

Submersion, tempêtes entre Loire et Vienne, quelles conséquences, comment s'adapter ?

Simon Oertlin, Jean-Claude Ménard

Les submersions

L'urbanisme et le littoral

La tempête Xynthia a mis en évidence la fragilité des zones conquises sur la mer et endiguées, mais aussi de l'ensemble des habitats construits sur des sols remblayés, sur des marais, d'anciens marais salants, sur des zones inondables, sur des dunes ...

Aujourd'hui la menace ne vient pas uniquement du réchauffement climatique, comme l'explique Martin Juigner¹. «*Dans les années 1960 la France a urbanisé massivement le littoral. Nous avons créé nous-même le risque côtier : si des maisons sont menacées, c'est par l'artificialisation qui fige le trait de côte.*»

Les maisons au XIX^{ème} siècle n'étaient pas construites face à la mer, mais protégées des vents dominants. Les exemples ne manquent pas : on peut le constater avec le port du Croisic. C'est avec le développement du chemin de fer, de la démocratisation des loisirs et la diffusion de l'automobile qu'une construction galopante a vu le jour sur l'ensemble du littoral, soumis dès lors à une artificialisation systématique. Cette époque correspond aux "Trente Glorieuses" et à un "laisser faire" en matière d'aménagement et de réglementations. Des ports et leurs infrastructures attenantes sont édifiés sans vraiment prendre en compte les conséquences sur les courants ou sur les plages. Cet attrait pour la côte est lié à la beauté des sites ... mais celle-ci est considérablement réduite lorsque tout est urbanisé ! Dans certains endroits les dunes fragiles sont loties ou aplanies pour créer des parkings. Il faut attendre 1986 pour que la loi littoral fixe des règles d'urbanisme pour préserver ce qui reste avec le concours du conservatoire du littoral. On a donc arrêté l'expansion des zones urbanisées sur le littoral mais on ne l'a pas réduite : le risque n'a pas disparu avec cette loi, on a juste arrêté d'augmenter la vulnérabilité.

lisé et figé. En bétonnant le littoral, par manque de réflexion, parce que l'homme et la technicité voulaient s'imposer et non composer avec la nature, et aussi parce que beaucoup d'argent et sans doute de cupidité étaient en jeu. Plus de permis donnés, plus d'habitants et de taxes avec des emplois dans la construction, les services, les commerces. Une croissance économique forte qui favorisait l'optimisme et des projets fous, comme, une marina dans le marais salant de Guérande! On a donc artificialisé à outrance créant une hausse de la vulnérabilité et dans le même temps on a augmenté la hausse des aléas avec le réchauffement climatique, les tempêtes seront plus fortes, la montée des eaux importante. L'homme a ainsi créé les conditions d'un affrontement violent avec la mer d'où il ne sortira pas indemne.

Le réchauffement climatique et la montée des eaux

Le réchauffement climatique entraîne une élévation du niveau de la mer en raison de plusieurs phénomènes associés, dont les principaux sont la fonte des glaces et la dilatation des océans. Une augmentation de la température de plus de 3°C en 2100 est tout à fait possible et pour certains, elle sera même dépassée, +5°. Pour mémoire, il faut rappeler que la température moyenne pendant l'ère glaciaire était seulement de -5° par rapport à notre température actuelle. L'Europe était alors couverte de glace et le niveau de la mer était 120 m plus bas qu'actuellement, la Grande Bretagne était reliée au continent. Cette élévation entraînera une fonte du permafrost (c'est déjà commencé) en libérant des quantités considérables de méthane et accélérera ainsi le processus d'élévation de la température.

Les océans vont donc monter, selon les modélisations les plus optimistes (GIEC) entre 70cm et 1m. Certains avancent des élévations d'1m50 à 3m et un

¹ Le trait de côte est donc particulièrement artificia-

¹ Martin Juigner : "La géomatique au service du trait de côte" univ Nantes 2017

effondrement des sociétés complexes consommatrices d'énergie carbonées peu chères.²

Une mer plus chaude, c'est aussi de l'énergie emmagasinée qui alimente les tempêtes, les typhons les cyclones ... C'est aussi plus d'évaporation et donc plus de pluies, plus d'inondations mais pas partout dans le monde, car ce sera aussi plus de régions désertiques avec les conséquences humaines inévitables et les grandes migrations de populations. Les changements climatiques impactent notre vie et leurs manifestations vont s'accroître.

La tempête Xynthia

Cette tempête Xynthia est une dépression profonde mais qui n'est pas exceptionnelle, on mesure des vents à 160 km/h sur l'île de Ré. Cependant elle est concomitante à des marées fortes, 102 de coefficient, et les vents les plus violents sont au moment de la pleine mer. Avec l'onde de marée, une pression atmosphérique basse, des vents violents, une houle importante, la surcote est d'1m50 en moyenne, et plus, lorsque la configuration de la côte crée des étranglements, rias, estuaires, étiers. La submersion entraînera la mort de 59 personnes et des dégâts matériels de plus de 2 milliards. A la suite de cette catastrophe, un urbanisme débridé est remis en cause, la surveillance et la réparation de 5000 km de digues envisagés. (voir les mesures)

La carte "Xynthia" entre Loire et Vilaine nous montre que la basse Loire est submergée, des brèches ont

2 Joseph Tainter The collapse of complex societies ; Yves Cochet ancien ministre environnement

été créés dans les digues du trait du Croisic et de Mesquer, les marais salants submergés sur certains secteurs. Localement les villes du Pouliguen et de la Baule sont inondées, 200 bâtiments inondés sur la Baule mais également sur les Moutiers en Retz. Les quais du Croisic sont sous l'eau, Les conduites d'assainissement explosent en de nombreux endroits. La basse Loire est submergée. Des travaux suivront cet épisode dramatique en particulier la constitution d'une protection D'1 m le long de l'étier du Pouliguen. (voir solutions)

Élévation de la mer d'1m : un scénario optimiste ?

Les conséquences du réchauffement climatique les années à venir sont une augmentation du niveau de la mer, des tempêtes plus violentes et fréquentes. La carte que nous vous proposons (sources, climate central) représente la situation du littoral entre Loire et Vilaine avec une hauteur moyenne de + 1 m en 2100, pour les données les plus optimistes (GIEC). Benjamin Hoston, de l'Université de Rutgers (Etats-Unis), et son équipe ont mené une enquête auprès de 90 scientifiques, provenant de 18 pays, à qui ils demandaient leur point de vue et les résultats de leurs recherches sur la hausse du niveau marin. Ceux-ci se montrent généralement plus pessimistes que le GIEC : les deux-tiers d'entre eux sont au-dessus des prévisions de ce dernier. Pour une estimation haute (émissions de CO2 non atténuées), 51 % d'entre eux vont jusqu'à avancer les chiffres de 1,5 m, 27 % de 2 m ou plus.



Le modèle CoastalDEM*

Les chercheurs de *climate central* ont mis au point un nouveau modèle numérique d'élévation du niveau de la mer, CoastalDEM*. Il montre que bon nombre de côtes du monde sont bien plus basses que ce que l'on croyait. Surtout, il estime que 300 millions de personnes pourraient affronter des inondations une fois par an d'ici à 2050 (au lieu de 79 millions), particulièrement dans ces huit pays d'Asie : la Chine, le Bangladesh, l'Inde, le Vietnam, l'Indonésie, la Thaïlande, les Philippines et le Japon. La France ne serait pas épargnée non plus : 1 million d'habitants pourront être inondés chaque année en 2050, essentiellement en Loire-Atlantique, Vendée, Charente-Maritime, Gironde, Seine-Maritime et dans le Pas-de-Calais. Nous vous présentons ces cartes pour l'espace entre Loire et Vilaine. Ces hauteurs ne tiennent pas compte d'événements tels que Xynthia avec des surcotes de 1m50..

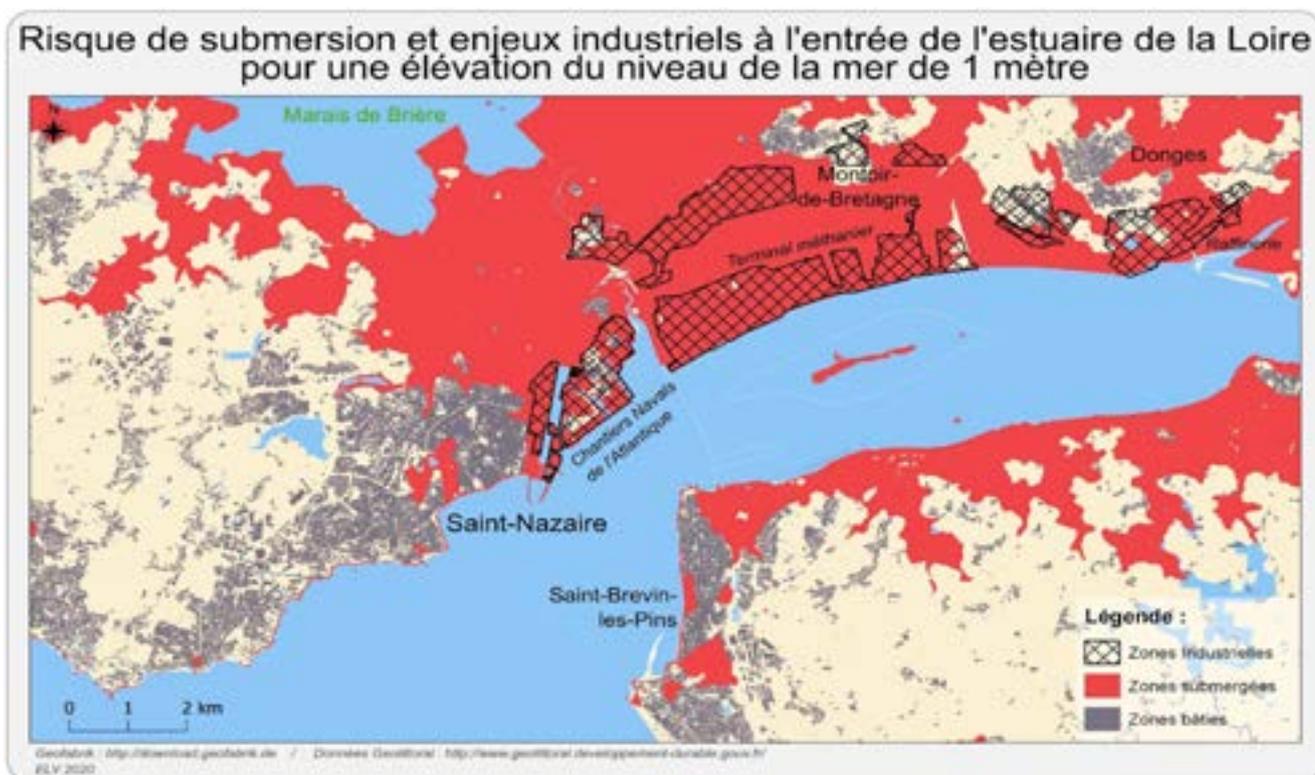
Selon les cartes de climate central, ce qui se remarque tout de suite, c'est la submersion de la Brière par la mer, qui crée d'ailleurs une zone d'expansion de la submersion, diminuant l'impact en amont. C'est aussi la disparition des marais salants de Guérande, Saillé devient une île. Les marais du Mes et de Mesquer sont sous l'eau ! La basse Loire inondée jusqu'au lac de Grandlieu avec Paimboeuf, Mindin, St Brevin, les moutiers en Retz, sous l'eau. Les chantiers de St Nazaire Montoir Donges seraient submergés. (voir focus)

Avec une mer 1m plus haute, une partie des terres maraîchères au dessus de Nantes est inondée, l'écoulement des crues de la Loire freinée et la sa-

linité remontera au dessus de Nantes avec toutes les conséquences sur l'usine de traitement de l'eau potable. Sur la presqu'île du Croisic les zones construites au niveau de la mer du Pouliguen et de la Baule sont les premières touchées. Le quartier de la herpe à Batz sur mer, les quais du port du Croisic et les rues adjacentes seront inondés régulièrement. St Goustan, le Castouillet seraient de nouveau des lagunes jusqu'au manoir de Kervaudu. Le Croisic deviendrait une île lors de tempêtes et fortes marées, la rupture étant au niveau de la "Barrière" entre Batz sur mer et le Croisic. Les chantiers de St Nazaire et la zone industrielle de Montoir/Donges seront submergés.

Les conséquences sont extrêmes concernant l'industrie (mais il y a aura-t-il ce type de production d'énergie dans trente ans) ! Nous ne ferons sans doute plus de paquebots de 6000 personnes, mais nous ferons toujours des bateaux nous l'espérons de plus en plus écologiques, recyclables, pour le cabotage de marchandises et le transport de passagers. Le pétrole sera-t-il encore raffiné à Donges, on peut en douter ? Cependant le gaz devrait être encore utilisé comme énergie d'appoint pour compenser le renouvelable intermittent.

Il est à remarquer que l'estuaire de la Vilaine est peu touché. Pour une fois, le barrage d'Arzal très décrié à raison, rend un service à la vallée de la Vilaine en bloquant la montée de la mer. L'écoulement des crues sera cependant plus difficile. Pont Mahé sur Assérac sera inondé (il y a beaucoup de maisons) ainsi que les marais du Mes.. Quand sera-t-il alors de la mytiliculture et des installations professionnelles ?



Risque de submersion dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine pour une élévation du niveau de la mer de 2,5 mètres



Les marais salants de Guérande :

Les marais salants sont bien sûr fortement impactés et risquent de disparaître dans une trentaine d'années et d'ici là nous connaissons des épisodes compliqués des ruptures et brèches dans la digue. Il faudrait que cette digue dénuée de fondations et construite en pierres jointoyées sur un talus d'argile, soit entièrement refaite à partir de sa base. Il faudrait aussi surélever tous les talus des étiers. Est-ce possible financièrement ? On constate que la station d'épuration de Livery est sous les eaux, l'assainissement étant un des grands problèmes de l'élévation de la montée des eaux. Il est à noter que Noirmoutier absente des cartes serait submergée sur les $\frac{3}{4}$ de sa surface.

Le remblai de la Baule :

Dans sa configuration actuelle le remblai ne résisterait pas à + 1m d'élévation de la mer, à la houle qui sera encore plus puissante, aux tempêtes plus fortes et plus fréquentes. Des ruptures seraient inévitables. Derrière ce remblai et les premiers immeubles, le niveau est inférieur au niveau de la mer, cette zone serait régulièrement inondée. Il en est de même sur Pornichet pour tous les quartiers autour de l'hippodrome où la submersion serait importante.

La carte de submersion à 2m50 correspond à des événements majeurs liés à des tempêtes, des basses pressions et des marées importantes. Une surcote de 1m50 par rapport à une montée des eaux d'1m est tout à fait possible et est sans doute sous évaluée. Une augmentation du niveau de la mer de 2m50 fait

partie des hypothèses de certains scientifiques et est très liée à l'évolution de la température + 4/5°, elle amènerait en cas de tempêtes à des niveaux difficilement imaginables.

Cette carte nous montre que le Croisic devient une île ainsi que Batz sur mer/ le Pouliguen, et Penbron. Les dégâts causés par la houle seraient très importants sur la côte et sur les ouvrages tels que les ports, les jetées, les ponts, les routes, le chemin de fer.

Le centre de Nantes sera parfois inondé au niveau des quais, de la place du Commerce, place Royale, le boulevard des 50 otages jusqu'à l'Erdre. La grande différence avec un niveau de 1 mètre se situe à Nantes puisque l'île de Nantes sera submergée par intermittence et au moins une fois par an. Or, il devra y être construit le nouveau CHU avec certes des aménagements prévus en cas d'inondation ... mais pour une telle hauteur d'eau ? On n'imagine pas le combo épidémie + submersion : car même si les sous-sols des bâtiments étaient conçus pour résister à ce scénario, les chemins d'accès seront sans doute inondés sur l'agglomération nantaise et l'île.

La culture du risque

La culture du risque n'est pas dans les habitudes des habitants saisonniers du littoral. Les tempêtes marquantes sont trop espacées, 1922 la jetée de Batz sur mer est détruite, en 1999 ce sont des vents de plus de 150 kmh qui arrachent arbres et toitures, plus d'électricité, mais c'est surtout du naufrage de l'ERIKA dont on se souvient et puis Xynthia 2010 ! Les Ligériens* (lexique) possèdent cette culture avec

sur les façades des maisons les années des crues gravées et la hauteur de l'eau ... Les habitants vivaient avec. Sur les îles, chaque année la Loire envahissait les prés. Il fallait soit remonter les "bêtes" à l'étage (rampe d'accès) ou les ramener à terre avec des toues*(lexique). Les meubles pouvaient être surélevés avec des systèmes de cordes et poulies. Les Japonais, les Australiens, les habitants des îles du Pacifique ont cette culture du typhon, des cyclones ou des séismes.

Chez nous, sommes-nous prêts à faire des exercices d'évacuation lorsqu'une forte tempête est prévue ou même tout simplement comme exercice d'entraînement ? Sommes-nous prêts à modifier les constructions pour résister à des aléas multiples, sommes-nous prêts à diminuer la pression humaine sur le littoral ? La crise sanitaire du moment montre que nous n'avons pas encore cette culture de la distanciation, du port du masque, comme peuvent l'avoir les asiatiques qui ont été touchés par plusieurs épidémies.

L'Etat, les plans de prévention :

A la suite de ces événements tragiques, l'Etat le 2 août 2011 donne une liste de communes à risques afin d'élaborer en priorité un Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL). En 2012 la Cour des comptes demande la révision des règles d'urbanisme en zone "inondable" et donc une révision des

Les solutions : comment s'adapter et vivre avec le risque

Accepter le caractère dynamique et évolutif du littoral. Ce qui suppose dans les années à venir et dans certains cas un repli stratégique. Il faut faire respecter la Loi littoral et surtout ne pas chercher des adaptations des aménagements de cette loi ! Avec un trait de côte qui va reculer cette loi est essentielle..



Maison sur pilotis

"SCOT et PLU" (lexique) et souhaite une réforme du régime de catastrophes naturelles excluant les biens construits sans base réglementaire !

Il s'en suit une réglementation stricte avec un diagnostic gratuit et dans le cas de travaux nécessaires, ils doivent être réalisés par les propriétaires* dans les 5 ans (avec sous conditions, des aides) qui suivent l'adoption du PPRL. Ce sont les inters communs qui sont chargées de gérer les milieux aquatiques et la prévention des inondations (Gemapi). C'est ainsi que des cartes ont été constituées et sont consultables sur les sites des communes ou de l'inter commune ou de la DREAL. Ces cartes sont édifiées sur la base de Xynthia +20cms et sur la base de Xynthia + 60 cms à l'horizon 2100 !

Ces données nous semblent réalistes... Mais pourraient arriver plus tôt, à l'échéance 2050 si le réchauffement climatique n'est pas maîtrisé.

- **Les propriétaires sont contraints de modifier leur habitation ou entreprise dont voici quelques exemples : créer des espaces refuge dans chaque logement de plein pied situé en dessous de la cote de Xynthia + 20 cms.*
- *Mise hors d'eau des coffrets électriques et des tableaux de répartition.*
- *La mise en place de batardeaux sur les ouvrants situés sous la cote Xynthia + 20cm*

Pouvoir vivre avec les risques, on peut penser bien sûr à des formes de constructions différentes dont nous vous proposons quelques exemples ci dessous. Il s'agit soit de surélever ou de suivre la montée des eaux . Maisons sur pilotis qui ne craignent pas des épisodes d'inondation



Barge ostréicole transformée en habitation



Maisons de vacances sur pilotis en zone inondable



Maisons flottantes comme à Amsterdam, 2000 personnes y vivent. Des maisons démontables qui peuvent être déplacées. On peut vivre dans ces zones inondées mais devant les risques et les aléas, nous ne serions plus propriétaire du terrain, ce serait alors une occupation temporaire (COT)!

Maisons flottantes à Amsterdam

Les immeubles collectifs

Dans l'existant, en particulier les immeubles où tout est électrique (volets roulants, ascenseurs portails), des adaptations sont envisageables :

- une sortie par le balcon
- des volets roulant manuel (possibilité de passer de l'électrique au manuel sur les volets?)
- un déverrouillage des portes de sortie des garages
- porte de sortie collective pour être récupéré par bateau ou par hélicoptère en cas d'inondations
- des lampes électriques

- pouvoir rester "confiné" (c'est à la mode)
- prévoir un "Kit de vie" adapté à la situation
- s'il n'y a pas d'électricité et pas d'eau pendant quelques jours, nous devons disposer de nourriture suffisante et variée et de l'eau.
- pouvoir faire chauffer les aliments les boissons avec un réchaud à gaz
- pouvoir chauffer avec un chauffage d'appoint une pièce (énergie autre que le secteur)
- pouvoir écouter avec une radio sur batterie (piles) et communiquer avec un tel portable rechargeable sur batteries

On peut également imaginer que ces immeubles puissent être plus autonomes en ayant des panneaux solaires alimentant des batteries et permettant d'avoir de l'énergie pour tout ce qui concerne la sécurité.

Enfin, au-delà de ces équipements, il faudrait mettre en place dans ces immeubles des exercices préventifs d'évacuation et de vie en confinement pour habituer les habitants à ce risque.

Les installations industrielles :

Elles sont souvent construites dans des zones basses, inondables. Le PPRL prévoit de mettre hors d'eau les cuves, citernes, silos et stockage de matières dangereuses. Il faut certainement reconsidérer l'emplacement de ces installations dans des zones hors inondations. Les chantiers de l'Atlantique seraient inondés. Quelle serait la meilleure solution pour sauvegarder l'outil de travail ? Étant donnée la complexité variable de la montée des eaux, la solution est peut être de construire sur l'existant des quais flottants qui suivent le niveau de l'eau comme sur les pontons de ports et de protéger de la montée des eaux, les cales sèches et formes ..

Les trésors architecturaux, les maisons anciennes :

Venise nous montre chaque année que la montée des eaux est bien présente..Nos villages de la côte, les maisons du XVIII^{ème}, les chapelles et églises sont ils condamnés. Nous pensons que pour répondre à cette montée des eaux il est nécessaire de revoir les déplacements et pourquoi pas imaginer lorsque c'est possible de remplacer certaines routes par des canaux permettant d'arriver en bateau jusqu'aux maisons , avec des quais montant avec le niveau de

Conclusion :

Ce tableau pourrait paraître pessimiste. Mais il faut être lucide, les événements décrits viendront très vite, en plus ou moins forts, plus ou moins rapprochés. Il faut être préparé mentalement (connaissances, solutions) et mettre en place pour y faire face des stratégies personnelles et collectives. Il est possible de vivre avec ces événements si on sait vivre avec les phénomènes naturels et les anticiper.

Ce qui apparaît à la lecture de ces cartes de submersion, c'est que les activités professionnelles, l'habitat, les installations industrielles devront être

l'eau. Ces maisons classées bien souvent devraient être condamnées au rez de chaussé et solidifiées par des structures intérieures en béton . Elles peuvent être des commerces des lieux de rencontre d'expositions de concerts quand cela est possible, puis elles sont laissées quelques temps à la montée des eaux l'habitat étant à l'étage..

L'assainissement

L'assainissement est susceptible de créer « une crise dans la crise ». Premièrement, il constitue un enjeu majeur pour la gestion de crise dans la mesure où il conditionne le maintien des populations à domicile. S'il est possible de vivre plusieurs jours sans électricité ou sans eau potable au robinet, l'impossibilité d'actionner la chasse d'eau ou les refoulements au sein des habitations et sur la chaussée appellent une évacuation rapide (pas plus de quelques dizaines d'heures). De même, l'impossibilité d'évacuer les effluents, pendant une longue période, interdit le maintien sur place des populations dans des conditions sanitaires acceptables.

Le PPRL prévoit des mesures afin que l'assainissement reste efficace (tampons articulés, clapets de fermeture). La stratégie locale étant sur les zones à risque et lors d'une submersion, de protéger les installations pendant la durée de la submersion (niveau Xynthia +20) et durant la pleine et mer. Lorsque les eaux se retirent à marée descendante, les installations n'étant pas endommagées elles retrouvent leur plein fonctionnement. Des groupes électrogènes peuvent suppléer le manque d'électricité et accélérer l'écoulement.

Par contre rien n'est pour le moment envisagé sur une montée d'1m du niveau de la mer et des surcotes possibles !

reculées en rétro littoral. Nous touchons là les limites de la capacité d'accueil des territoires. L'espace serait très limité, prenant la place des terres agricoles, alors que dans le même temps il y a une demande locale importante pour que l'agriculture biologique se développe, le maraîchage et les circuits courts. On sait par ailleurs que le SCOT (schéma de cohérence et d'organisation des territoires) prévoit et encourage une augmentation de la population de 20 à 30% sur le littoral dans les années 2030 sans prendre en compte cette évolution climatique et les phénomènes associés !

La solution serait que le réchauffement climatique ne dépasse pas 2° en 2100. Cela pourrait se faire si la prise de conscience était collective et que la réduction des énergies carbonées dans la production d'énergie, les transports et la consommation soit effective. (j.m Jancovici, "CO2 ou PIB sciences Po le 29/08/2019"). Elle doit se faire au niveau national, mais surtout à l'échelle de l'Europe. En admettant que cela se fasse, et ce n'est pas gagné, au niveau de l'Europe il restera à entraîner le reste du monde dans cette démarche. Cela ne se fera pas sans de l'aide et du partage avec les pays en voie de développement. Vaste chantier et douce utopie qui dépend de l'acceptation des populations, et elles ne sont pas forcément d'accord, et de la lenteur des prises de décisions.

Des informations préventives à partir de partages d'expériences sur le terrain seraient les bienvenues. Par exemple en proposant des solutions douces que nous verrons dans le cadre des articles sur les tempêtes et l'érosion, qui peuvent retarder les effets sur le littoral et donner du temps à l'adaptation et à la culture du risque. Chercher et mettre en place des "Solutions fondées sur la nature", comme le préconise l'UICN semble une voie très intéressante (<https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>). Par exemple, mettre en évidence le rôle des écosystèmes naturels marins et littoraux dans la préservation du trait de côte est aussi une solution visible et reproductible (comme la préservation d'une dune naturelle). L'enjeu est important et nous en reparlerons dans les prochaines News Letter.

**Le modèle CoastDEM.*

Dans son étude, l'organisation indépendante de scientifiques et de journalistes Climate Central, s'est appuyée sur le nouveau modèle CoastDEM. Celui-ci a permis de distinguer le sol des arbres ou des immeubles, ce qui a corrigé les résultats du système historique SRTM basé sur l'élévation d'une surface par rapport au niveau marin. Développé par la Nasa, il surestime l'altitude de nombreuses parties du globe, et donc sous-estime le risque d'inondation.

Plus précis, CoastDEM a donné des chiffres trois fois plus élevés, quelque soit le scénario climatique.