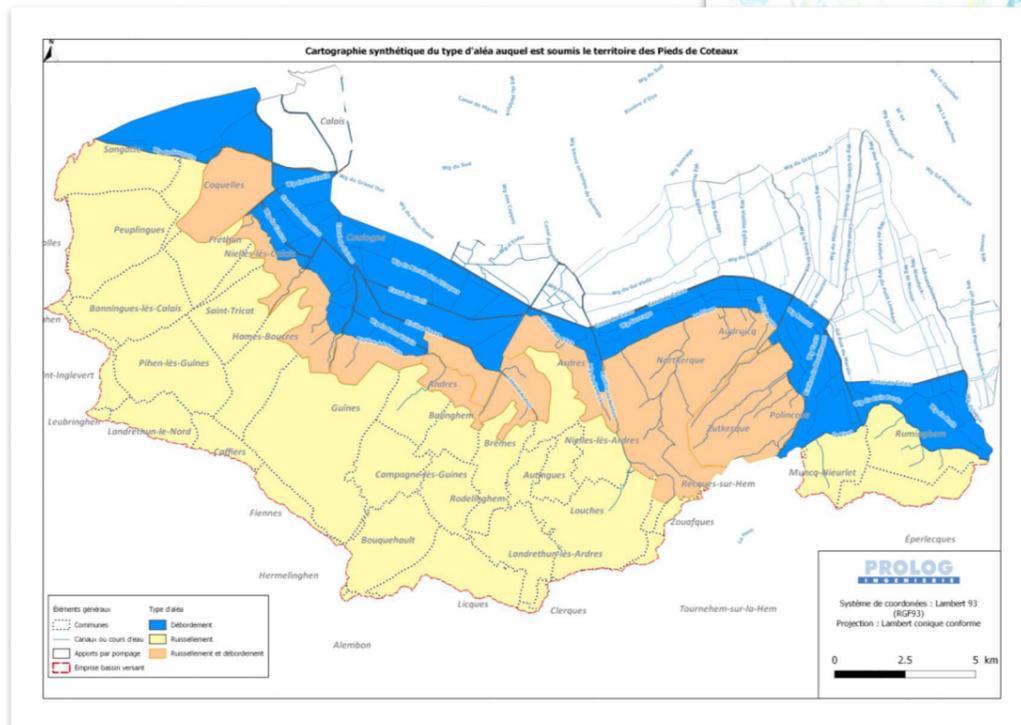
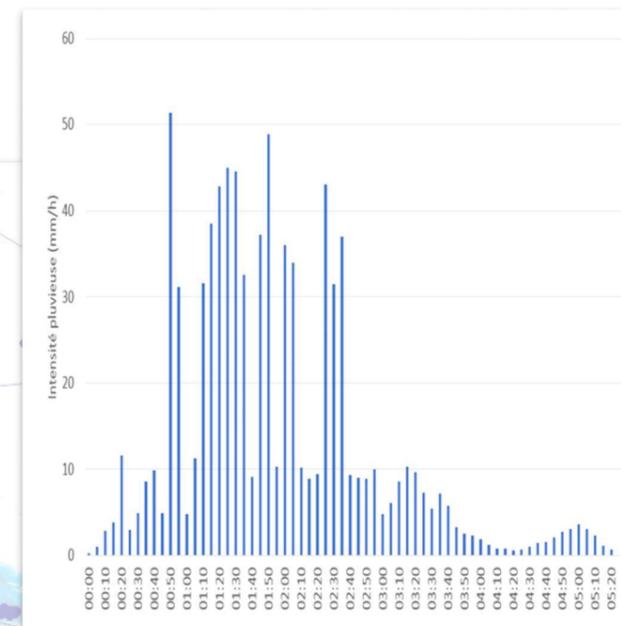
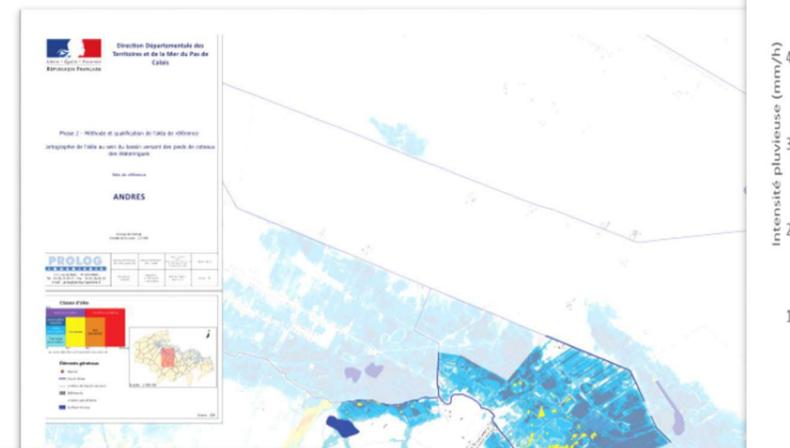


**DIRECTION DÉPARTEMENTALE DES TERRITOIRES ET DE LA MER
PAS-DE-CALAIS**

DOSSIER SYNTHÉTIQUE À DESTINATION DES ACTEURS LOCAUX

PHASE 2



LIVRABLE

L13



NOTION DE RISQUES ET PPRI



Qu'est ce que le risque ?

Le risque est la rencontre entre un aléa et des enjeux



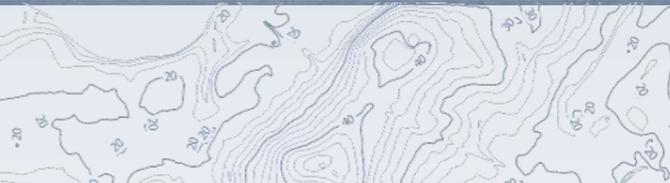
L'aléa est un phénomène naturel défini par une intensité et une occurrence spatiale et temporelle.

Son importance et sa fréquence ont des conséquences sur les enjeux situés sur ce même territoire.



Les enjeux sont les personnes, les biens, les activités ou l'environnement.

Ils seront plus ou moins affectés en fonction de leur vulnérabilité, et de leur importance en nombre dans la zone.



Le risque (inondation) survient, car l'aléa en se produisant impacte les enjeux de notre société qui sont installés dans un espace qui devrait être dévolu à la rivière. Le volume d'eau de la crue a besoin d'un espace pour s'étaler et s'écouler, et souvent cet espace colonisé par l'homme n'existe plus.



p.1 Notion de risques et PPRI

Rappels sur la notion de risque et état d'avancement de la procédure PPRI

p.6 Partie I

Méthode de détermination de l'aléa de référence

p.12 Partie II

Présentation des résultats et des cartes d'aléa (débordement et ruissellement)

Les différents cas de figure

Sur le bassin versant des pieds de coteaux des Wateringues, l'inondation peut prendre trois formes distinctes :

L'inondation par **débordement**, soit des cours d'eau suite à une crue généralisée de ces derniers, soit des canaux que l'on retrouve un peu partout au sein du territoire.



Le **ruissellement** est la circulation de l'eau qui se produit sur les versants en dehors du réseau hydrographique lors d'un événement pluvieux. Il est d'autant plus important que les terrains sont plus imperméables, le tapis végétal plus faible, la pente plus forte et les précipitations plus violentes.



Les inondations par **remontée de nappe** : dans ces cas, les zones basses du bassin versant sont concernées mais c'est la durée des précipitations, anormalement longue par rapport à d'autres épisodes pluvieux, qui permet de caractériser l'événement.



Ces trois formes d'inondations ont des conséquences différentes mais présentent les points communs suivants :

- ▶ Elles menacent la sécurité des biens et des personnes (pas seulement physiquement) ;
- ▶ Elles peuvent stopper l'activité économique, les services publics.

Ces inondations demandent donc à être étudiées précisément pour être réintégrées dans les pratiques communales locales. C'est la vocation du PPRI.

Le phénomène de ruissellement

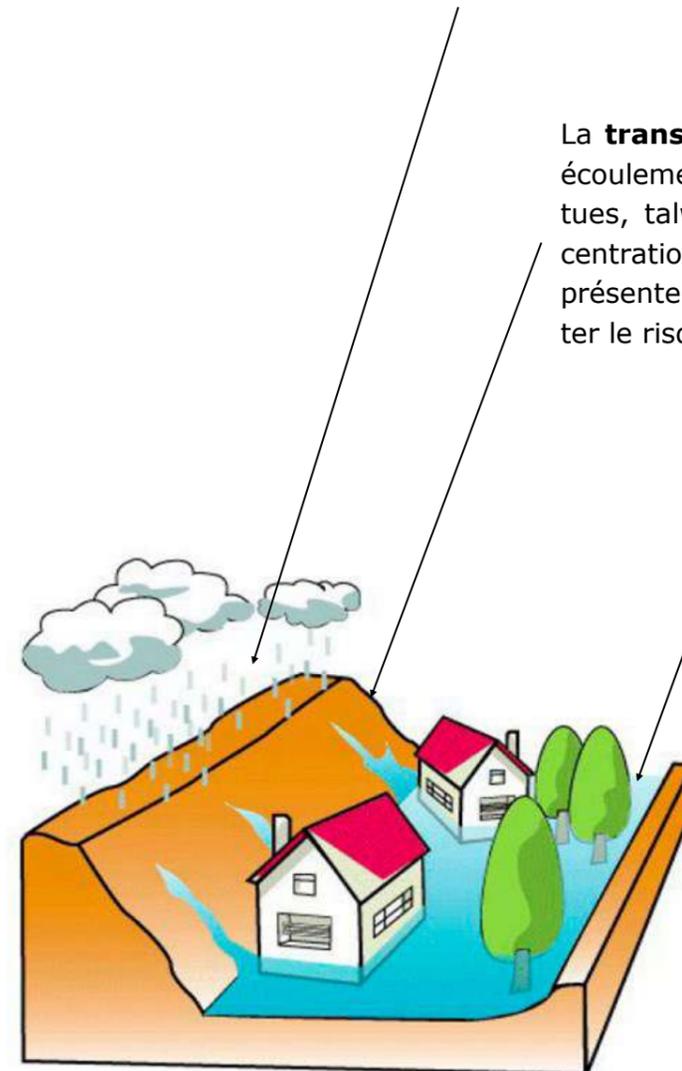
Ce phénomène est particulièrement complexe.

Trois mécanismes interdépendants influent directement sur son développement à l'échelle du bassin versant :

La **production** ou genèse du ruissellement au niveau des points hauts topographiques qui ne sont pas directement soumis au risque mais qui l'aggravent en initiant l'écoulement des eaux

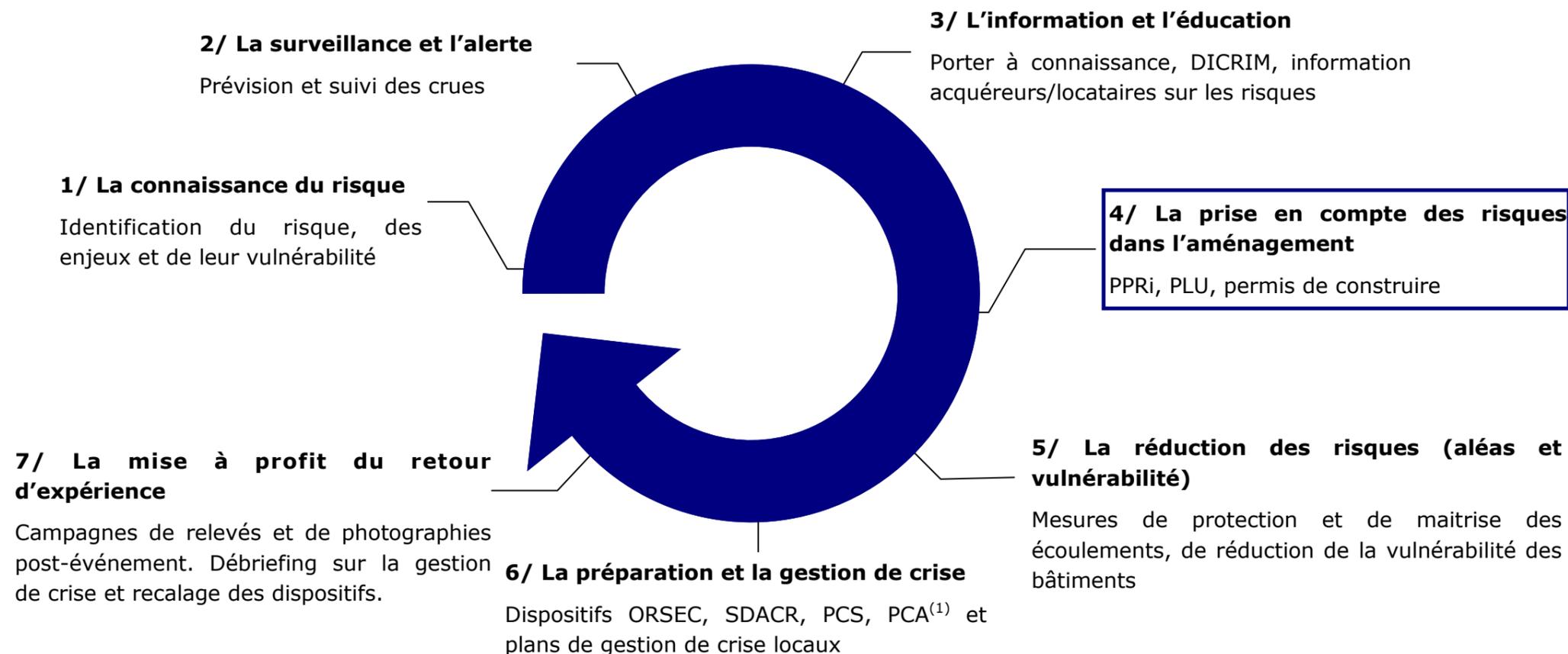
La **transmission** et l'**accélération** des écoulements au niveau des zones pentues, talwegs naturels ou axes de concentration des flux. Ces zones peuvent présenter de fortes vitesses et augmenter le risque vers l'aval

L'**accumulation** en pied de versant au niveau de points bas naturels (cuvettes) ou artificiels (remblais)



Les principes et les outils de la gestion du risque

La gestion du risque s'articule autour de sept notions fondamentales :



Un épisode dit « centennal » a une possibilité sur 100 de se produire chaque année et non pas « risque de se produire tous les 100 ans »



Le Plan de Prévention du Risque d'inondations (PPRi)

Qu'est ce que c'est ?

Le Plan de Prévention des Risques d'Inondations est un document d'urbanisme dont la vocation est de **réglementer les usages et l'aménagement des secteurs situés dans les zones inondables pour un épisode pluvieux de référence, à minimal d'occurrence**

Quels en sont les objectifs ?

La démarche PPRI a plusieurs objectifs, d'une part elle **contribue au travail de sensibilisation** au risque de par la longueur de la démarche (environ 5 ans), et par le **travail d'information et de concertation** qu'elle suppose durant toute la durée de mise en œuvre.

D'autre part, elle induit **des modifications réglementaires du droit des sols** et est donc un outil permettant aux acteurs locaux de construire un territoire moins vulnérable et plus adapté au fonctionnement naturel de leur secteur.

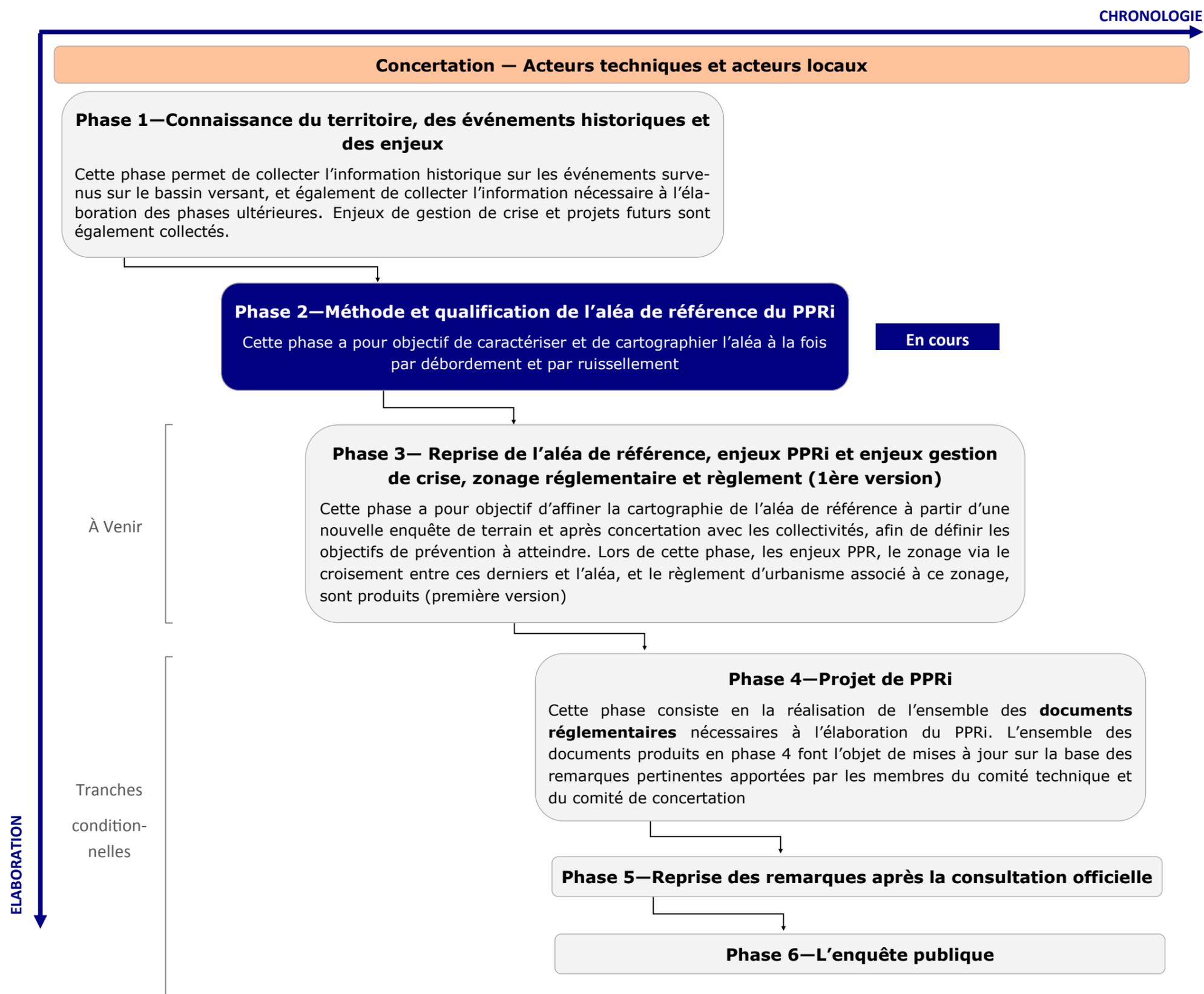
⁽¹⁾ ORSEC Organisation de la REponse de la Sécurité Civile: - SDACR : Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques - PCS : Plan Communal de Sauvegarde - PCA : Plan de Continuité des Activités

Déroulement du PPRI

La démarche générale



Le phasage du PPRI



Avancement de la procédure

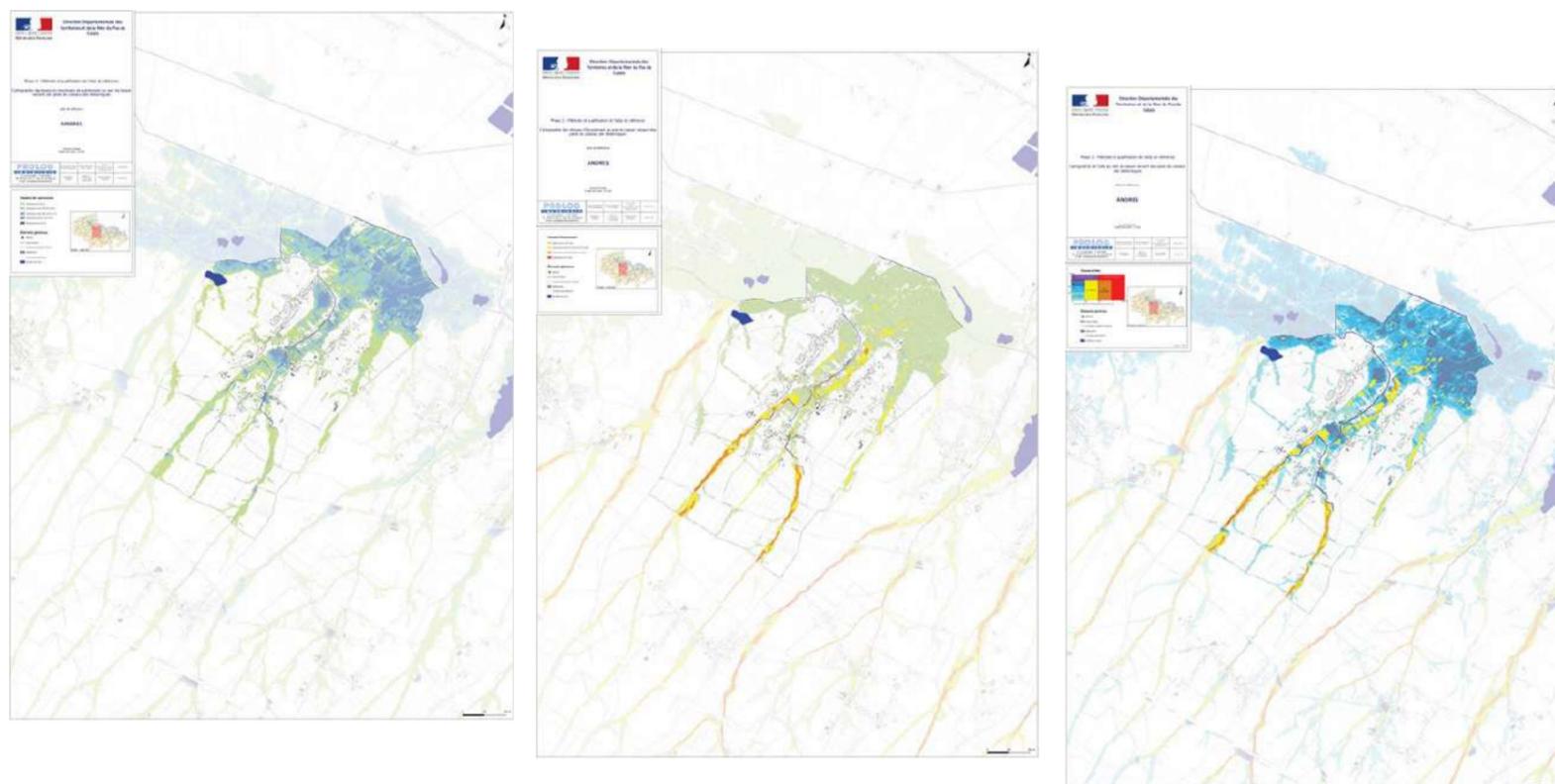
La phase n°2 du PPRI, en cours

Les objectifs de la phase 2 « Méthode et qualification de l'aléa de référence du PPRI » sont les suivants :

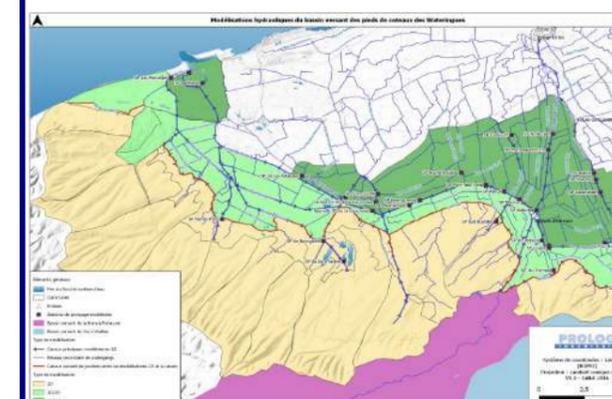
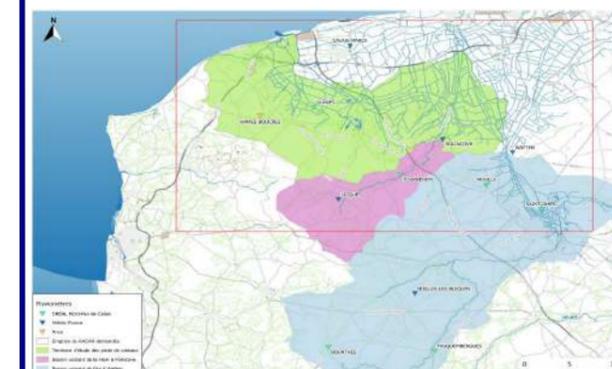
- ▶ caractériser le régime hydrologique du bassin versant et définir un événement de référence centennal pour caractériser l'aléa de référence débordement et ruissellement ;
- ▶ modéliser les aléas de référence débordement de cours d'eau et ruissellement ;
- ▶ cartographier les aléas de référence débordement de cours d'eau et ruissellement.

Les documents produits sont les suivants :

- une note sur la méthode de détermination de l'aléa de référence ;
- une note sur l'aléa de référence déterminé ;
- les cartes hauteurs, vitesses et aléas à l'échelle communale (1/5000^{ème}) et globale (1/25000^{ème}) sur fond cadastral pour les phénomènes de débordement et de ruissellement ;
- une note sur les aléas (fréquent et extrême) répondant aux objectifs fixés par la Directive Inondation ;
- une note sur les études complémentaires à réaliser afin d'améliorer la qualité de l'aléa de référence ;
- une note sur le bilan de la concertation de la phase 1 ;
- et enfin le présent dossier synthétique destinés aux acteurs locaux.

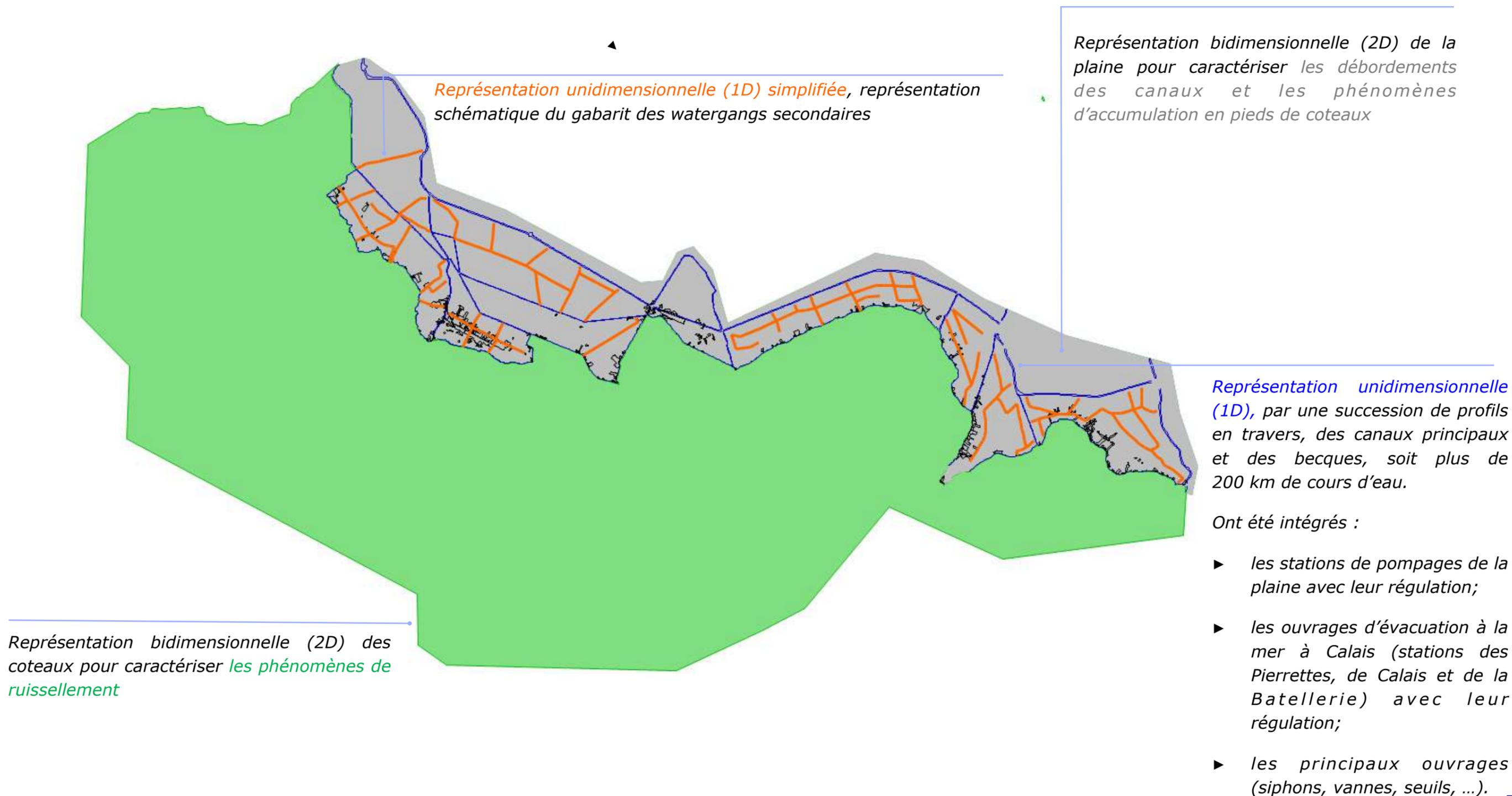


Exemple des cartes de hauteurs, vitesses et aléas sur la commune d'Ardres



Volet hydraulique

La structure du modèle hydraulique construit et les paramètres de rugosité des sols et du lit mineur vont conditionner la transmission des débits de pointe (canaux et axes de ruissellement) vers leurs exutoires.



Volet hydraulique

La représentation bidimensionnelle (2D) de la totalité du territoire étudié est construit à partir du **Modèle Numérique de Terrain (MNT de précision altimétrique 15 cm)** transmis par la DDTM 62. Ce dernier permet de retranscrire la topographie réelle du secteur en tenant compte des éléments suivants :

Deux zones de représentation bidimensionnelle permettent de caractériser les débordements des canaux et les phénomènes de ruissellement. Ces dernières prennent en compte les éléments suivants :

Intégration d'éléments de forçage afin de matérialiser des zones de ruptures de pente ou à enjeux particulier.

Adaptation du maillage aux formes du terrain et ajustement de la taille des mailles aux variations topographiques (mailles plus fines dans les zones de terrain accidenté et plus grandes dans les zones de plaine).

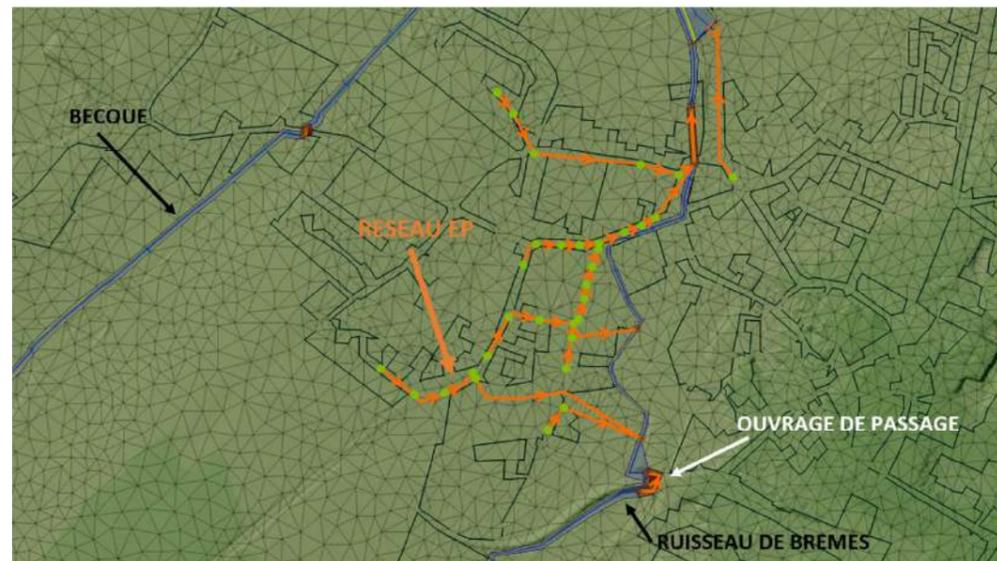
Prise en compte de l'effet d'obstacle induit par le bâti par intégration de « murs poreux ».

Ci-contre exemple d'écoulements contraints par les murs poreux intégrés dans le modèle.

Intégration des points de passage sous remblais ou routes (non représentés dans le MNT) afin d'éviter toute accumulation artificielle des eaux à l'amont de ces ouvrages.

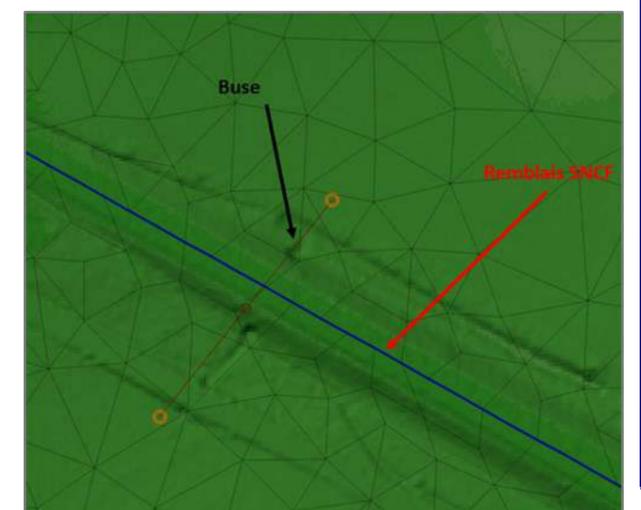
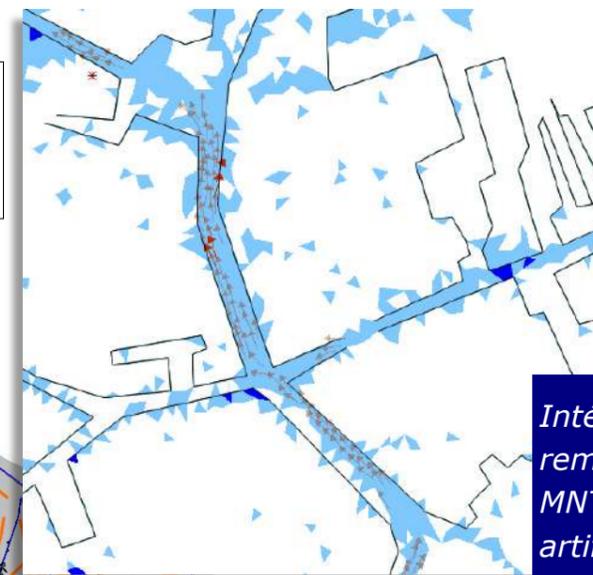
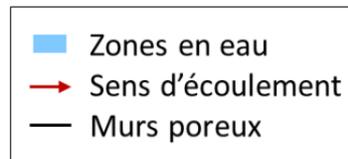
Prise en compte des principaux ouvrages de rétention des eaux pluviales à ciel ouvert.

Rugosité des mailles différenciée selon le type de sol qui, selon sa nature, va avoir tendance à freiner (forêt, zones urbaines) ou accélérer (routes) les écoulements.

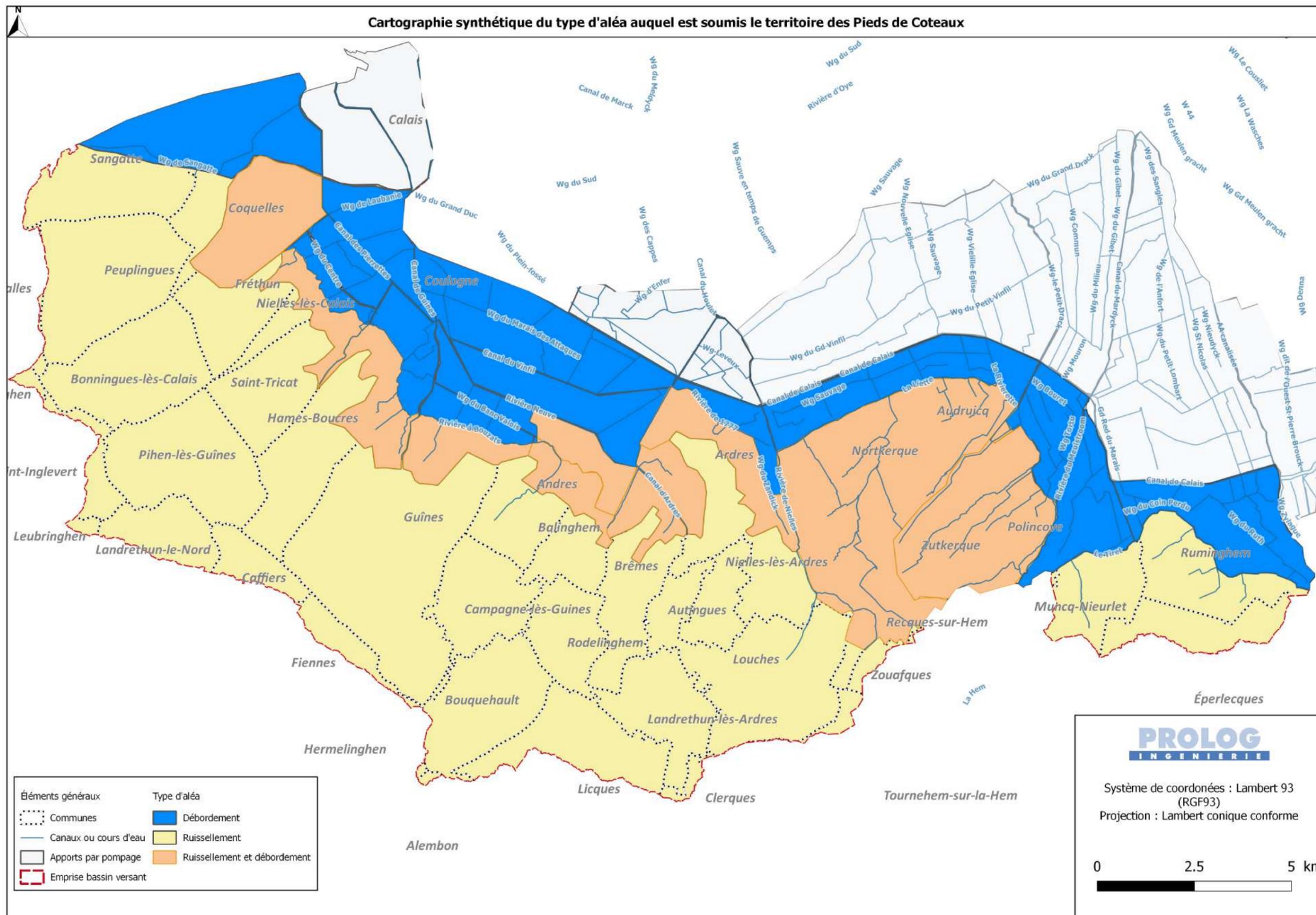


Représentation unidimensionnelle (1D) du lit mineur des becques.

Dans le cadre du modèle ruissellement, les branches structurantes des réseaux d'évacuation des eaux pluviales (ci-dessus) ont été intégrées pour les communes de Brêmes, Ardres, Guînes et Audruicq, dans le but de ne pas surestimer les phénomènes de ruissellement de surface.



Types d'aléa auquel est soumis le territoire d'étude



Validation du modèle numérique

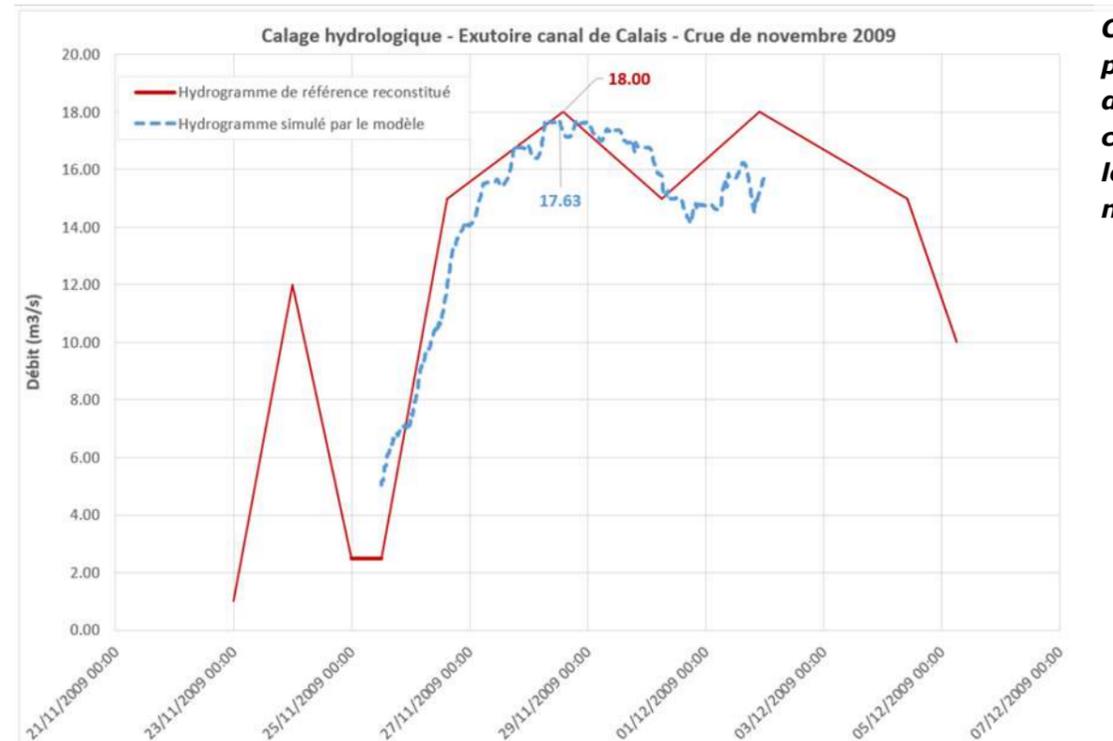
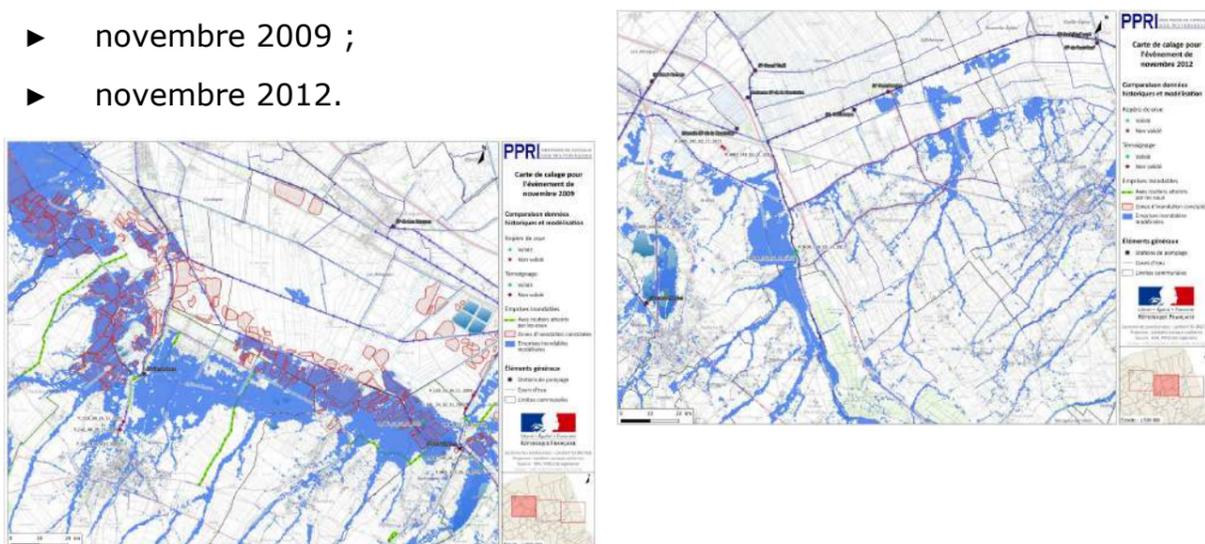
Une fois le modèle numérique 1D/2D construit, il est nécessaire de le valider, c'est-à-dire vérifier qu'il représente de manière correcte les écoulements sur les coteaux ainsi que dans les canaux et watergangs secondaire de la plaine. Pour cela, la réponse du modèle à des événements pluvieux réels ayant touché le bassin versant doit être analysée et confrontée aux données historiques (repères de crues) et quantitatives (reconstitution des débits aux exutoires du canal des Pierrettes et du canal de Calais, mesures de niveaux au droit de la station des Attaques ou en amont de l'écluse carrée).

Le calage est réalisé en deux étapes pour lesquelles des coefficients peuvent être ajustés :

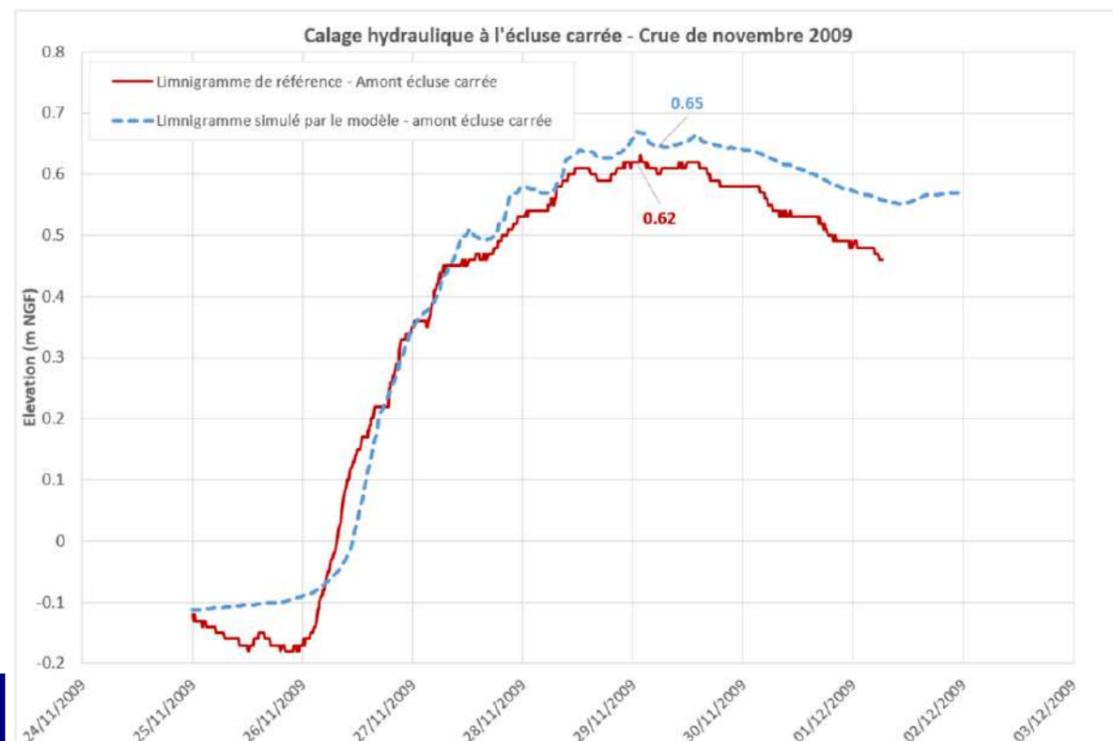
- ▶ **le calage de la réponse hydrologique du modèle** qui permet tout d'abord de s'assurer que la réponse du modèle (débit simulé) à une pluie historique est cohérente avec le débit reconstitué ;
- ▶ **le calage du fonctionnement hydraulique du modèle** qui permet de s'assurer que la réponse du modèle est bien conforme aux témoignages et repères de crue, et donc que le modèle rend bien compte de la dynamique des débordements (échanges lit mineur/lit majeur) et des phénomènes de ruissellement.

Les événements pluvieux considérés pour le calage sont ceux de :

- ▶ novembre 2009 ;
- ▶ novembre 2012.



Calage du débit de pointe et des volumes des hydrogrammes (ici ceux du canal de Calais lors de la crue de novembre 2009)



Calage des niveaux au sein des canaux (ici ceux du canal des Pierrettes lors de la crue de novembre 2009)

Le calage validé lors des réunions techniques permet de garantir la pertinence de la représentation des phénomènes naturels à caractère aléatoire par le modèle numérique réalisé.

Choix de l'événement de référence

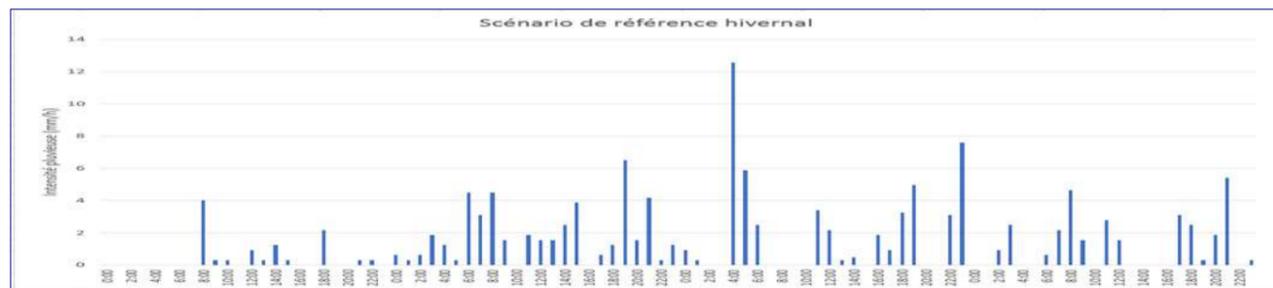
Selon la doctrine PPRI, l'événement de référence est l'événement à minima centennal, c'est-à-dire pour rappel qui a « 1 chance sur 100 » de se produire chaque année.

Deux scénarios ont été élaborés afin de représenter au mieux les phénomènes caractéristiques du territoire d'étude, à savoir :

- ▶ le ruissellement sur les coteaux, prenant place essentiellement lors des orages de type estival. **L'orage d'août 2006, dont l'occurrence est supérieure à un événement de période de retour 100 ans a ainsi été retenu comme référence ;**
- ▶ la saturation de la plaine des Wateringues au cours des longues pluies hivernales. **La pluie de novembre 2009 mise à l'échelle afin d'obtenir un cumul de pluie centennal sur une durée de 4 jours aux données de la station pluviométrique de Calais a été considérée.**

Le scénario de référence résulte de la fusion de ces deux types d'événement, le scénario le plus pénalisant étant retenu.

Scénario hivernal : inondation de la plaine

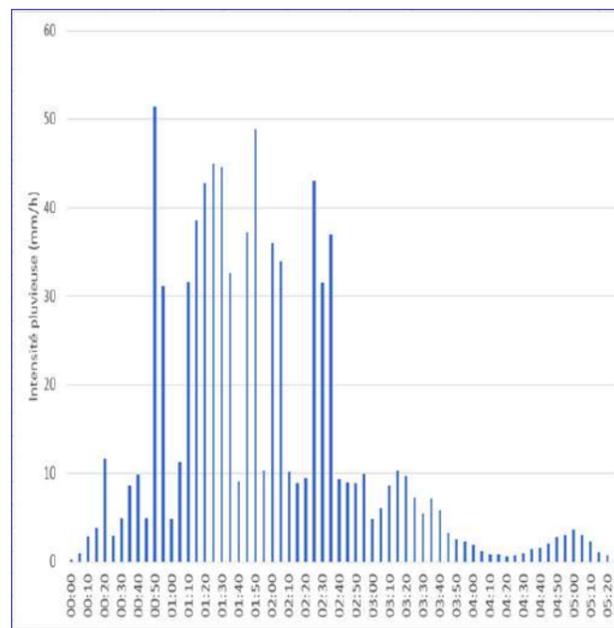


Ces événements sont construits à partir de pluies historiques et présentent de ce fait une forme de hydrogramme réaliste.

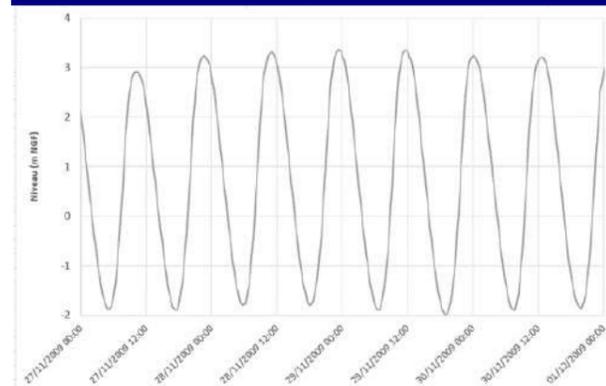
Les cours d'eau traversant le secteur d'étude sont considérés en crue pour l'aléa de référence. Les hydrogrammes mesurés sur l'Aa et la Hem lors de l'épisode pluvieux de novembre 2009 ont été appliqués.

Enfin, une marée moyenne (coefficient 72) à laquelle une surcote météorologique de 50 cm dont le pic est concomitant avec le pic fluvial sert de condition limite aux exutoires du canal de Calais et de celui des Pierrettes,

Scénario estival : ruissellement sur les coteaux



Cycle de marée appliqué aux exutoires des canaux



Partie II

**PRÉSENTATION DES RÉSULTATS
ET DES CARTES D'ALÉA
(DÉBORDEMENT ET
RUISSELLEMENT)**

Rappel sur la définition de l'aléa

L'aléa résulte du croisement entre les hauteurs de submersion et les vitesses d'écoulement, issues de la modélisation de l'événement de référence. **Il caractérise la gravité du phénomène naturel d'inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement.**

La grille d'aléa retenue pour caractériser ce risque débordement et ruissellement n'est pas la grille d'aléa dite classique (cf. ci-dessus), qui au sens du guide méthodologique de 2004 du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable résulte du croisement entre les hauteurs de submersion et les vitesses d'écoulement.

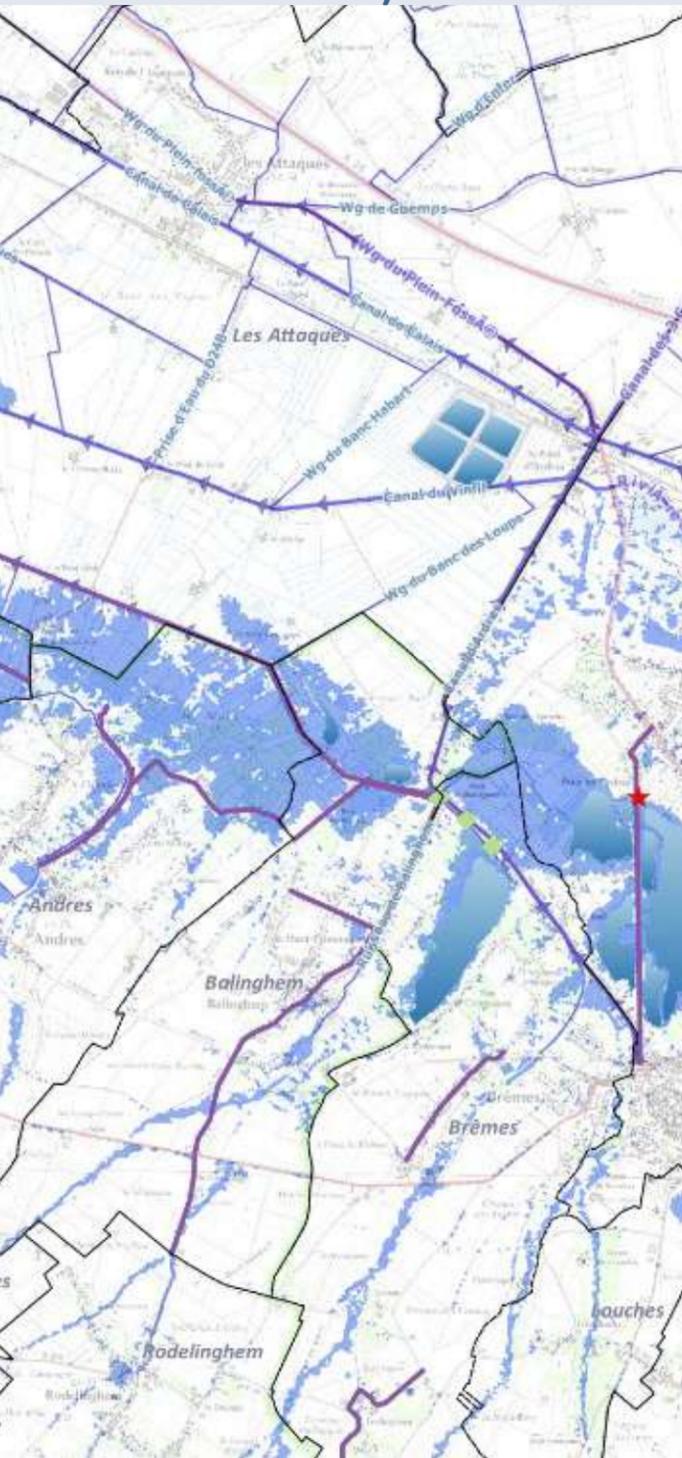
En effet, les différents retours d'expérience sur d'autres procédures de ce type ont montré que les cartographies d'aléa « classique » étaient peu explicites et ne permettaient pas de mettre en évidence les zones fonctionnelles d'écoulement et d'accumulation propres aux particularités des phénomènes de ruissellement.

La grille de croisement hauteur-vitesse a donc été redéfinie en concertation avec la DDTM 62 afin de construire un aléa dit « fonctionnel » permettant de bien représenter le fonctionnement de la dynamique d'écoulement et donc d'identifier plus facilement le type de risque à prendre en compte sur les secteurs touchés. Alors que la grille d'aléa classique envisage le risque en termes de gravité, **cette grille d'aléa caractérise le risque en termes de fonctionnement hydraulique et de la nature des phénomènes rencontrés.**

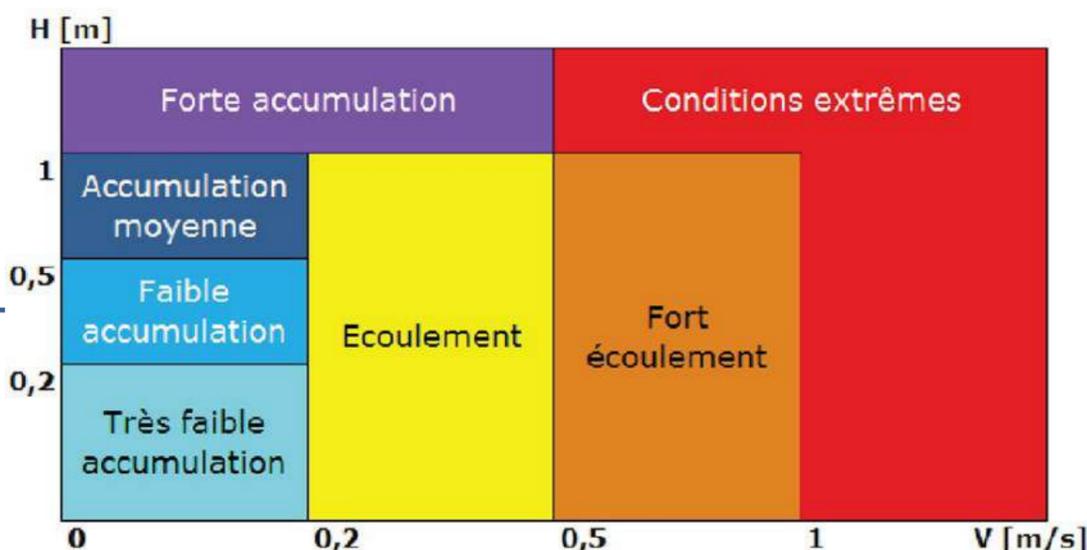
La grille d'aléa retenue pour caractériser les risques débordements et ruissellement est présentée et détaillée ci-dessous.

Grille d'aléa « classique »

Hauteur de submersion	Supérieure à 1,5 m	Très fort	Très fort	Très fort	Très fort
	De 1 m à 1,5 m	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	De 50 cm à 1 m	Moyen	Moyen	Fort	Très fort
	Inférieure à 50 cm	Faible	Moyen	Fort	Très fort
Vitesse d'écoulement		Inférieure à 0,2 m/s	De 0,2 m/s à 0,5 m/s	De 0,5 m/s à 1 m/s	Supérieure à 1 m/s



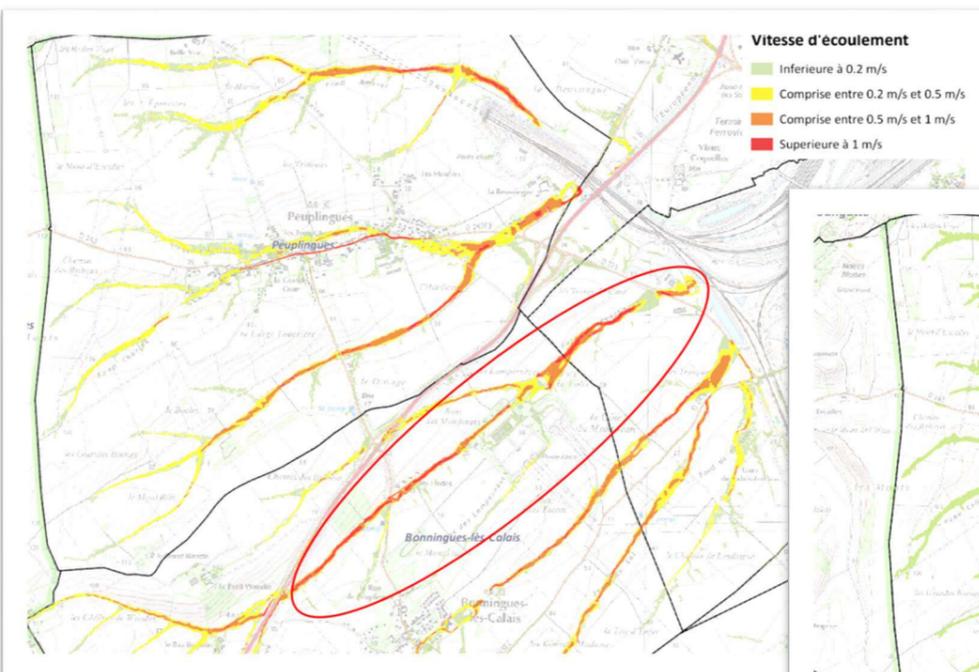
Les **zones d'accumulation** se caractérisent par des hauteurs d'eau pouvant être importantes et des vitesses d'écoulement limitées (<0,2m/s)



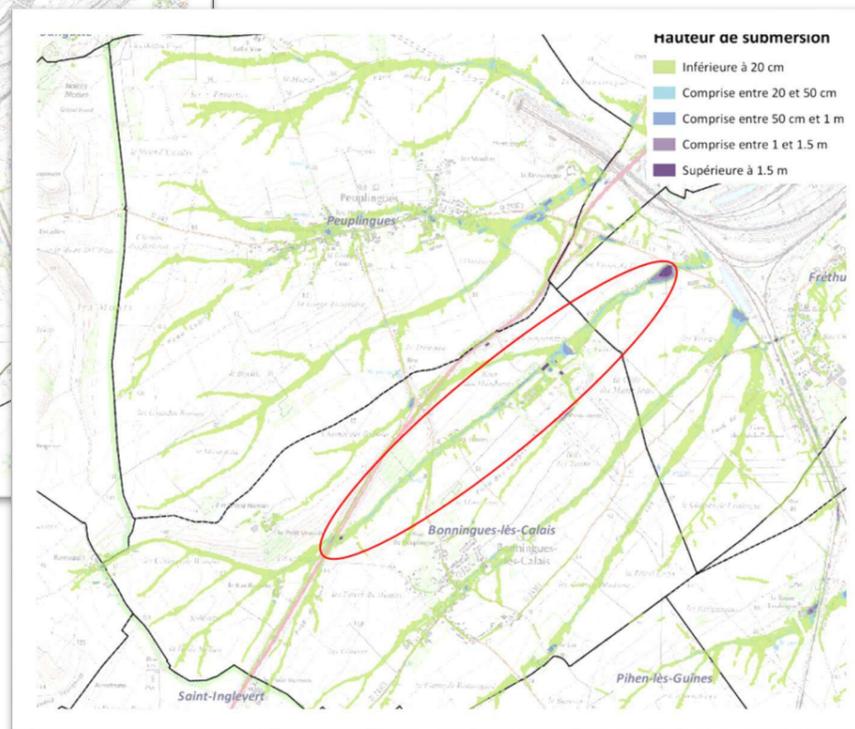
Les **zones de conditions extrêmes** sont des secteurs critiques avec des hauteurs d'eau et/ou des vitesses d'écoulement très importantes

Les **zones d'écoulement** se caractérisent par des vitesses d'écoulement pouvant être fortes et des hauteurs d'eau limitées (< 1 m)

Principaux résultats



Axes de ruissellements sur les coteaux

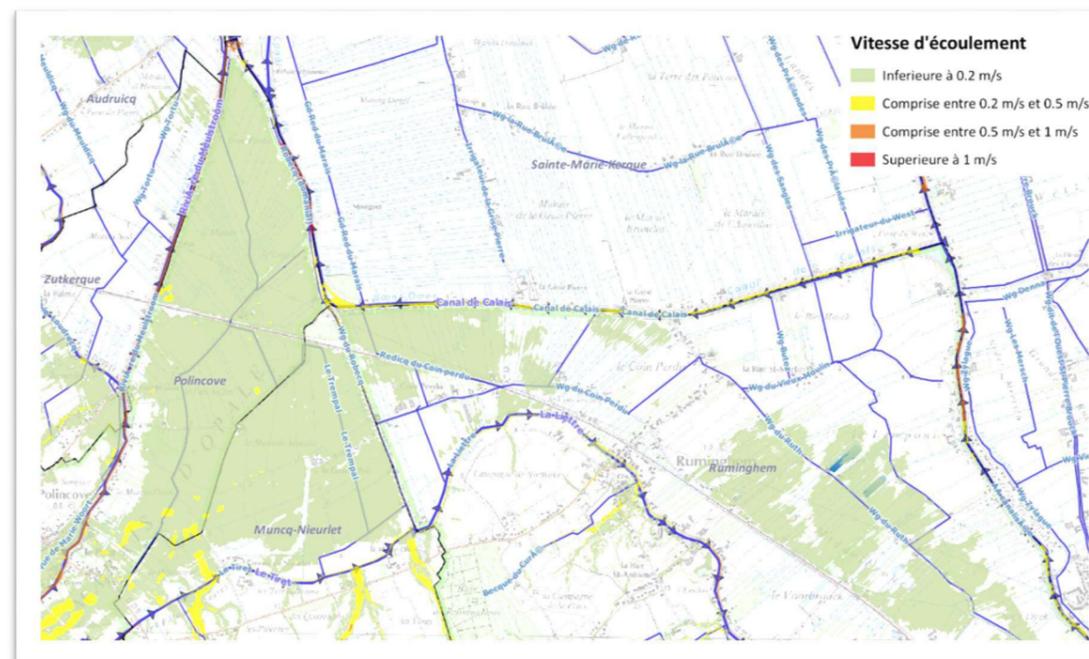
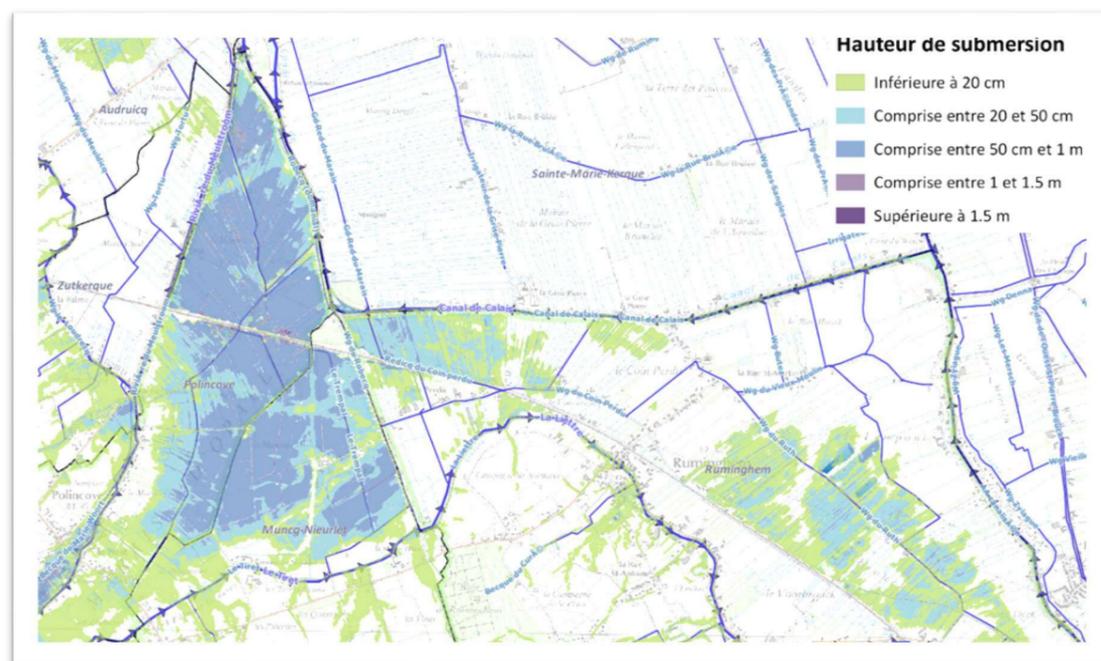


Le scénario de référence modélisé provoque d'importantes inondations sur les coteaux comme sur la plaine. Les éléments remarquables suivants peuvent être mis en exergue :

- ▶ **les emprises inondables sur la plaine restent relativement proches de celles observées en novembre 2009**, seules les hauteurs de submersion augmentent ;
- ▶ **sur les coteaux, le ruissellement est particulièrement marqué sur un secteur allant de Fréthun à Ardres** et d'intensité moyenne à faible sur les secteurs de Nortkerque-Audruicq, de la Hem et de Sangatte ;
- ▶ **le niveau au sein du canal de Calais est peu sensible aux précipitations appliquées sur le territoire d'étude**, car il est alimenté principalement par pompage, contrairement au canal des Pierrettes, situé en pieds de coteaux, et donc directement alimenté par les eaux du ruissellement de surface.

Comme attendu, la modélisation de l'aléa de référence met en évidence les deux phénomènes caractéristiques du secteur à savoir :

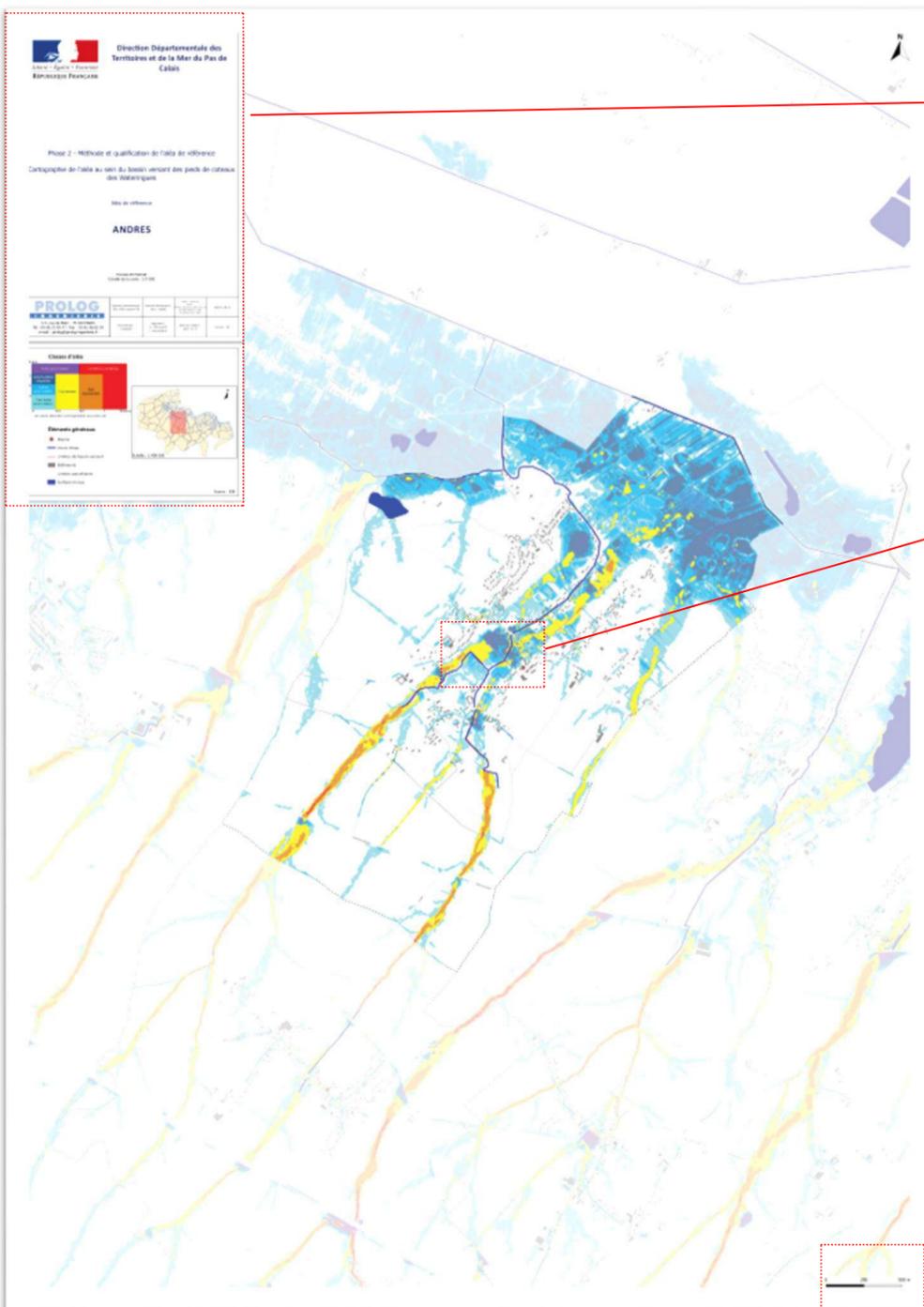
- ▶ des écoulements animés par une forte vitesse et une faible hauteur d'eau sur les coteaux en fond de talweg ;
- ▶ des zones d'accumulation sur la plaine, où les vitesses d'écoulement sont faibles mais la hauteurs de submersion importantes.



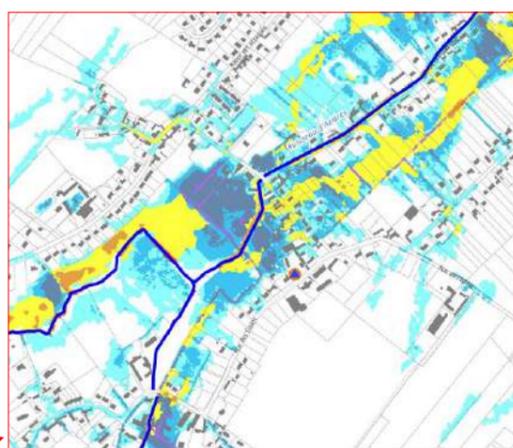
Zones d'accumulation en plaine

Interprétation des cartographies

Des cartes communales à l'échelle 1 / 5 000ème sur fond cadastral (DGI—2016) ont été produites pour chacun des trois paramètres (hauteurs, vitesses et aléa).



Lecture de la carte communale d'aléa au 1/5 000e : exemple sur la commune d'Andres.



Le détail

La grille d'aléa
Donne la correspondance entre les classes d'aléa et les couples Hauteur / Vitesse correspondants.

Les éléments généraux
Permettent de repérer les différents éléments représentés sur la carte.

L'échelle
Donne graphiquement la correspondance entre les distances géographiques, sur le terrain, et les distances sur la carte.

La légende

Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Pas de Calais

Phase 2 - Méthode et qualification de l'aléa de référence
Cartographie de l'aléa au sein du bassin versant des pieds de coteaux des Wateringues

Aléa de référence

ANDRES

Format A0 Portrait
Echelle de la carte : 1/5 000

PROLOG INGENIERIE	Système géométrique : RGF 2011 Lambert 93	Système altimétrique : NAF - IGN69	Aléa : ALÉA	Date : 2023
3-5, rue de Metz - 75 011 PARIS Tél : 01 42 23 40 77 / Fax : 01 42 46 82 03 e-mail : prolog@prolog-ingenierie.fr	Échelle : 1/5000	Élaboré par : A. COLLEUR & ASSOCIÉS	Date de révision : 2023-10-11	Version : V0

Classes d'aléa

ALÉA	ALÉA	ALÉA	ALÉA
ALÉA	ALÉA	ALÉA	ALÉA

Les zones hachurées correspondent aux zones de :

Éléments généraux

- Mairie
- Cours d'eau
- Limites de bassin versant
- Bâtiments
- Limites parcellaires
- Surface en eau

Echelle : 1/400 000

Source : IGN

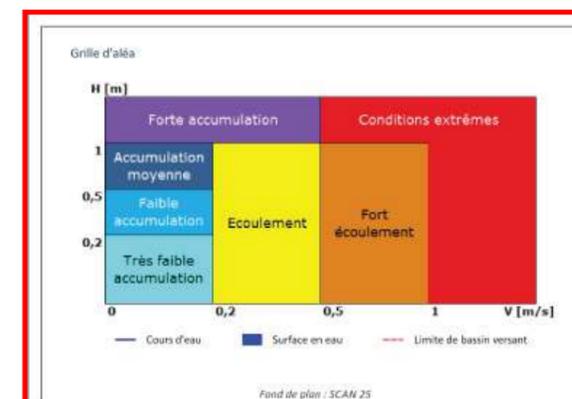
Le planchage
Localise la carte considérée par rapport au secteur d'étude.

Interprétation des cartographies

Des cartes générales du bassin versant à l'échelle 1 / 25 000ème sur fond SCAN 25 ont été produites pour chacun des trois paramètres (hauteurs, vitesses et aléa).

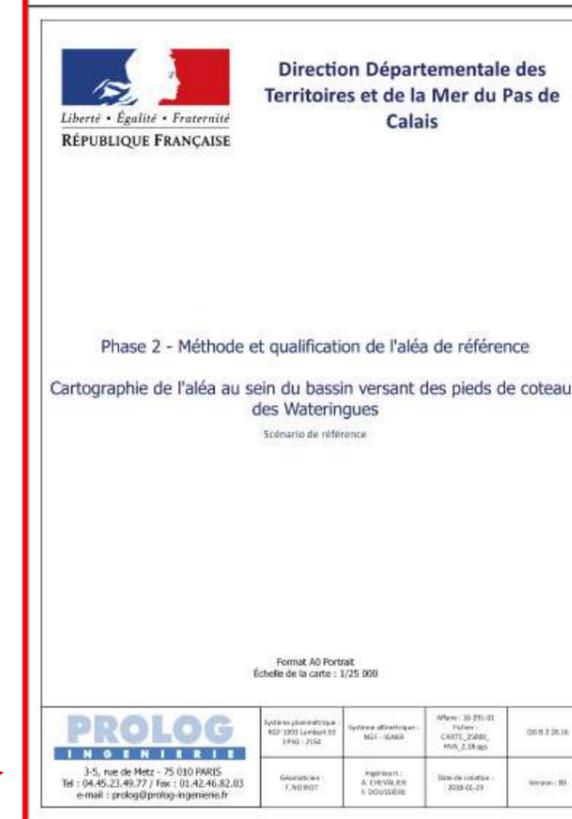
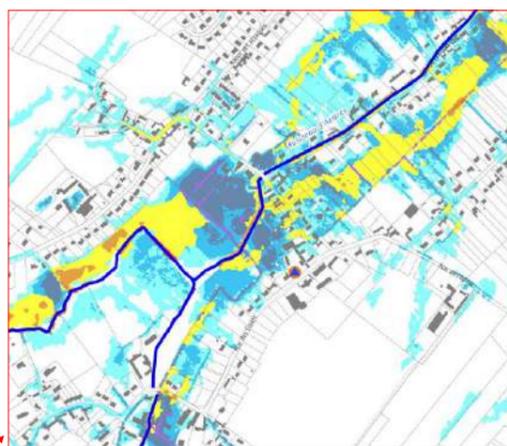
Lecture de la carte générale d'aléa au 1/25 000e : exemple sur la partie nord ouest du territoire.

La légende



La grille d'aléa
Donne la correspondance entre les classes d'aléa et les couples Hauteur / Vitesse correspondants.

Le détail



Les éléments généraux
Permettent de repérer les différents éléments représentés sur la carte.

L'échelle

Donne graphiquement la correspondance entre les distances géographiques, sur le terrain, et les distances sur la carte.