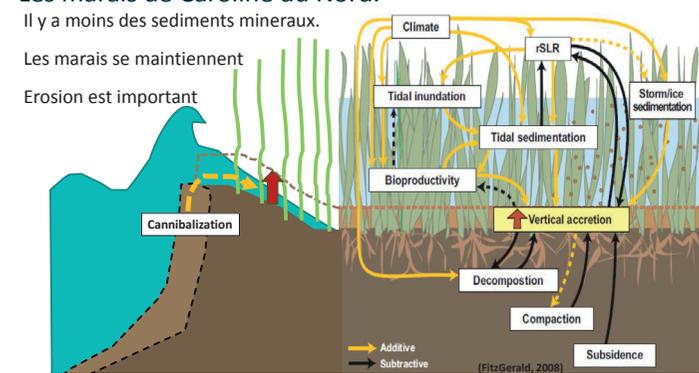
Mais dans le graphe 2, vous pouvez voir que l'activité est plus variable et donc nous n'avons pas pu trouver de taux de sédimentation.

Pour les carottes que nous avons faites dans la plupart des sites, le taux de sédimentation était entre 3 et 15 mm par an. Il y avait seulement deux sites, où les sédimentations étaient trop variables.

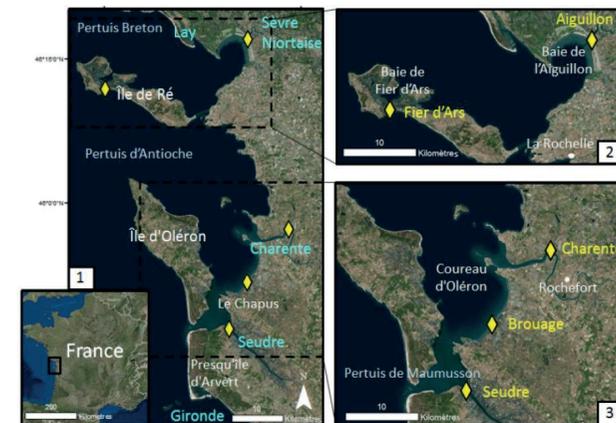
Voici une diapo (26) résumée où vous pouvez voir les modifications du trait de côtes, le taux d'accumulation sédimentaire et aussi la séquestration en carbone.

Et je voudrais juste démontrer ou indiquer ici, le Fier d'Ars et la baie de l'Aiguillon, vous pouvez voir que sur la côte, le changement est positif. Cela indique que la côte avance sur la baie, mais dans les autres sites, le changement de la côte est minime.

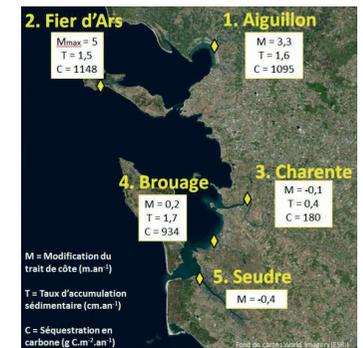
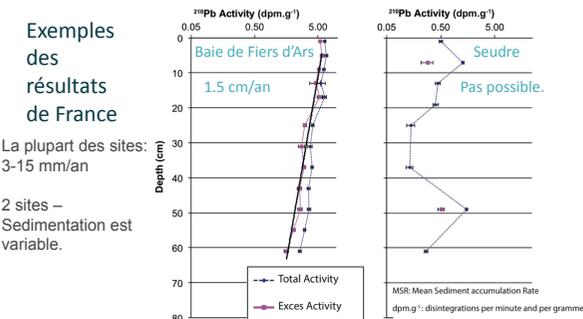
Aussi, vous voyez que le taux de sédimentation est important à Fier d'Ars, dans la Baie de l'Aiguillon et à Brouage mais dans la Charente et la Seudre, le taux de sédimentation est moins prononcé.



Diapo 23 > Les marais de Caroline de Nord



Diapo 24 > Pertuis charentais



Diapo 25 et 26 > Exemples de résultats en France

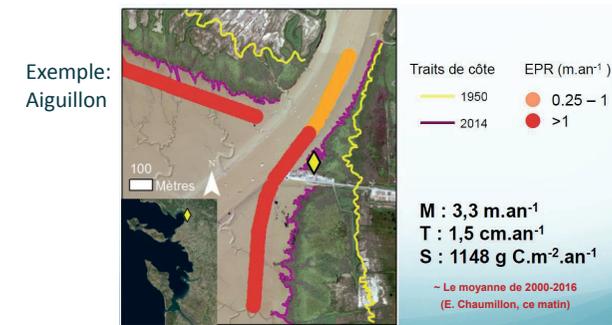
Exemple L'Aiguillon

Voici un exemple de données à la baie de l'Aiguillon.

Vous pouvez voir le trait de côte en 1950 et le trait de côte en 2014. Et sur l'image, vous pouvez voir que la côte avance, comme Éric a expliqué ce matin. Et la carotte que nous avons faite.

Nous avons pris deux carottes, mais nous avons fait des études juste sur une carotte et le taux de sédimentation était très important, 1.5 cm par an.

Et ce taux est très similaire à la moyenne de 2012 et entre 2012 et 2016, comme Éric l'a expliqué ce matin.



Exemple du Fier d'Ars

L'exemple de la baie du Fier d'Ars.

Ici, le changement du trait de côte est plus variable et vous pouvez également voir la progression de la côte. Nous avons fait une carotte, juste ici, le taux de sédimentation était de 1.5 cm par an.



Exemple de la Charente

Un autre exemple, il vient de la Charente.

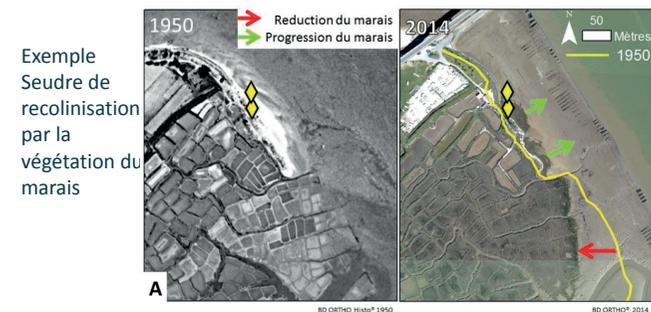
Ici, vous pouvez voir que le changement de la côte est minime, vraiment proche de zéro. Et le taux de sédimentation, ici, est de quelques millimètres par an.



Exemple de la Seudre - recolonisation par la végétation du marais

Un autre site ici, proche de l'embouchure de la Seudre. Vous pouvez voir les deux images du site et vous pouvez voir que le trait de côte a changé.

Dans le nord ou l'ouest, le marais avance, et dans le sud, la côte du marais recule. Mais j'ai déjà expliqué qu'ici, il n'était pas possible de déterminer de taux de sédimentation.



Diapo 27 à 30 > Exemples

Une situation de variabilité

Voilà un résumé des résultats. Simplement, il y a deux types de zones de sédimentation: l'accumulation, à la baie de l'Aiguillon, au Fier d'Ars et à Brouage, et la zone de transit / la zone de transport, l'embouchure de la Charente et de la Seudre.

Discussion

Juste un petit peu de discussion. Ce graphique indique la situation typique dans les marais (graphe orange), suivant l'élévation la plus importante pour la sédimentation. Le plus bas a le plus gros taux de sédimentation et le plus haut le moins de sédimentation.

En bleu, ce sont les données de notre étude en France et le taux de sédimentation pour les zones d'accumulation est de plus de 11 cm par an.

L'autre situation est en Caroline du Nord où nous n'avons pas beaucoup de sédimentation ici.

Prévision de la montée du niveau marin et de l'accrétion verticale des marais

Et enfin, je voudrais montrer un graphique qui indique le temps sur un axe horizontal et sur l'axe vertical l'augmentation verticale supposée, dont les lignes pointillées sont les projections de la montée du niveau de la mer.

Vous pouvez voir pour les trois sites «Brouage, L'Aiguillon et Fier d'Ars», que cette sédimentation est plus grande que les projections pour la montée du niveau des marais. Seule la Charente n'a pas beaucoup de sédimentations, mais je pense que c'est une situation avec élévation où nous avons pris la carotte. Donc, je pense que c'est vraiment une bonne nouvelle pour la récupération des marais ici.

CONCLUSION

Il y a beaucoup de processus qui sont importants et il y a beaucoup de variabilité. Le taux de sédimentation des marais du Poitou-Charentes est élevé et aidera les marais avec l'augmentation du niveau de la mer.

Le marais de Caroline du Nord sédimente assez bien grâce à l'érosion, mais l'avenir est en sursis.

Et finalement, l'écologie accumule un champ de carbone, particulièrement le bleu carbone dans les deux régions qui est très important. Voilà, merci!

Un Situation du Variabilité



Simplification: 2 « zones »

Elevation est aussi important.

Diapo 31 > Une situation de variabilité

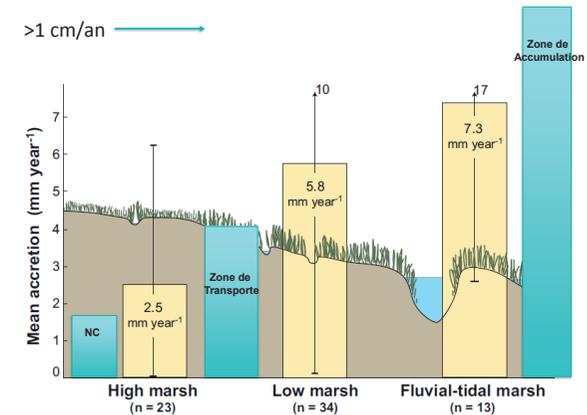
Discussion

Comparaison avec autre recherche

Pourquoi?

Le débit de sédiment (minéraux) de la Garonne et des autres fleuves.

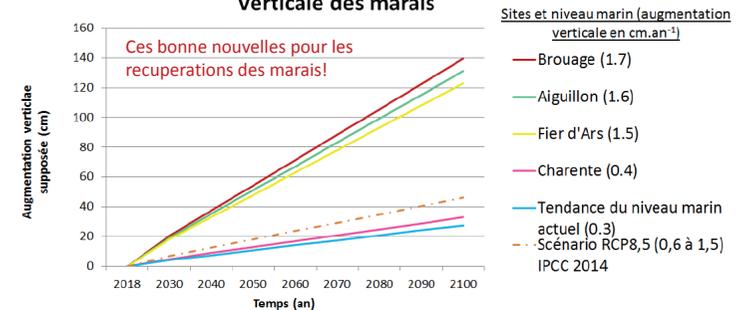
e.g., Allard et al., 2009; Poirier et al., 2016.



Fitzgerald et al., 2005

Diapo 32 > Discussion

Prévision de la montée du niveau marin et de l'accrétion verticale des marais



Diapo 33 > Prévision de la montée du niveau marin et de l'accrétion verticale des marais