



HAL
open science

L'artificialisation des littoraux : déterminants et impacts

Iwan Le Berre

► To cite this version:

Iwan Le Berre. L'artificialisation des littoraux : déterminants et impacts. Béchet B.; Le Bissonais Y.; Ruas A. Sols Artificialisés et Processus d'artificialisation Des Sols : Déterminants, Impacts et Leviers d'action, Expertise Scientifique Collective (ESCo). IFSTTAR, INRA, pp.234-254, 2017. hal-01764526

HAL Id: hal-01764526

<https://hal.science/hal-01764526v1>

Submitted on 28 May 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'artificialisation des littoraux : déterminants et impacts¹

Iwan Le Berre, LETG, UMR6554 CNRS, IUEM-UBO, Brest

1. Introduction

Les sociétés humaines ont depuis longtemps été attirées par les littoraux où elles ont trouvé des ressources variées, notamment alimentaires, ainsi que des espaces refuge ou porteurs d'aménités (Gamblin et Bruyelle, 1999). Mais la cohabitation avec la mer est difficile et comporte d'importantes contraintes et des risques, qu'ils soient naturels (Carter, 1988 ; Lageat, 2004 ; Masselink et Gehrels, 2014), ou humains (Nonn, 1972). Tant que ses moyens techniques sont restés limités, l'homme a essentiellement subi ces contraintes, puis, à partir de la révolution industrielle, il est parvenu à aménager les rivages, notamment par la conquête de nouvelles terres, pour s'y installer et y développer ses équipements (Hudson, 1996 ; Wolff, 1992). Cependant, par leurs caractéristiques intrinsèques – espace limité spatialement, à l'interface des domaines marins et terrestres, milieux dynamiques et très originaux à l'échelle de la planète – les systèmes littoraux montrent une certaine sensibilité face à cette intensification de leur artificialisation (Agardy et Alder, 2005 ; Carter, 1988 ; Masselink et Gehrels, 2014). *Ce chapitre est consacré à la présentation des particularités du littoral, des facteurs déterminant leur aménagement et des impacts découlant de cette artificialisation.*

2. Un littoral attractif, mais contraint

Le littoral constitue un milieu particulier, intrinsèquement limité à une frange linéaire soumise à des dynamiques marines et terrestres complexes. La richesse des ressources qui découlent de tels systèmes d'interface a depuis longtemps attiré les sociétés humaines qui s'y sont implantées dans des conditions parfois difficiles.

2.1. Un espace limité

A l'échelle mondiale, le littoral occupe un linéaire de plus de 1,6 millions de km, sur lequel 84 % des nations ont une façade donnant sur l'océan et/ou sur des mers intérieures (Martínez *et al.*, 2007). Mais, plus qu'une simple ligne - ou trait de côte – le littoral est généralement considéré comme une bande de largeur variable intégrant les espaces concernés par les influences réciproques de la terre et de la mer (Lageat, 2004 ; Nonn, 1972).

D'un point de vue naturaliste, cet espace est soumis à des processus qui se déroulent à des échelles spatiales et temporelles variées (Hénaff *et al.*, 2013). On le décompose habituellement en trois zones :

- la *zone infratidale*, dont l'extension vers le large dépend de la morphologie sous-marine et de l'intensité des agents dynamiques (houles, courants de marée), soit généralement les fonds inférieurs à la dizaine de mètres où se produisent des échanges de matière et d'énergie affectant la morphologie de la côte (Pinot, 1998).
- La *zone intertidale*, de balancement des marées, qui occupe selon les façades maritimes une surface réduite (Méditerranée), ou relativement importante (Manche). Bien qu'elle soit concrétisée juridiquement par la notion de Domaine Public Maritime (DPM)², cette définition est toutefois trop restrictive au regard des processus interagissant avec l'artificialisation du littoral ;
- la *zone supratidale*, toujours émergée mais lieu d'échanges de matière et d'énergie affectant la morphologie de la côte (submersion de tempête, embruns, transport éolien de sable...).

¹ Article rédigé dans le cadre de l'Expertise collective (ESCO) IFSTTAR, INRA sur l'artificialisation des sols : <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Sols-artificialises-et-processus-d-artificialisation-des-sols>

²<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Un-peu-d-histoire,12931.html>

Mais le littoral est aussi l'exutoire naturel des cours d'eau qui y déversent les matériaux arrachés par l'érosion des continents ainsi que toute la pollution des bassins versants par les activités humaines (Syvitski, 2005). Les interactions terre-mer concernent donc un espace très vaste : la *zone côtière*

Enfin, le littoral constitue un socio-système qui repose sur des interdépendances fonctionnelles, que l'on peut illustrer par la notion d'arrière-pays (ou *hinterland*) associant un port et son bassin commercial, et institutionnelles, notamment celles liées à la réglementation spécifiques qui s'y applique par bandes (bande de 100 m de la loi Littoral, bande des 50 pas géométriques), ou par zones (communes de la loi Littoral, espaces naturels remarquables), pour en maîtriser l'aménagement (Meur-Ferec, 2007). De tels zonages s'établissent également vers le large (bandes de 3 milles, de 12 milles, mer territoriale, zone économique exclusive) pour réglementer l'usage des ressources marines, la sécurité maritime ou les espaces de souveraineté nationale.

2.2. L'haliotropisme, concentration de la population et des activités

Globalement, les zones basses littorales occupent 2,3 % des territoires des pays littoraux, mais abritent 11 % de leur population. Leur densité (241 hab./km²) est cinq fois supérieure à la moyenne mondiale (Neumann *et al.*, 2015). En France, sur seulement 4 % du territoire, le littoral abrite 6 millions d'habitants, soit 10 % de la population totale³, pour une densité de 285 hab./km², c'est-à-dire 2,5 fois la moyenne métropolitaine. Cette part est en progression constante puisque la population augmente plus rapidement sur le littoral (25 % de plus entre 1968 et 2006), que dans l'intérieur (+23 % en moyenne métropolitaine)⁴ et que la pression de construction de logements y est trois fois plus élevée. L'artificialisation qui en découle est également plus forte : en 2012⁵, elle représente 14,6 % du territoire des communes littorales, contre une moyenne métropolitaine de 5,5 %. Les zones urbanisées, industrielles et les voies de communication y sont 2,6 fois plus nombreuses qu'à l'échelle nationale. Ce ratio atteint 4,3 pour les espaces verts artificialisés (golfs, terrains de sport, parcs urbains). Globalement, entre 2006 et 2012, l'artificialisation a progressé deux fois plus vite sur le littoral que dans l'intérieur. A elles seules, les zones urbanisées représentent 9,8 % du territoire des communes littorales (contre 3,7 % en moyenne)⁶. A l'exception de la Guyane, la densité de population littorale est encore supérieure dans les DOM et l'artificialisation y est plus élevée. Mais elle décroît vers l'intérieur en raison du relief accidenté ou, comme dans le cas de la Guyane, de l'occupation par la forêt tropicale et de l'absence d'axes de communication⁷.

2.3. Des ressources variées

A l'interface entre terre et mer s'établissent des écosystèmes originaux, capables de supporter des conditions difficiles et changeantes : salinité, émergence/immersion par les marées, exposition aux agents hydrodynamiques, mobilité sédimentaire, etc. (Dauvin, 1997 ; Masselink et Gehrels, 2014). Ils figurent parmi les plus productifs de la planète⁸, notamment par leur fonction d'habitat pour de nombreuses espèces végétales et animales (Agardy et Alder, 2005). En tant qu'espaces tampons entre domaines terrestre et marin, ils exercent en particulier un rôle majeur dans le maintien des équilibres écologiques et hydrologiques globaux.

³<http://www.onml.fr/chiffres-cles/cadrage-general/demographie-occupation-du-sol-et-logement/>

⁴ <http://www.onml.fr/articles/la-population-du-littoral-metropolitain-en-2006/>

⁵http://www.onml.fr/onml_f/fiche_complete.php?id_fiche=118&auth=NOK, d'après CORINE Land Cover.

⁶ Chiffres certainement sous-estimés et n'intégrant qu'incomplètement le mitage car établis d'après la cartographie CORINE Land Cover produite au 1/100 000 et ne distinguant que les entités de plus de 2,5 ha.

⁷<http://www.onml.fr/articles/occupation-du-sol-sur-le-littoral-des-dom/occupation-du-sol-sur-le-littoral-des-dom/>

⁸ productivité primaire annuelle nette (kg/m²/an) : marais maritimes 2, récifs coralliens 2,5, forêt tropicale humide 2,2.

Très tôt, les sociétés humaines ont su tirer parti de la diversité des ressources offertes par ces écosystèmes pour leur alimentation (les protéines fournies par la pêche), ou pour l'exploitation de matériaux à diverses fins : agricoles (amendements, engrais), construction (pierre, sable), proto-industrielles (sel, soude). Au-delà de leur intérêt local, certaines de ces ressources sont devenues la base d'échanges commerciaux conséquents et durables (Gamblin et Bruyelle, 1999). C'est par exemple le cas du sel, des produits de la pêche sous différents conditionnements (fumage, salage, puis conservation-appertisation) (Nonn, 1972), ou d'autres ressources telles que le guano (source de phosphate). Depuis ces exploitations pionnières, les services écosystémiques dont bénéficient les sociétés littorales se sont largement diversifiés (tab. 1).

Table 1. Services écosystémiques fournis par les habitats côtiers (d'après (Agardy et Alder, 2005; Masselink et Gehrels, 2014)

| Services directs et indirects | | Estuaires et marais maritimes | Lagunes et étangs salés | Mangroves | Plages et dunes | Estrans rocheux et champs d'algues | Récifs rocheux et coquilliers | Herbiers | Récifs coraliens |
|-------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|----------|------------------|
| Services d'approvisionnement | Nourriture | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Matériaux de construction, énergie | ● | ● | ● | ● | ● | | | |
| | Ressources médicales et autres | ● | ● | ● | | ● | | | ● |
| Services de régulation | Régulation biologique | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● |
| | Stockage et rétention d'eau | ● | ● | | | | | | |
| | Equilibre hydrologique | ● | ● | | | | | | |
| | Régulation atmosphérique et climatique | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● |
| | Santé, épidémiologie | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● |
| | Traitement des déchets | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | ● |
| | Protection contre les tempêtes et les inondations | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Contrôle de l'érosion | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Services culturels | Culture et aménités | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Loisirs, récréatifs | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● |
| | Esthétiques et paysager | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● |
| | Education et recherche | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Services de soutien | Biodiversité | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Biochimiques | ● | | ● | | ● | | | ● |
| | Fertilité et cycles nutritionnels | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● |

La largeur des cercles représente l'importance relative des services écosystémiques

La diversité de ces ressources, et l'immensité des océans les pourvoyant, ont longtemps conduit les sociétés littorales à les considérer comme abondantes et illimités (Benoit et Comeau, 2005 ; Dauvin, 1997). Or, les écosystèmes côtiers sont rares à l'échelle de la planète ; en tant qu'exutoires naturels des cours d'eau, ils pâtissent de la dégradation des écosystèmes continentaux – 80 % des polluants déversés dans les océans ont une origine terrestre (Valiela et Bowen, 2002) – et ils sont intrinsèquement dynamiques et en continuelle interaction (Paskoff, 2010).

2.4. Un système dynamique, ouvert et complexe

En tant que milieu naturel, le littoral se définit comme une interface mouvante, une frange de largeur variable où se rencontrent et interagissent des dynamiques terrestres, marines et atmosphériques (Lageat, 2004; Masselink et Gehrels, 2014; Paskoff, 2010). Selon la nature géologique des côtes et l'énergie dissipée par les agents hydrodynamiques (courants et surtout houles), leur façonnement se fait très différemment, ce qui explique la diversité des côtes.

2.4.1. Des compartiments sédimentaires

Expression d'un "dynamisme trop souvent ignoré par les aménageurs" (Lageat, 2004), la mobilité du littoral est évaluée à partir du *bilan - ou budget - sédimentaire* qui représente un état quantitatif de la production, du transport, de l'accumulation et de l'évacuation des sédiments sur une période de temps définie (Nordstrom, 1994) (fig. 1).

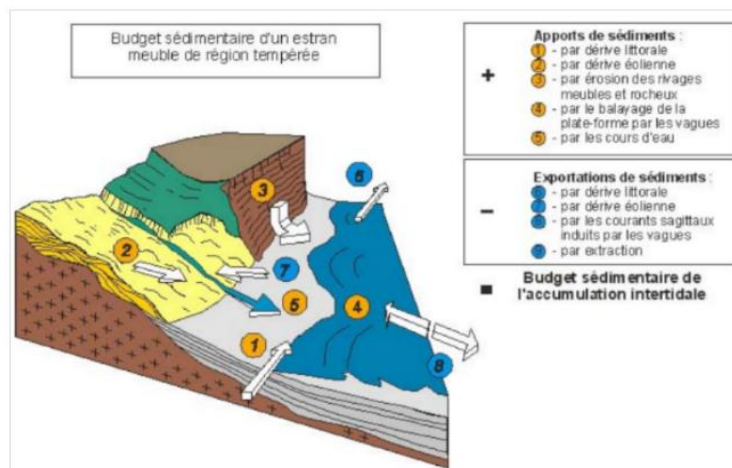


Figure 1. Schématisation du budget sédimentaire au sein d'une cellule hydro-sédimentaire (Hénaff, 2012)

Ce bilan est fonction d'échanges sédimentaires transversaux (continent-océan) ou longitudinaux (*dérive littorale*). Les premiers proviennent de deux sources relativement indépendantes : des apports terrestres alimentés par l'érosion (côtière et surtout continentale) et transportés par les cours d'eau ou plus accessoirement par les vents soufflant vers la mer ; des apports marins, composés en proportions variables de matériaux détritiques provenant de la plate-forme continentale et de matériaux biotiques reconstitués régulièrement par des organismes marins.

Ces sédiments peuvent être remobilisés par la dérive littorale et les courants côtiers, sous forme d'un transport sédimentaire longitudinal. Ce transport s'effectue dans le cadre de *compartiments – ou cellules – hydro-sédimentaires* (Davies, 1996), indépendants les uns des autres et dont les limites correspondent à des discontinuités du rivage, qui peuvent être naturelles (caps, embouchures) ou anthropiques (épis, jetées portuaires).

Les matériaux peuvent aussi quitter la zone littorale sous l'effet de transferts éoliens, notamment par avancées dunaires, ou bien par dispersion vers le large par des courants de retour.

2.4.2. La stabilité dynamique du littoral

Si l'apport sédimentaire (vases, sables ou galets) dans un compartiment excède la capacité des agents hydrodynamiques à le disperser, il y aura accumulation, ce qui se traduira par une progradation du trait de côte. Dans le cas contraire, le rivage sera érodé et cédera du terrain à la mer. Enfin, si le budget est équilibré, le trait de côte connaîtra une *stabilité dynamique* autour d'une position moyenne (Davies, 1996), c'est-à-dire un remodelage permanent en fonction de l'intensité et de la direction des agents hydrodynamiques, essentiellement les houles (Paskoff, 2010). De fait, on distingue traditionnellement les formes d'accumulation (dunes, vasières, delta...), des formes d'érosion (platiers, falaises...).

Actuellement, en Europe, 70 % du linéaire des plages sont en cours d'érosion, 20 % sont stables et seulement 10 % sont en cours de progradation⁹. Cette situation résulte d'évolutions naturelles, l'abondance sédimentaire héritée des apports liés à la transgression flandrienne ayant fait place à une situation de pénurie. Mais les interventions humaines ont aggravé le déficit sédimentaire par la construction de nombreux barrages qui piègent la charge grossière des cours d'eau (sables, galets) dont les apports ont été considérablement réduits (Syvitski, 2005), par d'importantes extractions de granulats dans les lits fluviaux ou sur les fonds côtiers (Paskoff, 1992), ainsi que par la pollution des eaux littorales et la dégradation consécutive des herbiers et d'autres habitats littoraux, dont le rôle atténuateur de l'énergie des vagues se voit ainsi réduit (Dauvin, 1997; Paskoff, 2010).

En contrepartie, les marais maritimes connaissent plutôt une augmentation de leurs apports en sédiments fins. La mise en culture de nouvelles terres (déforestation) ou l'adoption de cultures moins couvrantes ont favorisé le décapage des sols par ruissellement, et donc accru la charge des cours d'eau en sédiments fins (limons et argiles) qui, transportés en suspension, échappent à la rétention par les barrages (Vörösmarty *et al.*, 2003).

L'évolution du littoral s'inscrit ainsi dans un système hydro-sédimentaire ouvert et dynamique où l'artificialisation produit des impacts qui se propagent entre compartiments.

3. Les déterminants de l'artificialisation du littoral

La répartition de la population littorale est très inégale à l'échelle de la planète, en fonction notamment des contraintes imposées par le milieu : froid des terres arctiques et, dans une moindre mesure, aridité des déserts côtiers intertropicaux (Noin, 1999). Dans les espaces littoraux "pleins" (Gamblin et Bruyelle, 1999), la forte population relève surtout de facteurs historiques. Entre héritages et mutations socio-économiques, ces littoraux connaissent depuis la fin du XIXe siècle à la fois une intensification et une diversification de leur artificialisation.

3.1. Déterminants géographiques « classiques »

Le site et la situation, deux notions de la géographie classique, fournissent une base d'explication rationnelle des choix d'implantation des activités et des aménagements humains sur les littoraux.

Au plan local, les caractéristiques de certains sites – qu'elles soient liées à leur topographie, leur hydrographie, ou leur salubrité - peuvent favoriser des fonctions d'abri défensif ou portuaire (Provansal *et al.*, 1995 ; Wolff, 1992), ou de rupture de charge entre terre et mer, comme dans le fond des baies abritées ou des estuaires (Gamblin et Bruyelle, 1999). Par exemple, dans les anciennes colonies antillaises (Potter, 1993), l'implantation des bourgs dans la plaine littorale ainsi qu'à l'embouchure des rivières visait à faciliter le développement du commerce (Goiffon, 2003b).

⁹ <http://www.eurosion.org/>

A l'échelle régionale, la qualité d'un lieu s'évalue en fonction de sa situation stratégique par rapport à l'accès aux ressources halieutiques et terrestres, aux voies de navigation et d'échange, ou bien à la surveillance ou au contrôle d'un territoire. L'essor des grandes thalassocraties antiques (Athènes) ou médiévales (Venise, ligue hanséatique), a reposé sur le contrôle des routes du grand commerce d'épices, de soie, d'or, et sur leur redistribution vers l'Europe occidentale par terre et par mer contribuant ainsi à la diffusion urbaine (Gamblin et Bruyelle, 1999).

Plus globalement, les climats littoraux relativement pondérés par rapport à leurs nuances continentales, associés aux facilités d'aménagement et à la qualité particulière des sols alluviaux des plaines côtières, auxquels s'ajoutent les apports de l'arrière-pays, notamment en eau, fondent les bases d'une agriculture littorale particulièrement riche et diversifiée : plaines et deltas du Sud-Est asiatique (Noin, 1999), ou de Méditerranée (Guillén et Palanques, 1997 ; Simeoni et Corbau, 2009), polders des rivages de la mer du nord (Wolff, 1992), plaines littorales des plantations coloniales (Goiffon, 2003b; Potter, 1993).

Généralement ces facteurs se combinent pour fonder les potentialités de chaque lieu, mais loin d'un déterminisme strict, leur influence évolue en fonction des us, coutumes et techniques mis en œuvre par les groupes sociaux selon les époques (Gamblin et Bruyelle, 1999)¹⁰.

3.2. Déterminants socio-économiques « modernes »

Ces emplacements hérités ont pu se trouver obérés ou renforcés par les évolutions économiques et démographiques engendrées par la Révolution industrielle, ainsi que par les mutations sociétales qui les accompagnent.

3.2.1. Urbanisation littorale et métropolisation

Dans 60 % des pays ayant une façade maritime, les villes principales (plus de 100 000 habitants) sont situées en bord de mer et abritent 70 % de la population urbaine (Noin, 1999). Ces populations se sont concentrées progressivement dans les villes portuaires antiques ou médiévales, comme en Extrême-Orient, dans le bassin méditerranéen et sur les pourtours de la Baltique ou de la mer du Nord. Dans d'autres régions, une part importante des villes littorales doit son origine aux expansions coloniales et aux migrations transocéaniques, essentiellement européennes entre le XVIe et le début du XXe siècle que ce soit vers l'Amérique, l'Australie ou l'Afrique du Sud. Des grandes villes y ont ainsi été fondées *ex nihilo* (Gamblin et Bruyelle, 1999), comme Rio de Janeiro, Boston ou Sydney.

Symétriquement, les littoraux des métropoles ont bénéficié de l'essor colonial par la création de nouvelles bases militaires (Brest, Lorient, Le Havre, etc.), et par la fortune des ports animés par le trafic et la redistribution des richesses d'outre-mer (fig. 2) : Séville, Hambourg, Amsterdam (Gamblin et Bruyelle, 1999). De fait, la plupart des grandes agglomérations littorales et en particulier des métropoles dominantes comme Londres, New York et Tokyo doivent une partie de leur puissance à leur trafic maritime passé ou présent (Hudson, 1996 ; Noin, 1999).

¹⁰<http://www.hypergeo.eu/spip.php?article3>

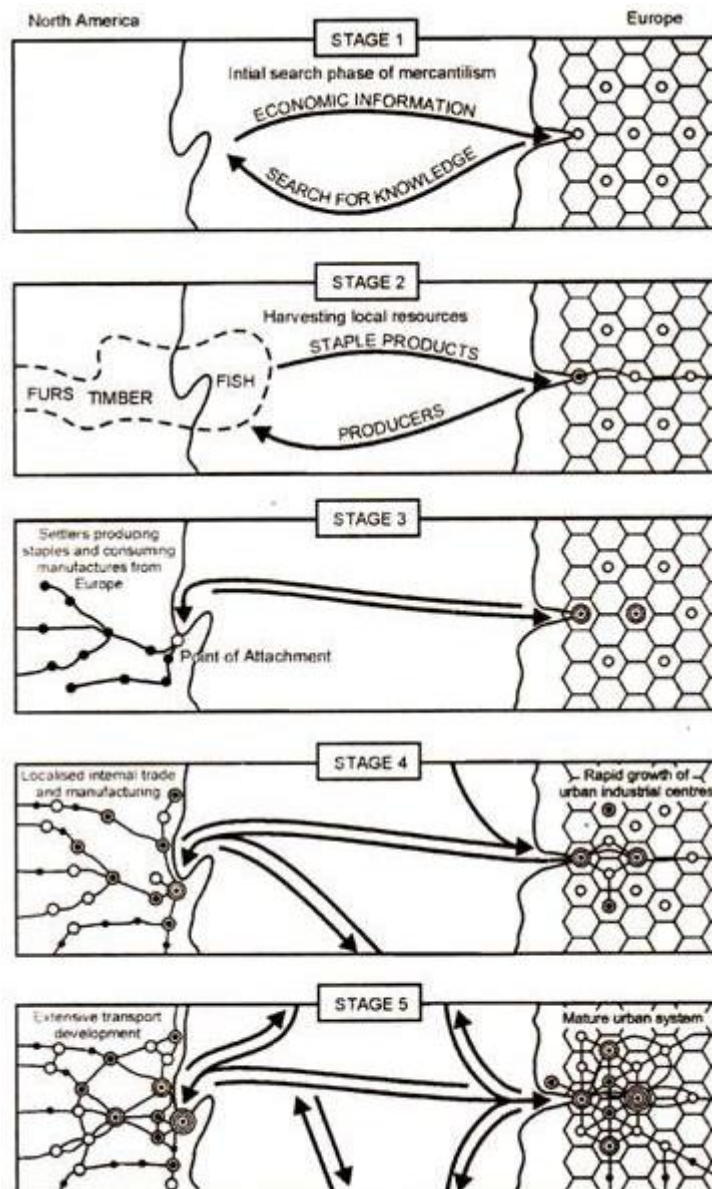


Figure 2 - Le modèle mercantile de Vance montre cinq stades de développement des réseaux urbains et de transport métropolitains et américains¹¹.

3.2.2. Maritimisation de l'économie mondiale et développement portuaire

L'augmentation globale du trafic maritime, l'accroissement de la taille des navires, de même que celle des surfaces requises pour les activités commerciales et industrielles, ont contraint à l'aménagement de zones portuaires de plus en plus étendues, permettant d'optimiser le stockage et la manutention des marchandises et d'accueillir des activités industrielles pouvant générer d'importantes nuisances pour les riverains : pollution, bruit, risques.

Les rapports entre ville et port sont alors fondés sur des relations à la fois de complémentarité et de concurrence, voire de blocages réciproques en fonction des sites, orientant ainsi l'artificialisation vers l'aval et la mer, ou bien vers l'intérieur. Faute de place, la ville doit parfois gagner sur la mer sous forme

¹¹ Voir les explications détaillées sur <http://www.geographynotes.com/articles/4-models-of-transport-development-explained-with-diagram/60>

de quartiers flottants (Hong Kong, Bangkok) ou de polders (Hudson, 1996), tels ceux aménagés pour les aéroports de Sydney, Hong Kong ou Papeete (Gamblin et Bruyelle, 1999).

Plus récemment, de nouveaux atterrages sont aménagés pour exploiter les ressources offshores, notamment énergétiques (hydrocarbures, EMR). Ils peuvent accroître encore l'artificialisation du littoral et la pression foncière qui s'y exerce, y compris en dehors des zones portuaires. De fait, tout particulièrement sur le littoral, l'artificialisation s'effectue notablement en dehors des villes.

3.2.3. Villégiature et tourisme

Sur tous les littoraux présentant des aménités paysagères ou balnéaires, le tourisme constitue l'un des principaux facteurs d'artificialisation (Blondy, 2016 ; Burak *et al.*, 2004 ; Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000). Si l'attrait pour le littoral s'exerce depuis l'antiquité, son artificialisation par le tourisme est plutôt récente puisqu'elle découle de l'évolution des goûts de la société, de l'élévation des revenus des ménages et de l'explosion de la mobilité (Bon, 2005 ; Zaninetti, 2006). Le « désir de rivage »¹², repose surtout sur les aménités spécifiques du littoral, qu'elles soient climatiques (qualités thérapeutiques de l'air marin « iodé », ensoleillement), paysagères (dimension esthétique, artialisée et valorisée de la vue sur mer) ou bien balnéaires et récréatives, notamment liées aux activités nautiques (plaisance, sports de glisse).

A partir du XIXe siècle, l'implantation des villégiatures aristocratiques et bourgeoises précèdera la construction de stations climatiques, puis balnéaires, conçues autour de modèles urbanistiques et architecturaux spécifiques, associant front de mer, grands hôtels et casino (Gamblin et Bruyelle, 1999 ; Nonn, 1972). La massification du tourisme à partir des années 1920, conduira à l'aménagement de plusieurs générations de stations balnéaires, parfois construites *ex nihilo*, souvent conçues autour de marinas pouvant abriter plusieurs centaines de bateaux de plaisance (Carter, 1988 ; Larrosa Rocamora, 2003). Ces stations, généralement issues d'opérations d'aménagement lourdes et planifiées (à l'exemple du Plan Racine sur la côte languedocienne), constituent ensuite des noyaux d'urbanisation diffuse et peu encadrée. Le développement touristique d'abord saisonnier (camping sauvage, caravanage, paillotes) qui tend à s'y sédentariser de manière plus ou moins légale (Larrosa Rocamora, 2003), la construction mal maîtrisée des résidences secondaires, aboutissent au mitage des espaces agricoles et naturels et à une forte consommation des espaces littoraux aux conséquences multiples : paysagères, foncières, sociales, fonctionnelles (Daligaux, 2003 ; European Environment Agency, 2006).

Effarouchés par ces implantations massives, populaires et pas toujours très esthétiques, les catégories aisées et mobiles à l'origine de ce tourisme balnéaire, privilégient désormais des destinations plus lointaines et exotiques, diffusant dans le même temps ce modèle touristique et les formes d'artificialisation qui lui sont associées à l'échelle mondiale (Gamblin et Bruyelle, 1999).

3.2.4. Choix résidentiel et urbanisation diffuse

Plus récemment encore, les mêmes facteurs (élévation des revenus, diffusion de nouveaux comportements) se combinent à l'allongement du temps libre (congés payés, réduction du temps de travail, retraite), à l'amélioration de l'accessibilité par les grandes infrastructures de transport (LGV, aéroports) et à la recherche d'un cadre de vie de qualité dans les choix résidentiels et professionnels (Zaninetti, 2006). Même s'il n'y est pas spécifique, ce phénomène est particulièrement développé sur le littoral qui combine toutes ces motivations pour attirer touristes et retraités, mais également actifs comme vers les *Sun Belts* nord-américaines ou les rivages ensoleillés de l'Europe méditerranéenne (Gamblin et Bruyelle, 1999). En particulier, la diffusion de modes de vie liés au développement d'une société de loisirs, et notamment à la pratique de certaines activités récréatives nautiques (plaisance, surf), détermine des choix résidentiels qui tendent à renforcer l'urbanisation de ces littoraux

¹² Selon le titre de l'ouvrage d'Alain Corbin (1992). *Le territoire du vide l'Occident et le désir du rivage*. éd. Aubier.

particulièrement attractifs par leur climat et leurs conditions de pratique, principalement dans les pays développés (Bohnet et Moore, 2011 ; Gurran *et al.*, 2007).

Tous ces facteurs contribuent à l'urbanisation du littoral, notamment dans sa forme la plus diffuse car le bâti individuel est largement privilégié (Zaninetti, 2006). On distingue généralement plusieurs étapes (Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000 ; Renard, 1984) qui débutent par une prolifération anarchique de constructions individuelles en dehors des noyaux urbanisés et au plus près du littoral. Cette phase de mitage est suivie d'une colonisation mieux organisée de l'espace agraire ou naturel par l'aménagement de lotissements. Mais ces formes d'urbanisation produisent souvent une banalisation architecturale autour de la maison "néotraditionnelle" des pavillonneurs. Dans une troisième phase enfin, des mesures réglementaires sont mises en place pour affecter les droits à construire dans certains secteurs et protéger les espaces considérés comme remarquables.

3.3. Un retour programmé des déterminants physiques

Nos ancêtres étaient-ils plus avisés que nos contemporains en veillant à implanter leurs aménagements à l'écart du trait de côte ? Ou bien l'artificialisation du littoral s'accroît-elle sous la pression de la croissance démographique et de la littoralisation (Paskoff, 2010 ; Zaninetti, 2006) ? Quoiqu'il en soit, force est de reconnaître que l'aménagement du littoral s'effectue souvent sans tenir compte des caractéristiques des milieux et de leurs dynamiques naturelles (Paskoff, 2010). Les aménagements qui y sont imprudemment implantés sont naturellement exposés à leurs évolutions naturelles (§ 2.4. ; (Aubanel *et al.*, 1999 ; Paskoff, 2010). De récents événements météorologiques (notamment les ouragans Katrina en 2005 ; Haiyan en 2013 ; Harvey et Irma en 2017) ou sismiques (Banda Aceh en 2004, Tōhoku en 2011) paroxysmiques en témoignent. Ils démontrent l'absence de prise en compte des risques dans les aménagements littoraux, notamment urbains, si ce n'est par la construction de dispositifs de défense contre la mer dont l'efficacité est mise en cause (Rogers, 2008). Devant la répétition de ces catastrophes, certains territoires réagissent en adaptant leur mode d'urbanisation par des procédures de planification plus rigoureuses visant à intégrer ces risques (Tumini *et al.*, 2017). Quand ce n'est pas le cas, les catégories de population qui en ont les moyens entreprennent de se reloger dans des sites moins exposés au risques, plus éloignés de la mer ou d'altitude plus élevée, enclenchant ainsi des dynamiques foncières nouvelles qui tendent à renforcer l'étalement urbain (McKenzie and Levendis, 2010), mais également les inégalités sociales (Scopetta, 2016). En effet, lorsque la population ne dispose pas des moyens de s'adapter et que les autorités sont inopérantes, la reconstruction s'effectue sur les lieux mêmes des catastrophes, sans adaptation notable (Ong *et al.*, 2016). De fait, ces catastrophes ne sont pas "naturelles", mais résultent bien d'une exposition inconsidérée d'enjeux humains et matériels à des aléas (tsunami, surcotes marines) à cause d'un aménagement inconsidéré du littoral (Hénaff *et al.*, 2013).

Facteur aggravant, le littoral est particulièrement concerné par les effets du changement climatique en cours. En effet son corollaire, l'élévation du niveau marin (Nicholls *et al.* in Masselink et Gehrels (2014), se traduit presque mécaniquement par un accroissement de l'exposition des enjeux (infrastructures et équipements divers, bâti) aux aléas météo-marins (tempêtes, houles) ou sismiques (tsunamis), donc à une augmentation des risques côtiers (Cooper et Alonso, 2006). Dans leur scénario le plus pessimiste, Neumann *et al.* (Neumann *et al.*, 2015) estiment ainsi que la population exposée aux risques côtiers dans les zones basses littorales (zone submersible centennale) pourrait passer de 189 millions en 2000, à 411 millions d'ici 2060. Se mettent alors en place des dispositifs de gestion des risques qui viennent alourdir encore la réglementation existante.

3.4. Déterminants législatifs et réglementaires

Sur les littoraux comme ailleurs, la politique du laisser-faire a longtemps dominé (Abrantes *et al.*, 2016 ; Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000), conduisant à une artificialisation peu contrôlée, seulement structurée par les opportunités foncières et par des facteurs géographiques comme la proximité du littoral, des

centres urbains, des axes routiers ou la topographie (Le Berre *et al.*, 2017 ; Martignac *et al.*, 2011). Cette situation reste de mise dans de nombreux pays, notamment en voie de développement, qui souffrent de la faiblesse des outils de protection et de l'insuffisance du cadre réglementaire (Kuété et Assongmo, 2002).

Mais les impacts croissants de l'artificialisation sur les sociétés, les milieux et les paysages littoraux, ainsi que la réaction pro-environnementale des années 1970-80, vont déterminer la mise en place progressive de la législation.

3.4.1. *La réglementation se met en place...*

Des législations spécifiques au littoral ont ainsi été adoptées dans la plupart des pays développés (Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000; Hopley, 1988), mais aussi dans les pays émergents de certaines façades littorales particulièrement convoitées, telles que les rives de la Méditerranée (Benoit et Comeau, 2005). Ces législations reposent sur la mise en œuvre de principes similaires, qui comprennent la délimitation de zones *non aedificandi*, la construction perpendiculairement au littoral (dite « en profondeur »), la protection de corridors verts notamment par la définition d'espace remarquables.

En parallèle, des dispositifs de protection sont appliqués à certains sites considérés comme remarquables des points de vue écologique, culturel ou paysager. Ils émanent d'institutions internationales (réserves de biosphère, sites Ramsar), nationales (réserves naturelles), voire locales (réserves départementales) et sont plus ou moins contraignants : de la protection stricte, à la simple labellisation (comme dans les réserves de biosphère). Si ces dispositifs ne sont pas propres aux littoraux, ils y sont particulièrement présents en raison de l'exacerbation des enjeux et de la valeur patrimoniale qui leur est attribuée (European Environment Agency, 2006). Ils sont renforcés par des outils spécifiquement littoraux, consacrés à leur protection foncière (*National Trust* britannique, Conservatoire du littoral), ou à celle des aires marines comme les parcs naturels marins qui ont également compétence sur leurs rivages. Dans l'exemple du Pays de Brest, Le Berre *et al.* montrent ainsi que 23 % des terrains de la bande côtière (0-100 m) sont désormais soustraits à l'urbanisation par la protection foncière du Conservatoire du littoral (Le Berre *et al.*, 2017). A l'échelle nationale (métropole et DOM), ce dernier ambitionne ainsi de soustraire un "Tiers-naturel" du littoral aux dynamiques d'urbanisation auxquelles il est soumis¹³.

3.4.2. *... Mais elle n'est pas toujours efficace*

Ces dispositifs ont souvent été mis en place trop tardivement au regard des dynamiques rapides et largement spontanées de l'artificialisation du littoral (Abrantes *et al.*, 2016 ; Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000 ; Renard, 1984), quand leur application différée ou retardée n'est pas liée à des défaillances politiques et institutionnelles (Burak *et al.*, 2004). Par ailleurs les outils restent souvent au service de la promotion du développement économique plutôt que de la protection de l'environnement (Abrantes *et al.*, 2016). De fait, la planification urbaine est souvent accusée de suivre après coup les tendances spontanées et de distribuer les droits à construire en adaptant les zonages et la réglementation au lieu de constituer un véritable outil d'aménagement (Goiffon, 2003b).

De plus, dans de nombreux cas, on observe une succession de textes et de décrets, anciens ou récents (Bernardie-Tahir et El-Mahaboubi, 2001), générant un imbroglio de la réglementation à l'origine de toutes sortes de blocages (Burak *et al.*, 2004). En France, elle se traduit par la superposition de périmètres de gestion spécifiques, aux réglementations plus ou moins compatibles : sites classés, PN, PNR, ONF, DPM, CELRL (Merckelbagh, 2009 ; Meur-Ferec, 2007). Les DOM sont soumis aux mêmes décrets et lois que la métropole (loi Littoral, loi Paysage...), mais la difficulté réside dans l'application de ces textes généraux aux particularismes locaux, sociaux et environnementaux. C'est le cas à

¹³ " Découvrez la notion de "Tiers-naturel" sur <http://www.conservatoire-du-littoral.fr/3-le-conservatoire.htm>

Mayotte (Bernardie-Tahir et El-Mahaboubi, 2001), où coexistent dans la législation foncière droits coutumier, musulman et commun aux logiques en partie contradictoires. Plus généralement dans les DOM, les principes réglementaires associés à la bande de 100 mètres de la loi Littoral se superposent à la zone des cinquante pas géométriques (81,2 m) qui connaît des spécificités législatives, naturelles et des enjeux socioéconomiques et patrimoniaux particuliers (Goiffon, 2003a).

Facteur aggravant, la multiplicité des intervenants, ainsi que la faiblesse des structures de coordination (Nakhli, 2010) voilent les responsabilités, rendent les règles confuses et par conséquent mal appliquées (Bernardie-Tahir et El-Mahaboubi, 2001 ; Jauze, 2013). De fait, même lorsqu'elle existe, la réglementation exerce un effet moins structurant que les facteurs économiques classiques. Dans le Pays de Brest, Le Berre *et al.* (Le Berre *et al.*, 2017) ont ainsi montré que si les mesures réglementaires (lois et documents d'urbanisme) ont effectivement réduit de moitié le risque de construction des parcelles dans la bande littorale de 100 m, la proximité des infrastructures (routes, services) ou celle des zones bâties préexistantes conservent l'influence la plus déterminante. Ainsi, contre toute attente, les effets de la réglementation apparaissent contrastés, entre encouragement et contrainte de l'urbanisation, protection de l'environnement et abandon de l'agriculture, "gel" du développement des territoires littoraux et report de l'urbanisation vers l'arrière-pays.

4. Impacts de l'artificialisation du littoral

L'ingénierie côtière à proprement parler date de l'antiquité. Elle s'est notamment forgée dans les anciens ports de Méditerranée (Morhange et Marriner, 2010 ; Provansal *et al.*, 1995), puis à partir du Moyen âge par la poldérisation des rivages de la mer du Nord (Wolff, 1992). Longtemps limitée par les capacités techniques, l'artificialisation se développe massivement à partir de la Révolution industrielle en liaison avec l'introduction de la machine et de l'énergie thermique. L'homme est ainsi devenu un agent géomorphologique majeur des littoraux (Cooper et Alonso, 2006 ; Hooke, 1994).

4.1. Un quart des littoraux modifié par les activités humaines

D'après Martínez *et al.*, 28 % des littoraux du monde sont artificialisés par les activités humaines (Martínez *et al.*, 2007)¹⁴. L'essentiel des modifications est du à l'agriculture, qui occupe de manière exclusive 12 % des littoraux, auxquels s'ajoutent 10 % constitués d'une mosaïque d'espaces cultivés et naturels. Les espaces urbanisés au sens strict n'occupent que 6 % des littoraux, mais il faut y ajouter l'artificialisation diffuse, notamment celle si répandue des espaces résidentiels.

L'artificialisation du littoral en tant que telle provient de différentes catégories d'ouvrages, répondant à des usages variés (tab. 2). Certains sont spécifiques au littoral (port, stations balnéaires) et requièrent la présence de la mer pour leur implantation, tandis que d'autre (urbanisation, infrastructures de transport), y ont simplement trouvé des sites – comme les plaines côtières des littoraux montagneux méditerranéens (Benoit et Comeau, 2005) ou antillais (Goiffon, 2003b ; Potter, 1993) – ou bien des situations (climatiques, commerciales) avantageux (Gamblin et Bruyelle, 1999). Dans la plupart des cas, ces aménagements sont complétés par des ouvrages de protection contre la mer, de conception publique et généralement planifiée, ou privée et souvent illégale. Cette protection prend soit la forme d'une ligne de défense devant, sur, ou en arrière du trait de côte, basée sur des ouvrages en dur (murs, perrés, cordons d'enrochement) ou « doux » (ganivelles, dispositif de rechargement ou de stabilisation de plages), soit celle de zones tampon naturelles ou en partie aménagées (Paskoff, 2010).

¹⁴ Ces données d'occupation dans une bande côtière large de 100 km ne fournissent qu'un cadrage global.

Tableau 2 - Types d'artificialisation spécifique au littoral

| Usage | Type d'ouvrages |
|--------------------------------------|---|
| Ouvrages portuaires | quais, cales, ouvrages de protection portuaire (jetées, môles) |
| Polders | digues, écluses, remblais, cordons d'enrochement des polders agricoles, industriels, urbains ou d'infrastructures (aéroports) |
| Infrastructures de transport | routes côtières, ponts, viaducs |
| Aménagements touristiques | Complexes hôteliers, stations balnéaires, marinas, ports de plaisance |
| Urbanisation littorale | murs, perrés, fronts de mer, promenades |
| Ouvrages de protection contre la mer | murs, digues, perrés, cordons d'enrochement, épis |

4.2. Un défaut congénital : des aménagements statiques sur un littoral dynamique

L'implantation d'ouvrages statiques dans des systèmes en équilibre dynamiques est un non-sens naturaliste (Paskoff, 1992). En fonction de la nature des ouvrages et de leur mode d'implantation, trois types d'effets s'observent (Lageat, 2004 ; Paskoff, 2010).

En supprimant la mobilité naturelle du trait de côte, l'*artificialisation longitudinale* (par des murs ou des enrochements) perturbe son équilibre dynamique et accentue le démaigrissement des plages (Kraus, 1988). La variation saisonnière des conditions hydrodynamiques – plus intensives et érosives en période hivernale que lors des calmes estivaux – génère un cycle d'amaigrissement-engraissement des plages. Mais, les périodes de démaigrissement sont souvent spectaculaires, car liées à des événements météo-marins plus ou moins intenses et brefs, alors que l'engraissement des plages est un processus plus progressif. De fait, l'interprétation instantanée (ou événementielle) de ces processus, est susceptible d'engendrer des choix d'aménagement inappropriés, comme le renforcement de la protection contre la mer, au lieu de considérer le cycle dans sa globalité (Hénaff *et al.*, 2013).

De même, l'*artificialisation transversale* (par des épis ou des jetées) bloque la dérive littorale et favorise l'érosion des compartiments situés en aval-dérive, par défaut d'alimentation en matériaux sédimentaires (Anthony *in* Masselink et Gehrels (2014).

Enfin, selon un processus similaire, l'*artificialisation des cours d'eau* est l'une des principales causes de la *pénurie sédimentaire* désormais observée à l'échelle planétaire. Syvitski *et al.* (2009) considèrent ainsi que les activités humaines ont réduit le flux de sédiments atteignant les littoraux à cause de leur rétention par les barrages (environ 1.4 millions de m³/an). Localement, la situation peut être aggravée par l'extraction de matériaux (sable, granulats, galets), souvent à destination de l'industrie du bâtiment (Nakhli, 2010). Les effets conjugués de ce déficit d'apports sédimentaires et de poursuite de la dérive littorale se traduisent par une augmentation de l'érosion littorale. Un autre cycle se met alors généralement en place par des aménagements successifs visant à lutter contre l'érosion littorale. Mais ils ne font que reporter l'érosion en aval-dérive jusqu'à l'artificialisation complète du rivage impacté (Paskoff, 2010), qui s'effectue alors au détriment des plages - qui tendent à démaigrir, voire à disparaître - et des paysages alors même qu'ils peuvent constituer la raison initiale de l'aménagement de ces littoraux (Paskoff, 1992 ; Smith, 1995) !

4.3. Des impacts environnementaux multi-scalaires

Le caractère dynamique des littoraux induit la diffusion des impacts de l'artificialisation à plusieurs échelles (Masselink et Gehrels, 2014).

4.3.1. Les impacts locaux

Sans compter les effets induits par les activités en elles-mêmes - qu'elles soient agricoles, industrielles ou urbaines - l'artificialisation modifie directement les milieux d'origine par remodelage, stabilisation, imperméabilisation ou émerision. D'un point de vue écologique, les impacts sont donc drastiques sur les cycles hydrologiques, les habitats et les peuplements benthiques ou halieutiques (Gedan *et al.*, 2009).

La poldérisation, ou endiguement progressif des zones humides littorales pour y favoriser le piégeage sédimentaire et en accélérer l'accrétion naturelle, s'est d'abord développée sur les rivages de la mer du Nord (Wolff, 1992), avant de se diffuser à l'échelle mondiale (Hudson, 1996) au profit de l'agriculture, mais également de l'aquaculture et de la saliculture. Puis, à partir du XIXe siècle, l'essentiel des prises s'effectue surtout pour l'urbanisation et le développement économique sur ces terres bon marché qui offraient l'avantage d'éviter des conflits liés à l'empiètement sur des terres agricoles (Paskoff, 2010). De grandes villes comme Amsterdam, Venise, Tokyo ou Djakarta se sont étendues sur d'anciens marais maritimes (Gedan *et al.*, 2009). La création de ports en eau profonde et l'aménagement de vastes zones de manutention, ainsi que l'installation d'établissements industriels encombrants et porteurs de nuisances diverses, ont aussi constitué un important facteur de poldérisation (Hudson, 1996). Dans l'estuaire de la Seine, entre 1834 et 1978, les espaces intertidaux sont passés de 130 à 31 km², réduisant le volume de l'estuaire de moitié (Paskoff, 2010). A l'échelle mondiale, 67 % des marais maritimes ont été ainsi conquis au cours de la période historique.

En milieu tropical humide, les forêts de mangroves constituent de même des habitats particulièrement menacés, car elles sont convoitées par l'exploitation forestière, l'agriculture et l'aquaculture, comme à Porto Rico où cette dernière est responsable de plus de la moitié des destructions (Martinuzzi *et al.*, 2009). Mais l'urbanisation et l'industrialisation en constituent les principaux facteurs d'altération (Martin et Maria Zanoni, 1994 ; Pébayle, 1983), tout comme les aménagements touristiques et résidentiels (Bohnet et Moore, 2011). Tant qu'ils étaient considérés comme des milieux insalubres et difficiles à mettre en valeur, ces espaces amphibies sont le plus souvent restés marginaux avec pour principale fonction le rejet de matériaux et de déchets divers, ce qui a abouti à leur remblaiement progressif (Hunter et Arbona, 1995 ; Thornton *et al.*, 1980) et parfois, finalement, à leur aménagement (Hudson, 1996). En effet, du fait de leur statut réglementaire et foncier mal défini, ils sont souvent considérés comme des terrains libres et sont alors fortement convoités par l'urbanisation, notamment spontanée (Goiffon, 2003a). Une part importante des bidonvilles et des quartiers d'habitation informels de la planète s'y sont ainsi développés au cours des dernières décennies en marge des villes officielles. En conséquence, si les mangroves occupent encore 170 000 km² dans le monde, l'artificialisation en a réduit la superficie de 35 % depuis les années 1980. Les pertes annuelles moyennes estimées à plus de 2 800 km²/an, supérieures à celles de la forêt tropicale (Woodroffe *et al.* in Masselink et Gehrels (2014), en font l'un des habitats les plus menacés de la planète (Valiela *et al.*, 2001).

Localement encore, l'extraction de matériaux constitue un facteur notable de destruction des habitats littoraux. Par exemple, les récifs coralliens subissent les effets exercés par le dragage ou l'exploitation minière (Chabanet *et al.*, 2005). Ainsi, aux Maldives (Brown et Dunne, 1988), l'usage du corail comme matériau de construction, d'abord réservé aux bâtiments de prestige (comme les sanctuaires et les sépultures), s'est généralisé jusqu'aux revêtements routiers ! Même lorsque l'activité minière cible une autre ressource, elle peut impacter directement les récifs comme dans le cas de l'exploitation du guano mentionnée par Hopley (Hopley, 1988) dans la Grande barrière australienne. 30 % des 300 000 km² de récifs coralliens de la planète sont ainsi considérés comme dégradés et leur superficie a été réduite de 10 % en quelques décennies (Valiela *et al.*, 2001).

4.3.2. Impacts proximaux

Outre les destructions directes, les effets de l'artificialisation se traduisent par la modification des processus hydro-sédimentaires, qui peuvent perturber la stabilité du littoral en accentuant localement l'érosion (Guilcher, 1988). C'est le cas de certains secteurs de récifs frangeants de la Grande barrière australienne altérés par la construction de ports ou de marinas par remblaiement de leurs platiers (Hopley, 1988), facteurs auxquels s'ajoute la surfréquentation par le tourisme et certaines activités récréatives. La perte de diversité spécifique qui en découle, notamment halieutique, se traduit par une prolifération algale (Brown et Dunne, 1988).

Les travaux d'aménagements des littoraux produisent souvent une augmentation de l'érosion des sols, les sédiments ainsi remobilisés entraînant une augmentation de la turbidité des eaux fluviales et littorales. Les herbiers sous-marins et les récifs coralliens qui requièrent des eaux peu turbides pour prospérer, y sont particulièrement sensibles (Bartley *et al.*, 2014 ; Dauvin, 1997). Par exemple à Tahiti, la construction dans des secteurs à fortes pentes se traduit par une importante érosion des sols qui conduit à une hyper-sédimentation des lagons et à l'asphyxie des récifs frangeants (Bon, 2005). A Mayotte, l'intensification de l'érosion combinée à un recul rapide de la mangrove figurent parmi les principaux responsables de l'envasement du lagon depuis les années 1980 (Bernardie-Tahir et El-Mahaboubi, 2001).

De plus, partout, les habitats littoraux sont victimes de la pollution, soit directement par leur fonction de décharges sauvages (Boon, 2001), soit indirectement à cause de la dégradation des eaux côtières par les rejets industriels ou domestiques dans les cours d'eau. Le rejet de déchets et les remblais ont ainsi réduit de 10 % la superficie des mangroves australiennes au cours des deux derniers siècles (Valiela *et al.*, 2001). Dans la baie de Chesapeake, Holland *et al.* (Holland *et al.*, 2004) ont établi que les eaux côtières se dégradent dès que le degré d'imperméabilisation des bassins versants excédait 10 %, et qu'à partir de 30 % des altérations biologiques sévères s'observaient dans les écosystèmes côtiers comme les marais maritimes ou les herbiers. Hopley *et al.* décrit quant à lui l'impact des engrais et des herbicides employés dans les jardins et les terrains de golfs des stations balnéaires sur les récifs d'Australie orientale (Hopley, 1988).

4.3.3. Impacts distants

Les flux liés à la dynamique des milieux littoraux contribuent à diffuser les effets de l'artificialisation à longue distance.

De fait, si les apports liés à l'érosion des sols forestiers, puis agricoles ont pu par le passé contribuer de manière significative à l'alimentation sédimentaire des littoraux, Ericson *et al.* (Ericson *et al.*, 2006) estiment que l'artificialisation des cours d'eau par de multiples barrages et la consommation de l'eau par l'irrigation sont les déterminants principaux de la subsidence de 70 % des deltas du monde. La charge sédimentaire du Danube a ainsi été réduite de 30 %, celle de l'Ebre de 95 % et celle du Nil de 98 % (Masselink et Gehrels, 2014). Ce dernier n'est d'ailleurs plus considéré comme un delta actif, mais comme une plaine côtière dominée par les agents hydrodynamiques marins (Stanley et Warne, 1993), qui cède du terrain à ses deux embouchures (jusqu'à 114 m/an à celle de Rosette et 31 m/an à celle de Damiette), surtout depuis l'achèvement du grand barrage d'Assouan en 1964 (Paskoff, 2010).

L'accrétion naturelle de nombreux deltas n'est donc plus assurée par l'apport de sédiments fluviaux et, de plus, la compaction naturelle sous l'effet de la surcharge due aux sédiments accumulés n'y est plus compensée (Syvitski *et al.*, 2009). Ce phénomène est bien souvent aggravé par l'artificialisation, les ouvrages de protection contre la mer et les aménagements aquacoles (Anthony *in* Masselink et Gehrels (2014), mais aussi par la surexploitation des aquifères pour les besoins de l'agriculture ou de l'industrie, le drainage, ou bien l'extraction d'hydrocarbures comme dans les deltas du Po (Simeoni et Corbau, 2009), ou du Mississippi (Paskoff, 2010). Dans ce dernier, la diminution des apports d'eau douce et l'altération de leur qualité (pollution, salinité) conduisent au dépérissement des boisements de palétuviers qui voient leur capacité de rétention sédimentaire se réduire encore (Paskoff, 1992). A cause de l'affaissement des plaines deltaïques dont la subsidence naturelle est déjà prononcée, des

quartiers entiers de certaines villes côtières se trouvent aujourd'hui à plusieurs mètres au-dessous du niveau de la mer et poursuivent leur enfoncement. C'est le cas de Bangkok qui s'enfonce à une vitesse moyenne de 4 cm par an, et dont certains quartiers ont perdu plus de 80 cm en un quart de siècle.

Amplifié par l'élévation contemporaine du niveau marin, cet effet de subsidence menace désormais de larges territoires deltaïques exposés à une érosion côtière accrue, à l'incursion récurrente d'eau salée et la salinisation des nappes phréatiques (Syvitski *et al.*, 2009). 22 % des zones humides côtières pourraient ainsi subir les effets de cette élévation du niveau marin d'ici la fin du siècle ; combinées aux impacts anthropiques qui les affectent, les pertes pourraient atteindre 70 % (Ericson *et al.*, 2006) !

4.4. Impacts socio-économiques

La diversification et l'intensification récente des activités du littoral se traduisent par une artificialisation accrue, qui exacerbe la concurrence avec les activités historiquement installées sur le littoral (pêche, aquaculture et surtout agriculture) et engendre tensions, voire conflits.

4.4.1. Tensions foncières

Le foncier étant structurellement rare sur les littoraux, sa valeur s'accroît en proportion des convoitises dont il est l'objet (Dachary-Bernard *et al.*, 2011). Ainsi, en France, le prix de vente des terrains à bâtir en secteur diffus est 60 % plus élevé sur le littoral qu'en moyenne métropolitaine. Les terrains y sont par ailleurs plus petits (25 % de moins)¹⁵, témoignant de l'effet du prix sur la propriété, mais également de structures foncières héritées des spécialisations agricoles particulières au littoral, comme les cultures maraîchères ou primeur (Vincent, 2006). Ce morcellement foncier, associé à la dispersion traditionnelle du bâti dans certaines régions, est d'ailleurs souvent accusé de favoriser le mitage urbain et paysager (European Environment Agency, 2006; Minvielle, 2006) au détriment de la rentabilité économique des activités agricoles (Larrosa Rocamora, 2003), et de la fonctionnalité écologique des habitats littoraux.

Mais, au contraire des espaces naturels dont la valeur patrimoniale souvent jugée *remarquable* justifie la mise en œuvre de dispositifs de protection relativement efficaces, les terres agricoles sont considérées comme des milieux et des paysages « ordinaires » (Minvielle, 2006). C'est donc essentiellement une valeur de réserves foncières qui leur est attribuée, notamment par leurs propriétaires (souvent agriculteurs) qui en attendent une plus-value liée à la construction immobilière (Daligaux, 2003). C'est donc sur ces terres agricoles que l'expansion urbaine et l'aménagement des infrastructures s'envisagent de prime abord (Larrosa Rocamora, 2003). Même si la consommation de terres agricoles n'est pas spécifique au littoral, elle y est donc particulièrement forte, comme le montre l'exemple européen où 3 230 km² de cultures et de pâtures ont été consommés dans la bande côtière (10 km) entre 1990 et 2000, surtout (61 %) par l'urbanisation résidentielle, touristique et de services (European Environment Agency, 2006). En France, la tendance est similaire puisque les exploitations des communes littorales ont perdu 25 % de leur surface agricole utile (SAU) entre 1970 et 2010, contre 12 % dans l'arrière-pays et 10 % en moyenne métropolitaine¹⁶.

Les zonages établis pour la planification urbaine ou la protection de l'environnement participent en outre à l'augmentation des valeurs foncières car, en restreignant l'offre ils accroissent l'effet rareté, et en protégeant certains espaces naturels ils en accroissent les aménités, notamment paysagères, qui sont alors intégrées dans le prix (Dachary-Bernard *et al.*, 2011). L'effet des réglementations est tout aussi ambivalent. La loi de défiscalisation immobilière (loi Pons, 1986) appliquée dans les DOM s'est par exemple traduite sur les marchés fonciers par un double phénomène de morcellement et de reventes spéculatives, qui a affecté les espaces agricoles et naturels (Goiffon, 2003a). Cette évolution

¹⁵ http://www.onml.fr/onml_f/fiche_aretenir.php?id_fiche=101&auth=NOK

¹⁶ ONML 2014 http://www.onml.fr/onml_f/fiche_aretenir.php?id_fiche=86&auth=NOK

peut être renforcée lorsqu'une certaine désaffection de l'agriculture libère de grands espaces, alors convoités par l'urbanisation (Goiffon, 2003b).

4.4.2. *Relégation économique ou sociale*

La population permanente peut pâtir de cette tension foncière à travers l'appropriation du littoral par les catégories sociales les plus aisées et la hausse des prix qui en découle qui, selon les contextes nationaux ou locaux, peut dériver vers une spéculation foncière (Gössling, 2001 ; Kuété et Assongmo, 2002). Les populations aux revenus les plus modestes, notamment les jeunes, n'ont alors souvent pas d'autre choix résidentiel que de se replier vers l'arrière-pays, où le foncier et l'immobilier sont plus accessibles. Par exemple en France, les acquéreurs de terrain en bord de mer sont à la fois plus aisés (sureprésentation des catégories socioprofessionnelles supérieures) et plus âgés que pour l'ensemble de la métropole. Les retraités y représentent 11 % des acquéreurs, soit le double de la moyenne métropolitaine¹⁷.

Cette situation est exacerbée sur les littoraux où des touristes à revenus élevés investissent massivement dans l'immobilier, sans que la population résidente ne puisse rivaliser (Larrosa Rocamora, 2003). Les effets sont alors à la fois démographiques (vieillissement et variation saisonnière de la population), économiques (hausse des valeurs foncières et spéculation) et sociaux (appropriation et privatisation du littoral par les catégories les plus aisées, relégation des autres) (Bon, 2005 ; Boon, 2001 ; Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000 ; Kuété et Assongmo, 2002). Cette relégation augmente de fait la pression exercée sur l'arrière-pays. Par ailleurs, les surcoûts de fonctionnement engendrés par le suréquipement des stations touristiques, souvent calibré par rapport aux pics de fréquentation estivaux, se ressentent sur la fiscalité locale et peuvent aggraver encore le déclin démographique (Larrosa Rocamora, 2003).

Des formes de précarisation des communautés littorales peuvent aussi résulter directement de l'altération des milieux naturels, et des ressources dont elles tiraient parti pour leur survie. Ce type de cas est décrit après l'aménagement d'un grand pôle industrialo-portuaire au détriment d'un littoral à mangrove du Nordeste brésilien (Pébayle, 1983), où le sous-emploi et la pauvreté poussent les communautés littorales à surexploiter leurs ressources naturelles locales (pêche, bois, etc.). L'accroissement des dommages écologiques et les changements d'occupation du sol qui en découlent transforment alors la vulnérabilité sociale en vulnérabilité écologique.

4.4.3. *Rétroaction écologiques et paysagères*

Dans bien des régions littorales (notamment méditerranéennes et insulaires), l'accroissement de la population urbaine et touristique, se traduit par une augmentation de la consommation d'eau qui entre en concurrence avec les besoins agricoles (irrigation) et industriels, et dépasse la capacité de renouvellement de la ressource notamment en période estivale (Garcia et Servera, 2003 ; Gössling, 2001). Localement, le problème peut être accentué par l'absence de maîtrise globale de la ressource due à l'aménagement illégal de multiples captages privés (Burak *et al.*, 2004). La surconsommation qui en découle peut se traduire par un abaissement du niveau des aquifères côtiers qui se trouvent exposés à des intrusions d'eau salée (Burak *et al.*, 2004), donc à une détérioration de leur qualité (Garcia et Servera, 2003). Qualité qui peut en outre pâtir de la mauvaise gestion - quand bien même elle existe - des effluents, qu'ils soient urbain, industriels ou agricoles, aggravant encore les conflits d'usage avec les activités qui requièrent une eau douce ou marine de bonne qualité bactériologique, comme l'aquaculture ou le tourisme balnéaires (Gössling, 2001).

L'artificialisation peut aussi produire une dégradation paysagère des littoraux. Elle est particulièrement radicale dans les sites industrialo-portuaires qui effacent littéralement les paysages naturels et socioculturels antérieurs (Pébayle, 1983). Mais l'urbanisation y contribue également, que ce soit par la

¹⁷ http://www.onml.fr/onml_f/fiche_complete.php?id_fiche=101&auth=NOK

banalisation paysagère induite par la reproduction indistincte des formes urbaines et architecturales quels que soient les littoraux concernés, leur ôtant ainsi une part de leur valeur culturelle et identitaire ; ou bien par la confusion paysagère engendrée par le mitage et la fragmentation des espaces, lorsque l'urbanisation est mal encadrée, (Burak *et al.*, 2004 ; Goiffon, 2003a; Larrosa Rocamora, 2003). Dans les stations touristiques, ces altérations, auxquelles s'ajoute souvent le démaigrissement ou la perte de la plage, lui ôtent du même coup une bonne part de la valeur esthétique et récréative qui fondait pourtant à l'origine leur fréquentation (Dupras *et al.*, 2016 ; Paskoff, 2010 ; Smith, 1995).

4.5. Changements globaux et impacts à long termes

La « contraction » du littoral (*coastal squeeze*) tel que décrite par Doody (Doody, 2004) découle à la fois de l'altération de la stabilité dynamique du système hydro-sédimentaire et de la fixation du trait de côte par l'artificialisation (§ 4.3.2.). Sur les littoraux meubles, elle favorise le démaigrissement des plages, tandis que la dune, qui ne peut plus reculer, disparaît (Paskoff, 2010). Dans les zones humides poldérisées, vasières et herbiers sous-marins tendent à régresser au profit d'herbus en contact direct avec les milieux infratidaux, compromettant alors le maintien de l'intégrité de la succession d'habitats intertidaux. Localement, le rythme de consommation peut être tel (de 20 à 30 ha/an sur la côte Cantabrique par exemple), qu'il laisse craindre la disparition à court terme des estrans et des marais maritimes (Rivas and Cendrero, 1991). Dans les littoraux tropicaux, les milieux les plus concernés par ce rétrécissement sont les mangroves, dont les aménagements aquacoles détruisent en partie l'écosystème (Woodroffe et al *in* Masselink et Gehrels (2014).

Mécaniquement, ce processus est aggravé par la tendance actuelle à l'élévation du niveau marin. Les littoraux abritant des milieux qui, par essence, ne trouvent d'équivalent nulle part ailleurs qu'à l'interface terre-mer, les pertes de productivité biologique, d'espaces récréatifs et de valeur paysagère sont donc irremplaçables (Dauvin, 1997).

Par ailleurs, la plupart des formations littorales sont le fruit d'évolutions à long terme. Par exemple, l'origine des systèmes dunaires côtiers actuels remonte à la dernière glaciation (dite du Würm il y a environ 12 000 ans) au cours de laquelle le niveau bien plus bas de la mer (-200 m) offrait aux vents périglaciaires de vastes surfaces de déflation éoliennes (Pinot, 1998). La remontée progressive du niveau marin au cours de la dernière transgression (flandrienne) a formé des accumulations littorales dont la source sédimentaire principale a cependant été recouverte par la mer. Il s'agit donc désormais de formes héritées, non renouvelables, dont l'altération est irrémédiable (Paskoff, 1992).

5. Synthèse et conclusion

Par la variété des ressources qu'ils proposent, les littoraux constituent indéniablement un espace attractif pour les sociétés humaines (Agardy et Alder, 2005 ; Gamblin et Bruyelle, 1999). Si, pendant longtemps, l'homme a durement subi le fonctionnement des milieux marins et côtiers (Carter, 1988 ; Wolff, 1992), à partir de la Révolution industrielle il s'est doté des moyens lui permettant de lutter contre la mer et de s'en protéger, devenant ainsi un acteur géomorphologique majeur (Cooper et Alonso, 2006 ; Hooke, 1994). Il a alors aménagé les littoraux, pour y implanter les activités liées à la mer (ports, aquaculture, stations balnéaires), mais aussi celles pour lesquelles elle a surtout une valeur sociale (Bernardie-Tahir et El-Mahaboubi, 2001 ; Bohnet et Moore, 2011 ; Renard, 1984) à travers sa dimension esthétique (paysagère) et récréative (sports nautiques).

5.1. Synthèses des résultats majeurs

Cependant, en concentrant ses aménagements et ses activités sur le littoral, l'homme en altère les milieux et le fonctionnement (tab. 3). Il s'expose ainsi à des effets de rétroaction qui vont de la dégradation des ressources exploitées (Agardy et Alder, 2005 ; Benoit et Comeau, 2005), notamment halieutiques ou paysagères (Smith, 1995), à la relégation de certaines activités et populations

traditionnellement implantées sur le littoral, jusqu'à accroître dangereusement l'exposition des aménagements et des populations aux risques côtiers (Paskoff, 2010).

Table 3 - Impacts des activités humaines sur les systèmes littoraux (d'après Bohnet et Moore Bohnet and Moore {Bohnet, 2011 #574})

| Type d'altération | Causes | Activités concernées |
|---|--|---|
| Hydrodynamique | Altération/modification de la direction et de l'énergie de la houle, du courant | Agriculture, production énergétique (barrages, EMR) Industrie, urbanisation, tourisme (défense transversales et latérales contre la mer) |
| Structurale (physique) | Modification / artificialisation / destruction d'habitats | Pêche (arts traînants ; pêche à l'explosif) Exploitation des ressources minérales (dragages, carrières, forages) Agriculture, aquaculture (poldérisation) |
| | Turbidité, envasement | Déforestation, agriculture, travaux |
| Ecologique (organique, chimique, fonctionnelle) | Modification des chaînes trophiques et des écosystèmes | Pêche (surpêche), aquaculture |
| | Introduction d'espèces invasives | Aquaculture, agriculture, transport maritime, urbanisation |
| | Pollution | Aquaculture, agriculture, transport maritime, urbanisation, tourisme (pollution organique et chimique par rejet, dépôt, stockage de déchets, des eaux usées) Production énergétique (pollution thermique) Désalinisation de l'eau de mer (pollution chimique) |
| | Surconsommation d'eau | Agriculture, urbanisation, tourisme |
| Socio-économiques | Concurrence, conflits d'usage Monopole exclusif Ségrégation, exclusion, relégation | Toutes les activités Activités incompatibles avec les autres (carrières, industries) Urbanisation résidentielle, tourisme |

Les relations qui s'établissent entre artificialisation et activités littorales, sont de plusieurs natures :

- Certains secteurs littoraux situés en zone (ultra) périphériques et/ou présentant des désaménités climatiques (côte aux vents dans les DOM-TOM) ou topographiques (côtes à falaises, marais maritimes), restent préservés d'une forte artificialisation et constituent à ce titre des espaces de conservation, ou de tourisme écologique ou rural, parfois un peu marginaux (Martignac *et al.*, 2011 ; Noin, 1999).
- Dans les littoraux sous pression foncière, les activités dégagant une plus-value ou bénéficiant d'une valeur suffisamment importante pour réussir à concurrencer les usages urbains, touristiques, industriels ou commerciaux, parviennent à se maintenir : agriculture maraîchère et primeurs, viticulture, sites à forte valeur patrimoniale environnementale ou culturelle (Gonzalo Malvarez *et al.*, 2000 ; Minvielle, 2006).
- Mais, sur la plupart des littoraux, les activités traditionnelles, notamment primaires, peinent à rivaliser avec l'artificialisation engendrée par l'implantation de nouvelles activités qui dégagent des marges beaucoup plus fortes à court terme. Cette situation est particulièrement pénalisante pour les activités qui mobilisent d'importantes surfaces foncières, qui requièrent une implantation littorale (pêche et surtout aquaculture) et ne peuvent donc être relocalisées dans l'arrière-pays (Burak *et al.*, 2004) ; (Minvielle, 2006) ; (Renard, 1984).

Ces tendances sont malheureusement toutes accentuées dans le contexte actuel des changements globaux, qu'ils soient démographiques (par l'accroissement des populations littorales), économiques (par la concentration des activités liée à la maritimisation de l'économie), ou environnementaux (exposition directe des enjeux à l'élévation du niveau marin).

5.2. La difficulté d'établir un diagnostic partagé

5.2.1. Méthodes de suivi et incertitude, nature et échelle de l'artificialisation

A l'échelle locale, l'observation de terrain, l'analyse diachronique de photographies aériennes et, de plus en plus, d'images à très haute résolution acquises par satellite (ou drones), et leur comparaison avec de l'iconographie ancienne (cartes, photographies, peintures), permet d'observer finement l'évolution paysagère des littoraux¹⁸, y compris dans ses formes les plus diffuses.

Mais pour des territoires étendus – d'échelle régionale à globale – ces analyses nécessitent de recourir à des images et des données de moindre résolution spatiale, et dont les contraintes de traitement ne permettent d'identifier que les formes d'artificialisation les plus massives et étendues (Gössling, 2002 ; Neumann *et al.*, 2015). Or l'urbanisation diffuse est particulièrement répandue dans les espaces littoraux. Elle contribue à l'artificialisation des milieux bien au-delà de sa simple emprise au sol, en séparant et en fragmentant les milieux naturels ou agricoles, et en contraignant la dynamique des autres usages (Sonter *et al.*, 2015). Certaines activités, notamment récréatives, se déroulent en pleine nature sans équipements spécifiques, ce qui ne signifie pas qu'elles n'exercent pas d'impact sur leur environnement (Gössling, 2002). Enfin, par leur nature dynamique, les milieux littoraux favorisent la propagation des effets de l'artificialisation (érosion côtière, pollution). L'extension réelle des effets de l'artificialisation du littoral reste donc difficile à mesurer.

5.2.2. Des milieux fragiles ? Résistance et résilience

Face au stress qu'ils subissent, certains habitats présentent une forte capacité de résilience. L'étude des récifs coralliens à Hawaii (Bahr *et al.*, 2015) a montré leur aptitude à surmonter des perturbations importantes, qu'elles soient d'origine naturelle (apports massifs d'eau douce) ou anthropique (récolte, dépôts de déchets, sédimentation, etc.). De même, dès lors que leur fonctionnement géomorphologique et hydrologique n'est pas trop modifié, certaines mangroves parviennent à se reconstituer même après une forte artificialisation (Lebigre, 1999). A Porto-Rico, malgré la destruction de près la moitié des mangroves par les défrichements agricoles du XIXe siècle, la mutation de l'île vers une économie industrielle après la seconde guerre mondiale, puis leur protection par les pouvoirs publics depuis les années 1970, ont permis la régénération de ces milieux qui gagnent désormais de la surface (Martinuzzi *et al.*, 2009). En milieu dunaires enfin, les dommages naturellement occasionnés par les tempêtes peuvent être « réparés », et leur reconstitution artificiellement accélérée, par de l'ingénierie écologique à base de reprofilage, de protection douce par plantation végétale ou de rechargement sédimentaire (Masselink et Gehrels, 2014 ; Pinot, 1998).

Mais la littérature présente aussi de nombreux cas de milieux côtiers qui n'ont pas résisté à leur artificialisation. Ainsi, lorsque les conditions physiques ont été trop profondément modifiées (après exploitation minière ou remblais par exemple) et que leur fonctionnement écologique (recrutement larvaire, colonisation, survie) est trop altéré, les récifs coralliens ne parviennent plus à se reconstituer (Bahr *et al.*, 2015 ; Guilcher, 1988). De même, dans les mangroves, le raccourcissement des cycles d'aménagement et d'exploitation des sites aquacoles contraint leur régénération naturelle (Valiela *et al.*, 2001). Toute la difficulté consiste alors à déterminer si l'absence de résilience est due à des changements définitifs de l'environnement ou à des conditions marginales préalables à leur perturbation.

5.2.3. La difficile discrimination des impacts de l'artificialisation

Certaines altérations des milieux proviennent de combinaisons complexes des facteurs qui peuvent rendre difficile l'établissement de relations causales (Mora, 2008). Les effets de l'urbanisation sont à la fois directement liés à l'imperméabilisation des sols et du trait de côte, aux effets indirects de la pollution qu'elle génère et à celle qui provient de son bassin versant (Timmerman et White, 1997).

¹⁸voir par exemple le site du RONLP <http://maps.ronlp.fr/atlas/galerie/>

L'évolution des zones humides dépend à la fois de causes naturelles (accrétion, subsidence) et anthropiques, ces dernières pouvant être directes (drainage, remblais et poldérisation) ou indirectes (artificialisation des bassins versants, pollution) (Rivas et Cendrero, 1991). De même l'altération des récifs coralliens peut être attribuée aux effets destructeurs des ouragans, à la prolifération algale due au déclin des populations d'organismes brouteurs (oursins), ou au blanchiment du corail. Les changements globaux en cours ajoutent de nouveaux facteurs de stress aux récifs coralliens qui subissent à la fois une altération biologique, liée au réchauffement des océans, et géomorphologique à cause de leur inadéquation au rythme de l'élévation du niveau marin (Kench *in* (Masselink et Gehrels, 2014 ; Ramos-Scharrón *et al.*, 2015).

On commence par ailleurs à mesurer d'autres effets induits par l'artificialisation, comme le bruit de fond des océans (Dahl *et al.*, 2007) ou la pollution lumineuse due à l'éclairage urbain (Bolton *et al.*, 2017). Ces effets intriqués, rendent difficile l'établissement d'un diagnostic avéré et admis par tous, donc pouvant donner lieu à des mesures appropriées (Agardy et Alder, 2005 ; European Environment Agency, 2006).

5.2.4. *Evaluer les coûts et bénéfices de l'artificialisation*

Les conséquences de l'artificialisation ne sont pas forcément négatives loin s'en faut (Dupras *et al.*, 2016). Par exemple, le développement touristique peut constituer une source de nouveaux revenus économiques pour la population locale, voire un facteur de protection de l'environnement et des paysages littoraux dès lors qu'ils sont considérés comme ressource touristique (Blondy, 2016). Dans ce cadre l'évaluation des coûts et bénéfices de l'artificialisation constitue un outil de gouvernance utile. Généralement menés par des économistes, ces travaux s'appuient notamment sur des méthodes de coûts hédoniques (ou propension des usagers à payer pour un service offert, notamment par l'environnement voir Dachary-Bernard *et al.* (Dachary-Bernard *et al.*, 2011)) ou d'évaluation des services écosystémiques (Dupras *et al.*, 2016 ; Gedan *et al.*, 2009). Par exemple Martínez *et al.* (Martínez *et al.*, 2007) montrent que les écosystèmes côtiers fournissent 77 % de la valeur globale des services écosystémiques mondiaux. Cependant, ces évaluations restent complexes à réaliser, donc difficiles à partager avec l'ensemble des acteurs concernés par un projet d'artificialisation de gestion. Les principales réserves qui leur sont opposées sont à la fois conceptuelles (peut-on évaluer monétairement l'environnement ?) et méthodologiques (comment s'assurer de l'exhaustivité et de l'objectivité de l'évaluation ?).

5.3. Leviers d'action, préconisations

Deux concepts généraux ressortent de cette revue de la littérature : la gestion dynamique du trait de côte et la gestion intégrée de la zone côtière.

5.3.1. *Privilégier la gestion dynamique du trait de côte et les méthodes "douces"*

En fixant arbitrairement la limite du rivage, l'artificialisation réduit la capacité d'adaptation des littoraux à la tendance contemporaine et future d'élévation du niveau marin (Paskoff, 2010) ; European Environment Agency, 2006 #565}. Comme ses effets sur les établissements humains doivent être évalués en terme de surcoûts économiques, plus que de pertes humaines (Lebigre, 1999), les modalités d'adaptation des aménagements littoraux sont formalisées de manière désormais classique en quatre scénarios (Nicholls *et al.*, *in* (Masselink et Gehrels, 2014)).

- a. **Ne rien faire**, constitue une base de référence plutôt qu'une option sérieusement considérée dans la mesure où son coût à long terme risque d'être très élevé. Dans le cas du delta du Nil, El-Raey *et al.* (El-Raey *et al.*, 1999) estiment ainsi qu'une telle (absence de) politique exposerait 30 % de la ville d'Alexandrie, 2 millions de personnes et 195 000 emplois à la submersion marine, pour une perte économique estimée à 3 500 milliards \$ pour le siècle en cours !
- b. **Tenir**, en renforçant les défenses côtières est l'option envisagée dans les espaces les plus artificialisés donc techniquement, financièrement ou humainement difficiles à relocaliser. Ce scénario impose toutefois des mesures d'adaptation délicates à mettre en œuvre dans le

contexte de très forte croissance démographique de certains littoraux, comme les deltas (Stanley et Warne, 1993), ou les mégalopoles littorales (Neumann *et al.*, 2015 ; Timmerman et White, 1997).

- c. Dans les sites à forts enjeux, une autre option envisagée est d'**Avancer**, c'est-à-dire d'artificialiser l'avant-côte par des protections avancées de type brise-lames, ou par la poldérisation, pour augmenter la distance entre les enjeux existants et les aléas côtiers. Appliquée aux Pays-Bas (Plan Delta) ou en Corée du sud (baie de Saemangeum), elle vise à réduire la longueur du trait de côte, conçu comme une « ligne de défense » (Paskoff, 2010). Mais à quel coût économique et écologique ?
- d. La dernière option dite de **recul stratégique**, vise à ménager des espaces tampons entre les enjeux humains et la mer, notamment par la réhabilitation de zones humides littorales. Dans les polders agricoles ou les littoraux peu aménagés, où les enjeux restent modérés, cette stratégie est généralement privilégiée par les gestionnaires, d'autant qu'elle permettrait de rééquilibrer l'aménagement au profit de l'arrière-pays (Nicholls *et al.* in (Masselink et Gehrels, 2014). Mais elle se heurte à certaines réticences sociétales, dues à l'abandon de terrains durement conquis sur la mer, ainsi qu'aux intérêts privés et locaux des propriétaires fonciers. Elle est également coûteuse à mettre en place, notamment du fait de la pression foncière existant déjà dans les zones arrière-littorales.

On voit que ces stratégies sont susceptibles de conduire soit à une déprise (recul stratégique), soit à une artificialisation accrue des littoraux (tenir ou avancer). Que ce soit à cause du renforcement des dispositifs de défense contre la mer, ou de nouvelles poldérisations, la réduction et la fixation des espaces naturels qui en découlent, risquent d'accentuer l'effet de contraction des littoraux (*coastal squeeze*) tout particulièrement sur les côtes meubles et les zones humides (Doody, 2004). Cette tendance est aggravée par le contexte global de pénurie sédimentaire qui affecte la plupart des littoraux meubles (cf. §2.4).

Dans ces conditions, l'usage de méthodes douces visant à accompagner l'évolution du trait de côte (*building with nature*), en favorisant sa stabilisation dynamique, plutôt que sa fixation à tous prix est préconisée (Ruessink et Ranasinghe in Masselink et Gehrels (2014). En théorie, les avantages d'une telle gestion dynamique du littoral sont multiples puisqu'elle peut en améliorer la résistance à l'érosion marine, en conserver la valeur écologique, tout en étant plus économe, donc plus durable, qu'une protection fixe (Nordstrom, 1994). Il s'agit donc de techniques d'ingénierie écologique à long terme qui s'apparentent à un entretien artificiel et continu du fonctionnement des systèmes hydro-sédimentaires dont le coût devra être intégré à l'ensemble du processus d'aménagement. Leur viabilité dépend donc tout autant de la décision politique que des processus naturels, mais elle est aussi conditionnée par la santé économique des territoires concernés et l'intensité des événements météorologiques à contenir (Cooper et Alonso, 2006).

5.3.2. Vers une GIZC ?

Entre l'artificialisation des littoraux – souvent motivée par les intérêts économiques parfois énormes lié à de nouveaux usages ou à l'exploitation de nouvelles ressources – et la protection des écosystèmes, des paysages ou des activités en place, la confrontation est bien souvent inégale. Pour traiter correctement cette problématique, il serait nécessaire d'intégrer les trois piliers du développement durable, qu'ils soient économiques, sociaux ou environnementaux. Sur le littoral, la mise en œuvre de ces généreux principes repose sur la Gestion intégrée de la zone côtière ou GIZC (Benoit et Comeau, 2005 ; European Environment Agency, 2006). Elle vise à la prise en compte raisonnée de l'ensemble des enjeux de la zone côtière, sur la base d'une concertation étroite entre tous ses usagers et acteurs. Il s'agit donc tout autant d'une scène de concertation que d'un processus de gestion. Elle peine cependant à se concrétiser du fait des profondes divergences d'intérêts entre les usagers du littoral, mais également de la dispersion des compétences institutionnelles et de la dilution des responsabilités qui en découlent (Meur-Ferec, 2007). En effet, à l'interface entre terre et mer, le littoral est

généralement placé sous la gouverne d'institutions diverses, dont les mandats peuvent être contradictoires (industrie et environnement par exemple) (Burak *et al.*, 2004), et dont les compétences se situent à des échelles territoriales tout aussi variées, du local, au national, jusqu'à l'international (Benoit et Comeau, 2005).

Mais l'artificialisation du littoral constitue l'un de ses enjeux les plus importants (Davies, 1996), car ses effets sont multiples – à la fois environnementaux, écologiques, économiques et sociétaux comme on l'a vu – qu'ils sont éventuellement exclusifs, les espaces artificialisés par les uns ne pouvant plus être exploités par les autres, et qu'ils ont tendance à s'exacerber dans le contexte des changements globaux contemporains et futurs. Il devient donc urgent de rechercher des solutions viables, pour anticiper les difficultés à venir plutôt que d'en subir les effets, notamment dans des espaces artificialisés mal préparés car soumis à une pression démographique de plus en plus importante, et dont l'adaptation reste une gageure. Les impacts récents d'événements météorologiques ou sismiques majeurs démontrent l'acuité de ces enjeux.

5.4. Contribution aux « questions transversales »

L'artificialisation du littoral soulève des enjeux en partie identiques à ceux des autres territoires. Ils y apparaissent toutefois exacerbés, en raison de la limitation structurelle de l'espace littoral, de sa dynamique naturelle et des effets de rétroaction qu'elle induit. Mais d'autres espaces s'avèrent aussi contraints et plusieurs questions peuvent être abordées de manière transversale :

- La consommation des terres agricoles, au profit surtout de l'urbanisation, notamment résidentielle (§4.4.1 & chap. Geniaux et al ; Cavailhès *et al.*) ;
- La fragmentation des milieux et des espaces agricoles à cause de procédures de planification spatiale inexistantes, mal ou trop tardivement appliquées (§3.4, §4.4 & chap. Cohen *et al.*) ;
- L'influence des modes de vie, notamment dans les espaces périurbains et touristiques où une fracture s'opère entre population à hauts revenus et très mobiles et population à faible revenus et captives pouvant, comme sur les littoraux, être relégués dans l'arrière-pays (§4.4.2 & chap. Polèse ; Cavailhès *et al.*).
- L'ensemble se situe dans d'inextricables enjeux globaux qu'ils soient démographiques (et fortement concentrés sur le littoral), économiques (maritimisation de l'économie et besoins en infrastructures gigantesques) ou environnementaux (augmentation des températures des océans, élévation du niveau marin entre autres) (§3.3, §4.5).

Références bibliographiques

Abrantes, P.; Fontes, I.; Gomes, E.; Rocha, J., 2016. Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region (1990-2007). *Land Use Policy*, 51: 120-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.023>

Agardy, T.; Alder, J., 2005. Coastal systems. In: Hassan, R.; Scholes, R.; Ash, N., eds. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State & Trends Assessment*. Washington DC: Island Press, 513-549. <http://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html>

Aubanel, A.; Marquet, N.; Colombani, J.M.; Salvat, B., 1999. Modifications of the shore line in the Society islands (French Polynesia). *Ocean & Coastal Management*, 42 (5): 419-438. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(99\)00023-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(99)00023-X)

Bahr, K.D.; Jokiel, P.L.; Toonen, R.J., 2015. The unnatural history of Kāneʻohe Bay: coral reef resilience in the face of centuries of anthropogenic impacts. *PeerJ*, 3: e950. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.950>

Bartley, R.; Bainbridge, Z.T.; Lewis, S.E.; Kroon, F.J.; Wilkinson, S.N.; Brodie, J.E.; Silburn, D.M., 2014. Relating sediment impacts on coral reefs to watershed sources, processes and management: A review.

Science of The Total Environment, 468-469: 1138-1153.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.030>

Benoit, G.; Comeau, A., 2005. *Méditerranée: les perspectives du Plan bleu sur l'environnement et le développement*. La Tour d'Aigues : Paris: Aube ; Plan bleu (*Monde en cours. Série Bibliothèque des territoires*), 427 p.

Bernardie-Tahir, N.; El-Mahaboubi, O., 2001. Mayotte : des parfums au tourisme. Les nouveaux enjeux du littoral. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 54 (216): 369-396. <http://dx.doi.org/10.4000/com.1137>

Blondy, C., 2016. Le tourisme, un facteur de développement durable des territoires insulaires tropicaux ? Tourisme, aménagement, environnement et société locale à Bora Bora (Polynésie française). *Mondes du Tourisme*, (Hors-série). <http://dx.doi.org/10.4000/tourisme.1283>

Bohnet, I.C.; Moore, N., 2011. Sea- and Tree-Change Phenomena in Far North Queensland, Australia: Impacts of Land Use Change and Mitigation Potential. In: Luck, G.W.; Race, D.; Black, R., eds. *Demographic Change in Australia's Rural Landscapes: Implications for Society and the Environment*. Dordrecht: Springer, 45-69.

Bolton, D.; Mayer-Pinto, M.; Clark, G.F.; Dafforn, K.A.; Brassil, W.A.; Becker, A.; Johnston, E.L., 2017. Coastal urban lighting has ecological consequences for multiple trophic levels under the sea. *Science of The Total Environment*, 576: 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.037>

Bon, O., 2005. L'insoutenable développement urbain de l'île de Tahiti : politique du « tout automobile » et congestion des déplacements urbains. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 58 (230): 121-152. <http://dx.doi.org/10.4000/com.433>

Boon, J., 2001. A Socio-Economic Analysis of mangrove Degradation in Samoa. *Geographical Review of Japan*, 74 (2): 159-186. https://www.jstage.jst.go.jp/article/grj1984b/74/2/74_2_159/pdf

Brown, B.E.; Dunne, R.P., 1988. The Environmental Impact of Coral Mining on Coral Reefs in the Maldives. *Environmental Conservation*, 15 (02): 159. <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892900028976>

Burak, S.; Dogan, E.; Gazioglu, C., 2004. Impact of urbanization and tourism on coastal environment. *Ocean & Coastal Management*, 47 (9-10): 515-527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.07.007>

Carter, R.W.G., 1988. *Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. London: Academic Press. <http://books.google.fr/books?id=GNsue2JEqigC>

Chabanet, P.; Adjeroud, M.; Andréfouët, S.; Bozec, Y.-M.; Ferraris, J.; García-Charton, J.A.; Schrimm, M., 2005. Human-induced physical disturbances and their indicators on coral reef habitats: A multi-scale approach. *Aquatic Living Resources*, 18 (03): 215-230. <http://dx.doi.org/10.1051/alr:2005028>

Cooper, J.A.G.; Alonso, I., 2006. Natural and anthropic coasts: challenges for coastal management in Spain. *Journal of Coastal Research*: pp.-1-7. <http://www.jstor.org/stable/25737374>

Dachary-Bernard, J.; Gaschet, F.; Lyser, S.; Pouyane, G.; Virol, S., 2011. L'impact de la littoralisation sur les marchés fonciers. Une approche comparative des côtes basque et charentaise. *Economie et statistique*, 444 (1): 127-154. <http://dx.doi.org/10.3406/estat.2011.9647>

Dahl, P.H.; Miller, J.H.; Cato, D.H.; Andrew, R.K., 2007. Underwater Ambient Noise. *Acoustics Today*, 3 (1): 23. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2961145>

Daligaux, J., 2003. Urbanisation et environnement sur les littoraux : une analyse spatiale. *Rives nord-méditerranéennes*, (15): 11-20. <http://rives.revues.org/12#quotation>

Dauvin, J.-C., 1997. *Les biocénoses marines et littorales françaises de côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives*. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle (*Patrimoines naturels*).

- Davies, R.A., 1996. *Coasts*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.
- Doody, J.P., 2004. 'Coastal squeeze' – an historical perspective. *Journal of Coastal Conservation*, 10 (1): 129. [http://dx.doi.org/10.1652/1400-0350\(2004\)010\[0129:CSAHP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1652/1400-0350(2004)010[0129:CSAHP]2.0.CO;2)
- Dupras, J.; Parcerisas, L.; Brenner, J., 2016. Using ecosystem services valuation to measure the economic impacts of land-use changes on the Spanish Mediterranean coast (El Maresme, 1850–2010). *Regional Environmental Change*, 16 (4): 1075-1088. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-015-0847-5>
- El-Raey, M.; Dewidar, K.R.; El-Hattab, M., 1999. Adaptation to the Impacts of Sea Level Rise in Egypt. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4 (3): 343-361. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1009684210570>
- Ericson, J.; Vorosmarty, C.; Dingman, S.; Ward, L.; Meybeck, M., 2006. Effective sea-level rise and deltas: Causes of change and human dimension implications. *Global and Planetary Change*, 50 (1-2): 63-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2005.07.004>
- European Environment Agency, 2006. *The changing faces of Europe's coastal areas*. Copenhagen, Denmark : Luxembourg: European Environment Agency ; Office for Official Publications of the European Communities (*EEA report*).
- Gamblin, A.; Bruyelle, P., 1999. *Les littoraux - espaces de vie*. Paris: Sedes (*Dossiers des images économiques du monde*), 312 p.
- Garcia, C.; Servera, J., 2003. Impacts of tourism development on water demand and beach degradation on the island of Mallorca (Spain). *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 85 (3-4): 287-300. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0435-3676.2003.00206.x>
- Gedan, K.B.; Silliman, B.R.; Bertness, M.D., 2009. Centuries of Human-Driven Change in Salt Marsh Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 1 (1): 117-141. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163930>
- Goiffon, M., 2003a. Les enjeux d'une gestion intégrée du littoral dans les départements français insulaires d'Amérique. *Méditerranée*, 100 (1): 35-40. <http://dx.doi.org/10.3406/medit.2003.3280>
- Goiffon, M., 2003b. Pression foncière et littoralisation à la Martinique. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 56 (223): 351-374. <http://dx.doi.org/10.4000/com.831>
- Gonzalo Malvarez, G.; Pollard, J.; Rodriguez, R.D., 2000. Origins, management, and measurement of stress on the coast of southern Spain. *Coastal Management*, 28 (3, JUL-SEP 2000): 215-234.
- Gössling, S., 2001. The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar, Tanzania. *Journal of Environmental Management*, 61 (2): 179-191. <http://dx.doi.org/10.1006/jema.2000.0403>
- Gössling, S., 2002. Global environmental consequences of tourism. *Global Environmental Change*, 12 (4): 283-302. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00044-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00044-4)
- Guilcher, A., 1988. *Coral reef geomorphology*. Chichester ; New York: Wiley (*Coastal morphology and research*).
- Guillén, J.; Palanques, A., 1997. A historical perspective of the morphological evolution in the lower Ebro river. *Environmental Geology*, 30 (3-4): 174-180. <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050144>
- Gurran, N.; Blakely, E.J.; Squires, C., 2007. Governance Responses to Rapid Growth in Environmentally Sensitive Areas of Coastal Australia. *Coastal Management*, 35 (4): 445-465. <http://dx.doi.org/10.1080/08920750701525776>
- Hénaff, A., 2012. *L'approvisionnement sédimentaire dans les systèmes littoraux tempérés: sources, évolutions et gestion*. HDR. Université de Bretagne Occidentale, Brest.

- Hénaff, A.; Meur-Férec, C.; Lageat, Y., 2013. Changement climatique et dynamique géomorphologique des côtes bretonnes. Leçons pour une gestion responsable de l'imbrication des échelles spatio-temporelles. *CyberGeo*. <http://dx.doi.org/10.4000/cybergegeo.26058>
- Holland, A.F.; Sanger, D.M.; Gawle, C.P.; Lerberg, S.B.; Santiago, M.S.; Riekerk, G.H.M.; Zimmerman, L.E.; Scott, G.I., 2004. Linkages between tidal creek ecosystems and the landscape and demographic attributes of their watersheds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 298 (2): 151-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981\(03\)00357-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00357-5)
- Hooke, 1994. On the Efficacy of Humans as Geomorphic Agents. *GSA today*, 4 (9): 224-225. <https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/4/9/pdf/i1052-5173-4-9-sci.pdf>
- Hopley, D., 1988. Anthropogenic influences on Australia's Great Barrier Reef. *Australian Geographer*, 19 (1): 26-45. <http://dx.doi.org/10.1080/00049188808702949>
- Hudson, B.J., 1996. *Cities on the shore: the urban littoral frontier*. Burns & Oates, 180 p.
- Hunter, J.M.; Arbona, S.I., 1995. Paradise lost: An introduction to the geography of water pollution in Puerto Rico. *Social Science & Medicine*, 40 (10): 1331-1355. [http://dx.doi.org/10.1016/0277-9536\(94\)00255-R](http://dx.doi.org/10.1016/0277-9536(94)00255-R)
- Jauze, J.-M., 2013. Highs and lows of the resortification of the Saint-Paul coast (Reunion Island). *Miscellanea Geographica - Regional Studies on Development*, 17 (1): 5-14. <http://dx.doi.org/10.2478/v10288-012-0029-y>
- Kraus, N.C., 1988. The Effects of Seawalls on the Beach: An Extended Literature Review. *Journal of Coastal Research*, Special Issue (N°4 : The Effects of Seawalls on the Beach): 1-28. <http://www.jstor.org/stable/25735349>
- Kuété, M.; Assongmo, T., 2002. Développement contre Environnement sous les Tropiques : l'exemple du littoral de la région de Kribi (Cameroun). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 55 (219): 279-306. <http://dx.doi.org/10.4000/com.1003>
- Lageat, Y., 2004. Géomorphologie et gestion des littoraux (Coastal geomorphology and management). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 81 (3): 360-370. <http://dx.doi.org/10.3406/bagf.2004.2398>
- Larrosa Rocamora, J.A., 2003. La difficile maîtrise de l'urbanisation littorale espagnole : l'exemple de la commune d'Elche (province d'Alicante). *Rives méditerranéennes*, (15): 53-66. <http://dx.doi.org/10.4000/rives.416>
- Le Berre, I.; Thériault, M.; Maulpoix, A.; Gourmelon, F., 2017. Moderation effect of planning on housing development along the French Atlantic coast: findings from an event history hazard model. *Journal of Land Use Science*, 12 (4): 271-291. <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2017.1322154>
- Lebigre, J.-M., 1999. Les marais à mangrove : les enjeux de la domestication d'un écosystème tropical. *Hérodote*, (93): 42-65.
- Martignac, C.; Metzger, P.; Thion, P.; Cheylan, J.-P., 2011. Formes de la croissance urbaine et exclusion sociale à la Réunion: un héritage historique. *Mappemonde*, 102 (2011/2). <http://mappemonde.mgm.fr/num30/articles/art11202.html>
- Martin, F.; Maria Zanoni, M., 1994. Conflits d'usage sur les mangroves de la baie de Paranaguá, Paraná, Brésil. Urbanisation et préservation ou utilisation rationnelle des ressources ? *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 36 (2): 237-260. <http://dx.doi.org/10.3406/jatba.1994.3553>
- Martínez, M.L.; Intralawan, A.; Vázquez, G.; Pérez-Maqueo, O.; Sutton, P.; Landgrave, R., 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, 63 (2-3): 254-272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.022>

- Martinuzzi, S.; Gould, W.A.; Lugo, A.E.; Medina, E., 2009. Conversion and recovery of Puerto Rican mangroves: 200 years of change. *Forest Ecology and Management*, 257 (1): 75-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.08.037>
- Masselink, G.; Gehrels, W.R., 2014. *Coastal environments and global change*. Chichester, West Sussex ; Hoboken, NJ: Wiley, American Geophysical Union, 438 p.
- Merckelbagh, A., 2009. *Et si le littoral allait jusqu'à la mer ! La politique du littoral sous la Ve République*. Editions Quae.
- Meur-Ferec, C., 2007. La GIZC à l'épreuve du terrain : premiers enseignements d'une expérience française. *Développement durable et territoires*. <http://dx.doi.org/10.4000/developpementdurable.4471>
- Minvielle, P., 2006. Urbanisation et protection du vignoble du littoral varois. *Sud-Ouest européen*, 21 (1): 57-64. http://www.persee.fr/doc/rgpso_1276-4930_2006_num_21_1_2912
- Mora, C., 2008. A clear human footprint in the coral reefs of the Caribbean. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275 (1636): 767-773. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2007.1472>
- Morhange, C.; Marriner, N., 2010. Mind the (stratigraphic) gap: Roman dredging in ancient Mediterranean harbours. *Bollettino di Archeologia on line*, 1 (Volume speciale B / B7 / 4): 23-32.
- Nakhli, S., 2010. Pressions environnementales et nouvelles stratégies de gestion sur le littoral marocain. *Méditerranée*, (115): 31-42. <http://dx.doi.org/10.4000/mediterranee.4996>
- Neumann, B.; Vafeidis, A.T.; Zimmermann, J.; Nicholls, R.J., 2015. Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. *Plos One*, 10 (3): e0118571. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>
- Noin, D., 1999. La population des littoraux du monde. *L'information géographique*, 63 (2): 65-73. <http://dx.doi.org/10.3406/ingeo.1999.2632>
- Nonn, D., 1972. *Géographie des littoraux*. Presses Universitaires de France - PUF (*Sup géographie*).
- Nordstrom, K.F., 1994. Beaches and dunes of human-altered coasts. *Progress in Physical Geography*, 18 (4): 497-516. <http://dx.doi.org/10.1177/030913339401800402>
- Paskoff, R., 1992. *Côtes en danger*. Paris: L'Harmattan (*Coll. Pratiques de la Géographie*).
- Paskoff, R., 2010. *Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution*. Paris: A. Colin.
- Pébayle, R., 1983. Mangrove et éthologie humaine au Brésil. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 60 (496): 233-246. <http://dx.doi.org/10.3406/bagf.1983.5418>
- Pinot, J.-P., 1998. *La gestion du littoral*. Paris: Institut océanographique (*Collection "Propos"*).
- Potter, R.B., 1993. Urbanization in the Caribbean and Trends of Global Convergence-Divergence. *The Geographical Journal*, 159 (1): 1. <http://dx.doi.org/10.2307/3451485>
- Provansal, M.; Morhange, C.; Vella, C., 1995. Impacts anthropiques et contraintes naturelles sur les sites portuaires antiques de Marseille et de Fos. Acquis méthodologiques. *Méditerranée*, 82 (3): 93-100. <http://dx.doi.org/10.3406/medit.1995.2906>
- Ramos-Scharrón, C.E.; Torres-Pulliza, D.; Hernández-Delgado, E.A., 2015. Watershed- and island wide-scale land cover changes in Puerto Rico (1930s–2004) and their potential effects on coral reef ecosystems. *Science of The Total Environment*, 506-507: 241-251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.016>
- Renard, J., 1984. Le tourisme : agent conflictuel de l'utilisation de l'espace littoral en France. *Norois*, 121 (1): 45-61. <http://dx.doi.org/10.3406/noroi.1984.7362>

- Rivas, V.; Cendrero, A., 1991. Use of natural and artificial accretion on the north coast of Spain: Historical trends and assessment of some environmental and economic consequences. *Journal of Coastal Research*, 7 (2): 491-507. <http://www.jstor.org/stable/25735605>
- Simeoni, U.; Corbau, C., 2009. A review of the Delta Po evolution (Italy) related to climatic changes and human impacts. *Geomorphology*, 107 (1-2): 64-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.11.004>
- Smith, A.W.S., 1995. Beaches and tourism. An example of the result of a dramatic beach erosion episode: Gold Coast, Queensland, Australia. *Shore and Beach*, (3): 7-8.
- Sonter, L.J.; Barrett, D.J.; Moran, C.J.; Soares-Filho, B.S., 2015. A Land System Science meta-analysis suggests we underestimate intensive land uses in land use change dynamics. *Journal of Land Use Science*, 10 (2): 191-204. <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2013.871356>
- Stanley, D.J.; Warne, A.G., 1993. Nile Delta: Recent Geological Evolution and Human Impact. *Science*, 260 (5108): 628-634. <http://dx.doi.org/10.1126/science.260.5108.628>
- Syvitski, J.P.M., 2005. Impact of Humans on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean. *Science*, 308 (5720): 376-380. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1109454>
- Syvitski, J.P.M.; Kettner, A.J.; Overeem, I.; Hutton, E.W.H.; Hannon, M.T.; Brakenridge, G.R.; Day, J.; Vörösmarty, C.; Saito, Y.; Giosan, L.; Nicholls, R.J., 2009. Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience*, 2 (10): 681-686. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo629>
- Thornton, S.E.; Pilkey, O.H.; Doyle, L.J.; Whaling, P.J., 1980. Holocene evolution of a coastal lagoon, Lake of Tunis, Tunisia. *Sedimentology*, 27 (1): 79-91. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3091.1980.tb01159.x>
- Timmerman, P.; White, R., 1997. Megahydropolis: coastal cities in the context of global environmental change. *Global Environmental Change*, 7 (3): 205-234. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(97\)00009-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(97)00009-5)
- Valiela, I.; Bowen, J.L., 2002. Nitrogen sources to watersheds and estuaries: role of land cover mosaics and losses within watersheds. *Environmental Pollution*, 118 (2): 239-248. [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00316-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00316-5)
- Valiela, I.; Bowen, J.L.; York, J.K., 2001. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. *Bioscience*, 51 (10): 807. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2)
- Vincent, J., 2006. De la répulsion à la spéculation : La transformation du foncier littoral en Bretagne-Sud et en Vendée (1800-1939). *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 113 (4): 35-48. <http://dx.doi.org/10.4000/abpo.535>
- Vörösmarty, C.J.; Meybeck, M.; Fekete, B.; Sharma, K.; Green, P.; Syvitski, J.P.M., 2003. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change*, 39 (1-2): 169-190. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00023-7)
- Wolff, W.J., 1992. The End of a Tradition: 1000 Years of Embankment and Reclamation of Wetlands in the Netherlands. *Ambio*, 21 (4): 287-291. <http://dx.doi.org/10.2307/4313944>
- Zaninetti, J.-M., 2006. L'urbanisation du littoral en France. *Population & Avenir*, 677 (2): 4. <http://dx.doi.org/10.3917/popav.677.0004>