

Comité technique

Avranches

1^{er} Avril 2019

Elaboration d'un PPRL sur Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts



Objectifs de la réunion

1

Avancement de la phase 2
(caractérisation des aléas) et
détermination des hypothèses

2

Présentation de la méthodologie
d'élaboration de la phase 3
(caractérisation des enjeux)

3

Suite de la démarche

Objectifs de la réunion

1

Avancement de la phase 2
(*caractérisation des aléas*) et
détermination des hypothèses

2

Présentation de la méthodologie
d'élaboration de la phase 3
(*caractérisation des enjeux*)

3

Suite de la démarche

Deux modèles numériques, un objectif

- **Modèle de submersion**

- Quantification de la submersion par débordement
- Objectif : modéliser les écoulements sur le territoire



- **Modèle de houle**

- Quantification de la submersion par franchissement
- Objectif : modéliser la propagation de la houle du large à la côte afin d'avoir les conditions de houle au pied des ouvrages et déterminer les franchissements



Caractériser les volumes d'eau entrant



Evénement naturel de référence centennal

- actuel
- à l'horizon 2100

Modèle de submersion – Scénarios



hydra
hydraulics with QGIS

1. Scénario sans ouvrage :

Evènement naturel de référence actuel

+ absence d'ouvrage (hypothèse de ruine généralisée de l'ensemble des ouvrages de protection) ;

2. Scénario de référence :

Evènement naturel actuel

+ hypothèses de brèches sur les structures de protections + dysfonctionnement de la porte à flot ;

3. Scénario à échéance 100 ans :

Evènement naturel de référence à échéance 100 ans

+ hypothèses de brèches sur les structures de protections + un dysfonctionnement de la porte à flot

A titre informatif (directive européenne)

4. Scénario fréquent :

Evènement fréquent (2 ans?) ;

5. Scénario extrême :

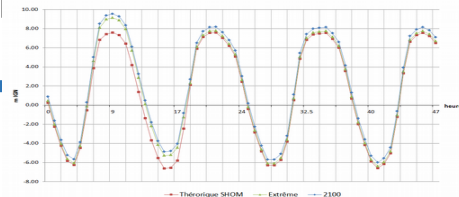
Evènement de faible probabilité, supérieur à l'évènement de référence (200 ans ?).

Modèle de submersion – Hydra



hydra
hydraulics with QGIS

- Etendue du modèle : zone d'étude
- Entrants
 - Données topographiques LIDAR [IGN]
 - Profils en travers Claire Douve [SMBCG]
 - Dimensions des ouvrages hydrauliques
 - Distribution des coefficient de rugosité en fonction de l'occupation du territoire
- Conditions aux limites
 - Domaine maritime : loi cote en fonction du temps
 - Amont : débits d'injection des cours d'eau



- Sortants
 - Carte d'aléas
 - Couple hauteur d'eau maximale et vitesse instantanée d'écoulement associée
 - Classification en 4 niveaux :
Faible, modéré, fort et très fort

Aléa submersion marine		Vitesse (m/s)				
		LENTE	MOYENNE	RAPIDE	TRES RAPIDE	
		$V < 0,2$	$0,2 \leq V < 0,5$	$0,5 \leq V < 1,25$	$V \geq 1,25$	
Hauteur (m)	FAIBLE	$< 0,5$	Faible	Modéré	Fort	Très fort
	MOYENNE	$0,5 \leq H < 1$	Modéré	Modéré	Fort	Très fort
	FORTE	$1 \leq H < 2$	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	TRES FORTE	$H \geq 2$	Très fort	Très fort	Très fort	Très fort

- Résolution du LIDAR

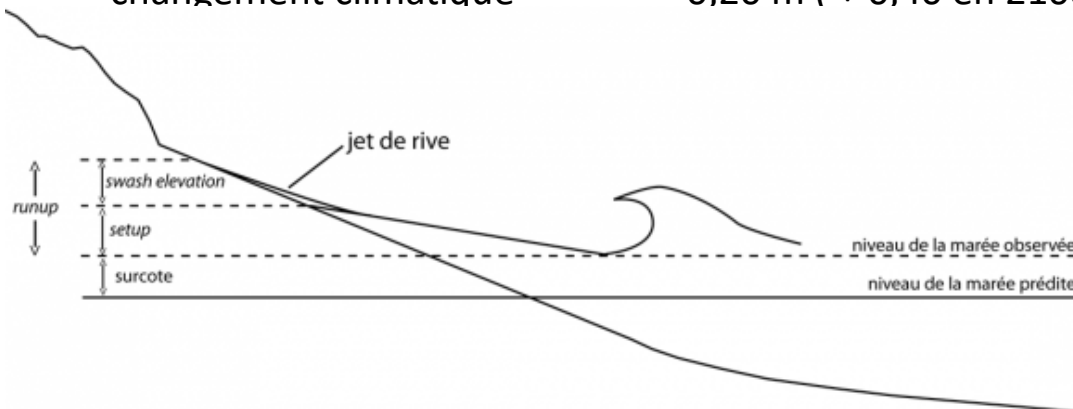
Modèle de submersion

– Niveaux marins



- Niveau marin centennal de référence actuel

- niveau marin centennal au repos 8,55 m
- wave set-up lié à la houle 0,30m
- marge de sécurité 0,25 m
- mouvements verticaux terrestre 0 m
- changement climatique 0,20 m (+ 0,40 en 2100)



- Facteur de dépendance des houles

01/04/2019 – Période de retour houle associée à un niveau centennal = 0,04

- Calcul du wave set-up

- Formules empiriques

- Stockdon et al (2006), Hanslow et Nielsen (1992), Dean et Walton (2009), Komar (1998), Holman (1985) ...
- Fonction houle au large et la pente
- Etalement des résultats : 5 cm à 1m
- **Stockdon = 30 cm**

- Modèle de houle

- Variable le long de la côte
- Maximum 40cm au droit des enrochements de Pignochet
- Résultats cohérents

Niveau centennal de référence actuel : **9,30 m**

Niveau centennal de référence à l'horizon 2100 : 9,70 m



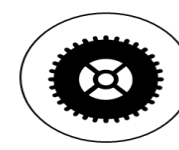
nombreux
domaines
d'application



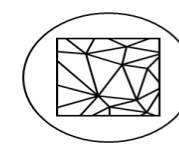
une
plateforme
100% SIG



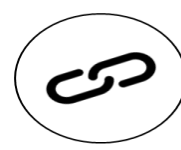
un outil
éprouvé



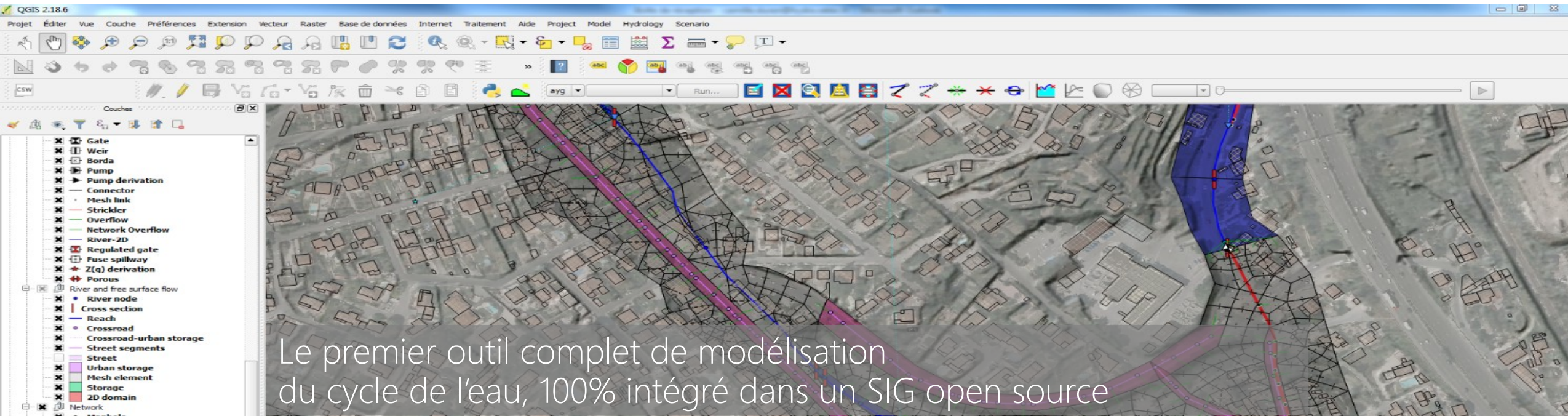
un moteur de
calcul performant



des concepts
de modélisation
innovants



une solution
collaborative



Logiciel de **modélisation** hydrologique et hydraulique **bidimensionnel** adaptée aux cours d'eau et estuaires ainsi qu'aux vallées et plaines inondables.

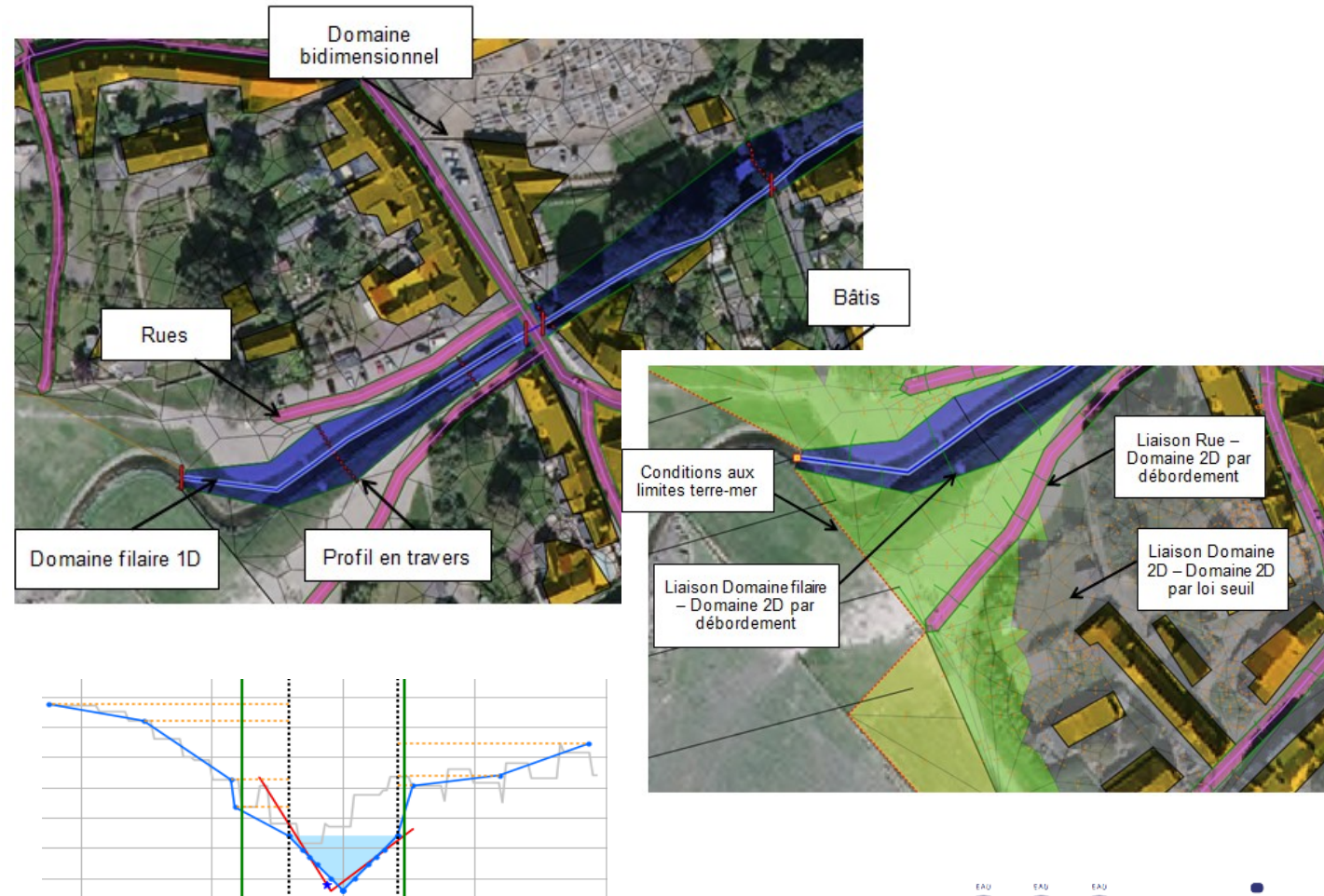
Bénéficie de l'ensemble des outils **QGIS**

Modèle de submersion – Hydra



hydra
hydraulics with QGIS

- Des schématisations adaptés aux types d'écoulement
 - Filaire ou unidimensionnel
 - Casier
 - Bidimensionnel
 - Rues
 - Zones urbaines denses
- Différentes liaisons hydrauliques
- Sections variables des lits mineurs

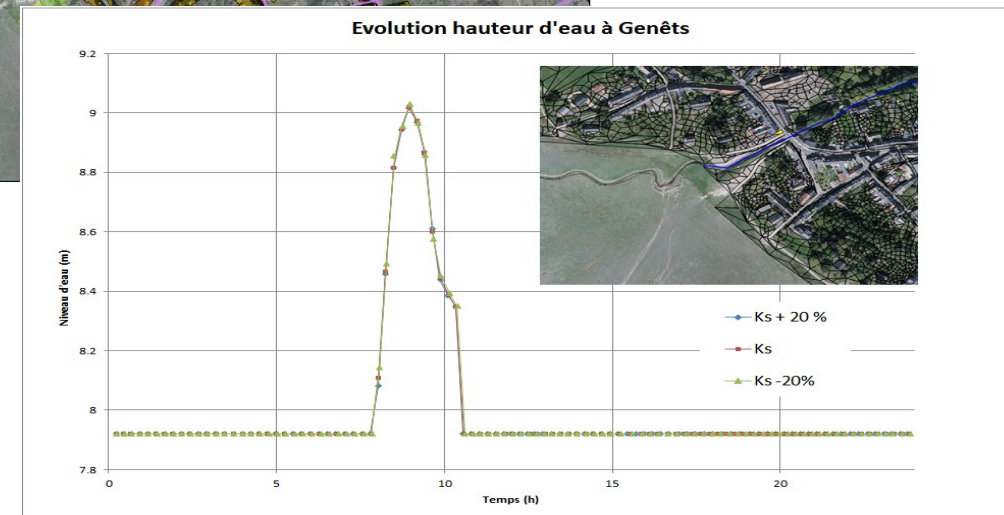


Modèle de submersion – Calage du modèle

- Pas de données de calage
 - Absence d'événements de submersion historique
 - Pas de mesures d'hauteur d'eau liées aux inondations

➔ Calage impossible
- **Analyse de sensibilité**

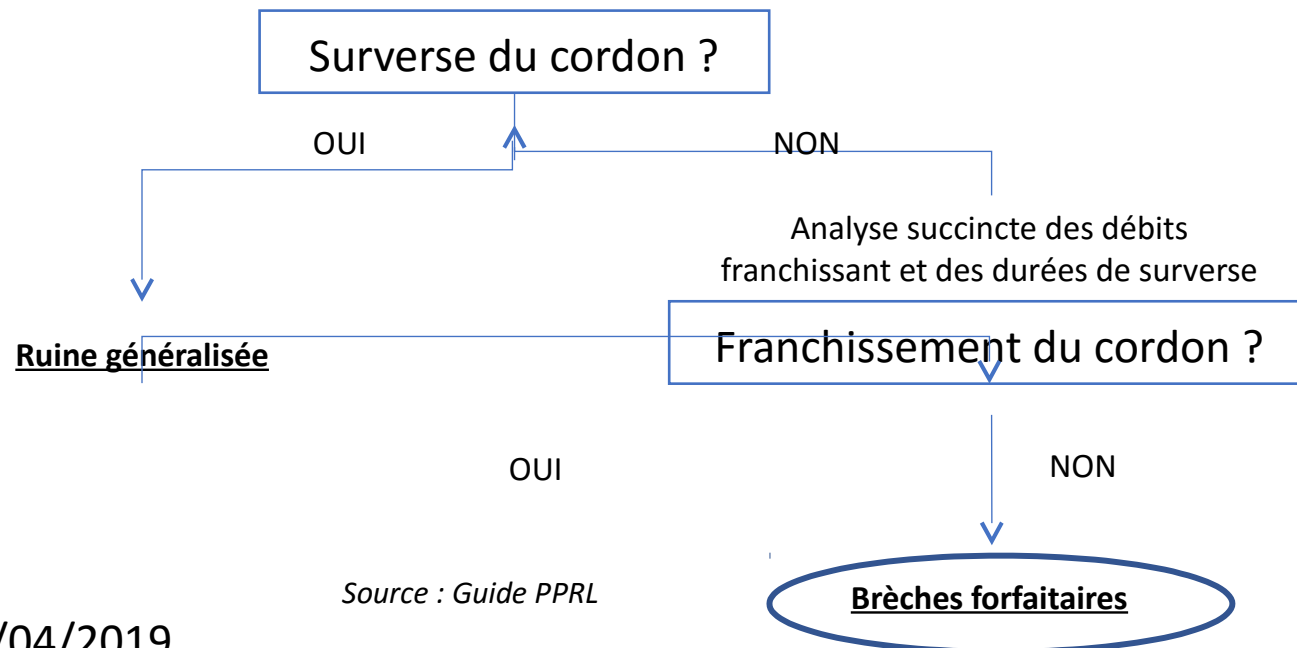
Coefficient de Strickler ($m^{1/3}/s$)	Ks
Surface agricole (prairie)	15
Surface urbanisée (hors ZUI)	7
Plage	35
Route	40



Hypothèses

– Prise en compte des systèmes de protection

- Brèche du cordon dunaire de Saint-Jean-le-Thomas
 - Cote de la crête de dune > Niveau marin centennale



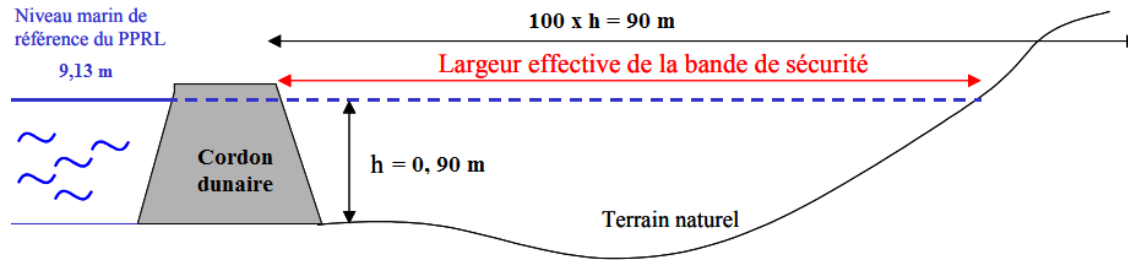
Source : Guide PPRL



Hypothèses

– Prise en compte des systèmes de protection

- Brèche du cordon dunaire de Saint-Jean-le-Thomas
 - Cote de la crête de dune > Niveau marin centennale
 - Distance minimale de la route < 30 m



Source : GUIDE PPRL

Brèche

- Longueur forfaitaire = 100 m*
- Ouverture lente (30min) *
- Ouverture à marée haute ou marée montante
- Localisation du point faible du cordon dunaire

* Recommandation guide PPRL



Localisation
potentielle d'une
brèche
(Distance estran-
route minimale)

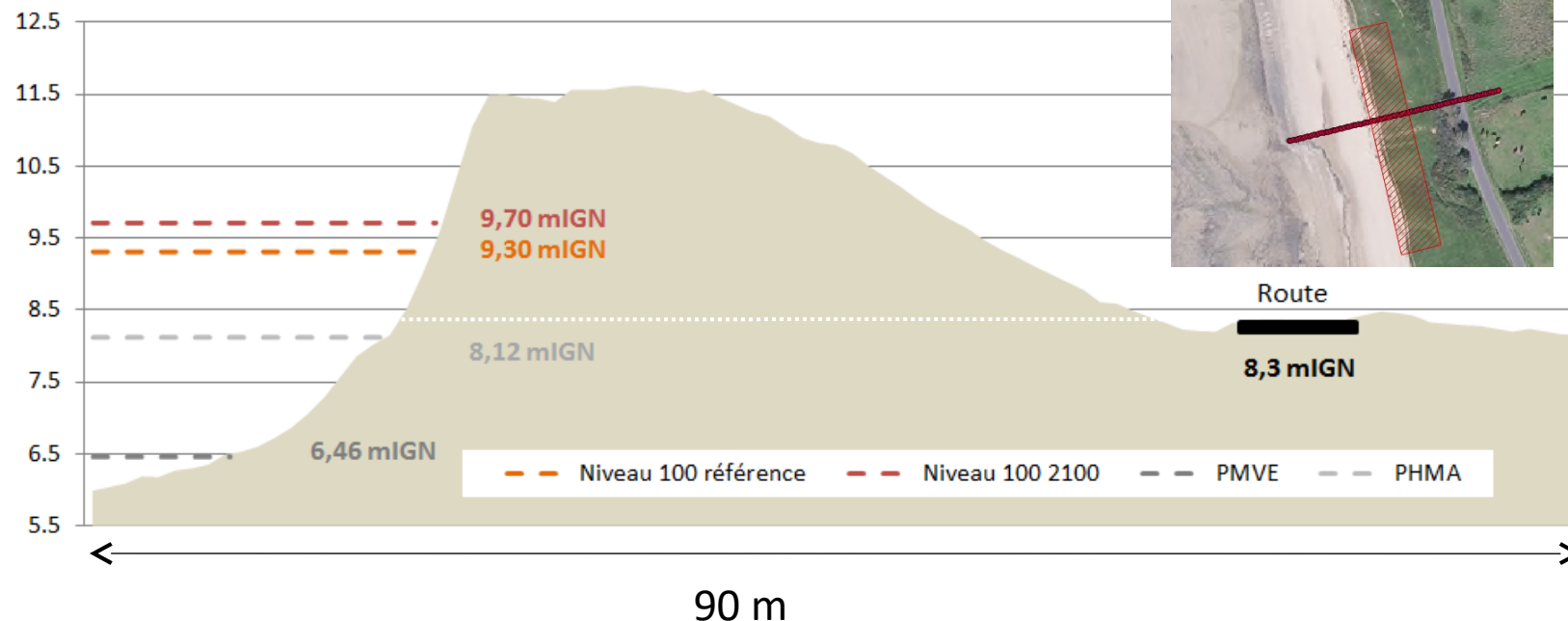
Hypothèses

– Prise en compte des systèmes de protection

- Brèche du cordon dunaire de Saint-Jean-le-Thomas
- A mettre à jour avec les nouvelles données topographiques

Brèche

- Longueur forfaitaire = 100 m*
- Ouverture lente (30min) *
- Ouverture à marée haute ou marée montante
- Localisation du point faible du cordon dunaire



Profil en travers de la dune au droit de la brèche (données LIDAR 2011)

Hypothèses – Prise en compte des systèmes de protection

- Défaillance de la porte à flot
 - Point d'entrée dans le marais de la Claire Douve
 - Conditionnée par l'action humaine :
ouverture , étanchéité, sédimentation aval ..
- Côte de la crête = 7,68 m IGN
- Niveau de période de retour 2 ans = 7,76 m IGN
- Niveau de référence centennale = 9,30 m IGN
- **Véritable impact de l'ouvrage sur l'aléa ?**

Porte à flot

- Type de défaillance : anormalement ouverte
- Durée : toute la simulation



*Porte à flot au
Sud de la Claire
Douve*

Hypothèses – Apports des cours d'eau

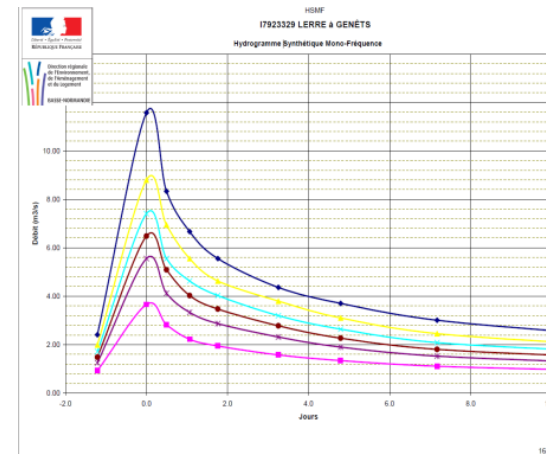
- Cours d'eau
 - Rû du Moulin, Lerre, Chanteraine et Claire Douve
- Débordement fréquent :
 - Inondation en 2018
 - du marais de la Bunelle par le Ru du Moulin
 - de la route du Bec d'Andaine à Genêts par la Chanteraine
 - 70 habitations inondées dans le bourg de Genêts en 2000
 - ...



Janvier 2018 – Marais de la Bunelle - SMBCG

Crue des cours d'eau

- Pic de crue = Marée haute
- Débit décennale (occurrence moyenne)
- Marais de la Claire Douve blanc
- Défaillance batardeau marais Bunelle



Nom	Débit décennal [source]
Rû du Moulin	3,59 m ³ /s [SOGETI]
Claire Douve	2,79 m ³ /s [DREAL]
Le Lerre	6,482 m ³ /s [DREAL]
La Chanteraine	0,23 m ³ /s [interpolé*]

*à partir des surfaces des bassins versants du Lerre (3456ha) et de la Chanteraine (124ha)

Hypothèses – Récapitulatif

	Paramètre	Recommandation Guide PPRL	Hypothèse de calcul
Scénarios	obligatoire	Scénario sans ouvrage + scénario de référence + scénario à échéance 100 ans	idem
	indicatif	Scénario fréquent + scénario extrême	Période de retour 2 et 200 ans (à valider ou modifier)
Niveau d'eau de référence	Centennal	niveau de marée + surcote météorologique + surcote lié aux vagues (setup) + autres phénomènes côtiers + marge de sécurité + changement climatique (+ subsidence/surrection). Calcul du wave set-up : recommandation formulation de Stockdon. Marge de sécurité : recommandation d'une marge forfaitaire 25 cm. Recommandation de prise en compte du changement climatique par élévation de 20 cm.	Comparaison des méthodes de calcul du set-up : 30 cm retenu Marge de 25 cm. Elévation de 20 cm Niveau centennal de référence actuel = 9,30 m IGN69
	Centennal à horizon 2100 ans	niveau centennal de référence + marge d'élévation du niveau de la mer Par défaut égale à 40cm (prévision GIEC)	Marge de 40cm . Niveau centennal de référence à l'horizon 2100 = 9,70 m IGN69
Prise en compte des systèmes de protection	Cordon dunaire	Sans surverse ni franchissement, application de brèche forfaitaire de longueur par défaut 100m (sauf si brèche historique). "La cote au lieu de la brèche est celle du terrain naturel à l'arrière d" l'ouvrage". En l'absence d'étude de danger de l'ouvrage, le choix des hypothèses repose sur les résultats de la phase 1.	Brèche forfaitaire de 100m localisée au point faible de la dune au Sud de Saint-Jean-le-Thomas. Ouverture lente, à marée montante, à la côte de la route (8,3m).
	Porte à flot	"Un fonctionnement anormal ou pessimiste en terme d'inondation doit être pris en compte "(p96) pour les dispositifs hydraulique conditionnés par l'action humaine.	Ouverture anormale
	Batardeau du marais de la Bunelle	Ouvrage de second rang	Ouvrage effacé
Prise en compte des phénomènes concomitants	Remontée de nappe	"La définition de l'aléa submersion marine doit prendre en compte les concomitances éventuelles des différentes sources possibles d'inondation (...). Le choix des phénomènes naturels à prendre en compte se fait sur la base de l'analyse du site et des événements historiques" (p67)	Pas de données disponibles. Considérez comme facteur aggravant des inondations Marais de la Claire Douve blanc : niveau d'eau initiale fixé à 6,85m IGN69 (niveau max 2018: Source Syndicat Mixte Baie du Mont Saint-Michel).
	Débordement des cours d'eau		Débits décennaux avec des pics de crue à marée haute.

Avant de passer à la suite...



Des questions / remarques
sur le modèle de
submersion?

Débits franchissant

- Quantification des franchissements des ouvrages de protection de Saint-Jean-le-Thomas
- Formulation de l'EurOtop* édition 2018
- **Modèle de propagation de houle**
 - Code de calcul SWAN
 - Propagation de la houle des eaux profondes jusqu'à la côte
 - Université TUDELFT (Pays-bas)
 - Equation spectrale de conservation de l'action de la houle à l'aide d'un schéma implicite en différences finies
 - Réfraction, diffraction, action du vent, déferlement, dissipation d'énergie par le fond ou par moutonnement.

Débit de franchissement au dessus d'un ouvrage en enrochement



$$\frac{q}{gH_s^3} = 0,09e^{-1,5\frac{R_c}{\gamma_\beta\gamma_f\gamma_bH_s}}$$

En fonction de

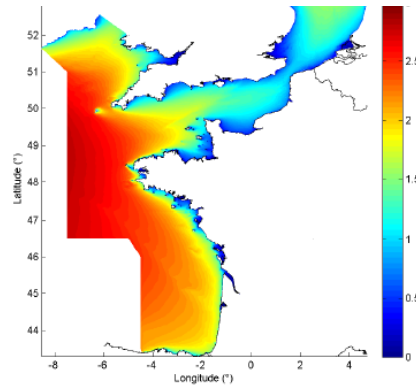
- Hauteur significative en pied d'ouvrage
- Angle d'incidence de la houle
- Cote de crête de l'ouvrage
- Type de carapace

Débit franchissant

– Modèle de houle

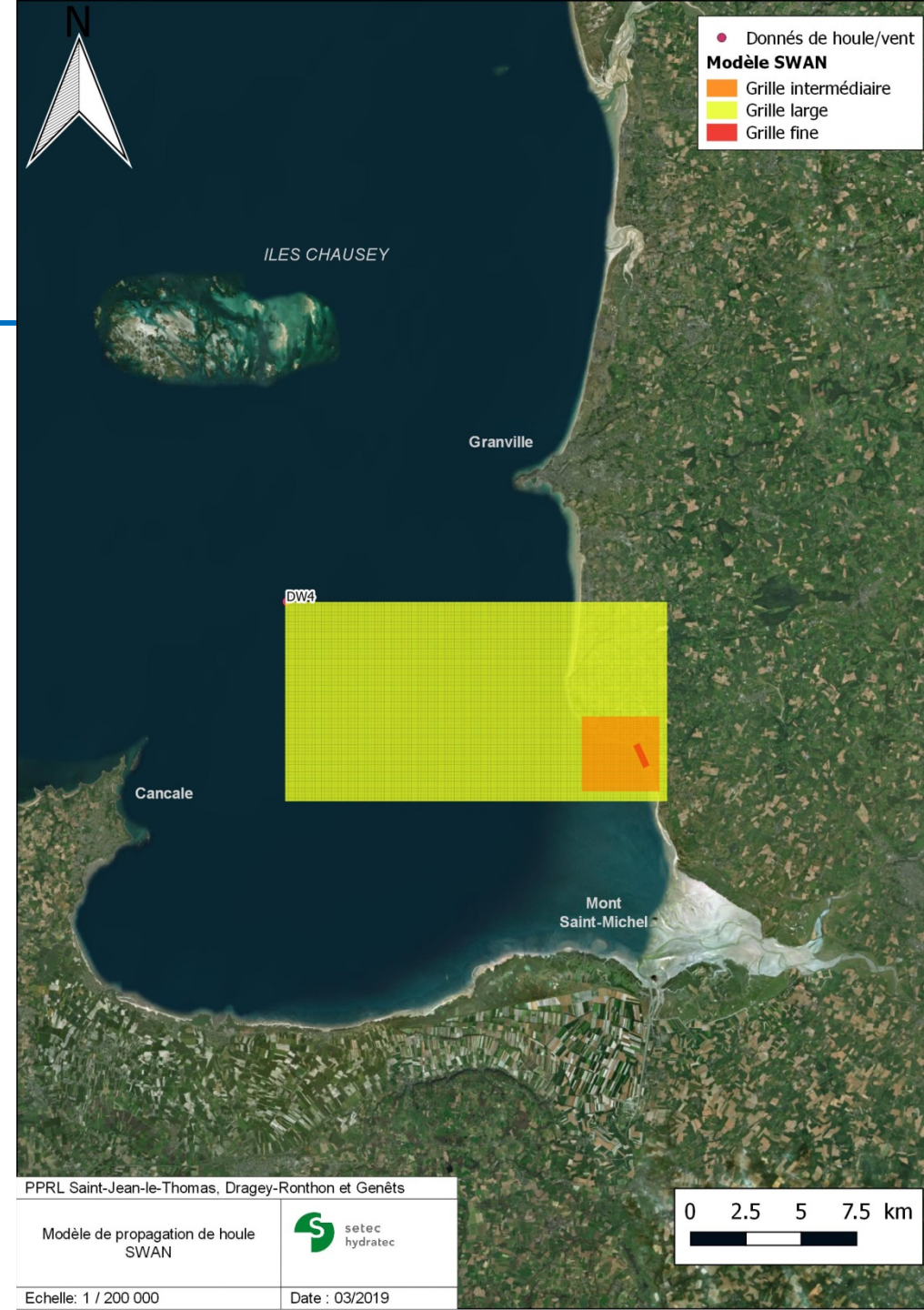
- Données disponibles

- Climat de houle : ANEMOC, CANDHIS, **HOMERE**
Hauteur significative, Période de pic, Direction moyenne
- Climat de vent : HOMERE
Direction et vitesse à 10m
- Niveau marin
- Topographie :
 - MNT 100m [SHOM]
 - LIDAR 5m [IGN]



- Maillage

- 3 niveaux de grilles rectangulaires régulières emboîtées:
 - mailles de 150m [LARGE]
 - mailles de 25m [INTERMEDIAIRE]
 - mailles de 5m [FINE]



Débit franchissant

– Modèle de houle

- Pas de calage : absence de mesures in-situ
- Analyse de sensibilité des paramètres entrants
- Points de sortie
 - Pied d'ouvrage
 - Tous les 25m
- Résultats
 - Hauteur significative, direction moyenne et période de pic
 - Par tronçon homogène
 - Débit franchissant



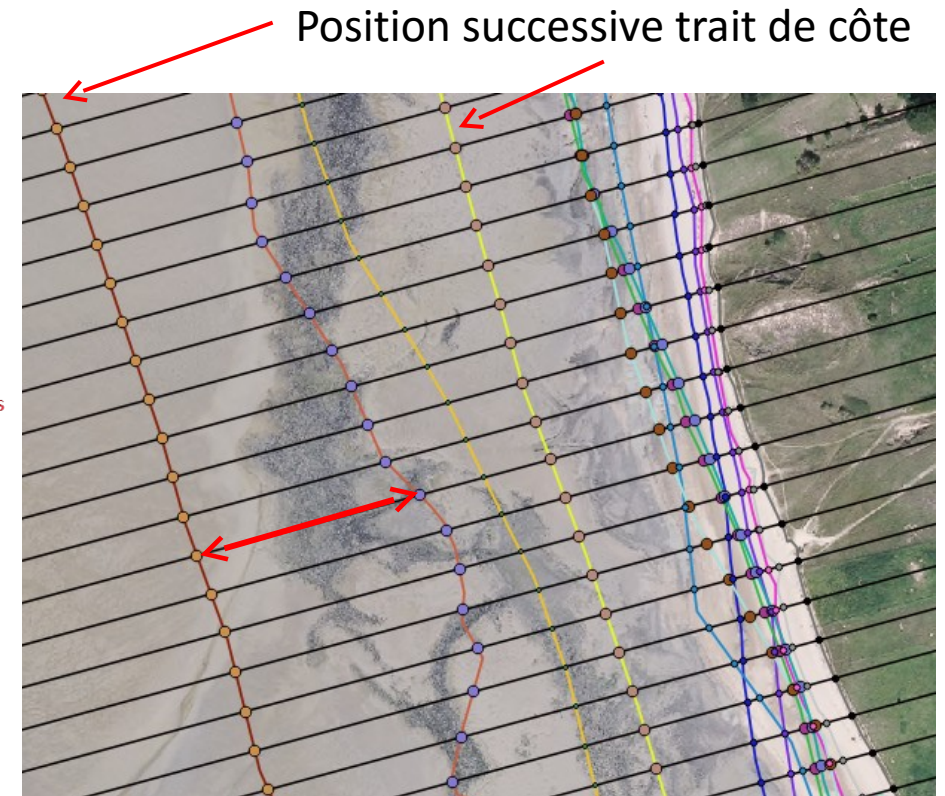
Avant de passer à la suite...



Des questions / remarques
sur le modèle de houle?

Aléa érosion – Méthode

- Absence d'aléa de migration dunaire
- Définition des évènements de références centennales
 - Calcul de l'érosion par tronçon homogène:
 - 14 trait de côte de 1947 à 2018
 - Calcul recul moyen annuel (T_X)
 - en supposant une évolution linéaire dans le temps avec la méthode des moindres carrés
 - Aléa de référence: $L_R = 100T_X + L_{max}$
 - avec L_{max} recul lié à un évènement majeur (prise en compte d'Eleanor en 2018 : à valider avec les éventuelles données topographiques de M. Levoy)
 - Aléa intégrant le changement climatique si quantifiable
- Résultat attendu: trait de côte à échéance 100 ans
- Un seul niveau d'aléa : **FORT**



Objectifs de la réunion

1

Avancement de la phase 2
(*caractérisation des aléas*) et
détermination des hypothèses

2

Présentation de la méthodologie
d'élaboration de la phase 3
(*caractérisation des enjeux*)

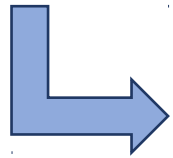
3

Suite de la démarche

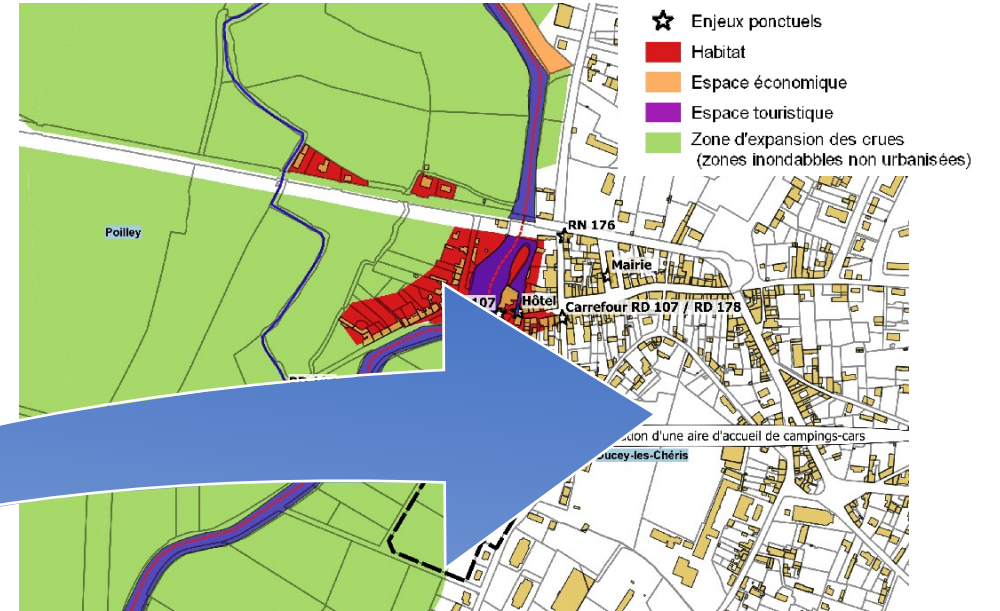
Phase 3 - Caractérisation des enjeux

Première analyse des enjeux
sur la base des données
disponibles

- BD SIG : BD TOPO, Scan 25, RPG (surfaces agricoles)
- Photo aériennes



Première cartographie
des enjeux pré-identifiés
autour des zones d'aléa



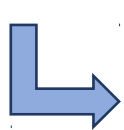
Exemple de cartographie initiale des enjeux

**Caractérisation des
enjeux**

Phase 3 - Caractérisation des enjeux

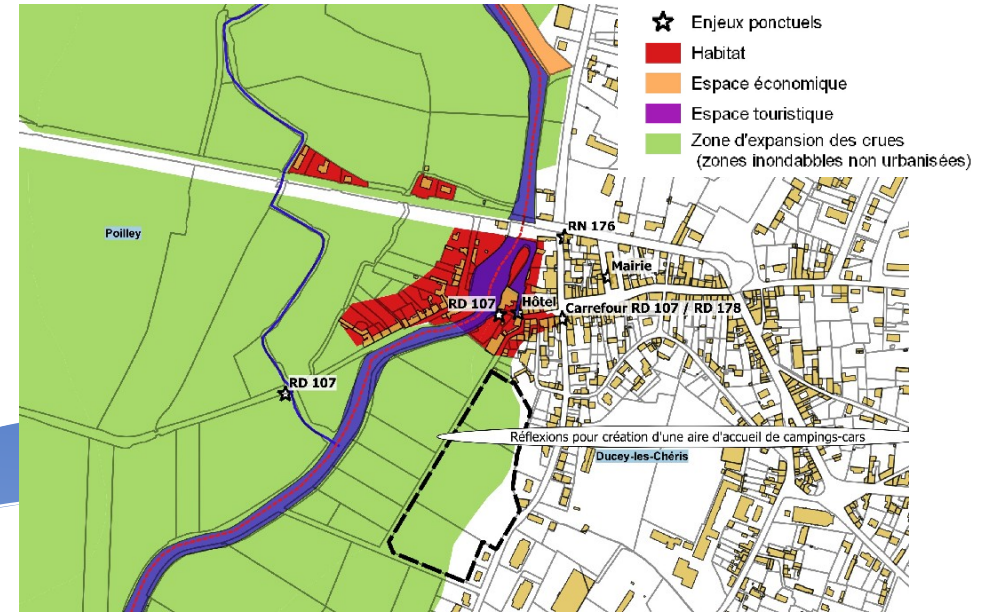
Première analyse des enjeux
sur la base des données
disponibles

Collecte de données complémentaires



Entretien avec les 3 communes et la
CA :

En s'appuyant sur le support carto.,
échanges sur les enjeux, les projets
en cours, les éventuelles inquiétudes



Exemple de cartographie initiale des enjeux

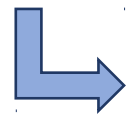
Caractérisation des
enjeux

Phase 3 - Caractérisation des enjeux

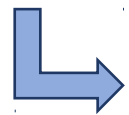
Première analyse des enjeux
sur la base des données
disponibles



Collecte de données complémentaires



Entretien avec les collectivités



Visite de terrain : confrontation des données collectées aux observations de terrain

Vérification des données initiales avec le terrain et les retours d'acteurs locaux

Caractérisation des enjeux



Phase 3 - Caractérisation des enjeux

Première analyse des enjeux sur la base des données disponibles

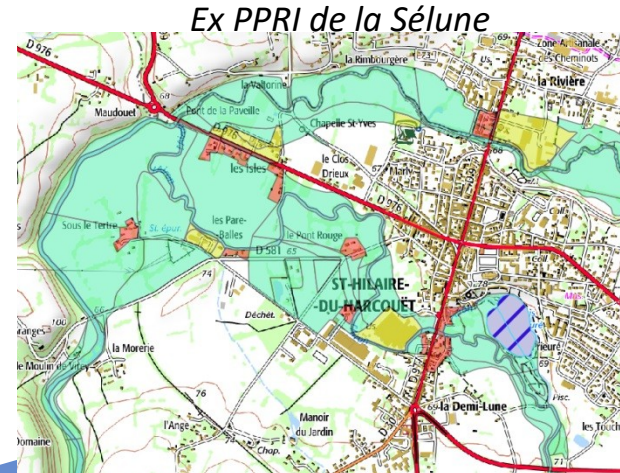
Collecte de données complémentaires



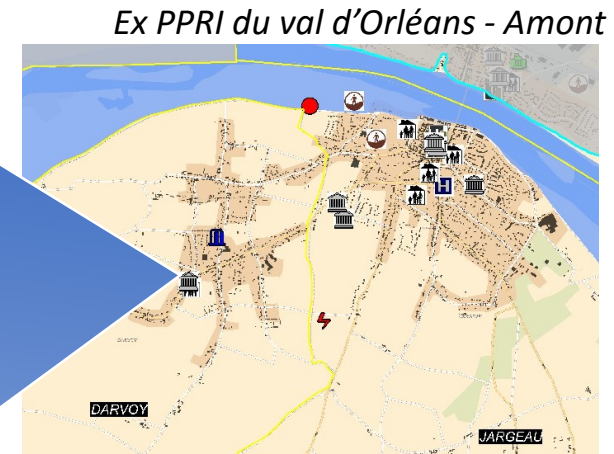
Entretien avec les collectivités



Visite de terrain



Cartographie des pôles structurants (grand type d'occupation des sols)



Cartographie des points vulnérables exposés : équipements de type Gestion de crise, Ecoles, Santé, Patrimoine...

Cartographie des enjeux exposés en 3 niveaux

- Pôles structurants du territoire (*centres urbains / espaces urbanisés ...*)
- Points particulièrement vulnérables (*écoles, routes, campings...*)
- Autres éléments de contexte (*PC crise, évolution démo., ...*)

Caractérisation des enjeux



Focus sur le volet paysager

Réalisation d'un diagnostic paysager

Analyse spécifique des enjeux paysagers et leur vulnérabilité

Prise en compte dans les stratégies de défense

Conseils et propositions d'actions

- Analyse de la culture du risque
- Elaboration d'un scénario d'évolution tendancielle du territoire
- Organisation d'un atelier de concertation – lecture partagée du paysage



Focus sur le volet paysager

Analyse de la culture du risque

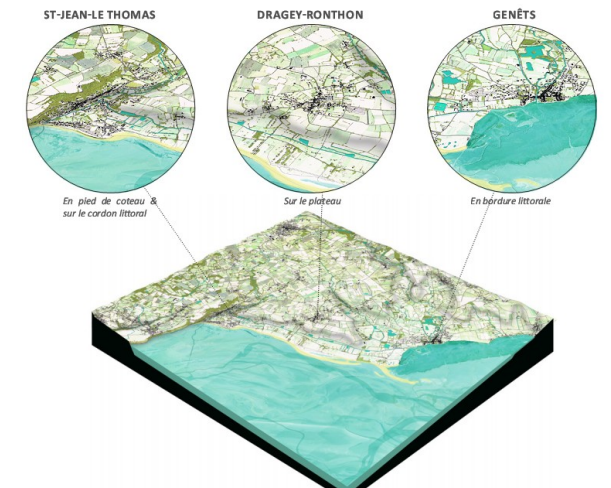
- Analyse des motifs paysagers, urbains et architecturaux face au risque littoral
- → Appréhension de la perception du risque et de la culture du risque
- Caractérisation des vulnérabilité des interfaces littorales et arrière-littorales face aux mutations



Focus sur le volet paysager

Elaboration d'un scénario d'évolution tendancielle

- Analyse des processus d'évolution : court & moyen terme
- Identification de la trajectoire suivie et déduction des paysages d'ici 20 à 30 ans en intégrant la dynamique littorale
- → Prise de conscience de cette évolution et de la réalité paysagère associée
- → Réalisation d'images cartographiques et photomontages



Focus sur le volet paysager

Lecture partagée du paysage avec les acteurs du territoire

- Atelier de concertation pour partager notre analyse et l'enrichir avec la vision des acteurs locaux liée à leur pratique du territoire
- Echanges sur paysage « vécu » et « perçu », et sur la valeur de l'image confrontée au risque
- Restitution du diagnostic
- Enrichissement des réflexions sur l'évolution tendancielle attendue



Objectifs de la réunion

1

Avancement de la phase 2
(*caractérisation des aléas*) et
détermination des hypothèses

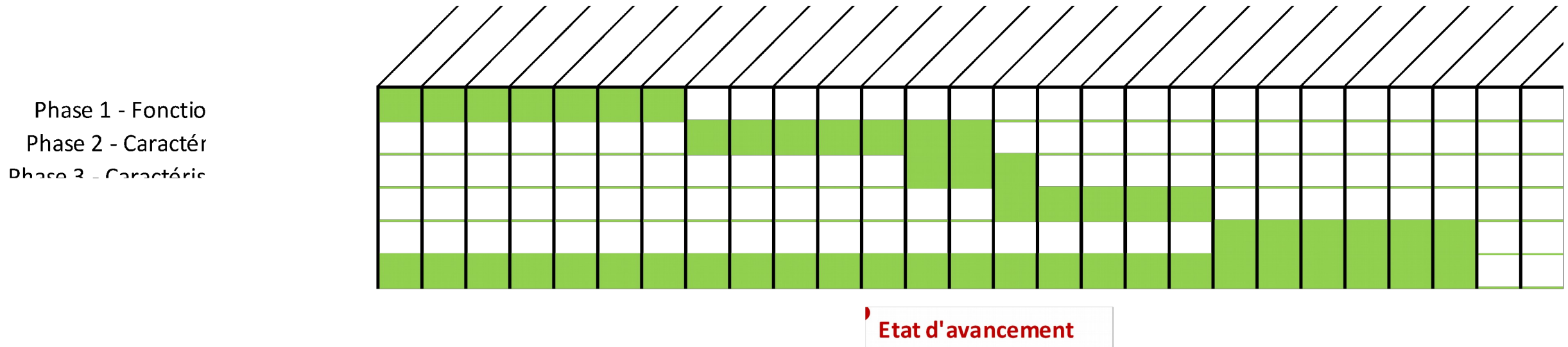
2

Présentation de la méthodologie
d'élaboration de la phase 3
(*caractérisation des enjeux*)

3

Suite de la démarche

Calendrier prévisionnel de la démarche



- Finalisation de la phase 2 en juin avec l'organisation d'une **première réunion publique de présentation des alés**
- Prochaines réunions : COTECH et COFIL de fin de phase 2
- Initiation de la phase 3 de caractérisation des enjeux
- Organisation d'un atelier de concertation Paysage courant juin

Echanges

Merci de votre attention

