L'évolution du trait de côte : de la lutte contre l'envasement aux risques de submersion

Classe de 5ème : Prévenir les risques et s'adapter au changement global
Classe de 4ème : Risque inondations et aménagement du territoire SVT
Classe de 2nde : l'évolution du trait de côte en France métropolitaine

I. Géographie physique du littoral de la Charente-Maritime

La Charente-Maritime occupe la partie sud-ouest de la France. Riveraine de l'Océan Atlantique et du plus grand estuaire d'Europe que représente la Gironde, elle appartient entièrement au Bassin aquitain.

Son littoral, largement ouvert sur l'Océan Atlantique, s'étend sur 463 kilomètres, îles comprises, et offre une variété remarquable de reliefs littoraux. Ceux-ci sont représentés par des côtes marécageuses, des cordons dunaires, des grandes plages de sable fin ou des criques sableuses, des falaises crayeuses ou calcaires, des baies et des petits golfes, des caps et des promontoires, des presqu'îles, de larges estuaires fluviaux.

1. Le réseau hydrographique

- La Sèvre Niortaise au nord marque la limite avec la Vendée,
- La Charente,
- La Seudre,
- L'estuaire de la Gironde au sud délimite le département de la Gironde,
- 17 rivières.

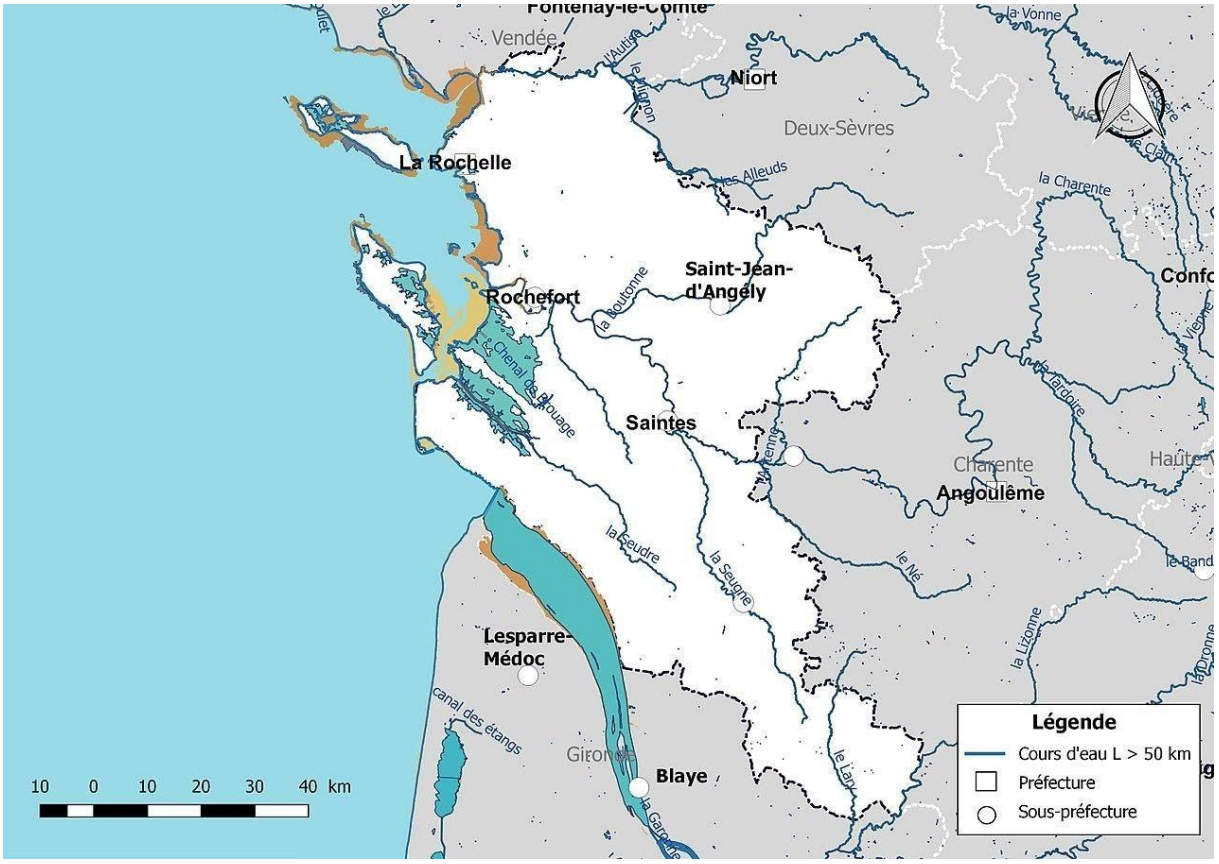


Figure 1 : Réseau hydrographique du département de la Charente-Maritime © Roland45

2. Les zones humides

Les vasières constituent le milieu de formation des marais maritimes sur les rivages des mers à marée. Elles sont faites de dépôts fins, argileux, plus ou moins calcaires. L'essentiel des sédiments provient des fleuves. Les mouvements marins provoquent une certaine homogénéisation des stocks sédimentaires. La mise en place de ces alluvions fins se produit dans des zones calmes comme les estuaires (par ex. Gironde), les fonds de baie, les estrans sont protégés par des cordons littoraux.

Figure 2 : Vue du ciel sur la baie de l'aiguillon - © A.Lamoureux

3. Les marais maritimes

constituent de véritables plaines de niveau de base en bordure de la mer, sur les rives des estuaires et entre les bras des deltas. La mer a déposé les sédiments jusque dans le fond des golfes, mais bien souvent il y a eu un déficit sédimentaire dans les anfractuosités du littoral ; les parties les plus élevées des marais maritimes sont ainsi les plus éloignées de la bordure de la terre ferme et les marais présentent une pente contraire, c'est-à-dire qu'ils se relèvent vers la mer. Les marais sont exploités comme zones de pâturages, pour l'ostréiculture, la conchyliculture ou pour le sel. Les marais salants nécessitent un sol plat et imperméable, la présence d'eau salée, un climat favorisant l'évaporation, sans précipitation pendant une certaine période de l'année. Les marais maritimes argileux, plats, situés au niveau de la mer, offrent donc de bonnes conditions topographiques et géologiques.

Figure 3 : Marais de Fouras
©petit-train-rochefort-fouras.com

Figure 4 : marais salants île d'Oléron
©oleron-island.com

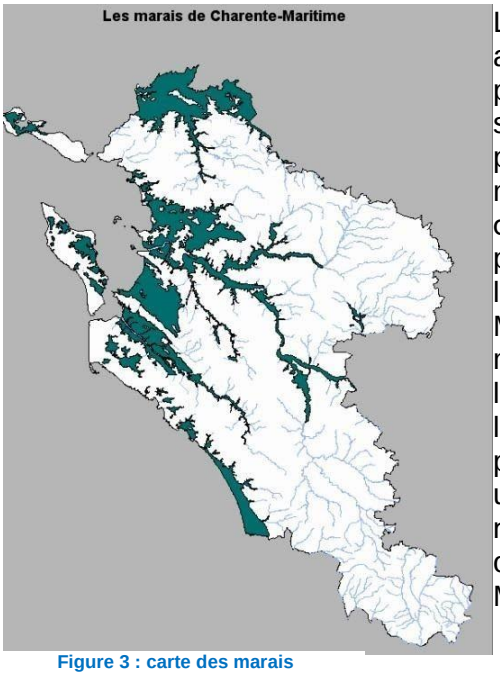


Figure 3 : carte des marais
©charente-maritime.gouv

Le réseau hydrographique et les zones humides apportent des sédiments sur le littoral ce qui explique la présence de vase le long des côtes. La vase est un sédiment meuble à forte teneur en eau, riche en particules de diamètre inférieur à quelques dizaines de micromètres, et contenant une faible quantité d'éléments plus grossiers. Les marais sont particulièrement nombreux et occupent un cinquième de la superficie totale du département ; la Charente-Maritime est le premier département français pour ses marais. Du nord au sud, se trouvent le Marais poitevin, les marais de Rochefort, de Brouage, de la Seudre et de la rive droite de la Gironde. Les deux îles principales possèdent également des marais (Ré et Oléron) dont une partie est exploitée pour la production de sel marin, notamment dans l'île de Ré. Les zones humides occupent 110 000 hectares du territoire en Charente-Maritime.

Pour aller plus loin : Muséum d'Histoire Naturelle, le littoral / les marais

4. Les côtes

L'estran est une bande côtière découverte par la mer à marée basse. L'estran est limité par les niveaux des plus hautes et des plus basses marées. Il peut être synonyme d'estuaire quand un cours d'eau s'y jette. L'estran est **une zone de marnage** ou **zone intertidale** ou **replat de marée**. Il constitue un biotope spécifique, qui peut abriter de nombreux sous-habitats naturels.

Figure 4 : Estran de l'ile Madame ©Cécile Cailhol

Figure 7 : Estran de Chassiron
©oleronmag.com

L'estran, en tant que zone intertidale est favorable à un écosystème spécifique, adapté à la fois à l'aérien et au maritime, capable de résister aux vagues et la marée. La faune typique comprend des espèces d'anémone de mer, des crustacés (moules, balanes, etc.), des espèces d''étoile de mer, des crabes… La flore comprend des espèces d'algues réparties sur l'estran en fonction de l'écosystème autour et de la nature du substrat.

5. Les pertuis

Les côtes charentaises sont bordées par des pertuis qui sont spécifiques aux côtes de l'ouest de la France, ils constituent un détroit entre l'île et la terre ferme.

Le **pertuis Breton** : détroit situé entre la côte nord-est de l'île de Ré et le continent. Ce détroit donne au nord-ouest sur l'Océan Atlantique et se termine, dans la baie de l'Aiguillon.

Le **pertuis d'Antioche** : séparant les îles de Ré et d'Oléron. Vers l'ouest, le pertuis donne sur le golfe de Gascogne, vers l'est sur La Rochelle et l'île d'Aix.

Le **pertuis de Maumusson** est un détroit séparant la presqu'île d'Arvert de l'île d'Oléron ; formant un étroit goulet entre la pointe espagnole et la pointe de Gatseau, il s'élargit ensuite et forme une sorte de petite mer intérieure au large de Ronce-les-Bains où la Seudre vient se jeter.

Figure 8 : Carte des Iles et pertuis de Poitou-Charentes
©Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes

6. **Le golfe de Gascogne** est un coin d'Atlantique enfoncé entre l'Espagne et l'Armorique. Sa limite est une droite joignant le cap Ortegal en Galice, à la bouée d'Ar-Men, au large de l'île de Sein. Sa partie centrale est une plaine abyssale de 4 800 m de fond, qu'un escarpement continental vigoureux sépare de plateaux continentaux assez vastes.

Figure 9 : Carte du Golfe de Gascogne
©https://dauphinouessant.blogspot.com/2016/09/le-golfe-de-gascogne.html

II. Géologie du littoral de la Charente-Maritime

La Charente-Maritime, qui ne contient aucun étage du Primaire en surface, est composée majoritairement de terrains sédimentaires relevant du Jurassique (200 / 146 Ma) et du Crétacé (146 /66 Ma), tandis que sa partie méridionale est occupée par des affleurements du Tertiaire et sa bordure littorale, ainsi que le réseau des vallées fluviales, sont issus en grande partie du Quaternaire (1,8 Ma).

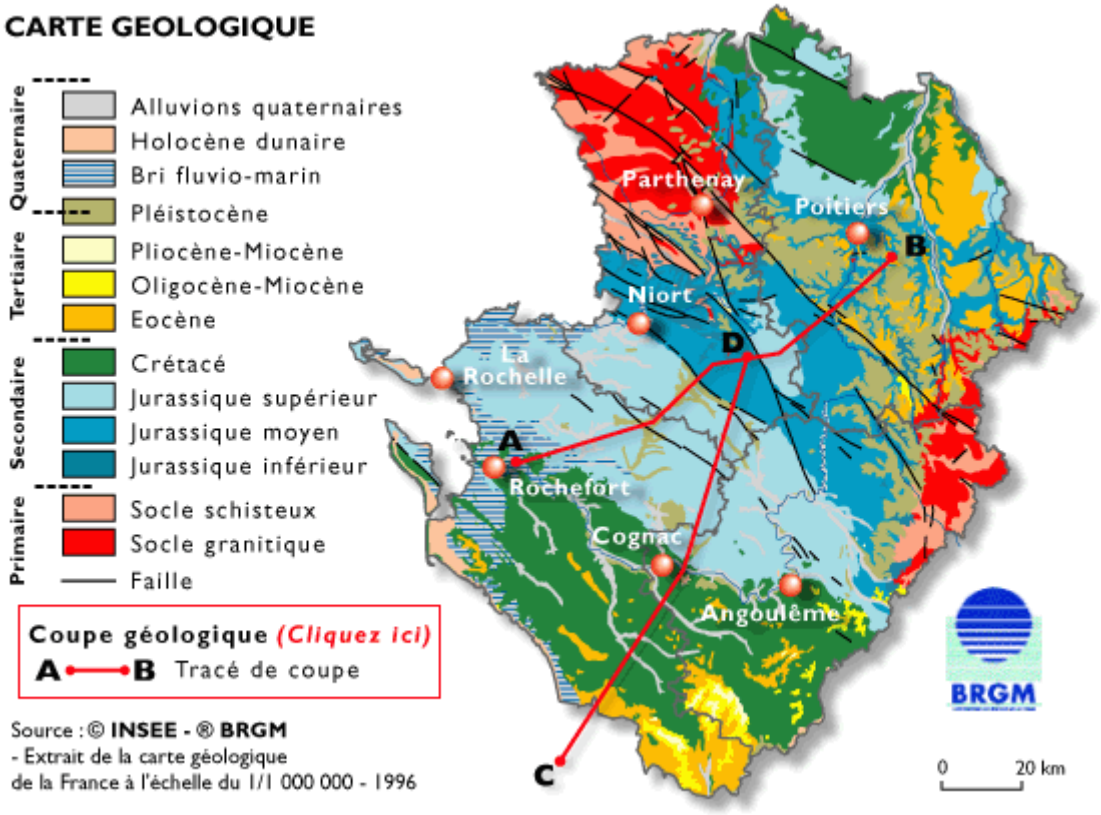


Figure 10 : Extrait de la carte géologique de la France – 1996
©piezo-poitou-charentes.org

1. Les paléoclimats : la fondation du littoral charentais

Sur le littoral de l'Aunis, les affleurements du **Jurassique supérieur** (161/145 Ma) sont visibles sur les falaises de calcaires durs et notamment sur les caps, dénommés localement des « pointes » : *pointe du Plomb* à L'Houmeau, *pointe de Chef-de-Baie* et *pointe des Minimes* à La Rochelle, pointe du Chay à Angoulins-sur-Mer. Ces avancées de terre sur la mer résultent de la prédominance du **calcaire** alors que la formation des baies et des anses découle de la présence des **marnes.**

Figure 11 : charente-eau.fr
©BRGM - POC

Les terrains les plus anciens du Jurassique en Charente-Maritime se situent à la limite la plus en bordure du Marais poitevin, sur une ligne qui va d'Esnandes à Courçon et qui comprend les « îlots » de Marans et de Charron. Ces affleurements sont constitués d'un calcaire argileux dans les couches inférieures tandis qu'en surface apparaissent des marnes feuilletées.

Figure 12 : wikipedia
©Peperderé www.imagesdile.com

Le **Malm** est l'étage du **Jurassique supérieur** qui prédomine en Charente-Maritime. Il recouvre entièrement **l'île de Ré** et se prolonge sur le continent en suivant une direction est-sud-est. Une large bande formée de marnes et d'argiles

s'étire depuis Châtelaillon-Plage et Yves jusqu'à Tonnay-Boutonne, englobant toute la « cuvette » du **Marais de Rochefort.**

Les **calcaires** sont **des roches sédimentaires**, facilement solubles dans l'eau. Lorsque la roche comporte **une proportion** non négligeable **d'argile**, on parle plutôt de **marne**. Le calcaire est reconnaissable par sa teinte blanche et généralement par la présence de fossiles. La craie est une roche calcaire formée par une accumulation de squelettes calcaires, de micros algues et animaux marins.

La Pointe du Chay, à Angoulins-sur-Mer, constitue un des caps de l'Aunis, formé des calcaires Jurassique supérieur.

Figure 13 : wikipedia
©Peperderé www.imagesdile.com

Tout au sud de la Charente-Maritime, les affleurements du **Tertiaire** sont principalement représentés par les dépôts de **l'Éocène**, qu'ils soient d'origine maritime ou continentale et ont recouvert en totalité quelquefois par d'énormes couches, les formations sédimentaires du Secondaire.

Issues des nombreuses **transgressions marines** les formations du **Quaternaire** sont les plus récentes à l'échelle géologique en Charente-Maritime et sont particulièrement abondantes puisqu'elles recouvrent le cinquième de l'espace départemental. Elles ont donné le **modelé actuel du département dans sa configuration maritime.** Des **cordons dunaires** se sont également formés le long des estuaires; le plus intéressant est le tombolo (Cordon littoral constitué par une levée de galets ou de sable, reliant une île au continent.) qui s'est formé sur la rive gauche de l'embouchure de la Charente.

Ce dernier a créé à terme une véritable presqu'île joignant l'île Madame à Port-des-Barques par l'accumulation des sédiments du fleuve et des sables marins de l'océan. Sur la rive droite de l'embouchure de la Seudre, la plage artificielle de Marennes-Plage a pu être établie grâce à la formation progressive d'un cordon dunaire qui s'élève à 4 mètres de hauteur.

Il y a 20 000 ans au **pléistocène moyen** lors du **dernier maximum glaciaire**, le niveau marin était à 120/130 m du niveau actuel, **le littoral était situé à 100 km au large**.

Figure 14 : ©lesmatheslapalmyrebrouillard.eklablog.com

La
entièrement située en terrain Crétacé comme l'île d'Aix que sépare un détroit de six kilomètres

Les plateformes continentales étaient largement exondées, les vallées ont été creusées par les fleuves. Au **pléistocène supérieur**, il y a 6500 ans, **le climat s'est réchauffé, le niveau de la mer est remonté rapidement et le rivage a migré vers le continent**. On retrouve actuellement sous la mer des accumulations de sédiments qui sont témoins des anciens rivages et des anciennes vallées incisées. Ces accumulations sont particulièrement présentes au niveau des seuils des pertuis au large. La remontée du niveau marin a formé un paysage de Ria (la partie avale d'une vallée qui est envahie par la mer.) **c'est ainsi que se sont formées les îles de Ré et d'Oléron**. L'avant-port de La Rochelle correspond à une vallée ennoyée.

Les parties les plus abritées des vagues et les moins profondes se sont comblées progressivement ; ce qui s'est matérialisé par de grandes quantités de vase, donnant ainsi naissance aux marais littoraux. Au cours des derniers 6500 ans, la faible remontée du

niveau de la mer a été compensée par les apports sédimentaire faisant migrer le trait de côte vers le large. A la même époque se sont formées **les barrières sédimentaires sableuses avec plage et avant plage**. Ces barrières sont de **véritables remparts contre les attaques de l'océan**.

Les pertuis, malgré leurs similitudes morphologiques, ont eu des évolutions sédimentaires très différentes. Le pertuis Breton, véritable piège à sédiments, a accumulé plus de sable que le pertuis d'Antioche. Le sable provient de la mer sous l'action des vagues et des transports perpendiculaires et parallèles au rivage. Ces apports de sable sont responsables encore aujourd'hui de la croissance rapide de la pointe d'Arcay.

Expo : voir dispositif sur les paléoclimats

III. L'évolution du trait de côte

Trait de côte : zone d'interface entre la terre et la mer, elle est délimitée par la ligne qui marque la limite jusqu'à laquelle peuvent parvenir les eaux marines ; limite la plus extrême que puissent atteindre les eaux marines lors des fortes tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives eaux. Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine définit le trait de côte comme « la laisse des plus hautes mers dans le cadre d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales » (coefficient max jamais encore atteint).

1. La situation en Charente-Maritime depuis 100 ans

Le trait de côte de la Charente-Maritime et sud Vendée est extrêmement diversifié, tant du point de vue des matériaux (roches, sable, vase), que du point de vue de son littoral qui est très découpé et pauvre en sédiments.

Plusieurs facteurs sont à prendre en compte et modèlent le trait de côte :

- Les vagues : **l'amplitude des marées** et les phénomènes météorologiques comme les **tempêtes** ont un fort impact sur la position du trait de côte.
- Les **apports sédimentaires**, sont un 2ème facteur de cette évolution, eux-mêmes influencé par les changements climatiques et les activités humaines.
- **Le socle rocheux** : sa nature géologique, la friabilité de la roche, sa résistance à l'érosion participent à la mobilité du trait de côte.
- **Les forçages hydrodynamiques** (marées, vagues et mixtes) sont aussi un facteur important, les embouchures situées sur les côtes sont parmi les plus dynamiques.
- **Les mouvements verticaux de la croûte terrestre,** étant faibles à négligeables, ils sont à considérer mais ils ne constituent pas un facteur important.

Le trait de côte est modelé par deux paramètres temporels :

- **Pluri séculaire à pluri millénaires** : plusieurs millénaires à plusieurs siècles, impliquant des processus géologiques au niveau de la mer et des mouvements verticaux au niveau de la croûte terrestre. Les évolutions géologiques sont mises en évidence à partir de l'archivage stratigraphique analysé par des méthodes géophysiques et par des carottages sédimentaires
- **Pluri annuelles Inter annuelle à séculaire** : vagues combinées aux fortes tempêtes et hautes mers, processus hydrodynamiques côtiers. Les évolutions à court terme sont mises en évidence à partir de mesures topographiques, photos aériennes, images satellites, cartes anciennes. Les échelles temporelles d'études sont aussi très étendues partant pour l'étude du déferlement de fréquences inférieures à la seconde alors que l'étude à long terme du trait de côte s'appuie sur la fréquence de la décennie.

2. Evolutions morphologiques

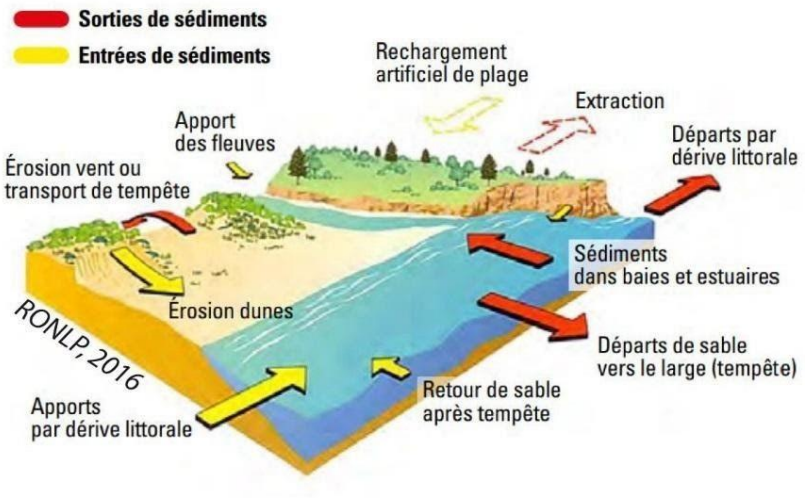


Figure 15 : ©Observatoire de la côte sableuse catalane

La position du trait de côte ne cesse de se déplacer en raison des transports sédimentaires perpendiculaires et parallèles aux rivages, et avec les variations des niveaux d'eau. Il est complexe en raison de la juxtaposition de côtes très exposées aux vagues ou très abritées, et de côtes soumises à de forts courants de marée en particulier au niveau des embouchures. Le littoral charentais est également bordé de marais littoraux (50% d'une bande de 10km) dont l'altitude est située en-dessous de celui des eaux marines.

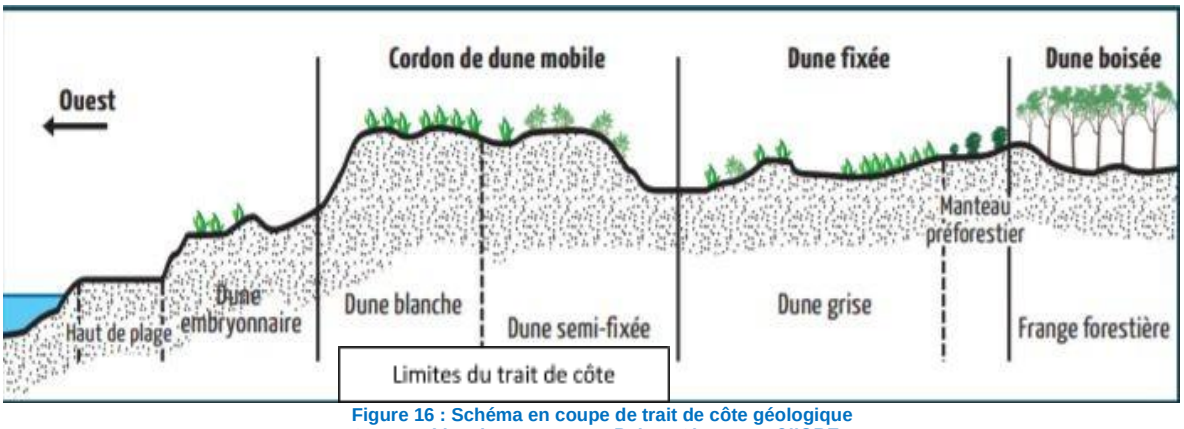


Figure 16 : Schéma en coupe de trait de côte géologique
Source : L'environnement en Poitou-Charentes ©l'ORE

Les côtes sédimentaires sont dynamiques et concentrent de nombreux enjeux. **Les sables, sédiments non cohésifs dominent dans les plages**, barrières, flèches sableuses et les embouchures tidales (soumises à de forts courants de marée et à de rudes conditions de houle).

Figure 17 : Plage des huttes Saint-Denis d'Oléron
©S. Breffy

Figure 18 : Pointe d'Arcay La Faute sur mer
© Vendée tourisme

3. Les érosions

Les barrières de sédiments sableux formées il y a 6500 ans migrent vers le continent en raison de la remontée du niveau de la mer et des faibles apports sédimentaires. Les plages de l'île de Ré et d'Oléron ont une érosion de moins de 2 m par an, alors que celles de la presqu'île d'Arvert connaissent depuis 1840 une érosion forte jusqu'à 14 m par an. Les érosions plus récentes de 1999 à 2017 sont localisées à la presqu'île d'Arvert et au sud-ouest de l'ile d'Oléron, et elles sont les plus fortes. L'érosion côtière se conjugue parfois à l'avancée dunaire vers la terre lorsque les dunes sont mobiles c'est-à-dire non stabilisées par des plantations.

Figure 19 : Le signal
©wikipedia.org

Les immeubles du « Signal » témoignent de cette érosion. Ces immeubles plantés sur la dune à Soulac, ont été construits en 1964. Personne n'imagine alors que la dune végétalisée qui devait les protéger et les avait placés à 200 m du rivage serait un jour mangée par l'océan. 46 ans plus tard, l'érosion côtière a progressé, vus de la plage, les immeubles semblent prêts à basculer, ils sont évacués en 2014. L'immeuble Le Signal, qui menace de s'effondrer, vient d'être désamianté et sera démoli en 2021.

Expo : espace Résilience Vidéos Le Signal Tell Them

4. Les propagations

- **Les vagues** sont le 1er paramètre qui gouverne la dynamique des plages.
- Le second paramètre de contrôle est **le socle rocheux ; l'orientation du trait de côte** et de la **topographie du socle** contrôlent l'exposition aux vagues et leurs incidences. La présence de roches dans l'estran accroît la stabilité des plages car elle dissipe l'énergie des vagues en raison de sa surface stable fixe et peu profonde mais aussi de sa rugosité.
- Les **flèches sableuses** constituent un cas particulier. Le transport dominant sédimentaire des flèches est parallèle en raison de **l'obliquité des vagues**. Plus les vagues sont obliques par rapport à la côte, plus le transport est fort. Le taux d'allongement des flèches est lié aux variations de la taille des vagues. La flèche s'allonge lors des périodes pendant lesquelles les vagues sont plus fortes et se courbent lorsqu'elles sont plus modérées.

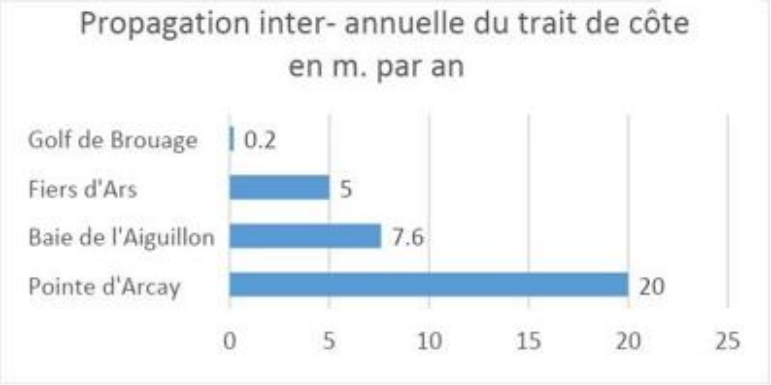


Figure 20 : Propagation inter-annuelle du trait de côte
©Pascale Fidelle

Les propagations les plus spectaculaires sont observées au niveau des flèches sableuses. La flèche de la pointe d'Arcay était absente en 1578, réduite en 1677, elle mesure actuellement 11 km. La flèche de la Courbe est apparue en 1892 mesure 5,5 m actuellement. La baie de l'Aiguillon a progressé de 20 m par an entre 1721 et 1960, la baie de Marennes et le Golf de Brouage ont progressé de plus d'un 1 km entre 1824 et 1997.

Figure 21 : Pointe d'Arvert
© Conservatoire du littoral

Figure 22 : Golf de Brouage
©chateaux-france.fr

Toutes les plages montrant une érosion rapide, quelle que soit l'échelle de temps, sont exposées aux vagues et possèdent un estran entièrement sableux. Au contraire les plages montrant une érosion plus lente sont abritées des vagues ou exposées avec une partie rocheuse de l'estran.

5. Les marais littoraux

Ces zones planes se comblent naturellement, l'homme en a profité pour y étendre ses terres agricoles par **poldérisation**. Cette action, menant à isoler des zones littorales des inondations par la mer, a eu pour effet de les **priver de sédiments** et donc de les empêcher de s'élever en même temps que le niveau marin depuis les derniers siècles. Ainsi ces **zones** sont-elles devenues particulièrement **vulnérables aux submersions marines** car situées en-dessous des plus hautes eaux marines.

Expo : Vidéos Conservatoire du Littoral

Les régressions marines dans les baies peu profondes s'expliquent par une faible énergie hydrodynamique, avec des **vagues très atténuées et des courants de marée faibles**. Les sédiments qui s'y déposent sont **vaseux** donc **cohésifs** et résistants à l'érosion. Une régression marine est un **retrait durable de la mer en-dessous de ses limites antérieures**, la surface des terres émergées est augmentée. Cependant ces zones sont **vulnérables** à la hausse du niveau marin, elles ne sont **pas protégées par des barrières sableuses.**

6. L'impact des fleuves

Les côtes les plus dynamiques sont celles situées à proximité des embouchures ; ces types de plages montrent les plus forts taux d'érosion lors des 200 dernières années, et ne montrent pas des évolutions synchrones.

Une **embouchure** est le lieu où un cours d'eau se jette dans un lac, une mer ou un océan (la rencontre avec un autre cours d'eau est une « confluence »). L'embouchure peut prendre la forme d'un estuaire ou d'un delta.

Un **estuaire** est la portion de l'embouchure d'un fleuve où l'effet de la mer ou de l'océan dans lequel il se jette est perceptible.

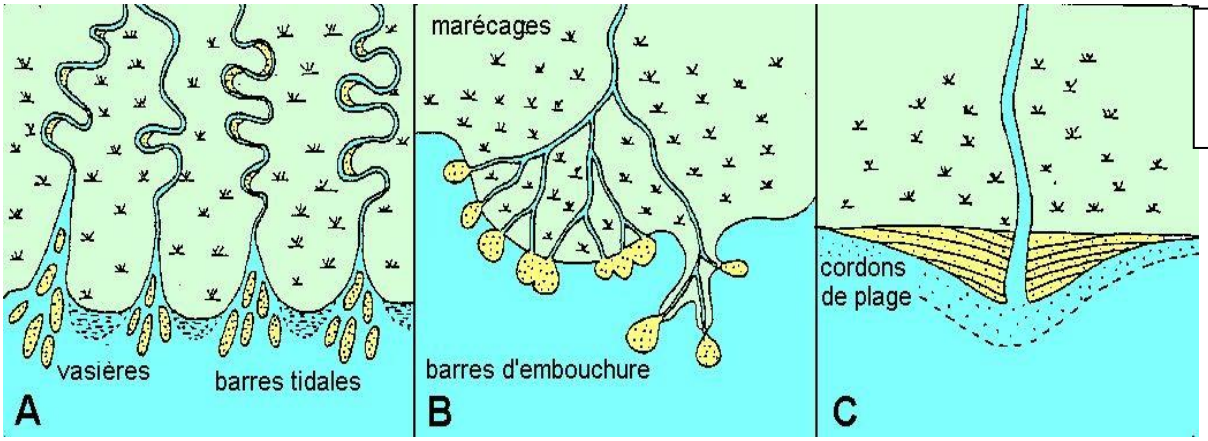
Schorre : **pré-salé**, étendue naturelle plane à végétation basse située à proximité du bord de mer, inondée par les eaux salées uniquement lors des hautes marées.

Slikke : zone caractéristique des vasières de l'estran.

Les vases, sédiments cohésifs, dominent les estuaires et les marais littoraux. **L'embouchure est un estuaire quand le fleuve apporte peu de matériaux grossiers**, surtout des suspensions fines et des matières en solution, et quand **l'hydrodynamisme marin est fort** (fortes marées, forte houle, courants littoraux). Ces conditions sont réalisées sur les côtes atlantiques françaises. La circulation de l'eau salée et de l'eau douce suit un trajet complexe qui dépend du cycle des marées. La marée montante refoule l'eau douce en amont à des distances qui peuvent être importante : c'est le **mascaret.**

Figure 23 : La structure des milieux de transition
©Agence française pour la biodiversité / Réalisation Matthieu Nivesse (d'après OIEau), 2018

Dans les vasières littorales, la marée délimite la **zone couverte de végétation** appelée la **Schorre** et **la slikke** qui est **la vase non fixée** de la zone intertidale (estran). Dans le chenal fluviatile peuvent se déposer des barres sableuses qui transforment les estuaires en delta lorsqu'elles progressent vers la mer, c'est le cas actuel de la Gironde.



2 types de deltas et estuaires

Figure 24 : Schéma des différents types de deltas
©Univ Paris Diderot/

Un **delta** est un type d'embouchure qu'un cours d'eau peut former à l'endroit où il se jette dans un océan, une mer ou un lac. Dans certaines conditions liées à la turbulence de la mer et à la quantité d'alluvions charriées par le cours d'eau, il peut se former un amas de dépôts. Ceux-ci divisent le cours d'eau en plusieurs bras dont le tracé avec la côte est souvent triangulaire, ressemblant à la lettre grecque Δ (Delta), d'où son nom.

Figure 25 : Embouchure de la sèvre Niortaise

Figure 26 : Estuaire de la Gironde
©Mairie Les Mathes-La Palmyre

Figure 27 : Embouchure de la Seudre avec sédiments non cohésifs sable
©Cnes - Spot Image

Figure 28 : estuaire de la Charente avec sédiments cohésifs
wikipedia / ©CNES -Spot image

7. L'exploitation du sable

Le granulat (sable, graviers, charges minérales) est utilisé dans **l'industrie manufacturière** comme abrasif. Il est également utilisé dans l'industrie, du verre, des lentilles, miroirs, lasers, les puces électroniques, comme isolateurs, dans la **technique de la fracturation hydraulique**. L'extraction du granulat est également une source de matières premières stratégiques comme les minéraux lourds (ilménite, zircon, rutile), le silicium, le thorium, le titane, l'uranium, etc. Les principaux besoins en granulats sont **la construction pour le béton et la poldérisation**, les terres agricoles.

La poldérisation (îles artificielles de **Dubaï** avec ses **Palms Islands,** Émirats Arabes Unis avec The World, Singapour) a nécessité également des millions de tonnes de sable. Le sable a été prélevé en mer, en effet si ces pays sont riches en sable terrestre celui-ci n'est pas adapté à la construction car les grains brassés et érodés par le vent sont ronds et ne s'agglomèrent pas.

Figure 29 : Les Palms Island Dubaï
wikipedia / ©NASA

Le sable est présent dans notre quotidien et à bien des endroits que nous ne soupçonnons pas Le secteur de la construction est le plus vorace pour la consommation du sable.

Depuis l'invention du béton armé par Joseph Monier qui en a déposé les brevets dès 1870, ce matériau s'est imposé dans la construction grâce à ses performances techniques (moules qui permettent une liberté de forme, armatures de fer qui permettent de résister à des charges importantes, à la flexion comme à la traction) et un coût relativement bas par rapport à celui de la pierre. L'essor de ce matériau s'articule en outre avec celui du capitalisme bancaire et de la grande industrie (en particulier la sidérurgie, les cimenteries et les constructeurs) qui ont permis sa diffusion mondiale, ainsi les deux tiers des constructions sont réalisées en béton armé en 2012.

Le sable est la seconde ressource naturelle la plus consommée après l'air et l'eau : l'humanité en avale **15 milliards de tonnes chaque année**. **Le granulat est donc devenu la troisième ressource mondiale la plus utilisée devant le pétrole**, ce qui en fait désormais une ressource non renouvelable stratégique. On en consomme tellement que, dans certaines régions du monde, les plages reculent, voire disparaissent. **Cette exploitation a pour conséquences l'aggravation des impacts de l'érosion du littoral** et **des tempêtes** et une moindre protection des côtes par manque de sable.

Figure 30 : ©sandatlas.org

Figure 31 : ©média Reporterre

Extraction illégale : le sable marin nécessite un **lavage ou égouttage** afin de diminuer son taux de chlorure qui cause la corrosion des aciers du béton armé. Le sable exige également un triage puis éventuellement un broyage avant son utilisation dans le béton. Or de nombreux **sites illégaux d'extraction** se développent et des chefs de chantier peu scrupuleux **ne respectent pas ces pratiques**, ce qui est un **danger à terme pour des habitants,** dont les bâtiments en béton menacent de s'effondrer sur eux.

En Floride, 9 plages sur 10 sont en voie de disparition à cause de cette érosion, ce qui nécessite un remblayage tous les ans. En Indonésie, 25 îles dont 7 dans le détroit de Macassar ont disparu pour alimenter Singapour en sable. Aux Maldives, l'extraction de sable est telle qu'elle a engendré la montée des eaux et l'évacuation de 120 îles de leurs habitants.

Face aux timides régulations adoptées pour tenter de limiter le pillage, la "ruée vers le sable" s'est en réalité accélérée, sous l'égide de grandes entreprises multinationales et de mafias locales.

Figure 32 : Extraction de sable clandestine au Maroc
© 360 MAG

Plage devenue lunaire au Maroc suite à sur exploitation du sable

Disparition des poissons : Les impacts directs de l'activité sont évidents et significatifs sur la faune benthique. Après l'arrêt de l'extraction, un retour aux conditions écologiques proches de l'état initial est possible mais doit s'envisager au moins sur le moyen terme (plusieurs années à plus de dix ans). L'importance des impacts directs sont surtout fonction de l'intensité de l'extraction et de la résilience écologique du site. Il convient donc, comme c'est déjà le cas pour un certain nombre de sites et d'activités, d'aménager les pratiques (intensité, saisonnalité, engins…).

En France, les demandes de permis pour aspirer du sable au large des côtes se multiplient. Rien qu'en France, **450 millions de tonnes de granulat** (catégorie qui comprend sable et graviers) sont consommés chaque année, soit 20 kilos par habitant chaque jour.

L'exploitation du sable en Charente Maritime

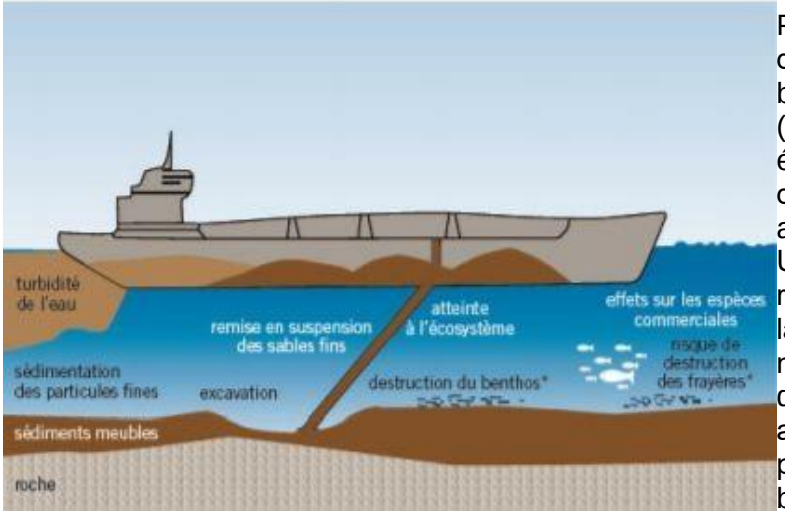


Figure 33 : Synthèse des impacts directs de l'extraction de granulats marins ©Ifremer 2009

Pour extraire du sable de mer d'une « dune sous-marine », un bateau avançant à faible vitesse (entre 2 et 4 km/h) traîne une élinde – sorte de tuyau d'aspirateur géant. Le sable aspiré est recraché sur le pont. Une partie de l'eau est aussitôt rejetée à la mer. Au fond de l'eau, là où passe l'élinde, se forme un nuage de sable que l'on qualifie de « turbide ». La turbidité assombrit l'eau. Le sable soulevé par l'élinde va aller se déposer bien au-delà de la zone d'extraction, ce qui risque de tuer la végétation.

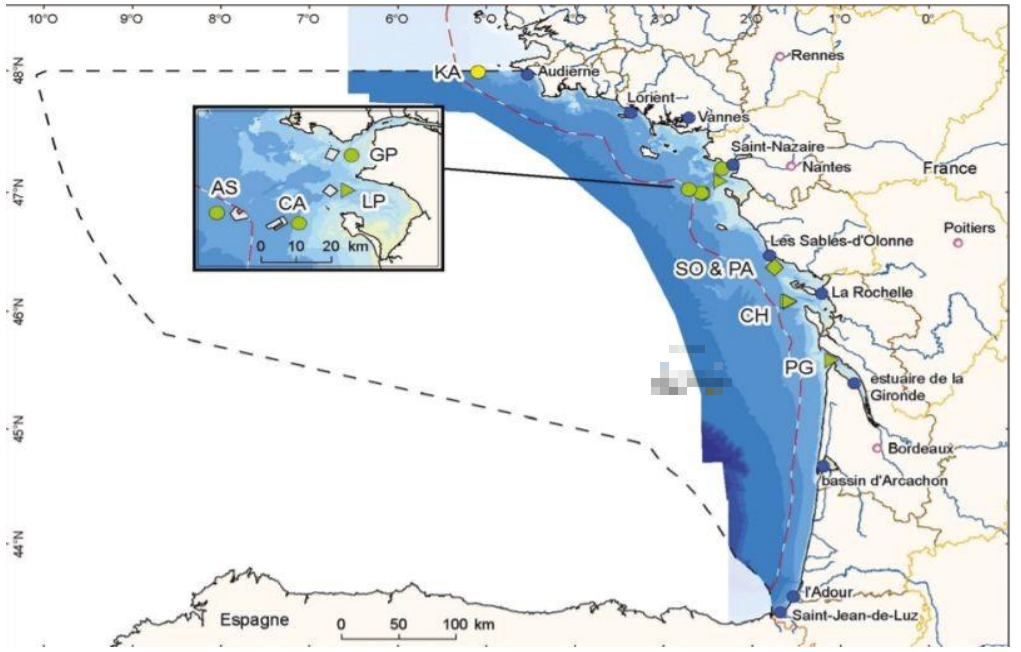


Figure 1 : Localisation des activités d'extraction de matériaux marins (Sources : Ifremer Géosciences Marines, Aamp, 2010).

Figure 34 : Localisation des activités d'extraction de matériaux marins
Sources : Pressions et Impacts ©Ifremer Géosciences Marines, Aamp, 2010

L'extraction industrielle des granulats marins est encadrée par le code minier et par le Décret n°2006-7984. Le droit effectif d'exploiter les ressources minérales est acquis suite à un processus d'instruction long et complexe qui comprend notamment à **une phase de concertation à tous les niveaux central et local,** nécessaire au bon aboutissement et à l'acceptabilité des demandes de concessions.

Figure 35 : ©Direction Départementale de l'Équipement Ingénieur des TPE William Proust

La validité de la concession minière de sables siliceux marins dite « Chassiron C », accordée par décret du 4 octobre 1999, est prolongée jusqu'au 4 octobre 2029 sur une superficie inchangée de 1,35 kilomètre carré environ portant sur les fonds marins du domaine public maritime au large des côtes des îles de Ré et d'Oléron. (Extrait journal officiel du 14/05/2005)

Le Stella Maris (sistership de l'André L) file droit vers Chassiron, à l'extrémité ouest de l'île d'Oléron, de la cabine de pilotage, le capitaine distingue les plages blanches de l'île de Ré à 5 milles au nord. En contrebas, une eau trouble s'agite dans quatre cuves. Son poids permet d'équilibrer le navire. En une heure et demie, le temps de faire un aller-retour, le navire sablier va moissonner à 2 km/h, et sur huit centimètres d'épaisseur un kilomètre carré de la concession qu'exploite DTM depuis près de vingt ans.

Le cargo sablier André L exploite le sable pour la société DTM aux abords de Chassiron au large de l'île d'Oléron.

Longueur hors tout	84,85 m
Largeur hors membres	15, 20 m
Tirant d'eau été	5,70 m
Port en lourd	3800 t
Tirant d'eau à la marque du dragage	6 ,5 m
Capacité du puit	2300 m3
Poids lège	1911 t
Poids lourd	4737 t
Vitesse en service	13 nœuds
Classification	Bureau Véritas
Pavillon	Français

Figure 36 : André L ©OUEbato.eps

Le cargo sablier est l'inverse d'une drague car au lieu de draguer les zones portuaires et d'aller rejeter brièvement son chargement au large, il passe la majorité de son temps en mer en chargement et retourne au port pour décharger le plus rapidement possible sa cargaison.

Fonctionnement

La pompe de dragage est immergée, le chargement s'effectue par le biais d'une élinde (tube de 600 mm) pouvant aller jusqu'à 40 m de profondeur. L'élinde est mise à l'eau jusqu'à mi-

longueur par 3 bossoirs hydrauliques commandés depuis la passerelle. La mixture est refoulée dans le puit moyen, des vannes hydrauliques permettent de répartir le sable de manière la plus uniforme, l'eau est évacuée au moyen de deux déverses à l'avant et à l'arrière dont la hauteur est réglable. Lorsque le puit est rempli, on procède à son assèchement via des tuyaux poreux ce qui permet d'éviter de transporter de l'eau et optimise le chargement de sable. Le déchargement s'effectue aussi au moyen d'une pompe centrifuge. Elle aspire dans la partie basse des trémies (grand entonnoir destiné à stocker puis à verser une matière pondéreuse, grain, sable… par gravitation.), par des ouvertures qui convergent vers un collecteur courant dans la double coque à tribord. Pour faciliter l'aspiration, on dilue le sable avec de l'eau de mer pompée. Le sable est dirigé vers la conduite centrale qui a servi pour son extraction puis vers un bras de déchargement orientable, il est possible aussi de diriger le sable vers l'étrave et de le faire transiter via un flexible lorsqu'il s'agit de ré-ensabler une plage par exemple.

Figure 37 et 38 : Remontée de l'élinde et déversement de la mixture dans le puit central
Source : © Cdt. Guillou

IV. L'influence du climat

La Charente-Maritime bénéficie d'un climat océanique tempéré de type aquitain, marqué par un ensoleillement moyen assez important, la pluviosité est modérée. Ces conditions climatiques, soumises aux influences de l'Océan Atlantique, une végétation déjà bien méridionale est présente.

1. La fréquence des tempêtes

Les **tempêtes** sont **plus morphogènes** que les longues périodes de temps calme. Les maximums d'érosion ne sont pas atteints lors des années caractérisées par de fortes tempêtes mais lors des années caractérisées par des **clusters de tempêtes**. Un cluster de tempêtes est une série de tempêtes dont les vents sont ceux de dépressions ayant rencontré le même courant-jet. Ainsi l'hiver 2013/2014 fut le plus énergétique des 18 dernières années au niveau des vagues avec des hauteurs moyenne pendant 2 mois supérieur à 3,6. **L'influence du climat a été constatée par rapport à l'évolution des flèches sableuses,** les flèches de la pointe d'Arcay, de la Courbe, du cap Ferret et Long Island toutes situées en Atlantique ont présenté des périodes synchronisées d'accélération de leur croissance. Ces périodes correspondent à des périodes climatiques.

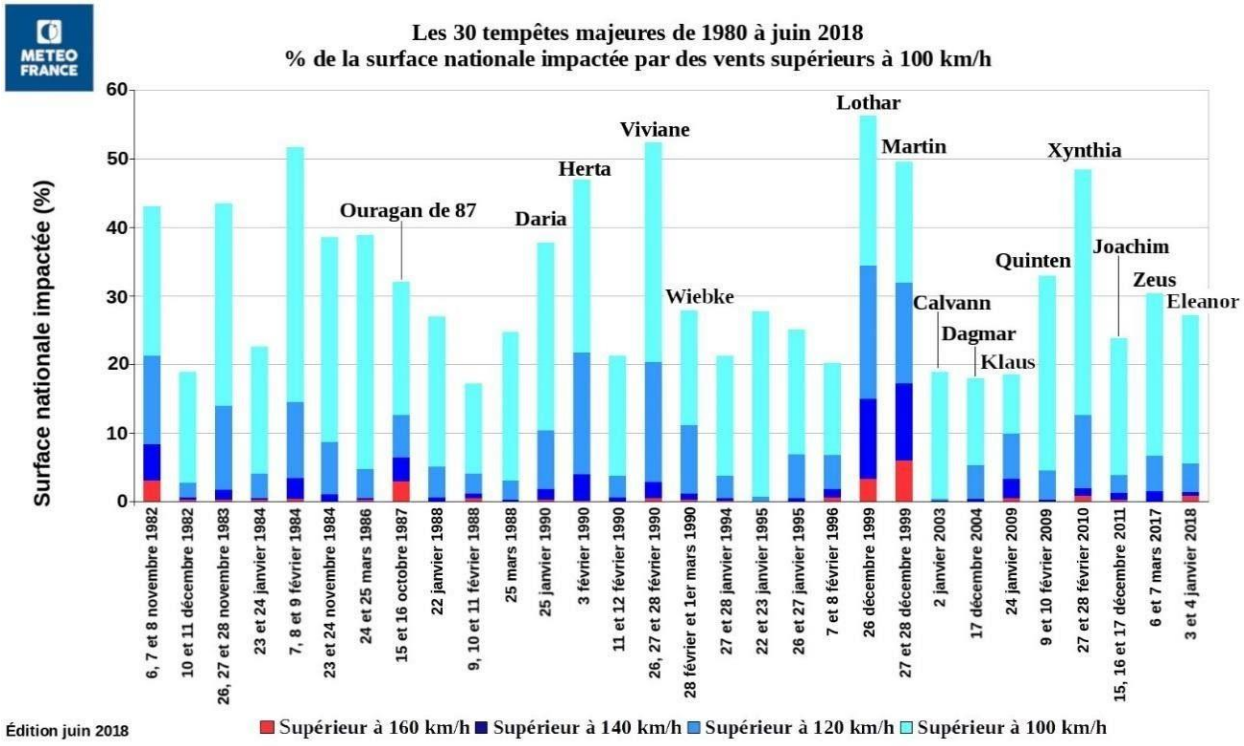
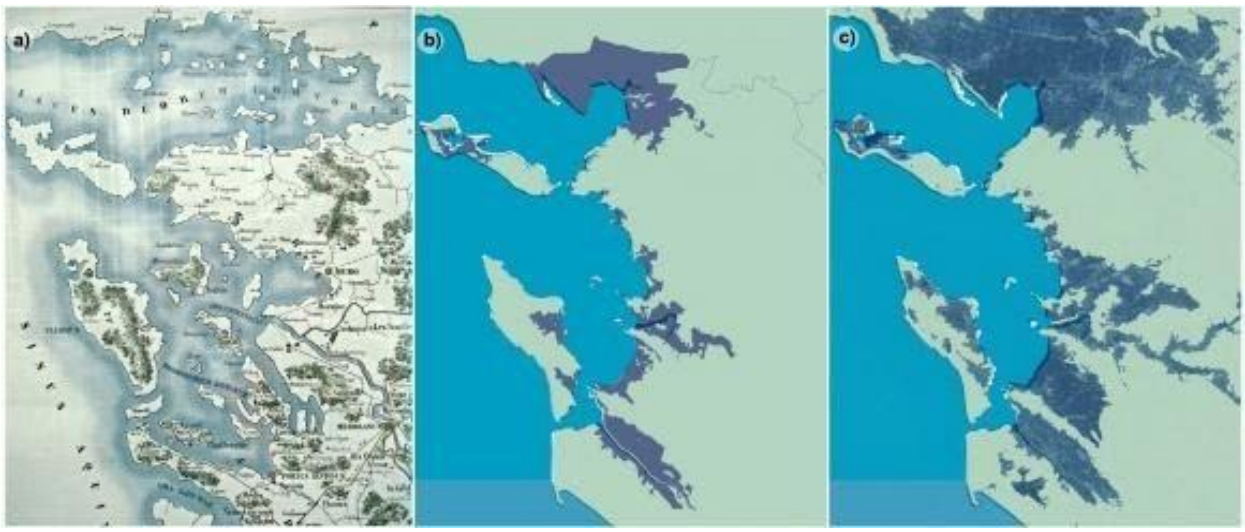


Figure 39 : Les 30 tempêtes majeures de 1980 à juin 2018
Source : ©meteofrance.com

Durant les 2 dernières décennies, la Charente-Maritime a connu des phénomènes de tempêtes et de submersion (1999/2009/2010/2013) qui ont amené des changements parfois brutaux du trait de côte.

Figure 38 : Raz-de-marée du 9 janvier 1924 – Cabines de Bains ©c-royan.com

2. **Les conditions hydrodynamiques** sont des éléments importants de la dynamique littorale. Elles sont ici définies comme les conditions océanographiques (houles, courants, niveau marin, et météo-marines (vents, tempêtes, etc.)) observables sur les littoraux.



Trait de côte Antiquité

2010 Xynthia

2100 : projection sans défenses supplémentaires

Figure 40 : sources ©: a) Auguste Lacurie (1878), b) DDTM 17 et DDTM 85, 2014), cartographie Jean Richer, c) http://flood.firetree.net, cartographie : Jean Richer.

La dangerosité des grandes marées peut être amplifiée par les conditions météorologiques. Des différences importantes peuvent en effet être constatées entre la hauteur d'eau imputable à la marée astronomique (coefficient) et la hauteur d'eau totale effectivement observée. Lorsque la hauteur d'eau est plus importante que celle imputable au seul coefficient de marée, on parle de phénomène de **surcote** et de **décote** dans le cas inverse. Cette différence est essentiellement d'origine météorologique et liée à trois processus principaux :

La variation de la pression atmosphérique

- **L'atmosphère exerce une pression sur la surface de l'océan**. **Le niveau de la mer varie donc avec la pression atmosphérique.** Lorsque cette dernière diminue localement, l'air appuie moins sur la surface de la mer à l'aplomb et le niveau de l'eau s'élève à cet endroit (cette élévation est estimée à 1 cm pour chaque hectopascal (hPa) en moins). La hauteur d'eau est donc accrue en **situation dépressionnaire (surcote).** C'est l'inverse en cas de **conditions anticycloniques (décote),** lorsque la pression atmosphérique atteint par exemple 1023 hPa, soit 10 hPa de plus que la pression moyenne de référence (1013 hPa), la décote atteignent 10 cm.
- **Le vent :** il génère, suivant sa direction et sa force, des courants qui peuvent provoquer une accumulation d'eau sur la côte en fonction de la configuration du littoral et de la bathymétrie (relief sous-marin).
- **Les vagues :** en région littorale, elles affectent elles aussi le niveau de la mer. Elles produisent une élévation du niveau moyen sur la plage, qui représente environ 15 % de la hauteur des vagues au large (typiquement, de 10 cm à 1,5 m).

Depuis 2011, en cas de surcote présentant des risques pour le littoral, la carte de vigilance météorologique signale l'information. Lorsqu'un département est placé en vigilance vagues-submersion, une bande littorale de couleur jaune, orange ou rouge est matérialisée sur toute la longueur de la côte du département. En cas de vigilance orange ou rouge, le pictogramme de l'aléa vagues-submersion est affiché sur la bande littorale. Cette information est coproduite avec le SHOM.

La plupart des données sur le niveau marin et ses composantes provient du **SHOM**. En tant que référent national sur l'observation du niveau marin, il dispose d'un réseau national de **marégraphes**. La morphologie des fonds influence les courants marins, les niveaux marins observés à la côte résultent essentiellement de la combinaison de plusieurs phénomènes : la houle, la marée astronomique et des surcotes. Les données météorologiques disponibles sont essentiellement fournies par Météo France, référence nationale pour l'ensemble des informations climatiques. Toutefois, il existe aussi un certain nombre de données, plus anciennes, issues d'observations de sémaphores et de navires. Aujourd'hui, le **sémaphore** est un poste de surveillance en bord de côte qui assure des missions diversifiées qui vont de l'assistance à la navigation jusqu'à la surveillance du territoire en passant par la régulation du trafic maritime et de la pêche. En Charente-Maritime les sémaphores sont localisés à sur les iles de Ré « les Baleines et d'Oléron « Chassiron.

L'augmentation des gaz à effet de serre par les activités humaines accentue l'élévation des températures de l'atmosphère mais également de l'océan. L'augmentation de la température en surface jusqu'à 1000 m favorise la dilatation de l'eau et l'élévation du niveau marin, elle intensifie également la fonte des glaces.

Expo : Espace Menaces, Vidéo animée sur la submersion + Dispositif réalité augmentée sur la montée des eaux

V. Problématiques de l'urbanisation du littoral charentais

1. La tempête Xynthia : Formation et trajectoire

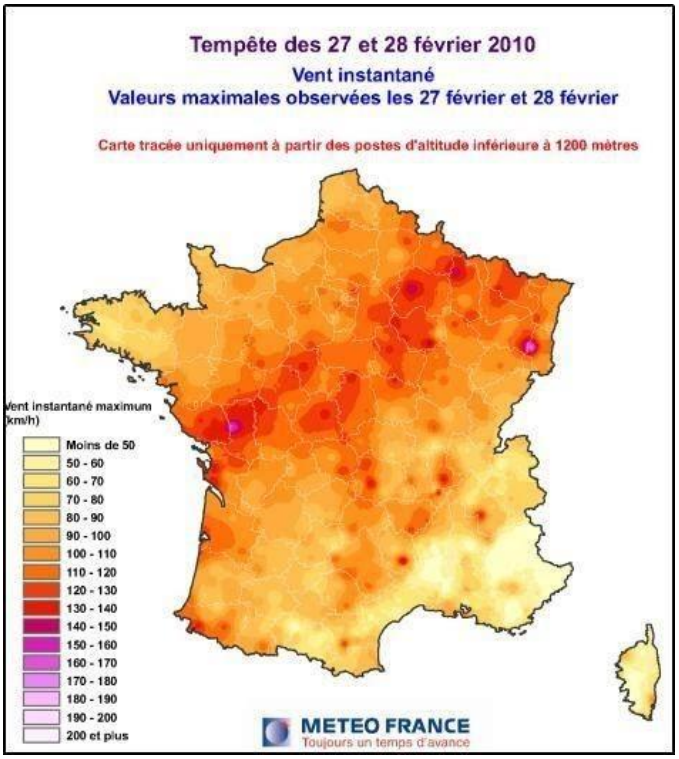
Les 27 et 28 février 2010, la tempête Xynthia a durement frappé la France. Du point de vue météorologique, Xynthia n'a pas atteint le caractère exceptionnel des tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 ou encore de Klaus en janvier 2009. Elle est née d'une dépression atmosphérique située sur l'Atlantique à des latitudes très basses. La zone de formation - en plein cœur de l'Atlantique, près du Tropique du Cancer - et la trajectoire de Xynthia sont atypiques. Il est très rare que des dépressions atlantiques se développent à des latitudes aussi basses et évoluent en tempête en remontant vers l'Europe de l'Ouest. Cette dépression s'est intensifiée le 27 février au matin, en se déplaçant vers l'île de Madère, puis a évolué en tempête l'après-midi, près des côtes portugaises. Elle est remontée vers le golfe de Gascogne en fin de journée du 27 février, balayant la Galice et le Pays Basque espagnol. **Elle a touché**

les côtes atlantiques françaises dans la nuit du 27 au 28 février, au maximum de son creusement (centre dépressionnaire à 969 hPa), avant de poursuivre sa route vers le Nord de la France. Après la France, ses vents violents ont frappé le Sud-Est de l'Angleterre, la Belgique, le Luxembourg, l'Allemagne et les Pays Bas.

Un phénomène de surcote en phase avec la marée haute

Le centre de basses pressions et les forts vents associés à Xynthia ont provoqué une élévation du niveau de la mer (« surcote ») rarement atteinte, de l'ordre de 1,50 m à La Rochelle selon les observations réalisées par le SHOM. Xynthia est arrivée sur les côtes françaises au moment de la pleine mer d'une marée d'équinoxe, elle avait donc un fort coefficient (102). La hauteur de la pleine mer attendue, avec ce coefficient de 102 était de 6,49 m. Or, la hauteur d'eau totale a atteint en réalité 8,02 m, soit une surcote de 1,53 m.

Carte des rafales de vent enregistrées aux cours des samedi 27 et dimanche 28 février



160 km/h à Saint Clément Des Baleines (île de Ré),

140 km/h à La Pointe de Chassiron (île d'Oléron) et Saint Agnan

137 km/h à Royan

132 km/h à La Rochelle

Figure 41 : ©Météo France

Figure 42 : Vieux Port pendant la tempête Xynthia ©Mats Zuccarello

Figure 43 : La Flotte en Ré 4h du matin, rues envahies par les eaux
Source : Jacques Boucard, Submersions marines et mémoire du risque dans les sociétés littorales

La coïncidence des deux phénomènes a provoqué d'importantes inondations dans les zones littorales de la Vendée et de la Charente-Maritime. Xynthia a été la tempête la plus

meurtrière en France depuis les tempêtes de décembre 1999. Elle fut un profond traumatisme psychologique et social. Au total 47 personnes ont trouvé la mort lors de cette tempête, 79 personnes ont été blessées, de nombreux foyers ont dû être déplacés. Elle a eu aussi d'importantes conséquences économiques, environnementales, et notamment sur la mise en place de la prévention des risques naturels.

2. Les dégâts

Les estimations sur le coût de la tempête Xynthia pour les compagnies d'assurances françaises sont évaluées à 1,5 milliard d'euros en avril 2010 (800 millions d'euros pour les conséquences du vent et 700 millions pour les inondations).

Les digues et quartiers inondés : des brèches se sont formées dans les digues protégeant le littoral ou celles-ci ont été submergées, permettant à la haute mer d'envahir des terres situées sous le niveau des marées hautes de vives eaux. L'effet du courant a accentué les brèches rapidement, provoquant de graves inondations dans des quartiers habités et occasionnant de nombreuses victimes. Les habitants de maisons de plain-pied n'ont pu trouver secours dans les étages. La seule issue pour ceux qui ont été surpris était de parvenir à s'échapper de leur maison à temps, ou à se réfugier sur le toit.

Les installations portuaires : la montée des eaux a fait se décrocher les pontons d'amarrage dans plusieurs ports de plaisance des Minimes à La Rochelle, les faisant dériver et s'agglutiner en même temps que les bateaux accrochés sur les pontons plus près des quais, voire passer par-dessus. Dans le port de La Rochelle, on retrouve des bateaux empalés au-dessus des poteaux d'amarrage de ces pontons, les passerelles d'accès sont décrochées et tombent directement dans l'eau, certains pontons sont inutilisables. Les plus petites embarcations simplement ancrées s'agglutinent sur les berges, causant des dégâts dans les coques et les quilles.

Figure 44 : destruction du Vieux-Port après la tempête ©lewebpedagogique.com

Figure 45 : ©Jean-Pierre Bazard / wikipedia.org
Dégâts au Port de plaisance des Minimes

3. Après la tempête : émergence de la culture du risque

Le littoral concentre de nombreux aléas (inondation, submersion marine, érosion, mouvement de terrain, feux de forêt, pollutions, évènements accidentels) et des enjeux

économiques qui conduisent à **l'exposition d'une grande majorité de la population littorale**.

Une vigilance particulière est exercée sur les activités économiques, la pêche, les activités aquacoles, le tourisme, le patrimoine culturel, les activités de loisirs (nautisme) … au regard des normes sanitaires. La sûreté maritime visant à la préservation des vies humaines et de l'environnement relève de la responsabilité de l'état à l'exception des ports.

La tempête Xynthia a fait prendre conscience à la France de la réalité du **risque de submersion,** intensifiée par le changement climatique, et a posé la **question des constructions en zone inondables** et celle de la **responsabilité de l'Etat et des élus** en la matière.

L'aléa de submersion marine est une inondation temporaire des zones basses côtières par la mer en cas de conditions météorologiques et océaniques défavorables.

On estime à **33% la population de Charente-Maritime** qui réside dans ces zones. Selon l'indicateur du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, le linéaire côtier de Charente-Maritime serait en recul de 55% (2016).

4. La redéfinition des plans d'urbanisme

Les zones de solidarité ou zones noires

Ces périmètres ont été définis en fonction du danger auquel les populations pouvaient être soumises en prenant notamment en compte :

- La proximité des habitations vis-à-vis d'ouvrages de défense contre la mer, dont la catastrophe a montré les limites (ruptures, submersions généralisées).
- La hauteur d'eau, la dynamique de la submersion, qui pouvaient potentiellement toucher les quartiers d'habitation en cas de rupture des ouvrages de défense contre la mer.
- Les conditions d'acheminement des secours et les conditions d'évacuation des personnes.

Les contours de ces zones découlent d'études réalisées par l'administration centrale du ministère de l'Ecologie, et de constats de terrain effectués par les DDE (directions départementales de l'équipement). Ces expertises ont pris en compte les données relatives à la tempête Xynthia, mais aussi à deux autres tempêtes majeures survenues en 1940 et en 1877. Des éléments d'ordre topographique sont aussi entrés en ligne de compte, de même que les risques induits par l'état actuel de l'urbanisation ou l'évolution climatique.

Le risque d'inondation est le 1er risque naturel en France métropolitaine, il concerne 16 134 communes soit une sur trois. L'idée de risque majeur naît de la combinaison entre l'aléa avec la vulnérabilité d'un site plus ou moins accentuée par l'activité humaine. On observe une littoralisation de la population, (tourisme, attrait du littoral, résidences secondaires, vieillissement de la population pression des intérêts économiques liés au tourisme) ce qui crée une forte pression sur les communes. Les zones inondables ne sont pas nécessairement inconstructibles, une classification administrative permet d'envisager des aménagements.

- **Zones rouges** : risque élevé en principe aucun permis de construire ne peut être délivré même par dérogation. Néanmoins des exemples tirés de PPR montrent que certaines possibilités de constructions peuvent être autorisées.
- **Zones bleues** : à risque moyen, où le permis de construire est assorti de conditions : le PPR permet la délivrance du permis de construire, mais le constructeur s'engage à respecter les obligations inscrites au PPR et reprises dans les Plans locaux d'urbanisme (PLU) ou dans les Plans d'occupation des sols (POS).

- **Les zones vertes** présumées sans risque, où le permis de construire soumis aux règles du PLU.

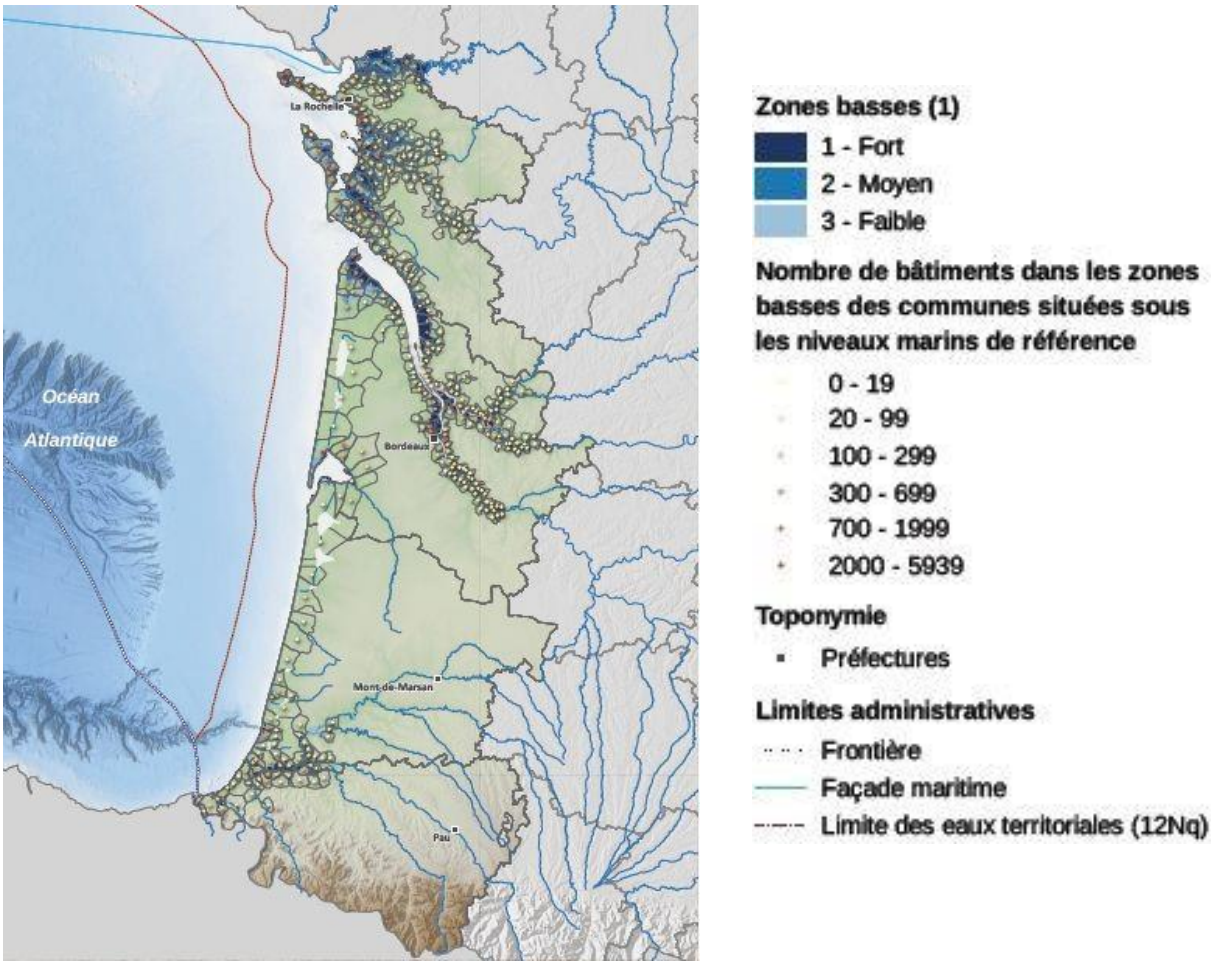


Figure 46 : Les zones basses du littoral néo-aquitain
©SHOM, MEEM/DGPR – GEOFLA (IGN) BD ACTI 250 EMO Dret

5. Les dispositifs de prévention

SNGRI Stratégie de Gestion du Risque Inondation : la commission européenne a adopté en 2007. La directive dite inondation, instaure un cadre méthodique commun pour l'évaluation des risques, la cartographie des secteurs vulnérables et l'élaboration de plan de gestion. Cette directive a été transposée en droit français par la loi Grenelle du 2 juillet 2010.

La stratégie SNGRI est déclinée en **PGRI Plan de Gestion du Risque Inondation** par bassin hydraulique. Elle répond aux objectifs fixés par l'Union Européenne :

- Gouvernance et concertation
- Culture du risque
- Amélioration de la gestion de la crise
- Prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire
- Gestion des capacités d'écoulement et de restauration des zones d'expansion des crues
- Approche globale des systèmes d'ouvrage de protection

Le travail cartographique a permis de définir des **Territoire à Risque d'Inondation** (TRI) impactés par la submersion marine, 7 territoires ont été recensés pour la façade Sud-Atlantique : côtier basque, Bordeaux, Libourne, Bassin d'Arcachon, littoral charentais maritime, La Rochelle-Ile de Ré, Baie de l'Aiguillon.

SNGITC Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du trait de côte, le Grenelle de la mer a proposé la définition d'une stratégie nationale et d'une méthodologie de gestion du trait de côte, du recul stratégique de défense contre la mer avec l'option de la relocalisation des activités et des biens. Elle s'articule autour de 4 axes :

- Développer l'observation du trait de côte et identifier les territoires à risque d'érosion pour hiérarchiser l'action publique
- Elaborer des stratégies partagées entre les acteurs publics et privés
- Evoluer vers une doctrine de recomposition spatiale du territoire
- Préciser les modalités d'intervention financière

La mobilité du trait de côte peut constituer un danger systémique pour le littoral, différentes stratégies peuvent être mise en place :

- L'évolution naturelle surveillée permet de laisser faire la nature
- La protection souple est un accompagnement du processus naturel avec des protections adaptables : barrière en fibre de coco, plantations, ganivelles, retroussage des plages, il s'agit de repousser le sable vers l'arrière afin d'augmenter la taille de la dune qui serviront de réserve pour ré ensabler.

Figure 48 : Les ganivelles de la plage de Plaisance – île d'Oléron
Source : sudouest.fr ©Communauté de communes de l'île d'Oléron

- La lutte active consiste à fixer le trait de côte par des enrochements, cette solution ne peut être étudiée sans avoir au préalable analysé d'autres alternatives.
- Le repli consiste à supprimer, déplacer, relocaliser des biens ou des activités

L'ONF (Office National des Forêts) a pour mission le suivi et la stabilisation des dunes domaniales.

Au niveau régional plusieurs dispositifs ont été mis en place :

- Réseau de mesures et d'observations scientifiques et techniques (suivi GPS du trait de côte)
- Analyses en lien avec la recherche fondamentale
- Développement d'un Système d'Information Géographiques SIG PIGMA littoral

PNACC Plan National d'Adaptation au Changement Climatique a été mis en place, il intègre les différentes stratégies nationales sur l'impact prévisible du changement climatique sur le niveau moyen des mers dans la politique de gestion des littoraux. Le changement climatique a un impact sur les aléas, il se traduit par une accélération de l'élévation du niveau moyen de la mer liée à la dilatation et à l'augmentation des masses d'eau. La montée des eaux entraîne une modification des courants de marée, l'orientation de la houle et les échanges sédimentaires.

PPRN Plan de Prévention des Risques Naturels

Objectifs : Ces phénomènes temporaires pour certains ont modifié néanmoins les plans d'urbanisme. Le PPRN est un des outils mis en place à la suite de la tempête de 1999.

- Assurer la sécurité des personnes et des biens,
- Permettre un développement durable des territoires concernés en prenant en compte le risque et en adaptant et en protégeant les installations actuelles et futures,

- Sensibiliser et informer les populations sur ces risques et sur les moyens de s'en protéger.

PSR Plan Submersion Rapides plan national validé à la suite de Xynthia, il couvre en autres les risques d'inondation et de submersion marines et les ruptures de digues. Il pour objectif d'inciter les territoires à élaborer et appliquer des plans de prévention. Il s'articule autour de 4 axes :

- La maîtrise de l'urbanisation
- L'amélioration des systèmes de surveillance, de prévision et d'alerte
- Le renforcement de la fiabilité des digues
- Le développement d'une véritable culture du risque

Ce plan a permis la mise place par Météo –France de l'outil Vigilance, Vagues, Submersion. Il doit permettre de conforter 1200 km de digues (financement de 40% si travaux approuvé par PSR).

PAPI Programme d'Action de Prévention des risques Inondations, ces programmes ont été lancés en 2002 puis élargis aux risques côtiers après Xynthia en 2010, ils sont co - financés par l'état, la région et/ou les départements et les collectivités. Ils ont pour objectif de mettre les acteurs autour de la table afin d'élaborer une stratégie commune d'actions à mettre en œuvre. Il ne constitue pas une obligation mais il permet d'obtenir des fonds de l'état sur des projets globaux.

Figure 49 : ©MLRC

Le PSR et le PAPI sont soumis pour labellisation à une commission si le montant dépasse 3 millions d'euros il faut la validation d'une 2ème commission, les territoires ayant subi la tempête Xynthia bénéficient d'une procédure simplifiée. Les PAPI fédèrent l'ensemble des acteurs du territoire associé aux études à la définition des projets et à leur mise en œuvre, les parties prenantes selon les actions sont les agences de l'eau, les universités de La Rochelle et de Montpellier, le conservatoire du littoral, L'ONF, l'Union des Marais, les chambres consulaires, les associations locales ... En Charente –Maritime les PSR et les PAPI compose le **Plan de Renforcement des Protections Littorales PRPL** appelé le plan digues**.**

Exercice du PAPI avec mise en place de digues gonflables Anti-Submersion à La Rochelle en Décembre 2019

Figure 50 : ©MLRC

Figures 51 et 52 : La signalétique mise en place lors des tempêtes ©MLRC

6. La restauration de zone humide : les marais de Tasdon et de Villeneuve-les-Salines

Les « salines », qui ont donné leur nom à la « ville neuve », rappellent l'activité humaine ancienne sur cet espace marqué par la présence intermittente d'une eau marine. Ces marais sont situés sur d'anciens marais salants présents depuis le Moyen Age. Cette ancienne baie maritime a été exploitée jusqu'en 1935 pour son sel puis pour le pâturage des bovins entre 1935 et 1960. En 1962, avec la construction du barrage de la Moulinette, le marais s'est retrouvé déconnecté de la mer. Dans les années 1970, il a été partiellement remblayé lors de la construction du quartier de Villeneuve-les-Salines.

Les travaux en œuvre vont contribuer à une remise en eau du marais, en le reconnectant avec la mer, via l'installation d'une porte-à-flot mobile au nord-ouest du site, en lien avec l'écluse de Maubec en aval. L'enlèvement du remblai et la **création à sa place d'un nouveau bassin** qui aura **pour fonction la rétention des eaux pluviales**, va remettre en contact avec l'eau cette partie intégrante du marais, où pourra se **développer une végétation de hautes herbes et de roseaux**, ainsi que la faune qui s'y abrite. Le retour ainsi maîtrisé des eaux saumâtres dans le marais aura pour effet attendu le retour d'espèces typiques de ces milieux : anguilles, soles, mulets… retrouvant ainsi l'aspect et la population d'un petit cours d'eau côtier.

La Gestion des eaux pluviales et les risques inondations

Un risque d'inondation par remontée d'eau saline a notamment été identifié au niveau d'un point du centre-ville de la Rochelle. Concernant les eaux pluviales, la déconnexion du bassin de Villeneuve et de la Moulinette n'aura pas d'incidence sur la capacité hydraulique des deux bassins de Villeneuve, le réglage des seuils des plans d'eau étant maintenu au même niveau qu'actuellement pour la cote de sortie. Le dimensionnement du nouveau bassin d'eaux pluviales de Tasdon prend en compte la fréquence des pluies sur une période de 30 ans. Concernant la prévention des inondations, les entrées d'eau saline dans le marais seront réalisées uniquement en absence de précipitations prévues ou réelles, ce qui permettra d'éviter la mise en charge du réseau d'eau pluviale. Par ailleurs, pour le centre-ville un clapet anti-retour sera positionné sur la canalisation d'eau pluviale. Les modélisations indiquent l'absence d'impact d'une tempête équivalente à Xynthia ou à Xynthia +20 cm sur le niveau d'eau du marais. En revanche, une tempête équivalente à Xynthia +60 cm, intégrant le facteur dérèglement climatique à horizon 2100, conduirait d'après les modélisations à une augmentation de 1 m du niveau du marais.

Figure 53 et 54 : Travaux du marais de Tasdon et de Villeneuve-les-Salines ©MLRC

VI. L'envasement

La ville de La Rochelle, du fait du littoral très particulier de la Charente-Maritime en lien avec le système hydrographique avec des apports sédimentaires importants a connu tout au long de son développement des problèmes d'envasement. Cette problématique fait partie est également des facteurs qui ont amené le déclin du Port de Brouage.

1. Les ports de La Rochelle : un développement entravé par l'envasement

L'envasement est proportionnel à la tranquillité des eaux, les îles sont des brises lame naturels aves les digues, elles constituent des pièges pour la vase. La côte de la cité est située sur des Pertuis.

La ville connaît un fort développement à partir du XII° dont le moteur est le commerce maritime avec l'exportation de l'or blanc, le sel et de l'or rouge, le vin. Le port primitif (à côté du château Vauclerc actuelle place Verdun) qui s'envasait devint rapidement trop petit.

En **1222** la ville décide la construction d'un nouveau havre l'actuel vieux port. On y accède par un chenal tortueux, envasé et par endroit encombré des pierres de lest. Au Moyen -Age les ports sont rudimentaires, les rives sont maintenues par des entrelacs de pieux et de branches souples, fascines qui retiennent des de la terre argileuse, il n'y a pas encore de quais de pierre. Dès l'origine se pose le problème de l'entretien du chenal et du havre. Le délestage des navires est réglementé, des travaux sont entrepris mais sans plan d'ensemble. L'entretien des quais et de la partie du havre attenante est à la charge des riverains. Les moyens techniques sont dérisoires, les hommes sont équipés de simples pelle et paniers. Malgré les écluses des cours d'eau qui déversent davantage d'eau qu'aujourd'hui le chenal et le havre se comblement inexorablement. Cependant les tonnages des bateaux ne nécessitent pas beaucoup de profondeur. Au début de la renaissance pour empêcher les galets de bloquer l'accès, les ingénieurs imaginent un système de lignes pieux autour de la tour de la chaîne, 2500 pieux sont plantés sans grande résultat.

En **1602** des écluses de retenues sont installées au débouché du canal de Maubec, l'ouverture des portes à marée basse provoque un puissant courant qui entraîne les vases apportées par les flots ; la ligne de pieux de la tour de la Chaîne est doublée par un éperon pierreux ce qui améliore temporairement la situation.

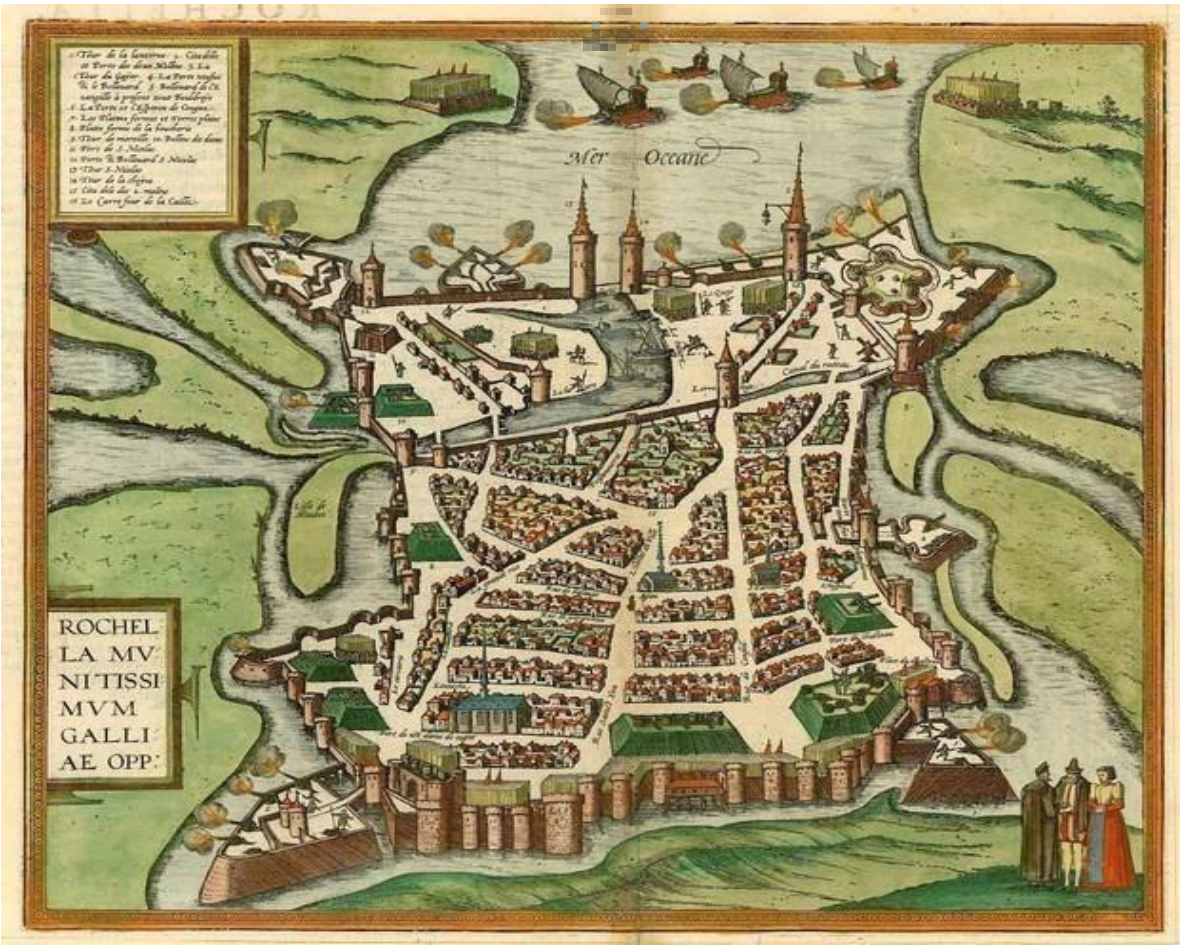


Figure 55 : Georg Braun et Franz Hogenbergh Rochella munitissimum Galliae opp. Burin, 1579
©museedesbeauxarts.larochelle.fr – Dossier de réflexion pour la découverte des collections du MBA liées à l'histoire de la Réforme et du Grand Siège.

En **1627** le conflit qui oppose les rochelais à la couronne de France conduit le généralisme cardinal de Richelieu après avoir encerclé la ville côté terre et à ordonner la construction d'un barrage côté mer afin de couper la communication avec l'océan. La baie était deux fois plus large qu'aujourd'hui, mesurant 1500m. La construction prit un an, des tonnes de pierres déversées et des centaines de pieux furent plantés, aux endroits trop profonds pour travailler à marée basse des bateaux chargés de pierres furent coulés pour assurer les fondations de la digue. L'étroit goulet de 40m laissé pour le passage du flux et reflux et les vestiges de la digue qui constituent un véritable piège pour la vase eurent des conséquences désastreuses. La démolition de l'éperon de la tour de la chaîne aggravant l'envasement. Le tonnage des navires augmentant, ils sont contraints de mouiller à l'extérieur de la digue.

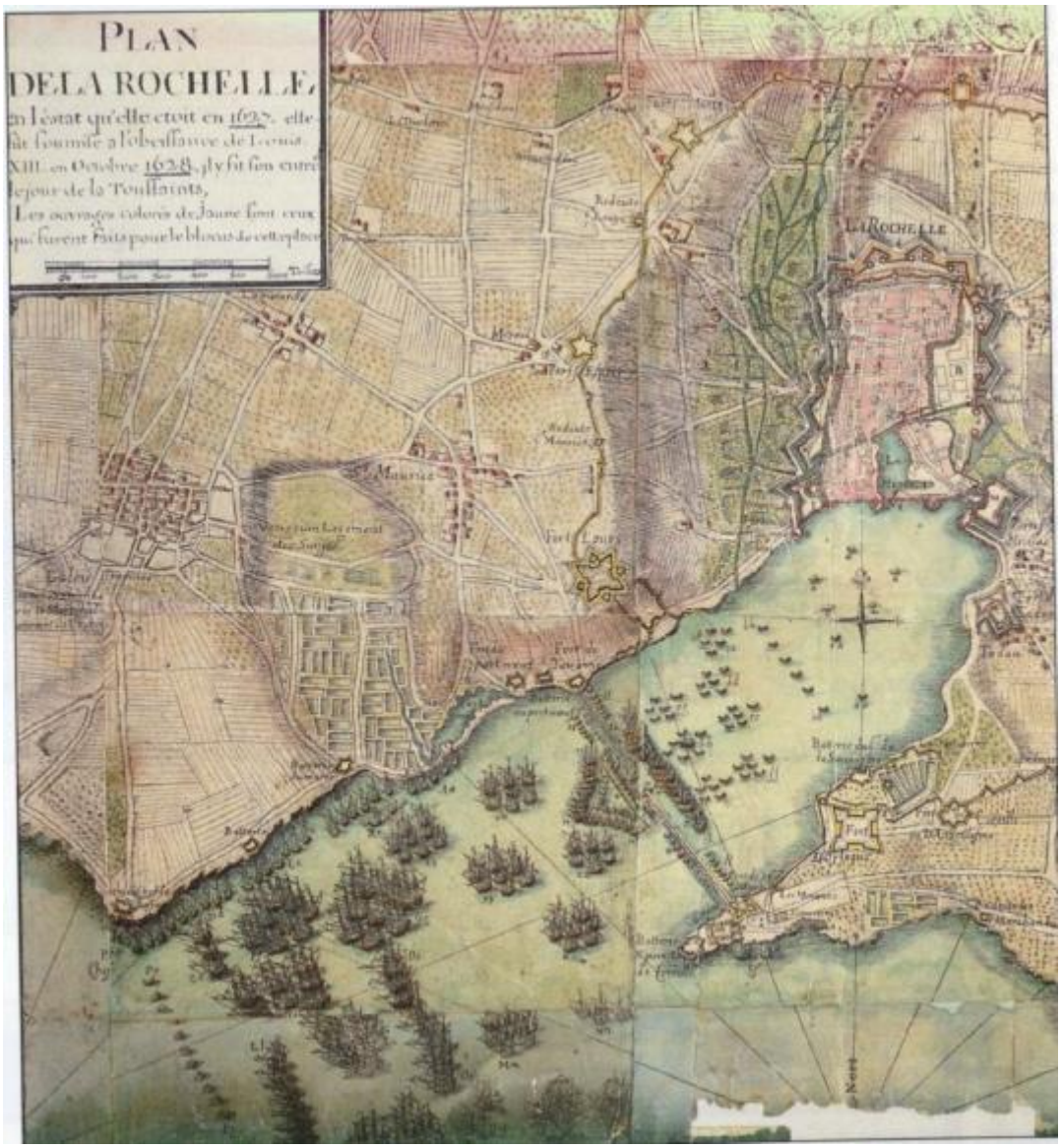


Figure 56 : Digue du Grand Siège de La Rochelle 1627-1628
Source : *Chasse-marée. Histoire et ethnologie maritime*

De 1670 à 1672 : Sous l'impulsion de Colbert, conscience de l'importance du Port de La Rochelle sur la façade Atlantique, de grands travaux de rétablissement sont entrepris. Les lignes de pieux sont dégagées et l'entrée du port du port est élargie de 22 m à 25 m, l'éperon est rebâti. Le chenal d'accès est élargi et approfondi, le havre est creusé jusqu'à 1,80m. Les quais de la Grand' Rive sont consolidés, élargis, modernisés ; ils sont équipés d'anneaux et de grues.

1719 : Le commerce maritime est florissant, la traite négrière, les pelleteries du Canada, la pêche à la morue à St Pierre et Miquelon sont les nouveaux secteurs d'activités cependant le havre est de nouveaux envasé, la vase est remontée d'une toise 1,94 m. Un rapport de la chambre de commerce qui souhaite obtenir des crédits pour effectuer des travaux, souligne l'importance de l'activité et son intérêt pour le royaume. En effet les opérations de chargement et de déchargement ne peuvent plus se faire à quai car le havre est bouché.

XVIII° : La chambre de commerce multiplie ses efforts pour mener de grands travaux, le chenal est creusé en ligne droite ses rives sont plantées de pieux et de fascines. « Les cure-môles » 1ères drague mécanique muent par la force humaine sont utilisées, des barques à clapets sont également testées et des « maries-salopes » à voile. Des éperons de pierre sont implanté au pied de la tour de la lanterne et de la Chaîne de façon à bloque les galets. Une aire d'atterrissage est construite au pied de la muraille. Le havre est nettoyé, les quais n'ayant plus

d'assise sont renforcés. Le pont St Sauveur estimé comme un obstacle est détruit, les systèmes de chasse et d'écluses améliorés. Malgré tous ces efforts le chenal est réputé comme dangereux à cause des fascines immergées à marée haute et de l'absence de balisage.

1779 : Le creusement du bassin à flot est entamé, il est stoppé par la révolution, il est inauguré en 1808.

1839 : le tonnage des bateaux allant croissant, ce bassin se révèle bientôt insuffisant. Un bassin creusé au départ pour le nettoyage du chenal est transformé. Le chantier est interrompu durant à la révolution de 1848, le bassin des chalutiers est inauguré en 1863.

2. Les moyens

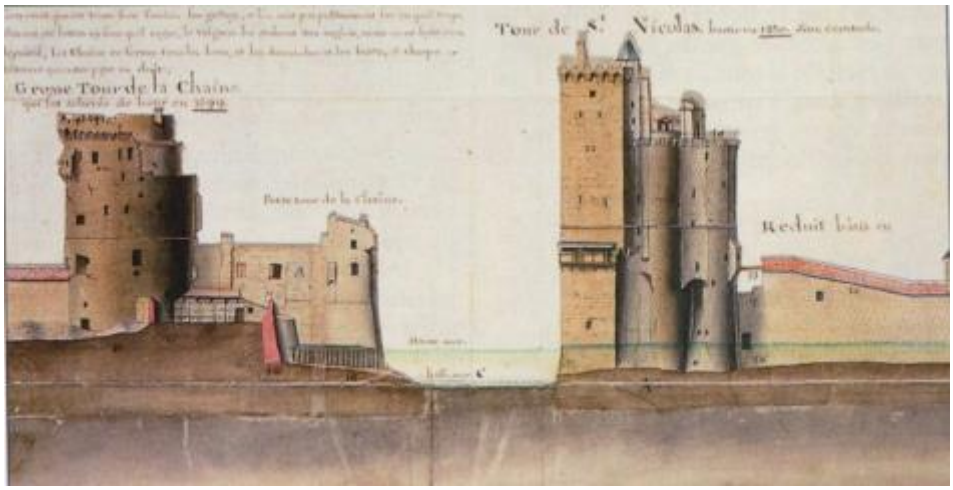


Figure 57 : Coupes, profils et élévation des tours défendant, à l'entrée du havre 1717
Source : *Chasse-marée. Histoire et ethnologie maritime*

Dès l'origine, se pose le problème de l'entretien du chenal et du havre. On réglemente le délestage des navires, des travaux sont entrepris mais sans aucun plan d'ensemble. De plus les moyens sont dérisoires, les hommes luttent contre la vase avec des pelles et des paniers. L'eau déversée par les écluses ne suffit pas à évacuer la vase.

La lutte séculaire conte la vase impose de rechercher des solutions toujours plus efficacespour que le port reste accessible . les progèès tecniques subsituent aux « cures-moles » des dragues à jhotttes, plus performantes. Cettre drague dont l'energie est musculaire est surnomée l'écureuil par les rochelais.

XIX° : les moyens techniques font des progrès décisifs. Les dragues à hottes encore très rudimentaires sont d'un rendement bien supérieur aux « cure-môle ». La force motrice est humaine, le poids des ouvriers entraînant l'appareil dévaseur, elle surnommée « l'écureuil ».

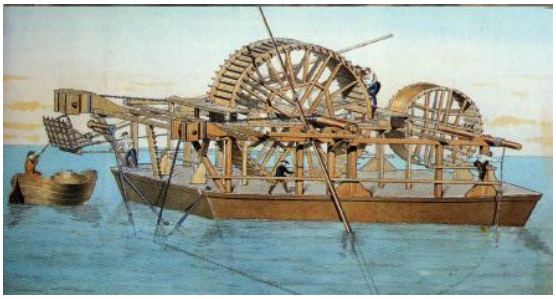


Figure 58 : Machine à curer
©*L'Ingénieur Artiste*, Antoine Picon, Michel Yvon
Source : *Chasse-marée. Histoire et ethnologie maritime*

1867 : 1ère drague à vapeur, qui améliore considérablement les opérations de désenvasement qui doivent sans cesse être menées afin de garder des niveaux d'eau corrects pour les navires.

1879 : Bouquet de la Grÿre, ingénieur, propose l'étude de l'installation d'un port à La Pallice

1890 : Inauguration du Port de la Pallice en présence du président de la république Sadi Carnot. Les dragues à vapeur vont améliorer grandement les opérations de désenvasement permettant de maintenir le chenal et les bassins en permanence à une cote acceptable.

1914 : la 1ère drague est remplacée par « la Repentie » qui sera coulée en 1943.

1943 : Les « Ridem » venue de Calais remplace la Repentie, mal adaptée au port rochelais en raison de tirant d'eau, elle est laissée à l'abandon et coule dans le port de La Pallice. Elle sera renflouée en 1945 et aidera à débarrasser le port des épaves, de la ferraille, ces câbles, filets … jusqu'en 1956.

Figure 59 : Drague TD6 Vieux-Port de La Rochelle ©pop.culture.gouv.fr

1957 : Arrivée de la TD6 construite en 1906 pour travailler dans les estuaires prend le relais, elle est accompagnée de deux porteurs le St Marc et le Bout Blanc. La TD6 n'a pas de moteur à propulsion elle doit donc être remorquée. Elle est surnommée le dragon à cure molle par les rochelais.

Figure 60 : Drague Cap d'Aunis Vieux-Port 2015
Source : Jean-Pierre Bazard ©wikipedia.org

1987 La longue carrière de TD6 s'achève et elle est alors vouée à la casse dès mars 1988. Sauvée par une association, elle est classée au titre de Monuments Historiques en novembre 1992. Elle est actuellement entreposée dans l'ancienne base sous-marine de la Pallice. Son moteur quelques godets et moules de godets sont visibles le long de la galerie des pavillons du Musée Maritimes, sa barre à roue et sa cloche sont dans le pavillon des ports face à la vitrine qui lui est consacrée. La drague s'est considérablement dégradée depuis 1992, elle a fait l'objet d'une numérisation pour sa conservation en 2020.

La TD6 a été remplacée par la drague Cap d'Aunis. La drague Cap d'Aunis est une drague aspiratrice et automotrice, elle extrait plus de mélange eau/vase que la TD6. Le travail est également moins pénible, il y a 6 membre d'équipage alors qu'il en fallait 24 à bord de la TD6. Le plan de dragage est aussi plus précis grâce au GPS, auparavant le plan était défini à partir de repères visuels à terre. Elle participe régulièrement aux campagnes de désenvasement des ports de la cité.

Figure 61 et 62 : Désenvasement du Bassin des chalutiers – Musée Maritime – Décembre 2019
©MMLR

Figures 63 et 64 : Désenvasement du Bassin des chalutiers avec le navire Fort Boyard – Quai d'honneur – 2020 ©MMLR

L'envasement reste une préoccupation majeure mais les côtes depuis toujours exposées l'érosion sont fragilisées par les activités humaines, l'urbanisation et le développement industriel. L'extraction du sable, le bétonnage, le drainage de zones au-dessous du niveau de la mer pour gagner du terrain ont remodelé le littoral. Ces interventions ne sont pas sans conséquences sur le trait de côte, conséquences pas toujours maîtrisées.

Sources : Météo France, SHOM, Société des Sciences Naturelle de la Charente Maritime, Eric Chaumillon (article Arcades et documentaire ARTE L'exploitation du sable), Conservatoire du Littoral, Papi agglomération rochelaise, Plan de submersion rapide, Etude géologique abrégée de la Charente-Maritime Ville de La Rochelle, Musée Maritime, Wikipédia, Futura science