



Vulnérabilité sociale, économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine dans le cadre du changement global

C.Vinchon¹, A.L. Angenais¹, Y.Balouin¹, N.Baron-Yelles², E.Berthelie³, P.Bonneton⁴, J.C.Charles⁶, E.Delvallée¹, H.Flanquaert⁵, M.Garcin¹, M.Grisel³, A.P.Hellequin⁵, C.Hérivaux¹, Y. Krien¹, L.Kuhfuss⁷, S.Lecacheux¹, G. Le Cozannet¹, F.Marche⁷, L.Maton¹, N. Maublanc³, V.Mazeiraud², C.Meur-Ferec⁵, H.Rey-Valette⁶, R.Pedreras¹, B.Poisson¹, E.Romieu¹, B.Rulleau⁸, M. Serrand¹

¹ BRGM, ² LVMT, ³ SOGREAH groupe Artelia, ⁴ EPOC, ⁵ MESHS, ⁶ LAMETA, ⁷ I3M, ⁸ REEDS



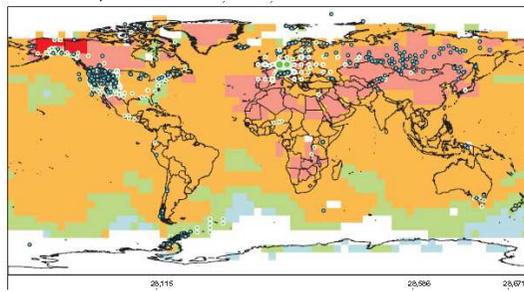
Motivation du projet MISEEVA



Emission de GES



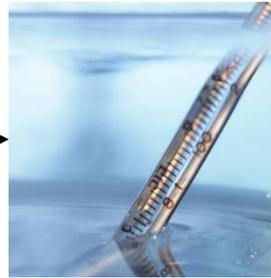
Réchauffement



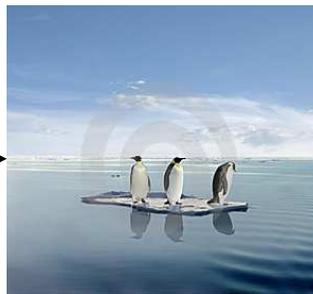
Variation de la température °C
1970-2004

-1,0	-0,2	0,2	1,0	2,0	3,5
------	------	-----	-----	-----	-----

Dilatation thermique des océans



Fonte des glaces



Elévation du niveau de la mer



Modification du rythme des tempêtes



Alea de submersion



Photo DRE-LR.
Argelès-17 décembre 1997

Domages aux biens et activités

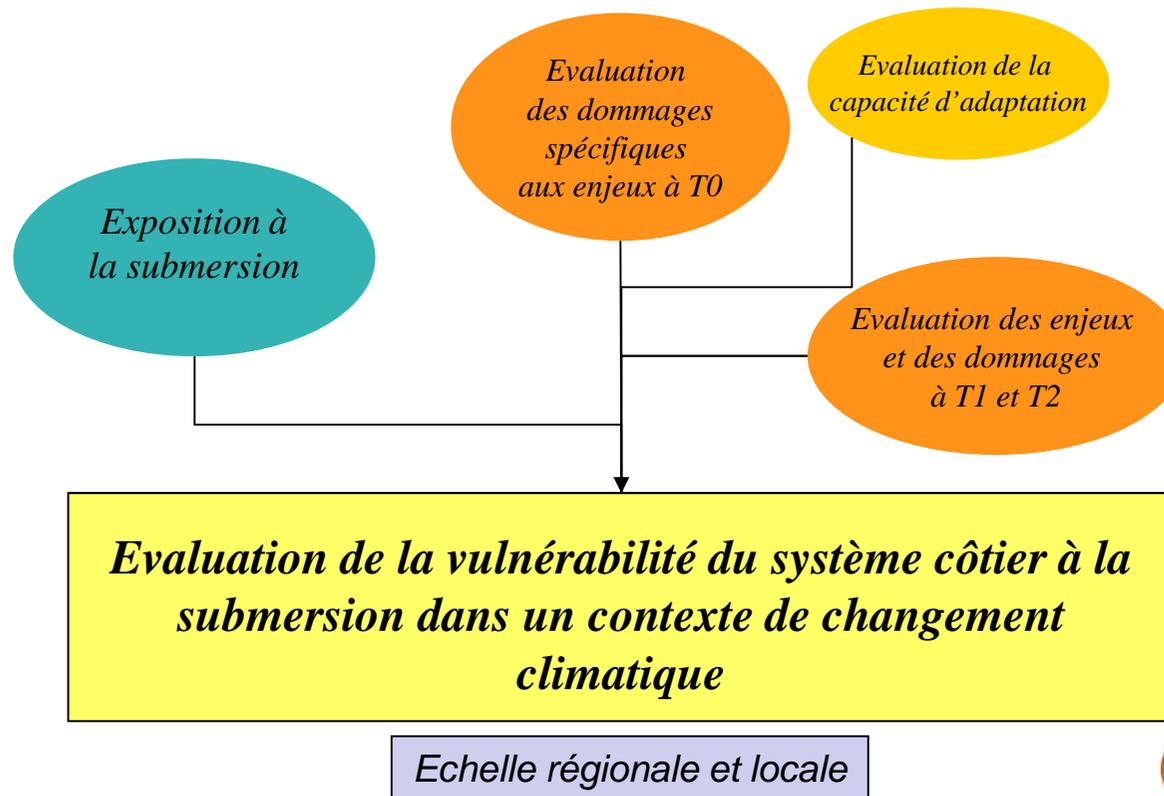
Palavas nov 1982, Photo DRE LR.



Objectifs du projet MISEEVA



Etude à court et moyen terme (2010, 2030, 2100) de la vulnérabilité sociale, économique et environnementale de la zone côtière à l'aléa de submersion marine, en tenant compte des changements globaux à venir (climatiques et anthropiques)



Définition de l'aléa de submersion et de l'exposition du littoral à cet aléa

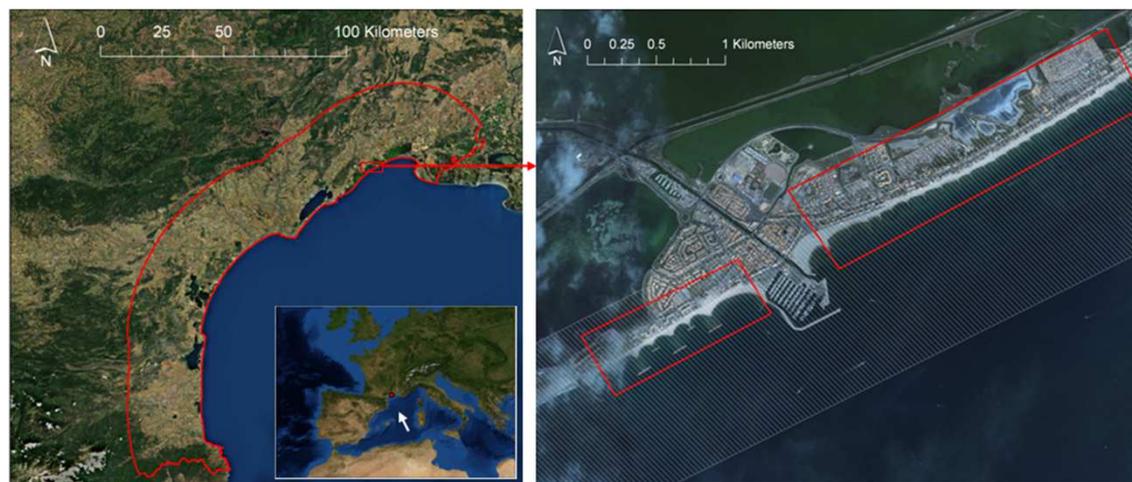


> 3 échéances de calcul :

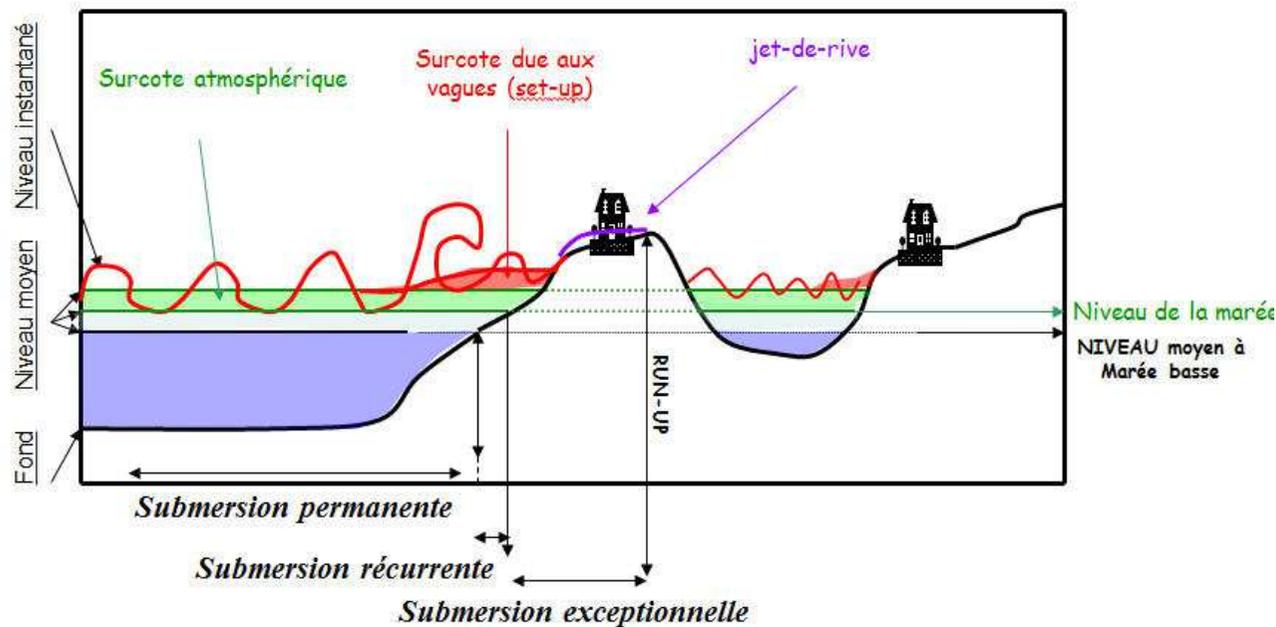
- *T0 : actuel*
- *T1 : 2030, prenant en compte une élévation de 0.07m du niveau de la mer*
- *T2 : 2100, prenant en compte une élévation de 0.35 (hypothèse ENM, scénario T2a) ou 1 m (Rahmstorf, T2b) du niveau de la mer*

> 3 types de submersions (en accord avec socio-économistes):

- **Submersion permanente**: zones constamment submergées (dessous des plus basses mers)
- **Submersion récurrente** : zones submergées au moins une fois par an (dessous des PHMA)
- **Submersion exceptionnelle** : zones submergées lors d'une tempête extrême (1982)



Définition de l'aléa de submersion et de l'exposition du littoral à cet aléa



*Modélisation locale
de la surcote liée à une tempête
de type Novembre 1982*

Définition de l'aléa de submersion et de l'exposition du littoral à cet aléa



- Résultats

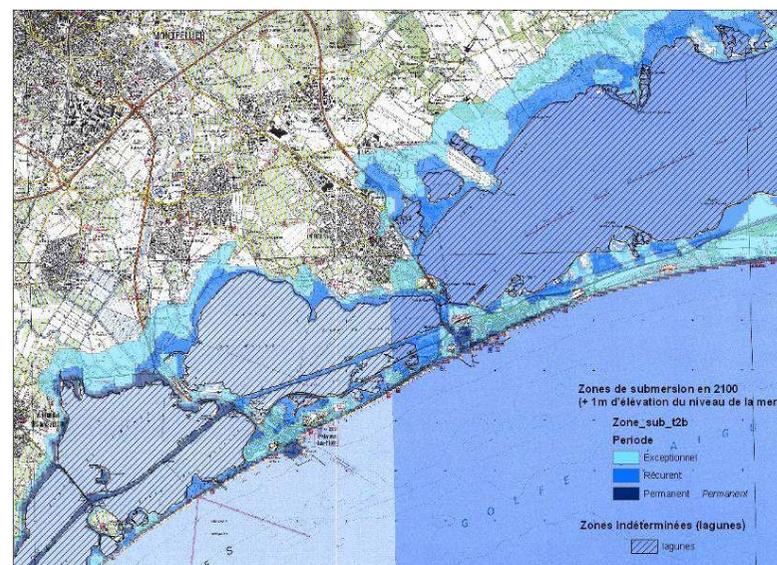
- En 2010, 2030 impact limité aux submersions exceptionnelles
- 2100 augmentation significative des surfaces exposées (P, R et E)
- Seuil topographique aux environs de 2080 (site local)

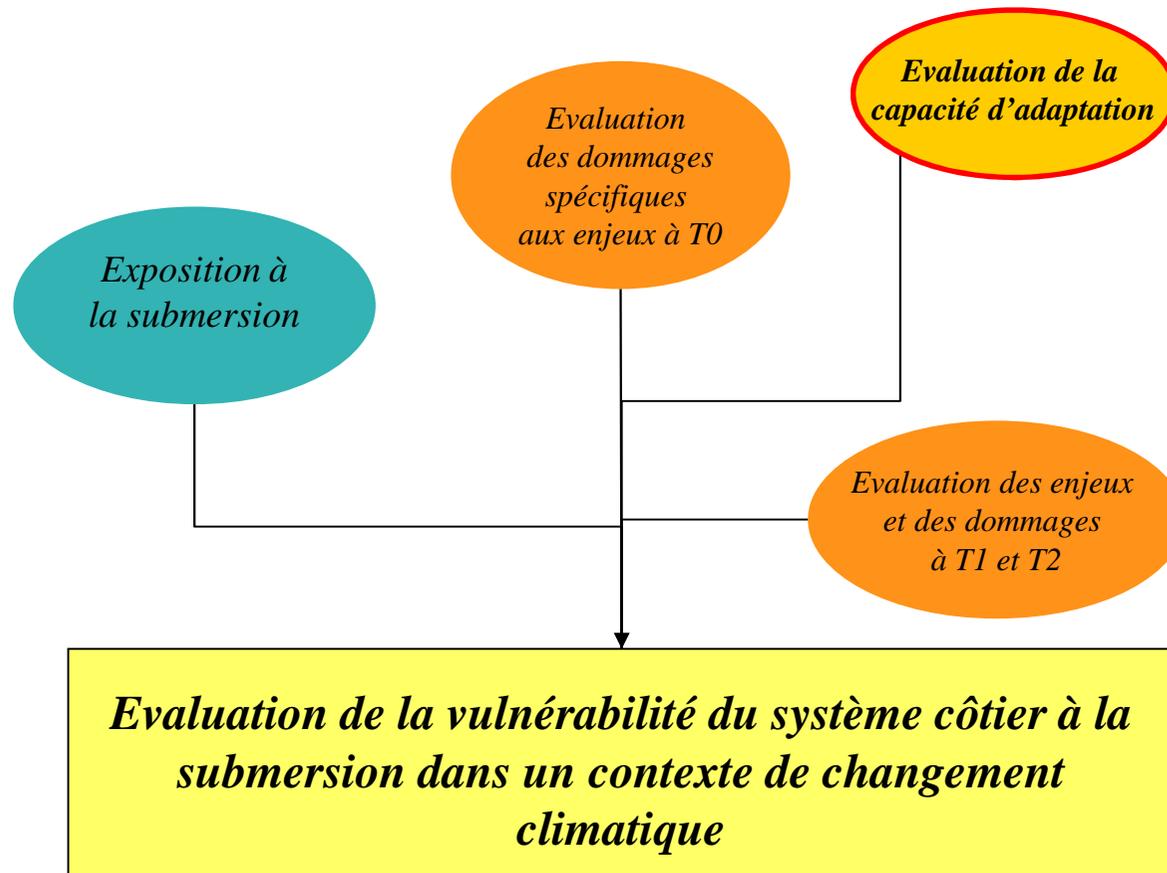
- Les limites

- Scénarios climatiques (Hypothèses ENM, tempêtes inchangées),
- 2030 dans variabilité climatique
- Forte incertitude liée au MNT, et évolution des plages non considérée => Résultats cartographiques avec une incertitude encore forte, qualitative



Forte incertitude (MNT, mailles modèles, scénarios,...)





Evaluation de la capacité d'adaptation



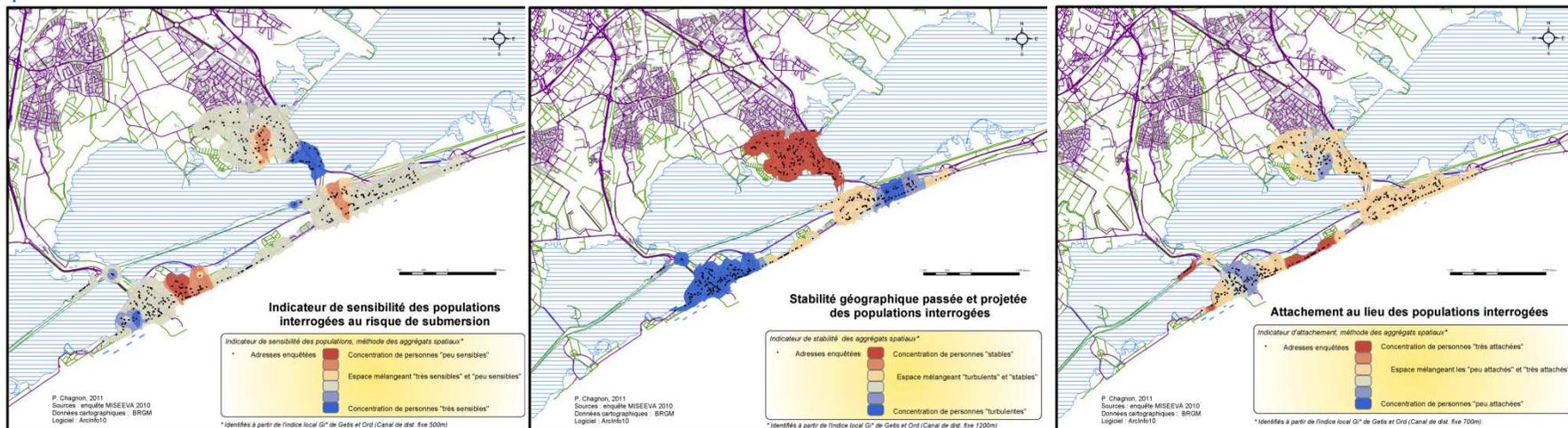
Perception du risque

- Sensibilité des populations?
- Inertie résidentielle?
- Attachement?

Capacité de réponse des pouvoirs publics

- Quelles méthodes?
- Quels enjeux protéger à tout prix?
- Quand agir?

Capacité d'adaptation



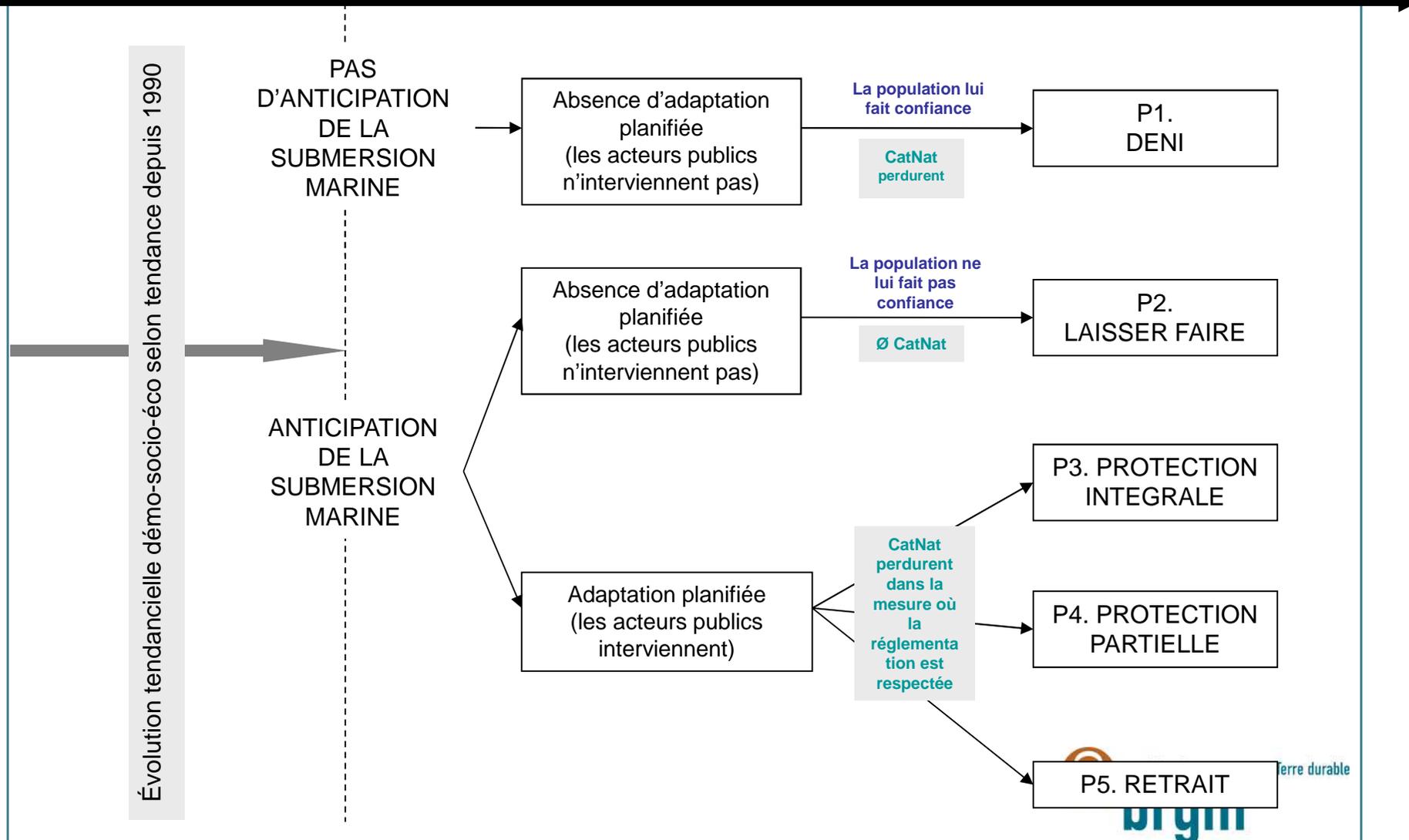
Imaginer des perspectives d'adaptation à la submersion

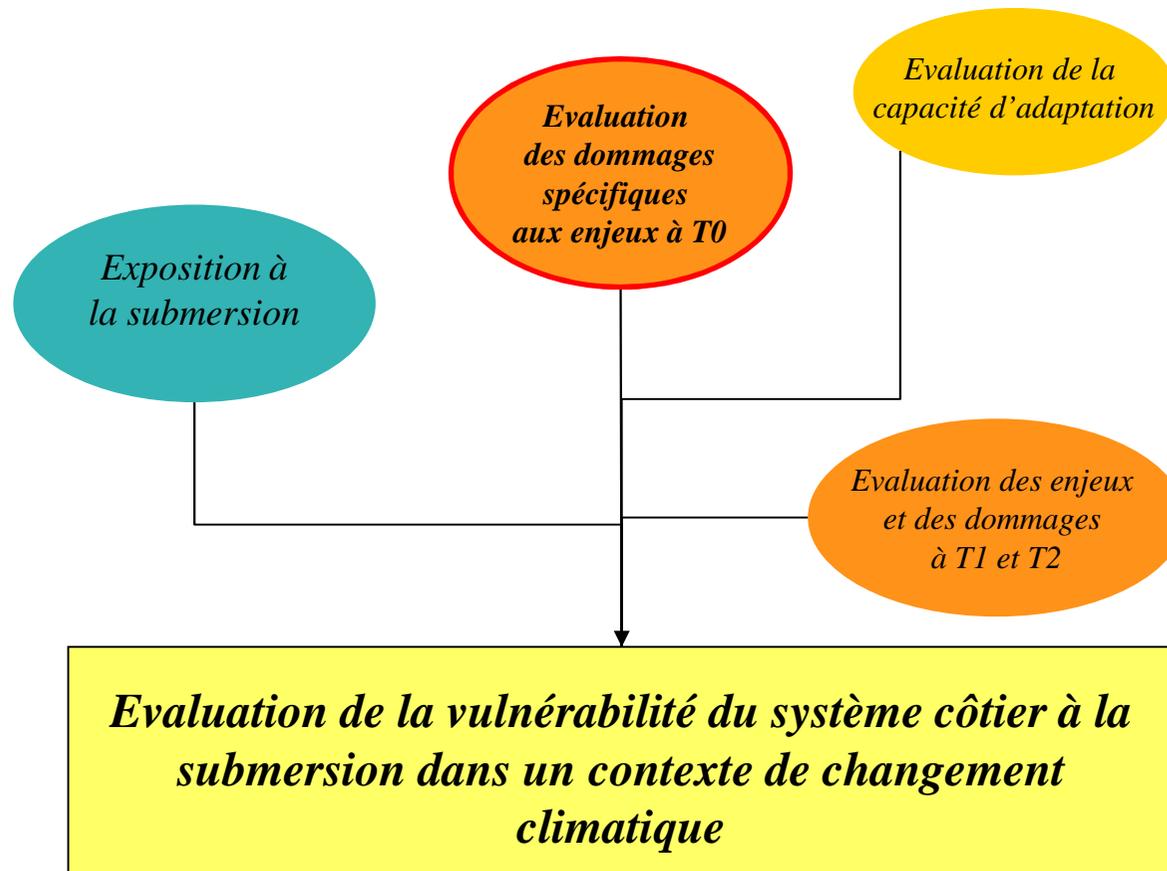


T0 = 2010

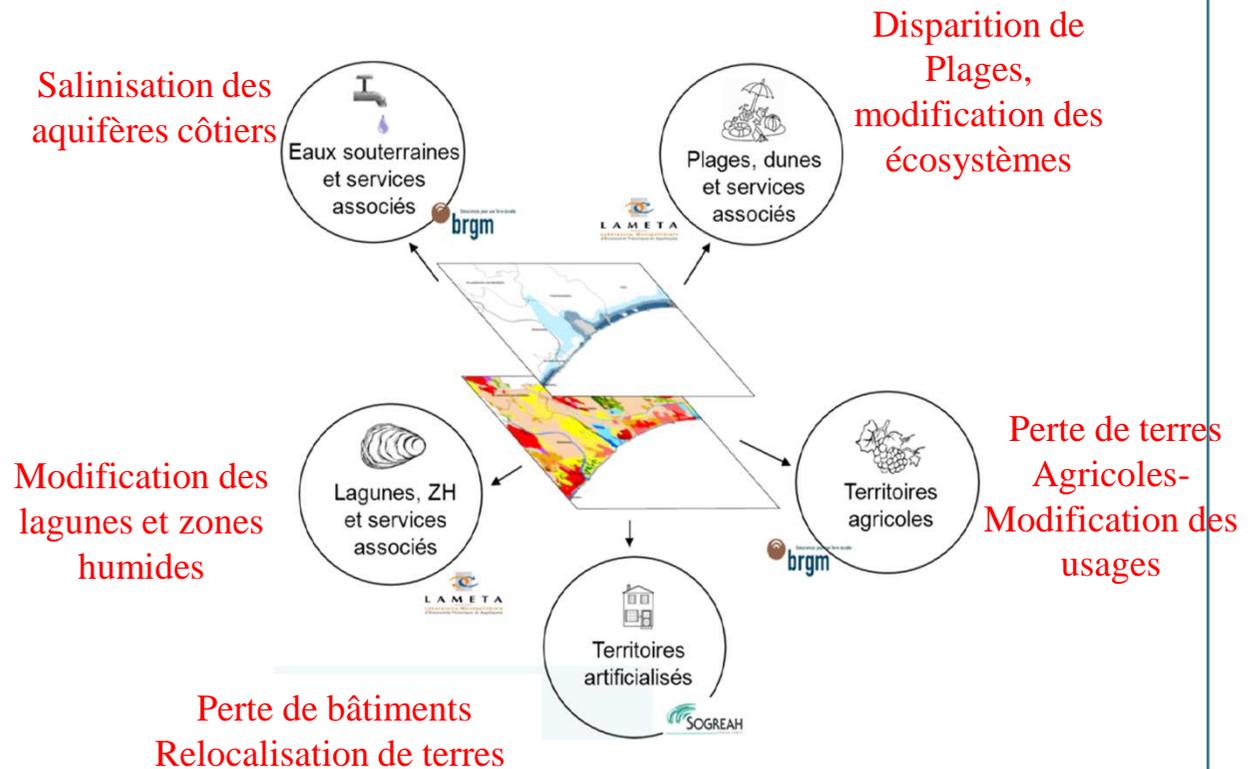
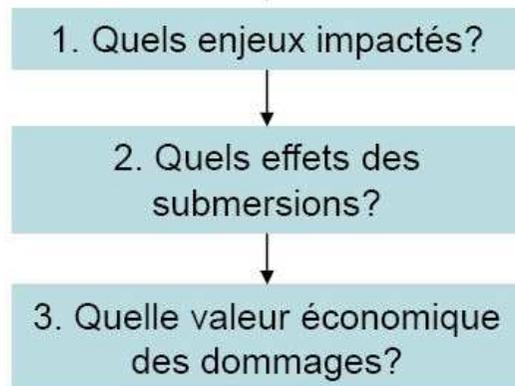
T1 = 2030

T2 = 2100





> **Evaluation sociale, économique et environnementale des enjeux et des dommages en 2010, 2030 et 2100**



- Méthodes et échelles adaptées à chaque type d'enjeu
- Enjeux non marchands : mobilisation de plusieurs méthodes contingentes
- Scénarios économiques /démographiques pour 2030 mais perspectives d'adaptation pour 2100

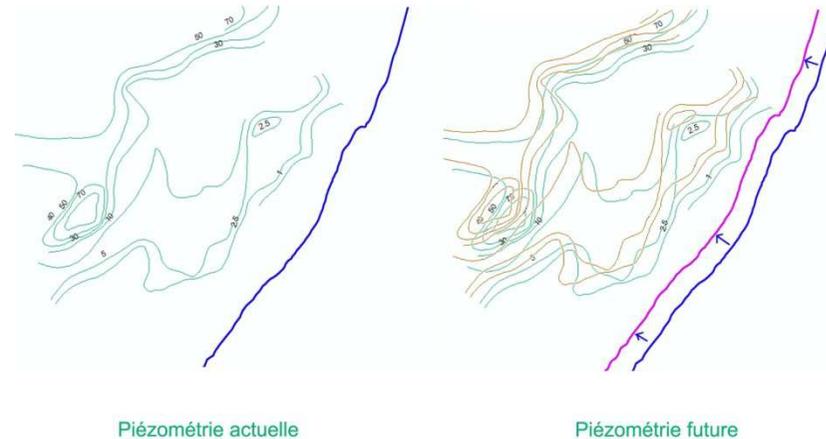
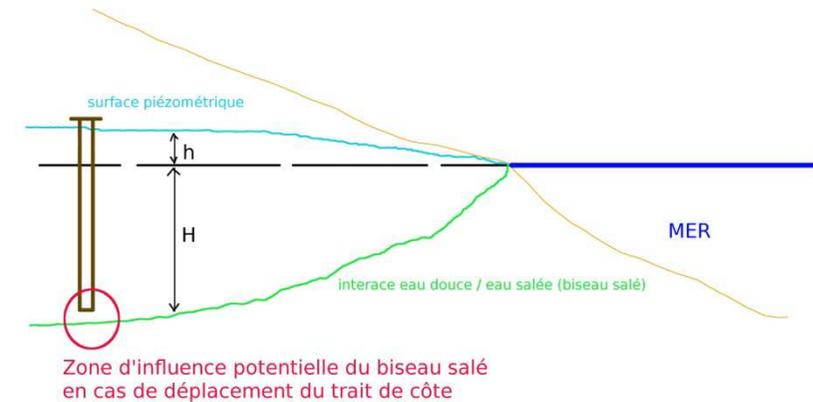
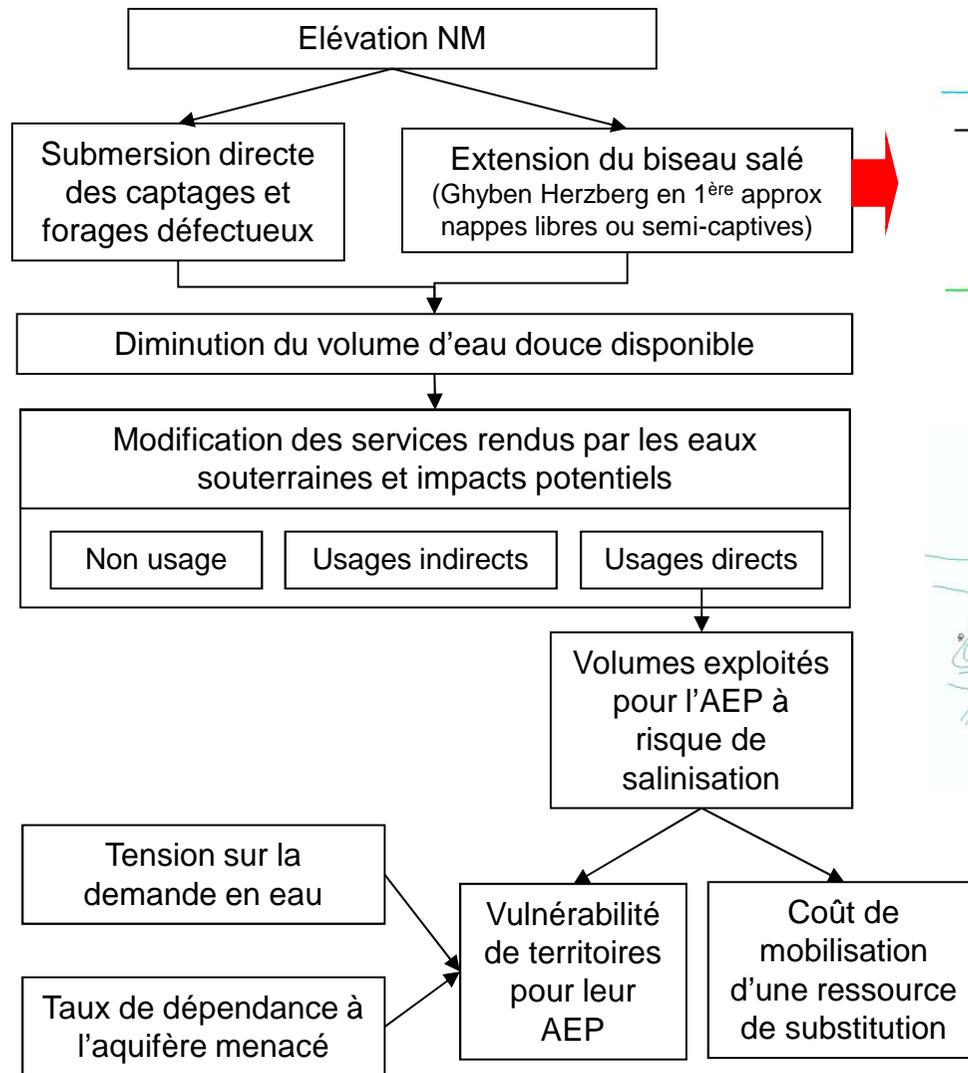


Zoom sur l'enjeu eau souterraine



-1.89 3

Salinisation des eaux souterraines (1)



Salinisation des eaux souterraines (2)



Nappes alluviales de l'Hérault, de l'Orb et de l'Aude

- AEP ~ 50 Mm3/an
- Irrigation ~ ? Mm3/an
- Particuliers ~ ? Mm3/an

Nappe des calcaires de la Gardiole

- AEP ~ 7 Mm3/an
- Irrigation ~ ? Mm3/an
- Particuliers ~ ? Mm3/an

Aquifère de Mauguio-Lunel

- AEP ~ 7 Mm3/an
- Irrigation ~ ? Mm3/an
- Particuliers ~ ? Mm3/an

Nappes des sables astiens

- AEP ~ 2 Mm3/an
- Campings ~ 1 Mm3/an
- Forages privés ~ 1 Mm3/an

Nappes du Plio-Quaternaire du Roussillon

- AEP ~ 45 Mm3/an
- Irrigation ~ 28 Mm3/an
- Particuliers ~ 6 Mm3/an
- Industries ~ 4 Mm3/an

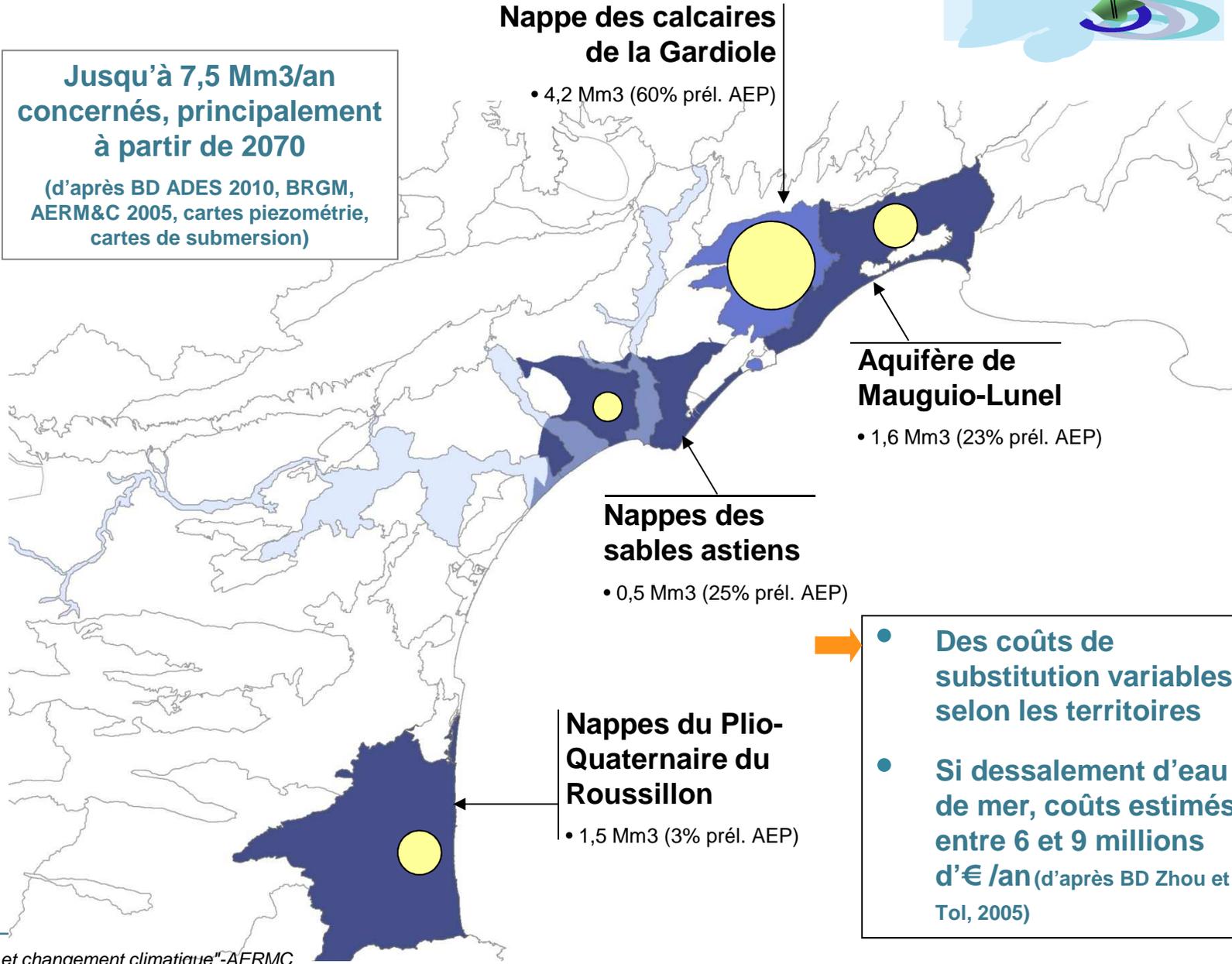
➔ **Importance des aquifères côtiers pour secteur AEP:**

➔ plus de 100 Mm3/an prélevés, soit 1/3 de l'ensemble des prélèvements AEP (ESO+ESU) de la région LR

Salinisation des eaux souterraines (3)



➔ **Jusqu'à 7,5 Mm³/an concernés, principalement à partir de 2070**
(d'après BD ADES 2010, BRGM, AERM&C 2005, cartes piezométrie, cartes de submersion)



- ➔
- Des coûts de substitution variables selon les territoires
 - Si dessalement d'eau de mer, coûts estimés entre 6 et 9 millions d'€ /an (d'après BD Zhou et Tol, 2005)



Zoom sur l'enjeu lagunes et habitats péri-lagunaires



© Indicateurs-biodiversité.naturefrance.fr

-1.8

Lagunes et zones humides



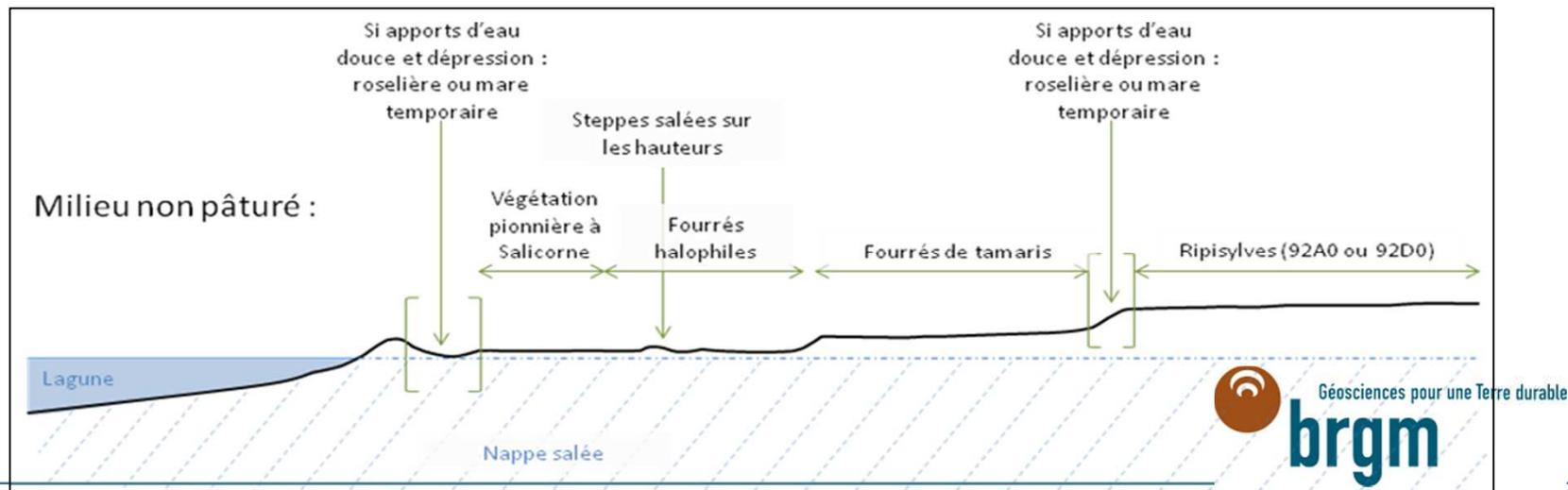
> Impact

La montée du niveau de la mer réduit la distance à la nappe salée et donc la répartition spatiale des habitats qui sont très sensibles à la salinité du sol

- Submersion permanente : **perte de zones humides (et gains de lagune)**
- Submersion récurrente : **translation des habitats** en fonction d'une règle de transformation (différentiel des poids relatifs)
- Submersion exceptionnelle : **pas d'impact** car milieux adaptés à ce type de situation

> Méthodologie

- A partir de Natura 2000, sélection des habitats les plus représentatifs : 10 habitats = 89% des surfaces
- Identification de la distribution des habitats par classes d'altitudes

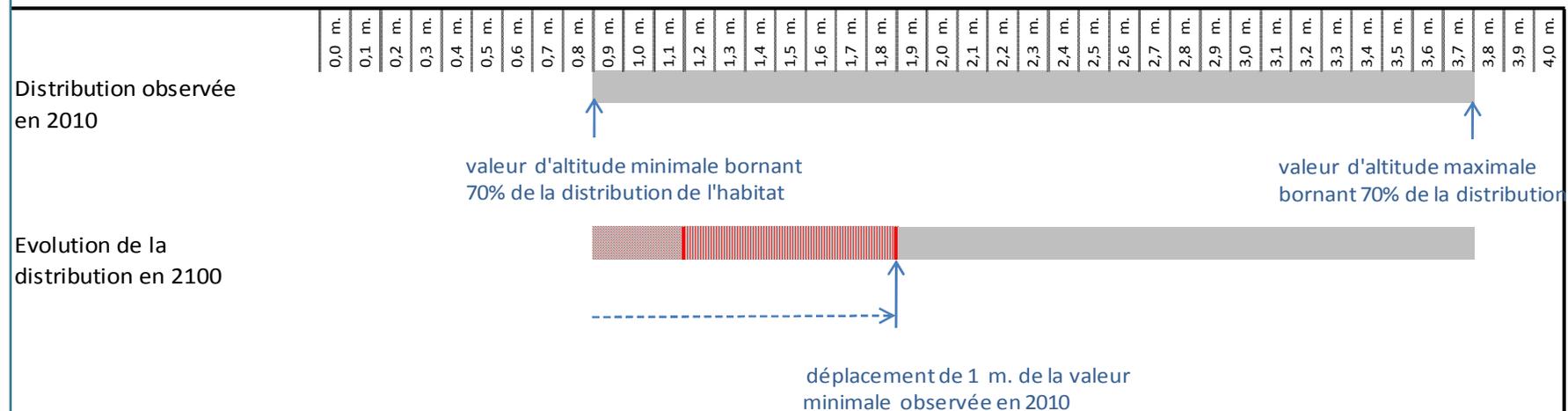


> Règles de transformation



(S. Bertrand (Pôle relais lagunes), H. Heurtefeu (EID Méditerranée), M. Kleszczewski (CEN LR), X. Rufay (CEN LR))

- **Les habitats doux** (roselières, mares) : **pas de changement** car dépendant des apports d'eau douce supposés inchangés
- **Les habitats diffus et végétal fortement vulnérables** (Gazon à salicorne et Fourrés halophiles) : **disparition** sans changement car très vulnérables (distribution de la répartition par hauteur très faible)
- **Les habitats diffus et végétal plus éloignés des lagunes** (steppes salées, prés-salés, prairies humides, prairies de fauche, fourrés de tamaris, forêts galeries méditerranéennes) : **transformation** suivant le principe :



- : surfaces habitat X (en 2100 = surfaces habitat X qui se sont maintenues)
- : surfaces submergées en 2100 (analyse de submersion)
- ▨ : surfaces qui subissent une adaptation : transformation en habitats naturellement plus proches de la lagune en 2100

Evolution en 2100



	Habitats faiblement représentés au niveau régional	Habitats bien représentés au niveau régional
Habitats faiblement impactés	Mares temporaires	Roselières
Habitats fortement impactés	<u>En régression :</u> Prairies humides, Fourrés de tamaris, Prairies de fauche de basse altitude, Forêts galeries méditerranéennes, Steppes salées	<u>En progression :</u> Gazon à salicorne, Fourrés halophiles <u>En régression :</u> Prés-salés

	Perspective du déni	Perspective de la protection totale	Perspective du retrait
	+ 19%	0%	+ 30%

Progression qui correspond à des pertes de terres agricoles et d'espaces artificialisés

une Terre durable

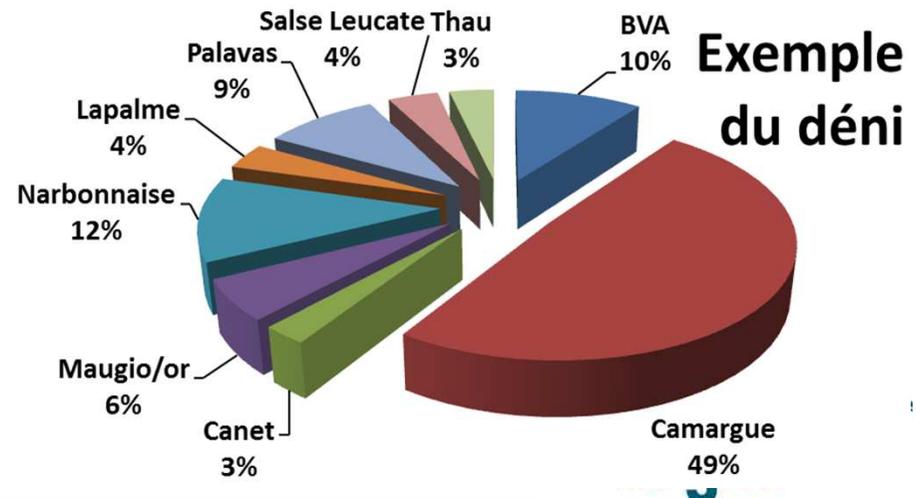
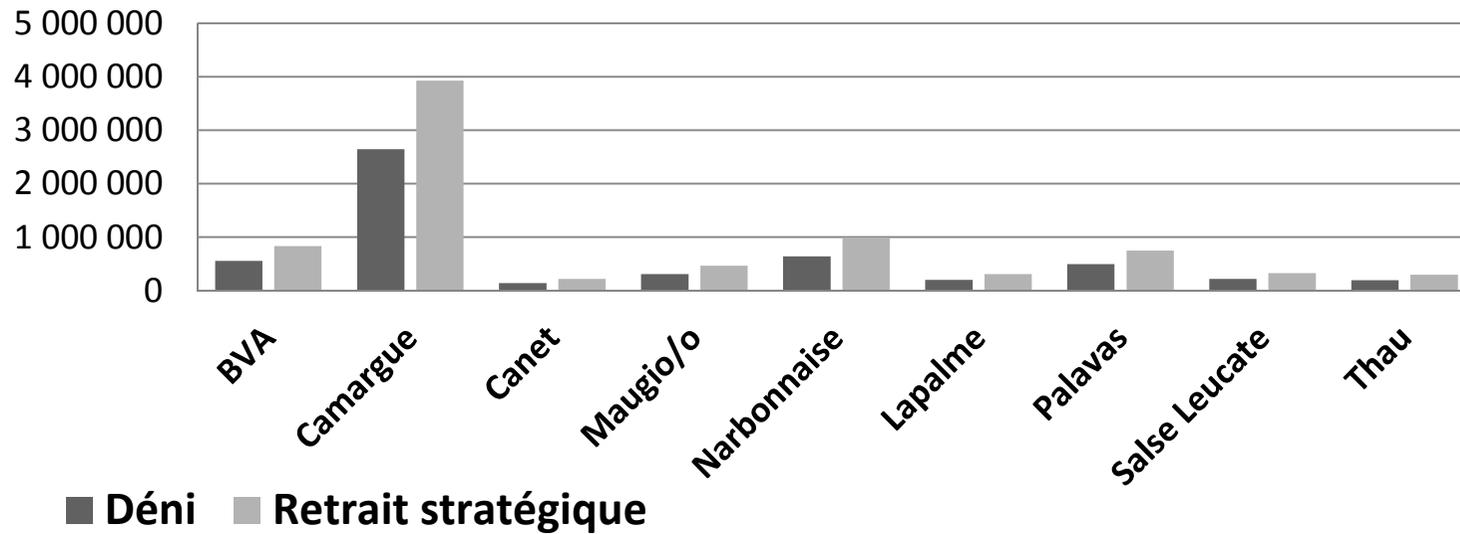


Zones humides: Principaux services impactés par extension de zone (*gains* en % / hectares initiaux)



		Déni et Laisser faire	Retrait
Prélèvement	Pâturage Matériaux	+20% +28%	+32% +40%
Régulation	Tempêtes Crues Épuration	+36% +20% +18%	+42% +31% +30%
Culturel	Écotourisme Chasse Pêche de loisir	+20% +20% +28%	+31% +31% +40%
Support	Biodiversité	+19%	+30%

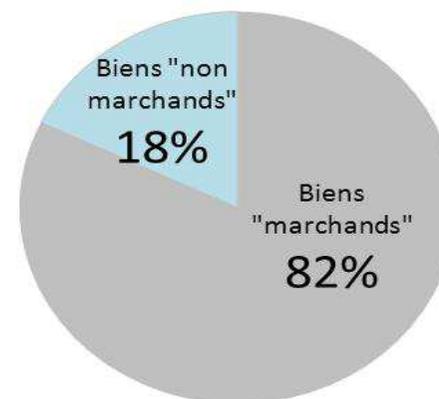
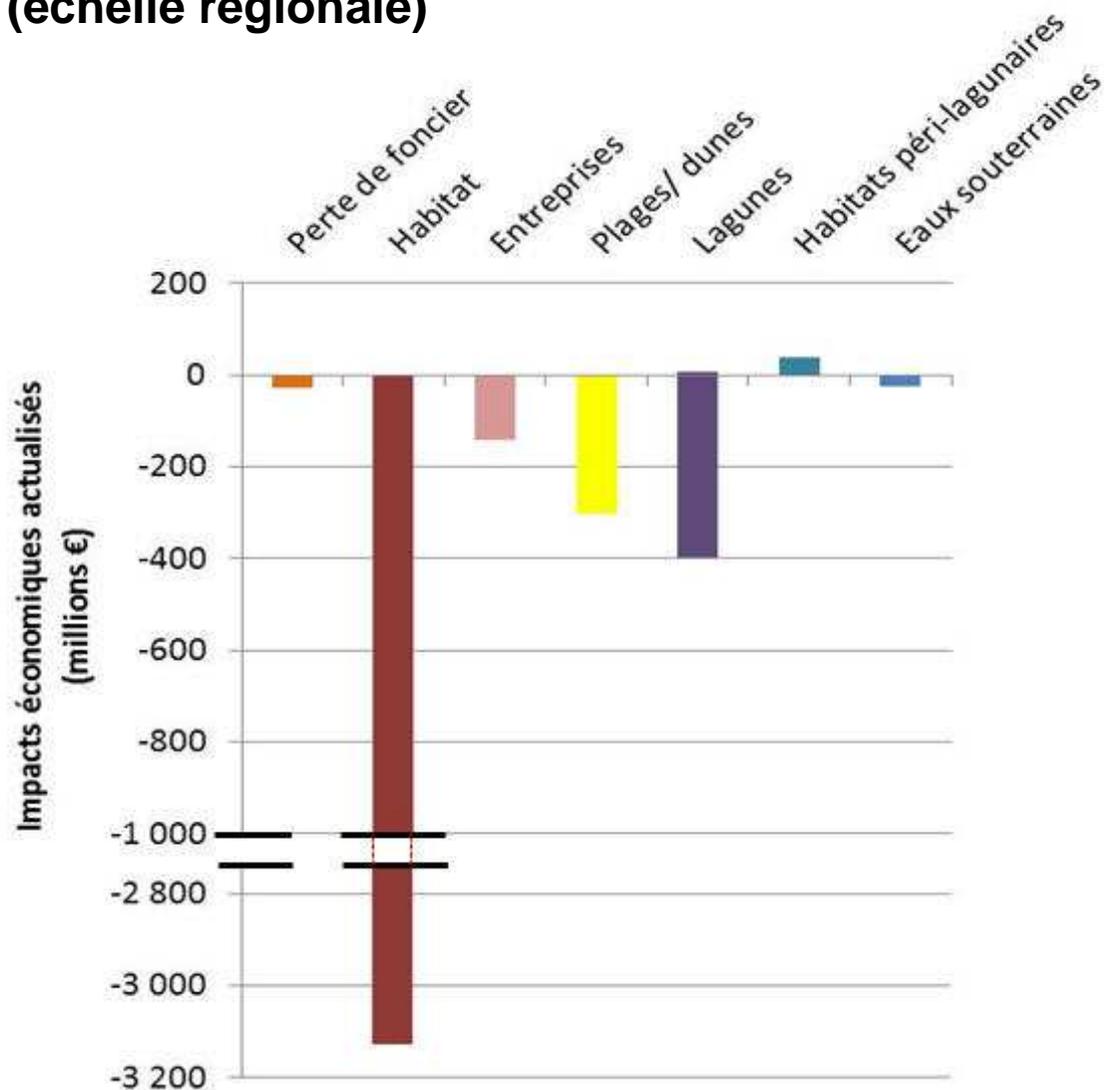
Résultats (Valeur économique) par lagunes (valeurs 2010)



Synthèse sur les coûts des dommages



> Exemple dans une perspective de déni du changement (échelle régionale)



Synthèse et valorisation-Agrégation des indicateurs

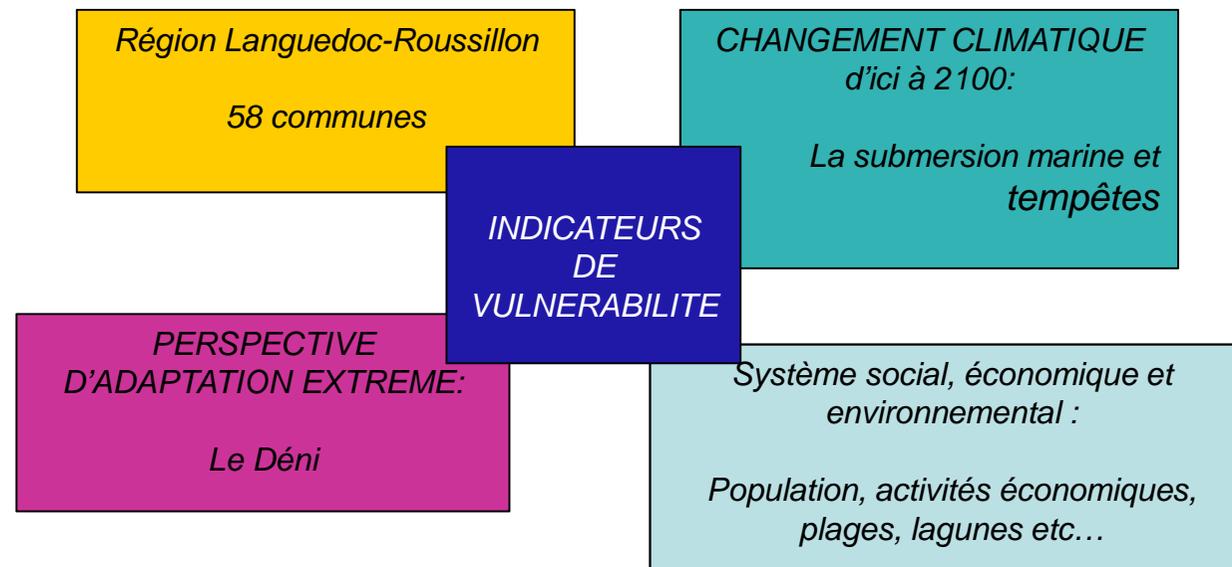


> Innovations méthodologiques

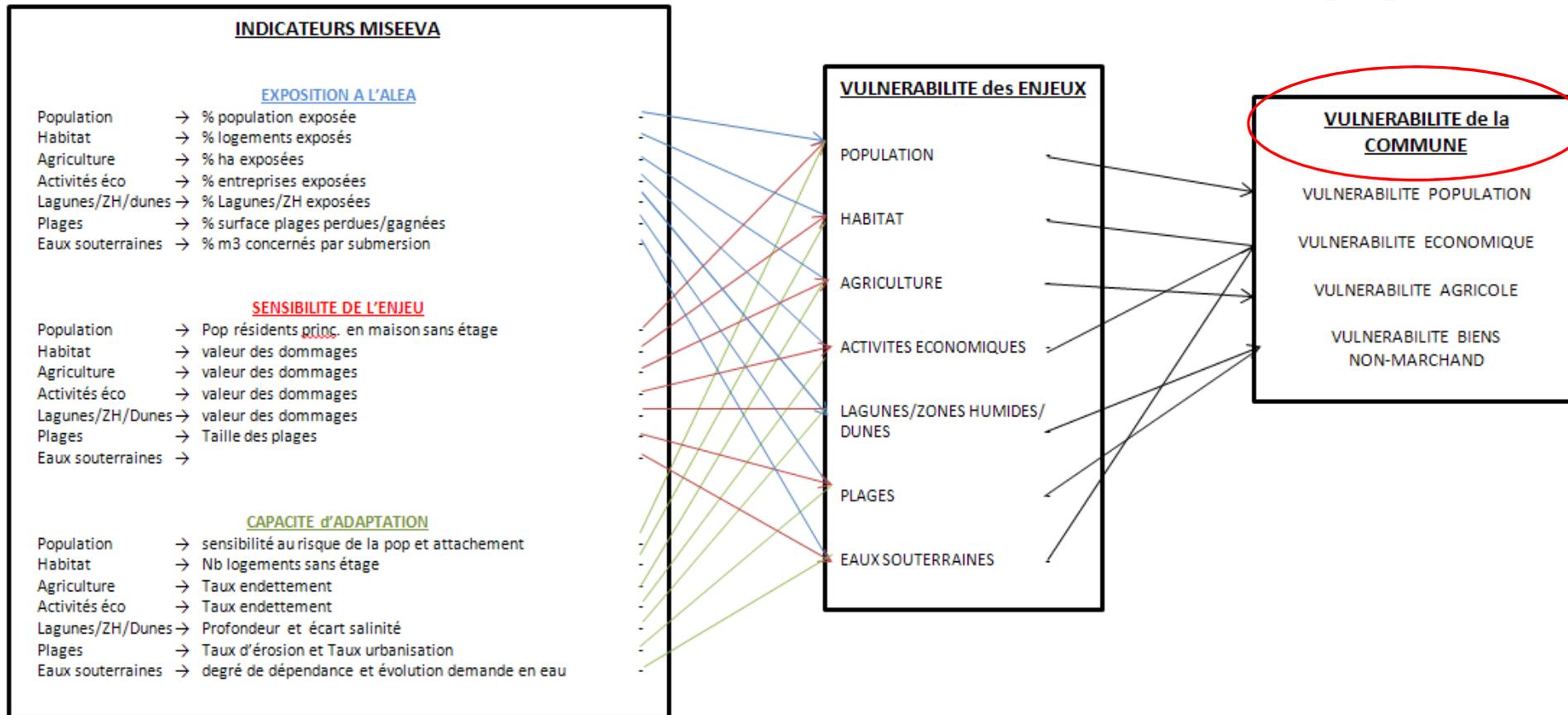
- Indicateurs spécifiques /enjeux et par type de submersion
- Agrégation indicateurs de vulnérabilité
- Vers un outil d'information des parties prenantes

> Résultats thématiques

- Vulnérabilité à 2010 et à 2100, dans une perspective de déni.



Indicateurs SE



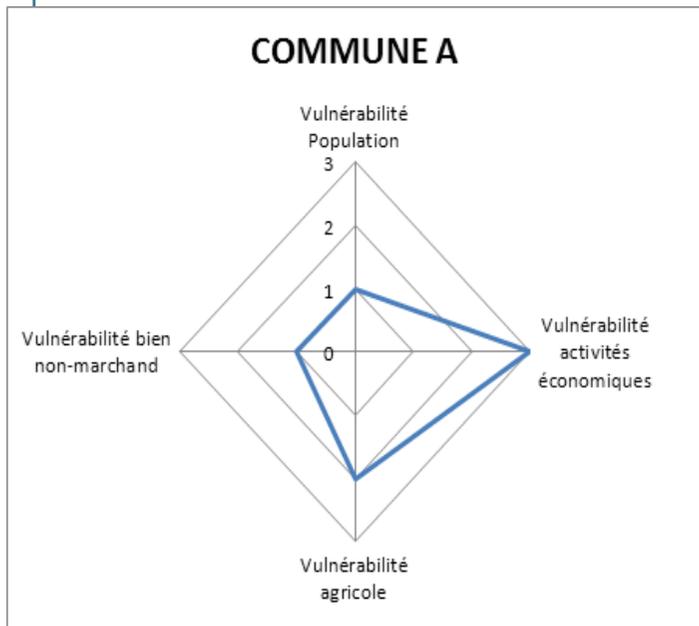
Méthode d'agrégation:
Moyenne arithmétique des indices

1^{er} niveau d'agrégation

2^{ème} niveau d'agrégation

Faire ressortir la Vulnérabilité des communes

Vulnérabilité des communes exprimée par niveau de vulnérabilité (1, 2, 3)

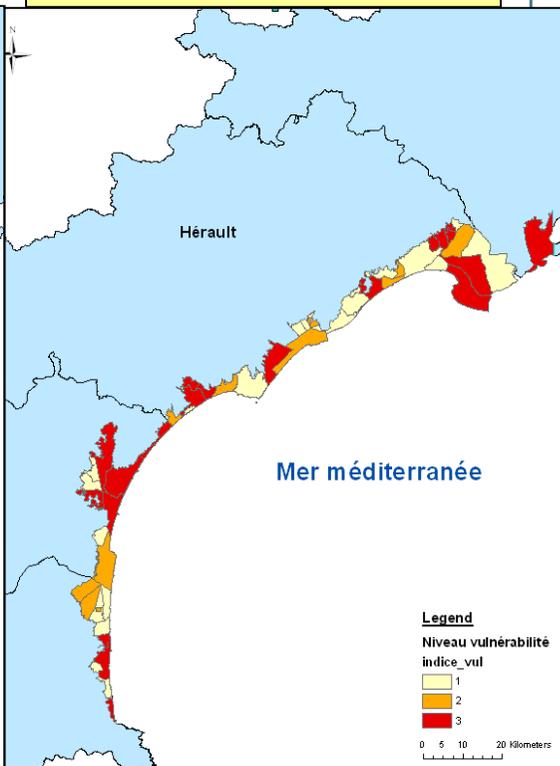
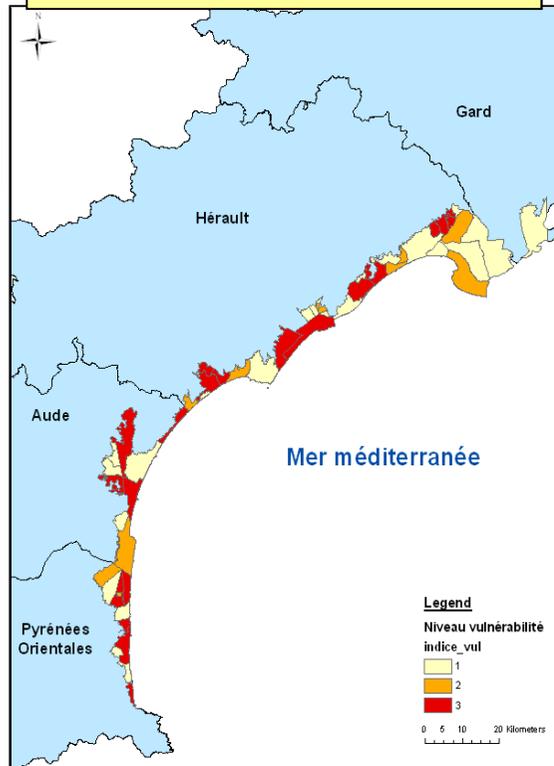


Cartographie de la vulnérabilité de la zone côtière

Pour chacune des 58 communes

VULNERABILITE POPULATION

VULNERABILITE AGRICOLE



Bilan du projet



> Apports

- Analyse holistique de la vulnérabilité à la submersion dans CC (Exposition, sensibilité, capacité d'adaptation)
- Typologie des enjeux et des dommages du système littoral
- Dommages rattachés aux types de submersion (P, R ou E)
- Définition d'indicateurs de vulnérabilité spécifique aux enjeux
- Peu de modification de l'aléa/des dommages en 2030
- Evaluation des enjeux et dommages spécifiques en 2100 (Augmentation progressive du risque, coût des dommages selon perspectives d'adaptation)

> Limites et reste à faire

- Valider la faisabilité et l'acceptabilité des perspectives d'adaptation
- Compléter la définition de l'aléa et de l'exposition
 - Améliorer données sources (vents, surcote, MNT, période de retour des tempêtes)
- Compléter l'approche sociale, économique et environnementale
 - Compléter analyse/enjeux manquants (infrastructures)
 - Développer l'analyse systémique des dommages
 - Analyser évolution perception et capacité d'adaptation (après Xynthia, notamment)
- Mieux qualifier, sinon calculer l'incertitude ; limite du changement d'échelle

> Dans le domaine de l'eau

- Modéliser piézométrie et configuration biseau salé futures
- Préciser besoins, usages et évolution des usages (lien avec agriculture)
- Liens Lagunes/ZH avec enjeux agriculture, eau souterraine
- ...





Merci pour votre attention...



© DREAL LR

Contacts:

- Charlotte Vinchon: c.vinchon@brgm.fr

- Yann Balouin: y.balouin@brgm.fr

