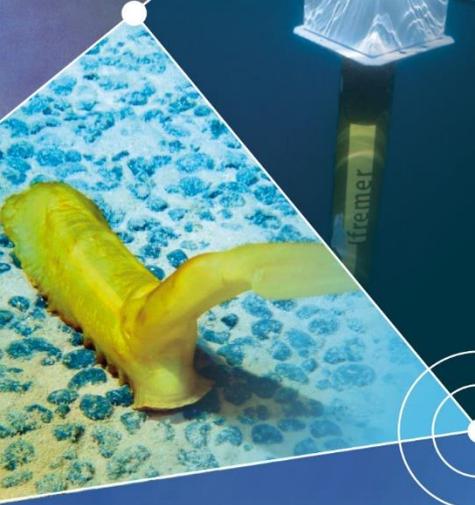




CHANGEMENT GLOBAL ET MONTEE DU NIVEAU DE LA MER LUCIDITE ET RESILIENCE

PRESENTATION AUX
ALUMNI ECOLE DES PONTS & CHAUSSEES
25 MARS 2021

Denis LACROIX
Délégué à la prospective
auprès de la Direction générale de l'IFREMER



Regards de la prospective sur la montée du niveau de la mer

Images et messages

Ce que dit la **science**

La méthode des **scénarios**

Résultats

Conclusions



1 : c'est **une menace ancienne**



2 : elle est liée au réchauffement climatique



3 : elle est associée à des événements météorologiques extrêmes



4: elle érode **le littoral**



5 : elle affecte **le monde rural** **Comme les villes**



6 : elle affecte **des infrastructures** et des **installations industrielles**



7 : elle dévalorise **le patrimoine exposé**



© Benoit Stichelbaut

8 : elle menace de nombreuses îles
Et pose la question des pressions de migration



9 : elle peut avoir **des effets bénéfiques**

(Ex. de l'aquaculture en rizière salinisée)



10: elle ouvre des espaces de rêve



« L'espace est le champ de la puissance de l'homme,
le temps, celui de son impuissance »

B. Spinoza

« De deux choses, l'une... une troisième advient »

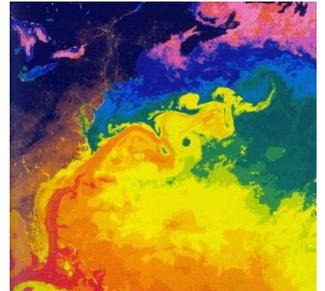
C. Lévi-Strauss

« Prenez la changement par la main
avant qu'il ne vous prenne par la gorge »

W. S. Churchill

Les 4 concepts-clefs de la prospective

1. **Approche systémique** (complexité, diversité humaine...)
2. **Sur du temps long** (10 ans +)
3. **Dynamique** (un film, pas une photo)
4. **Points de rupture possibles** (changements rapides)



**= un système dynamique à 10 ans au moins
admettant des ruptures**



2. Ce qui la science sur la montée du niveau de la mer : cadrage

- Grandes **incertitudes** sur le phénomène et ses impacts potentiels
- Etude sur les **conséquences** sur les littoraux des différentes élévations possibles du niveau de la mer à 2100
- **20% de la pop mondiale** à moins 30 km des côtes dont un grand nombre de mégapoles
- Zone côtière basse (- de 10 m): **1 milliard d'habitants en 2060**
- Phénomène **d'affaissement** dans les deltas, peuplés et actifs
- **Enjeux d'aménagement** du territoire et de **gestion des populations**, des **biens et services**



Un projet inter-organisme et interdisciplinaire

➤ **Equipe d'animation :**

Denis Lacroix (Ifremer), Nicolas de Menthière (Irstea), Olivier Mora (Inra), Christophe Didier (Ineris) et Murielle Lafaye (CNES) + Cheffe de projet : Audrey Béthinger (Inra)

➤ **Groupe d'experts interdisciplinaire et inter-organisme** (20 experts, 15 organismes)

Bernardot Marc (Univ. Le Havre)
Carnus François (BRL Ingénierie)
Devès Maud (AFPCN/IPGP)
Durand Gaël (Univ. JF Grenoble)
Guedon Sylvine (Ifsttar)
Le Cozannet Gonéri (BRGM)
Meerpoel Matthieu (ICL)
Rocle Nicolas (Irstea)
Rouw de Anneke (IRD)
Vagner Marie (LIENSs / Biofeel)

Bertin Xavier (Labo LIENSs)
Cattaneo Antonio (Ifremer)
Dörfliger Nathalie (BRGM)
Duval Anne-Marie (Cerema)
Hérivaux Cécile (BRGM)
Lobry Jérémy (Irstea)
Meysignac Benoit (Legos)
Salas y Melia David (Météo-France)
Petitet Sylvain (Cerema)
Valentin Christian (IRD)

➤ **Equipe IST inter-organisme :** Marie-Hélène Pépin (Météo-France) et Morgane Le Gal (Ifremer)



Les compartiments du littoral potentiellement affectés

- Environnement et ressources naturelles
- Agriculture et alimentation
- Urbanisme et infrastructures
- Economie
- Population
- Gouvernance
- Contexte global

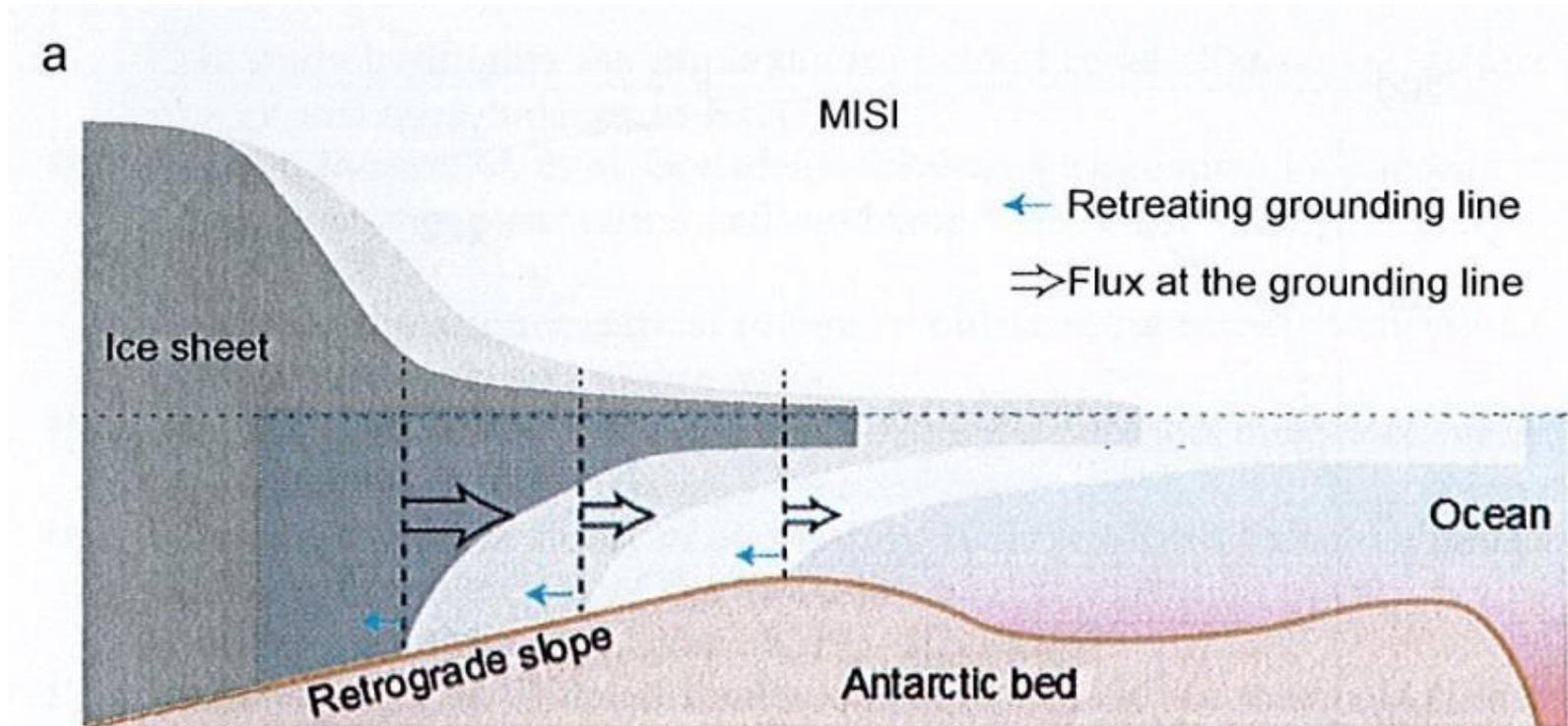


La montée du niveau de la mer : partiellement connue, en accélération

- 1900-2000 : + **19 cm**
- 2000-2100 : + **60 - 110 cm** (GIEC 2019)
- Trois causes à part égale (1/3):
 - **Fonte glaces polaires**
 - **Fonte des glaciers continentaux**
 - **Dilatation de la mer**
- **En accélération** : en 50 ans, de 2 mm à 3,5 mm/an



- 97% de probabilité de fonte de la calotte glaciaire du **Groenland** si la température dépasse 2,3°C
- Les glaciers « posés sur la mer » en **Antarctique** fondent par dessous, ce qui les fragilise et accélère l'écoulement des glaciers terrestres





Quatre contextes physiques en 2100

- L'élévation du niveau de la mer est **inélucltable**
- Son niveau dépend du réchauffement climatique
- Quatre contextes physiques **en 2100** combinaison de :
 - (1) **Hausse** moyenne du niveau de la mer
 - (2) **Vitesse** de cette hausse (*pente*)
 - (3) **Evènements météo extrêmes** (EvEx) : violence et fréquence

HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER approximative (en cm)	VITESSE FAIBLE	VITESSE FORTE
50	MODERE (EvEx +) (RCP 2,6- 4,5)	SERIEUX (EvEx +) (RCP 4,5-6,0)
100		GRAVE (EvEx ++) (RCP 8,5)
200		EXTREME (EvEx ++) (RCP 8,5)



Les scénarios

Exemple de construction : combinatoire d'hypothèses correspondant au scénario A2

Composante	Variable	H1	H2	H3	H4	H5
Population	P1- Part de la population exposée	Retrait progressif (des zones côtières)	La part en zone côtière reste stable (malgré une population mondiale en croissance)	Accroissement progressif de la population (en zone côtière)	Fortes croissances démographiques conjuguées à migrations au sein/vers des mégalopoles côtières	
	P2- Migrations internes et internationales	Des départs échelonnés, au fil de la montée progressive des eaux	Les évacuations s'accroissent, certaines villes importantes sont touchées	Crises répétées engendrant des exodes massifs		
	P3- Degré de vulnérabilité sanitaire des populations	L'accès aux infrastructures limite la vulnérabilité sanitaire des populations	Les zones aux infrastructures limitent la vulnérabilité sanitaire	Le développement non maîtrisé de mégalopoles côtières augmente encore la vulnérabilité sanitaire		
Urbanisme et infrastructures	U1- Dynamiques urbaines	Mégavilles littorales et forte urbanisation littorale	Fragmentation des villes et dispersion urbaine forte urbanisation littorale	Faible urbanisation littorale et villes littorales en réseau avec arrière-pays		
	U2- Niveau de résilience des infrastructures	Vulnérabilité forte	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité maîtrisée (résilience)		
	U3- Adaptation des zones littorales exposées	Résister à l'élévation du niveau des mers	Faire avec l'élévation, une adaptation progressive (changement incrémental)	Organiser le retrait, un changement transformationnel	Absence de stratégie	
Environnement et ressources naturelles	EN1 - Etat de la ressource en eau douce (quantité et qualité)	Maîtrise de l'exploitation et de l'usage des ressources	Dégradation progressive, altération des fonctions écologiques	Transfert de ressources hydriques extérieures vers la zone littorale		
	EN2 - Etat des sols (salinisation, érosion...)	Salinisation et pollution réduites	Salinisation et pollution modérées	Salinisation, pollution et imperméabilisation fortes		
	EN3 - Dynamiques des écosystèmes littoraux et côtiers (habitats, biodiversité)	Translation et/ou modification sans altération des fonctions écosystémiques	Adaptation/modification in situ, altération des fonctions écosystémiques	Disparition d'écosystèmes		
	EN4 - Modification du trait de cote	Erosion modérée et recul marginal	Recul marqué localisé prévisible	Recul localisé imprévisible	Recul marqué généralisé	
Agriculture et alimentation	AA1 - Disponibilité en terres agricoles	Réduction de plus de la moitié des terres agricoles en zone côtière	Protection efficace des terres agricoles	Disparition des terres agricoles en zone côtière		
	AA2 - Systèmes de production agricoles	Adaptation des espèces cultivées et des pratiques agronomiques	Substitution des cultures par l'élevage	Synergies des systèmes agricoles et aquacoles		
	AA3 - Poids de l'aquaculture et de la pêche	Maintien des apports (aquaculture durable)	Diminution des apports de la pêche	Accroissement des apports (aquaculture diversifiée)		
	AA4 - Sécurité alimentaire	Réduction de l'accès économique aux productions agricoles	Perturbations ou ruptures ponctuelles de l'accès	Réduction de la diversité de l'alimentation	Sécurisation de l'accès à l'alimentation par la diversification des sources d'approvisionnement	
Economie littorale	EC1 - Economie littorale	Multiplication des formes de valorisation	Repli stratégique contraint et anarchique	Repli stratégique planifié et relance via l'hinterland	Economie du flottant, "offshoring"	Economie déplacée, "land grabbing"
	EC2 - Solidarité et mutualisation (pour adaptation et gestion des crises)	Brutalisation des rapports sociaux	Solidarité à tous les niveaux	Gratation 2 extrêmes : cartels des riches et solidarité des pauvres	Chacun pour soi + redistribution et humanitaire	Financiarisation assurantielle et judiciaire
Gouvernance littorale	G1 - Prise de conscience des risques littoraux (gouvernants et société)	Appropriation des enjeux du SLR	Déni	Prise de conscience de façade	Clivages	
	G2 - Réactivité et degré d'engagement (proactivité, acceptabilité, éducation)	Passivité sans implication	Implication minimale	Réactivité et mobilisation des acteurs concernés	Proactivité et implication de tous les acteurs	
	G3 - Niveau de coordination et mutualisation - échelles locale et globale	Elevée et mondiale	Inexistant, chacun pour soi!	Ciblées, villes côtières en réseau	Entreprises multinationales, les GAFAM prennent la main	Régional, les communautés de destin et d'épreuves à l'échelle d'une région
Contexte global	C1 - Croissance économique globale	Décroissance choisie	Croissance duale	Croissance en stop & go	Décroissance subie, chaos	
	C2 - Mix énergétique (dépendance aux énergies fossiles et commerce interne)	Synergies de tous les acteurs --> décarbonation économie	Fragmentation de la production et de la consommation énergétique	Chaos énergétique priorité à la sécurité énergétique nationale	Priorité à l'autonomie énergétique (priorité sources locales)	
	C3 - Prise de conscience de l'enjeu climatique à l'échelle globale (gouvernants et société)	Appropriation des enjeux du CC	Déni	Prise de conscience de façade	Clivages	
	C4 - Gouvernance géopolitique globale	Chaos généralisé	Fragmentation, stabilité en mosaïque dans un monde multipolaire turbulent	Généralisation d'un ordre cybernétique fondé sur l'IA	Domination par les 2 super puissances	Interdépendance polycentrique "ostromienne" planétaire
	Etat physique de la hausse du niveau des mers en 2100	MODERE +0,5m pente faible EVEX1	SERIEUX +0,5m pente forte EVEX1	GRAVE +1m pente forte EVEX2	EXTREME +2m pente forte EVEX2	

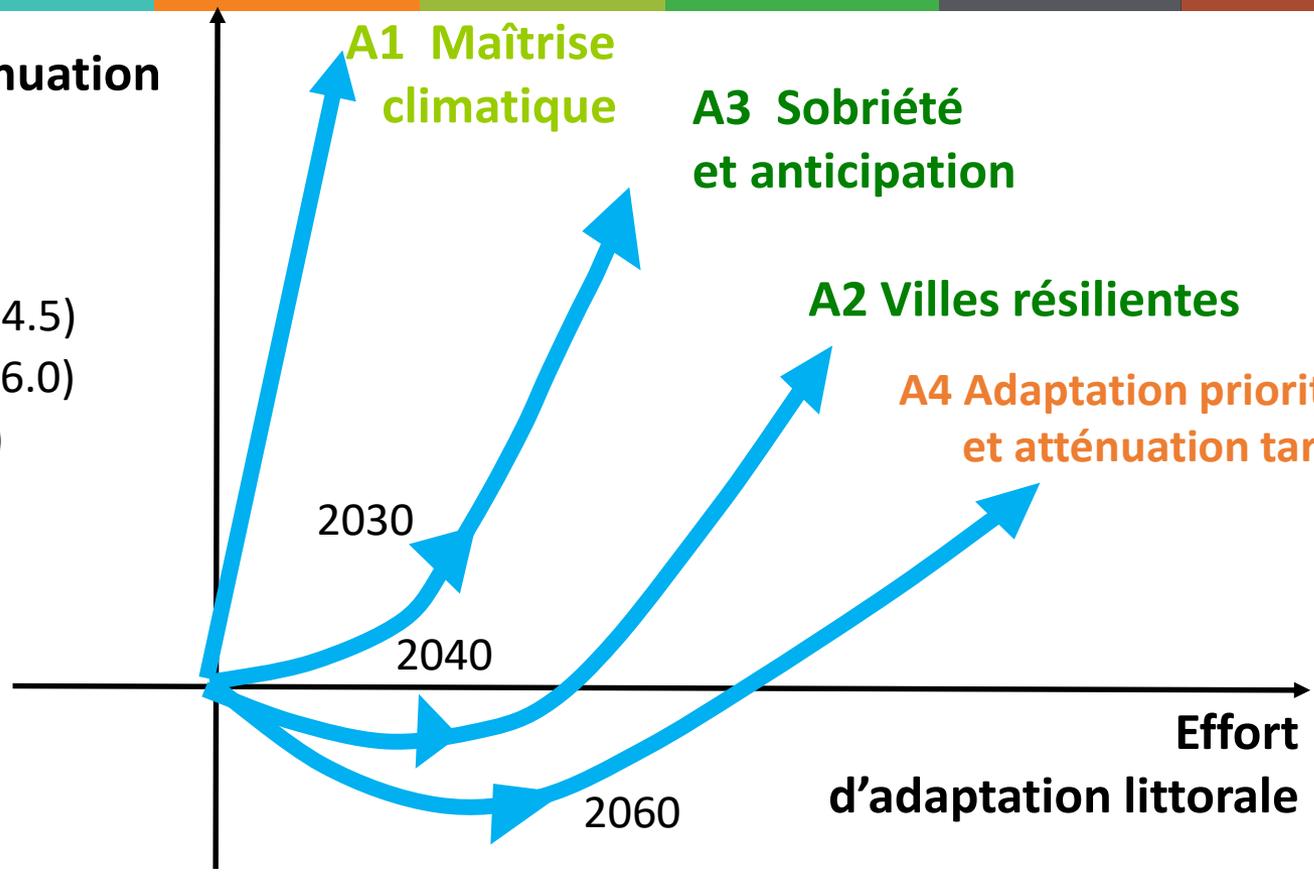
Atténuation

Etat physique à 2100

- Modéré (RCP 2.6-4.5)
- Sérieux (RCP 4.5-6.0)
- Grave (RCP 8.5)
- Extrême (RCP 8.5)

3 familles de scénarios

- Adaptation



A1 - Maîtrise climatique: Atténuation du CC précoce et massive limitant la SLR. Les acteurs, proactifs, mettent tout en œuvre: décarbonation de l'économie, efficacité énergétique, captage du C. Stratégies incrémentales d'adaptation progressive du littoral.

A2 - Villes résilientes: Grandes villes littorales, moteurs de l'économie mondiale, développent l'adaptation en complément d'une politique d'atténuation à partir de 2040 grâce à une coopération internationale. Protections artificielles et naturelles, outils d'anticipation, mesures freinant la subsidence, renforcement de sécurité alimentaire et résilience des infrastructures E et de transport face aux EvEx.

A3 - Sobriété et anticipation : Gouvernance littorale anticipant les conséquences du CC sur littoraux et choix d'une économie de la sobriété à l'échelle mondiale, d'où la réduction des émissions de GES. Un CC moyen qui demande des efforts d'adaptation modérés. Sur certains littoraux : repli stratégique des infrastructures, habitats et activités.

A4 - Adaptation prioritaire et atténuation tardive: Etats s'adaptent précocement et individuellement à la SLR. Après 2060, politiques coordonnées globales d'atténuation (dont décarbonation de l'économie) permettent d'éviter le pire pour la SLR (1m) et garantissent l'efficacité des mesures d'adaptation littorale. Contrôle urbanisation et démographie littorales, retraits stratégiques pour anticiper recul prévisible du trait de côte.



Atténuation

Etat physique à 2100

- Modéré (RCP 2.6-4.5)
- Sérieux (RCP 4.5-6.0)
- Grave (RCP 8.5)
- Extrême (RCP 8.5)

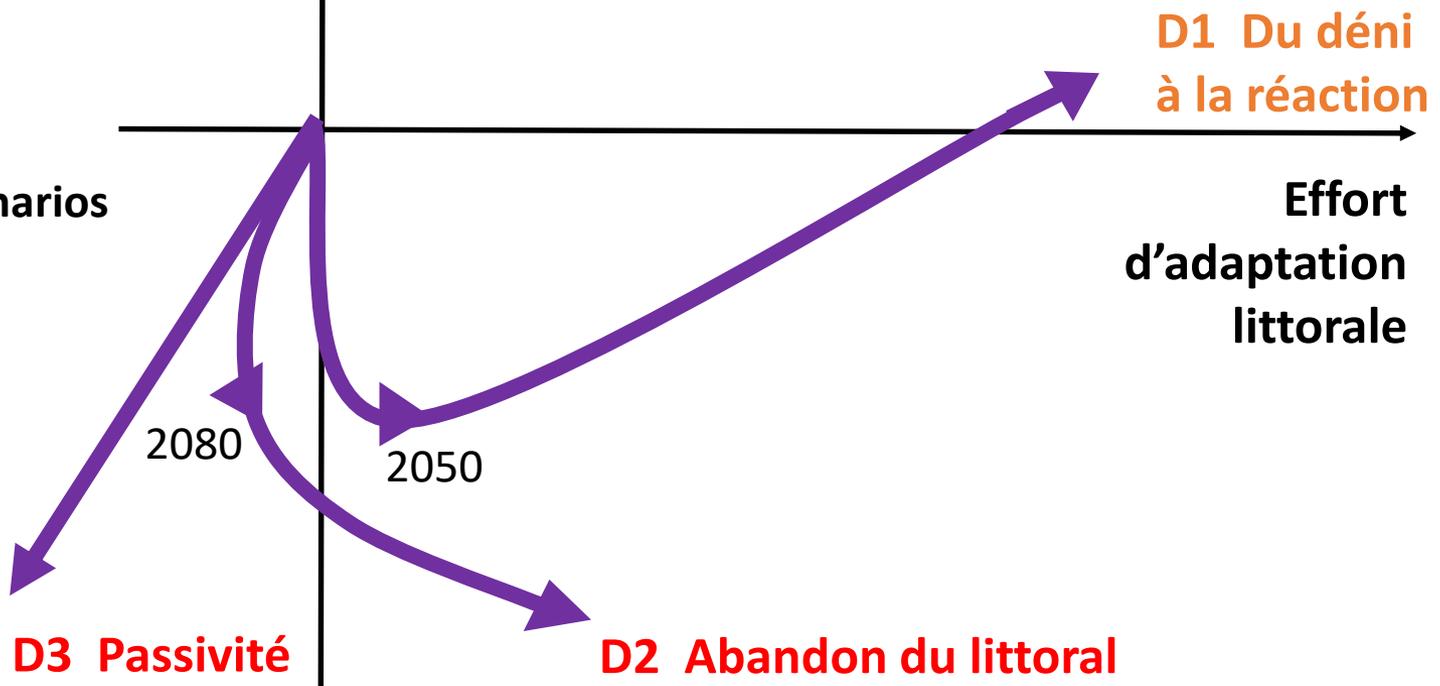
D1 - Du déni à la réaction : Passivité initiale face au CC et SLR. Puis après 2050 prise de conscience et actions massives de réduction GES et d'adaptation des littoraux. Mais trop tardives pour éviter une forte vulnérabilité de certains littoraux.

D2 - Abandon du littoral : Déni du CC et SLR. Face à la SLR, « élites » abandonnent la zone littorale, repli stratégique. Efforts minimaux après 2080, face aux catastrophes affectant populations pauvres littorales: retraits généralisés et massifs des populations vers hinterland.

D3 - Passivité : Déni du CC et de la SLR. Forte vulnérabilité littorale. Submersion marine, crises humanitaires à répétition, fortes migrations.

3 familles de scénarios

— Déni



D1 Du déni à la réaction

Effort d'adaptation littorale

D3 Passivité

D2 Abandon du littoral



Atténuation

Etat physique à 2100

- Modéré (RCP 2.6-4.5)
- Sérieux (RCP 4.5-6.0)
- Grave (RCP 8.5)
- Extrême (RCP 8.5)

3 familles de scénarios

- Monde fragmenté

F - Fragmentation persistante : fragmentation de la gouvernance mondiale. Stratégies d'adaptation varient selon moyens financiers et technologiques des Etats. Accélération du CC et de la SLR.

Un monde fragmenté et « hybride » :

- des Etats riches, ayant des stratégies d'anticipation de la SLR et investissant massivement pour se protéger,
- des Etats pauvres qui subissent les effet de la SLR, et voient leur vulnérabilité s'accroitre sans capacité d'y remédier.

Effort
d'adaptation
littorale

**F Fragmentation persistante
(résultante moyenne)**

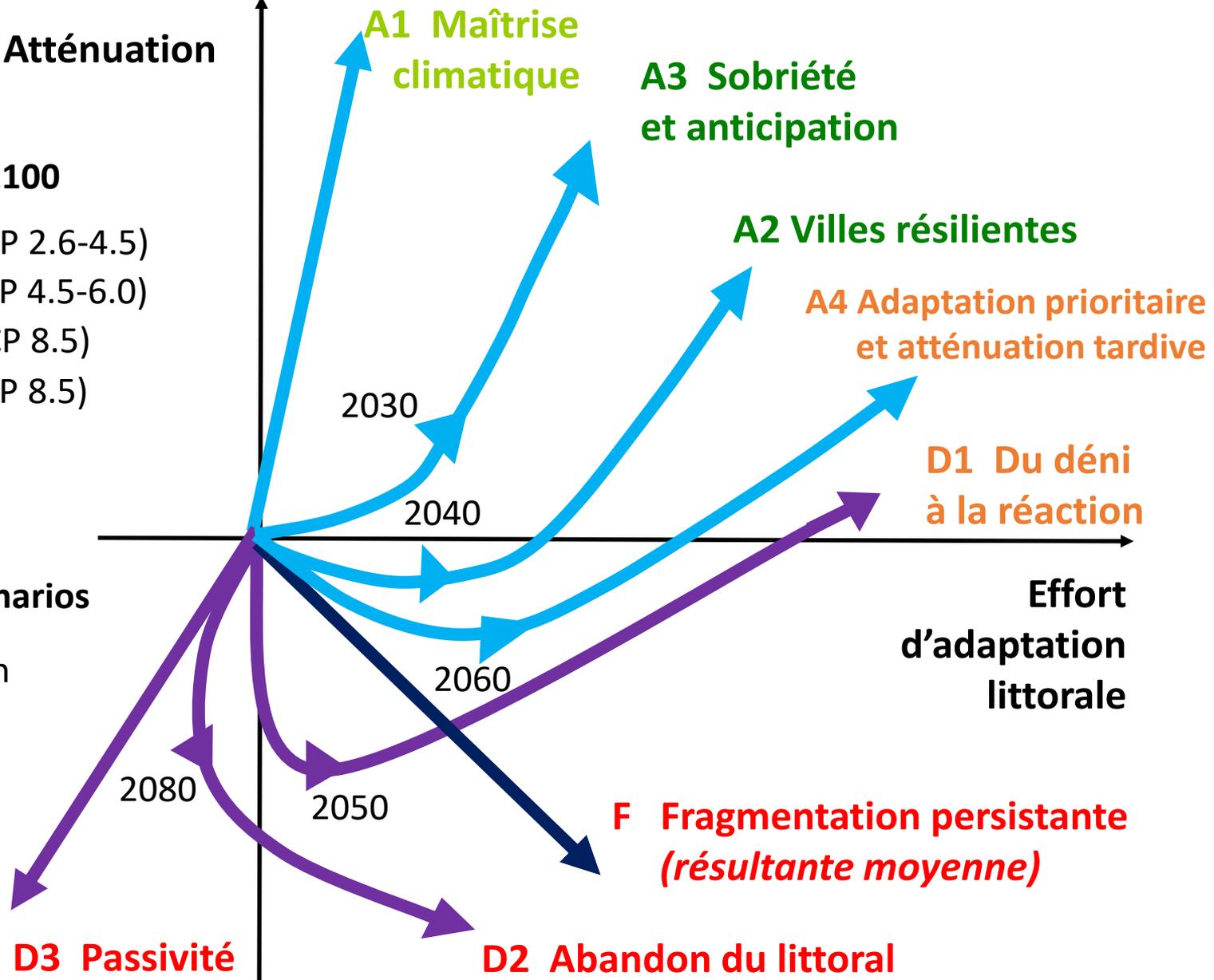
Atténuation

Etat physique à 2100

- Modéré (RCP 2.6-4.5)
- Sérieux (RCP 4.5-6.0)
- Grave (RCP 8.5)
- Extrême (RCP 8.5)

3 familles de scénarios

- Adaptation
- Déni
- Monde fragmenté





Focus territorial 1 : Le Vietnam

- **Pays vulnérable avec 2 grands deltas** très peuplés; forte activité agricole et industrielle (50% du riz et 75% prod. aquacole dans delta Mékong)
- **Subsidence accélérée** par les barrages, pompages et extraction (X4; effet cumulé: **- 1,5 cm/an**)
- **Ambivalence** sur l'interprétation du SLR et moyens limités
- **Problèmes aigus vers 2050**
(*17 millions de personnes à déplacer*)
- Cas d'étude car **en avance de phase** des autres côtes basses dans le monde (50 ans)





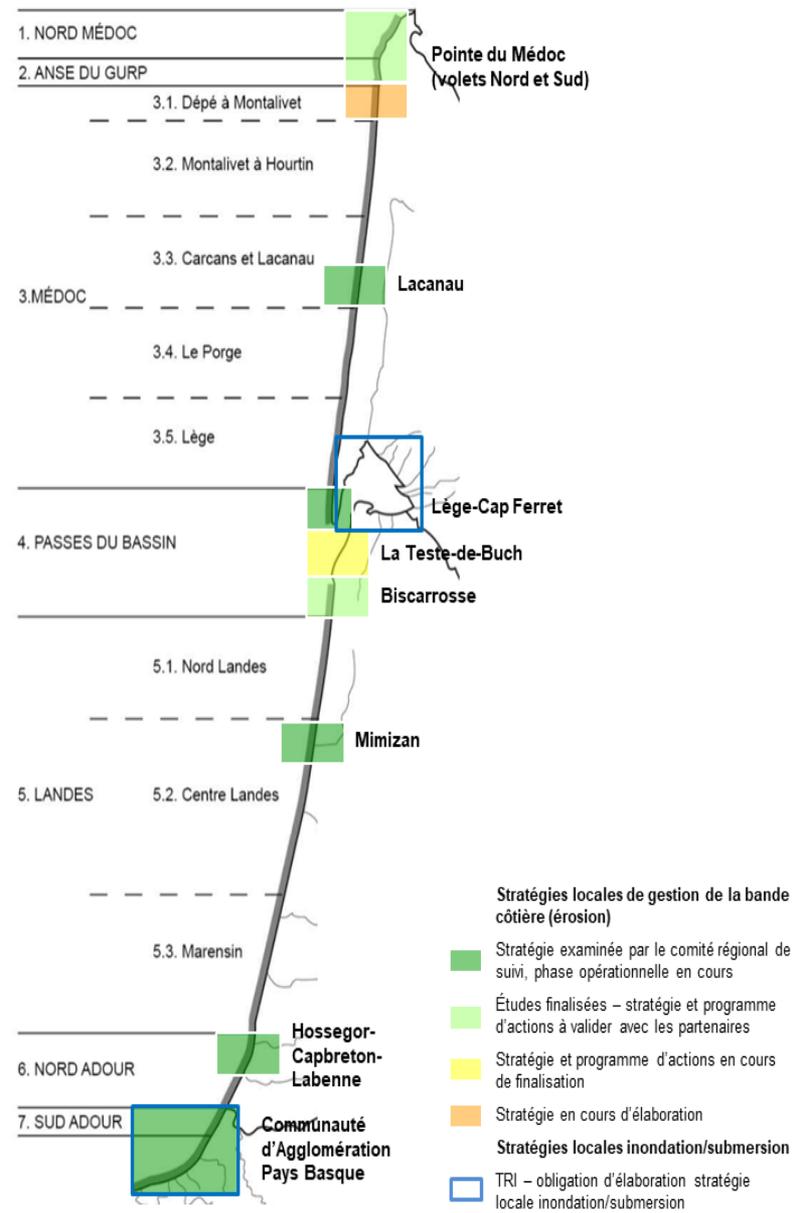
Focus territorial 2 : Les Pays-Bas

- « **Pays-delta** » le plus vulnérable d'Europe
- **Prise de conscience** ancienne + catastrophe de 1953
- **Submersion marine ET inondation fluviale** (Rhin-Meuse)
- **Grands moyens** de suivi, modélisation, protection...
- **Accélération** du phénomène et besoin de réactivité accrue
- Approches des **limites du système** (2075?)



Focus territorial 3 : la Nouvelle Aquitaine

- **Côte sédimentaire basse vulnérable**
- **Région Charentes la plus + exposée**
- **Région dynamique et attractive**
- **Prise de conscience risques + action publique planification / gestion (2000)**
- **3 scénarios :**
 - Abandon subi du littoral,
 - Dépoldérisation générale,
 - Protection ciblée des villes et sites de valeur (ex. stations balnéaires)





Positionnement des scénarios des focus territoriaux dans les 3 familles

	Aquitaine			Pays-Bas		Vietnam		
A1 Maîtrise climatique								
A2 Villes résilientes			Mé- tro- poles		Réaménage -mt littoral			
A3 Sobriété et anticipation								
A4 Adaptation prioritaire		Aqui- tania		Limites technologie		Prise de conscience & proaction		
F Fragmentation								
D1 Du déni à la réaction		Aqui- tania						
D2 Abandon progressif	Dérive						Crises ré- currentes	
D3 Passivité								Déni & cata- strophes



Conclusions

Cette élévation est **inélucltable** à 2100

Son niveau dépend de **l'intensité du réchauffement climatique** et de sa **durée**

L'atténuation du changement climatique est donc un bon levier mais nécessite une **action globale concertée**

Une **atténuation précoce et massive** limiterait les efforts d'adaptation littorale

L'adaptation relève surtout de **politiques et d'actions locales**

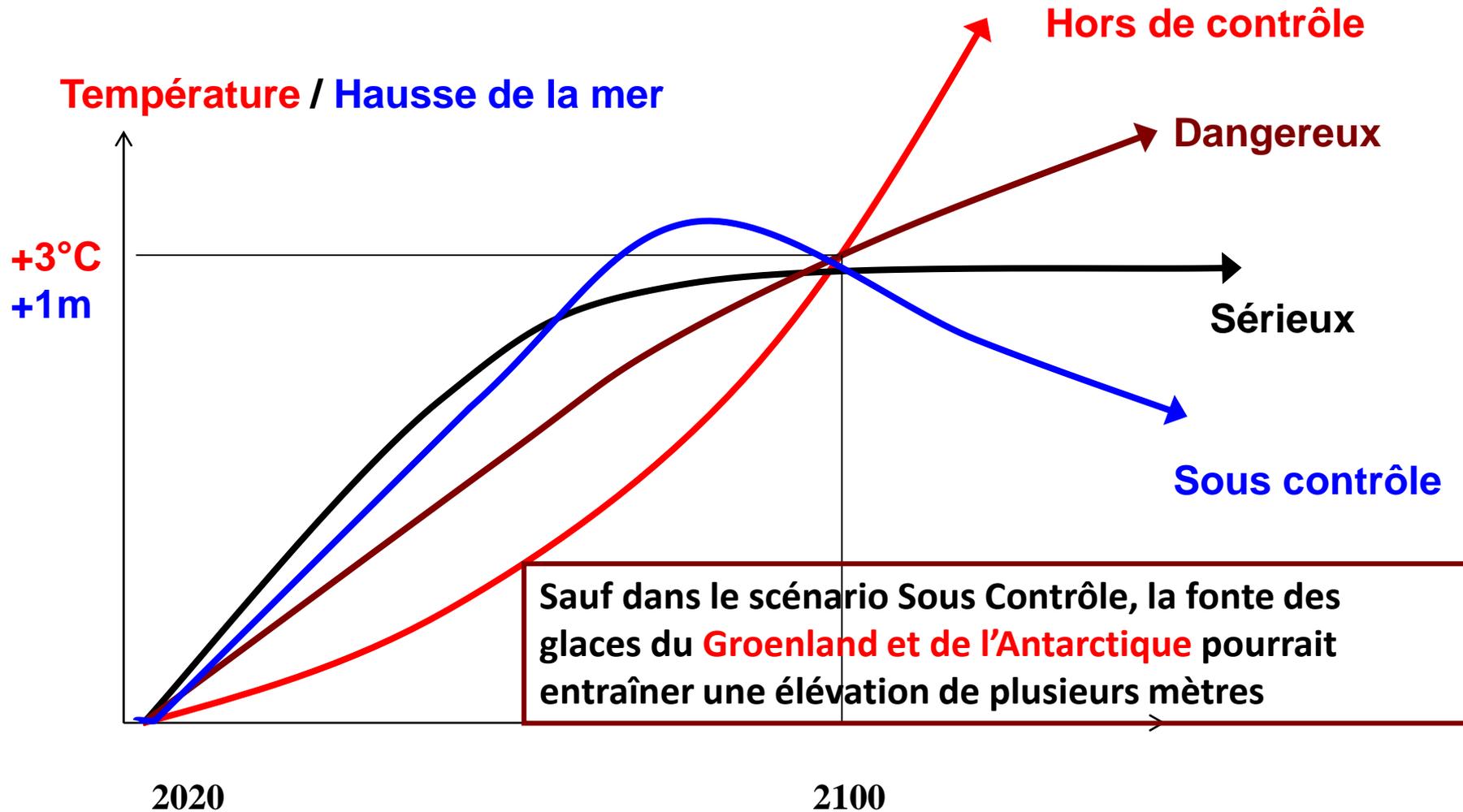
Juxtaposer les politiques nationales risque de déboucher sur une situation « **extrême** »

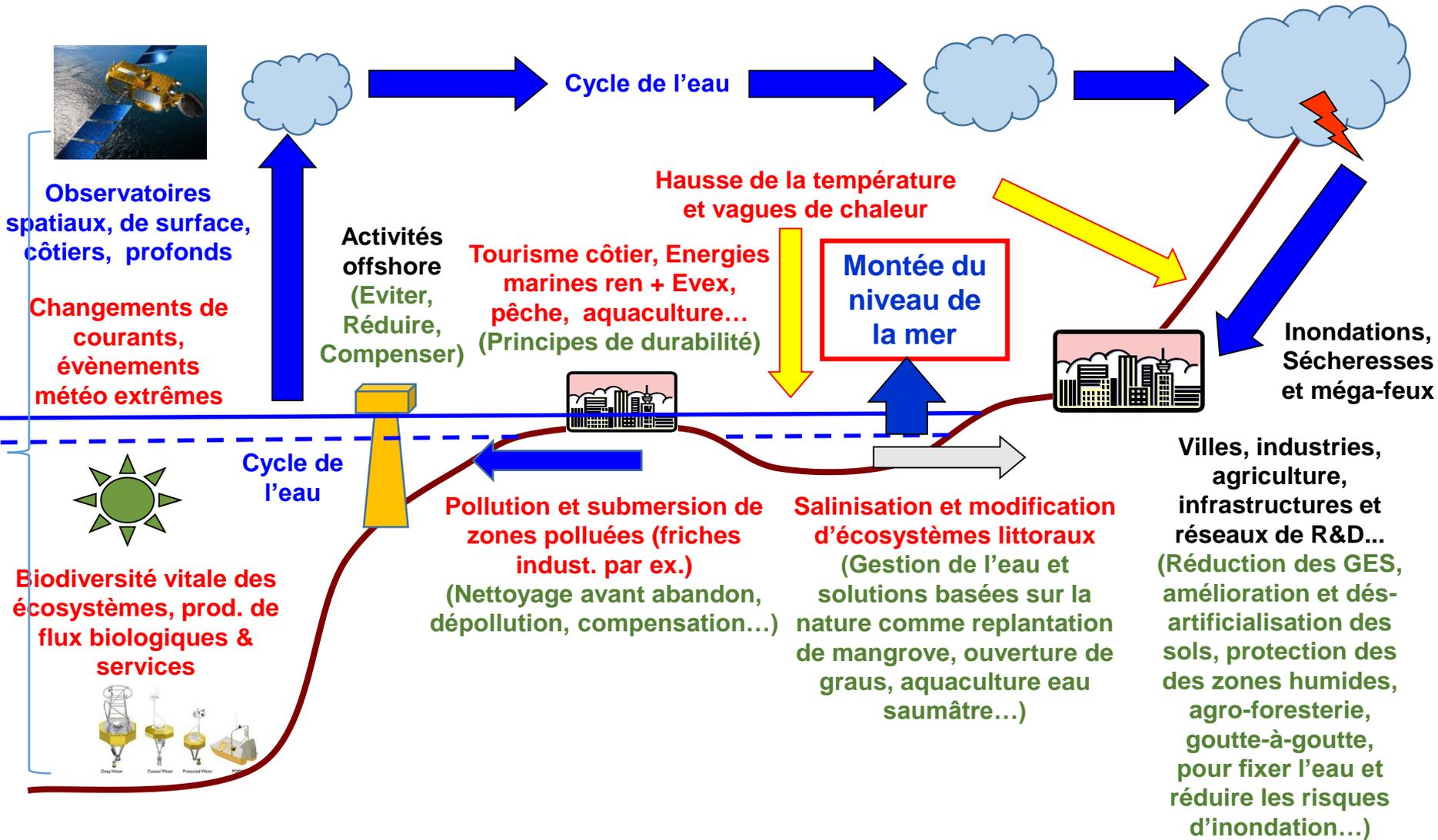
Anticiper permettrait de réduire les coûts et de limiter les crises

La **recherche** joue un rôle central pour **comprendre** le phénomène, le quantifier, **éclairer** les choix stratégiques de gouvernance et **accompagner** les transitions nécessaires

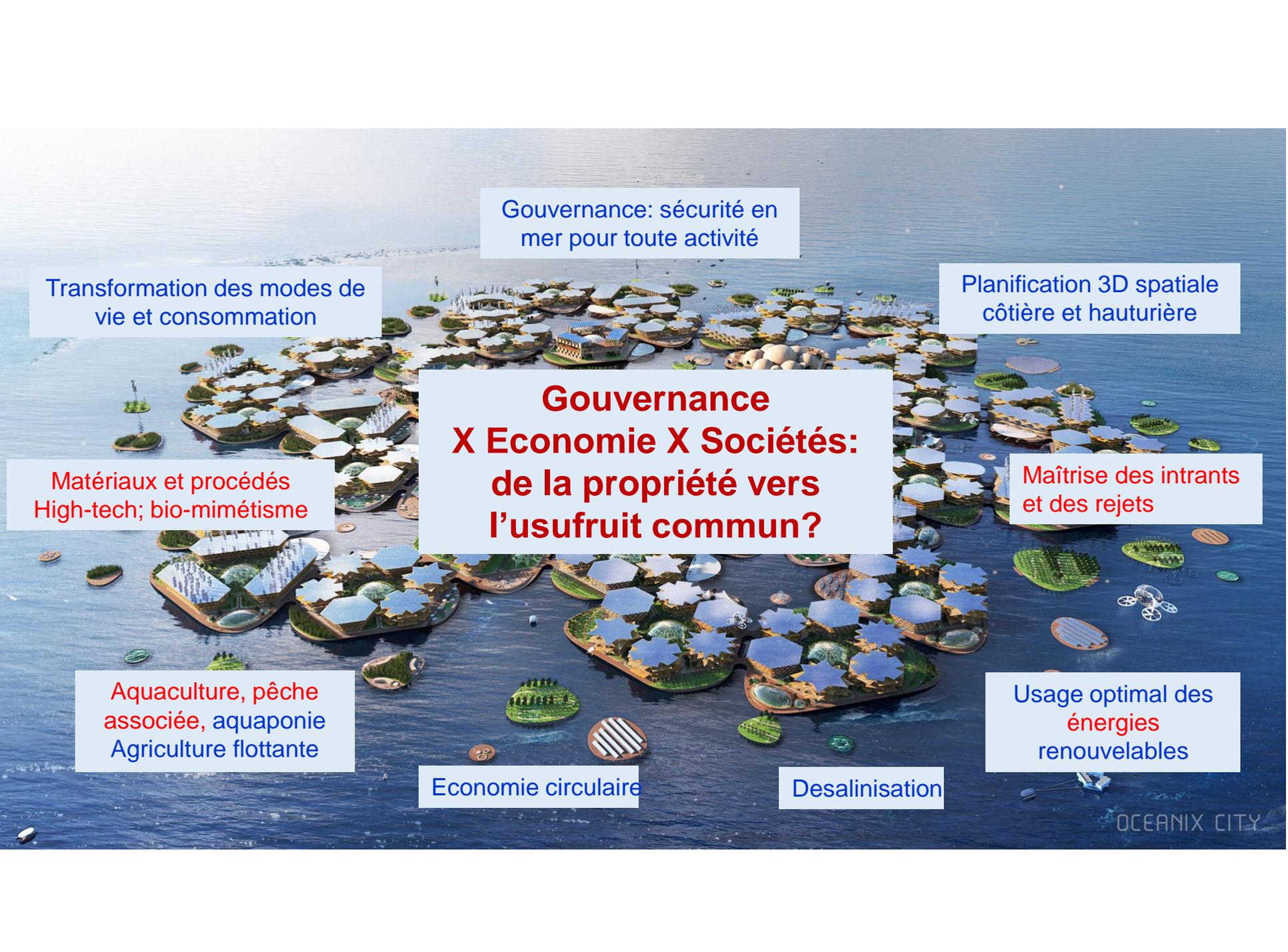
Quelle résilience possible?

Rappel : dynamique du changement climatique





Les domaines de **résilience** possibles



Gouvernance: sécurité en mer pour toute activité

Transformation des modes de vie et consommation

Planification 3D spatiale côtière et hauturière

Gouvernance X Economie X Sociétés: de la propriété vers l'usufruit commun?

Matériaux et procédés High-tech; bio-mimétisme

Maîtrise des intrants et des rejets

Aquaculture, pêche associée, aquaponie
Agriculture flottante

Usage optimal des énergies renouvelables

Economie circulaire

Desalinisation



**« La vraie responsabilité
n'est pas celle des intentions
mais celle des conséquences de ses choix »**

Max Weber

**« Apprenons à éviter l'ingérable
Pour gérer l'inévitable »**

GIEC

Merci de votre attention



L'océan, nouvelle « frontière » économique

(OCDE, 2010 et Camdessus, 2018: le monde en 2050)

- Secteurs: pétrole/gaz offshore (33%), tourisme (26%), transport et ports (13%), équipement (11%), pêche, aquaculture, biotechnos
- Transport maritime (90% produits), **X4 à 2030**; levier vital de dévpt pour les pays émergents (*G7, de 52% du PIB en 2000 à 20% en 2050; France: du 6^e au 14^e rang*); tous gagnants?
- Emploi : pêche (36%), tourisme (23%).
- Emploi 2030 : **40 millions d'ETH** (1% main d'œuvre du Monde).
- Croissances les plus fortes : énergie éolienne (+24%), aquaculture, ports, transformation prod. de la mer
- **Doublement de l'économie maritime** à 2030 (proportions conservées) ; 3,6% croissance /an
- La valeur ajoutée globale (GVA) : 3.000 milliards \$ en 2030 (= GVA de l'Allemagne = **2,5% GVA monde**)



Risques et menaces

- ❖ **La population : + 1 milliard d'ici 15 ans, 2e milliard à 2050 (50% en Afrique); urbanisation anarchique 13 mégaloportes côtières; 1 milliard vulnérable (de 0 à 10 m)**
- ❖ **Croissance économique à 3% mais inégalités accrues et crises**
- ❖ **Pollutions variées et croissantes**
- ❖ **Perturbations climatiques accrues, peu prévisibles, plutôt négatives, peu calculables, mais à atténuer (Stern, 2006)**
- ❖ **Finitude des ressources; Pressions sur minerais et métaux; exploitation en profond? Mais avec quels impacts?**
- ❖ **Monde multi-polaire peu stable car forts enjeux en mer: puissance, sécurité, ressources, routes... (ex: Chine)**

Opportunités

❑ **Nvilles technologies** : matériaux, nano et biotechnos, capteurs et imagerie, engins sous-marins, satellites spécialisés...

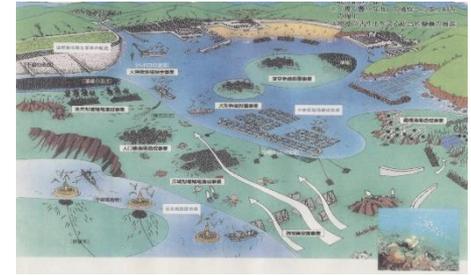


❑ **Nbses applications** : cartographie, forage profond, gestion du trafic, prévention des marées noires, traçabilité des stocks de poissons, EMR et multi-usage, réseaux mondiaux d'observation, biotechnos dont remédiation (C02)... (*mais danger de clivage*)

❑ En gouvernance, à menace commune, réponse coordonnée (pollution plastique par ex.); **renforcement des dispositifs internationaux** (ISA pour les fonds marins, l'IUCN pour le monde vivant, Marpol pour la pollution, l'IMO/ILO pour la navigation...

❑ Réussir les objectifs de dévpt durable, sinon chaos probable

Vers une gestion intégrée de l'océan ?



- ✓ « Il est très probable qu'un **monde multi-polaire** va rester encore longtemps fragmenté au plan de la gouvernance de l'océan (convention UNCLOS), chaque pays maritime cherchant en priorité à valoriser d'abord sa ZEE » (OCDE).
- ✓ La croissance de l'économie marine **augmentera les pressions**, déjà fortes, sur le milieu

D'où le besoin d'aller vers une **économie de la durabilité** par

- ✓ l'aménagement concerté des ZEE par les pays
- ✓ la coopération int'le en S&T&I (observer, mesure, contrôler)
- ✓ la gestion intégrée de l'océan par les outils de coop. int'le (ex :ISA)

Brève bibliographie



Afriat C. et J. Theys, 2017: La grande transition. FYP Paris. 240 p.

Cornish Edward, 2004: Futuring: the exploration of the future; Bethesda (Md): World Future Society, 313 p.

Benoit G. et A. Comeau (Coord.), 2005: Méditerranée : les perspectives du Plan bleu sur l'environnement et le développement. Paris Ed. de l'Aube. 428 p.

Gaudin Thierry, 2005. La prospective. PUF. Coll. Que sais-je ?. 126 p..

Godet M. et P. Durance P, 2008 : La prospective stratégique, pour les entreprises et les territoires, Dunod, col. Topos+, 224 p.

Jouvenel H. de, 2004: Une invitation à la prospective. Futuribles. Coll. Perspectives. 89 p.

Passet René, 1979 : L'Economie et le Vivant; Payot. 350 p.

Jules Verne, 1870: Vingt mille lieues sous les mers. Hetzel Col. *Magasin d'éducation et de récréation*

Remerciements pour les contributions de H. de Jouvenel, M. de Lattre-Gasquet, V. Lamblin, J. Theys et S. Treyer