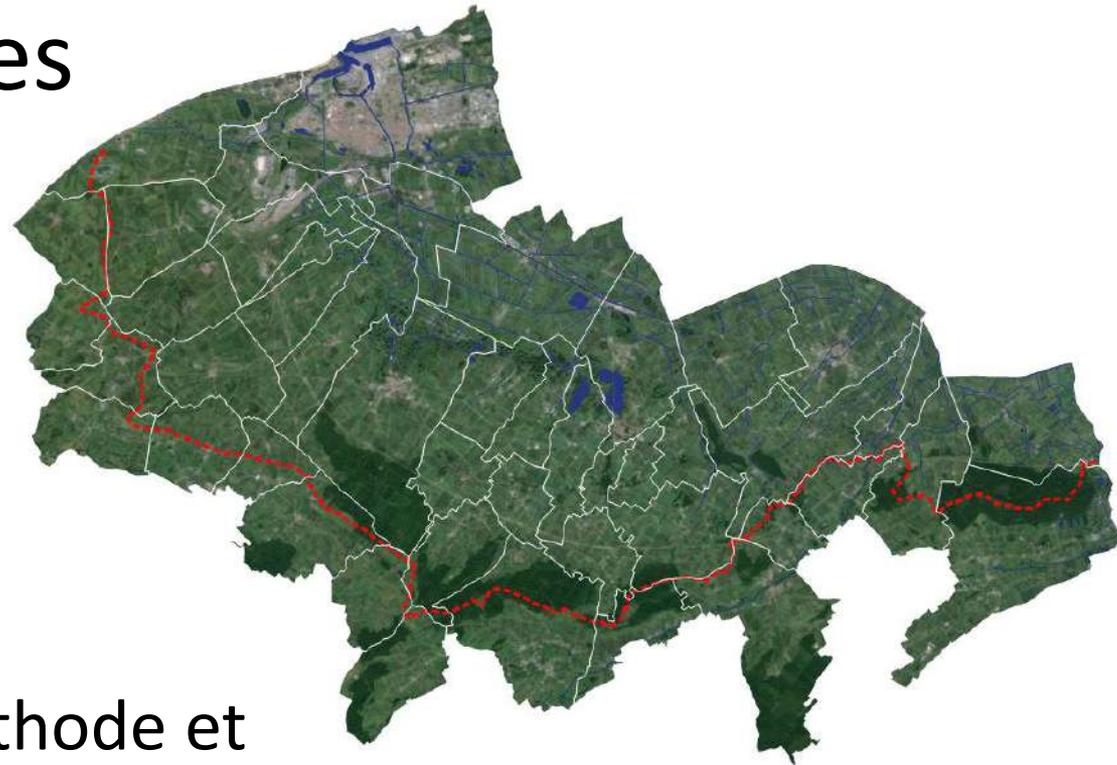


## PPRI des pieds de coteaux des Wateringues



Phase 2 : « Méthode et  
qualification de l'aléa de référence »

## Ordre du jour

- Procédure PPRI (DDTM62)
- Construction du modèle hydrologique et hydraulique (Prolog Ingénierie)
- Premiers éléments et méthodologie de calage du modèle (Prolog Ingénierie)
- Questions / discussions

## Procédure PPRI





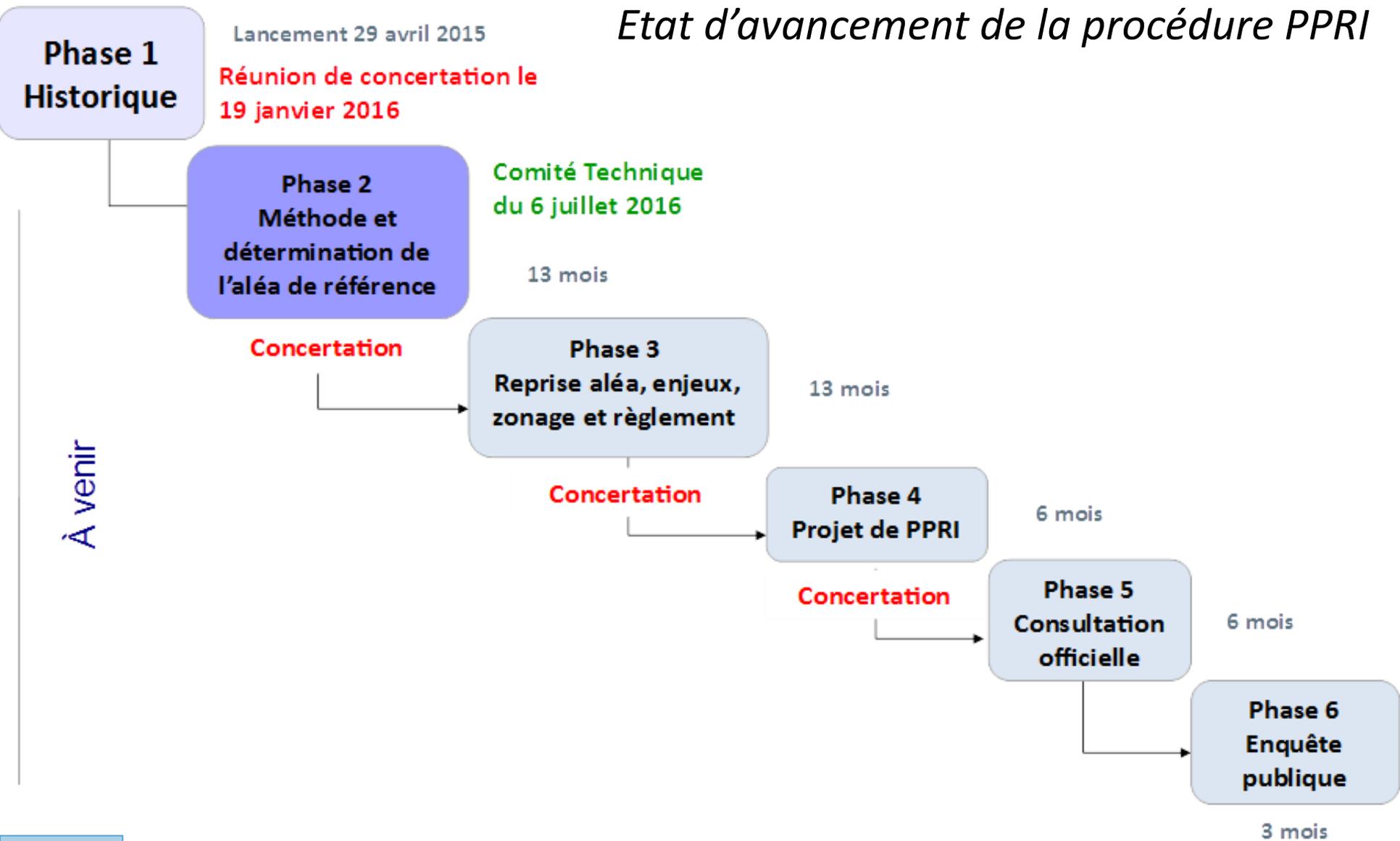
### Périmètre d'étude du Plan de Prévention des Risques des Pieds de Coteaux des Wateringues



Date : 11 décembre 2013  
 Copyright : IGN © Paris 2010  
 Source : DDTM62  
 Projection : RGF93-Borne Europe (EPSG:2154)  
 Référence : WD62-SIG/diffusion/ig\_risques/  
 LAMBERT\_93/Wateringues/2013\_12\_05  
 Perimetre\_etude\_coteaux\_wateringues.WOR

LEGENDE	
	Arrondissements
	Communes concernées par l'étude
	Cours d'eau

## Etat d'avancement de la procédure PPRI

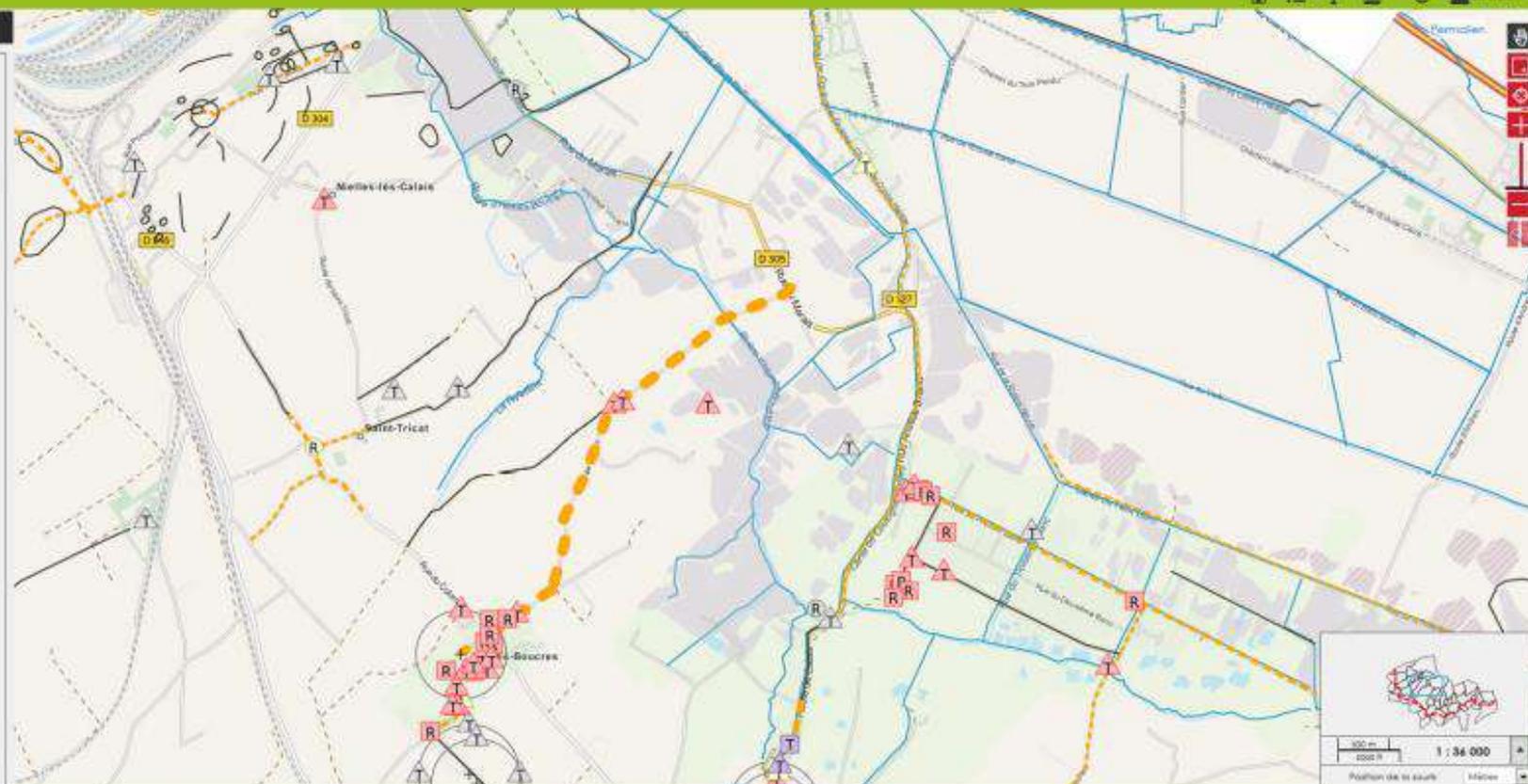


## *Rappels de la phase 1*

- Enquêtes et collecte de données sur les inondations : ruissellements, débordements et remontée de nappe,
- Compréhension du fonctionnement hydraulique,
- Levés topographiques : ouvrages, profils en travers, repères de crue
- Recueils de données sur les ouvrages auprès des communes, du CD, d'Eurotunnel, de la SNCF
- Recueils de données pluviométriques et RADAR

Légende

- Limites amont du territoire d'étude
- Tampon
- Témoignages d'inondations historiques ponctuels
- Témoignages d'inondations historiques linéaires : axes inondés, emprises inondées, etc.
- Emprise des inondations de novembre 2009
- Zones d'inondations constatées datées (ZIC)



<http://cassini.prolog-ingenierie.fr/concertation>

DDTM62 (identifiant) et ppri\_wateringues (mot de passe)

## Déroulement de la phase 2

### Phase 2 – Aléa

Étude hydrologique  
Construction et  
calage du modèle

COTEC Juillet 2016

Finalisation calage et  
modélisation des aléas

Rapport et  
cartes des aléas  
1ère version

COTEC Octobre 2016

Reprise des  
cartes des aléas

COTEC

Janvier 2017

COCON

## *Les objectifs de la phase 2*

- Définir les méthodes de définition de l'aléa centennal ou supérieur (ruissellement, débordement de cours d'eau et remontée de nappe)
- Caractériser le régime hydrologique du bassin versant
- Déterminer un aléa de référence synthèse des trois phénomènes
- Poursuite de la concertation avec un aléa partagé par tous les acteurs locaux
- Déterminer un aléa fréquent et un aléa exceptionnel

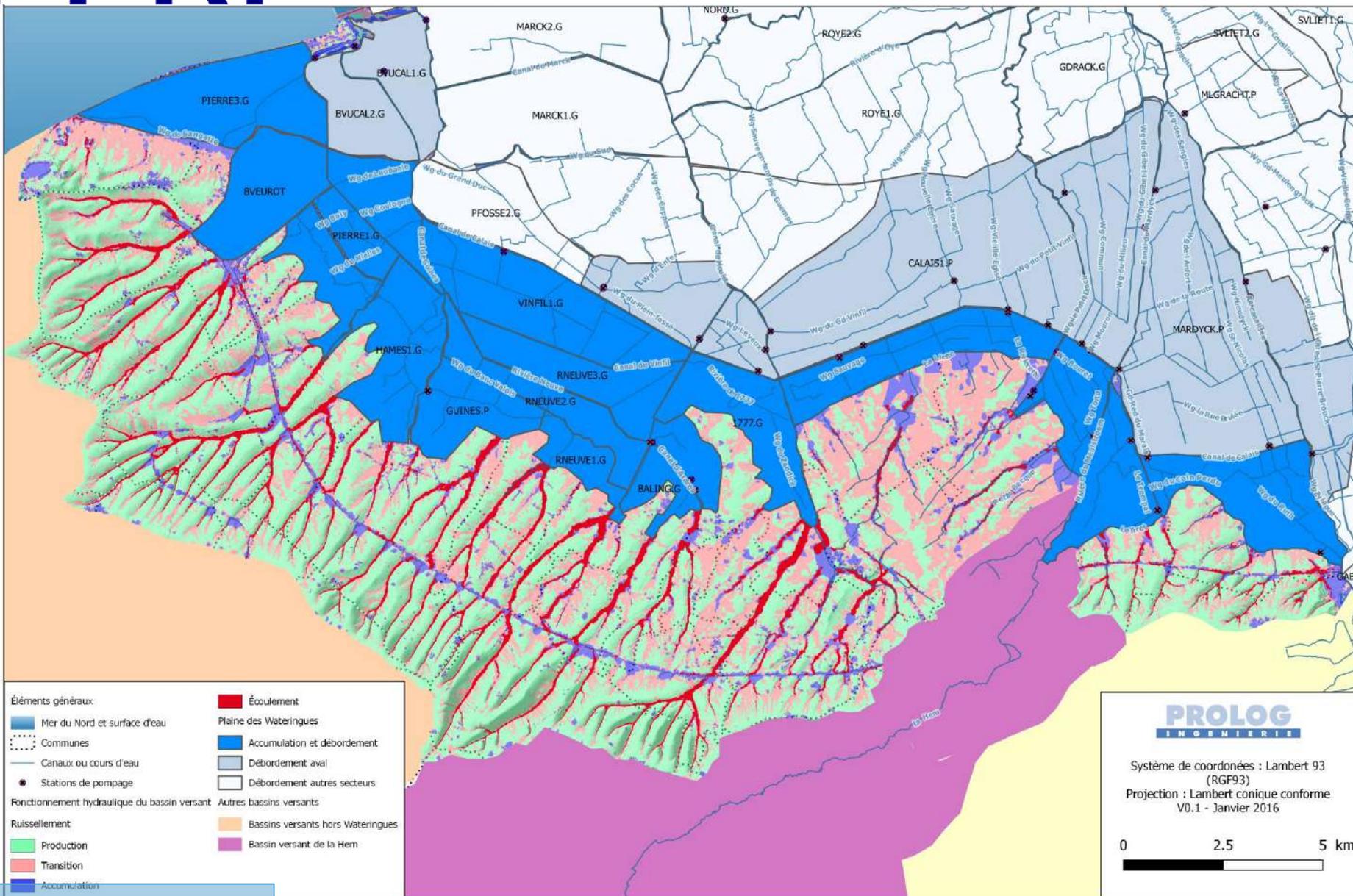
# Construction du modèle hydrologique et hydraulique



## *Modélisation hydrologique et hydraulique*

### PPRI pieds de coteaux

Aléa	Ruissellement, débordement et remontée de nappe
Scénario	Fréquent (10-30 ans) Référence (100 ou +) Exceptionnel (1 000 ans)
Hem	Influence d'une crue de la Hem
Ouvrages	Impact des ouvrages et leur dysfonctionnement
Marée	Influence
Cartographie	Hauteur, vitesse, aléa





## *Modélisation – Modèle ruissellement*

Objectif : représentation des axes de ruissellement sur les coteaux

Principe général :

- ✓ application de la pluie sur le modèle
- ✓ transformation pluie brute en lame d'eau ruisselée
- ✓ Différenciation des zones de production, de transfert et d'accumulation

## *Modélisation – Modèle ruissellement*

### Modèle Numérique de Terrain :

- ✓ Maillage 2D construit à partir des deux MNT fournis par la DDTM62 et fusionnés :
  - ✓ levé LIDAR sur les coteaux (2014 / résolution 0,5 m)
  - ✓ levé LIDAR sur la plaine des Wateringues, (2008-2009 / résolution 1 m)
- ✓ Zone de recouvrement des deux MNT -> levé coteaux (plus précis et plus récent) sauf zone de Nielles corrigée
- ✓ Comblement des « trous » au niveaux des bâtiments et des plans d'eau (ex : Lac d'Ardres) dans la plaine

## Modélisation – Modèle ruissellement

### Maillage de calcul 2D :

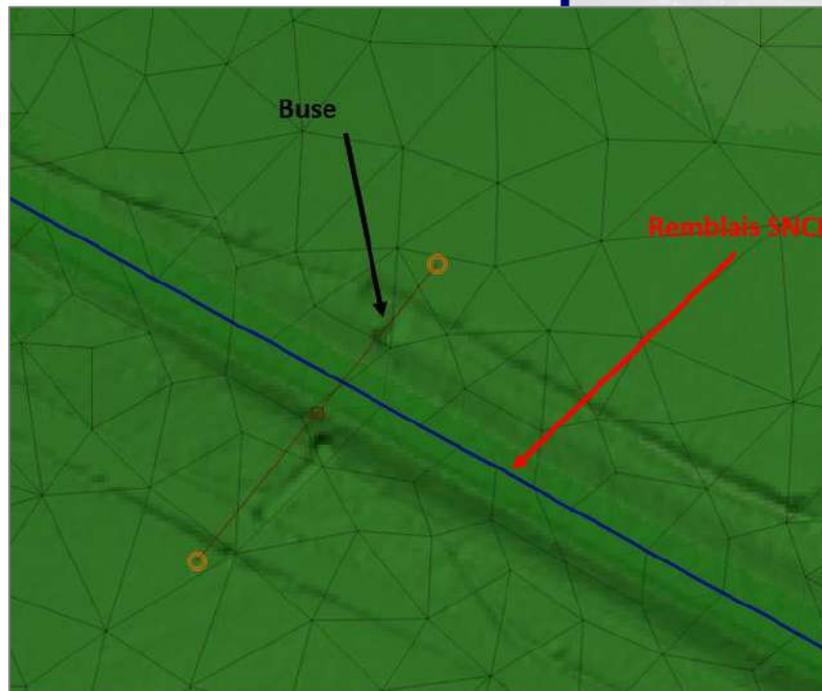
- ✓ Rugosité différenciée selon le type de sols (BD SIGALE) :

<i>Classes rugosité</i>	<i>Strickler</i>
Zones industrielles, commerciales, scolaires et réseaux de communication	15
Dunes, plages	11
Axes routiers principaux	40
Espaces verts - Prairies	20
Carrières, décharges, chantiers	15
Forêts et milieux à végétation arbustive	11
Plans d'eau	60
Zones agricoles	30
Zones humides	20
Zones urbanisées	16

## *Modélisation – Modèle ruissellement*

### Maillage de calcul 2D :

- ✓ Adaptation aux variations topographiques importantes (prise en compte des phénomènes de surverse)
- ✓ Prise en compte des points de passage potentiels en lit majeur



## Modélisation hydraulique – Modèle ruissellement

### Maillage de calcul 2D :

- ✓ Prise en compte de l'effet de blocage des bâtiments



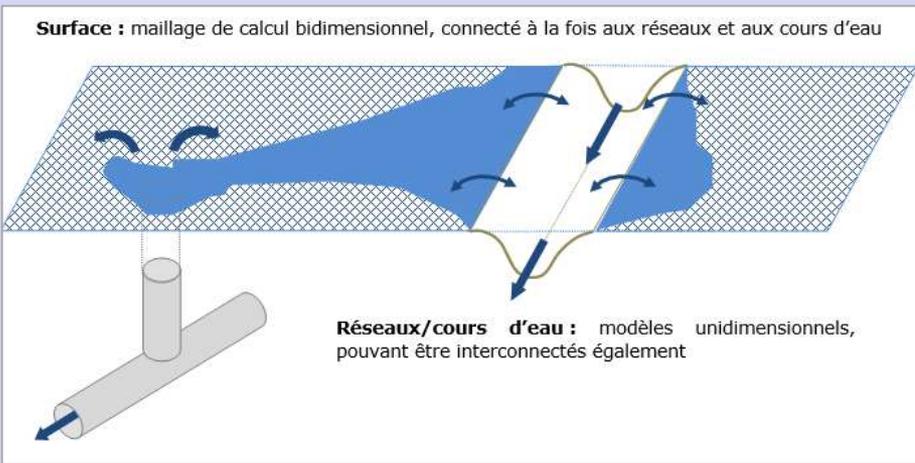
	Bâti	Non Bâti
<b>Porosité</b>	0.01	0.20
<b>Signification</b>	Infiltration de 1 % du débit, écoulement quasi nul	Infiltration de 20 % du débit, écoulement faible
<b>Hauteur</b>	2 m	50 cm

## Modélisation – Modèle Ruissellement

Maillage de calcul 2D :

Intégration des éléments unidimensionnels suivants :

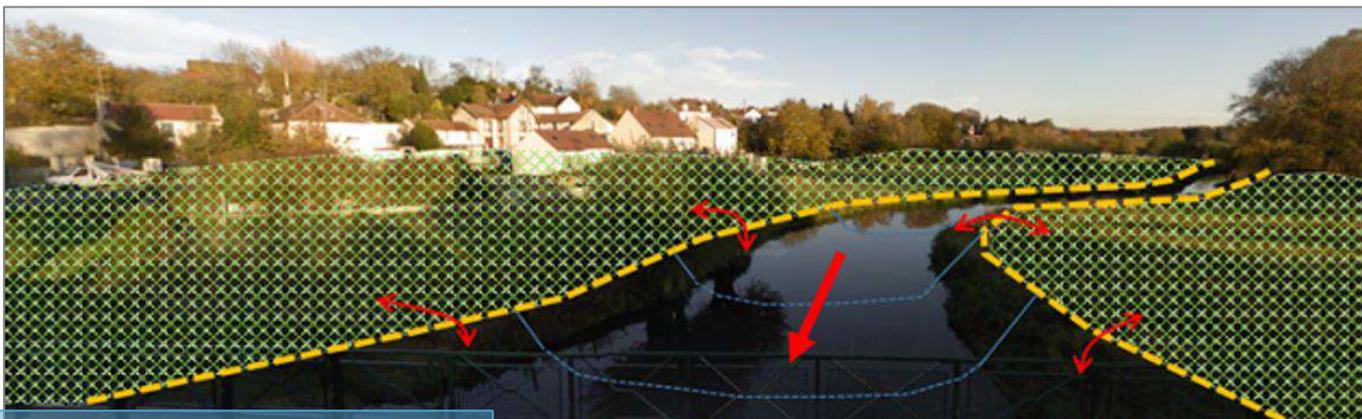
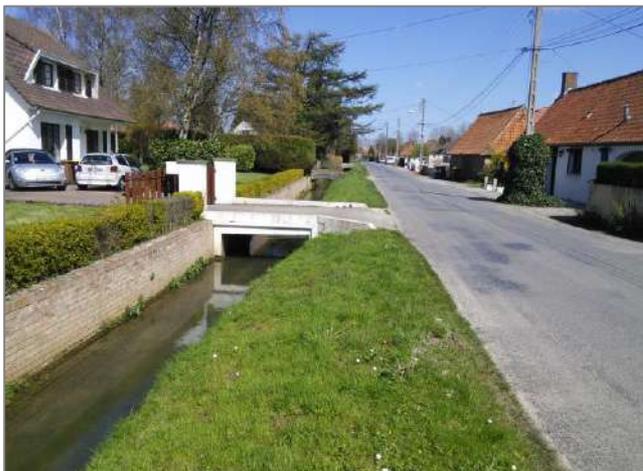
- ✓ Branches structurantes du réseau EP pour Ardres, Brèmes, Guînes et Audruicq

	Conduite	BA - Regards
Schéma	<p>Surface : maillage de calcul bidimensionnel, connecté à la fois aux réseaux et aux cours d'eau</p>  <p>Réseaux/cours d'eau : modèles unidimensionnels, pouvant être interconnectés également</p>	
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Phi 500</li> <li>➤ 1D</li> </ul>	Assure l'échange entre le réseau et le maillage 2D

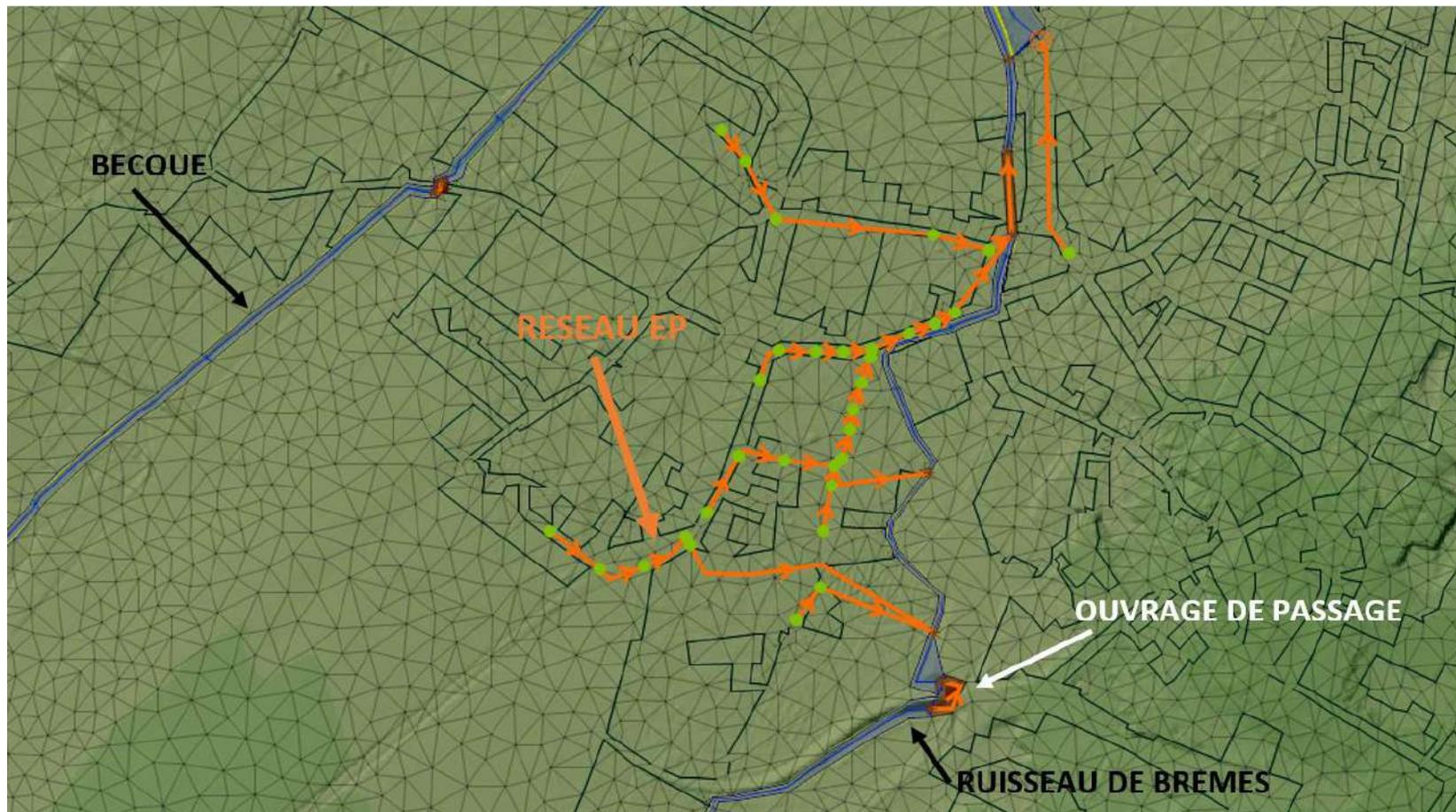
## *Modélisation – Modèle Ruissellement*

### Maillage de calcul 2D :

- ✓ Becques et axes de ruissellement en zone « urbanisée » (par le biais de biefs 1D)



## Modélisation – Modèle ruissellement



## *Modélisation – Modèle Ruissellement*

Maillage de calcul 2D :

Intégration des éléments unidimensionnels suivants :

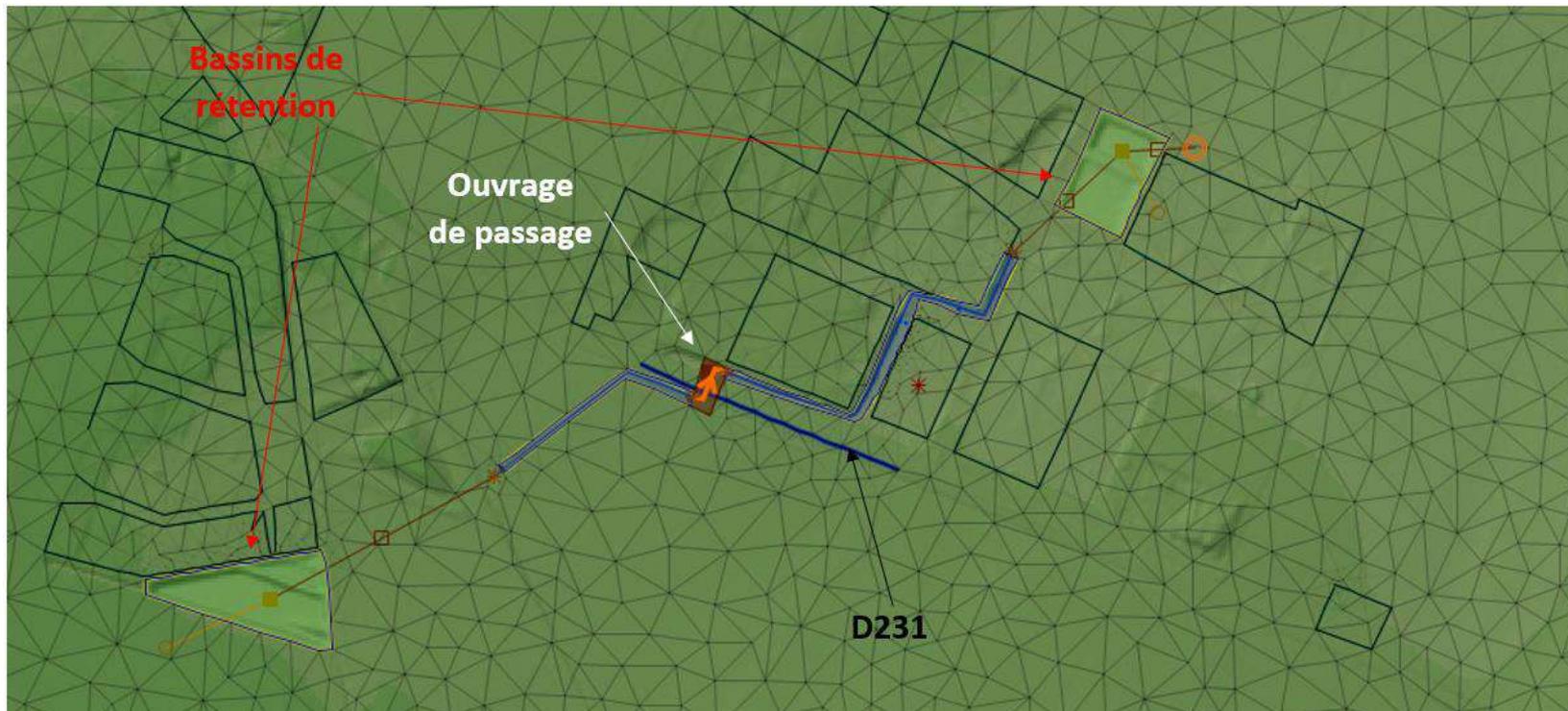
- ✓ Bassins de rétention
  - du CCSOC, communaux, autres
  - d'Eurotunnel (capacité 300 000 m<sup>3</sup>, deux exutoires, watergang de Sangatte et canal des Pierrettes)



Bassins de rétention commune de Guînes

## Maillage de calcul 2D : *Modélisation – Modèle Ruissellement*

Bassins de rétention commune de Guînes

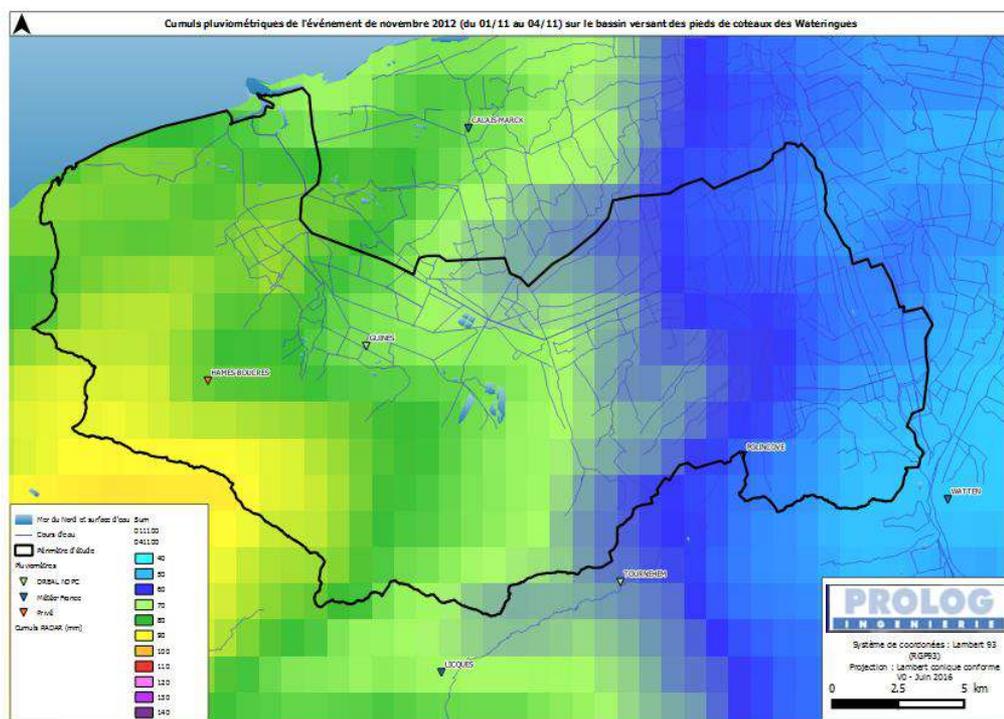


## Modélisation – Modèle Ruissellement

Modèle hydrologique retenu :

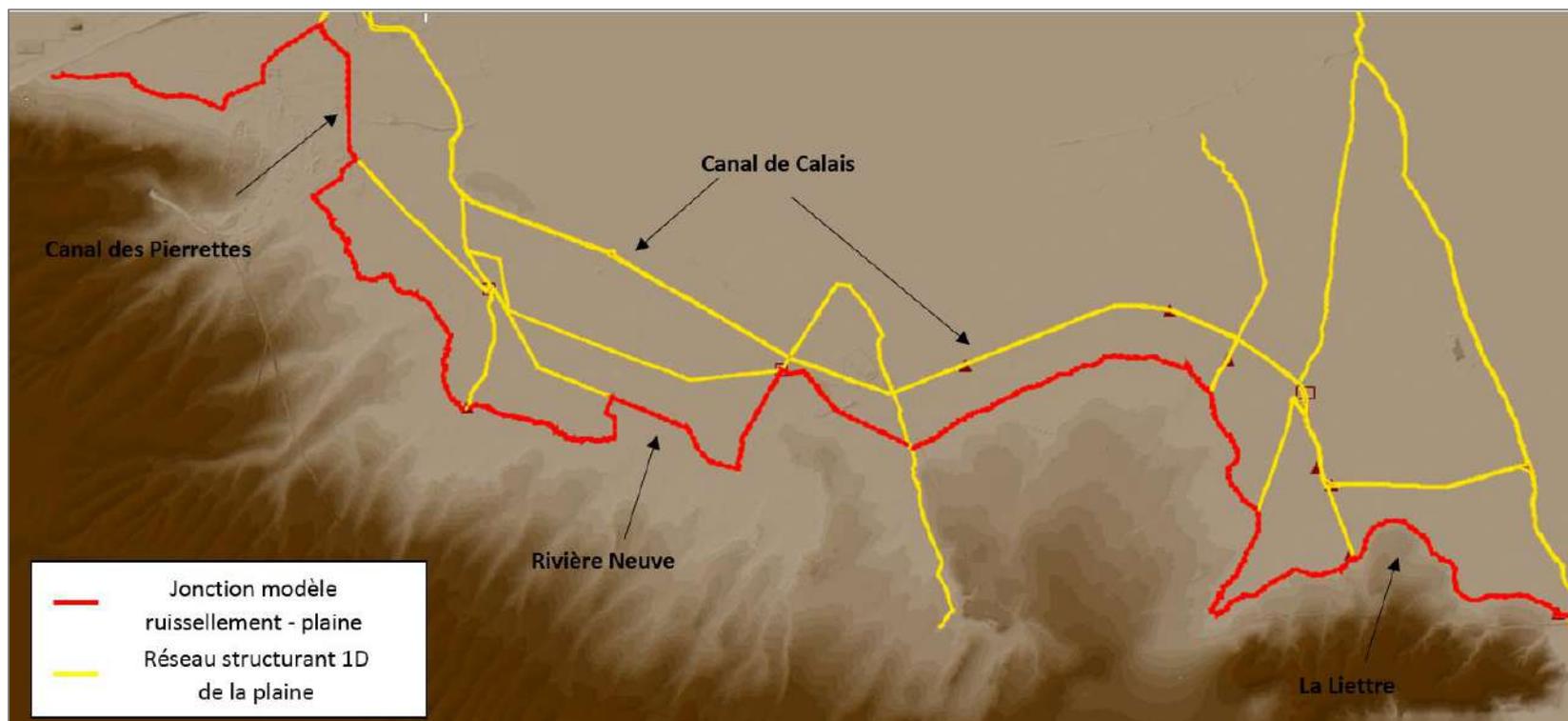
✓ Méthode pluie-débit :

- ✓ Prise en compte de l'hétérogénéité spatiale des pluies
- ✓ Transformation pluie brute en lame d'eau ruisselée par le biais de coefficients de ruissellement en accord avec l'occupation et la saturation en eau des sols



## Modélisation – Modèle Plaine

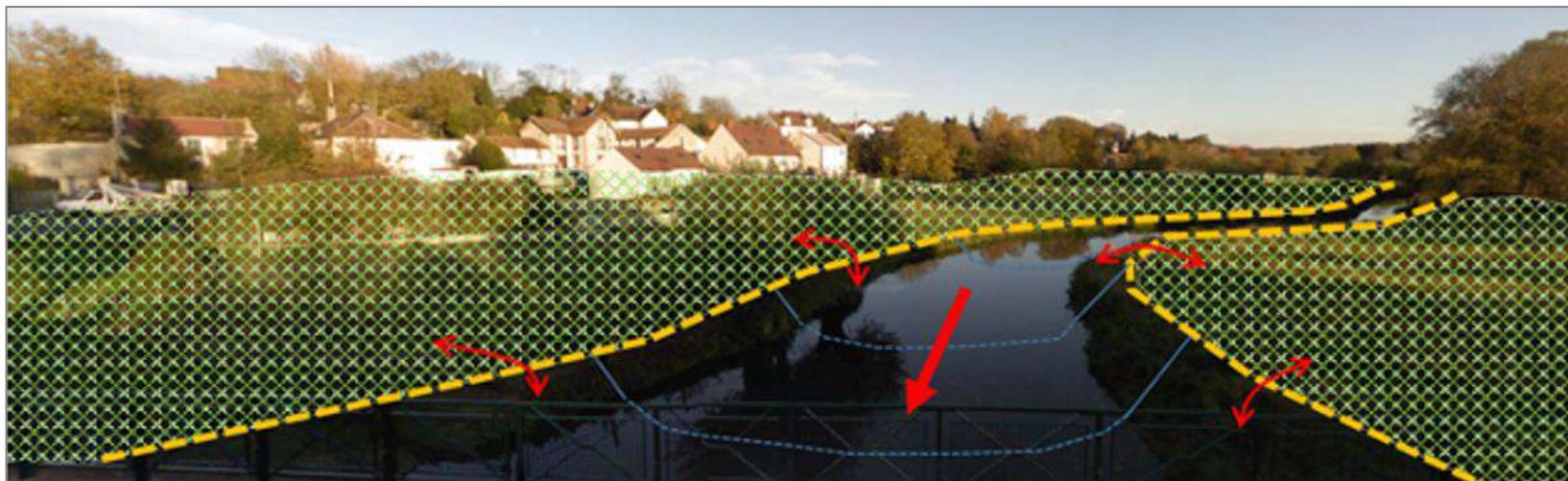
- ✓ Réseau structurant : représentation filaire délimité au nord par le canal de Calais et au sud par les canaux en pieds de coteaux



## *Modélisation – Modèle Plaine*

### Utilisation du modèle Hydratec

- ✓ Profils bruts (source : Hydratec)
- ✓ Lignes de berges : altimétrie fixée par le MNT
- ✓ Connexion à une zone de maillage propre à la modélisation de la plaine

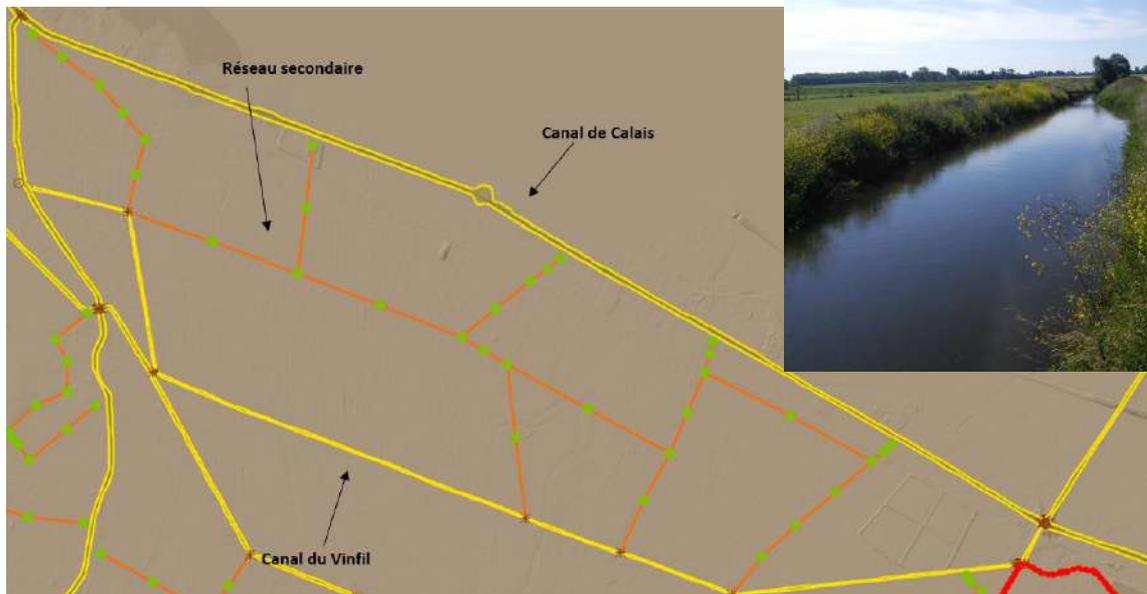
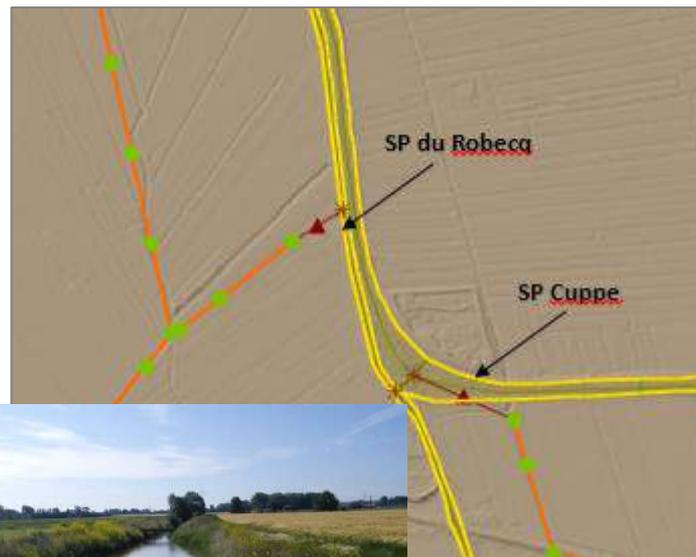


## Modélisation – Modèle Plaine

### Utilisation du modèle Hydratec

#### ✓ Système de drainage de la plaine :

- ✓ Station de pompages, régulation (source : modèle Hydratec)
- ✓ Réseau secondaire (conduites rectangulaires  $h = 2$  m,  $L = 8$  m)

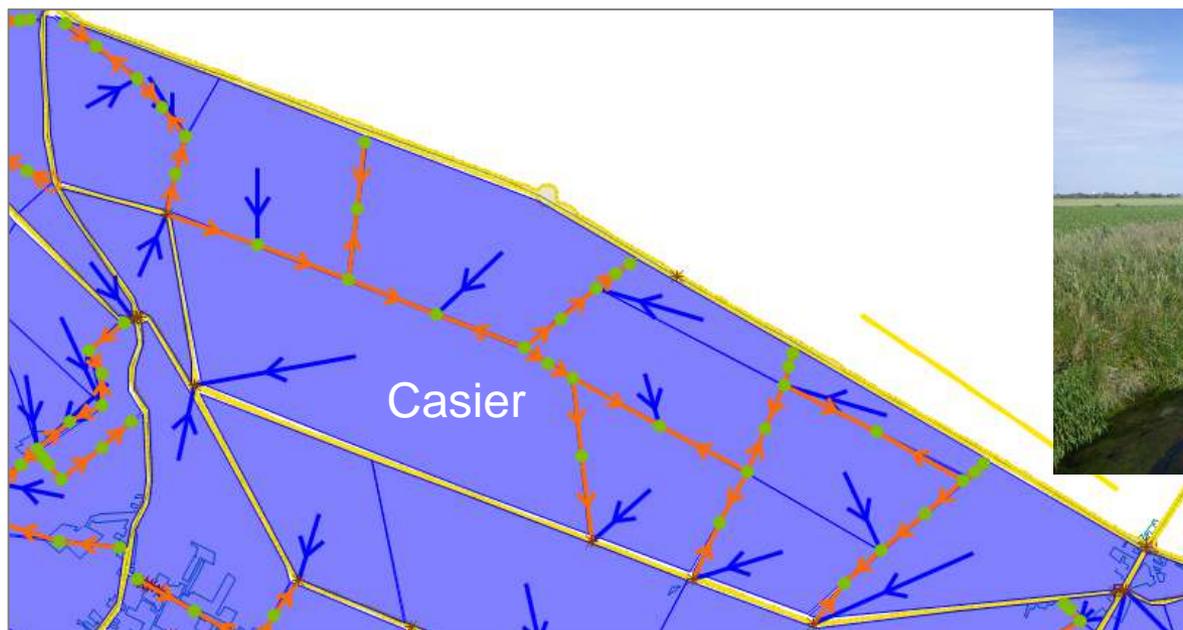


## Modélisation – Modèle Plaine

### Utilisation du modèle Hydratec

#### ✓ Modèle hydrologique

- Reprise des casiers issus du modèle Hydratec (casier = sous BV)
- Transformation pluie débit à l'aide des fonctions de production et de transfert adaptées
- Injection des apports dans le réseau structurant ou secondaire



# Premiers éléments et méthodologie de calage



## *Calage du modèle*

### Résultats du calage par événement :

- ✓ Fiche événement
  - ✓ Contexte pluviométrique et piézométrique
  - ✓ Dynamique de crue
  - ✓ Intensité
- ✓ Présentation des données d'entrée utilisées
  - ✓ Pluies
  - ✓ Hydrogrammes (Hem et Aa canalisée)
  - ✓ Limnigrammes (Calais et Gravelines)

## *Calage du modèle*

### Résultats du calage par événement :

- ✓ Présentation des résultats en termes de :
  - ✓ Débit (hydrogrammes évacués à Calais reconstitués lors de l'événement de novembre 2009 - Hydratec)
  - ✓ Hauteurs (repères de crue et limnigrammes Attaques, Hennuin, Guînes et Ecluse Carrée)
  - ✓ Qualitatif (témoignages)

10 cm <

20 cm <



< 10 cm

< 20 cm

< 30 cm

> 30 cm

## Données pluviométriques

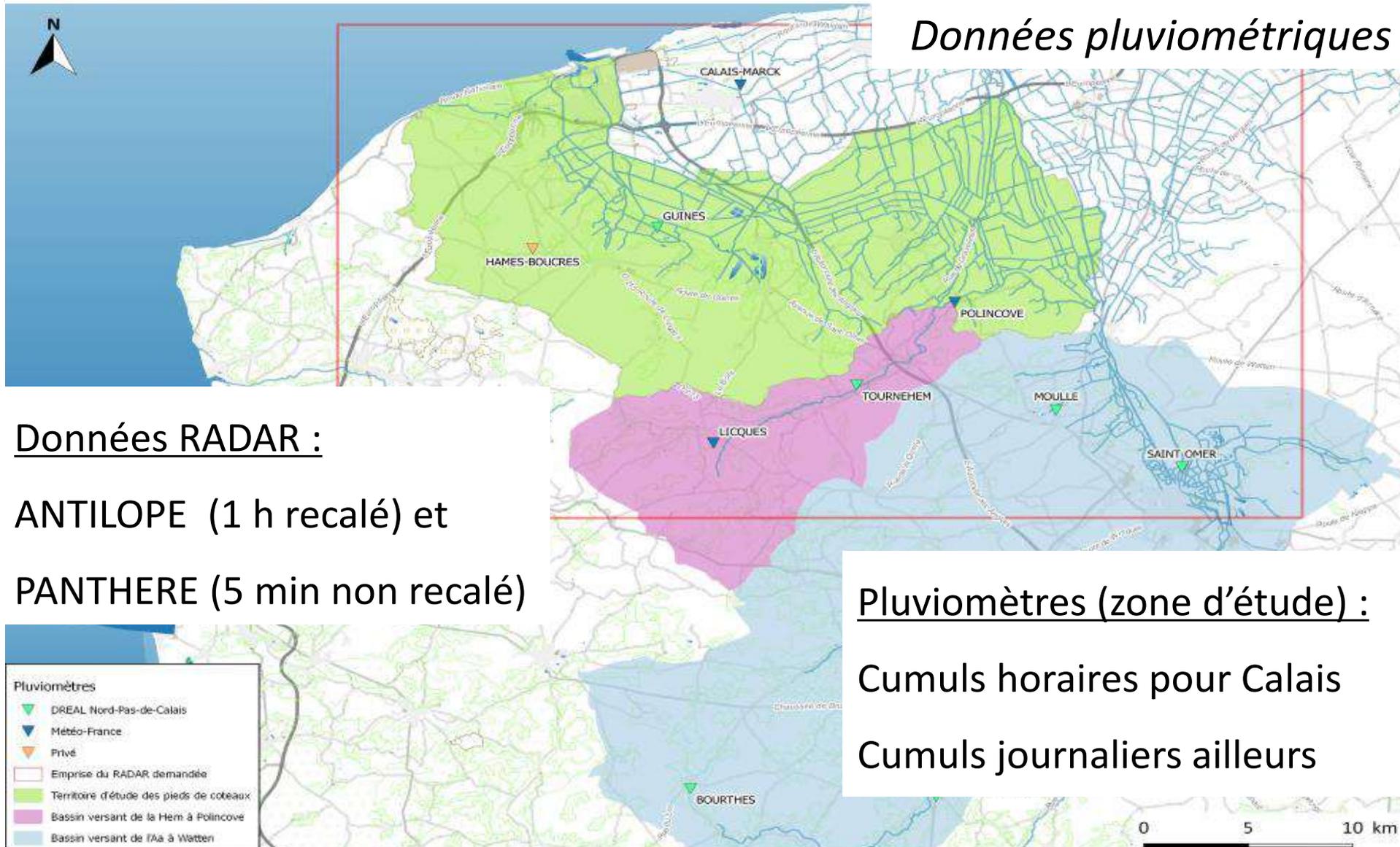


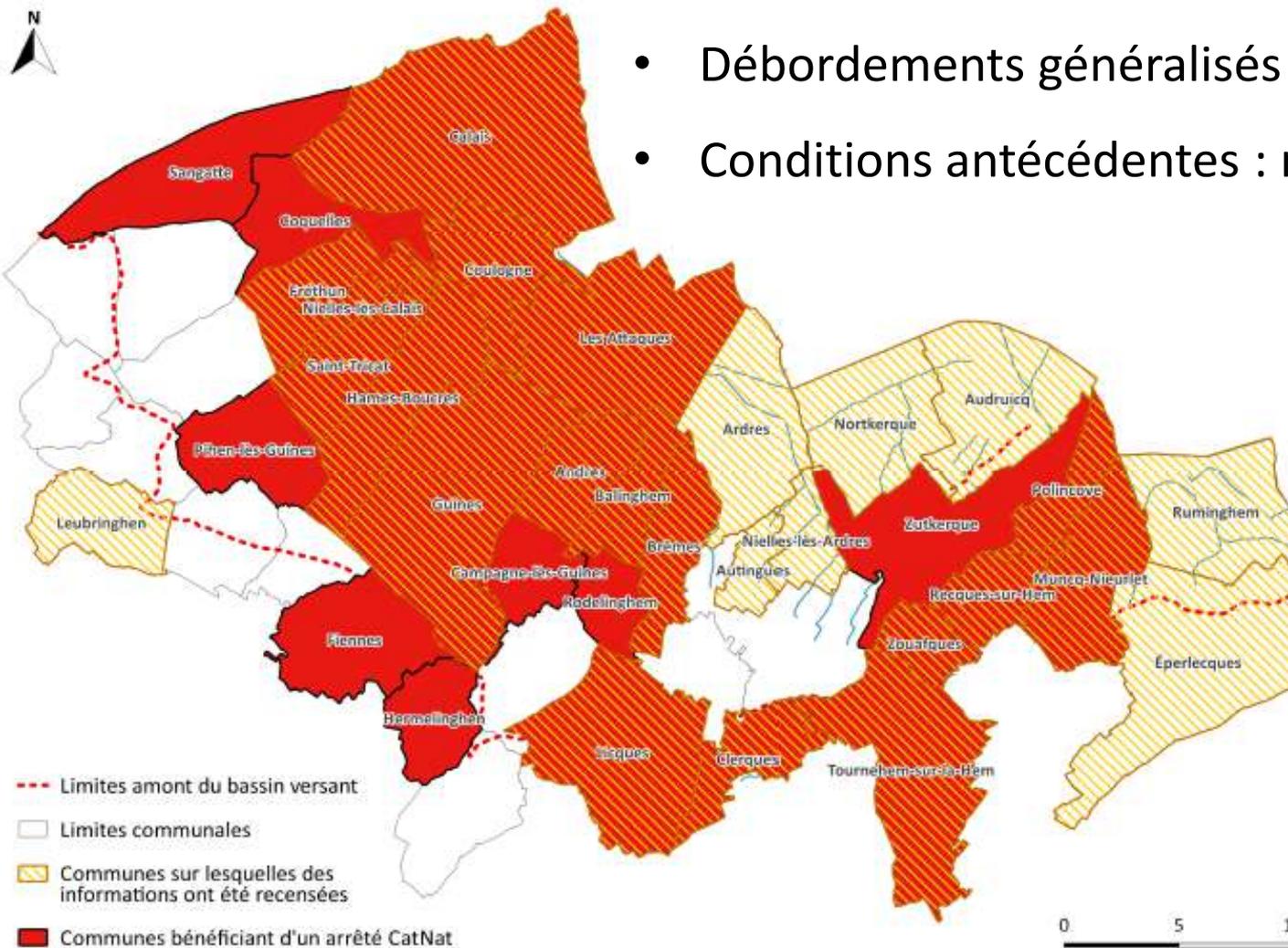
Figure 2 Localisation des stations pluviométriques dans et à proximité du territoire d'étude des pieds de coteaux

# Événement de novembre 2009



- Événement hivernal débordant
- Débordements généralisés
- Conditions antécédentes : normales

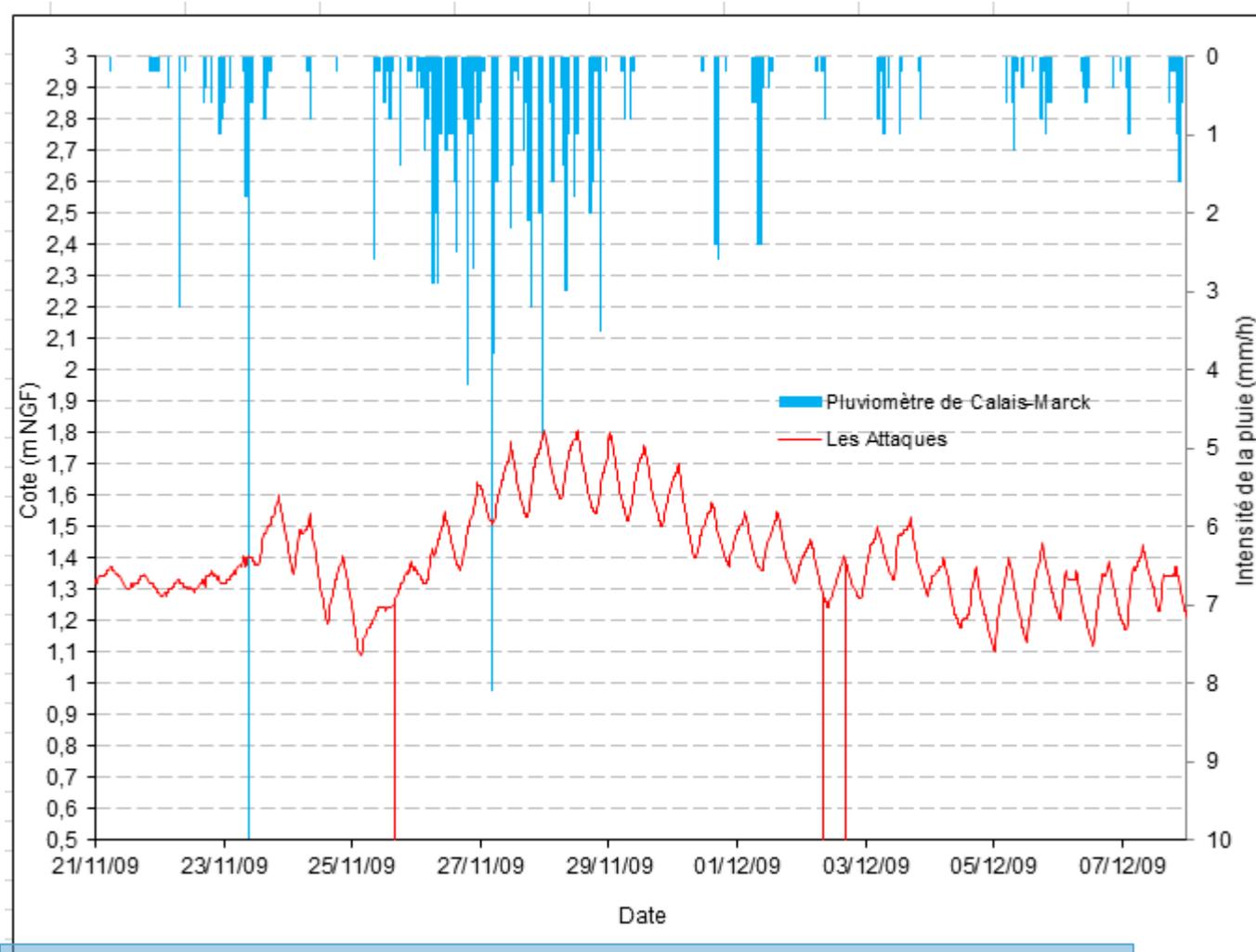
*Novembre 2009*



## Calage Novembre 2009

1<sup>er</sup> épisode

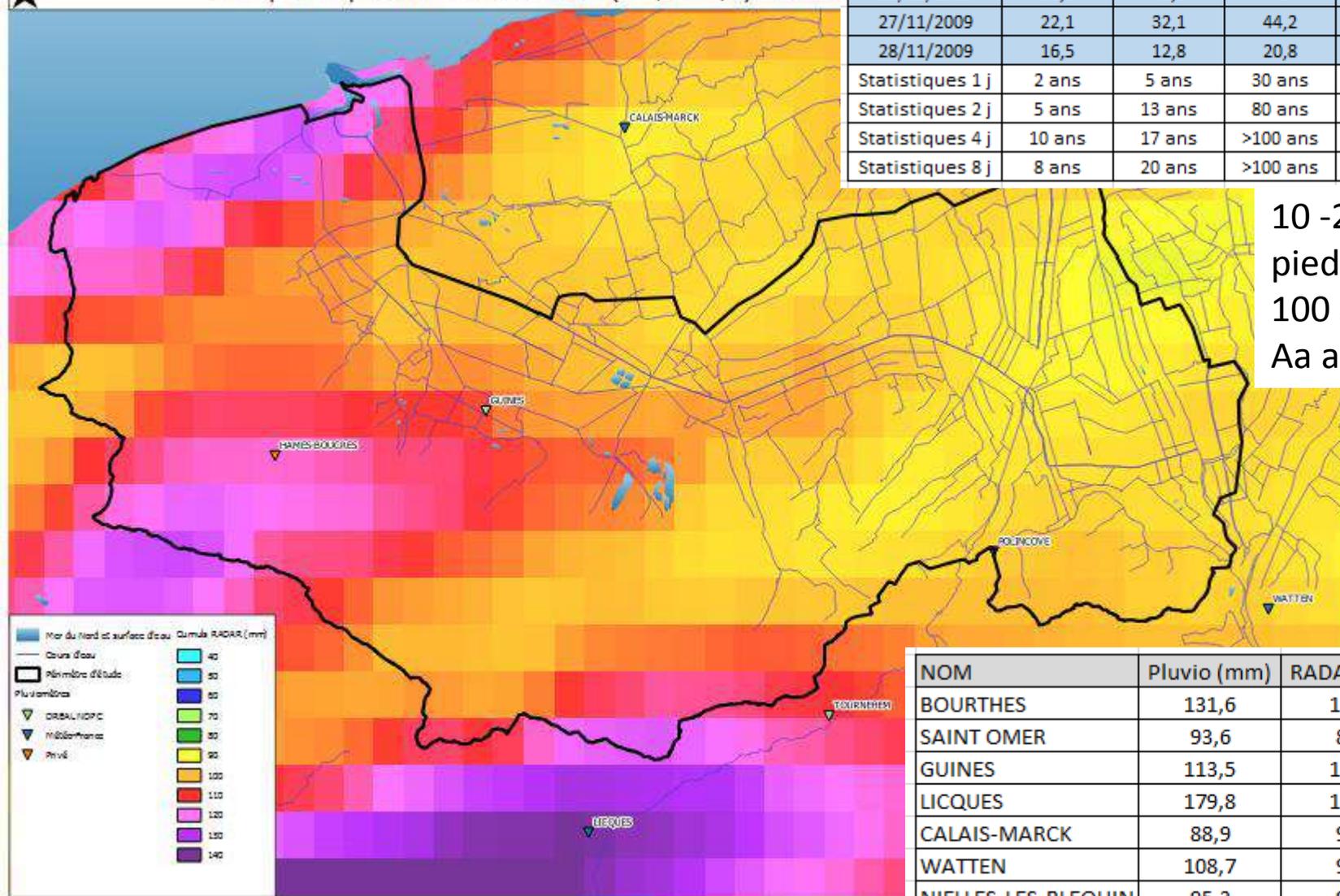
événement



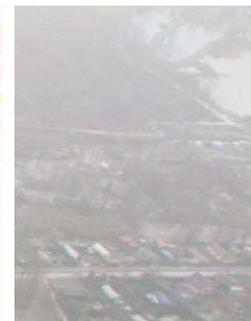
# PPRI DES PIEDS DE COTEAUX DES WATERINGUES

Cumul (mm)	Calais	Guînes	Licques	Watten	Bourthes
20/11/2009	3	5,9	8,7	4,4	8,1
21/11/2009	4,4	3,2	4,3	2	6,3
22/11/2009	4,8	10,8	13,5	14,4	40,8
23/11/2009	14	17,9	28,2	25,2	38,8
24/11/2009	1	2	3,2	1,3	3,5
25/11/2009	14,7	23	39,8	11,8	17,1
26/11/2009	35,6	45,6	75	51,6	31
27/11/2009	22,1	32,1	44,2	33,2	44,3
28/11/2009	16,5	12,8	20,8	12,1	39,2
Statistiques 1 j	2 ans	5 ans	30 ans	15 ans	4 ans
Statistiques 2 j	5 ans	13 ans	80 ans	40 ans	10 ans
Statistiques 4 j	10 ans	17 ans	>100 ans	80 ans	20 ans
Statistiques 8 j	8 ans	20 ans	>100 ans	100 ans	100 ans

Cumuls pluviométriques de l'événement de novembre 2009 (du 25/11 au 29/11) sur le bassin

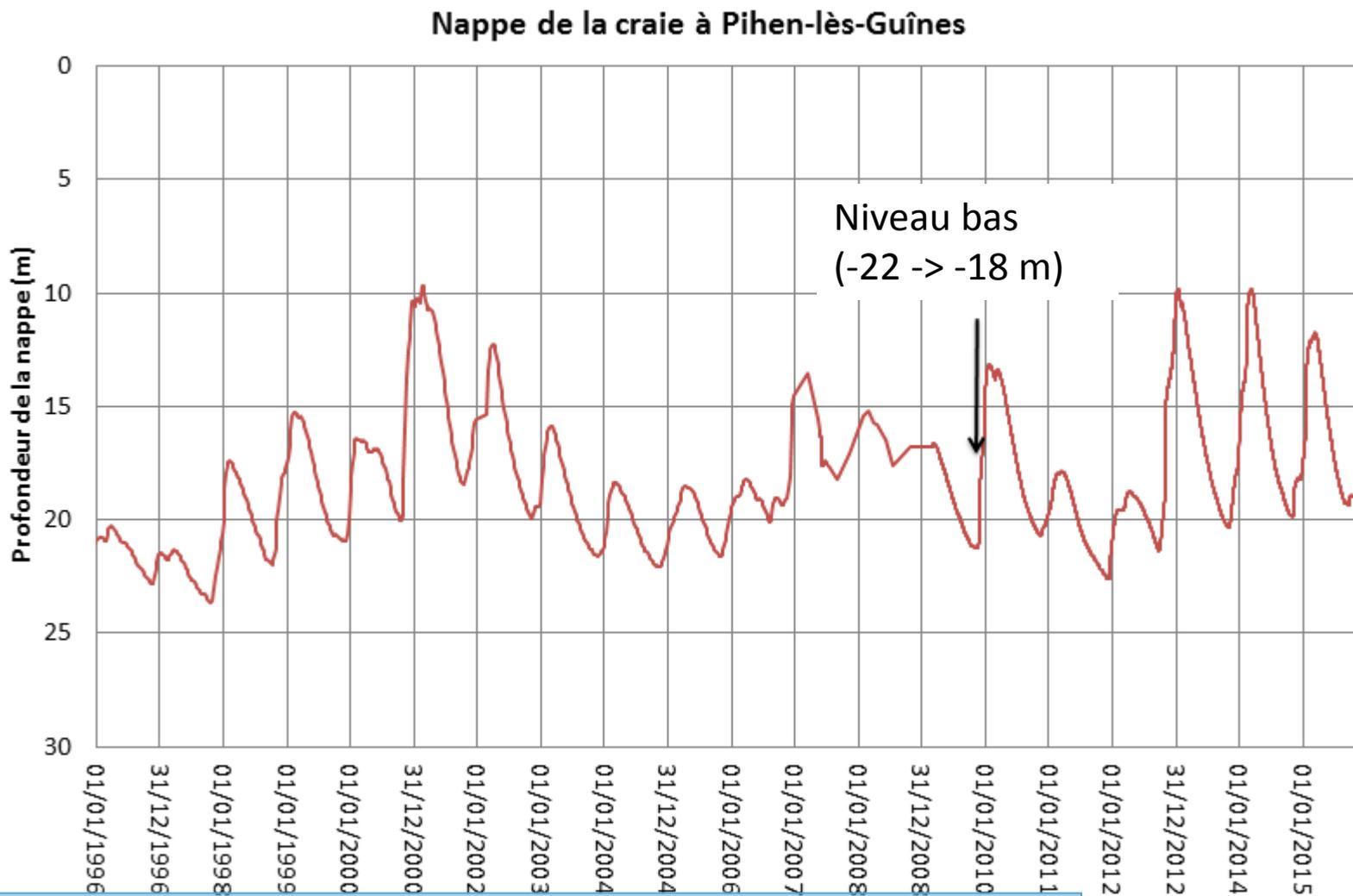


10 -20 ans sur  
pieds de coteaux  
100 ans Hem et  
Aa amont



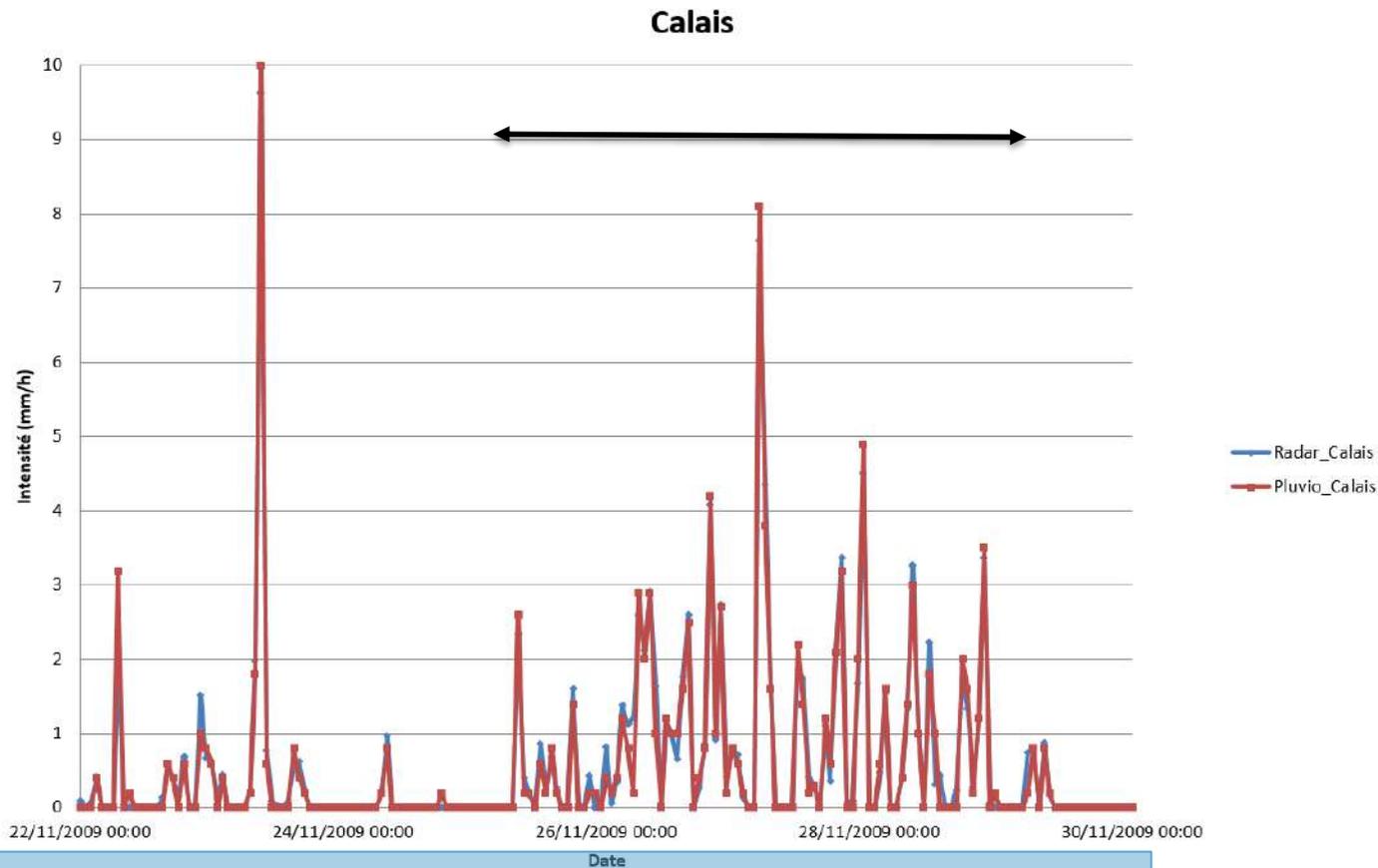
NOM	Pluvio (mm)	RADAR (mm)	Ecart (%)
BOURTHES	131,6	122,1	-7
SAINT OMER	93,6	89,0	-5
GUINES	113,5	105,4	-7
LICQUES	179,8	138,1	-23
CALAIS-MARCK	88,9	90,0	1
WATTEN	108,7	94,7	-13
NIELLES-LES-BLEQUIN	95,3	96,3	1

## Contexte piézométrique - Calage Novembre 2009



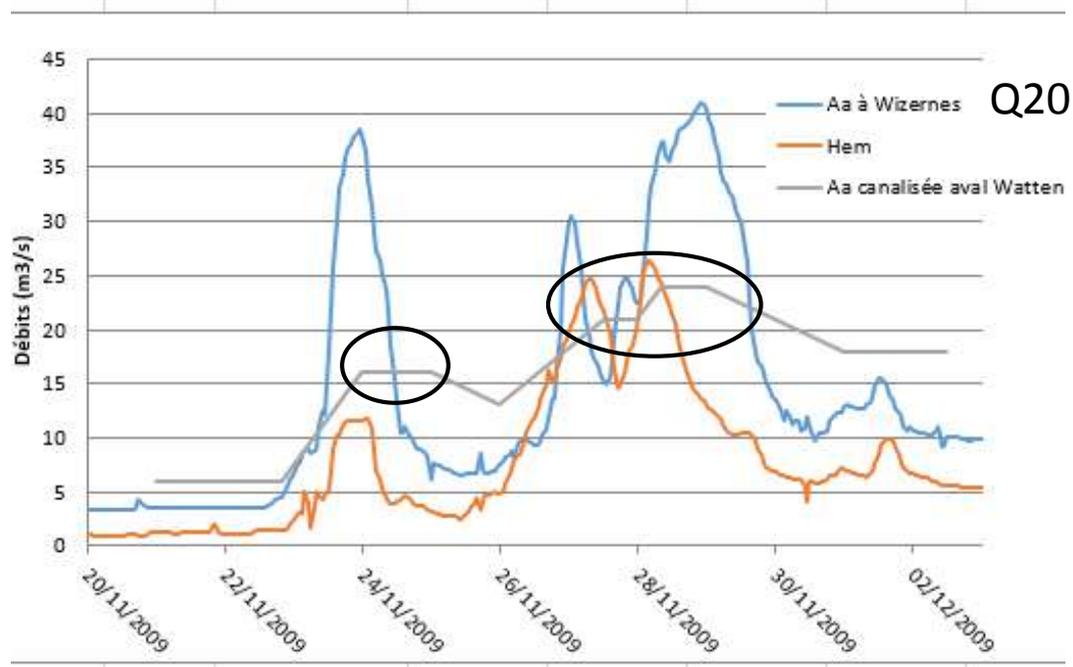
## Calage Novembre 2009

- ✓ Données d'entrée utilisées du 25/11 minuit au 02/12 minuit
- ✓ Pluies issues des données RADAR



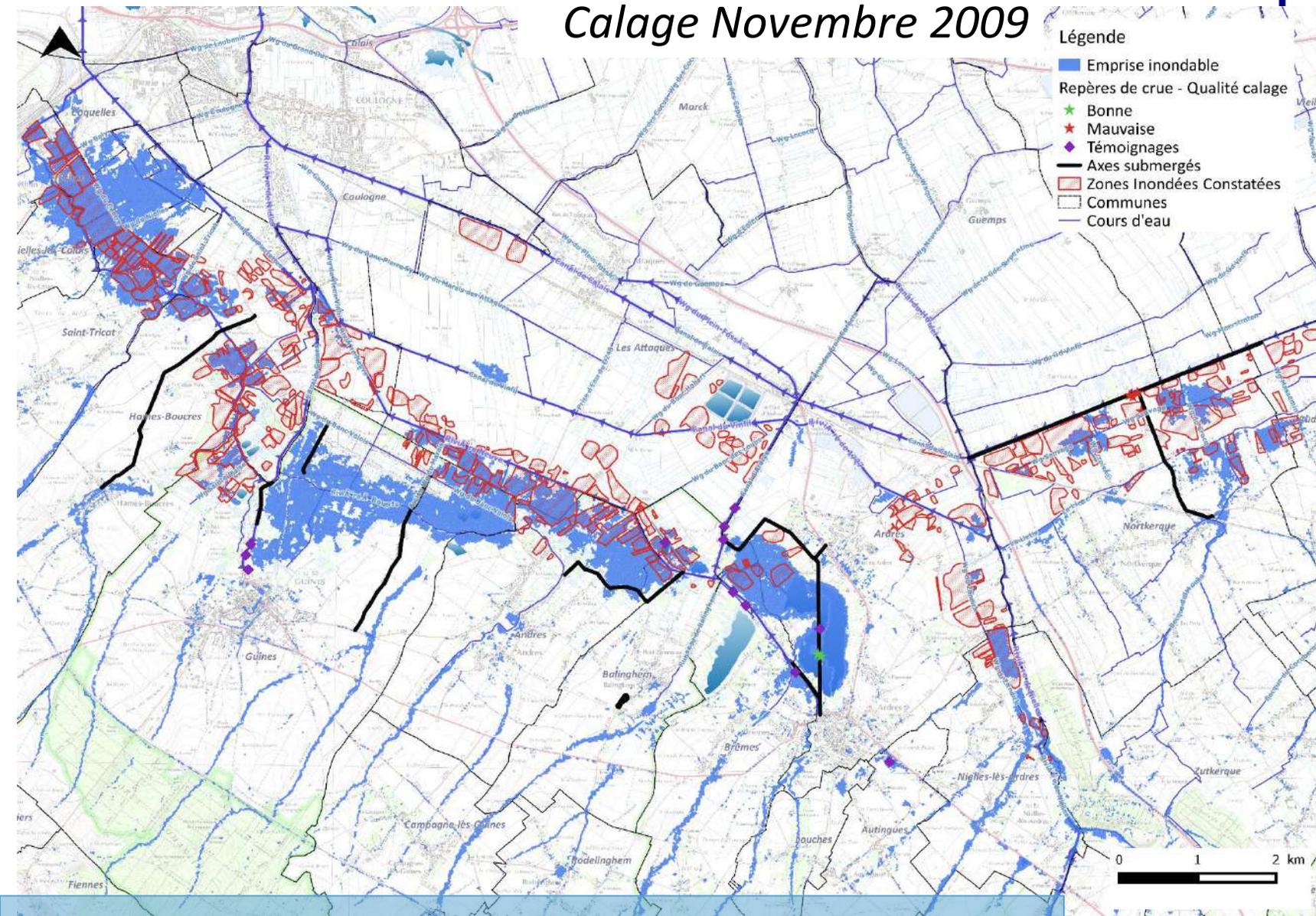
## Calage Novembre 2009

- ✓ Données d'entrée utilisées
  - ✓ Hydrogrammes (Hem et Aa canalisée aval Watten)

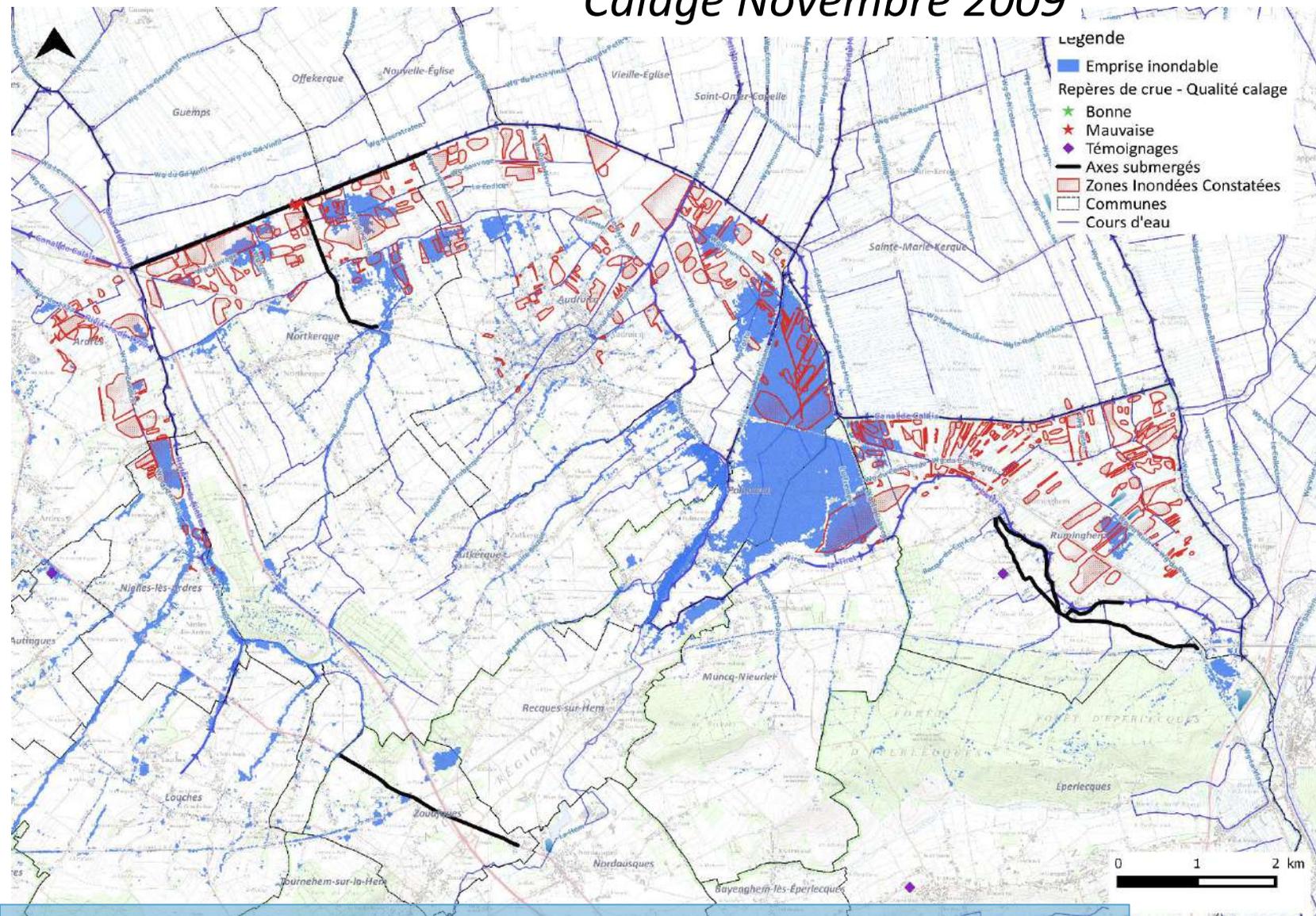


- ✓ Limnigrammes (Calais et Gravelines)

## Calage Novembre 2009

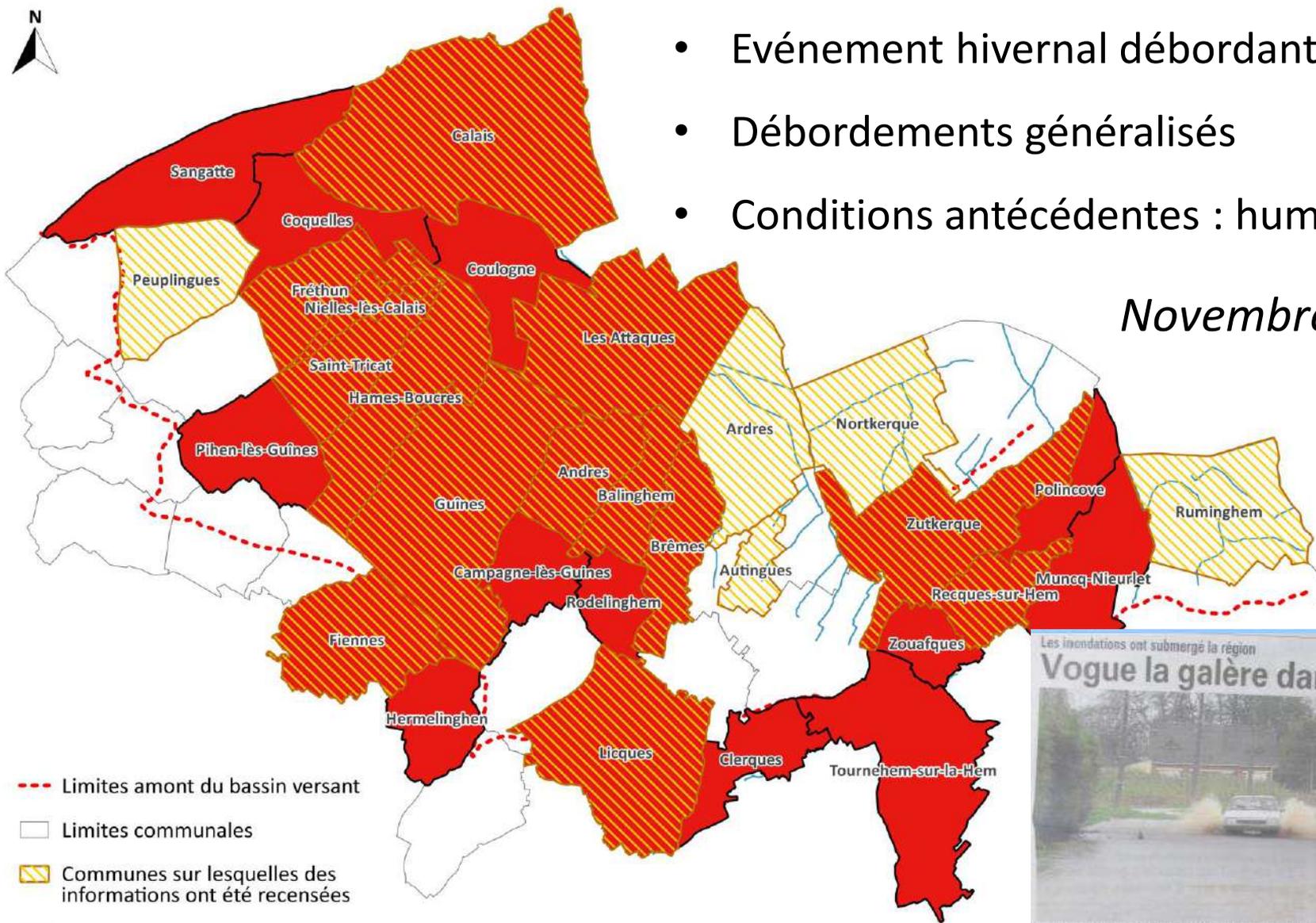


## Calage Novembre 2009



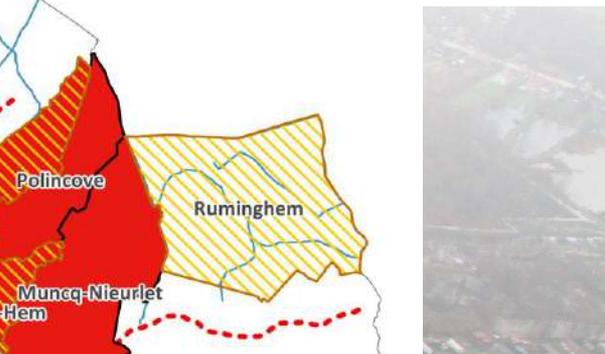
# Événement de novembre 2012





- Événement hivernal débordant
- Débordements généralisés
- Conditions antécédentes : humides

Novembre 2012

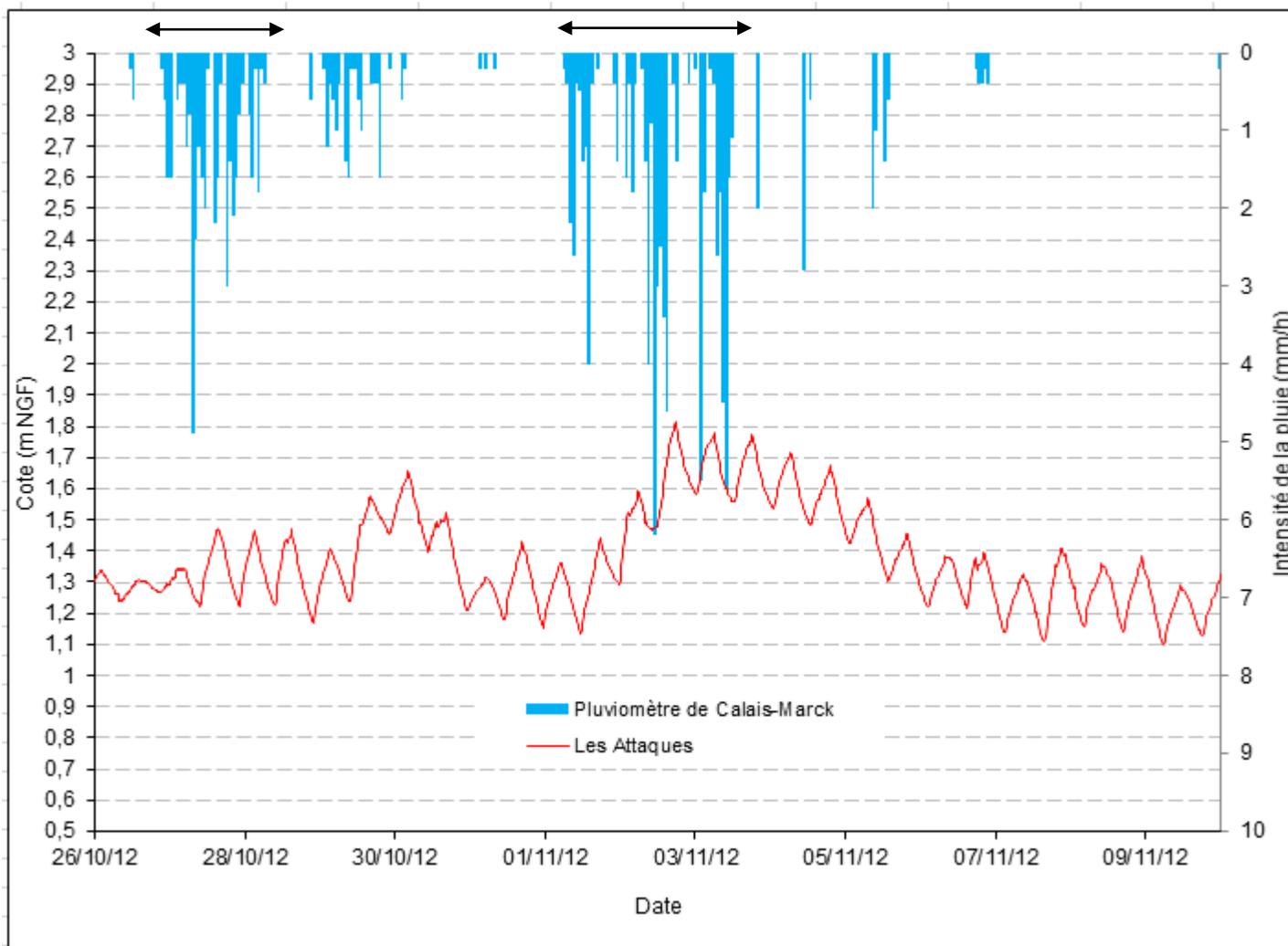


1<sup>er</sup> épisode

saturant la plaine

événement

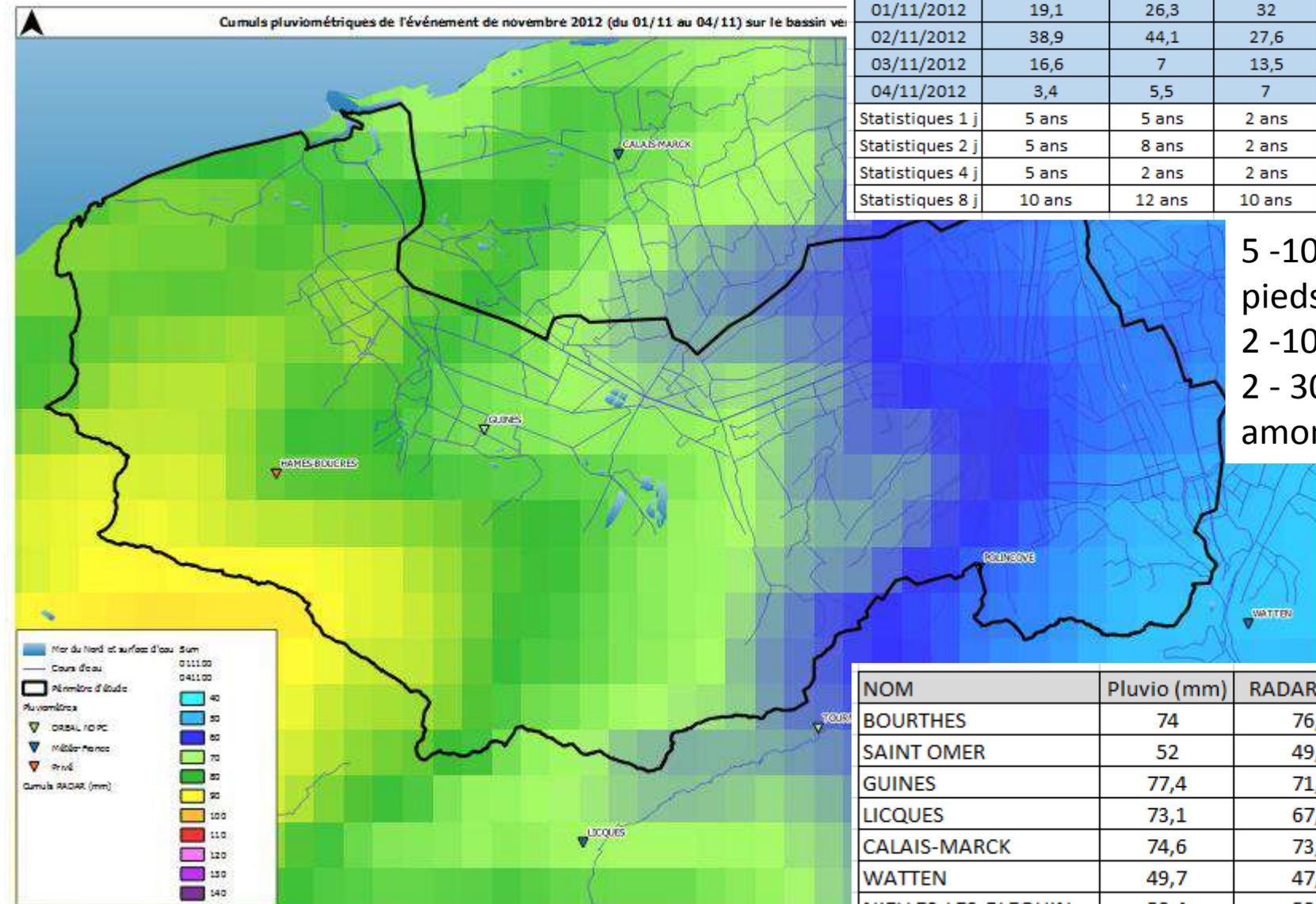
*Calage Novembre 2012*



# PPRI DES PIEDS DE COTEAUX DES WATERINGUES

Cumul (mm)	Calais	Guines	Licques	Watten	Bourthes
26/10/2012	13,1	16,6	10,7	19,6	15,1
27/10/2012	25,9	22,2	16,7	13,8	17,4
28/10/2012	4,4	19,1	5	5,1	9,7
29/10/2012	8,8	9,1	35,1	28,2	72
30/10/2012	0,4	0,6	0,2	0,3	0,3
31/10/2012	0,8	7,3	2	1,8	0,3
01/11/2012	19,1	26,3	32	21,6	37,9
02/11/2012	38,9	44,1	27,6	19	21,1
03/11/2012	16,6	7	13,5	9,1	15
04/11/2012	3,4	5,5	7	4,7	15,9
Statistiques 1 j	5 ans	5 ans	2 ans	2 ans	2 ans
Statistiques 2 j	5 ans	8 ans	2 ans	5 ans	2 ans
Statistiques 4 j	5 ans	2 ans	2 ans	2 ans	2 ans
Statistiques 8 j	10 ans	12 ans	10 ans	10 ans	30 ans

Cumuls pluviométriques de l'événement de novembre 2012 (du 01/11 au 04/11) sur le bassin versant



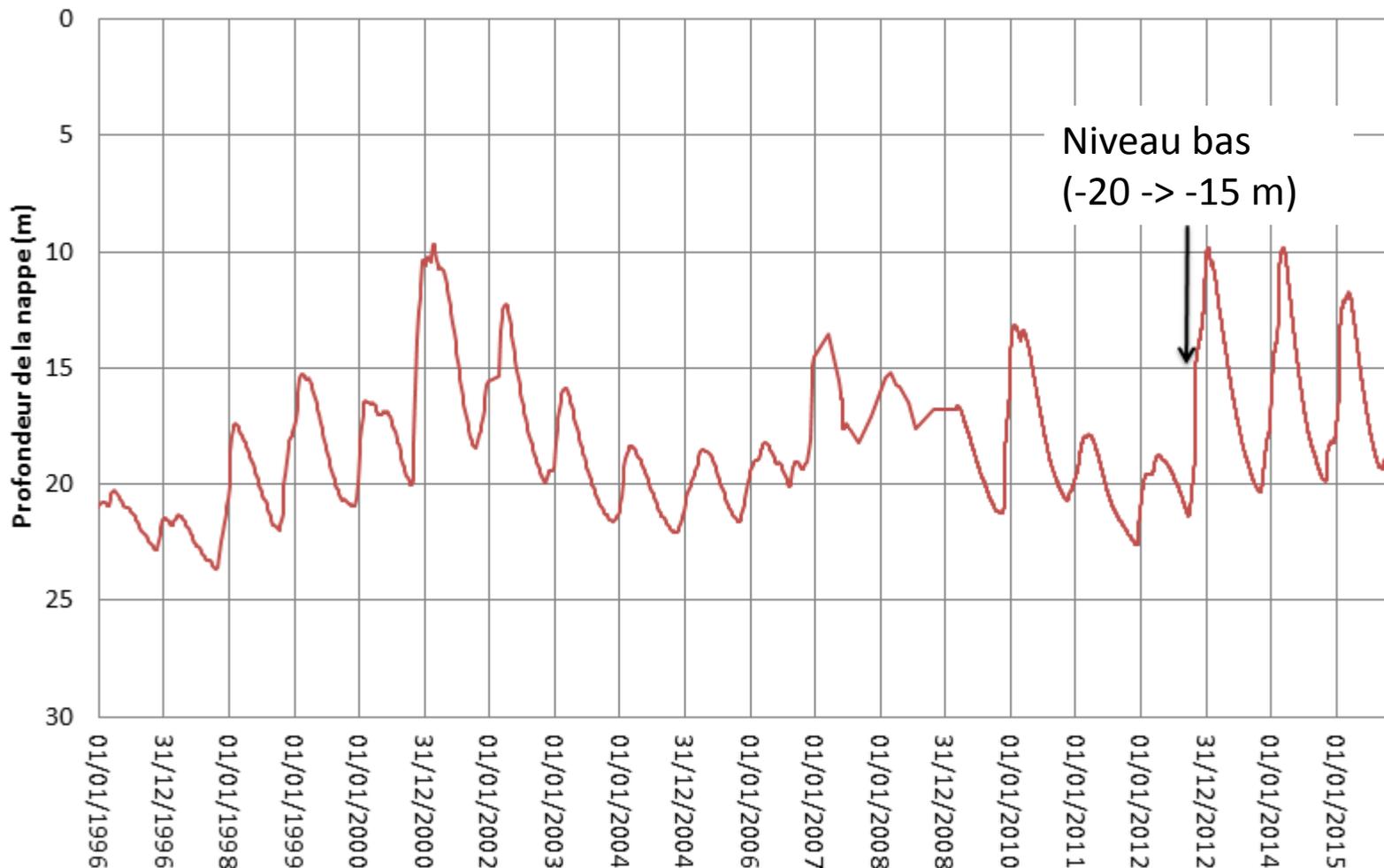
5 - 10 ans sur  
pieds de coteaux  
2 - 10 ans Hem et  
2 - 30 ans Aa  
amont



NOM	Pluvio (mm)	RADAR (mm)	Ecart (%)
BOURTHES	74	76,3	3
SAINT OMER	52	49,0	-6
GUINES	77,4	71,4	-8
LICQUES	73,1	67,7	-7
CALAIS-MARCK	74,6	73,2	-2
WATTEN	49,7	47,0	-5
NIELLES-LES-BLEQUIN	58,4	58,8	1

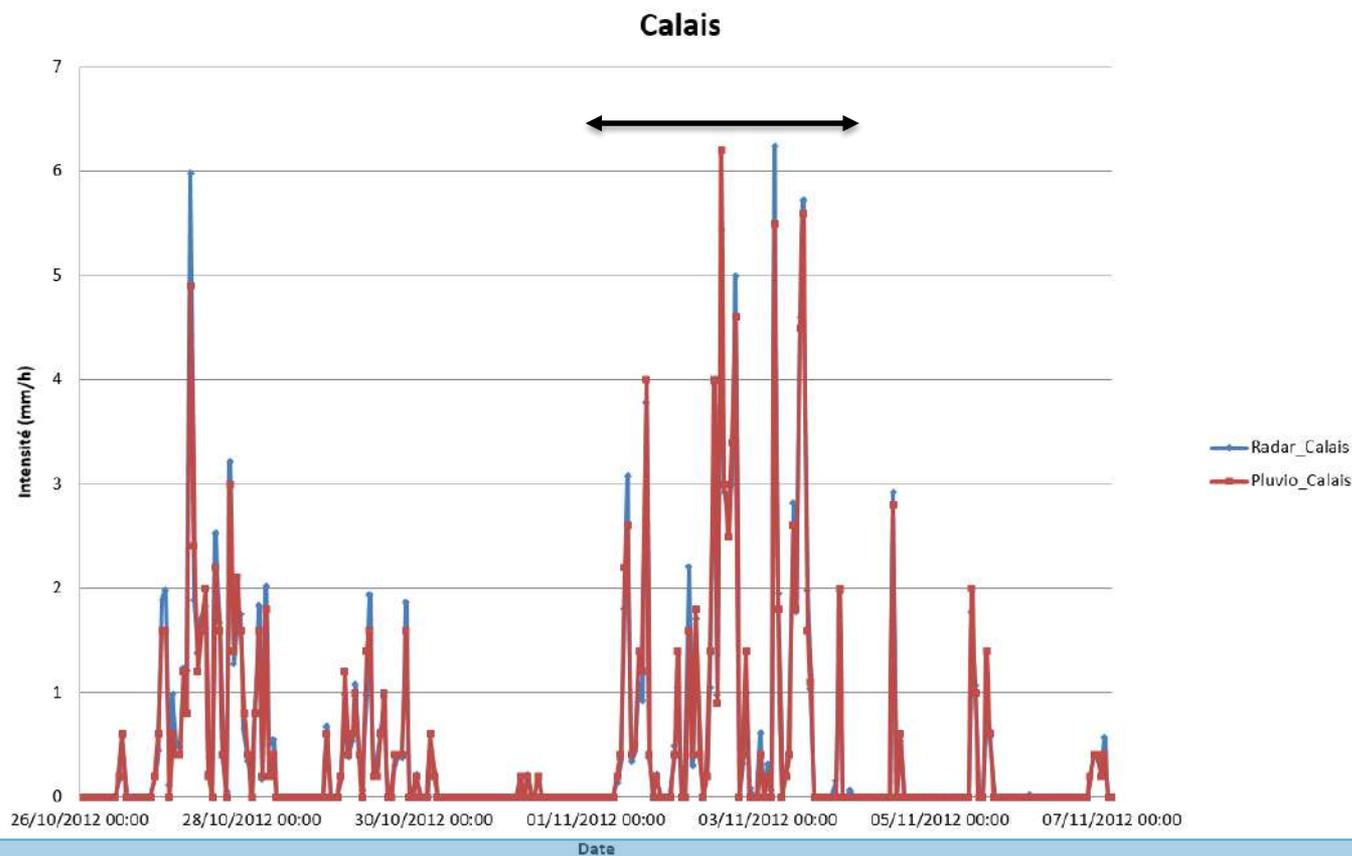
## Contexte piézométrique - Calage Novembre 2012

Nappe de la craie à Pihen-lès-Guînes



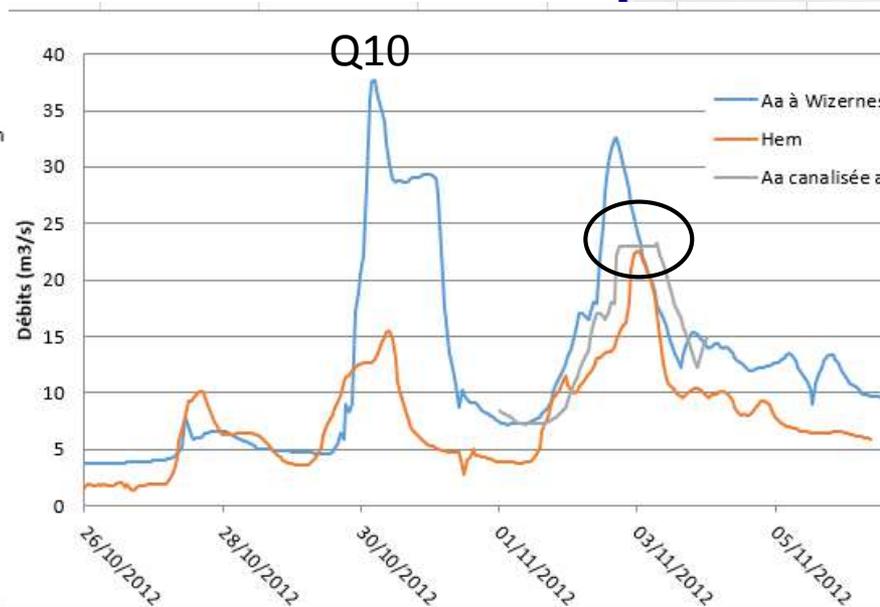
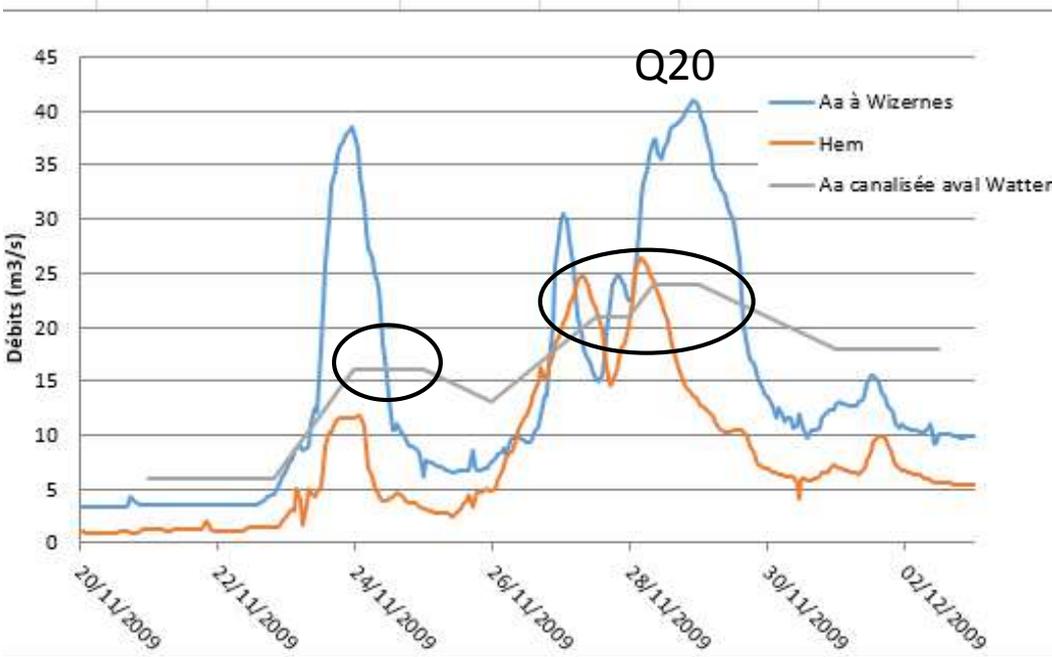
## Calage Novembre 2012

- ✓ Données d'entrée utilisées du 01/11 minuit au 04/11 minuit
- ✓ Pluies issues des données RADAR



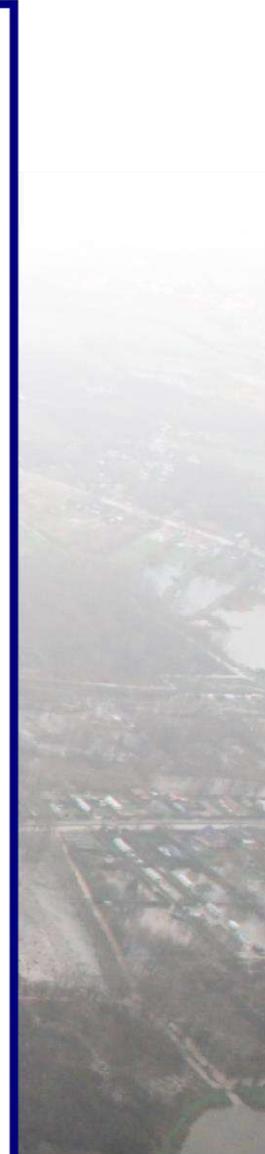
## Calage Novembre 2012

- ✓ Données d'entrée utilisées
  - ✓ Hydrogrammes (Hem et Aa canalisée aval Watten)



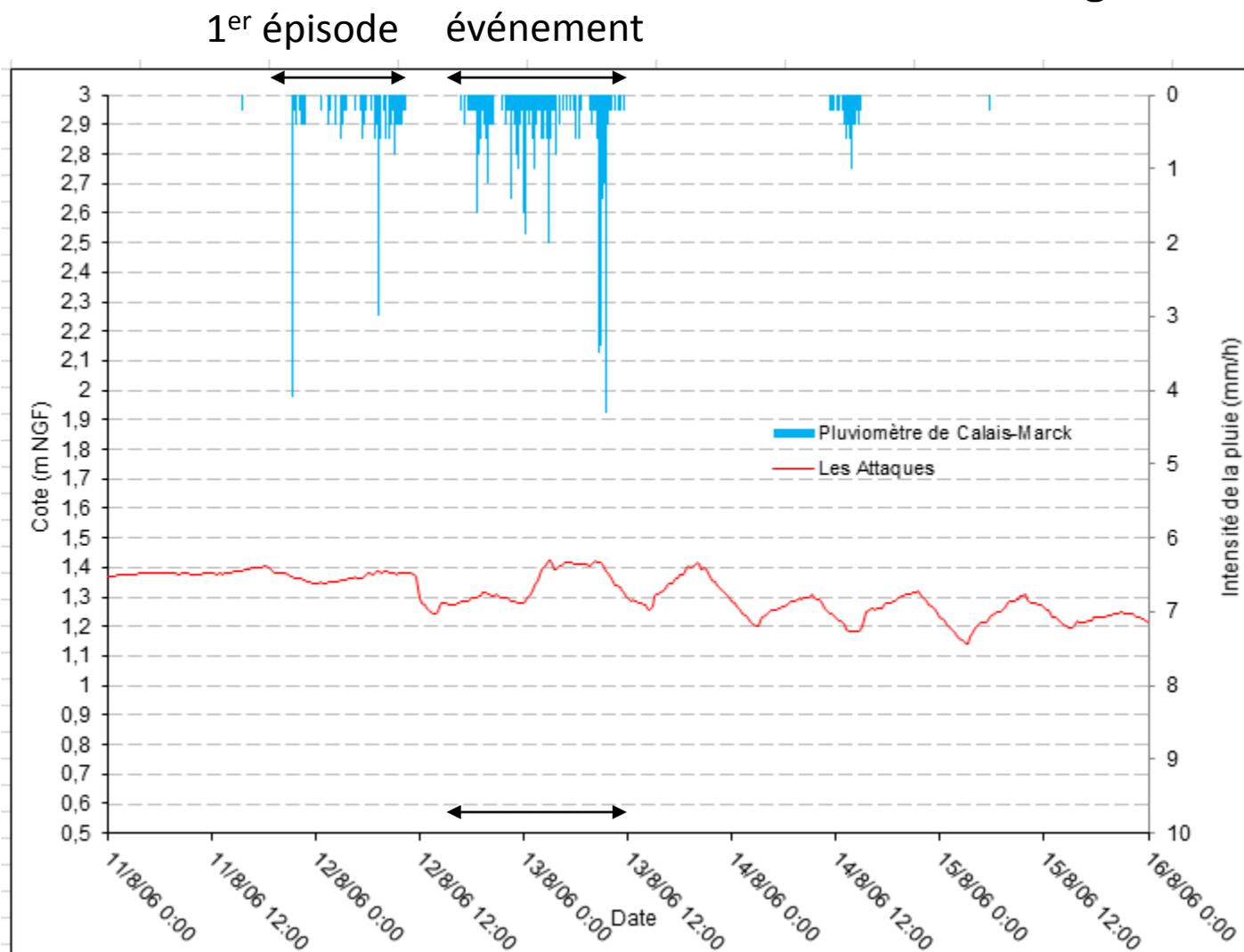
- ✓ Limnigrammes (Calais et Gravelines)

## Événement d'août 2006





## Calage août 2006

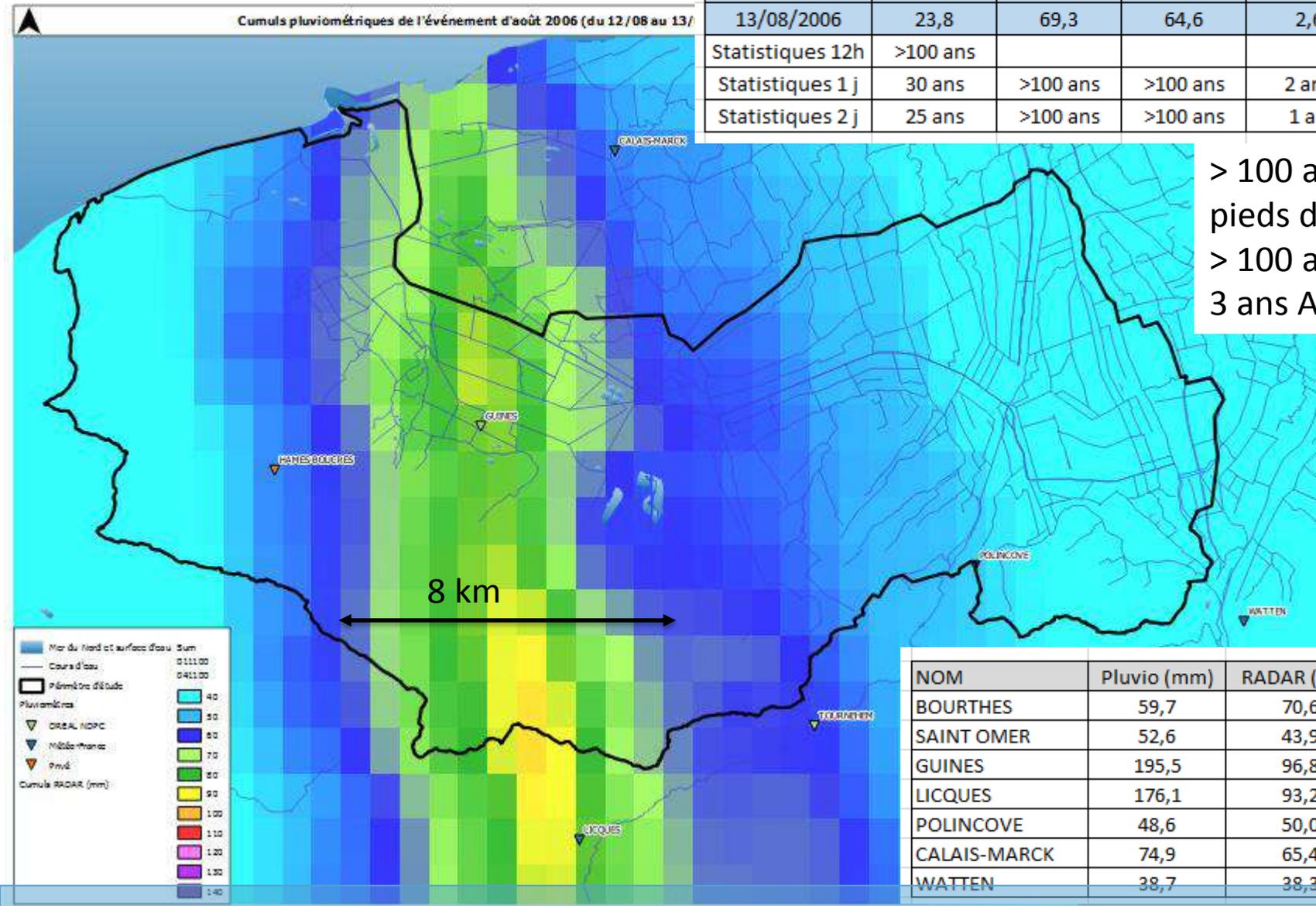


# PPRI DES PIEDS DE COTEAUX DES WATERINGU



Cumul (mm)	Calais	Guînes	Licques	Watten	Bourthes
11/08/2006	18,9	22,3	14,9	11,5	21,9
12/08/2006	51,1	126,2	111,5	36,1	44,7
13/08/2006	23,8	69,3	64,6	2,6	15
Statistiques 12h	>100 ans				
Statistiques 1 j	30 ans	>100 ans	>100 ans	2 ans	3 ans
Statistiques 2 j	25 ans	>100 ans	>100 ans	1 an	2 ans

Cumuls pluviométriques de l'événement d'août 2006 (du 12/08 au 13/08)



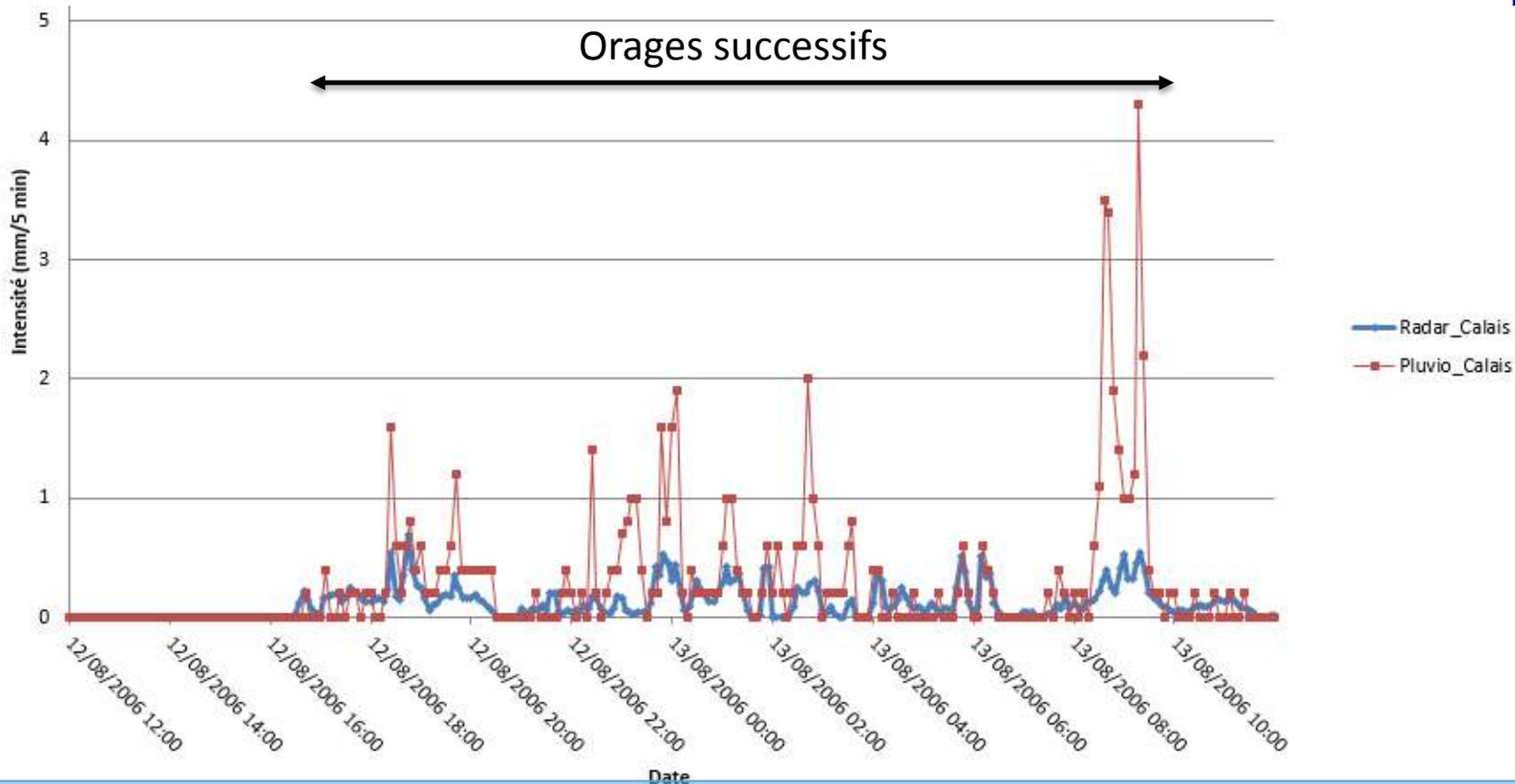
> 100 ans sur  
pieds de coteaux  
> 100 ans Hem et  
3 ans Aa amont



NOM	Pluvio (mm)	RADAR (mm)	Ecart (%)
BOURTHES	59,7	70,6	18
SAINT OMER	52,6	43,9	-17
GUINES	195,5	96,8	-51
LICQUES	176,1	93,2	-47
POLINCOVE	48,6	50,0	3
CALAIS-MARCK	74,9	65,4	-13
WATTEN	38,7	38,3	-1

## Calage août 2006

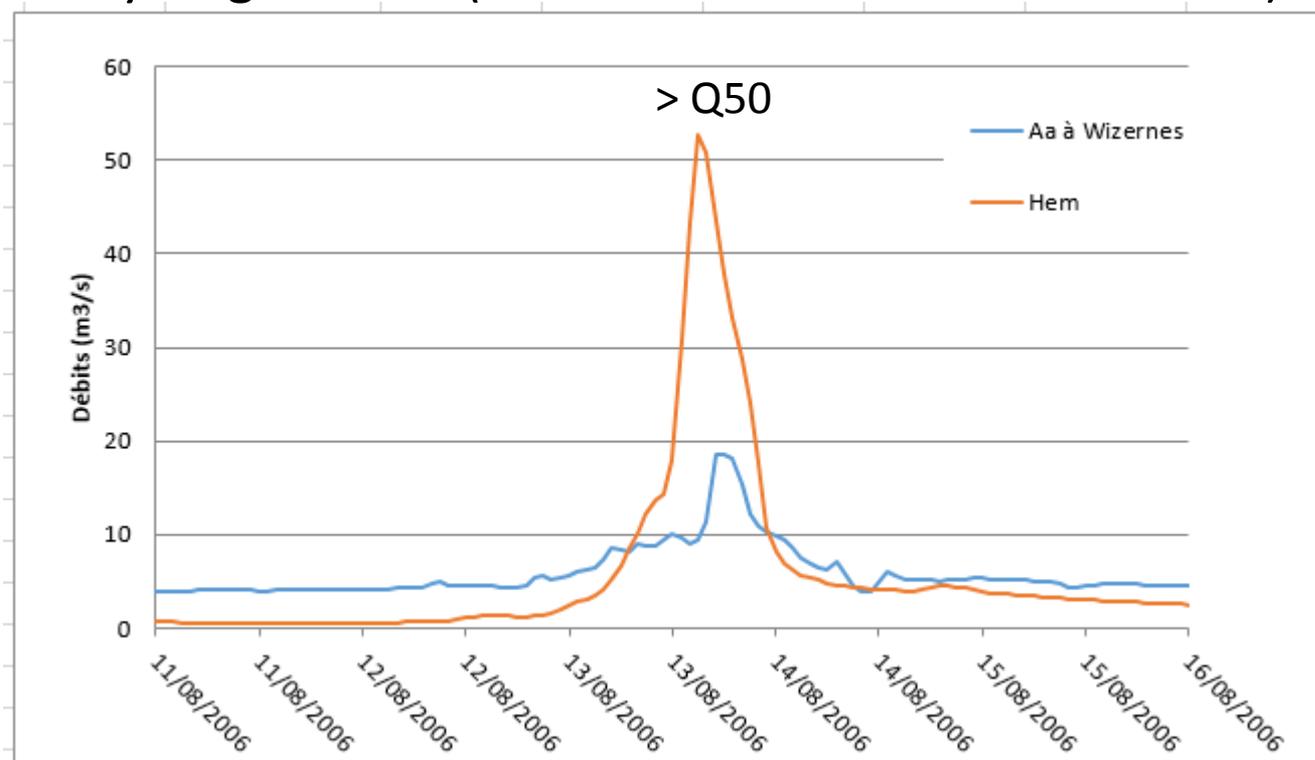
- ✓ Données d'entrée utilisées du 12/08 au 13/08
  - ✓ Pluies issues des données RADAR



## Calage août 2006

✓ Données d'entrée utilisées

✓ Hydrogrammes (Hem et Aa canalisée aval Watten)



✓ Limnigrammes (Calais et Gravelines)



**Merci pour votre attention**



## *Modélisation hydraulique – Modèle Plaine*

### Modèle hydrologique retenu :

- ✓ Transformation pluie-débit pour chaque sous bassin versant (casiers d'Hydratec)
- ✓ Modèle hydrologique différent selon le type de BV :

	BV ruraux	BV urbains
<b>Fonction de production</b>	Modèle NRCS (adapté aux surfaces rurales peu imperméabilisées) 2 paramètres : occupation du sol et conditions antécédentes	Coefficient de ruissellement constant
<b>Fonction de transfert</b>	Modèle de l'hydrogramme unitaire	Modèle du réservoir linéaire