**Discussion avec Gilles sur les dépôts de tsunamis**

**Gilles 8/8/20 :**

Je te contacte aujourd'hui à propos d'un autre dépôt catastrophique que Jean-Philippe et moi avons découvert […].

Il s'agit d'un dépôt produit par une, ou peut-être plusieurs très grande vagues, d'origine pour l'instant indéterminée (tsunami ou tempête). La vague a défoncé et dépassé un cordon dunaire de 10-15 mètres de hauteur, déposant des lobes de débris à plus de 900 mètres dans les terres. Ce qui est étonnant, c'est que les 3/4 ouest du cordon ont été complètement défoncés, un petit peu le quart est, mais le cordon sableux à l'est […] est peu affecté, avec quelques ébrèchements, et il est pourtant moins haut (8-10 m). Les autres cordons plus éloignés, au SE, et au nord de la lagune, n'ont pas été affectés du tout.

La bathymétrie conventionnelle de la plateforme ne révèle aucun canyon sous-marin, tout semble assez lisse et ennuyeux, rien qui semble pouvoir concentrer le déferlement sur ce cordon. Du coup, nous sommes vraiment interloqués. Est-ce que des interférences positives entre des vagues réfléchies sur les caps qui encadrent le cordon pourraient produire ce genre de déferlement ? Y aurait-il un moyen de quantifier l'effet de ces caps pour voir s'ils pourraient amplifier des vagues arrivant d'une direction particulière ? Car à part un "effet de site", comme on dit, je ne vois pas pourquoi seul ce cordon serait affecté.

L'autre mystère, est qu'il semble que cet évènement soit assez récent (quelques siècles), et qu'il ne s'est pas produit auparavant, pour le moins pendant les deux millénaires qui précèdent (à la louche, nous en saurons plus bientôt). En d’autres termes, l'effet de site ne conduit pas à la répétition fréquente du phénomène, si effet de site il y a bien sûr. Après, il y a des solutions plus "farfelues", faute d'explication plus probable.

Qu'en penses-tu ? Et que penses-tu que nous pourrions faire ?

**AdG 8/8/20 :**

Vois ceci:  Sabatier, P., 2012, “7000 years of paleostorm activity in the NW Mediterranean Sea in response to Holocene climate events”, Quaternary Research, 77, (p 1-11).

J'ai été un peu sceptique en lisant ça pour la première fois il y a un mois ou deux, mais les coastal engineers américains le confirment : les grandes tempêtes peuvent franchir un cordon littoral (barrier island) et déposer des sables dans une lagune plutôt couverte de vases/silts, d'où une alternance de couches qu'on peut retrouver dans une carotte comme le montre Sabatier, 2012.

Le bouquin de Paul Komar (vers la page 30) donne des cas sur la côte US : KOMAR, P., 1998, « Beach processes and sedimentation »*,*2nd ed., Prentice Hall. C'est un livre que tu devrais peut-être avoir dans ta bibliothèque. Je n'en ai hélas pas de version pdf.
Moi j'ajouterais que les sables fins (disons 100 mu) sont probablement d'origine dunaire/éolien alors que les sables plus gros viennent probablement de la base du cordon littoral. Si vous avez trouvé des matériaux plus gros que ça, ils n'ont a priori rien à faire là et il faut voir d'où ils peuvent bien venir !

Ce que tu décris ressemble évidemment plus à un tsunami qu'à une tempête, même énorme, car la longueur d'onde de ces vagues fait qu'elles déferlent devant la plage et perdent leur énergie, alors qu'un tsunami va déferler en "spilling" en générant ce que j'ai appelé un "tsunami bore" similaire à un tidal bore qui conserve une énorme énergie dévastatrice (voir [http://www.ancientportsantiques.com/ancient-climate/tsunamis/](https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=http%3A%2F%2Fwww.ancientportsantiques.com%2Fancient-climate%2Ftsunamis%2F&data=02%7C01%7C%7C4b50a1a086b64467229908d841a81a90%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C637331537544060450&sdata=%2FxfLbFicareeyX9VCIacfFSKix8TybS50DAmopyAFQc%3D&reserved=0) )

Ensuite la question de propagation du tsunami. Il faut raisonner en termes de réfraction sur la pente des fonds. Vu la grande longueur d'onde d'un tsunami, il commence à "sentir le fond" très loin de la plage (disons à partir de l'isobathe de mille mètres). S'il vient du sud, […] il se propage en tournant en éventail en dispersant son énergie.
Ce n'est qu'une hypothèse et un modèle math pourrait nous en dire plus en prenant en compte les réflexions sur des falaises voisines. Reste à voir qui peut nous faire un tel modèle ?

Voilà mes premières réactions ...

**Gilles 13/8/20 :**

En ce qui concerne le dépôt de tsunami dont je t'avais parlé, il est très important que nous ayons une idée de s'il s'agit d'une tempête ou un tsunami. […]. Et il n'existe pas ailleurs le long de la côte. Donc la question est de savoir s'il s'agit de la tempête de récurrence millénaire, renforcée par une configuration locale particulière de la côte, ou bien d'un tsunami avec une cause très locale (glissement de terrain sous-marin, par exemple). D'où ma question sur le rôle potentiel (ou non) des caps encadrant le cordon […].

**Gilles 14/8/20 :**

Oui les débordements de tempêtes dans les lagunes sont des phénomènes très largement documentés en beaucoup d'endroits du monde. J'ai lu beaucoup d’études similaires sur la côte est des Etats-Unis et surtout à Porto Rico, qui ont été utilisées pour quantifier la fréquence des ouragans.

Le problème, classique depuis 30 ans, est de séparer les tempêtes des tsunamis dans les enregistrements. Souvent les chercheurs intéressés par les ouragans n'y voient que des ouragans et ne se posent pas la question des tsunamis, et les chercheurs uniquement intéressés par les tsunamis n'y voient que des tsunamis (les italiens notamment). Il y a de vives discussions et débats sur comment séparer les deux dans les carottes.
Cependant, dans le cas qui nous occupe, nous n'avons aucun doute sur l'importance de la vague, car le dépôt a une expression morphologique exceptionnelle, qui est la base de notre interprétation. En d’autres termes, nous n'avons pas encore son âge (simplement post 1er siècle CE), par contre nous connaissons parfaitement bien la géométrie du débordement, son amplitude, et son étendue dans les terres. Je suis assez convaincu qu'il a rasé une forêt qui couvrait les dunes.
S'il s'agit d'un tsunami, autrement dit si les vagues de tempête ne peuvent faire cela […] alors son origine serait locale, […]. Donc je penche pour une source située non loin en mer, à 2-7 km, donc à faible profondeur sur le plateau continental. Je suis en contact avec des collègues pour essayer de trouver des données bathymétriques meilleures que la bathy conventionnelle. Si je récupère une bonne bathy, cela devrait aider à la modélisation.

**AdG 14/8/20** :

Je suis un peu surpris qu’on ne parvienne pas à distinguer un dépôt de tsunami et un dépôt de tempête. Le tsunami roule sa vague sur des km et ramasse au passage des coquilles, etc. qu’il éclate en petits morceaux, sans parler de tout le reste qu’il transporte vers l’intérieur des terres. Une tempête va plutôt causer une érosion du haut de plage (& dune s’il y en a) pour déposer le sable au large (disons vers l’isobathe de – 5 à -10 m). Ensuite, lorsque le cordon se rétrécit, la houle peut le rompre, le franchir et déposer du sable dans la lagune située derrière.
C’est là que les Sabatier & co peuvent avoir la chance de retrouver une superposition de vases/limons lagunaires et de sable marin. A noter que si le sable est fin (autour de 100 mu) il peut très bien être simplement éolien et indépendant d’une super-storm (c’est ce qu’on voit chez Sabatier, d’où mon hésitation à le suivre sur des datations précises de super-storms).

**Gilles 15/8/20** :

Très bonne remarque ! Je connais des étudiantes, dans mon labo, qui ont dédié toutes leurs thèses à caractériser les dépôts de tsunami. Notamment à partir des foraminifères marins. Je crois qu'une des distinctions faciles à faire est que les tests de foraminifères souffrent beaucoup plus s'ils sont transportés par un processus de saltation à travers un cordon littoral + la pluie sur ces tests calcaires, que par transport dans un tsunami (en suspension, dans l'eau de mer). Je pense que s'ils ont pu trouver une faune marine intacte, ils ont un bon argument pour un débordement par-dessus le cordon.

**AdG 15/8/20** :

Pour les tsunamis, c’est quoi les « les tests de foraminifères » et « la pluie sur ces tests calcaires » ? J’ai du mal à imaginer que le « transport dans un tsunami (en suspension, dans l'eau de mer) » soit de tout repos pour un coquillage !! Il y a des trucs qui m’échappent : les étudiantes ont publié qlq chose sur leurs recherches ? J’ai regardé rapidement dans ce que j’ai de Vött, mais je n’ai pas vu de courbes granulo, même pas un petit D50, juste des photos des carottes où on voit du gravier …

**Gilles 15/8/20** :

Les tests sont les "coquilles" des foraminifères. On ne parle pas de coquilles car les coquilles sont des tissus pluricellulaires, or les forams sont des organismes unicellulaires, et les tests sont simplement leur paroi, calcifiée.
Le transport des tests, comme le sable d'ailleurs, en domaine aérien, est beaucoup plus endommageant pour les grains, sur une distance donnée, car ils se déplacent par saltation, et subissent des chocs. Dans l'eau, vu leur faible taille, il y a moins de découplage angulaire entre le flux aqueux et les particules fines: les galets restent en saltation mais les sables, et surtout les éléments encore plus légers tels les test, sont souvent en suspension aux vitesses considérées, et du fait de la viscosité relative de l'eau et du faible contraste de densité entre l'eau et les particules, entrent assez peu en contact avec leur environnement, et si cela se produit, avec un angle d'incidence faible (pas dans l'écume de plage, mais c'est une autre affaire).
Si tu cherches Ben Horton + tsunami+ foraminifer tu auras la liste interminable de leurs travaux. Aussi ceux de Dale Dominey-Howes qui est dans le labo de Sydney.

**AdG 17/8/20 :**

J’ai donc appris que les « tests » ne sont donc pas ce que je pensais !!! Je ne parlerai plus de « coquillages » !
J’ai récupéré qlq papiers de Horton sur les tsunamis. Merci.
Très instructif pour moi du point de vue sédimento … mais l’aspect hydraulique n’est pas regardé. Il faut absolument que tu regardes cette vidéo (rare) du mascaret en Chine et que j’ai vu de mes yeux en 1989 (<http://ancientportsantiques.com/wp-content/uploads/Documents/VISITES/QiantangBore%201989-09/QiantangBore.avi> ) (j’espère que tu apprécieras la musique !!). La similitude avec un tsunami est frappante.

Qui n’a jamais été pris dans un rouleau de vague déferlante sur la plage pour se faire secouer comme dans une lessiveuse et ressortir avec le maillot plein de sable ?! C’est aussi là que se fait le transit littoral de sable qui est mis en suspension dans la zone de déferlement. C’est aussi une analogie avec le transport de sable par le rouleau du tsunami, à cette différence près qu’il se propage sur des km en mer et à l’intérieur des terres.

Ceci dit, Pilarczyk-Norton 2012 sur le tsunami de Tohoku, indiquent que le sable retrouvé à terre est de « nearshore to dune origin », ce que je comprends bien en effet. Ils disent que les sédiments pourraient même venir de plus loin au large, ce qui me va aussi très bien car le tsunami doit brasser les fonds très loin de la côte et y soulever des muds/silts marins. En revanche, j’attribuerais bien les « dark laminae » de la fig 3c à plusieurs ondes successives entrecoupées d’un backwash rapportant des muds/silts de la terre vers la mer … (?).

Un autre article de Horton (2017) décrit les dépôts dans une grotte près de Aceh. Fascinant ! et encore du sable (fin).

En tout cas, je dois oublier qu’un tsunami transporte des sédiments grossiers (galets) qu’on retrouverait à l’intérieur des terres. D’ailleurs d’où viendraient-ils ?! Le tsunami ne ramasse que ce qu’il trouve devant la côte attaquée, en général du sable et plus au large, des argiles marines.

Je dois oublier aussi que les forams sont broyés/abimés par la turbulence dans le rouleau du tsunami … ils sont au contraire « pristine » car transportés en suspension, comme tu le disais. La « foraminiferal test taphonomy » (!) signe la présence d’un tsunami plutôt qu’une super-storm qui fait plus de casse sur les forams.

Merci, donc, de m’avoir éclairé sur ce sujet.

**Epilogue en 2021**

**AdG 23/6/21 :**

Je viens de passer un moment sur les études des hydrauliciens japonais dans leur méga-canal à houle de 200 m de long.

Pour résumer : on arrive assez bien à faire des modèles numériques de la génération et de la propagation des tsunamis jusqu’à … leur point de déferlement. Ensuite, on ne sait presque rien de concret et c’est là que les études en canal à houle interviennent en complément des études de terrain. Mais c’est le tout début.

Surtout téléchargez les « Supplementary data » en fin des articles de Yoshii : elles contiennent des vidéos des tests effectués dans leur grand canal. On y voit bien le tsunami et ses impacts sédimento à terre. Très instructif à mon avis.

Ensuite, voir Matsuyama, 2007, qui ouvre le bal. Puis, si vous avez du courage, c’est Yoshii, 2017 & 2018 qui prend le relais, mais son langage est difficile et j’ai donc bardé le texte de commentaires qui aident à la lecture, j’espère. Ne vous attardez pas sur les formules, sans intérêt pour comprendre la physique des tsunamis et de leur impact sédimento.

Bon, après ça, il restera à voir les traces sédimento laissées dans les carottes par des paléotsunamis … On n’y est pas encore vraiment.

Des petits malins ont déjà commencé à le dire : « landward thinning of the deposit and landward fining of the sediment » : une tendance qui semble se dégager de ces essais également.

MATSUYAMA, M., et al., 2007, “A study of tsunami wave fission in an undistorted experiment”, Pure Appl. Geophys. 164(2–3), (p 617-631).

YOSHII, T., TANAKA, S., MATSUYAMA, M., 2017, “Tsunami deposits in a super-large wave flume”, Marine Geology 391, (p 98-107).

YOSHII, T., TANAKA, S., MATSUYAMA, M., 2018, “Tsunami inundation, sediment transport, and deposition process of tsunami deposits on coastal lowland inferred from the Tsunami Sand Transport Laboratory Experiment (TSTLE)”, Marine Geology 400, (p 107-118).

Scale model tests : <https://data.mendeley.com/datasets/7348bmbbsx/1>