

MATINÉE DE L'IGEDD

28 octobre 2022

L'impact du changement climatique
sur l'élévation du niveau des mers

L'adaptation des infrastructures portuaires,
maritimes et fluviales

Matinée animée par Nathalie Croisé

Introduction par Paul Delduc

Chef de l'Inspection générale de
l'environnement et du développement
durable

Table ronde 1 : Quels sont les impacts du changement climatique sur l'élévation du niveau des mers ?



Gaël Durand

Directeur de recherche au CNRS Grenoble

Gonéri Le Cozannet

Chercheur au BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) à Orléans

Denis Lacroix

Délégué à la prospective à la direction générale IFREMER
(Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer)

● Véronique Lhideux

Cheffe du service des risques naturels et hydrauliques à la DGPR
(Direction générale de la prévention des risques)



Gaël Durand

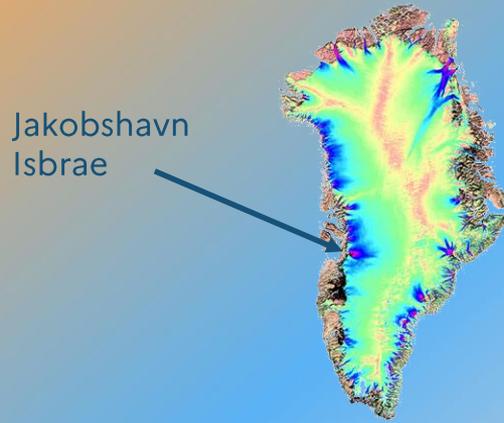
Directeur de recherche au CNRS Grenoble



Glaciologie : quelles conséquences tirer des incertitudes relatives aux instabilités de la calotte glaciaire Antarctique ?



Groenland

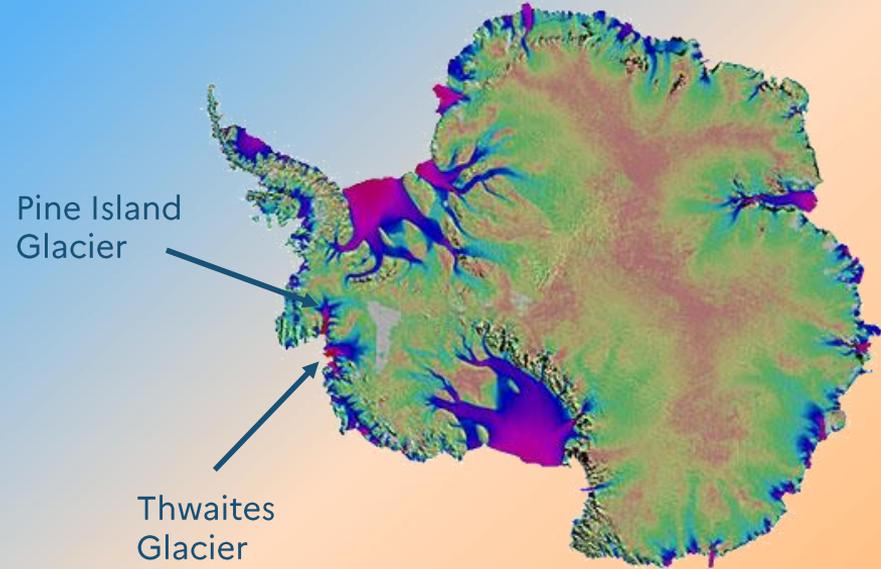


2 millions de km²
~7 m eqSLR



1000 km

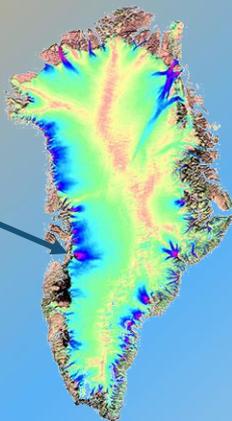
Antarctique



14 millions de km²
~60 m eqSLR

Groenland

Jakobshavn
Isbrae



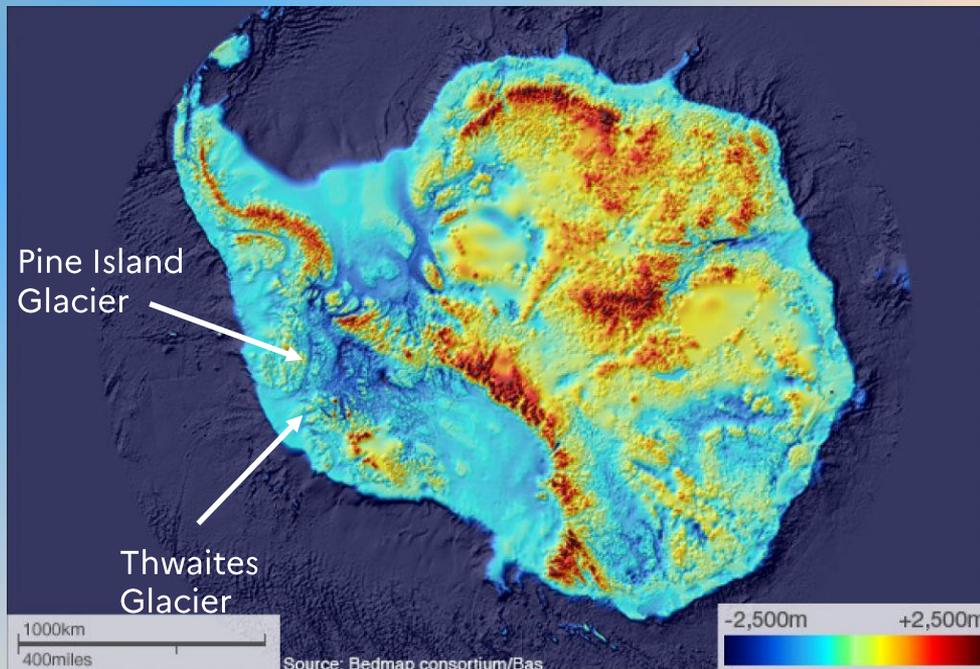
2 millions de km²
~7 m eqSLR

1000 km

Antarctique

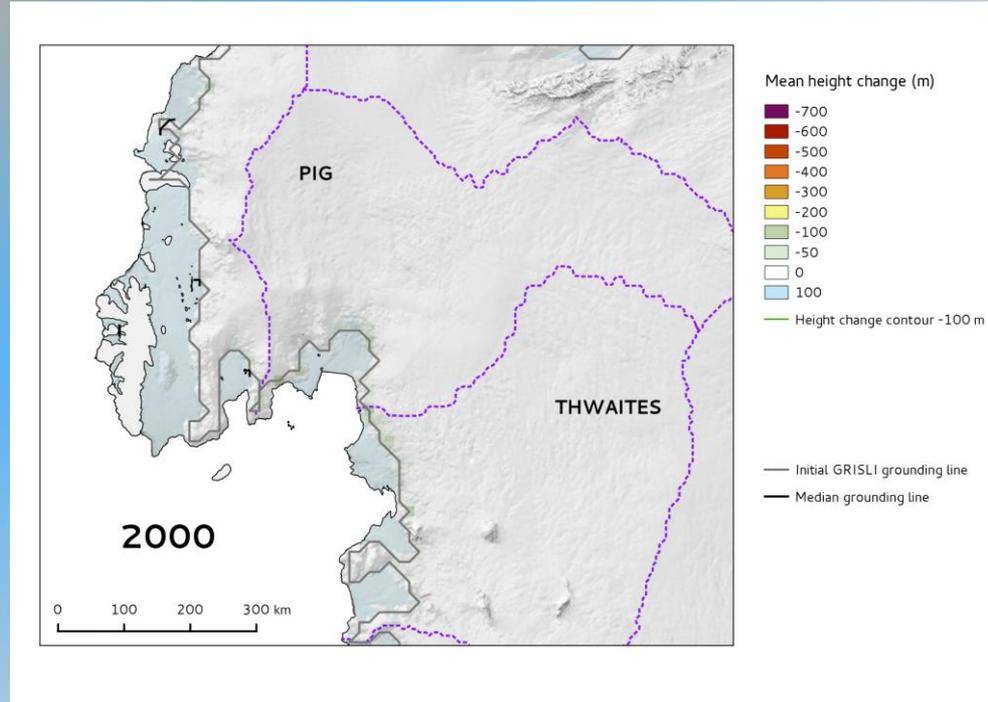
Pine Island
Glacier

Thwaites
Glacier



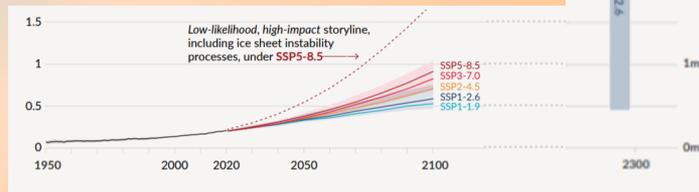
14 millions de km²
~60 m eqSLR

Instabilité des calottes marines – Baie d'Amundsen



Le potentiel d'effondrement des calottes glaciaires

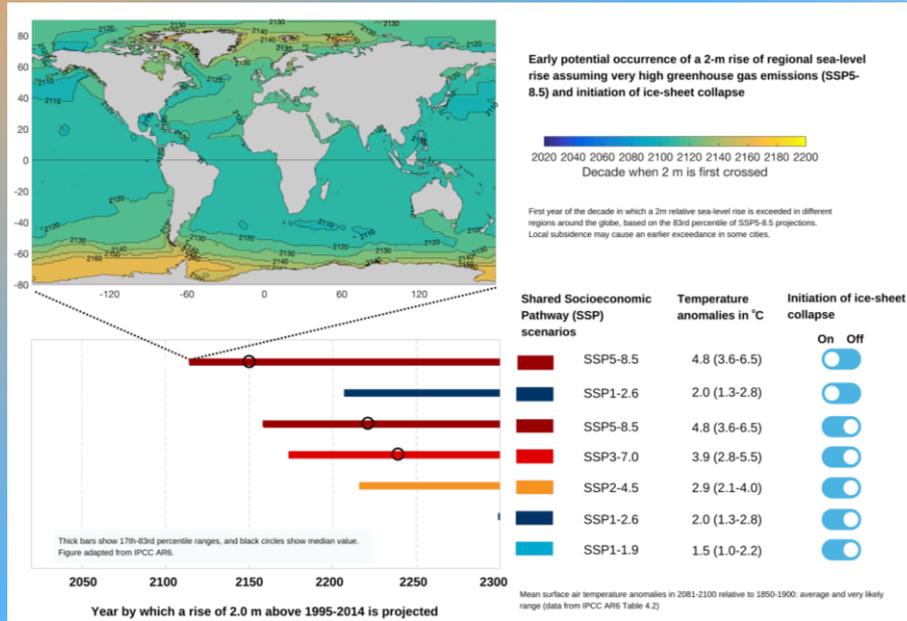
- L'effondrement de grandes régions de la calotte Antarctique est un scénario défavorable qui ne peut être totalement exclu, même si le monde reste sous la barre des 2°C de réchauffement climatique.
- La probabilité d'un effondrement de la calotte Antarctique augmente avec le réchauffement. Un déclenchement rapide de ces processus pourrait entraîner un dépassement de 2 m du niveau de la mer au début des années 2100.
- Plusieurs décennies de recherche ont révélé des surprises liées au comportement de la calotte glaciaire. Les incertitudes sont susceptibles de persister dans un avenir prévisible.



Sea level rise greater than 15m cannot be ruled out with high emissions



When will a 2-m rise in sea level occur ?



Même si les objectifs de l'Accord de Paris sont atteints et que le changement climatique se stabilise à 1,5°C au niveau mondial, l'engagement d'une élévation du niveau moyen de la mer au cours des deux prochains millénaires est de 2 à 3 mètres.

L'élévation du niveau moyen de la mer peut dépasser 2 m d'ici 2120 si le changement climatique reste sans atténuation et dépasse un niveau de réchauffement mondial de 4°C (SSP-8.5).

Ce qu'il faut retenir

Une augmentation de 2 m du niveau de la mer est probablement inévitable. L'incertitude porte sur le calendrier, quelque part entre un siècle et les deux mille prochaines années.

L'atténuation est un devoir, l'adaptation une nécessité.



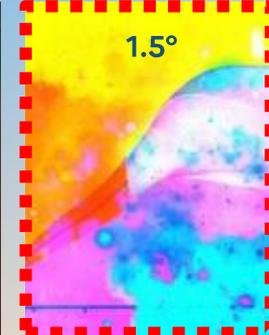
Gonéri Le Cozannet

Chercheur au BRGM à Orléans

Le 6ème rapport du GIEC

- Synthèse la plus récente et la plus précise sur la science du climat, les conséquences du changement climatique, l'adaptation et l'atténuation
- Informe les gouvernements et les autres acteurs sur les conséquences de leurs décisions (pas de recommandations dans les rapports)
- 6ème rapport d'évaluation: 721 scientifiques de 90 pays
- WG2: 270 auteurs de 67 pays ont analysé 34,000 études en 4 ans
- Adaptation à l'élévation du niveau de la mer dans le WG2: CCB dans le Ch3, CCP2, autres chapitres (régionaux notamment)

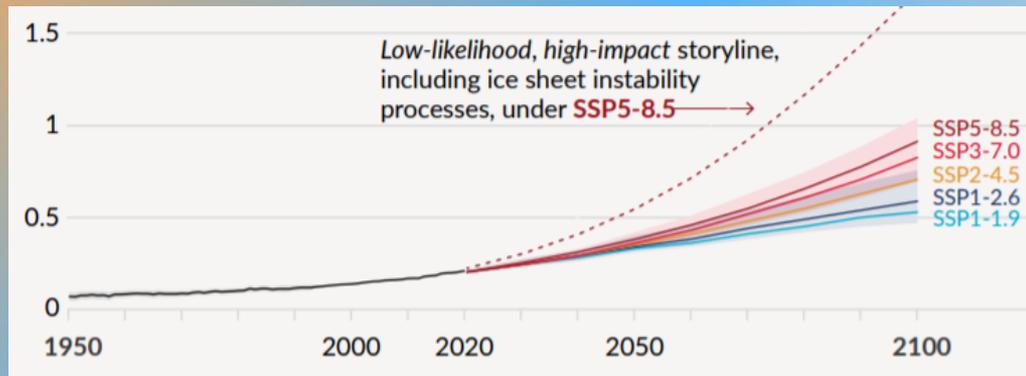
Rapports spéciaux



Rapports d'évaluation



Les risques côtiers affectés par l'élévation du niveau de la mer

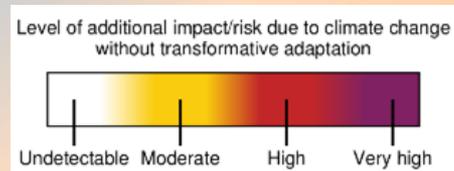
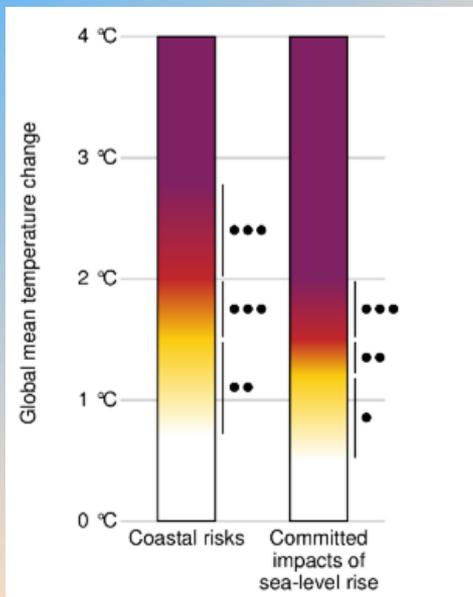
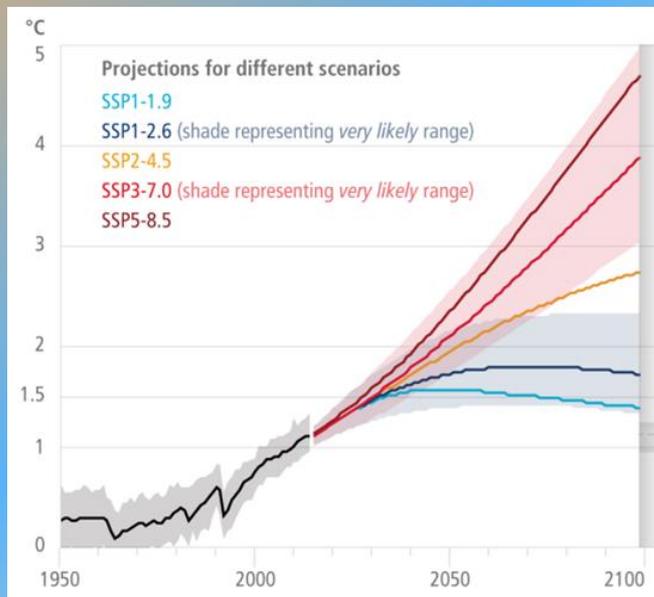


- Submersions chroniques à marée haute
- Augmentation des submersions lors de tempêtes
- Accentuation de la salinisation
- Sites les plus sensibles
- Aggravation de l'érosion
- Submersion permanente



Pendant des prochaines décennies et siècles: des enjeux importants menacés

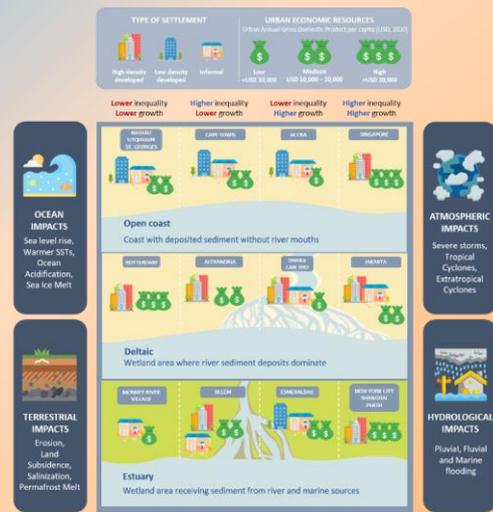
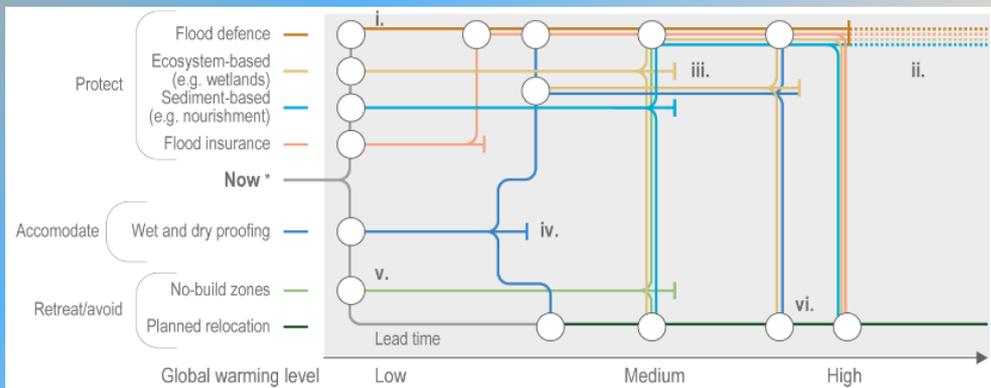
- Menace existentielle pour des états insulaires
- Infrastructures à longue durée de vie: énergie, transport, ports, villes...
- Sites culturels
- Sites et sols pollués



Nicholls et al., 2021; AR6 WGII CCP4, CCB SLR

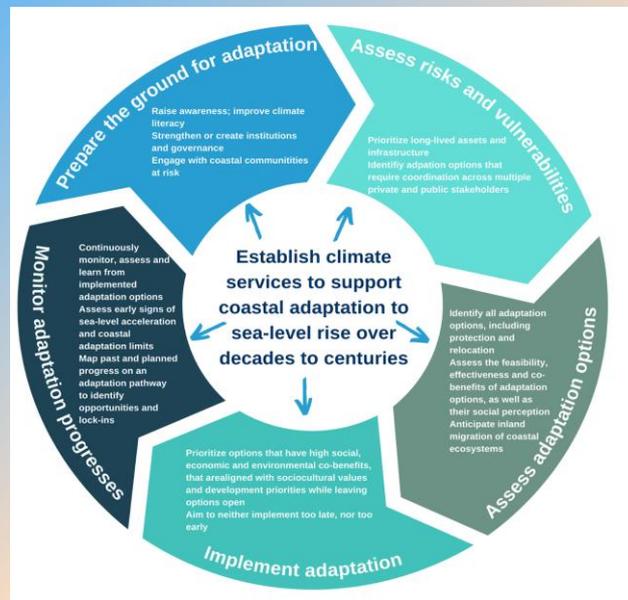
Conditions favorables à l'adaptation côtière

- Cohérence avec les priorités de développement et les valeurs socio-culturelles
- Un processus d'engagement inclusif des acteurs et des personnes exposées
- Une gouvernance et des institutions capables d'anticiper et d'accompagner les transformations
- L'adaptation et sa gouvernance mettent typiquement une ou plusieurs décennies à se mettre en place



Policy Brief : Quelles actions pour anticiper plusieurs mètres d'élévation du niveau de la mer?

- Une gouvernance qui mettra des décennies à se mettre en place
- Prendre du recul: quelle vision avons nous des zones côtières dans 10, 20, 50, 100 ans ?



Denis Lacroix

Délégué à la prospective à la direction
générale IFREMER



ifremer

LA MER MONTE: SCENARIOS A 2100

EXPOSÉ POUR ATELIER IGEDD
MINISTÈRE TRANSITION ÉCOLOGIQUE
28 OCT. 2022

Denis LACROIX
Délégué à la prospective à la Direction générale
de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer



Plan

1. Quelques constats
2. Ce que dit la Science
3. Une approche de prospective
4. Cas du Viet-Nam
5. Cas des Pays-Bas



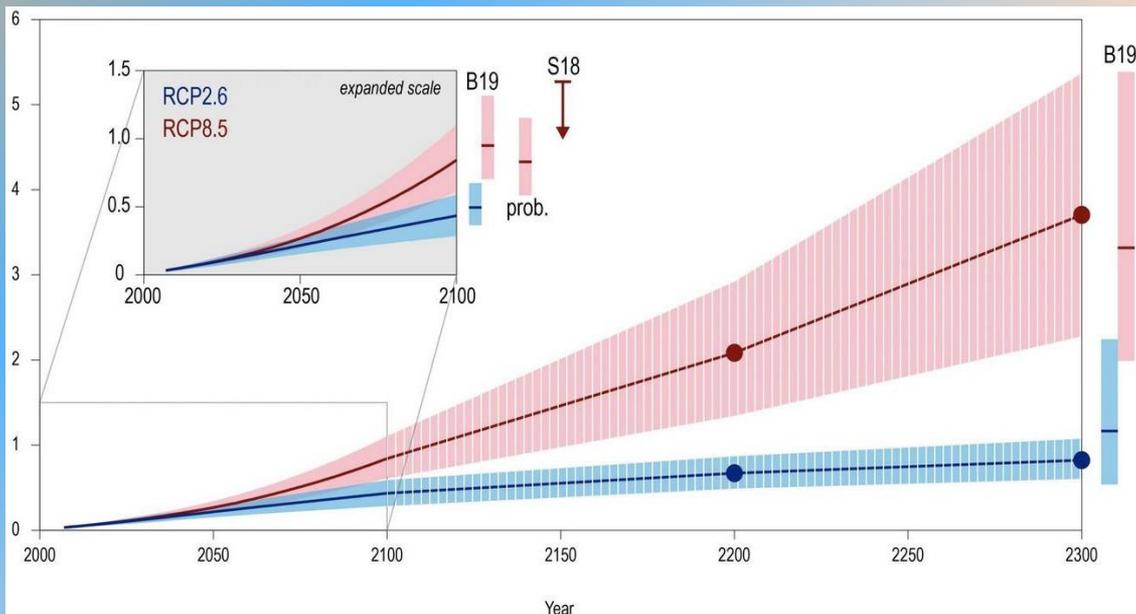
1. Quelques constats: un changement aux conséquences multiples

- 1: liée au changement climatique
- 2: associée aux tempêtes (Evex)
- 3: érode le littoral
- 4: affecte le monde rural + les villes
- 5: affecte des infrastructures + activités
- 6: dévalorise le patrimoine exposé
- 7: menace les îles
- 8: offre des opportunités de valorisation
- 9: elle ouvre des espaces à la technologie, l'aménagement et au rêve



2. Ce que dit la science: Phénomène certain, d'origine anthropique, en accélération

Hausse moyenne projetée de 2020 à 2300



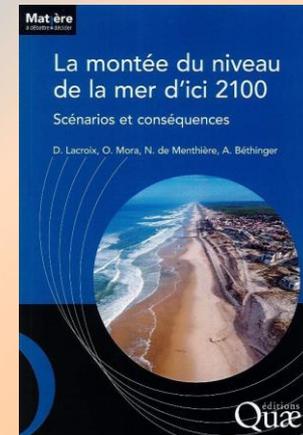
3. Une définition de la prospective

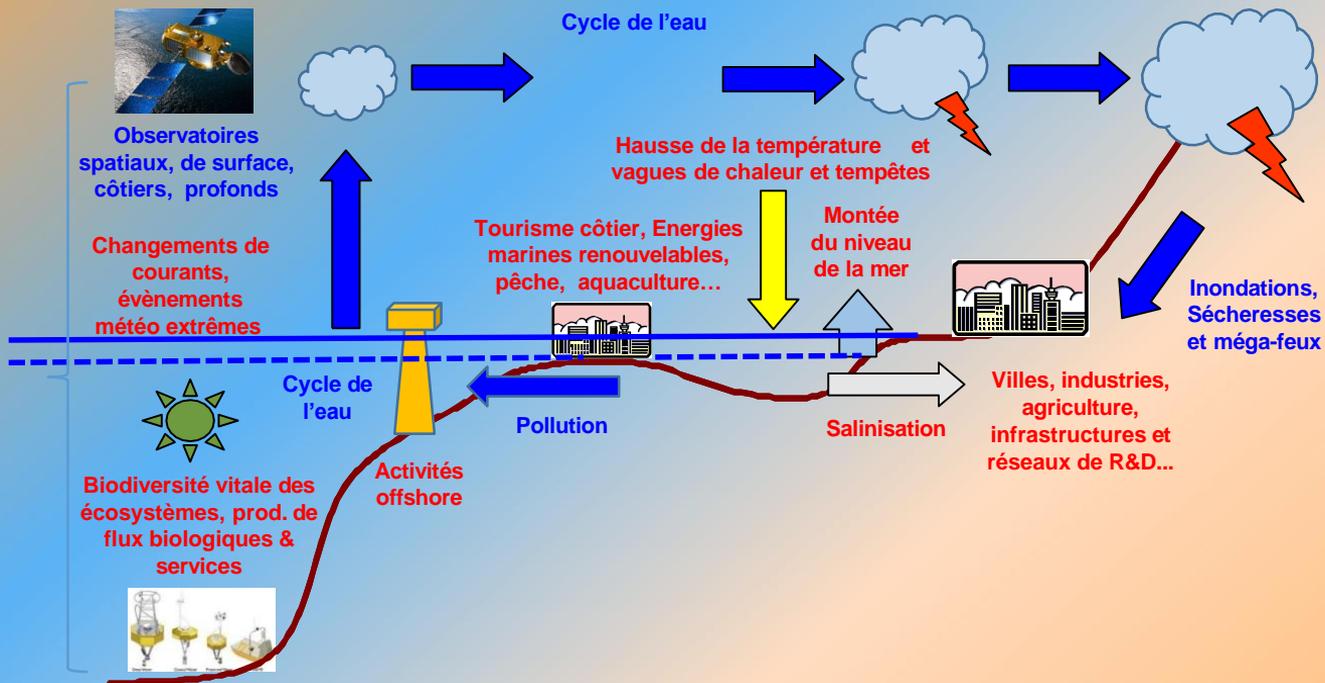
Analyse sur une question précise structurée autour d'un système dynamique à 10 ans ++ dans un espace donné avec des variables et des acteurs admettant des ruptures et visant à éclairer la réflexion et l'action



La montée du niveau de la mer : conséquences et anticipations d'ici 2100 L'éclairage de la prospective (2017- 2019)

- Etude demandée par le Ministère de la recherche
- 20 experts (15 instituts)
- 23 variables (en 7 composantes) (Agriculture, urbanisme, économie...)
- 3 focus: Vietnam, Pays-Bas, Aquitaine
- Méthode: scénarios
- Produits: papier, rapport, exposés, et un livre





On structure le système

Les scénarios : combinaison d'hypothèses (ex: 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 migrations au sein/vers des mégapoles 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 côtières constituent des secteurs de forte vulnérabilité sanitaire	Le développement non maîtrisé de mégapoles 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)	Transition 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 agricoles	Substitution des cultures par l'élevage agricoles	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 valorisation	Repli stratégique contraint et anarchique de	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	Gradation 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 SIR	Déni	Prise de conscience de façade	Chivages	
	G2 - Réactivité et degré d'engagement (proactivité, acceptabilité, éducation)	Pessivité sans implication	Implication minimale	Réactivité et mobilisation des acteurs littoraux	Proactivité et implication de tous les acteurs	
	G3 - Niveau de coordination et mutualisation - échelles locale et globale	Élevée et mondiale	Inexistant, chacun pour soi	Cible, villes côtières en réseau	Entreprises multinationales, les GAFAM prennent la main	Régional, les communautés de destin et d'épaves à l'échelle d'une région
Contexte global	C1 - Croissance économique globale	Décroissance choisie	Croissance duale	Croissance en stop & go	Décroissance subtile, chaos	
	C2 - Mix énergétique (dépendance aux énergies fossiles et commerce interne)	Synergies de tous les acteurs -> décarbonation économique	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 (transition à l'échelle globale (gouvernants et société)	Appropriation des enjeux du CC	Déni	Prise de conscience de façade	Chivages	
	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 EVEY1	SERIEUX +0,5m pente forte EVEY1	GRAVE +1m pente forte EVEY2	EXTREME +2m pente forte EVEY2	

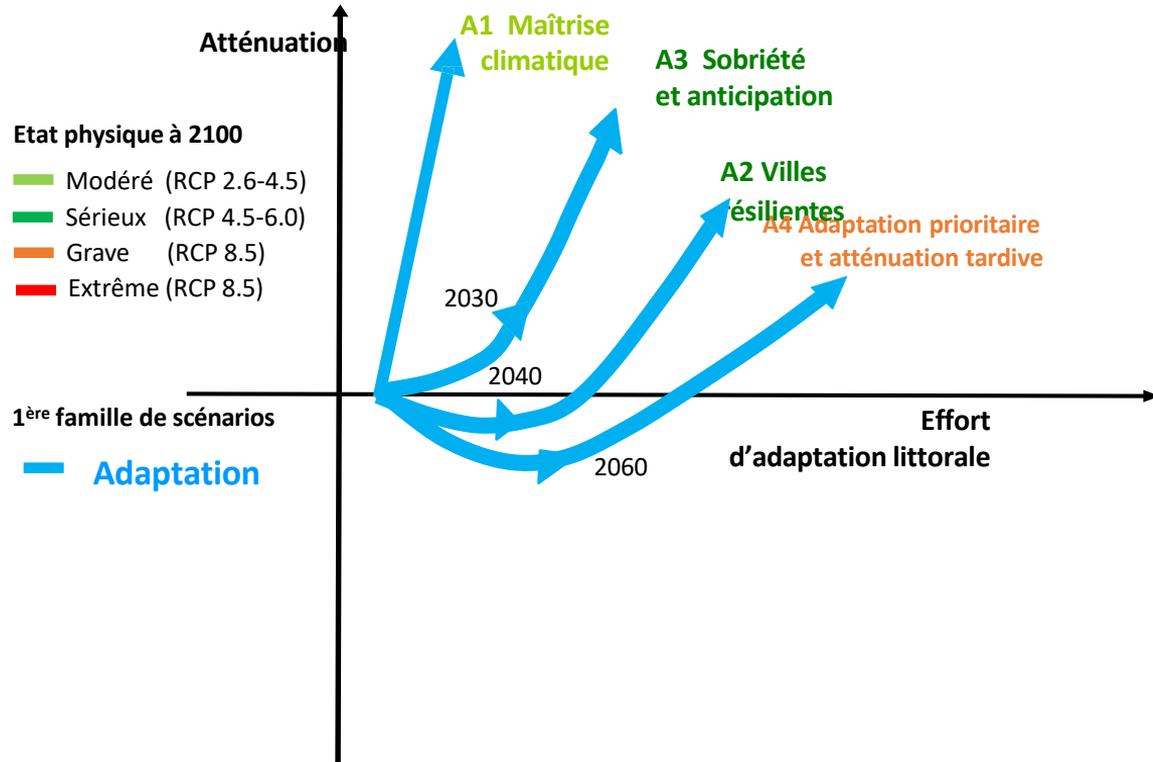
Trois familles de scénarios

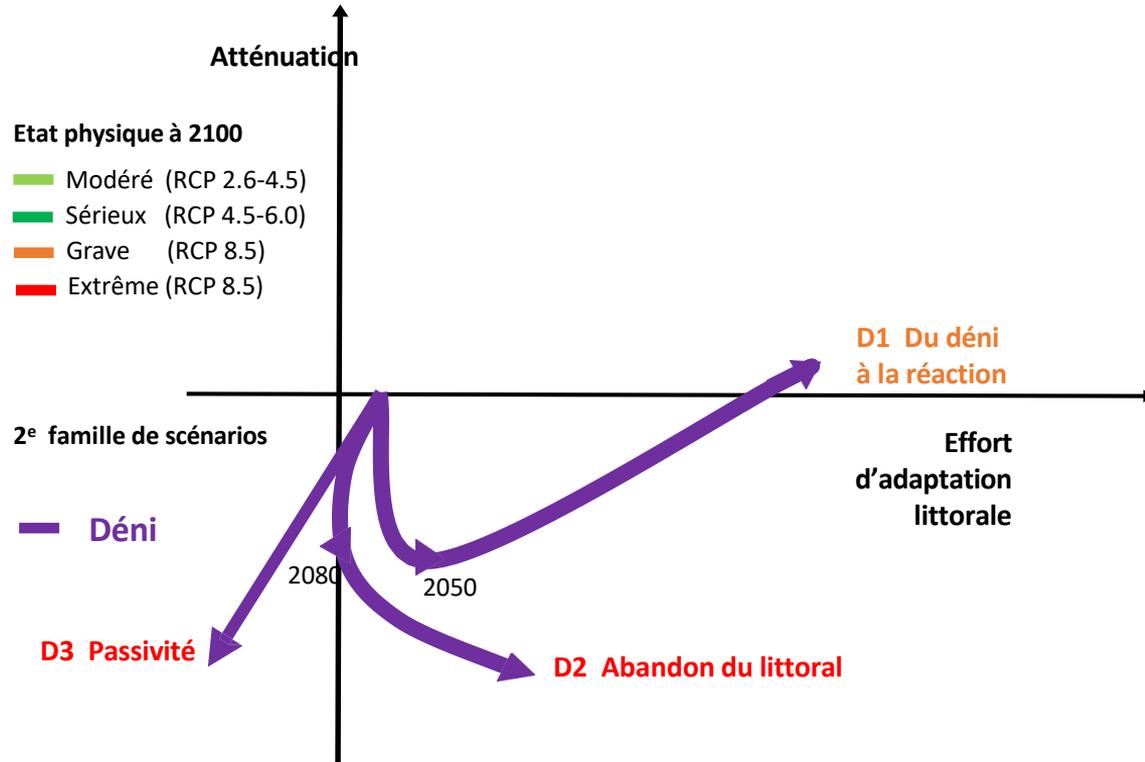
8 scénarios regroupés en 3 familles :

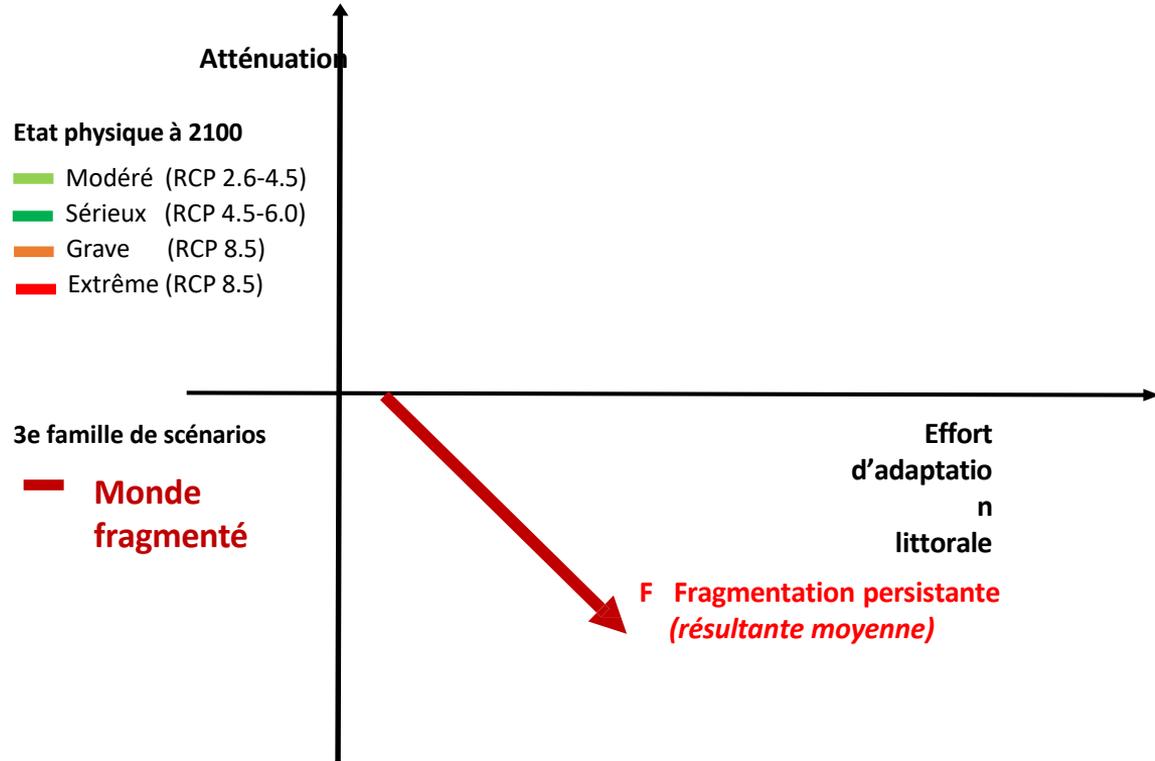
- Adaptation du littoral
- Dénier du phénomène du changement climatique
- Monde fragmenté

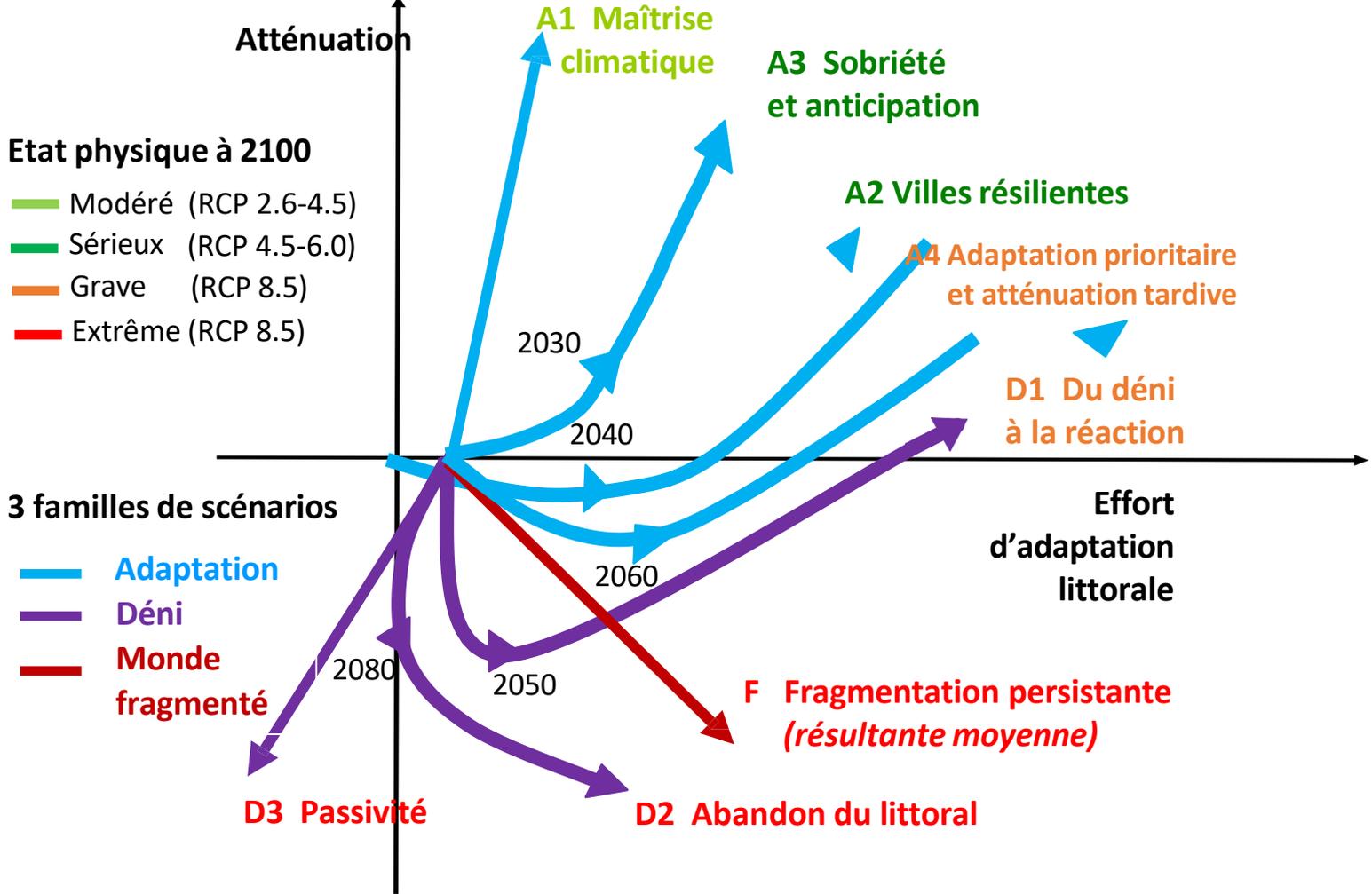
Scénarios présentés selon les critères :

- Effort d'adaptation littoral
- Effort d'atténuation du changement climatique









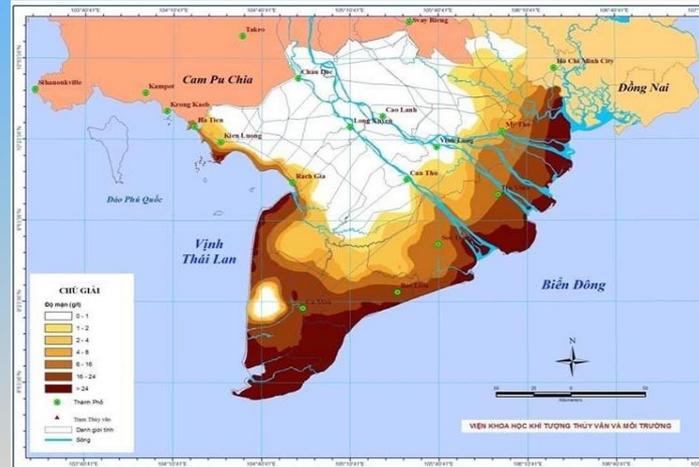
4. Exemple 1 : Le Vietnam

- **Pays vulnérable avec 2 grands deltas** très peuplés et productifs (50% du riz et 75% aquaculture dans le delta du Mékong)
- **Subsidence accélérée** par les barrages (19), pompage et extraction (X4; effet cumulé: - 1,5 cm/an)
- **Ambivalence** sur ces faits 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)



Conséquences

- Inondations + fortes, + fréquentes (vulnérabilité des villes)
- Erosion accélérée de la côte
- Pertes des terres agricoles; + aquaculture eau saumâtre



Gradient de salinité: 0 à 24 ppm

5. Exemple 2 : Les Pays-Bas

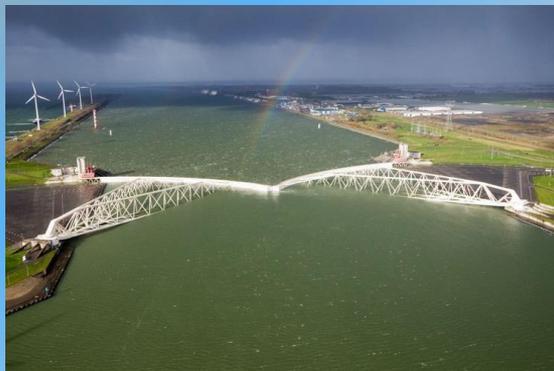


« Pays-delta » le plus vulnérable d'Europe

Prise de conscience lors catastrophe de 1953
(2500 morts; 2.000 km² submergés)

Plan de gestion sur 50 ans
Urgence d'un nouveau plan?

- Submersion marine et inondation fluviale (Rhin-Meuse-Escaut)
- Grands moyens de suivi, modélisation, protection... => Plan Delta
- Accélération du phénomène et besoin de réactivité accrue
- Approches des limites du système (2075?)



Maeslantkering – canal de Rotterdam



Les maisons flottantes d'IJburg, en banlieue d'Amsterdam pourront s'adapter à la montée des eaux.

2 images pour résumer: Simulation lido Frontignan-Palavas

Il va falloir choisir la stratégie: protéger, s'adapter, reculer...?



Source Figure 3.11 du CROC (2021) – basée sur une présentation de l'EID Méditerranée et du Conservatoire du Littoral, 6/11/2020

Si vous respirez encore... Merci de
votre attention



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

GIEC

Véronique Lehideux

Cheffe du service des risques naturels et hydrauliques à la DGPR
(Direction générale de la prévention des risques)

Les enjeux sur les territoires côtiers exposés au risque d'inondation par submersion marine

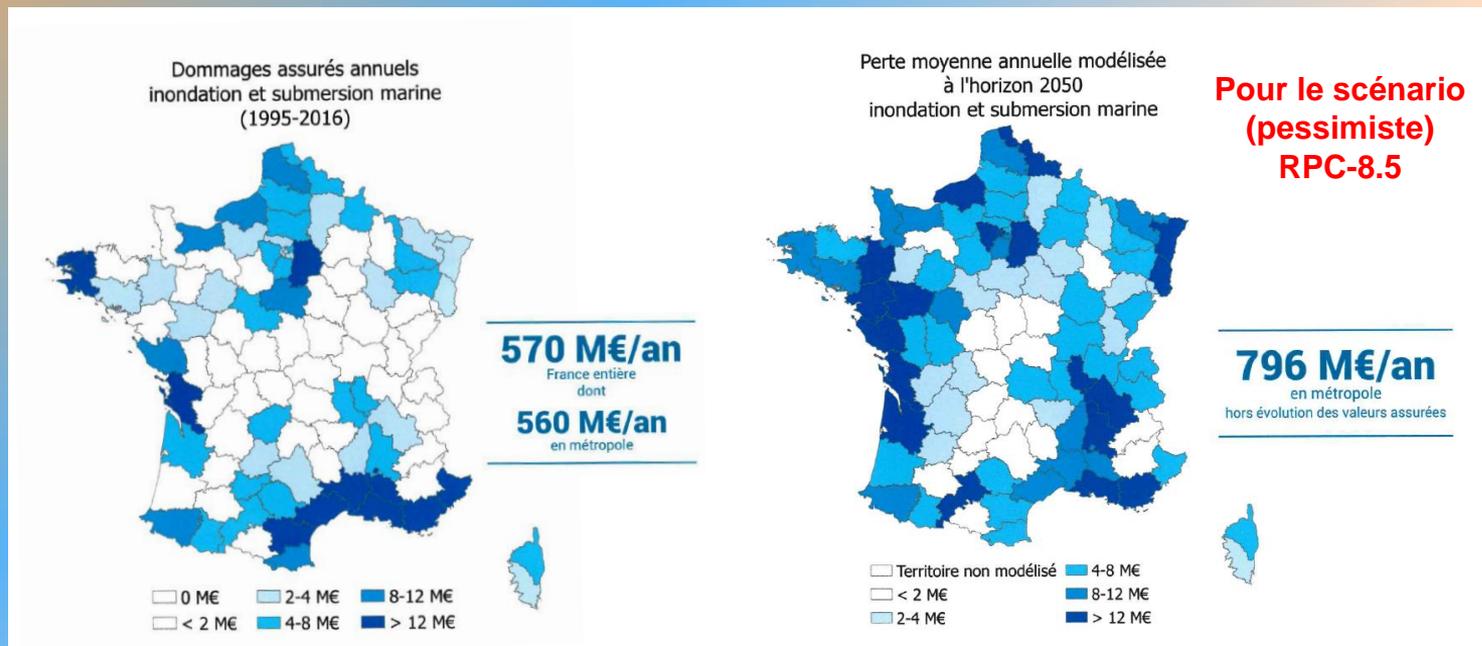
- 1 français sur 8 habite près du littoral
- 1,4 million d'habitants exposés à la submersion marine
- 20 % de maisons individuelles de plain-pied
- 850 000 emplois exposés aux submersions marines

→ d'ici 2040 : + 1,4 million d'habitants
dans les communes littorales d'ici 2040

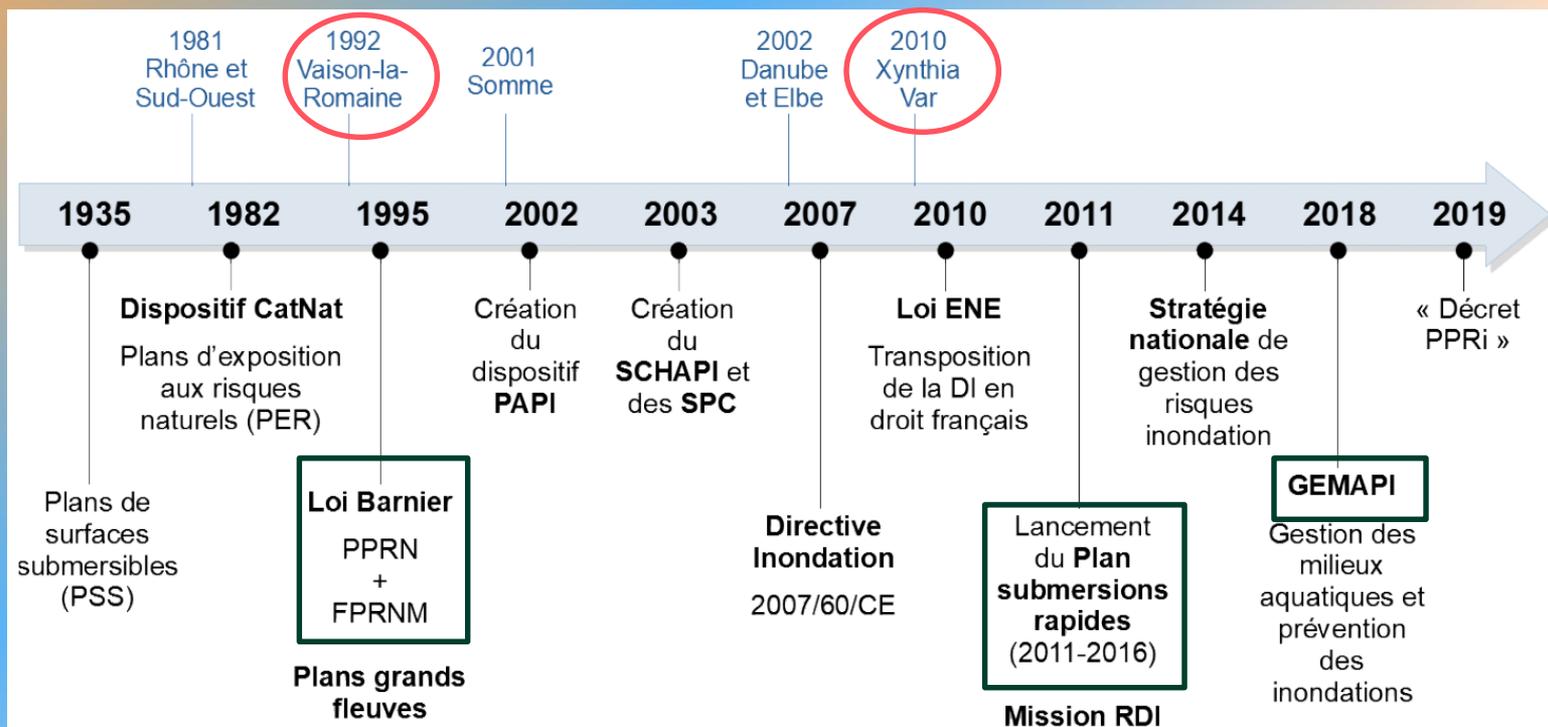


Le changement climatique et les dommages

En 2050 : augmentation des dommages modélisés avec + 26 % sur le littoral atlantique/méditerranéen



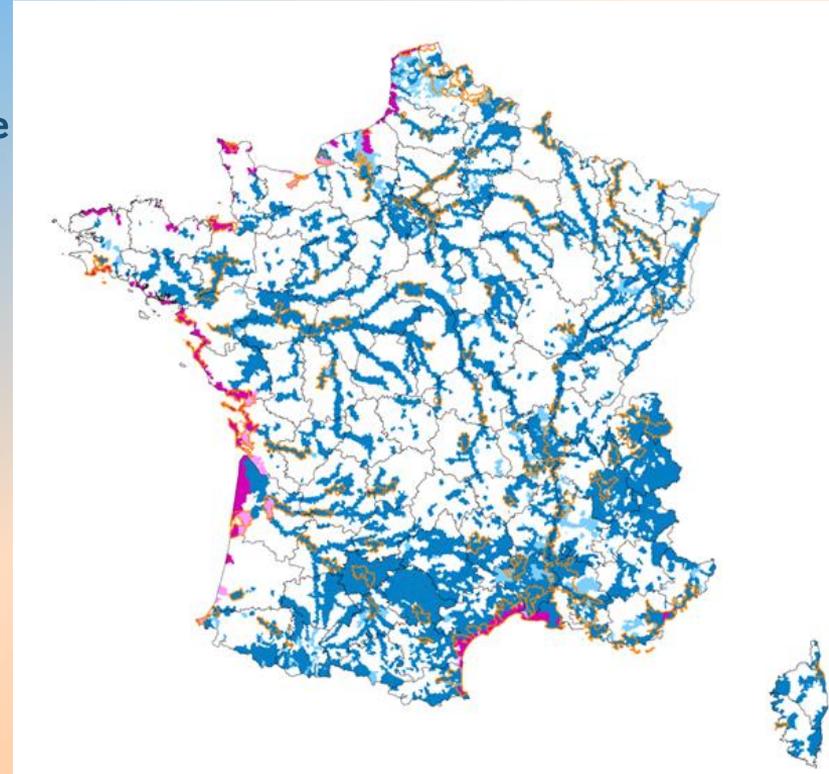
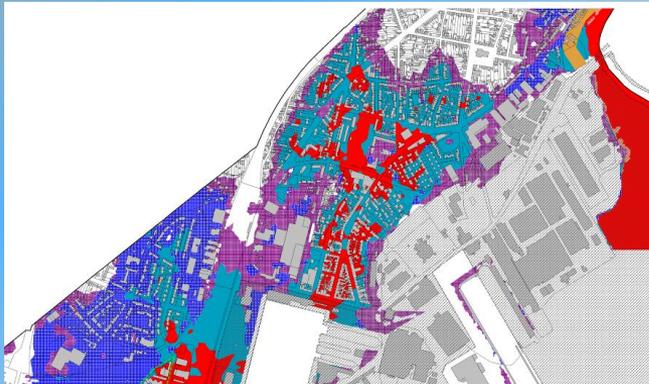
Les outils de la prévention des risques





Les plans de prévention des risques d'inondation et littoraux

- Une **cartographie des inondations** sur un territoire donné (commune ou ensemble de communes).
 - Un règlement qui vise à **interdire les nouvelles constructions** dans les zones les plus à risque ou à les autoriser avec **des prescriptions dans les zones de risque moindre**.
- Prescrit par le préfet, établi **en association avec les élus**
- **Servitude d'utilité publique** (s'impose au PLU)
→ Fort impact **sur l'aménagement territorial**



Le PPRL : un outil de prévention qui intègre « déjà » le changement climatique

Aléa de référence du PPRN : déterminé à partir de l'événement le plus important connu et documenté ou un événement théorique de fréquence centennale, si ce dernier est plus important.



PPRL = le seul plan de prévention avec deux aléas :

- l'aléa de référence (pour le court terme) et un aléa à l'horizon 100 ans
- chacun d'entre eux **major**e les observations du niveau marin connu pour prendre en compte le changement climatique : + 20 cm et au moins + 60 cm (20+40) (valeurs précisées par l'arrêté du 5 juillet 2019)

→ Quelles « nouvelles » valeurs de protection compte tenu des dernières évaluations scientifiques mais aussi des incertitudes (incertitudes sur les actions humaines et donc l'évolution des émissions de gaz à effet de serre, incertitudes scientifiques sur, ce qui conduit le GIEC à produire des fourchettes) avec un aléa à 100 ans qui conditionne l'aménagement à long terme ?



Les hypothèses et la méthodologie

Élévation du niveau de la mer

Projections du 6^e rapport du GIEC cohérentes sur l'élévation du niveau de la mer avec les précédents rapports

	2050	2100	Aléa à 100 ans	2150
SSP1 – RCP2.6	0.19 [0.16-0.25]	0,44 m [0,32-0,62]	...	0,68 m [0,46-0,99]
SSP2 – RCP4.5	0.20 [0.17-0.26]	<u>0,56 m</u> [0,44-0,76]	...	0,92 m [0,66-1,33]
SSP5 – RCP8.5	0.23 [0.20-0.29]	0,77 m [0,63-1,01]	...	1,32 m [0,98-1,88]

➤ La valeur de + 60 cm reste une valeur cohérente pour 2100 mais aussi un minimum pour l'aléa à 100 ans (valeur basse de l'intervalle de confiance)

➤ Comment passer de valeurs définies par décision unilatérale de l'État (et sans publicité particulière) à d'autres valeurs dans un contexte de planification écologique, d'une nouvelle gouvernance (CNR) et d'associations des collectivités (par ailleurs, consultées pour le recul du trait de côte) ?

Les incertitudes liées au comportement à terme des ouvrages maritimes et côtiers

16 000 ouvrages

sur le littoral en métropole et d'Outre-mer

2 300 km

de longueur cumulée, dont 1435 km d'ouvrages de protection côtière

Impacts du changement climatique →

modification directe des sollicitations (chocs liés aux vagues, érosion par les courants, pressions, corrosion et altération, etc.) et **modification de l'environnement** : géomorphologie, milieux

PPRL = un outil d'aménagement des territoires mais certaines infrastructures peuvent adopter des valeurs plus importantes du fait des enjeux.

NB : pour des infrastructures « sensibles », la proposition de TRACC (PNACC3) prévoit un dimensionnement plus exigeant / résilience renforcée



plage de Leffrinckoucke, près de Dunkerque

Références pour mémoire

Cadre législatif : articles L. 562-1 à L. 562-9 du CE

Cadre réglementaire :

- articles R. 562-1 à R. 562-11 du CE (dispositions communes)
- articles R. 562-11-1 à R. 562-11-9 du CE (décret PPRi du 5 juillet 2019 : dispositions particulières relatives aux aléas débordement de cours d'eau et submersion marine)

Arrêté du 5 juillet 2019, arrêté du 22 juillet 2019

Circulaires PPR de 1994 et 1996 : **aléa de référence**

Circulaire PPRi 2011 : **intégration du changement climatique**



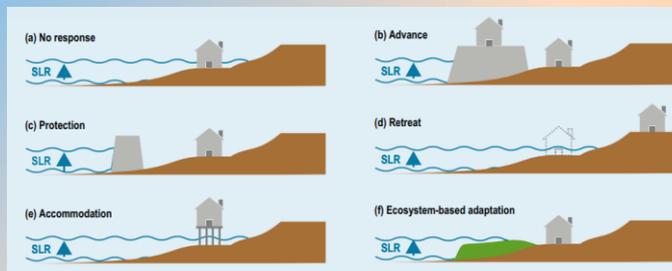
Présentation du rapport IGEDD/IGAM sur l'adaptation au changement climatique des gestionnaires portuaires et fluviaux

Geoffroy Caude

Membre associé de l'IGEDD

Guillaume Sellier

Inspecteur général des affaires maritimes IGAM



Membres du groupe de travail

IGAM

Jean-Marie Coupu-Benoît Faist-Denis Mehnert-Guillaume Sellier

IGEDD

Geoffroy Caude- Rouchdy Kbaier-Didier Kruger-Thierry Ménager-Raynald Vallée

Cerema

Fabrice Daly- Marc Igigabel-Jeanne Marie Gouiffès

Gestionnaires d'infrastructure

UPF(Mathilde Pollet)-AFPI(Dominique Drapier)-VNF (Guy Rouas and Sophie-Charlotte Valentin)-CNR(Alexandre Janin et Sandra Célié)-EDF(Denis Aelbrecht)

DGITM

Gabriel Aronica-Thomas Doublic- Julien Fernandez-Teodora Popescu-Lisa Sutto

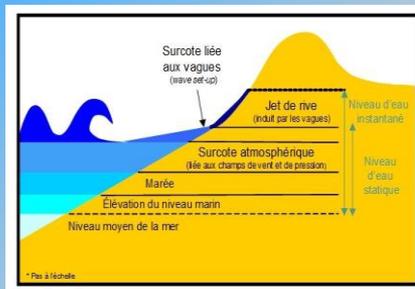
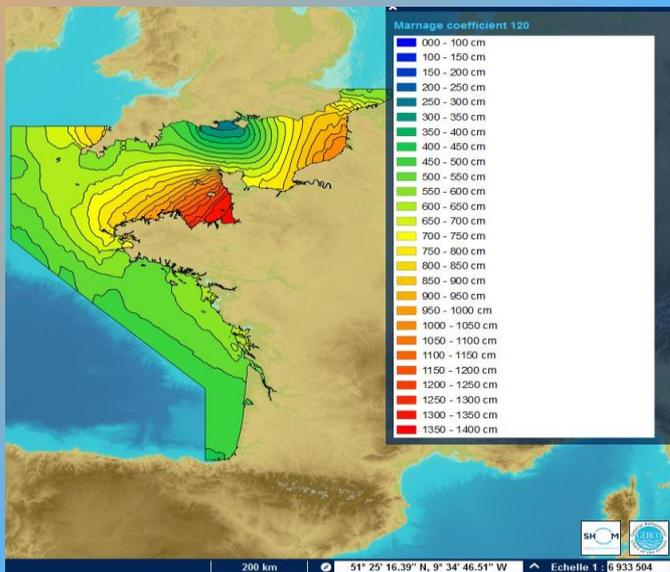
Avec une contribution spécifique du SHOM

Alexa Latapy, Nicolas Pouvreau, Gaël André, Claire Fraboul, Nathalie Giloy

L'enquête menée auprès des ports maritimes et fluviaux (UPF et AFPI)

Questionnaire UPF	Questionnaire AFPI	Enquête MIGT OM
CCI Var port de Toulon	Ports de Mulhouse	Mayotte
CCI Nice Côte d'Azur	Ports de Lille	Réunion
GPM de Guyane	Port de Villefranche sur Saône	
Port de Strasbourg	Haropa Ports de Paris	
GPMNSN	Ports CNR axe Rhône-Saône	
GPM D	Canaux de la Ville de Paris	
Haropaports Le Havre et Rouen		
Port de Bayonne		
GPM de La Réunion		
GPM de La Rochelle		
GPM de La Guadeloupe		
Région HdF port de Calais		
GPM de Marseille		
GPM de La Martinique		
GPM de Bordeaux		

Apports Shom/Cerema : marnage et surcotes de tempête en France



Les estimations sont données en mètre pour la surcote de fréquence centennale. Deux méthodes d'estimation ont été utilisées pour les pics des épisodes de tempête, respectivement avec un ajustement statistique utilisant une distribution de Pareto et une loi exponentielle (Cerema, 2018). Les valeurs produites correspondent à une moyenne des deux estimations.

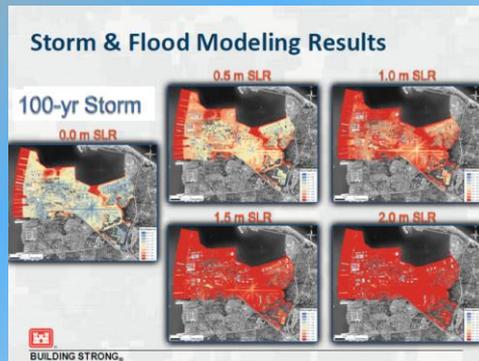
Marégraphie	Surcote de période de retour 100 ans (m)
Dunkerque	1,4
Calais	1,1
Boulogne-sur-Mer	1,2
Dieppe	1,4
Le Havre	1,4
Cherbourg	0,9
Saint-Malo	1,1
Roscoff	0,8
Le Conquet	1,0
Brest	1,0
Concarneau	1,0
Port Tudy	1,0
Crouesty	1,1
Saint-Nazaire	1,3
Saint-Gildas	1,1
Sables d'Olonne	1,0
La Rochelle	1,2
Port-Bloc	1,2
Arcachon	1,3
Bayonne	0,9
Saint-Jean-de-Luz	0,6
Port-Vendres	0,9
Sète	1,1
Marseille	1,3
Toulon	0,8
Nice	0,8
Monaco	0,8
Ajaccio	0,8

Apports Cerema/Shom : hausse des niveaux marins en différents lieux de la côte

	2050 (RCP 2.6)	2050 (RCP 8.5)	2100 (RCP 2.6)	2100 (RCP 8.5)
Calais	0.22	0.25	0.45	0.78
Le Havre	0.21	0.25	0.45	0.77
Saint-Malo	0.19	0.23	0.41	0.72
Brest	0.20	0.23	0.42	0.73
La Rochelle	0.19	0.23	0.41	0.72
Saint-Jean-de-Luz	0.19	0.23	0.42	0.73
Port Vendres	0.20	0.24	0.43	0.74
Sète	0.20	0.24	0.45	0.75
Marseille	0.19	0.23	0.41	0.72
Saint-Pierre-et-Miquelon (Référence : Port aux Basques, Canada)	0.34	0.38	0.65	1.01
Pointe-à-Pitre (Guadeloupe)	0.15	0.18	0.35	0.66
Guyane (Référence : Belém, Brésil)	0.20	0.24	0.44	0.77
Pointe des Galets (La Réunion)	0.18	0.23	0.45	0.76
Papeete (Polynésie française)	0.19	0.23	0.45	0.78

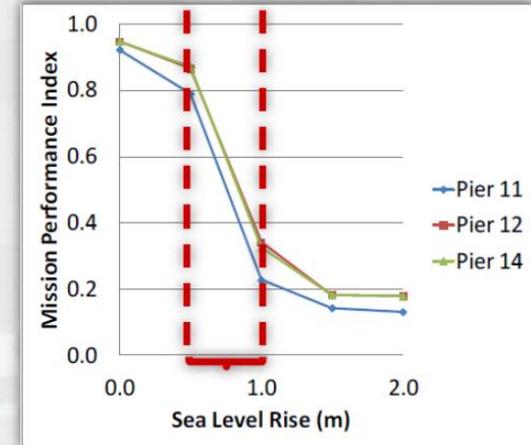
Projections des hausses régionales de niveau marin en plusieurs lieux des côtes par rapport aux niveaux de référence de la période 1995-2014 - source site de la NASA

Parangonnage maritime : Présentation de Todd Bridges à la conférence de l'AIPCN COPEDEC à Rio de Janeiro en 2016

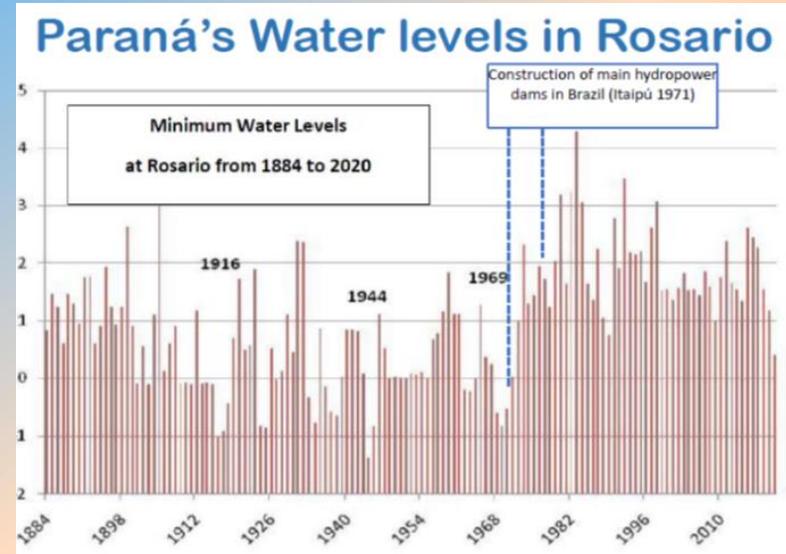
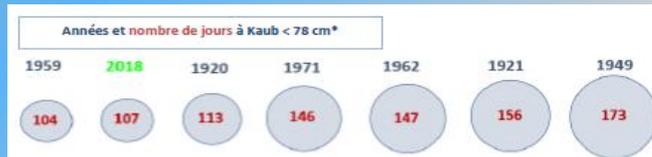
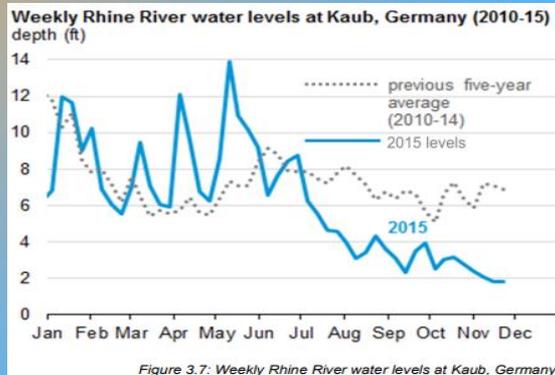


System Approach Can Quantify:

1. The probability of asset **damage states** and functionality.
2. The probability of a loss in capability (**service interruption**).
3. The probability **potential losses in mission performance**.
4. The mission performance in light of **alternative system design** or retrofits.
5. Data gaps – identifying where **better information** on structural reliability is needed.



Parangonnage fluvial : basses eaux sur les voies navigables : les basses eaux du Rhin à la station de Kaub (source AIPCN GT Envicom 178) et celles du Parana à Rosario (sources IAGF et COP 26 séminaire portuaire novembre 2021)



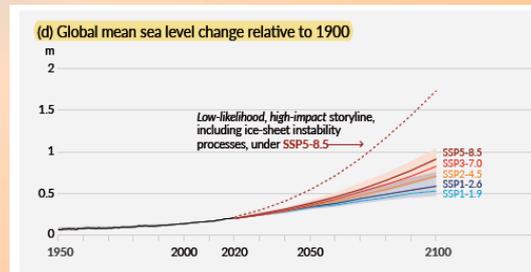
Principaux enseignements techniques

- Les référentiels techniques applicables aux infrastructures portuaires et fluviales sont en cours d'actualisation avec les Eurocodes et le manuel Eurotop (www.overtopping-manual.com), et Rosa 2000
- La pertinence d'étudier un scénario d'élévation de niveau marin de 3 mètres à l'horizon 2100 est une question ouverte par le dernier rapport du GIEC

Ainsi l'administration côtière flamande a demandé à des bureaux d'étude d'envisager l'hypothèse d'une remontée séculaire du niveau marin de 3 mètres en considérant que le plan actuel de résilience contre la submersion marine ne pouvait protéger population et activités que jusqu'en 2050.

Cette étude rejoint certaines recommandations de la task force permanente de l'AIPCN sur le changement climatique (PIANC PTGCC) qui suggère de considérer un tel scénario de remontée comme valeur supérieure pour tester la « robustesse (robustness) des investissements envisagés »

PIANC-PTGCC-Technical note 1-2022 : "there is a growing body of evidence the stability of the West Antarctic ice sheets in particular, and the possibility of a global sea level rise of up to 3 m by 2100 [IMechE, 2019]." And "Unlikely-but-plausible scenarios are not recommended as being the most appropriate scenario on which to base engineering designs; rather they are useful in providing an upper bound for evaluating the evaluating the robustness of planned investments



Principaux enseignements pour les ports maritimes

Les ports français prennent largement en compte les phénomènes de submersion marine et de remontée séculaire des niveaux marins.

Presque tous font ou sont en train de faire une étude de vulnérabilité aux submersions marines.

Les stratégies sont souvent englobées dans des stratégies d'adaptation régionales, mais la dimension de prospective foncière correspondante pour le port en est souvent absente.

Le lien entre atténuation et adaptation est régulièrement établi.

Une concertation citoyenne ou avec les parties prenantes est régulièrement engagée.

Ils différencient les infrastructures nouvelles dont la durée de vie est longue (cent ans ou plus) et les terminaux existants.

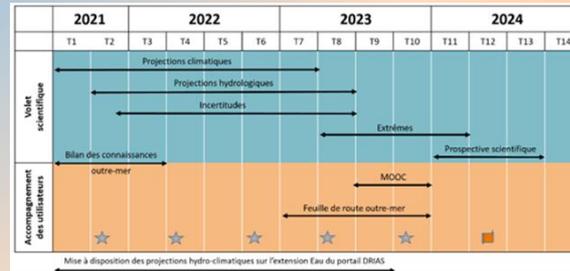
Ils ont aussi mis en place une série d'observations marégraphiques ou houlographiques

Ils se sont moins intéressés jusqu'ici aux pluies extrêmes et aux aléas climatiques de leurs réseaux de desserte terrestres, comme ont pu le faire certains ports australiens ou britanniques.

Enseignements pour les gestionnaires fluviaux

Les gestionnaires fluviaux comme VNF n'ont pas été en mesure d'achever toutes leurs analyses essentiellement comme la prospective hydrologique Explore 2070 est en cours d'actualisation avec la prospective Explore 2 (horizon 2100) avec l'INRAE et MeteoFrance, mais ils ont déjà :

- 1) Observé une relative raréfaction de la ressource en eau et une certaine « désaisonnalisation » hydrologique;
- 2) Identifié les sujets suivants: **baisse des ressources en eau , aggravation des étiages et des crues extrêmes , conflits d'usage de l'eau, impact des Sécheresses sur les matériaux constitutifs des digues, pluies intenses extrêmes; développement des espèces invasives, etc.**
- 3) Et réalisé plusieurs actions comme la collecte de données sur le réseau, la régénération des infrastructures et la préparation de stratégies d'adaptation



Principales recommandations

Aux administrations centrales :

R1 à la DGITM : **Créer rapidement un groupe de travail** associant DGPR, DGEC, DEB, ARF et Cerema en vue d'unifier les hypothèses générales à retenir dans les scénarios des études de vulnérabilité au changement climatique des ports (objectif fin 2022).

R2 à la DGITM : Demander aux principaux gestionnaires de réseaux de transports terrestres de clarifier la façon dont ils prennent en compte l'adaptation au changement climatique de la partie de leurs réseaux connectée aux ports et de transmettre les données utiles aux ports, en faisant appel au besoin au COI)

Recommandations de nature technique ou scientifique :

R3 à la DGITM et au Cerema :

R3.1 Réaliser d'ici fin 2023 un nouveau guide traitant du processus et de la méthode de planification de l'adaptation au changement climatique **pour les ports maritimes** en liaison avec l'UPF

R3.2 Etablir de façon similaire d'ici fin 2024 **un guide méthodologique simplifié applicables aux gestionnaires d'infrastructures fluviales navigables** en liaison avec l'AFPI

R4 à la DGITM : Prendre en compte dans **la feuille de route de la recherche portuaire l'étude d'un scénario de remontée séculaire du niveau marin de 3 m à l'horizon 2100** dans des ports comme celui de Dunkerque (qui se situe à la frontière des Flandres)

R5.1 : demander au Cerema de prendre contact avec le Centre Commun de recherche européen pour s'assurer qu'il peut étendre aux Outre-mer le travail qu'il a réalisé sur la projection des niveaux marins extrêmes.

R5.2: Demander au Cerema de poursuivre son travail pédagogique pour les parties prenantes locales aient une meilleure appréhension de la combinaison des paramètres côtiers pour les niveaux marins(marnage, surcotes, houles, remontée séculaire des niveaux marins)

Recommandations aux gestionnaires de voies navigables (2)

R12. A la DEB et à la DGITM : **Changer de paradigme** puisque la France évolue d'un climat tempéré avec une relative abondance de la ressource en eau vers un climat induisant des basses eaux plus fréquentes et plus sévères, ce qui conduira à adapter le corpus réglementaire pour faire face aux conflits d'usage accrus qui en résulteront.

R13/R 14. A VNF/CNR/EDF : **Déterminer la résilience actuelle des voies navigables au changement climatique à un horizon de projection raisonnable (2050)**, en utilisant les résultats de la prospective Explore 2 (2100) et choisir les meilleurs moyens d'adapter le réseau à moyen terme.

R16. A VNF/EDF/CNR/AFPI : Utiliser l'information hydrologique disponible pour faire fonctionner un **observatoire des basses eaux** des différents tronçons du réseau fluvial navigable.

Principales recommandations relatives au financement des mesures d'adaptation (3)

R19. A la DGITM : Contribuer au financement des actions d'adaptation au changement climatique dans les secteurs des infrastructures de transport maritimes et fluviales

19.1 Promouvoir au sein de la feuille de route de recherche portuaire nationale co-produite avec le CNRS diverses études pour **disposer des coûts d'adaptation des infrastructures portuaires** et si possible aussi également pour le réseau fluvial navigable.

La DGITM vérifiera si ce champ de la feuille de route peut être étendu aux infrastructures de navigation fluviale tandis que la détermination des coûts pourra vraisemblablement tirer parti des premiers résultats du projet Quanti-adapt project de l'I4CE (Institut d'économie du climat).

19.2 **Etablir pour les ports nationaux et pour les ports décentralisés avec l'ARF et avec l' ADF une estimation sommaire des coûts de remplacement à neuf des ports et des voies navigables à adapter au cours des trente prochaines années , avec l'aide du COI.**

19.3 Subventionner les études de vulnérabilité des ports et des voies navigables.

Table ronde 2 : Comment les infrastructures portuaires, maritimes ou encore fluviales ont dû s'adapter au changement climatique ?

Stéphanie Hänsel

Service allemand de météorologie

Ron Cox

PIANC Australie et membre de PTGCC (Permanent Task group for climate change)

Thierry Guimbaud

Directeur général de Voies navigables de France (VNF)

Nicolas Trift

Sous-directeur des ports à la DGITM (Direction générale des infrastructures des transports et des mobilités)

Jean-Frédéric Laurent

Directeur général chez Grand Port Maritime (GPM) de Bordeaux

Fabrice Daly

Directeur du département port et navigation, Cerema



Stéphanie Hänsel

Service allemand de météorologie



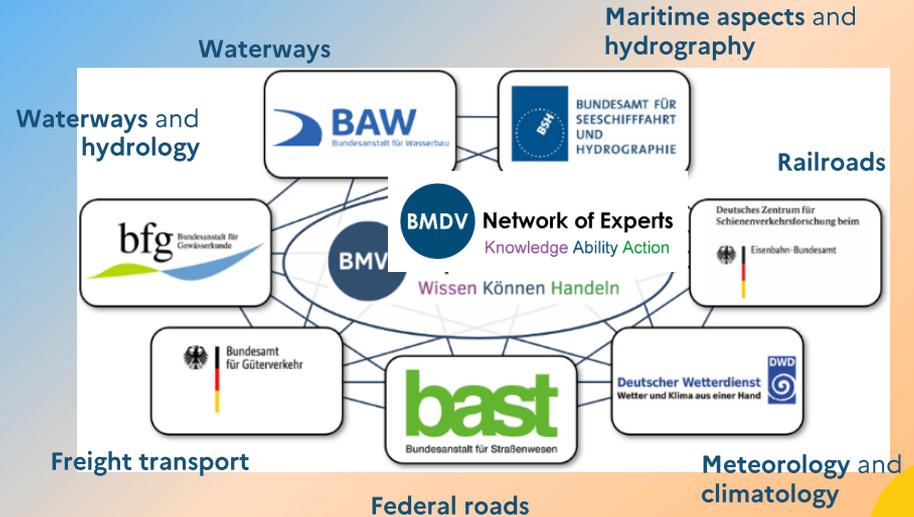
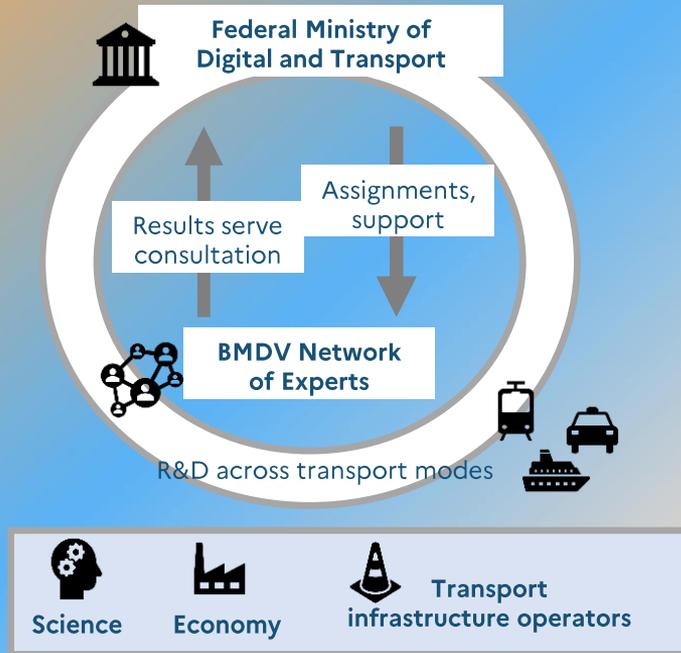
Projet de déroulé de la première « Matinée de l'IGEDD »



Climate Change Adaptation of transport infrastructure

BMDV Network of Experts and UNECE Group of Experts

Better together : Research institutes and specialist authorities of BMDV merge their expertise



7 research institutes and specialist authorities of BMDV work together on "hot topics"

Climatic Changes



Impact of climate change and extreme weather on transportation (exposure)



Adapting transport infrastructure and traffic to climate change and extreme weather events

Sensitivity and criticality of infrastructures and traffic streams

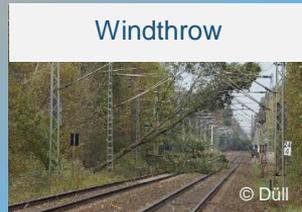


Development of climate change adaptation options



Exposure

Assessment of future climate changes and their impact on transport infrastructures



➤ Many impacts are related to water/precipitation and affect waterways

➤ Study the spatial and temporal changes in the occurrence of specific climate impacts on transportation

Developing adaptation options

Engineering approaches

Regulatory approaches



Operative infrastructure management

Informatorisch

Informational approaches



How to adapt?



Operative traffic management

Developing operational climate services

Adaptation of rules, regulations and design values

Structural measures

Adapted management of transport infrastructures

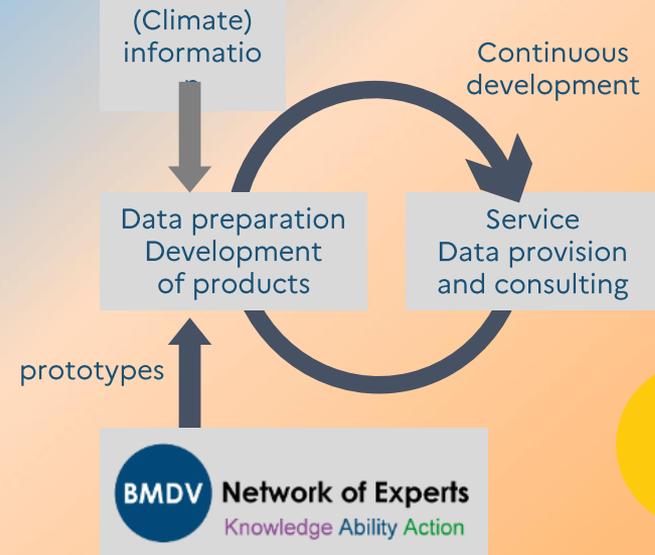
Traffic shifts, modelling traffic flows

Norpoth et al. 2020: Scheme for the classification of adaptation options

From research to operational policy action → DAS core service "Climate and Water"



- **Background:**
German adaption strategy to climate change (DAS)
- **Objectives:**
 - Establishment of an operational service which provides ongoing quality checked climate data, evaluation and advisory service on the topics climate and water
 - DAS core service addresses many decision-making and process chains associated with weather extremes, hydrological extremes and potential sea-level changes.
- Provision of knowledge on climate change (data, consultation, education) to infrastructure planners, e.g. the Federal Water and Shipping Administration (support climate proofing)
- Information is available in a routine process



Group of Experts on Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation for Inland Transport (2020-2025)

The Group's key tasks:

- (i) raise awareness, build capacity and integrate knowledge from countries and the scientific community on climate change impact assessment and adaptation for transport, and
- (ii) further advance the state of knowledge, the analysis of climate change impacts on inland transport and identification of suitable and costs-effective adaptation measures

Expected outputs:

- Maps overlaying climate change projections and transport assets
- Analysis of possible impacts, areas of vulnerability
- Review of national projects
- Database of (successfully implemented) adaptation measures
- Guidelines for integrating climate change considerations in planning and operational practices

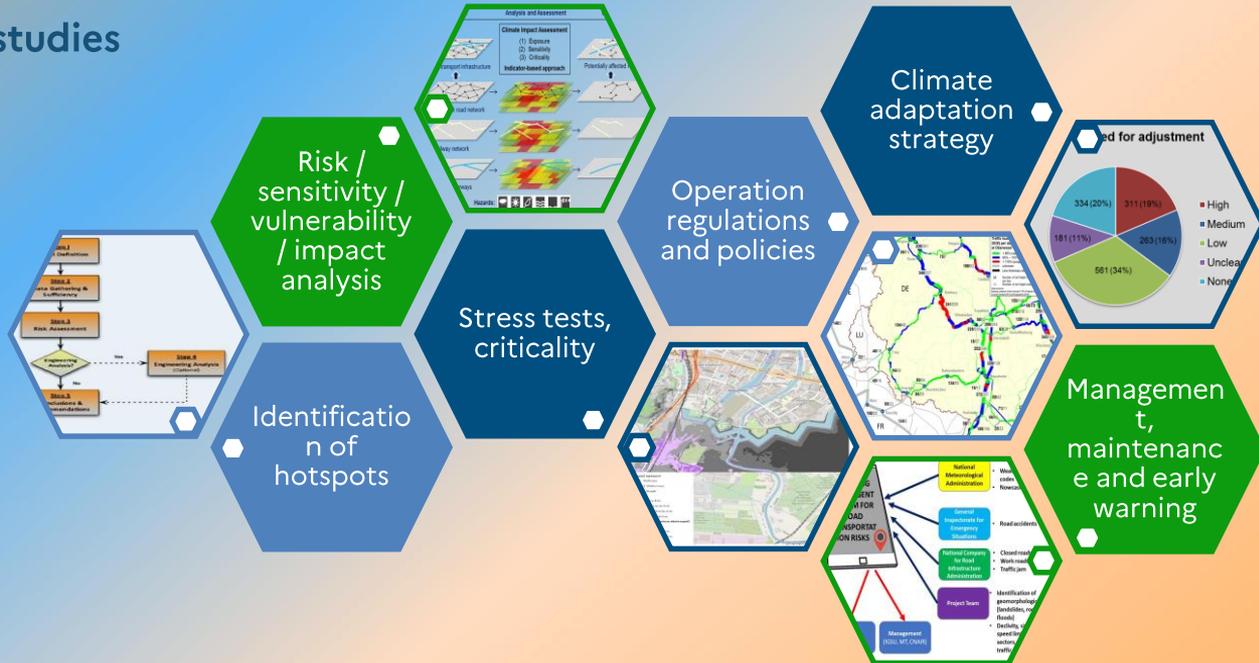
Some examples of climate change impacts on transportation infrastructure and operations

			
<p>Temperature</p> <ul style="list-style-type: none"> Higher mean temperatures; heat waves/droughts; changes in the numbers of warm and cool days Reduced snow cover and arctic land and sea ice; permafrost degradation and thawing 	<p>Road</p> <ul style="list-style-type: none"> Thermal pavement loading and degradation Asphalt rutting Thermal damage to bridges Increased landslides Reduced integrity of winter roads and shortened operating seasons 	<p>Rail</p> <ul style="list-style-type: none"> Track buckling Infrastructure and rolling stock overheating/failure Slope failures Signaling problems Speed restrictions Asset lifetime reduction Higher needs for cooling Shorter maintenance windows 	<p>Waterways and ports</p> <ul style="list-style-type: none"> Damage to infrastructure, equipment and cargo Higher energy consumption for cooling Potential reductions in snow/ice removal costs Occupational health and safety issues during extreme temperatures
<p>Precipitation</p> <ul style="list-style-type: none"> Changes in the mean values; changes in intensity, type and/or frequency of extremes 	<ul style="list-style-type: none"> Inundation, damage and wash-outs of roads and bridges Increased landslides Impacts on bridges 	<ul style="list-style-type: none"> Flooding, damage and wash-outs of bridges Problems with drainage systems and tunnels Delays 	<ul style="list-style-type: none"> Infrastructure inundation Navigation restrictions in inland waterways due to river water levels changes
<p>Sea levels/storm surges</p> <ul style="list-style-type: none"> Mean sea level rise Increased extreme sea levels 	<ul style="list-style-type: none"> Erosion of coastal roads Flooding, damage and wash-outs of roads and bridges 	<ul style="list-style-type: none"> Bridge scour, catenary damage at coastal assets Disruption of coastal train operation 	<ul style="list-style-type: none"> Asset inundation Navigation channel sedimentation Maintenance costs

Socioeconomic impacts and implications?

National case studies

- Approaches
- Methodologies
- Practices
- Tools

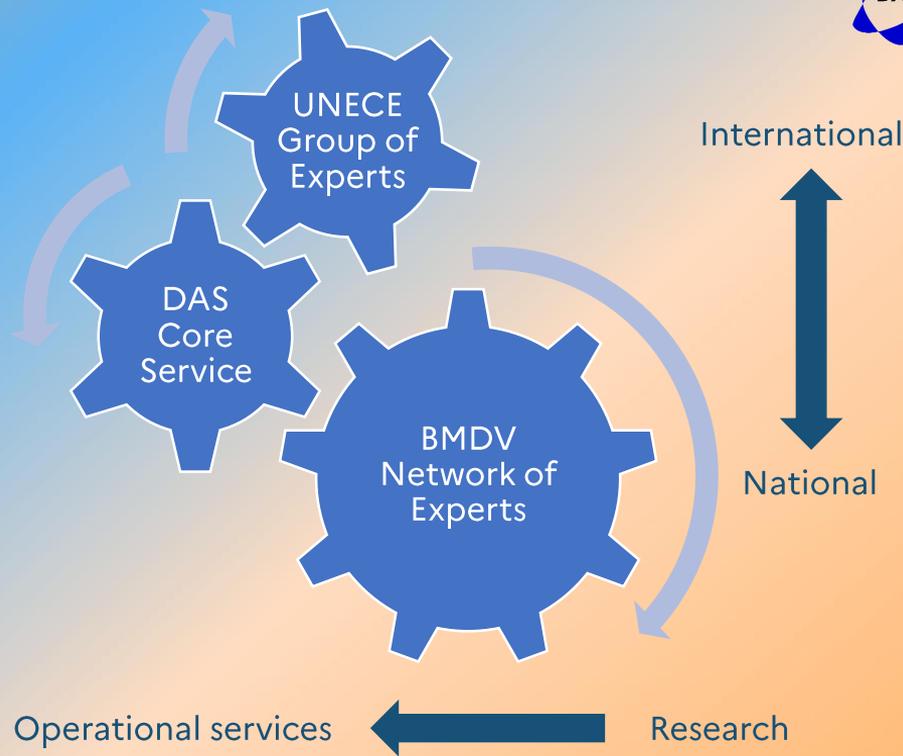


Supporting climate change adaptation of the transport system

From national to international
research perspectives and back to
local action



Increased climate resilience



Ron Cox

PIANC Australie et membre de PTGCC
(Permanent Task group for climate change)



PIANC

The World Association for
Waterborne Transport Infrastructure

IGEDD Round Table 2 Climate Change Adaptation of Waterborne Transport Infrastructure

Ron Cox

Honorary Associate Professor UNSW Sydney

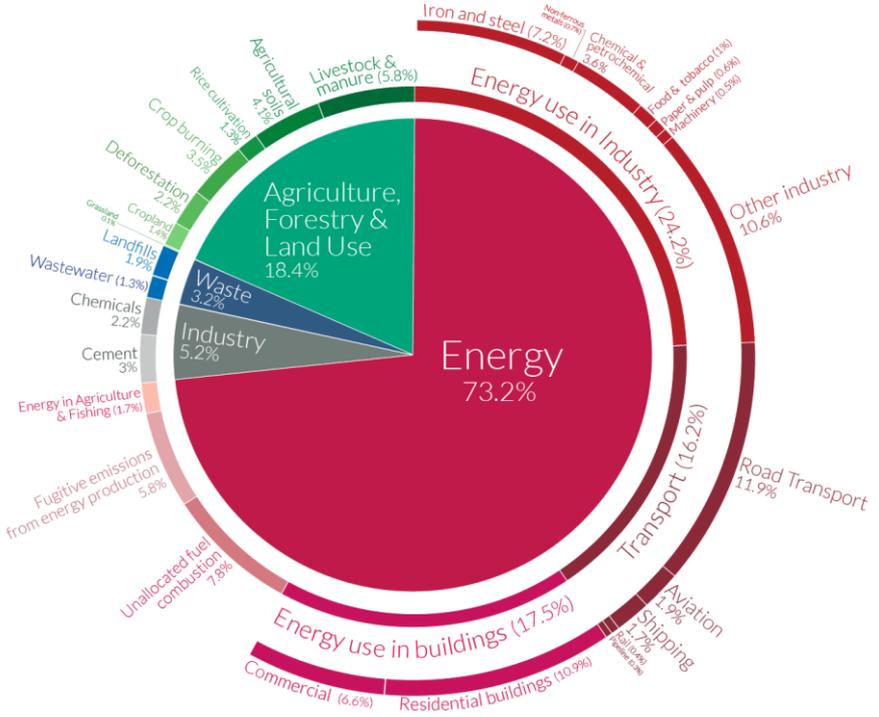
PIANC Australia & New Zealand Board Member

Member PIANC international EnviCom, PTGCC, CoCom

Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO₂eq.

Transport	16.2%
Road	11.9
Air	1.9
Shipping	1.7
Rail	0.4
Pipeline	0.3



OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.
 Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).
 Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

PIANC EnviCom TG 3: Climate Change and Navigation - Waterborne Transport, Ports and Waterways: A Review of Climate Change Drivers, Impacts, Responses and Mitigation (2008)

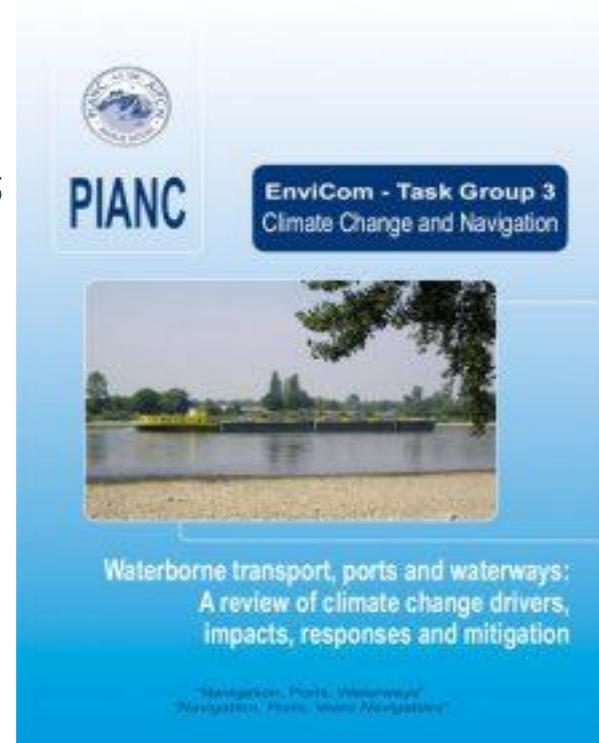
Chair –Kathleen White, USACE

Based on IPCC AR4

All climate drivers included

Impacts, mitigation and adaptation

Maritime and inland navigation sectors



Update to TG3 (2008) - for publication late 2022

Waterborne transport, ports and waterways :
A 2022 update of climate change drivers and
impacts

Incorporating IPCC

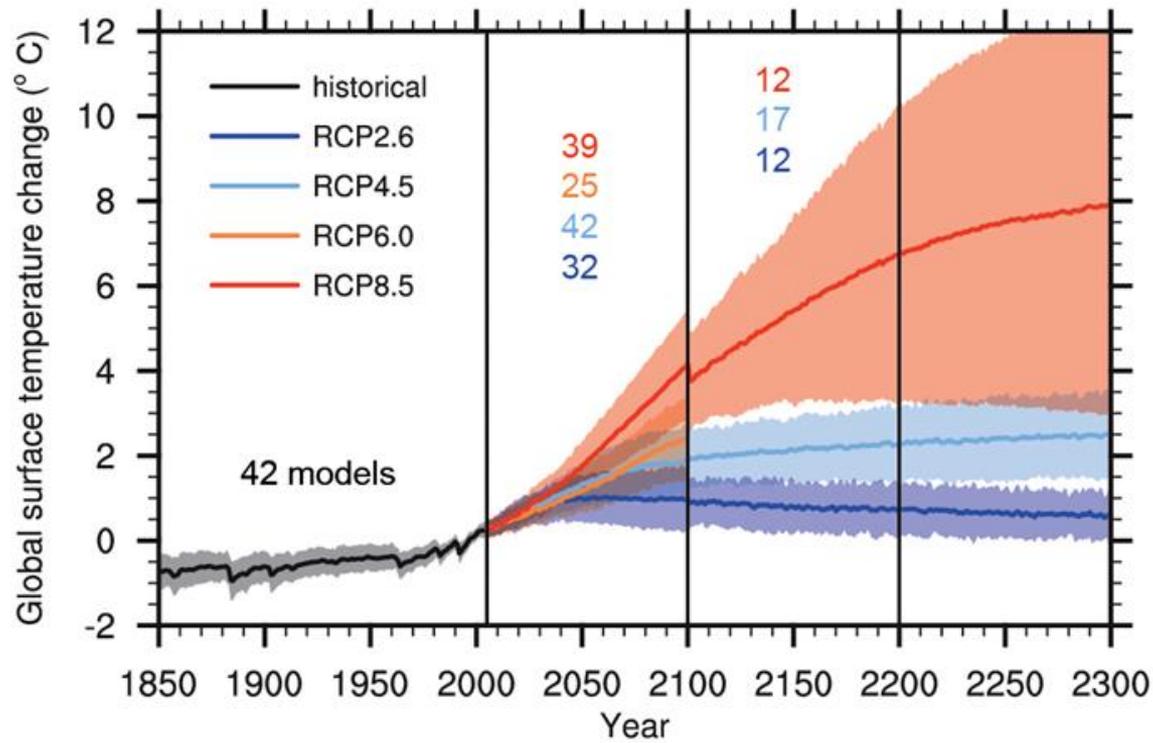
AR5 : 2013

SR15 : 2018

SROCC : 2019

AR6 : 2021



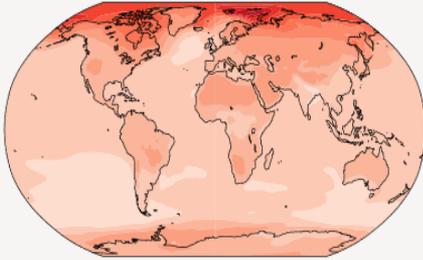


Regional differences in warming (AR6 Fig SPM.5b)

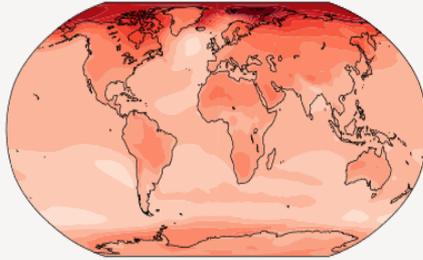
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

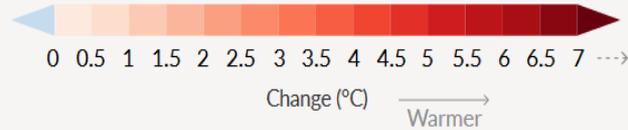
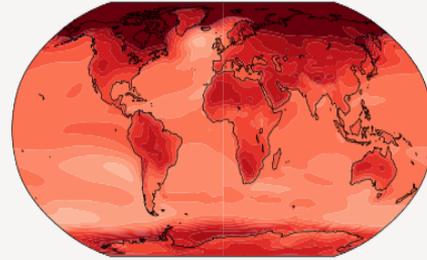
Simulated change at 1.5°C global warming



Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming

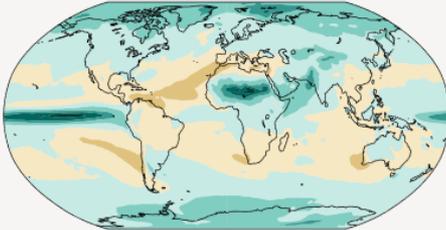


Regional differences in precipitation (AR6 Fig SPM.5c)

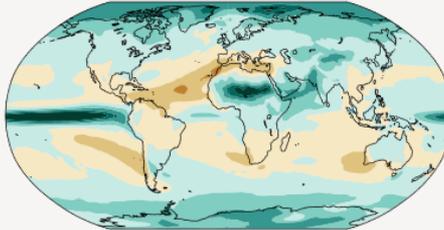
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

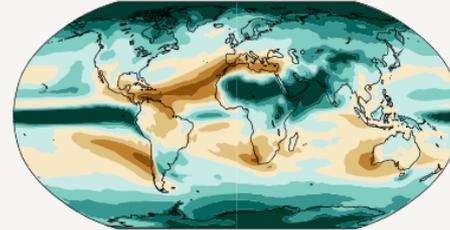
Simulated change at 1.5 °C global warming



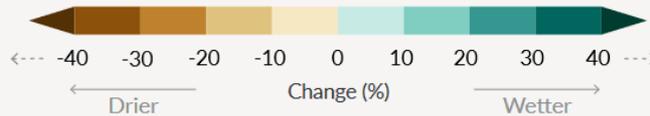
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



Other relevant PIANC publications

WG178 Adaptation



PIANC

EnviCom WG Report
n° 178 - 2019



**CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLANNING
FOR PORTS AND INLAND WATERWAYS**

The World Association for Waterborne Transport Infrastructure

WG193 Resilience



PIANC

EnviCom Task Group
n° 193 - 2020



**RESILIENCE OF THE MARITIME AND INLAND
WATERBORNE TRANSPORT SYSTEM**

The World Association for Waterborne Transport Infrastructure

TN1 Uncertainty



PIANC
The World Association for Waterborne
Transport Infrastructure

Managing Climate Change Uncertainties
in Selecting, Designing and Evaluating Options
for Resilient Navigation Infrastructure



Permanent Task Group for Climate Change
Technical Note No. 1 - 2022

WG 188 Carbon



PIANC

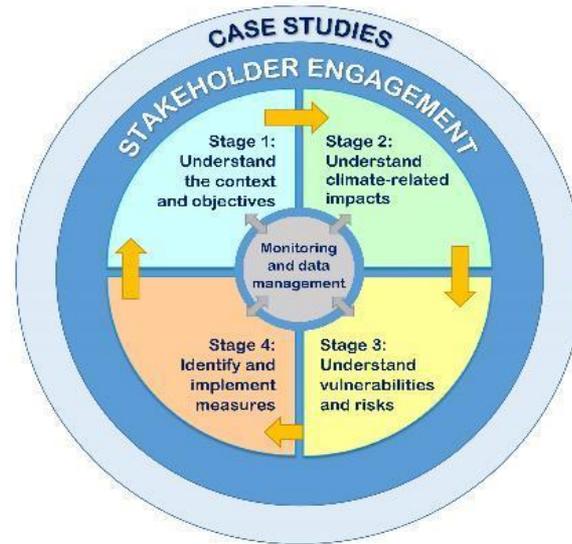
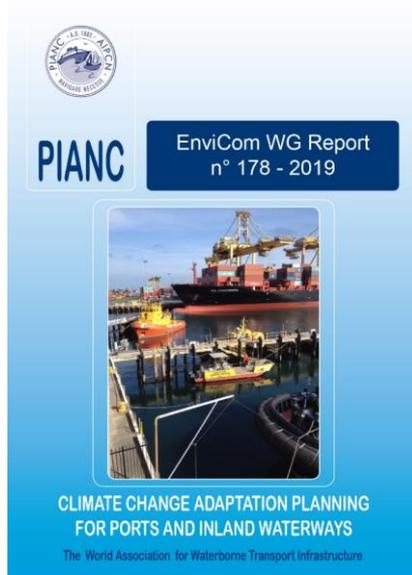
EnviCom WG Report
n° 188 - 2019



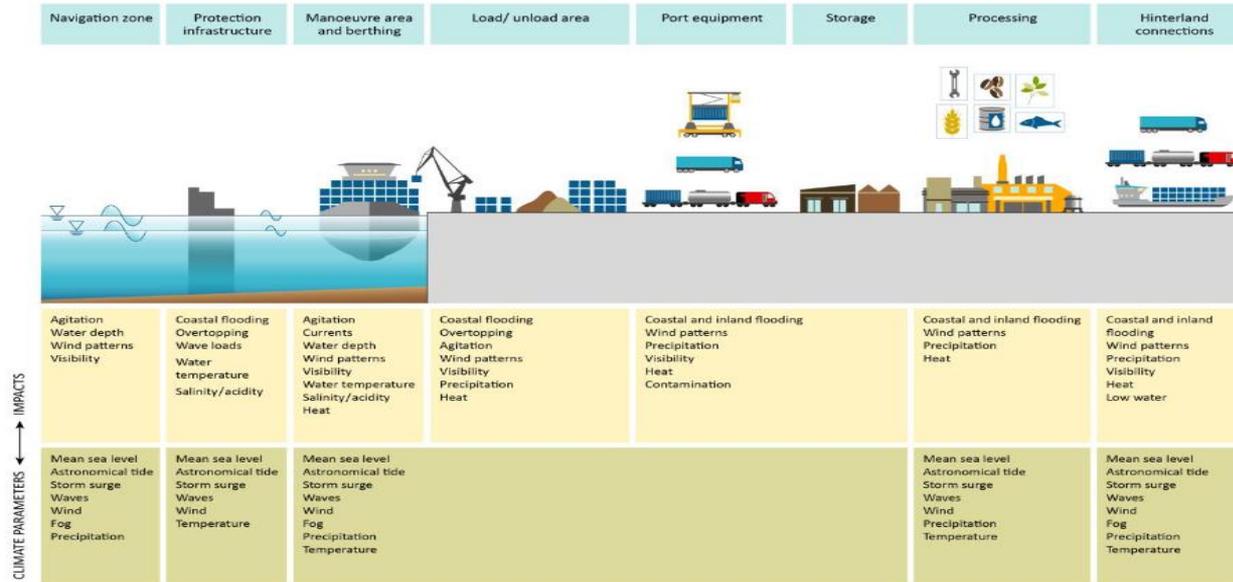
**CARBON MANAGEMENT FOR PORT
AND NAVIGATION INFRASTRUCTURE**

The World Association for Waterborne Transport Infrastructure

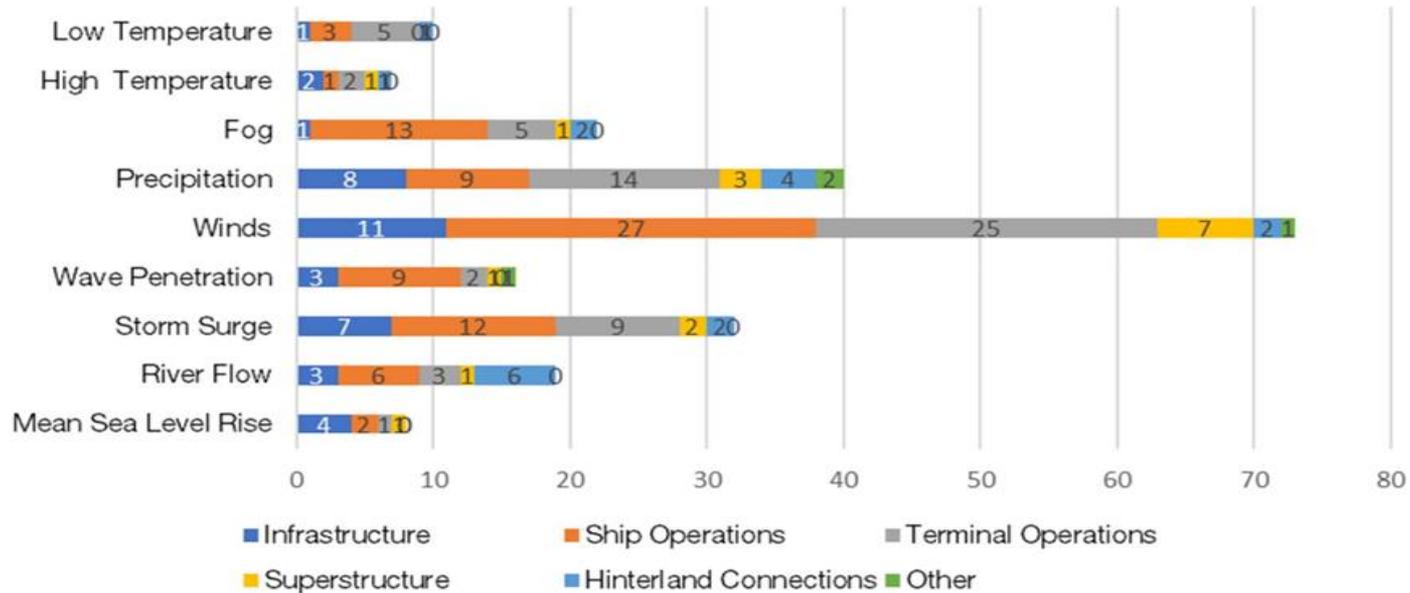
WG 178: Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways (2019)



Climate interactions with port assets and operations – WG178



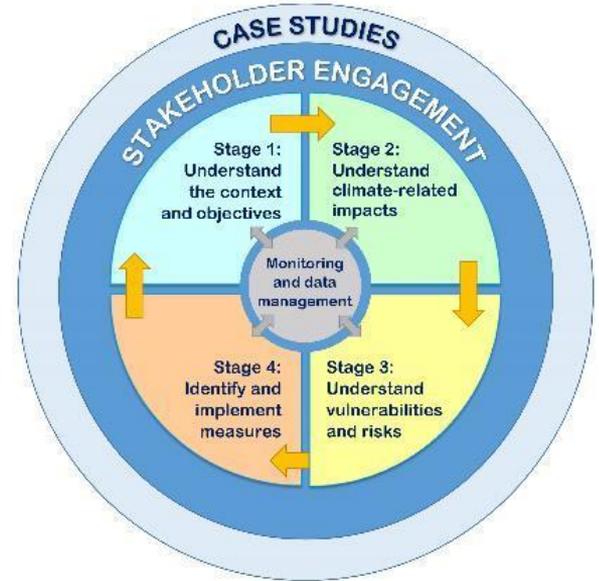
Impact of climate factors on port infrastructure, operations and services - UNCTAD (2017) survey



PIANC WG 178 guidance comprises a four stage methodological framework to help the user understand :

- the context and objectives
- climate-related impacts
- vulnerabilities and risks
- climate change adaptation and resilience measures

Reference is also made to case studies; the role of monitoring and data management; and the importance of stakeholder engagement



Concluding remarks

Under current circumstances (and without both substantially increased carbon reduction targets under the Paris Agreement and accelerated development of negative emission technologies) neither the RCP2.6 nor the 1.5°C warming targets are likely to be achieved

In addition to contributing to international and national action on emissions reduction (PIANC WG188, 2019), the owners and operators of waterborne transport infrastructure need to take urgent action to strengthen resilience and adapt navigation assets and activities (PIANC WG178, 2019)

In planning for climate change, it is important that decision making includes sensitivity testing of outcomes to the full range of possible scenarios over various time periods. **IMPORTANCE OF "WHAT IF ?"**



PIANC

The World Association for
Waterborne Transport Infrastructure

Thank you for your attention.

For more information visit us at

www.pianc.org

or join us on



YouTube

Thierry Guimbaud

Directeur général, VNF

Un réseau logistique fret de 2 300 km, constitué des fleuves et grands cours d'eau français et traversant les principales agglomérations françaises : Paris, Rouen, Lille, Lyon, Marseille, Strasbourg, Metz, Nancy, Nantes, Bordeaux, ...

Ce réseau offre:

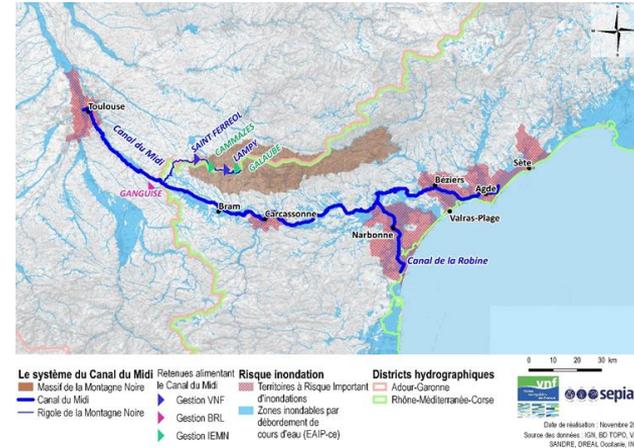
- une opportunité d'atténuer le Changement Climatique (réduction des émissions de GES) par report modal du transport routier de marchandises vers le fluvial,
- Une capacité à réguler les écoulements en fonction des aléas, et de répondre aux besoins (AEP, Energie, Agriculture, Industries, etc.), grâce aux équipements hydrauliques (barrages en rivières et de soutien d'étiage) tout en maintenant la biodiversité



Les **territoires à risques d'inondation** selon la Directive Inondation (n° 2007/60/CE du 23/10/2007) relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

...et un réseau qui contribue à l'aménagement des territoires

Un réseau de canaux et rivières canalisées (au gabarit Freycinet) de 4 400km qui contribue à l'aménagement du territoire. Des prélèvements moyens sur le réseau hydrographique d'environ 4Mds de m3 sur lesquels 600M de m3 satisfont différents usages (AEP, agriculture, industries), et pour le reste retournent au milieu.

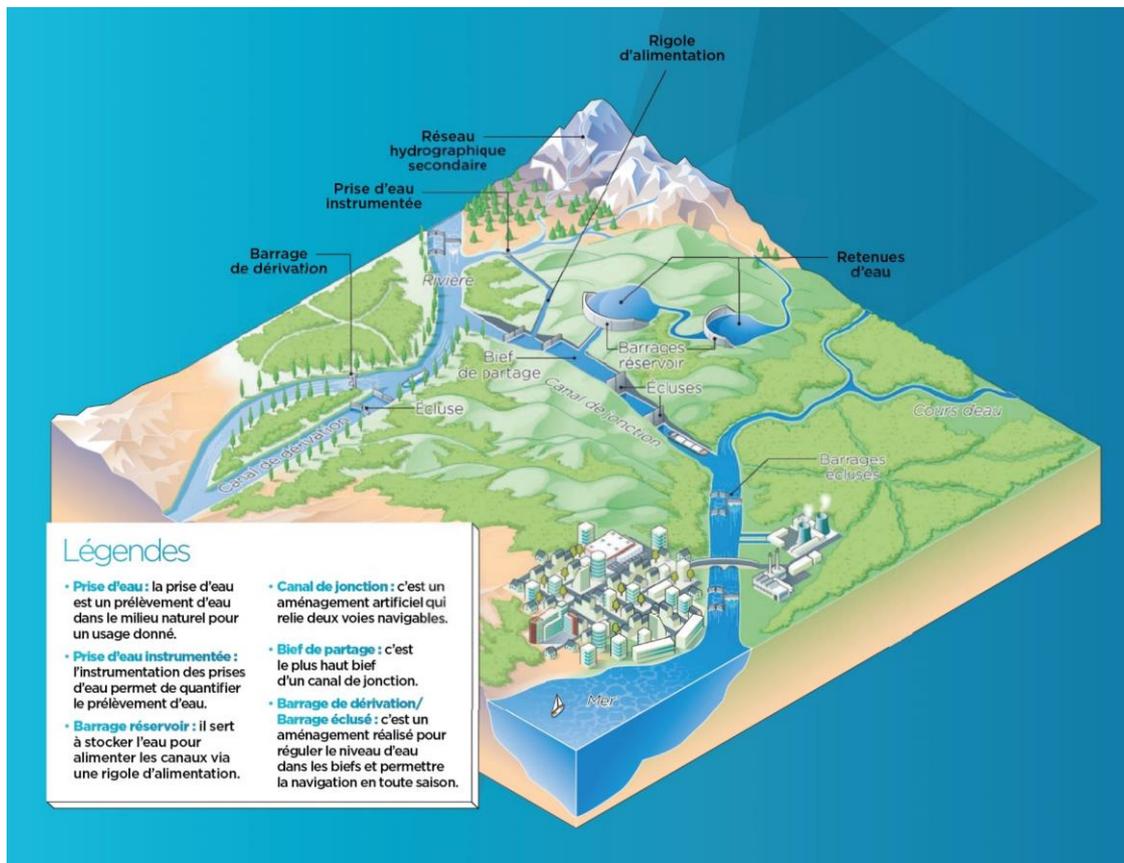


L'exemple du canal du Midi

- Plus de 10.000 bateaux par jour, 30% du trafic fluvial de plaisance
- Des protocoles de gestion permettant de concilier les besoins de navigation et les autres usages dont un soutien fort de l'irrigation
- Deux conventions, l'une avec BRL et l'autre avec l'IEMN précisent les règles d'échange d'eau entre VNF et les autres gestionnaires de ressource en eau

Année 2017	Canal latéral à la Garonne	Canal du midi	Canal de la Robine
Navigation et maintien en eau	30 %	50 %	20 %
Irrigation	57%	30 %	80 %
Eau potable	12 %	-	-
Autres usages	1 %	20 %	-

...qui forment un ensemble d'ouvrages complexes, interconnecté au réseau hydrographique



...une trentaine de barrages-
réservoirs anciens (~ 150
Mm3)
et un ensemble de rigoles
pour l'alimentation des
canaux à biefs de partage

..Et plus de 300 barrages en
rivières,
dont plus d'une centaine de
barrages manuels



Réservoir de Champagney



Réservoir de Grosbois

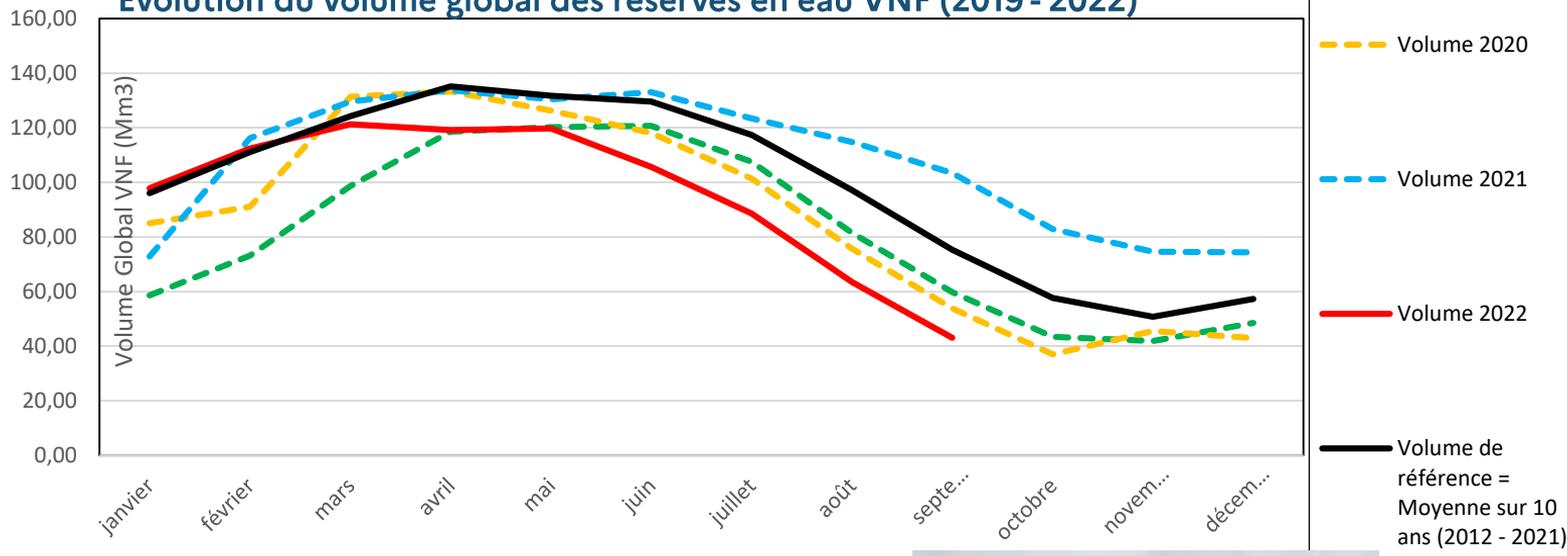




... des ouvrages hydrauliques, manuels, anciens et une population vieillissante d'exploitants (près de 500 départs dans les prochaines années)

Des réserves en eau qui cumulent les aléas

Evolution du volume global des réserves en eau VNF (2019 - 2022)



Le déficit hydrologique à la fin du 1^{er} trimestre 2022 a engendré un arrêt du remplissage des réserves qui se poursuit habituellement jusque mai / juin.

Un déstockage initié plus tôt (comme en 2020), pour pallier les restrictions d'usage

Les volumes sont très inférieurs à la moyenne des 10 dernières années.

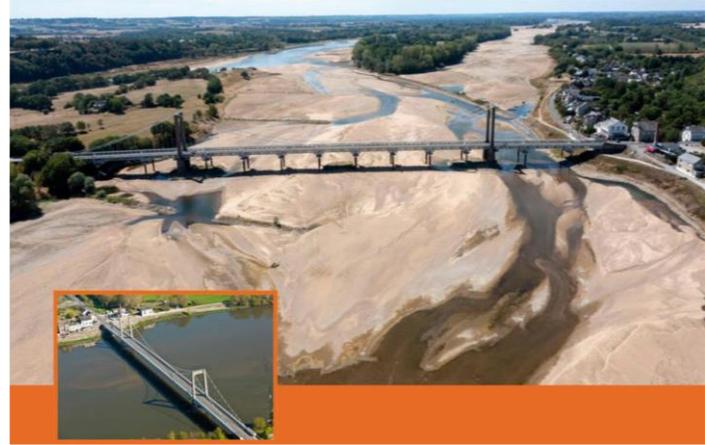
2021 est une année pluvieuse de référence, 2019, 2020 des années sèches.



En 2022, des assèchements des rivières rarement observés



Lit du Rhin partiellement asséché



La Loire à Varades



La Garonne à Toulouse



Le Doubs (alimentation du Canal du Rhône au Rhin)



Et pourtant... Un réseau résilient

Au 12 septembre :

85% du réseau est ouvert à la navigation avec notamment la quasi-totalité du réseau grand gabarit sans restriction (99% à l'exception de la Moselle amont)

18,2% du réseau (1221) km de canaux ou rivières) est concerné par des restrictions d'usage (limitation de l'enfoncement des bateaux).

6,4% du réseau (429 km de canaux) est fermé à la navigation

Au 12/09 : réouverture de l'axe Loire (DT CB) et au 19/09 de la Moselle canalisée

La majorité des itinéraires impactés par des arrêts de navigation, pour cause d'insuffisance en eau, sont principalement réservés à la plaisance.

Maitriser les risques liés au changement climatique : quels axes de travail ?

- L'anticipation des connaissances sur les ressources disponibles et les besoins en eau futurs
 - Instrumentation du réseau et actualisation de la connaissance du fonctionnement hydrauliques du réseau et des ouvrages (études hydrauliques)
 - Le développement d'outils de prévision et d'aide à la gestion
- L'amélioration de la connaissance de l'état des ouvrages et du réseau
- La modernisation de nos modes d'exploitation et de maintenance
 - Réviser les niveaux de service
 - Moderniser pour plus de réactivité, de sécurité et de fiabilité
 - Renforcer la surveillance et la maintenance des infrastructures
- La fiabilisation et l'adaptation des infrastructures du réseau
 - Travaux de mise en conformité des ouvrages de retenue (barrages – réservoirs et digues de canalisation)
 - Reconstruction des barrages manuels (Yonne, Aisne, Marne, Seine amont)
 - Maintenance et Gros Entretien Réparation des ouvrages
- Collaborer avec tous les acteurs et utilisateurs du fluvial
 - Les collectivités (les EPCI en charge de la GEMAPI)
 - Les Agences de l'eau
 - La représentation du monde agricole
 - Les armateurs fluviaux (repenser la cale ?)
 - Fédérations de pêche, associations, etc.
- Le financement des actions (l'augmentation de la Redevance Hydraulique)

Nicolas Trift

Sous-directeur des ports à la DGITM
(Direction générale des infrastructures des
transports et des mobilités)

Jean-Frédéric Laurent

Directeur général chez Grand Port Maritime
(GPM) de Bordeaux



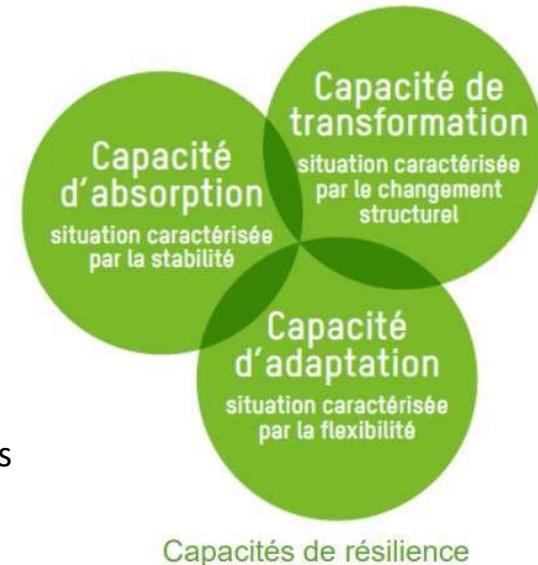
**Jumeaux
numériques de
l'estuaire de la
Gironde**

**Accélérer la résilience
territoriale face au
changement climatique**

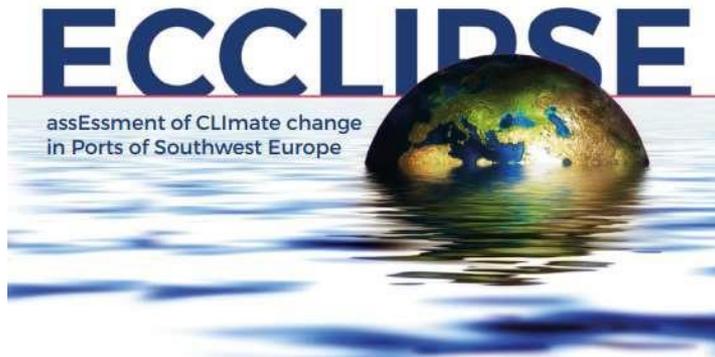
Stratégie d'adaptation face au changement climatique

Une stratégie initiée par le GPMB en 2015

- 2015-2019 : Gironde XL 3D – premiers travaux de simulation numérique du fleuve (European CEF)
<https://vimeo.com/386916769>
- 2020-2022 : ECCLIPSE – Evaluation des impacts du changement climatique dans les ports du sud ouest de l'Europe (European Interreg SUDOE)
<https://ecclipse.eu/>
- 2022 : Jumeaux numériques de l'estuaire de la Gironde avec les gestionnaires locaux de l'eau (France Relance)
<https://naos-cluster.com/projet-jumeaux-numeriques-du-fleuve/>
- 2023 : Exploitation de la première version des jumeaux numériques



Le projet Européen ECCLIPSE



Les objectifs d'ECCLIPSE sont de développer une plateforme commune pour **l'évaluation des impacts** associés au **changement climatique** et à l'adaptation à ses **impacts dans les ports** dans le sud ouest européen

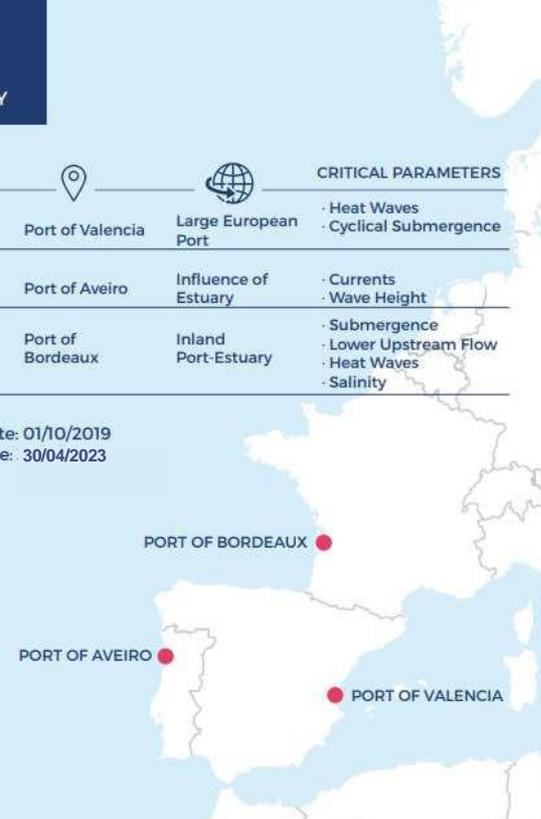
- Développement et implémentation d'une méthodologie commune
- ECCLIPSE fournira des mécanismes de conception et de mise en œuvre de mesures d'adaptation des ports face au changement climatique
- Les résultats des projections climatiques seront stockés dans une base de données climatiques par port

Le projet Européen ECCLIPSE

3 CASES OF STUDY

CLIMATE AREA			CRITICAL PARAMETERS
Mediterranean	Port of Valencia	Large European Port	<ul style="list-style-type: none"> · Heat Waves · Cyclical Submergence
Atlantic	Port of Aveiro	Influence of Estuary	<ul style="list-style-type: none"> · Currents · Wave Height
Golf of Gascogne	Port of Bordeaux	Inland Port-Estuary	<ul style="list-style-type: none"> · Submergence · Lower Upstream Flow · Heat Waves · Salinity

 Start date: 01/10/2019
End Date: 30/04/2023



www.ecclipse.eu



Coordinated by:



Valencia (Spain)
www.fundacion.valenciaport.com
info@ecclipse.eu

Partners:

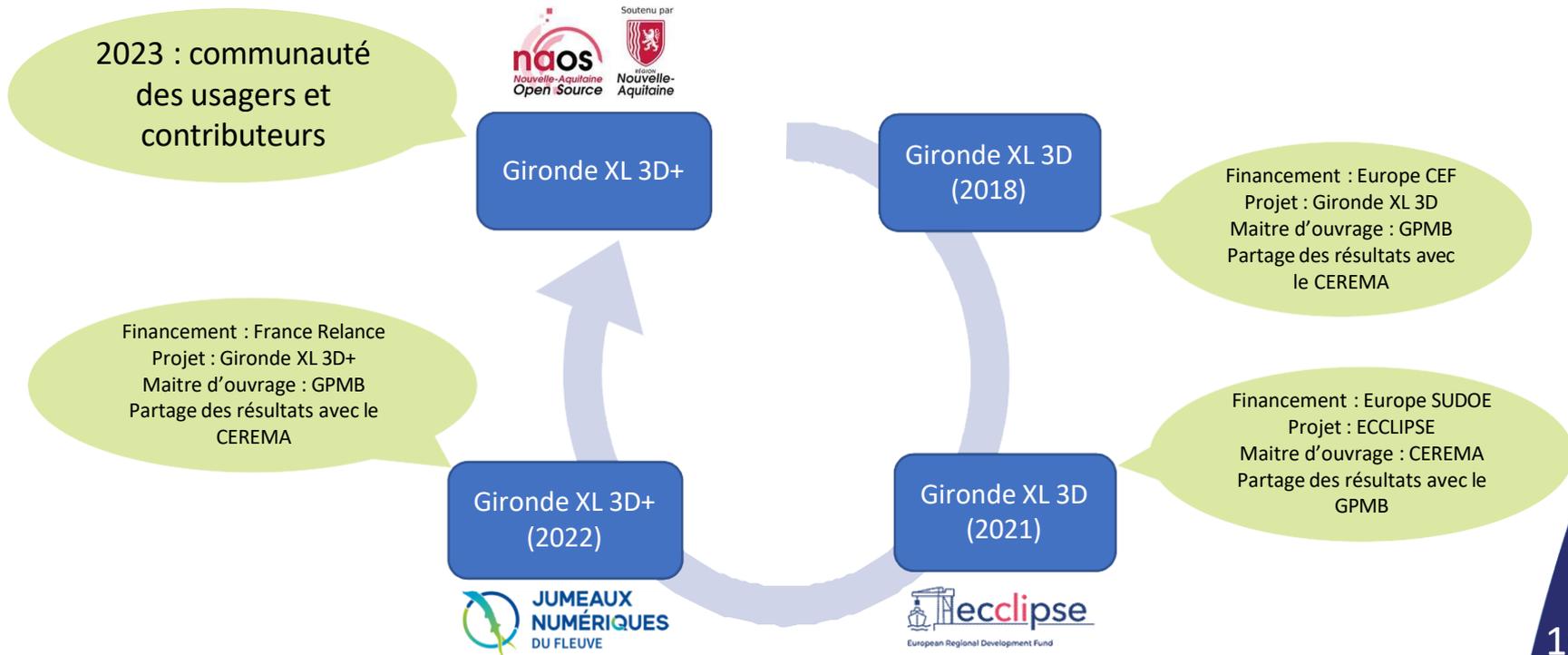


Associated:



Jumeaux numériques du fleuve

ECCLIPSE : l'initiation du cercle vertueux d'amélioration et de partage des résultats



Jumeaux numériques du fleuve

Fédérer les acteurs de l'eau autour de l'estuaire de la Gironde et des outils numériques Open source innovants

LE JURY

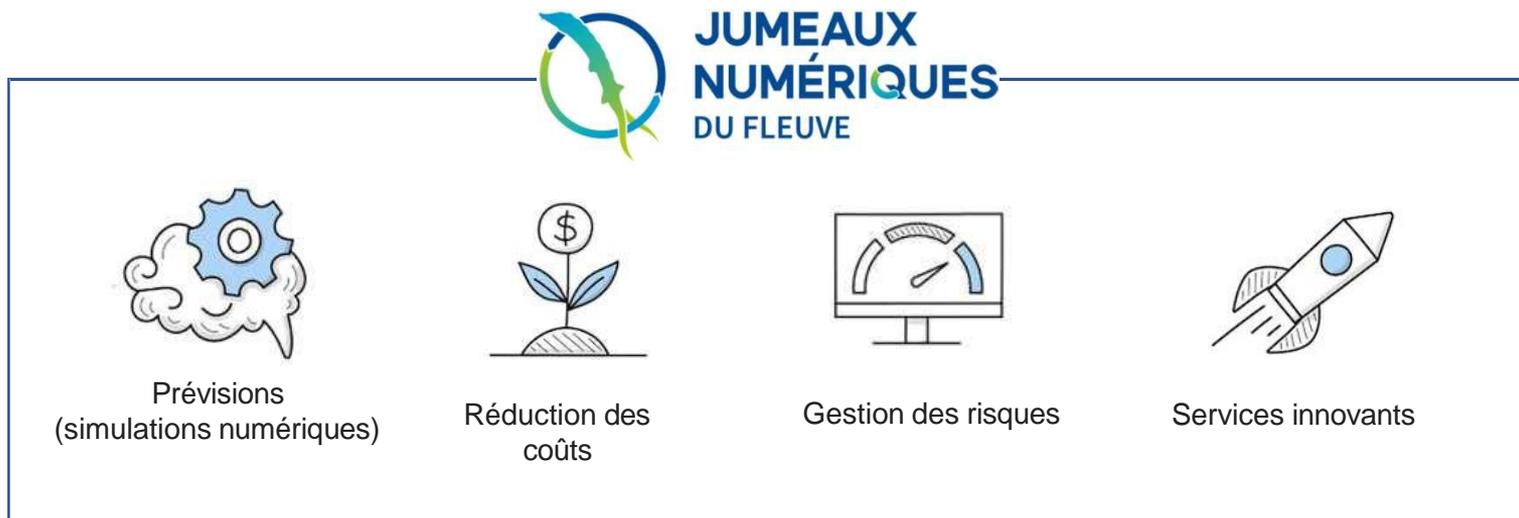


LES EXPERTS



Jumeaux numériques du fleuve

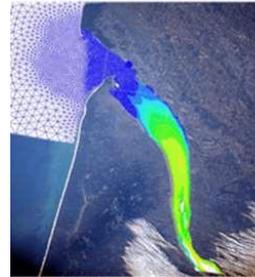
Des objectifs opérationnels pour accélérer la résilience territoriale de l'estuaire de la Gironde face au changement climatique



Jumeaux numériques du fleuve

Co-construction avec les acteurs de l'eau

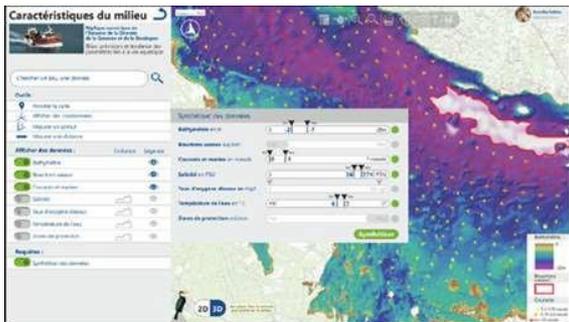
- Développements en cours, et première **version opérationnelle** début **2023** :
 - 4 modules opérationnels : navigation, dragage, caractéristiques des milieux, prévisions
 - Un module grand public : Garonne 2050 - situation du jour mais en 2050
- Des outils pour les études environnementales, l'aide à la décision et la recherche scientifique
- Des **prévisions** à 10 jours, et **indicateurs d'évolution** à 3 mois
- Capteurs virtuels : images satellites, capteurs tracté par un navire , machine learning
- Des modèles numériques **Open source gratuits** et la création de **communautés**
- Utilisation du dépôt régional NAOS pour **partager** les modèles et collecter les enrichissements proposés par les usagers
- Objectifs pour 2023/2024 : création d'une **gouvernance** et d'une **structure spécifique** (association, ...)



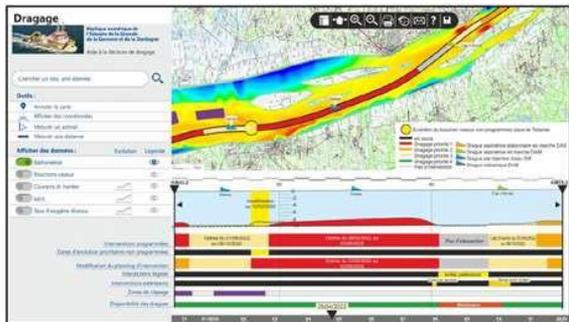
Des modules métiers adaptés à tous les usages

Navigation, dragage, **qualité de l'eau**, Public (Garonne 2050), bureau d'études (simulation numérique)

Module
qualité
de l'eau



Module
dragage



Un outil opérationnel ouvert à tous

- Prévision numérique et simulation du fleuve
- Alertes pour les activités opérationnelles
- Un environnement avec des modèles numériques déjà opérationnelles, prêts à simuler
- De nombreux modèles numériques open source disponibles

Mutualiser les efforts et les résultats sur tout le territoire

- Accélérer les études et réduire les coûts
- Environnements de simulation opérationnel, simple d'utilisation
- Réplicabilité prévue pour d'autres rivières

Une approche numérique innovante pour la simulation et la prévision

- D'importantes ressources de calcul mobilisables instantanément
- Ouvert pour échanger des données d'entrée ou de sortie vers d'autres systèmes externes



**JUMEAUX
NUMÉRIQUES**
DU FLEUVE

**BORDEAUX
PORT**





Fabrice Daly

Directeur du département port et navigation
Cerema



Conclusion par Paul Delduc

Chef de l'Inspection générale de
l'environnement et du développement durable

Merci à tous !