

# 2<sup>ème</sup> COTECH de l'étude prospective stratégique du littoral du Var

*Projet MAREGOT, mardi 11 décembre 2018*



# Déroulé de la présentation

- Rappel de la méthodologie de la phase 1
- Présentation des résultats de la phase 2 (atlas et sites pilotes)
- Réflexions sur la 3<sup>ème</sup> phase



# Retour sur la phase 1

# Objectif de l'étude

- Donner des **clés d'adaptation** du territoire (des éléments d'aide à la décision) aux **décideurs** afin de **prévenir et de gérer les impacts du changement climatique** à horizon 2030 (sous la forme d'une stratégie et d'un plan d'actions à mettre en place rapidement) et 2100 (sous la forme de recommandations).

# Les enseignements de la phase 1

- Une 1<sup>ère</sup> approche basée sur le croisement « importance des plages » X « latitude de gestion »
- L'importance des plages : une notion trop complexe et sensible pour être efficace
- Latitude de gestion: une composante essentielle, mais qui implique aussi des arbitrages « politiques »

# Une sélection « indicative » de 96 sites à enjeux





# 2 Présentation des résultats de la phase 2

# L'objectif de la phase 2

- Phase 2 : Analyse de l'évolution probable du littoral à l'horizon 2030 et 2100 :
  - Projection probable du trait de côte à deux horizons à dire d'expert
  - Evaluation de l'impact probable sur les différents types de plage



# Le réchauffement climatique et ses effets sur la mer et les tempêtes

- L'analyse des marégraphes sur ces 25 dernières années ne montre aucune intensification des tempêtes arrivant sur les côtes françaises en termes de niveau de surcotes (ONERC, 2015). D'autre part, sur ces 60 dernières années, le nombre de tempêtes ayant frappé la France a beaucoup varié d'année en année, mais sans montrer pour autant de tendance significative, ni à la hausse ni à la baisse (CGDD, 2011).
- Par contre, une élévation du niveau de la mer a été enregistrée par les marégraphes français sur ces 100 à 150 dernières années. Il a même été observé que le niveau de la mer montait à une rythme de plus en plus élevé au gré des années.
- A Marseille (Wöppelmann et *al.*, 2014), le niveau moyen de la mer s'est élevé de :
  - +0,4 mm/an de 1849 à 1909, puis de
  - +1,4 mm/an de 1909 à 1980, et enfin de
  - +2,6 mm/an de 1980 à 2012.

# Le réchauffement climatique et ses effets sur la mer et les tempêtes

- Les modèles globaux exploités par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) retracent bien cette évolution à l'échelle de la France, comme le montre la figure ci-contre. Ainsi, sur la côte varoise, le taux d'élévation est estimé entre +2 et +3 mm/an de 1992 à 2013.

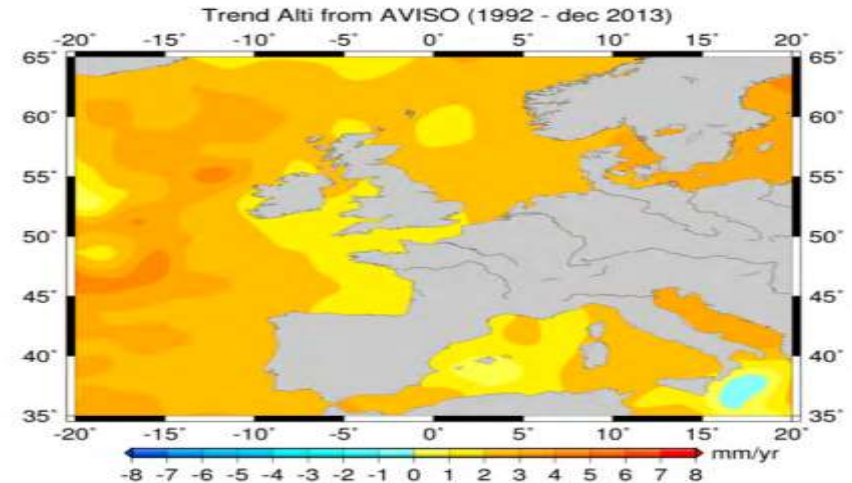


Figure B5 – Carte de la distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer (entre octobre 1992 et décembre 2013) le long des côtes de l'Europe occidentale  
Source : LEGOS.

# Les prédictions à l'échelle globale

- Les prédictions moyennes d'élévation du niveau de la mer du GIEC à l'échelle globale sont données dans le graphique ci-contre ; plusieurs hypothèses d'évolution climatique ayant été étudiées (source : GIEC 2013).
- En 2100, l'élévation moyenne du niveau de la mer sera de :
  - +0,3 m pour le scénario le plus optimiste, ou
  - +1,0 m pour le scénario le plus pessimiste.

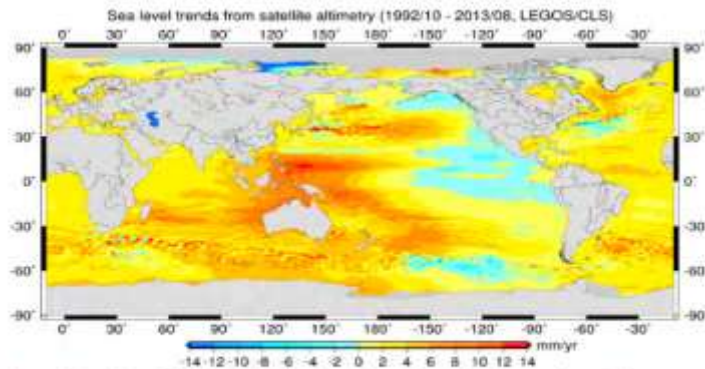


Figure B4 – Carte mondiale de la distribution géographique des vitesses de variation du niveau de la mer (1993-2013)

D'après les mesures altimétriques de Topex/Poseidon, Jason 1 et 2, ERS-1 et 2, et Envisat.

Source : LEGOS.

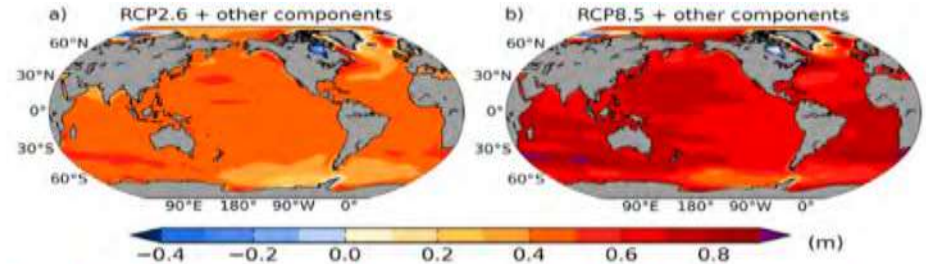


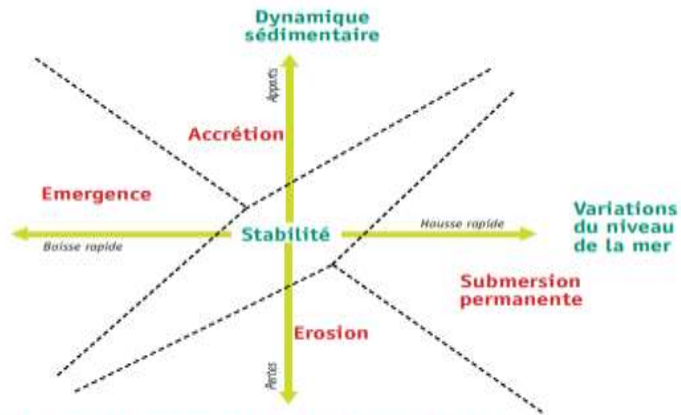
Figure B7 – Élévation du niveau de la mer pour la période 2081-2100 par rapport à 1986-2005. Les calculs prennent en compte les changements de température, salinité et courants simulés par 21 modèles du GIEC forcés avec les scénarios (a) RCP2.6 et (b) RCP8.5. Les figures incluent aussi les effets sur le niveau de la mer des variations régionales de la pression atmosphérique, de l'ajustement isostatique glaciaire et les échanges d'eau avec les terres émergées.

Source : d'après IPCC (2013), figure TS.23.

# Les recommandations à l'échelle nationale

- En France, c'est l'ONERC qui établit les recommandations à prendre en compte pour estimer les impacts du changements climatique et pour définir les mesures d'adaptation possibles. A l'horizon 2100, les recommandations sont les suivantes (ONERC, 2010) :
  - Hypothèse optimiste : + 40 cm
  - Hypothèse pessimiste : + 60 cm
  - Hypothèse extrême : + 100 cm (niveau recommandée pour la conception des digues portuaires)
- Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, les Plans de Prévention des Risques Littoraux sont établis en considérant une hausse du niveau de :
  - +20 cm pour évaluer le risque actuel,
  - +60 cm pour évaluer le risque à l'horizon 2100.
- Dans la continuité des PPRL, les hausses suivantes sont retenues pour cette étude :
  - + 20 cm à l'horizon 2030 / +60 cm à l'horizon 2100.
- Concernant les tempêtes, les effets du réchauffement climatique sur les vents et les pressions atmosphériques sont d'un ordre de grandeur inférieur aux conséquences de l'élévation du niveau de la mer (Nicholls et. al, 2014). Aucune intensification des tempêtes n'est prise en compte à l'heure actuelle dans les prévisions des risques littoraux tel que pour l'établissement des PPRL.

# L'effet de la hausse du niveau de la mer sur le littoral



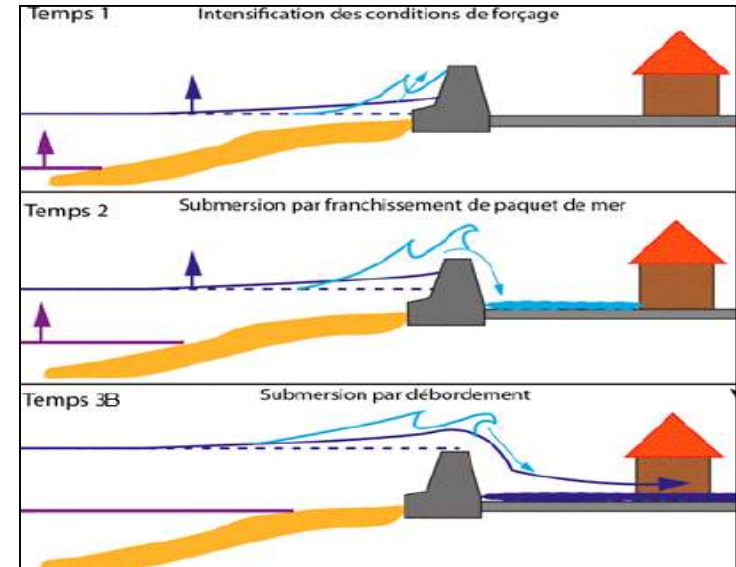
Différents modes d'évolution du trait de côte



# Le réchauffement climatique augmente l'aléa submersion



Figure C1 – Représentation schématique des différents processus engendrant le phénomène de submersion marine au passage d'une tempête



Exemple de chronologie possible lors d'un événement de submersion

# Notre méthodologie

- Analyse des caractéristiques morphologiques des 96 sites sous Géoportail





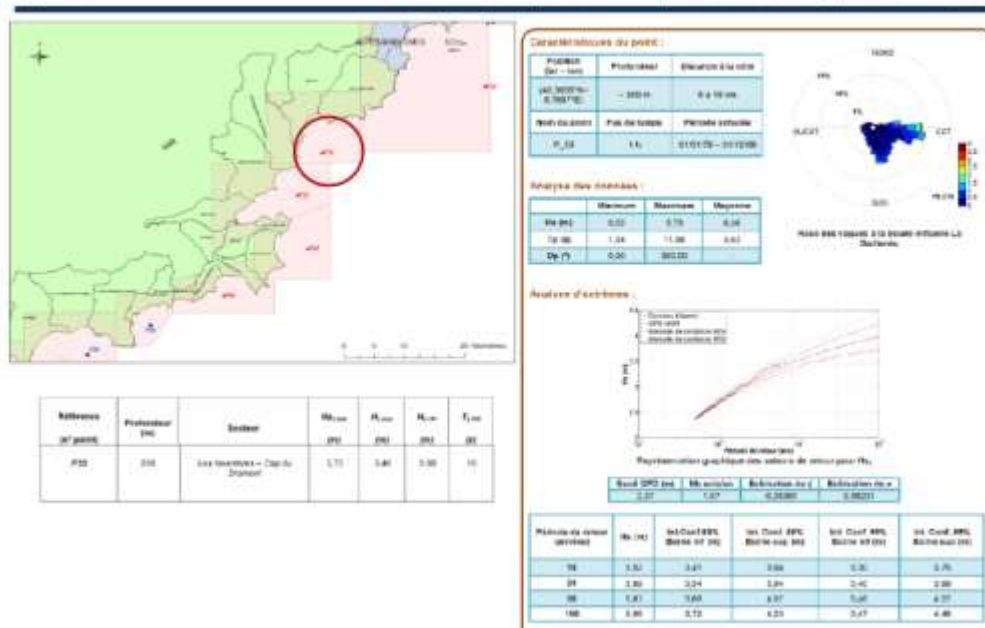


# Notre méthodologie

- Analyse des houles à l'échelle de la cellule sédimentaire

Figure A-3

Embouchure de l'Argens - Caractéristiques de la houle au large (source: BRGM, 2017)



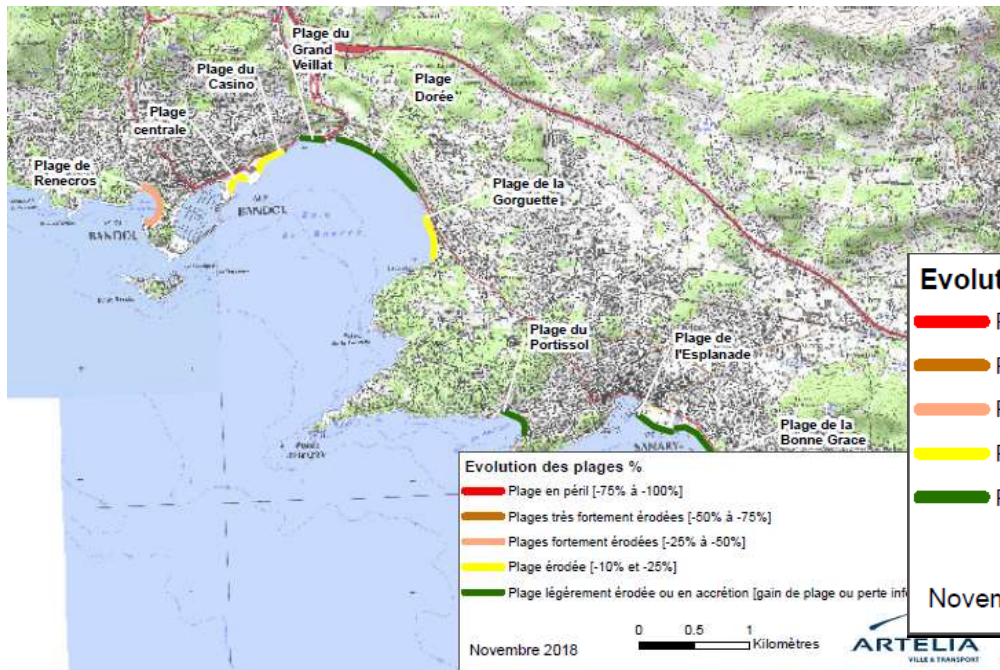
# Notre méthodologie

- 2 méthodes de calcul :

Calcul n°1 : la tendance future d'évolution du trait de côte future est la même que celle observée dans le passé. On néglige dans le calcul l'effet de l'accélération de l'élévation du niveau de la mer sur le rivage.

Calcul n°2 : l'accélération de l'élévation du niveau de la mer induit par le réchauffement climatique induit un recul supplémentaire du rivage qui est quantifié à l'aide de la formule de Bruün.

# Evolution à horizon 2030



## Evolution des plages %

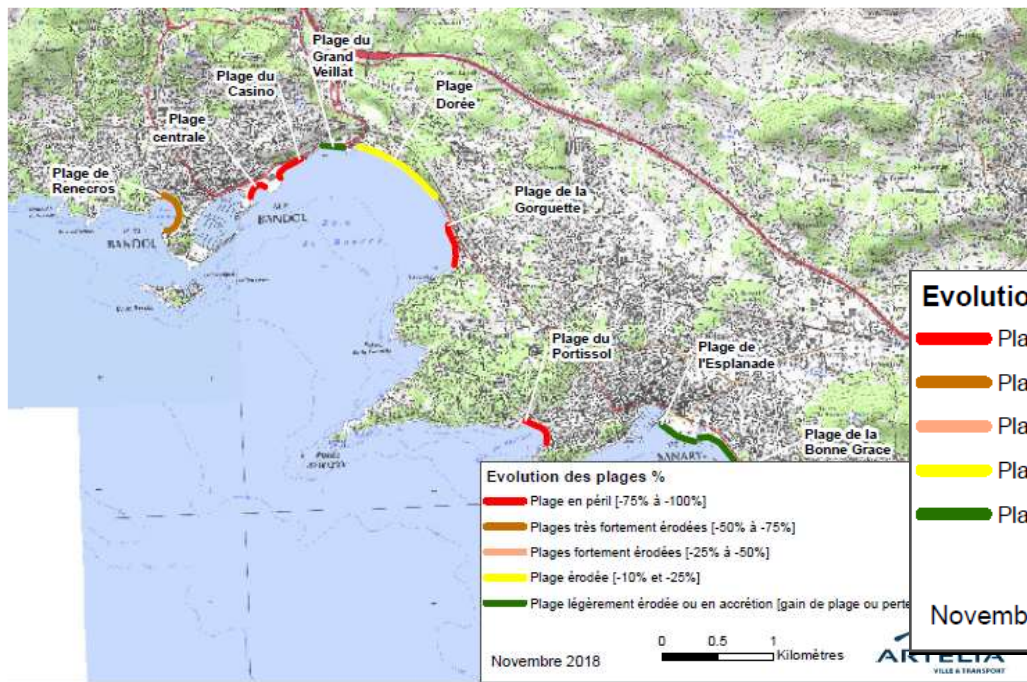
- Plage en péril [-75% à -100%]
- Plages très fortement érodées [-50% à -75%]
- Plages fortement érodées [-25% à -50%]
- Plage érodée [-10% et -25%]
- Plage légèrement érodée ou en accrétion [gain de plage ou perte inférieure à -10%]

0 0.5 1 Kilomètres

Novembre 2018



# Evolution à horizon 2100



## Evolution des plages %





- Plage en péril [-75% à -100%]
- Plages très fortement érodées [-50% à -75%]
- Plages fortement érodées [-25% à -50%]
- Plage érodée [-10% et -25%]
- Plage légèrement érodée ou en accrétion [gain de plage ou perte inférieure à -10%]

0 0.5 1 Kilomètres

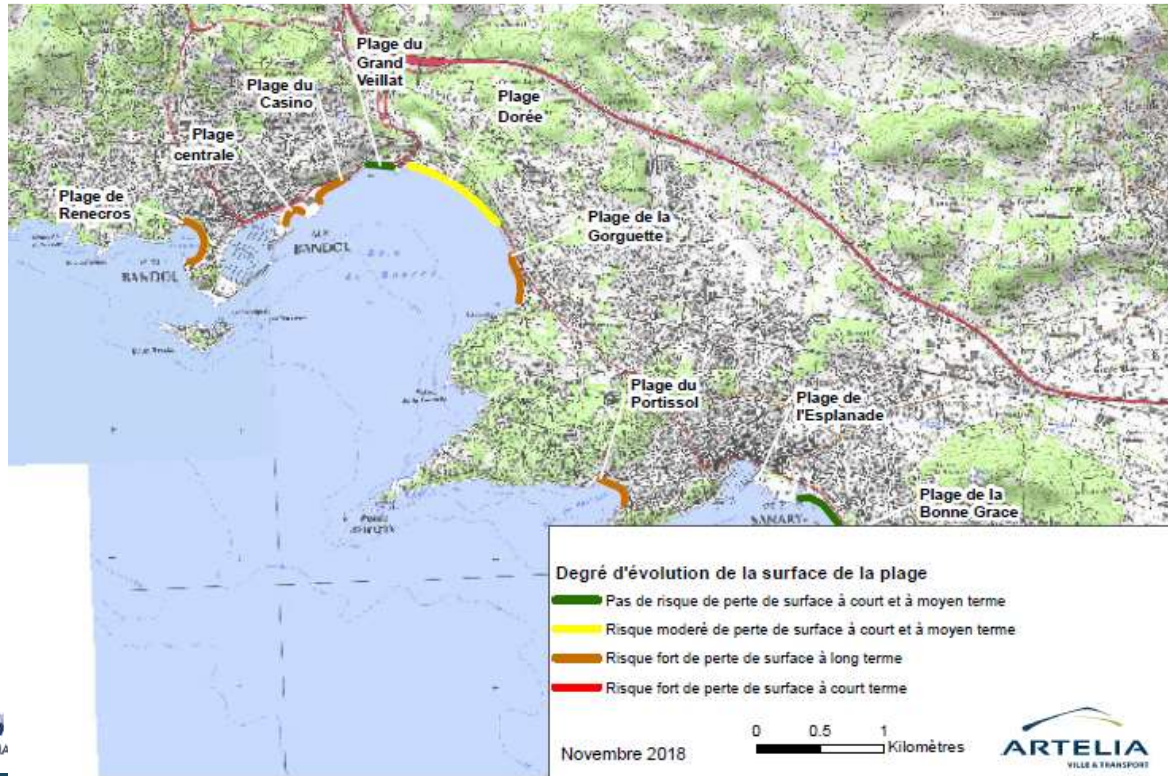
Novembre 2018

ARTELIA  
VILLE & TRANSPORT

# Synthèse des évolutions attendues

-  **Risque faible** de perte de surface de plage à court et moyen-terme;
-  **Risque modéré** de perte de surface à court et à moyen-terme ;
-  **Risque fort** de perte de surface à long-terme ;
-  **Risque fort** de perte de surface à court-terme et moyen-terme.

# Synthèse des évolutions attendues





# 3 Réflexions sur la phase 3

# L'objectif de la phase 3

- Phase 3 : Proposition de solutions d'adaptation au changement climatique sur le littoral
  - Par type de plage identifié, définition d'une stratégie générale d'intervention
  - Déclinaison de la stratégie en plan d'actions pour l'horizon 2030 et en recommandations pour l'horizon 2100



# L'approche proposée

- Un constat partagé: un décalage entre les risques annoncés et la prise de conscience par les décideurs
- Il faut pouvoir présenter des choix stratégiques pour amorcer la réflexion collective
- Il ne s'agit donc pas de proposer des « solutions », mais de montrer qu'il y a des alternatives possibles.

# 4 sites pilotes pour éclairer la démarche

- Plage de St-Pons (commune de Grimaud)
  - Site fortement protégé par des constructions anthropiques et donc peu soumis à l'aléa érosion ;
  - Site fortement soumis à l'aléa submersion ;
  - Site présentant de fortes activités balnéaires (nombreux campings).
- Anse de Renecros (commune de Bandol)
  - Site peu exposé aux aléas érosion et submersion car isolé
  - Site fortement urbanisé
- Plage de l'Estagnol (commune de Bormes Les Mimosas)
  - Site dans un environnement naturel très riche ;
  - Site exposé aux aléas érosion et submersion
- Plage de l'embouchure de l'Argens (commune de Fréjus)
  - Plage ouverte fortement exposée aux aléas érosion et submersion
  - Site mixte avec au nord une zone urbanisée, au centre une embouchure d'un fleuve notable, et au sud un espace naturel et un axe routier subissant les aléas climatiques





### Prédiction de l'évolution des plages à l'horizon 2030

#### Sans RC (calcul n°1):

Recul théorique moyen = env. -2 m

Perte surfacique = env. -10%,

#### Avec RC (calcul n°2):

Recul théorique moyen = env. -4 m

Perte surfacique env. -25%



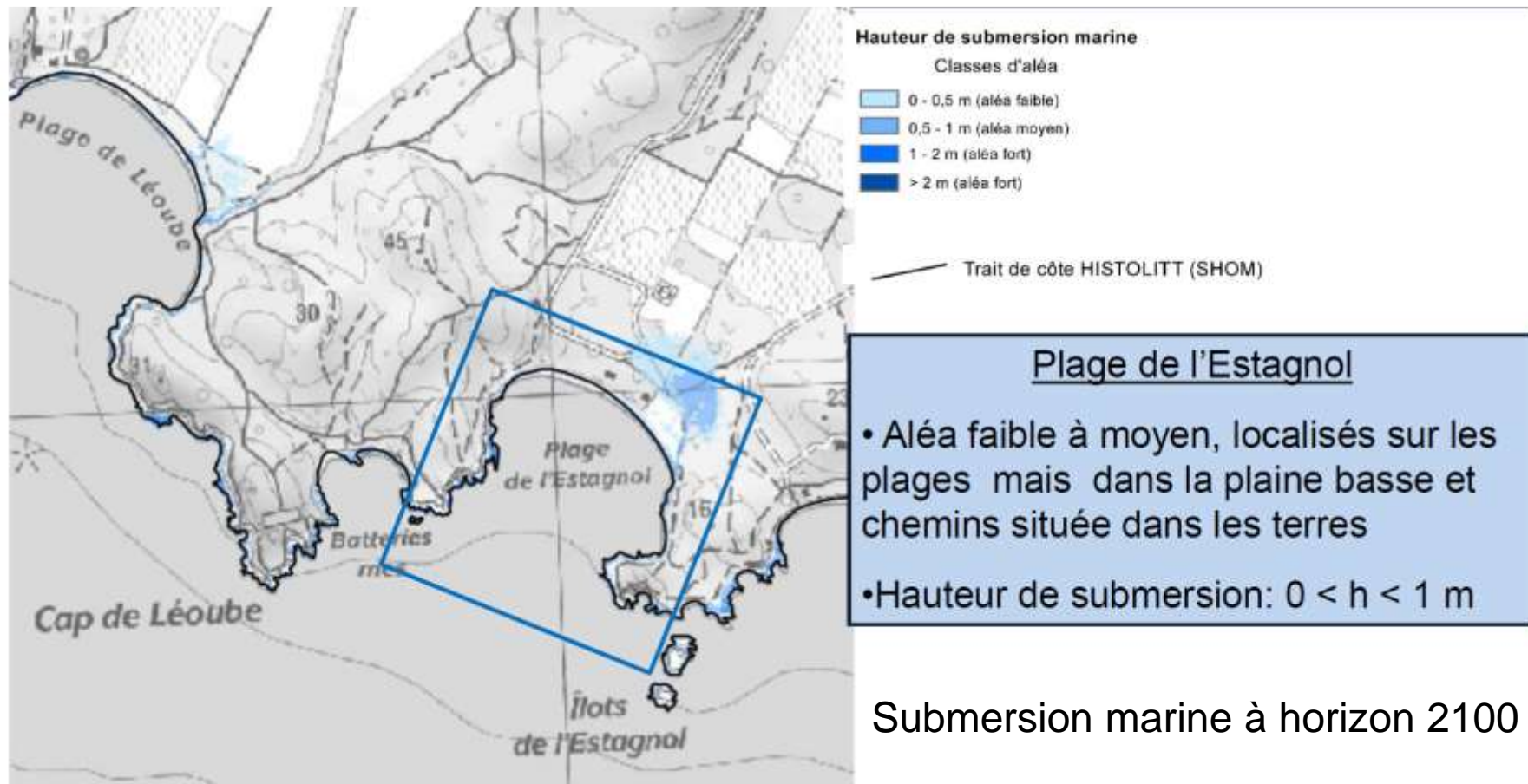
### Prédiction de l'évolution des plages à l'horizon 2100

#### Sans RC (calcul n°1):

Recul théorique moyen = entre env. -10 et -15 m  
 Perte surfacique = env. -70%, mais reformation probable  
 d'une plage plus en arrière

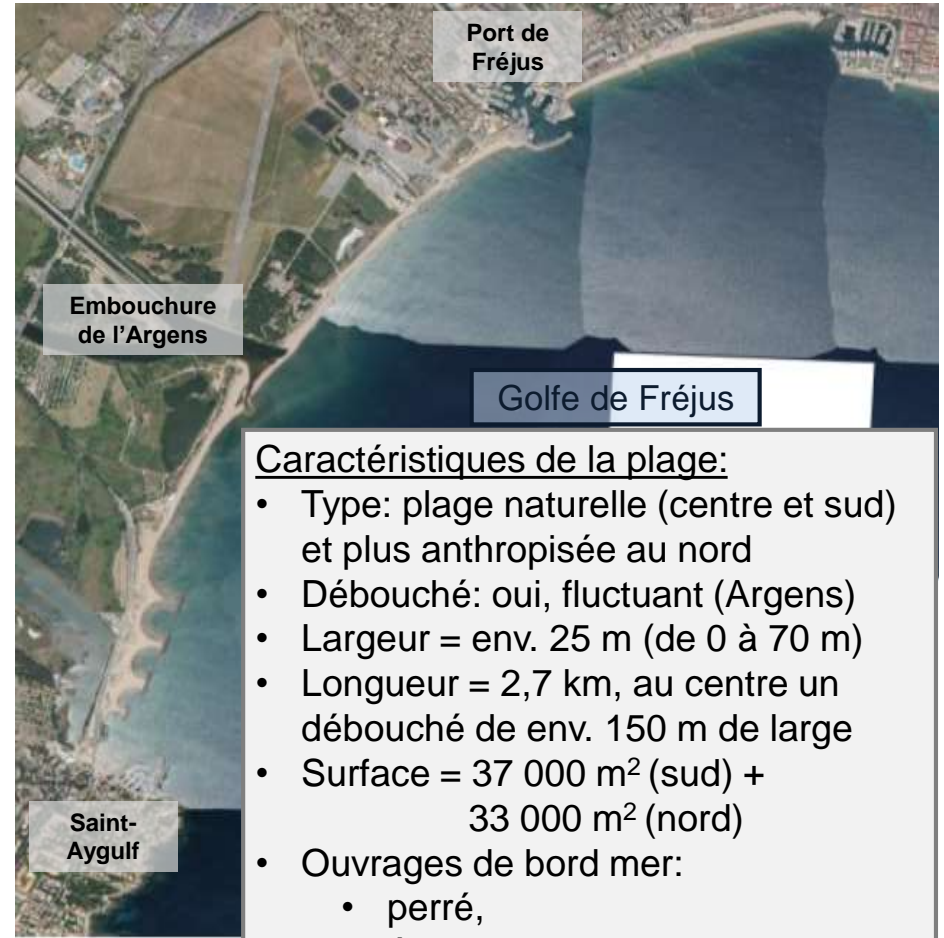
#### Avec RC (calcul n°2):

Recul théorique moyen = entre env. -20 et -30 m  
 Perte surfacique totale, mais reformation probable d'une  
 plage plus en arrière



# Plage de l'Estagnol

- Stratégies contrastées envisageables
  - Simple accompagnement du recul de la plage
  - Protections douces sous-marines
  - Retrait plus volontariste appuyé sur les risques de submersion
- Intégrer les enjeux de milieux et d'inondabilité



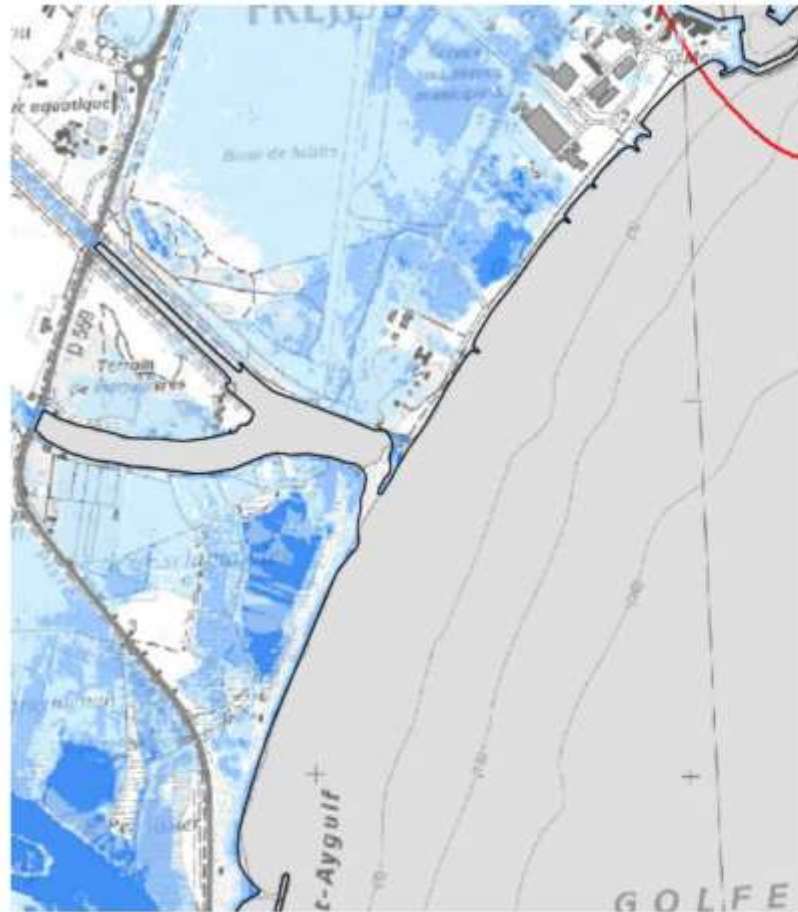
#### Caractéristiques de la plage:

- Type: plage naturelle (centre et sud) et plus anthropisée au nord
- Débouché: oui, fluctuant (Argens)
- Largeur = env. 25 m (de 0 à 70 m)
- Longueur = 2,7 km, au centre un débouché de env. 150 m de large
- Surface = 37 000 m<sup>2</sup> (sud) + 33 000 m<sup>2</sup> (nord)
- Ouvrages de bord mer:
  - perré,
  - épis,
  - brise-lame







**Hauteur de submersion marine**

## Classes d'aléa

- 0 - 0,5 m (aléa faible)
- 0,5 - 1 m (aléa moyen)
- 1 - 2 m (aléa fort)
- > 2 m (aléa fort)

Plages: aléa faible à fort,  $0 < h < 2$  m

Zones agricoles: aléa faible à fort,  $0 < h < 2$  m

Zones habitées: aléa faible à moyen ( $0 < h < 1$  m)

# Embouchure de l'Argens

- Stratégies contrastées envisageables
  - Stratégie appuyée sur les ouvrages existants, voire plus offensive
  - Stratégie(s) modulées selon les enjeux actuels, différentielles
  - Stratégie de retrait plus généralisé
- Intégrer les enjeux de milieux et d'inondabilité





### Prédictions de l'évolution des plages à l'horizon 2030

#### Sans RC (calcul n°1):

Recul théorique moyen = env. -4 m, perte surfacique = env. -25%, disparition quasi-complète à l'extrémité nord

#### Avec RC (calcul n°2):

Recul théorique moyen = env. -6 m (env. -3 m au sud-est, jusqu'à -10 m au nord), perte surfacique env. -40%, disparition quasi-complète au nord



### Prédictions de l'évolution des plages à l'horizon 2100

#### Sans RC (calcul n°1):

Recul théorique moyen = env. -10 m (env. -5 m au sud-est, jusqu'à -15 m au nord), perte surfacique = env. -60%, disparition quasi-complète au nord

#### Avec RC (calcul n°2):

Recul théorique moyen = env. -25 m, perte surfacique quasi-totale mise à l'abri de la digue au sud-est

# Anse de Rénécros

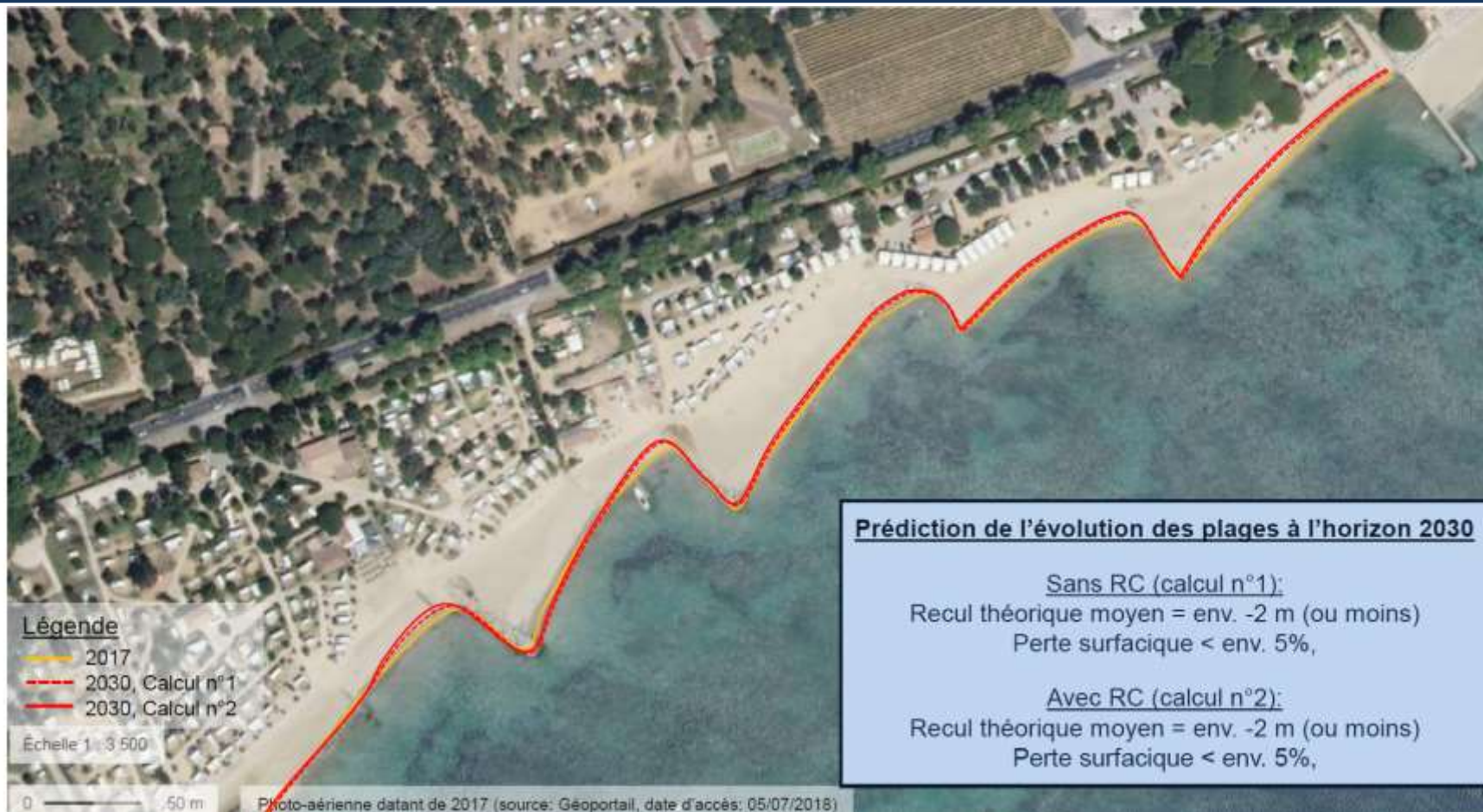
- Stratégies contrastées envisageables
  - Renforcement des ouvrages de protection
  - Entretien par rechargement
  - Acceptation de la disparition de la plage et évolution des usages

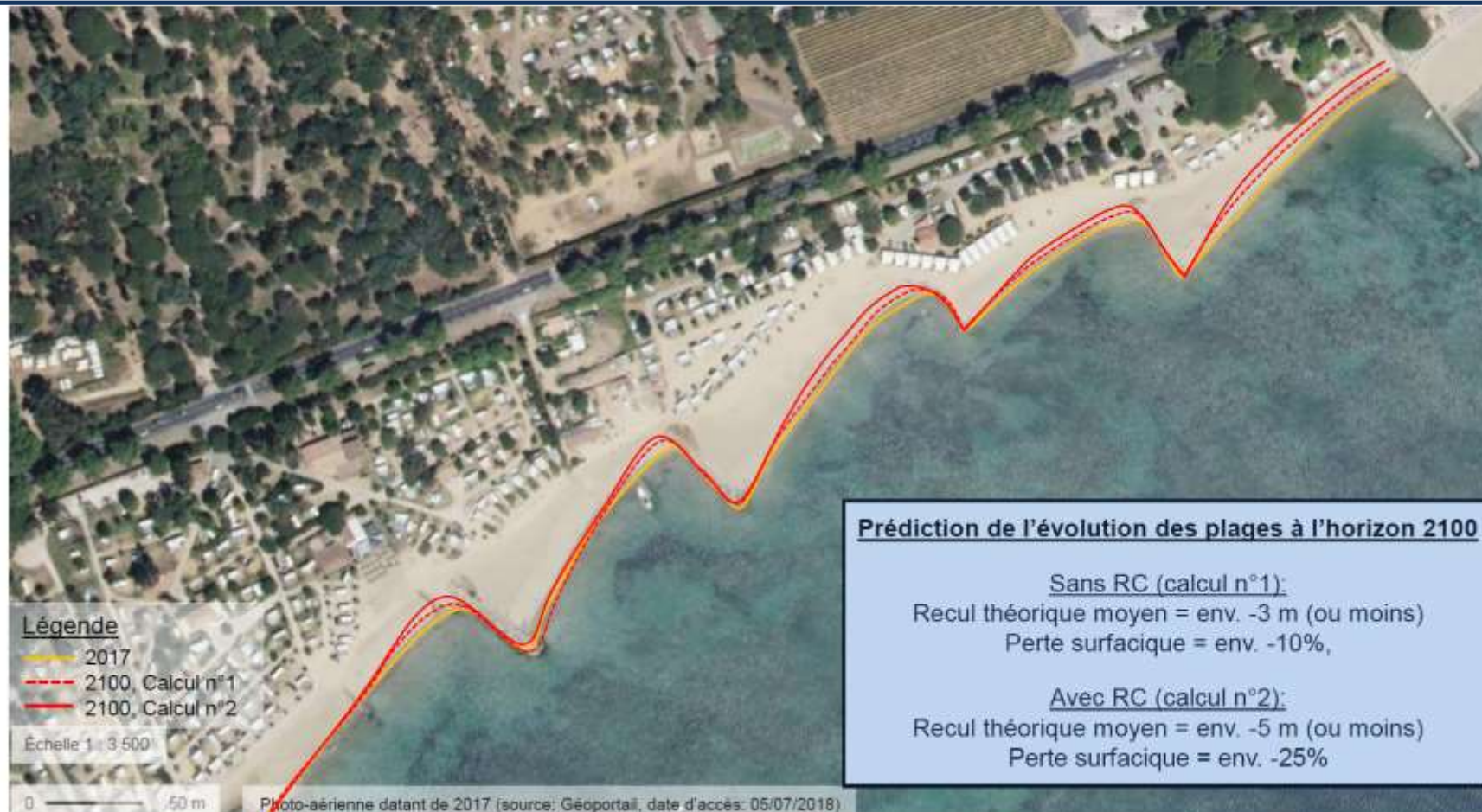




#### Caractéristiques de la plage:

- Type: plage anthropisé
- Débouché: non
- Largeur = env. 25 m (10 m à 50 m selon les endroits) Longueur = 700 m
- Surface = 17 000 m<sup>2</sup>
- Ouvrages de protection : épis et perrés,
- Campings et quelques habitations et commerces entre la D559 et la plage.





# Plage de St-Pons

- Stratégies contrastées envisageables ?
  - Peut-on, faut-il envisager des alternatives à l'entretien des épis ?

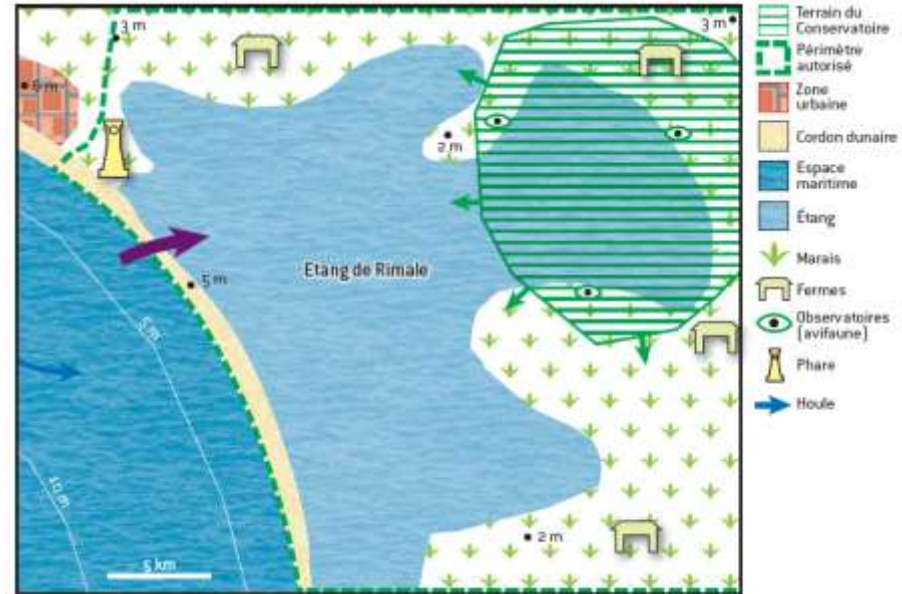
# Proposition de classification

- Importance du risque d'érosion
- Latitudes de gestion
  - Rocheux / sédimentaire - Relief / plaine
  - Urbanisé / mutable / naturel
  - **La mutabilité: un choix politique !**

# Proposition de typologie

- Risque d'érosion faible
- Recul limité par des ouvrages
- Risque d'érosion important
  - Latitudes faibles (site urbain, côte rocheuse)
  - Latitudes à définir (géographie favorable, mais enjeux significatifs)
  - Latitudes fortes possibles (site naturel, ...)

# Le rendu proposé : des « idéotypes »



# Pour chaque stratégie possible

- Eclairer les implications à court – moyen et long terme
  - Sur les choix d'intervention / de non intervention
  - Sur le devenir des terrains, des usages, des activités
  - Sur les dépenses d'investissement et d'entretien
- Analyser les outils disponibles
  - Pour la gestion de l'occupation des espaces
  - Pour la compensation des usages et activités remises en cause
- Réfléchir aux outils à inventer





[www.arteliagroup.com](http://www.arteliagroup.com)