

Changement climatique connaissances et enjeux globaux en Normandie occidentale

Caen le 02/02/2017

Frédéric Gresselin
SMCAP
Service du Management de la
Connaissance et de l'Appui aux Projets
DREAL de Normandie

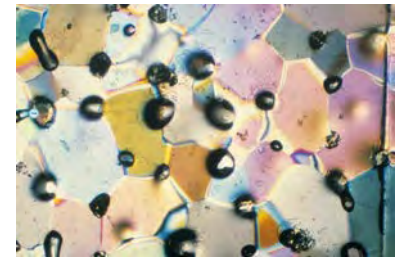


Climats d'hier, d'aujourd'hui et de demain en Normandie



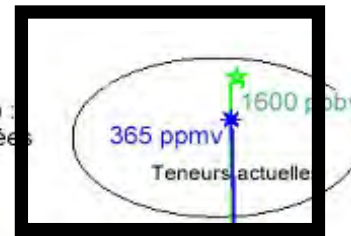
Source : B. Alexandre

Les variations naturelles de la température et des gaz à effet de serre au cours des 400 000 dernières années



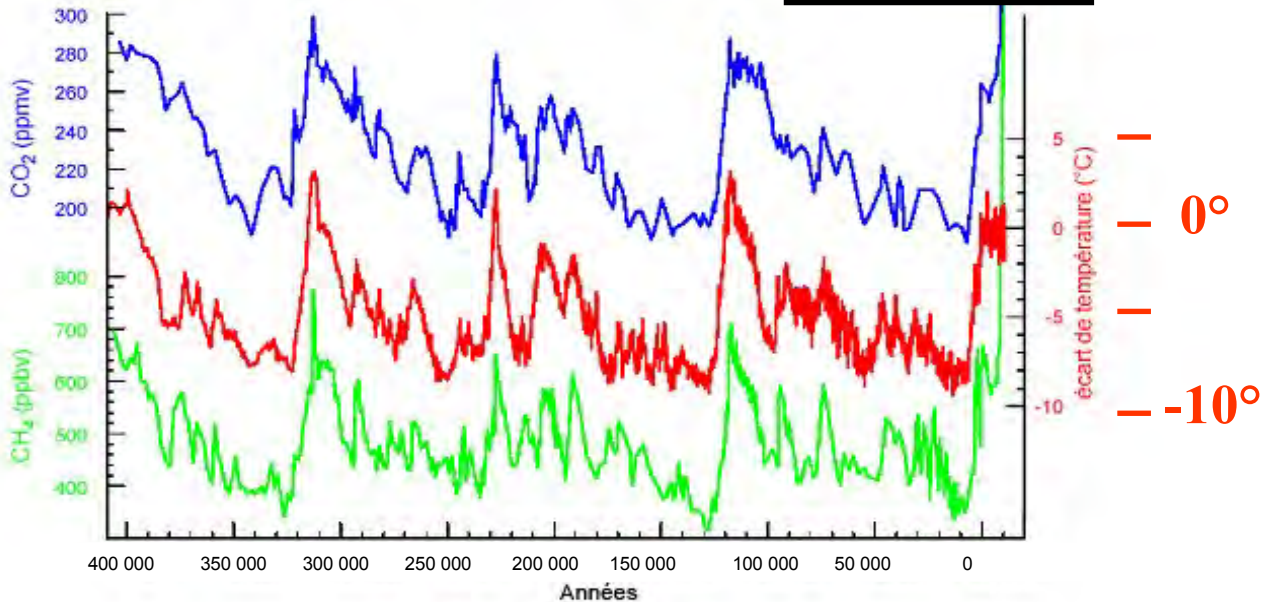
bulles d'air dans de la glace

CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :
Climat et gaz à effet de serre au cours des 400.000 dernières années
L.G.G.E. /L.S.C.E. (d'après Petit et al., *Nature*, V. 399, Juin 1999).



CO₂

CH₄

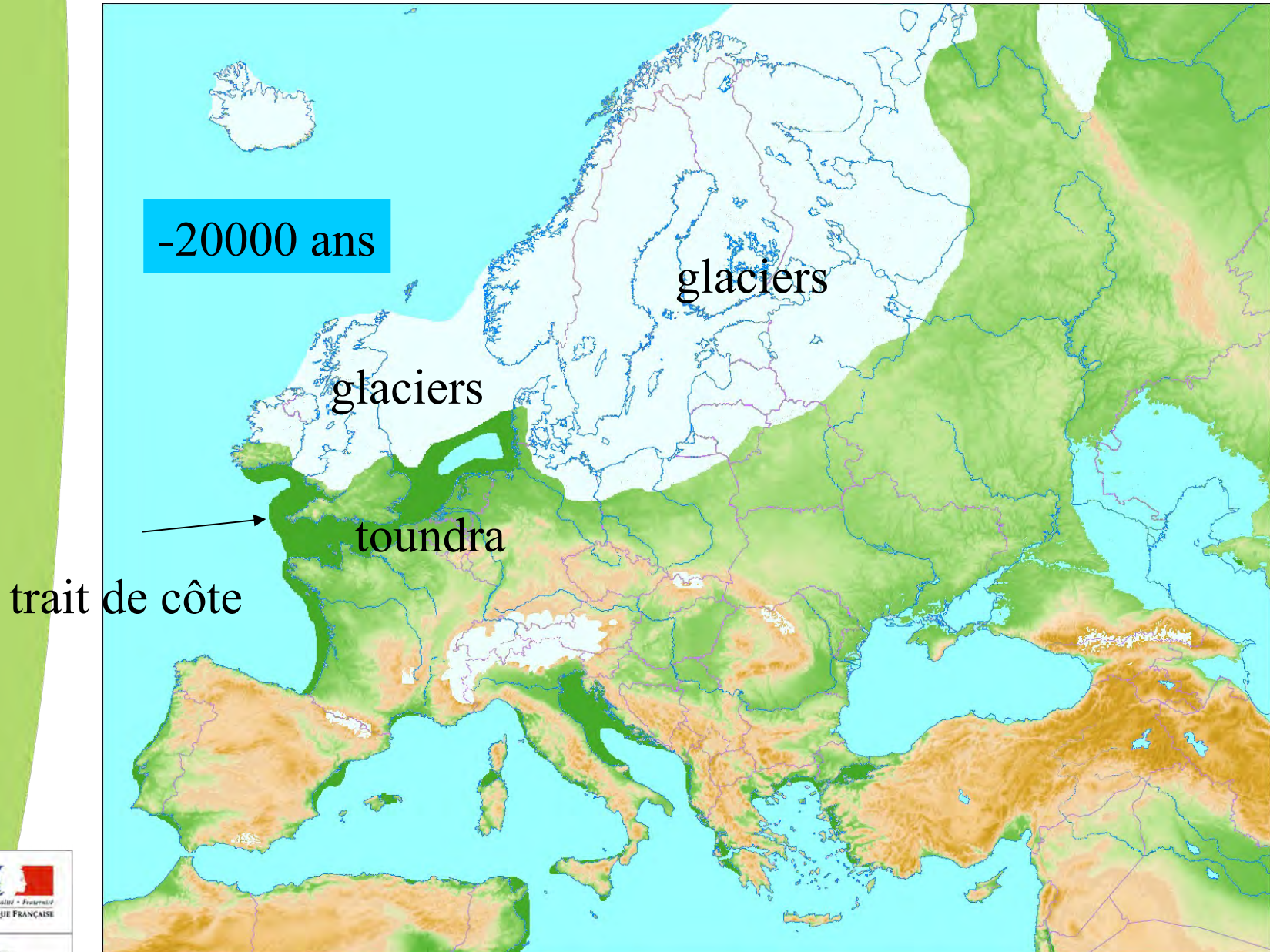


-400 000 ans

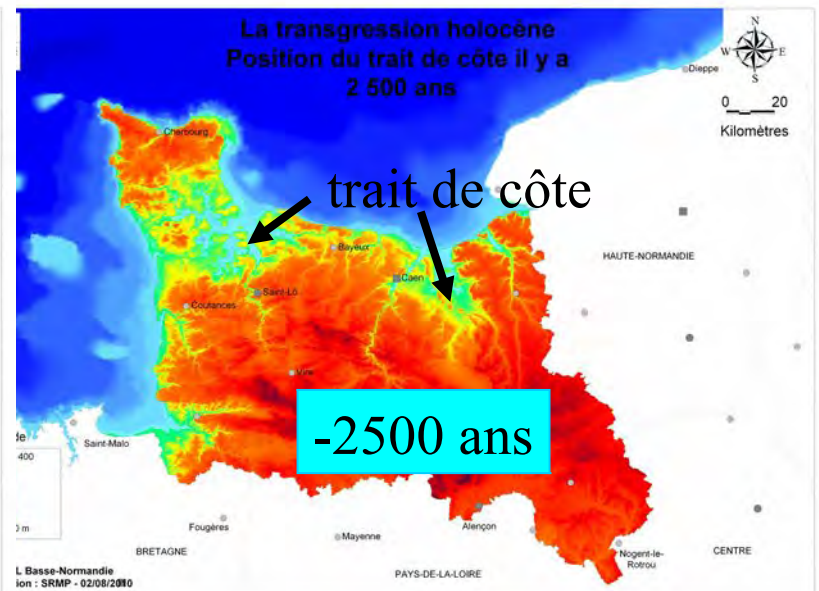
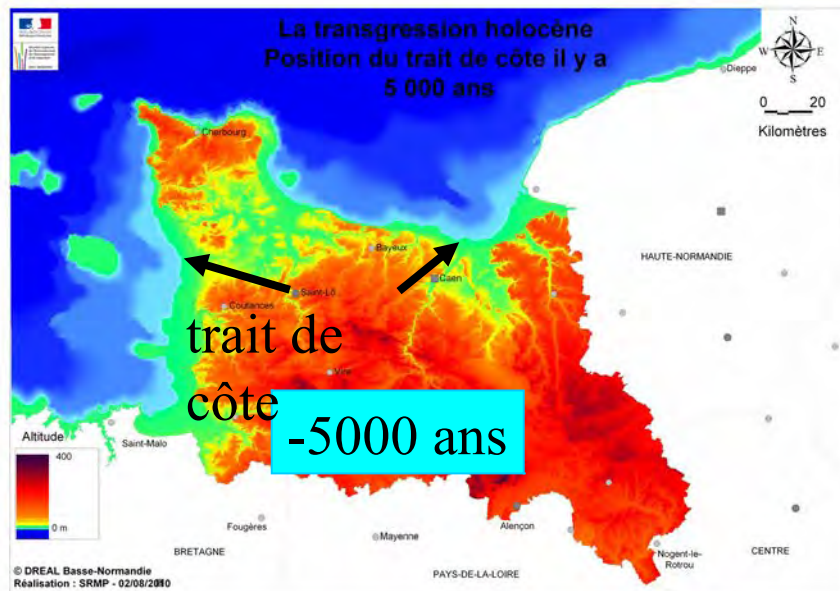
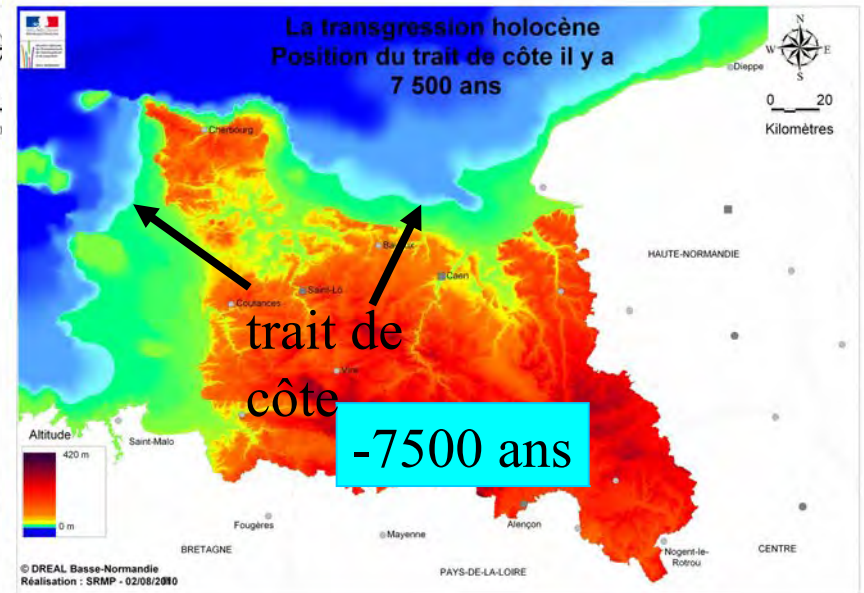
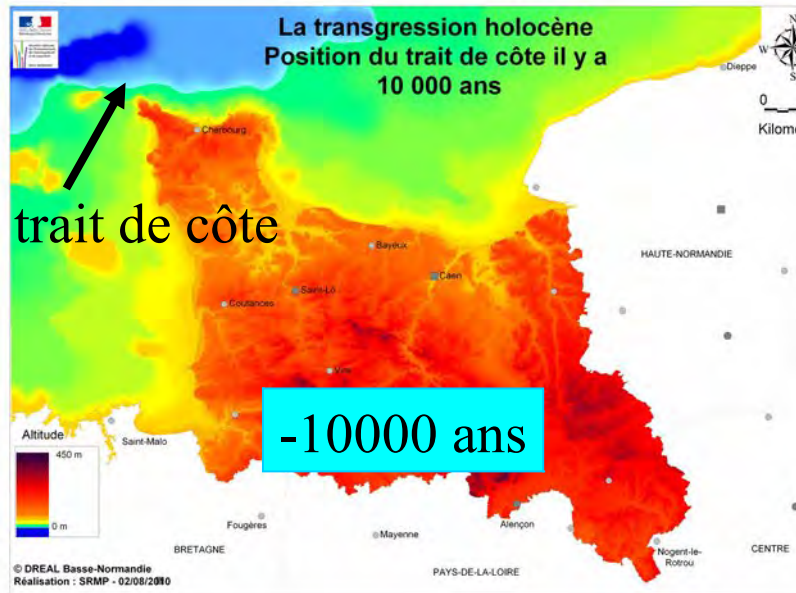
aujourd'hui

T

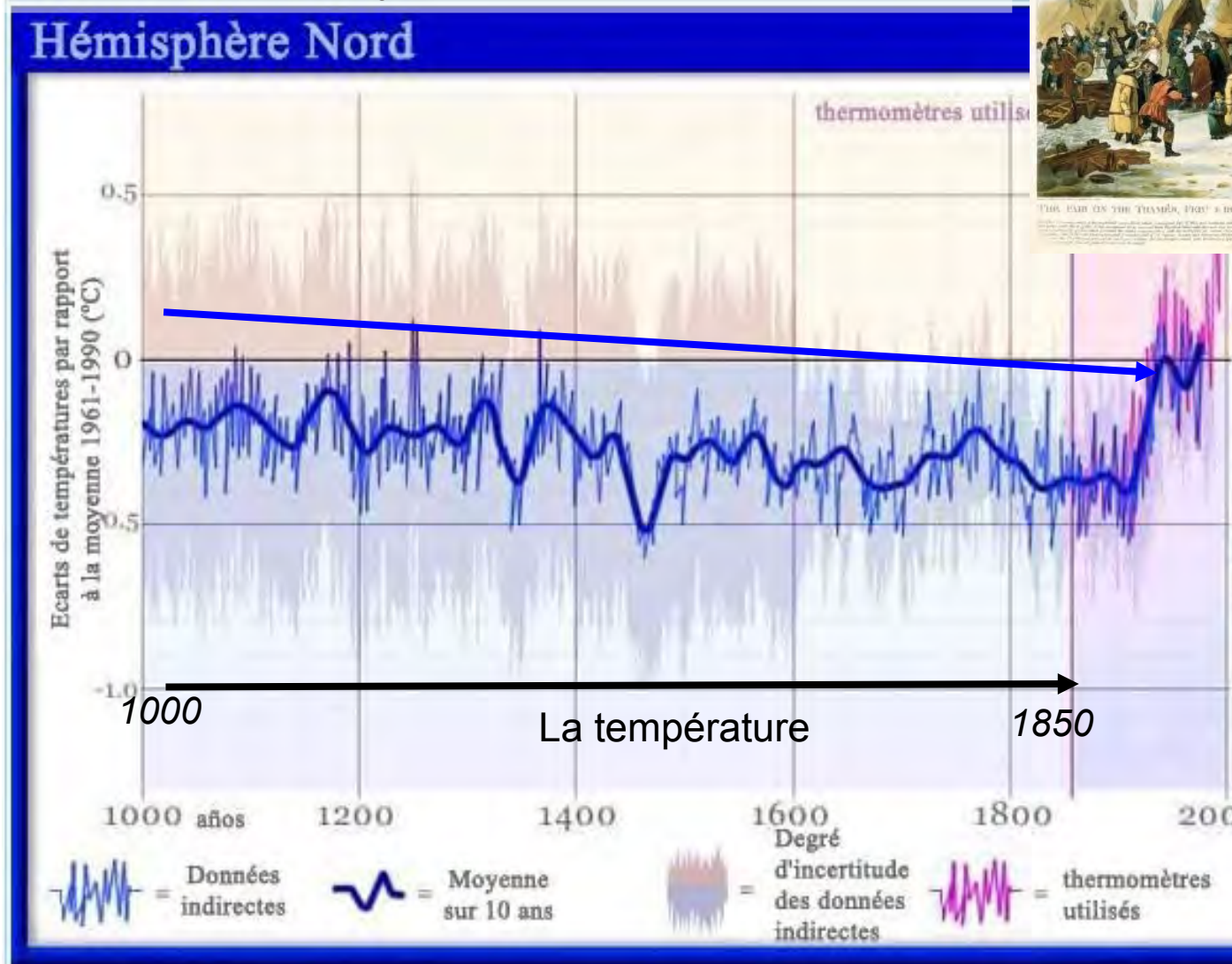
Extension des glaciers en Europe au cours de la dernière glaciation



En lien avec ces variations thermiques, la mer de la Manche se vidange ou se remplit



Evolution de la température de l'hémisphère nord au cours du dernier millénaire



Graphique élaboré à partir des mesures rapportées par Moberg, et al., dans *Nature*, V. 433, 10 février 2005.

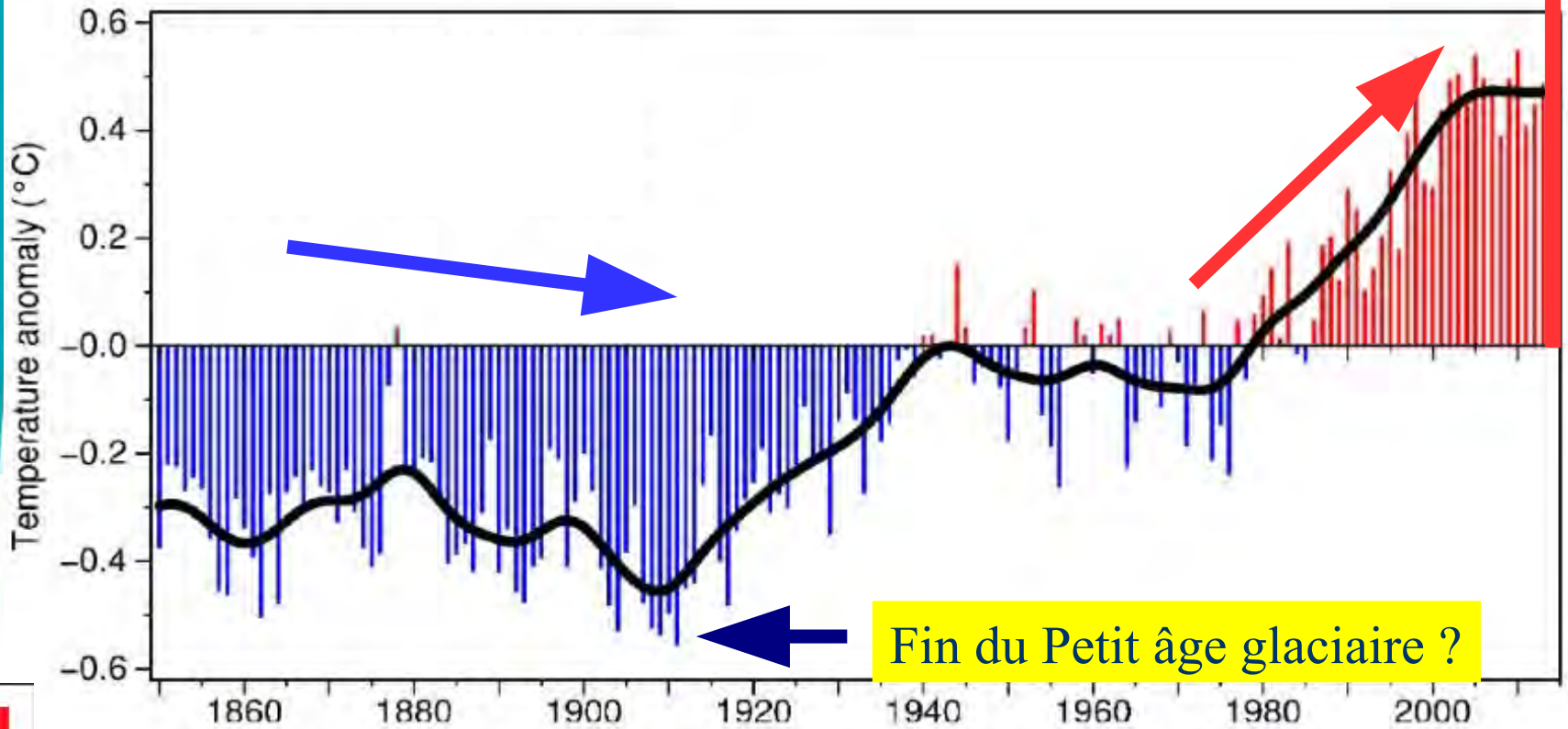


L'évolution de la température moyenne mondiale

2016
(+0,96)

2015
(+0,82)

2014
(+0,69)



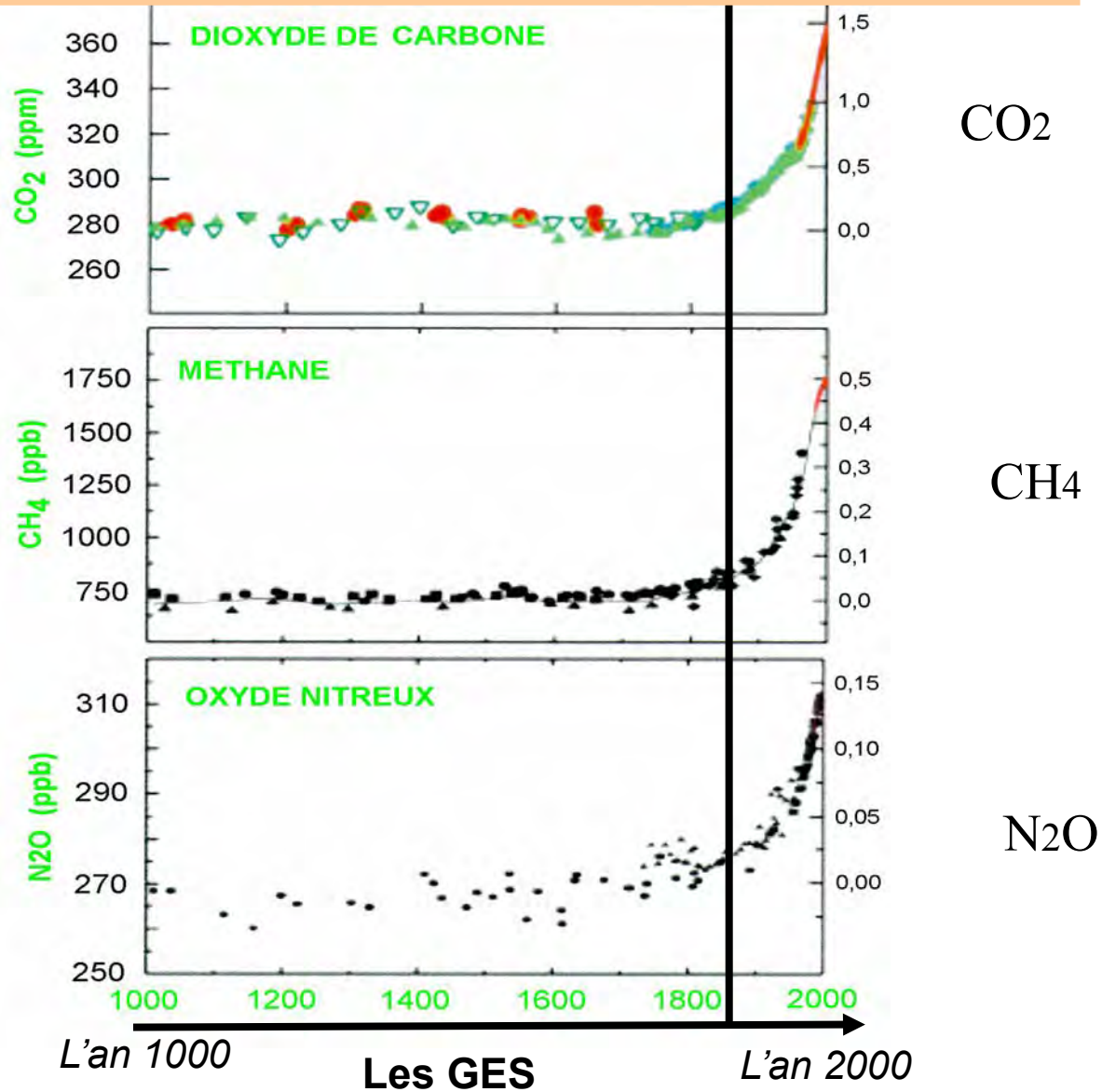
Fin du Petit âge glaciaire ?



Direction régionale
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

NORMANDIE

Zoom sur les dysfonctionnements récents : évolution de certains gaz à effet de serre de l'an 1000 à aujourd'hui



Et localement ? Que se passe-t-il ?

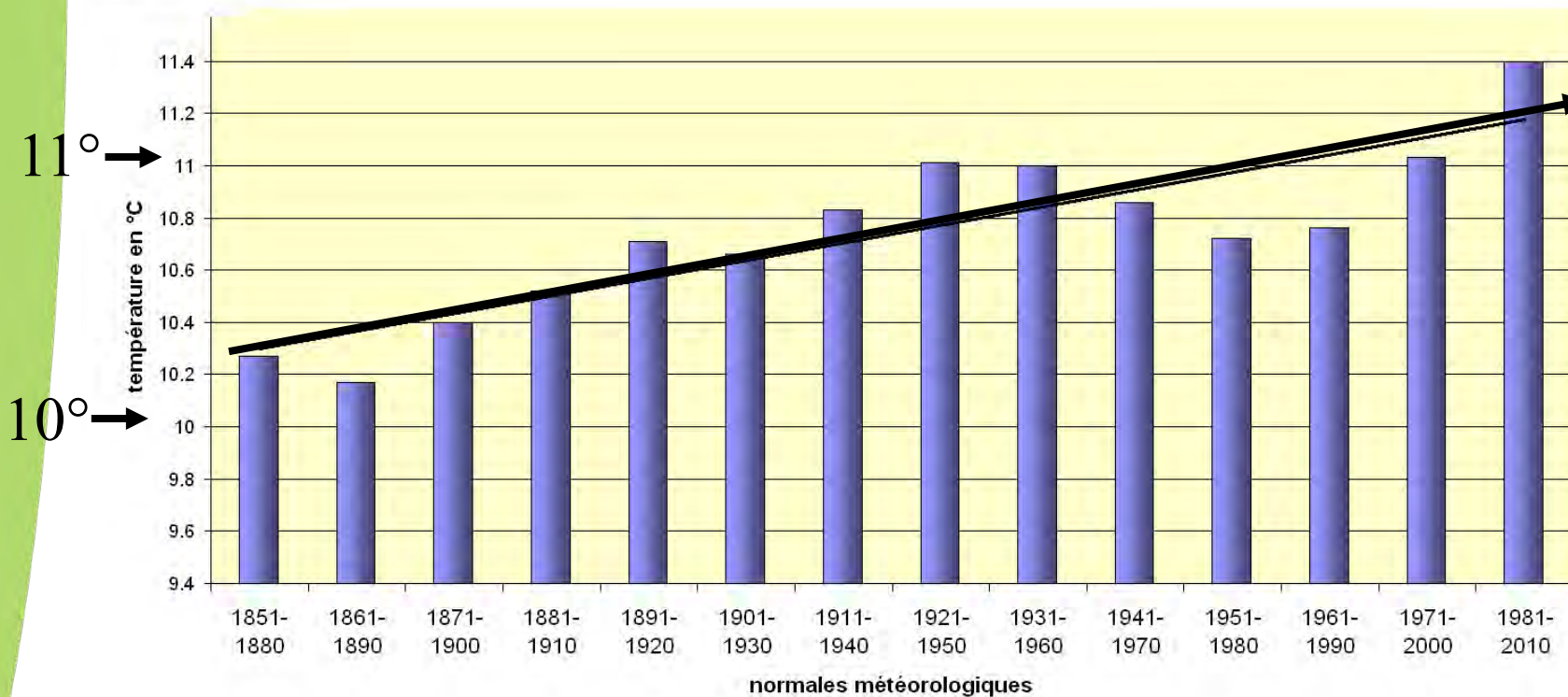
Evolution des normales de température de 1850 à 2010



Evolution de la température à Guernesey

(sources : la Société Guernesiaise)

PRÉFET
DE LA RÉGION
BASSE-NORMANDIE



1850

2010



Et localement ? Que se passe-t-il ?

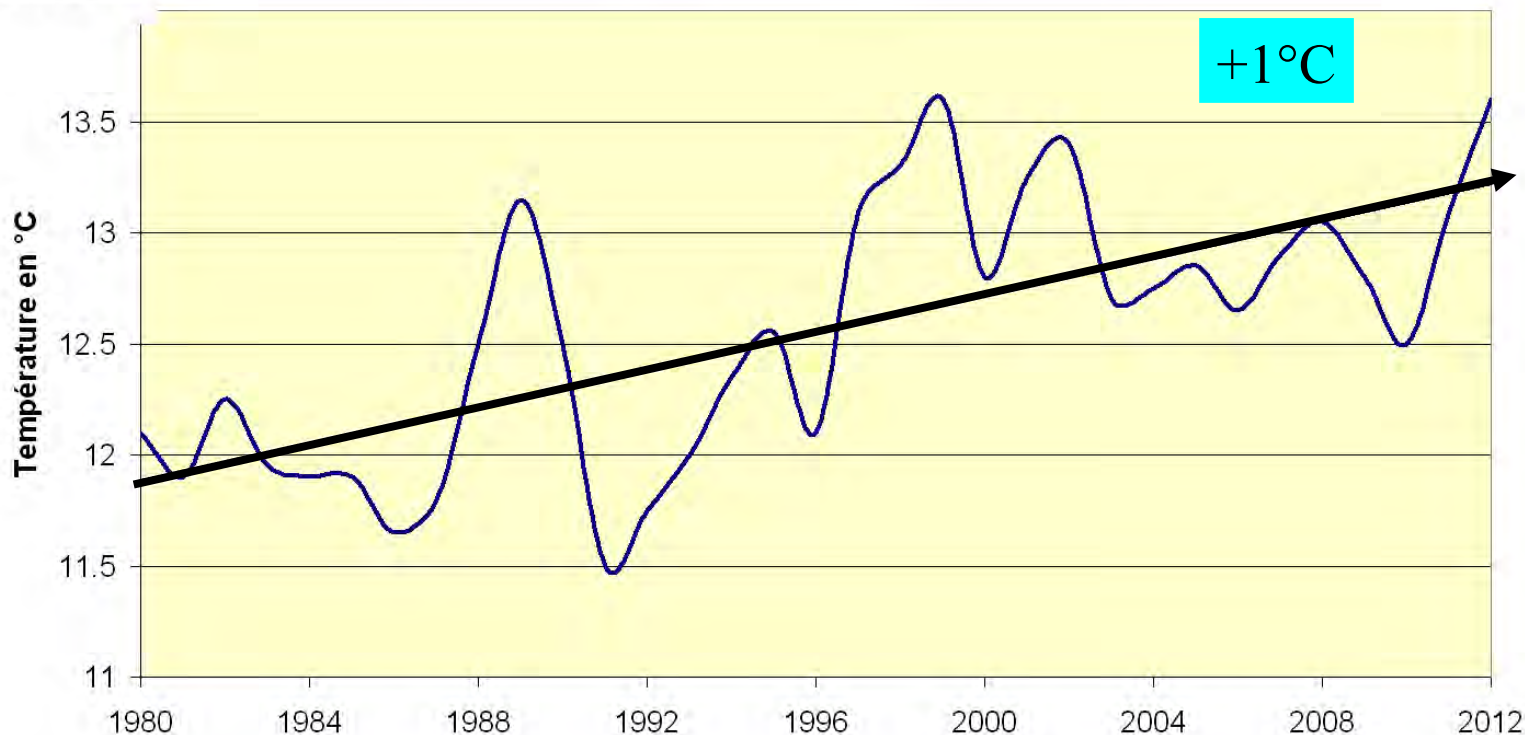
Evolution de la température de l'eau de mer à Guernesey de 1980 à 2012



PRÉFET
DE LA RÉGION
BASSE-NORMANDIE

Température moyenne annuelle des eaux marines Signal station - Port de Saint-Peter Guernesey

(sources : la Société Guernesiaise)



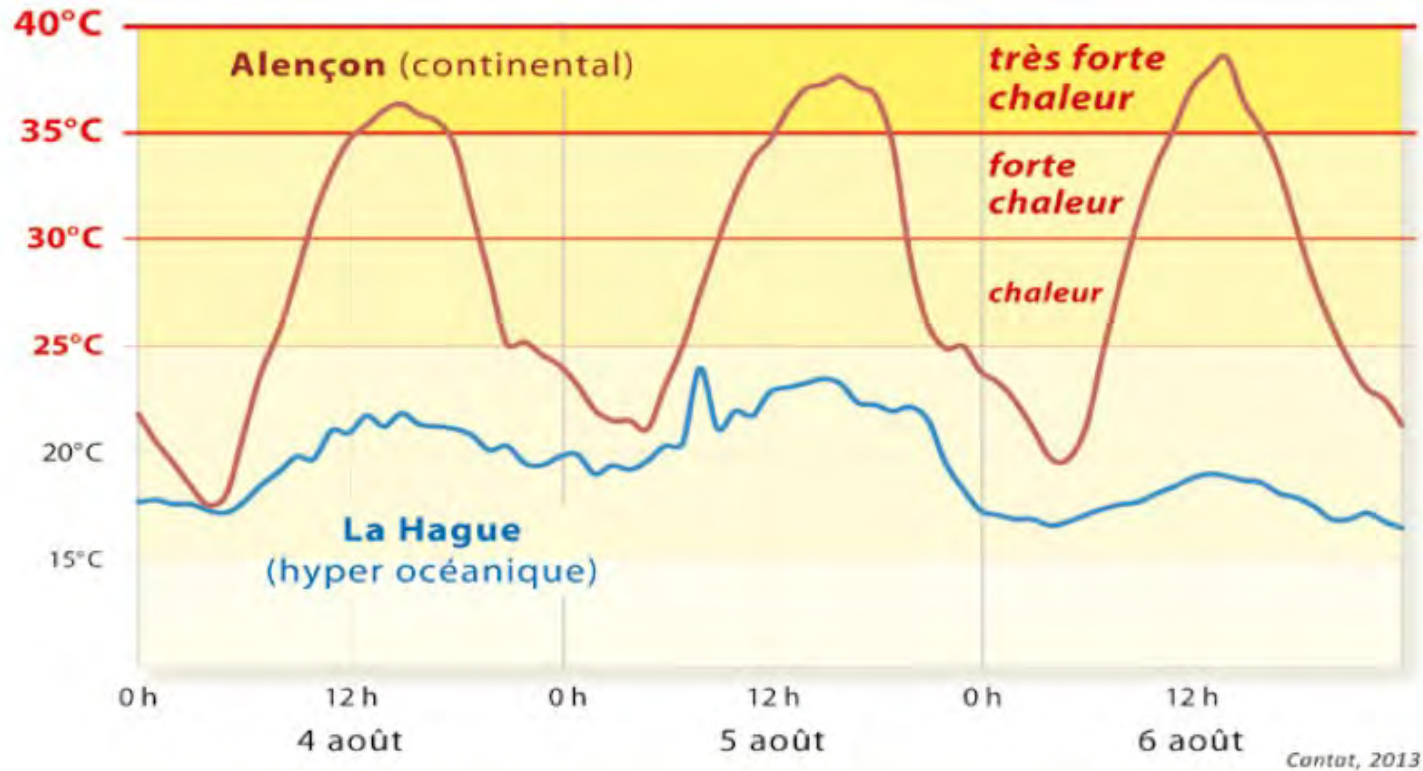
1980

2012



Et demain ? Que se passera-t-il ? Un climat néanmoins hyper-océanique

Évolution horaire des températures durant la canicule de l'été 2003 (du 4 au 6 août)



Graphique réalisé d'après données Météo-France (Cantat, 2013) pour le Profil environnemental de Basse-Normandie

Et demain ? Que se passera-t-il ?

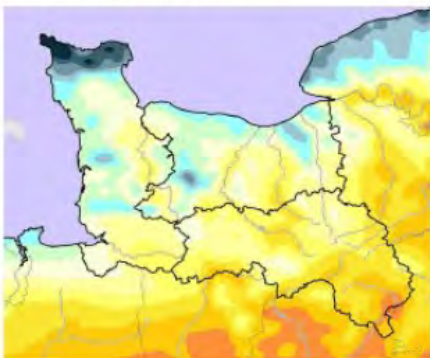
Températures maximales en été (moyennes juin-juillet-août)

Situation actuelle

Indicateur : IC33_TX_été

La température maximale d'une journée est la valeur de température la plus élevée relevée sous abri depuis la veille 18h UTC jusqu'à 18h UTC le jour.

L'indicateur IC33_TX_été est la valeur moyenne des trois mois (juin, juillet, août), calculée pour chacune des périodes trentennaires (climatologie 1971-2000, horizons 2030, 2050 et 2080).



Climatologie de référence (1971-2000)
Carte établie, à résolution 1km, par la méthode AURELHY
(interpolation optimale prenant en compte le relief)

18°

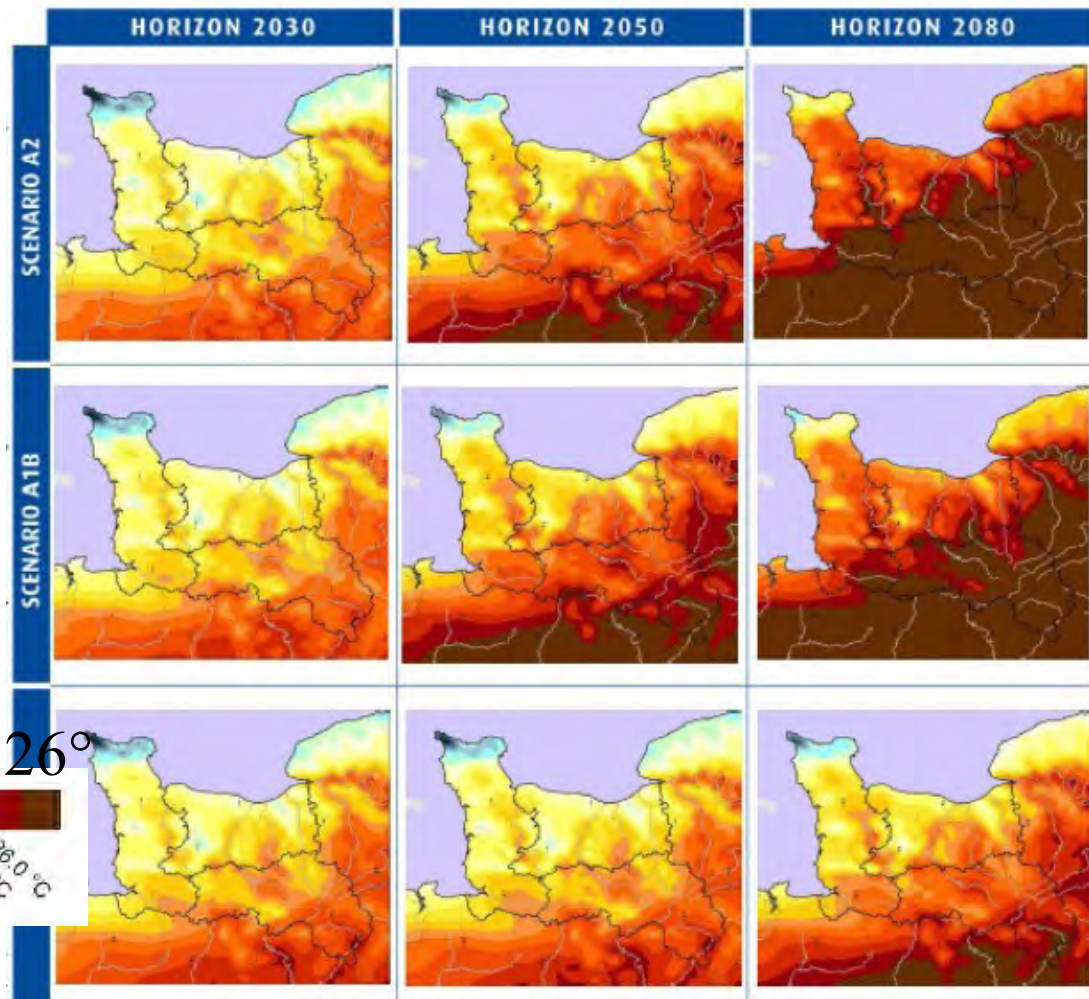
26°



2030

2050

2080



A₂

A₁B

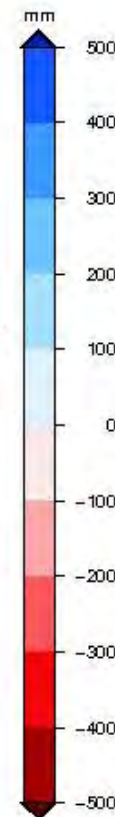
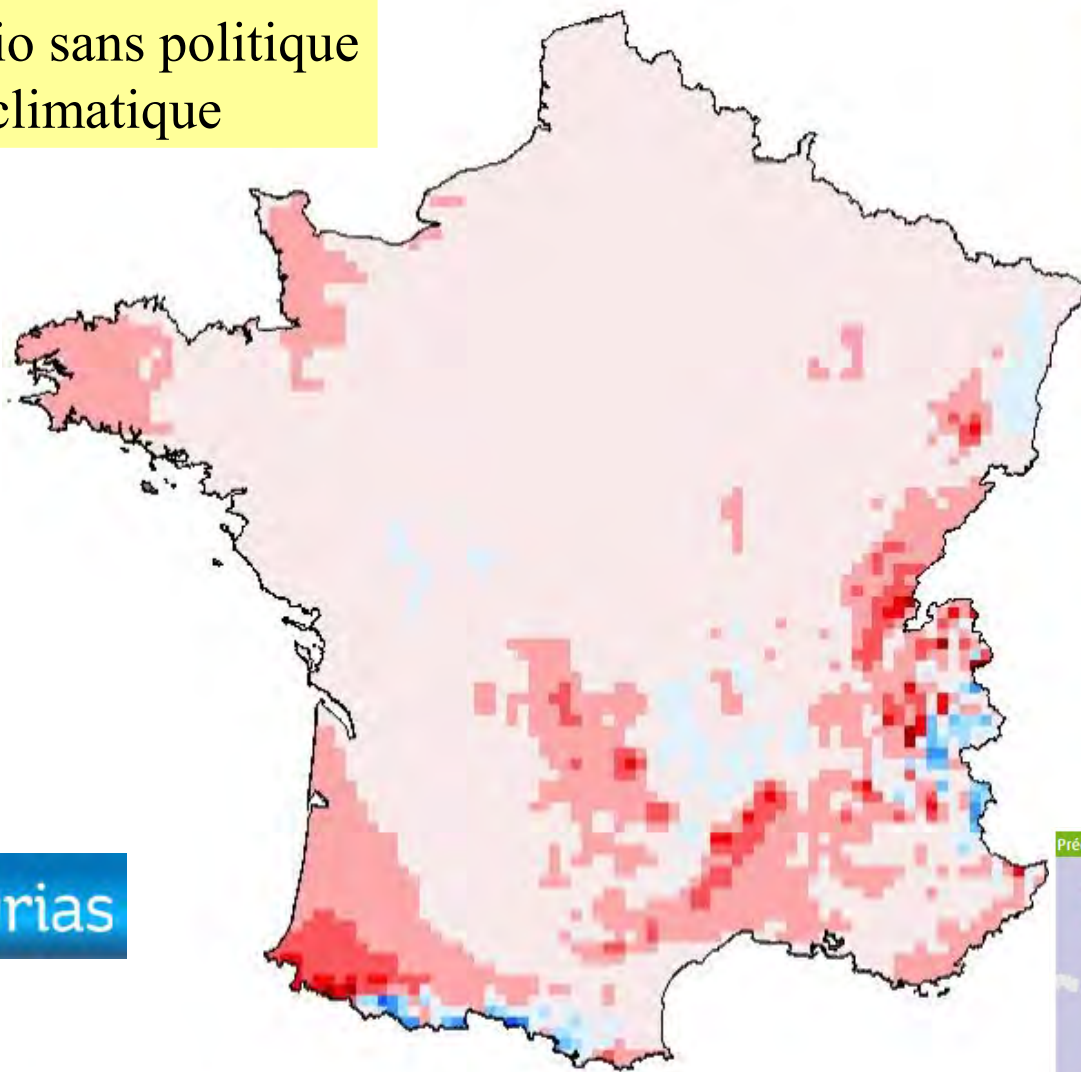
B₁

Sources : Météo-France et DREAL BN mission SOCRATE

Et demain ? Que se passera-t-il ?

Anomalie pluviométrique annuelle à l'horizon 2100

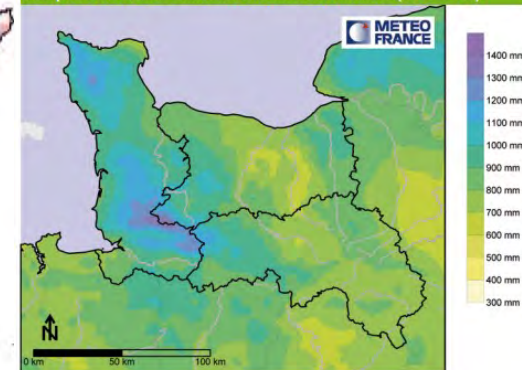
scénario sans politique
climatique



+100 mm
0
-100 mm
-200 mm



Précipitations totales annuelles en Basse-Normandie (1981-2010)

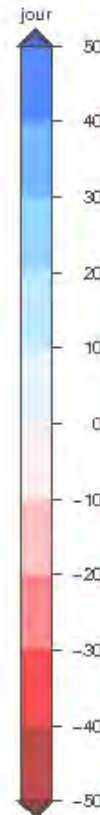
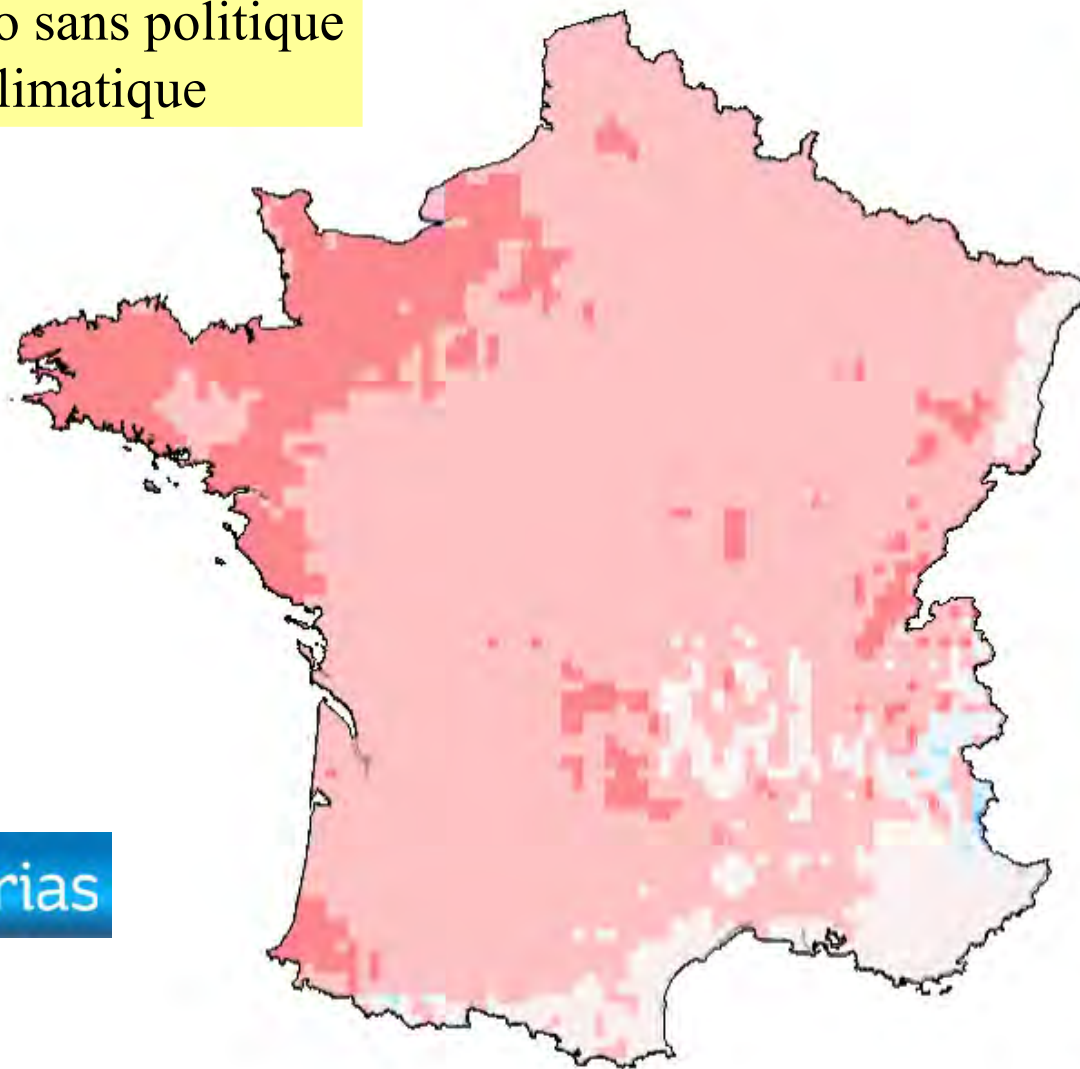


Drias (Météo-France, CNRM-GAME, IPSL, CERFACS)

Et demain ? Que se passera-t-il ?

Anomalie nombre de jours de pluie (>1mm) à l'horizon 2100

scénario sans politique
climatique



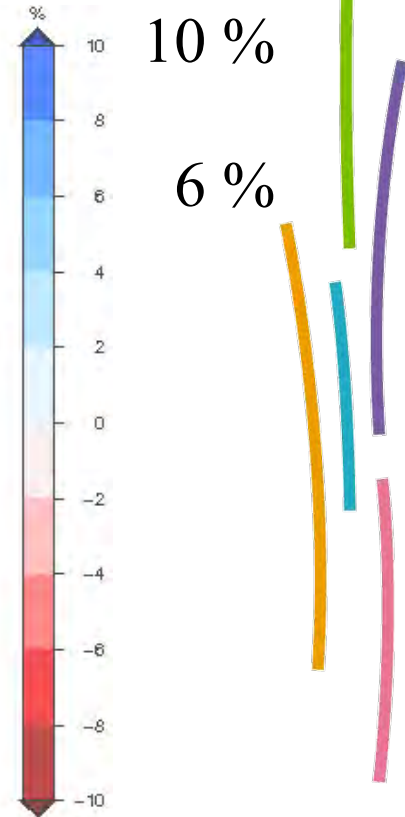
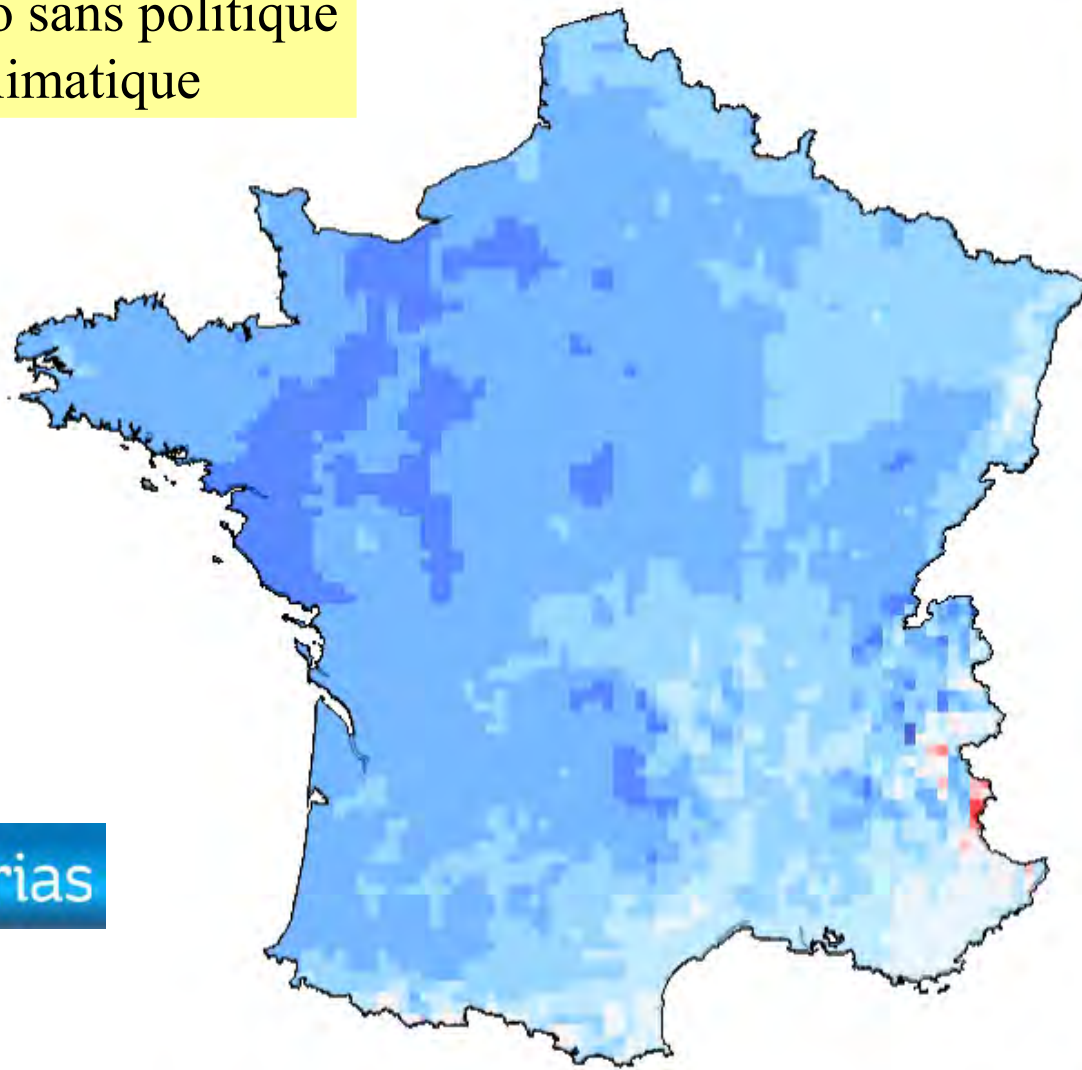
0
-20
-30



Et demain ? Que se passera-t-il ?

Anomalie du pourcentage de précipitations intenses à l'horizon 2100

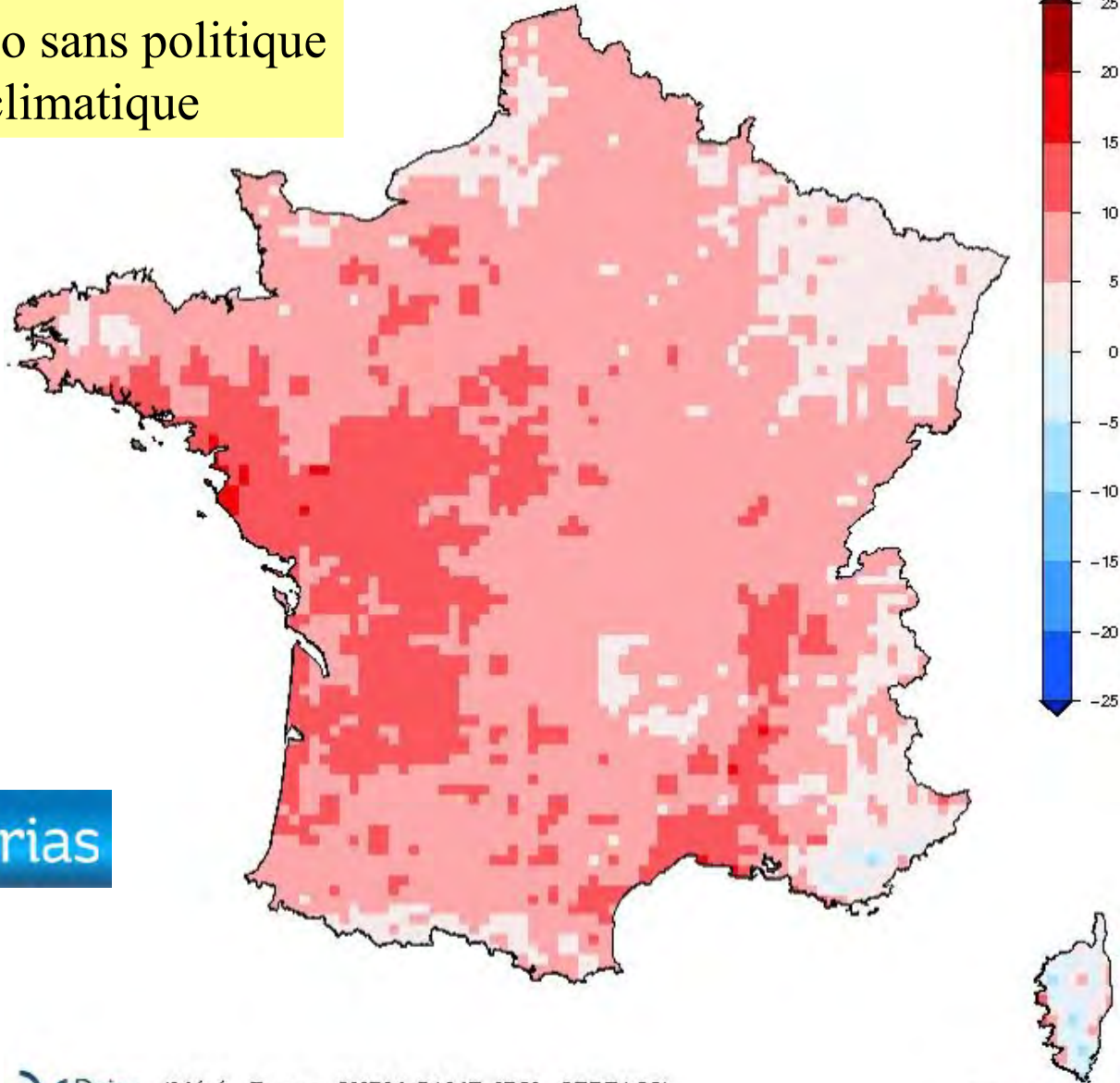
scénario sans politique
climatique



Et demain ? Que se passera-t-il ?

Anomalie de la durée des périodes sèches à l'horizon 2100

scénario sans politique
climatique



10 j
0



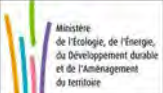
Drias (Météo-France, CNRM-GAME, IPSL, CERFACS)

-2.24722, 41.18041

Quel climat pour demain ? Plus de tempêtes, plus de vent ?



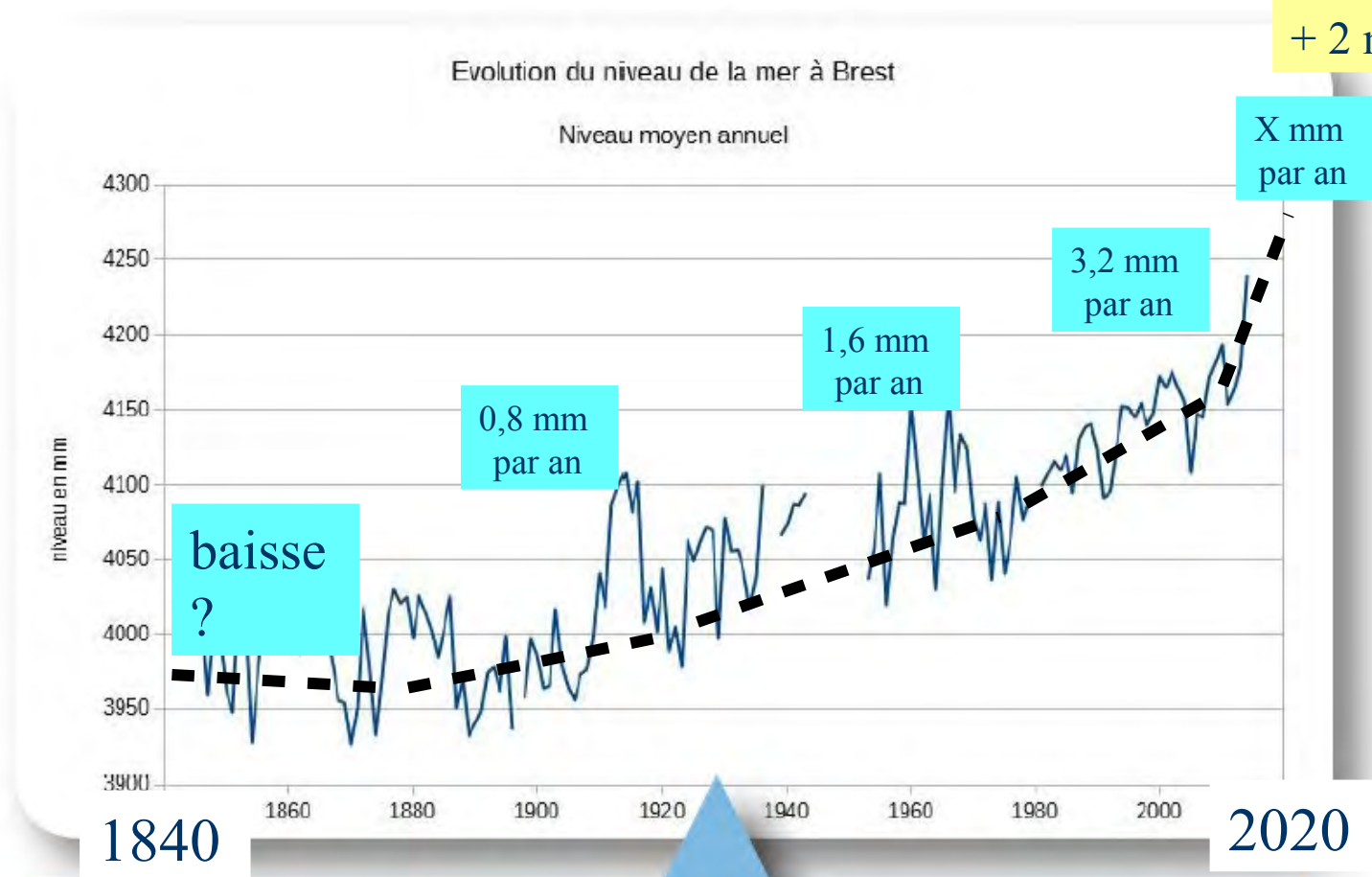
Côté mer





L'élévation du niveau de la mer Augmentation de l'aléa submersion marine

Horizon 2100
+ 60 cm ?
+ 1 m ??
+ 2 m ???



L'élévation moyenne du niveau de la mer est actuellement de 3,2 mm par an à Brest.
La tendance est à l'accélération.

L'élevation est-elle régulière dans l'espace et le temps ?

September 02, 2015

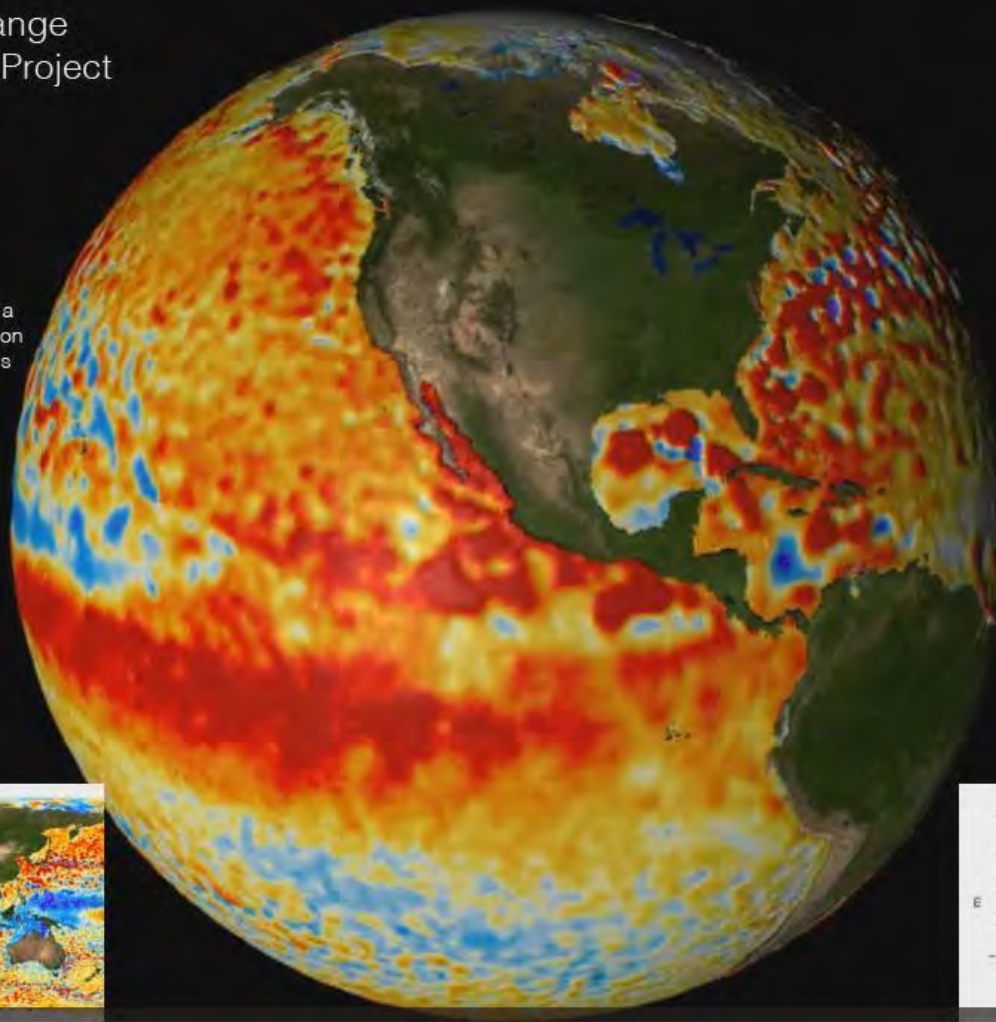
Maps of Sea Level Change from NASA's MEaSUREs Project

October 1992 - November 2015

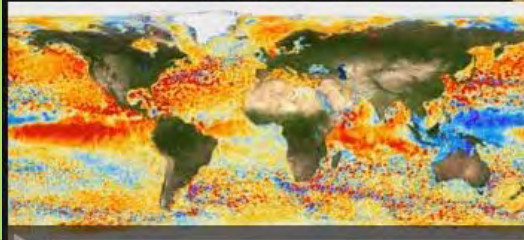


Maps of sea level change relative to a long-term mean (1992-2015), based on altimeter data from two simultaneous satellites at all times.

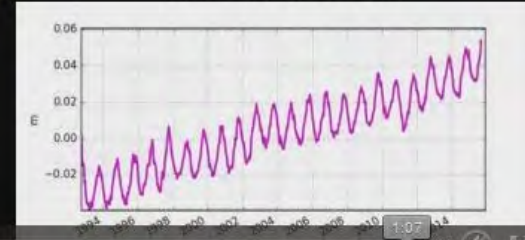
Computed by NASA's Sea Level MEaSUREs Project, Version JPL 1603



2-D Map of Anomalies



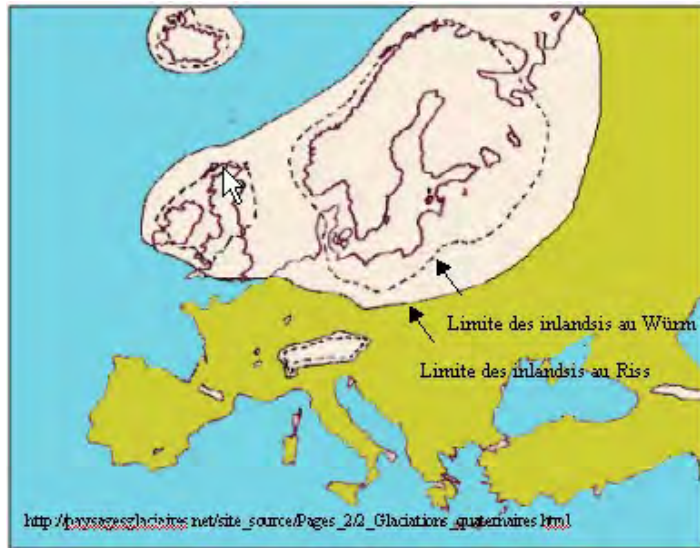
Global Average Sea Level



Pour anticiper au mieux les risques liés à l'élévation de la mer, il convient de bien connaître les enjeux mais aussi :

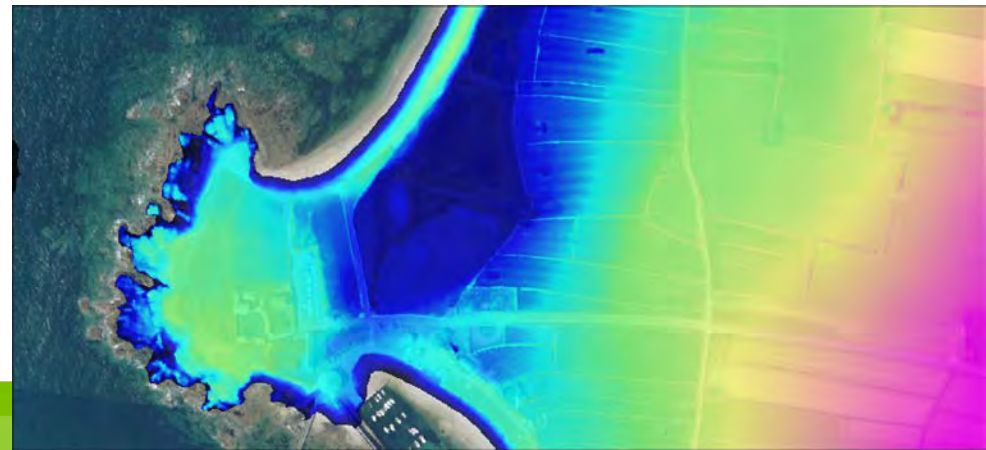
-la hausse précise du niveau marin

-les mouvements relatifs de la croûte terrestre



-la topographie du littoral

Topographie lidar 2012
Précision décimétrique



MNT lidar

L'augmentation des enjeux : Cherbourg d'hier et d'aujourd'hui

De la plage Napoléon
Cherbourg des années 30

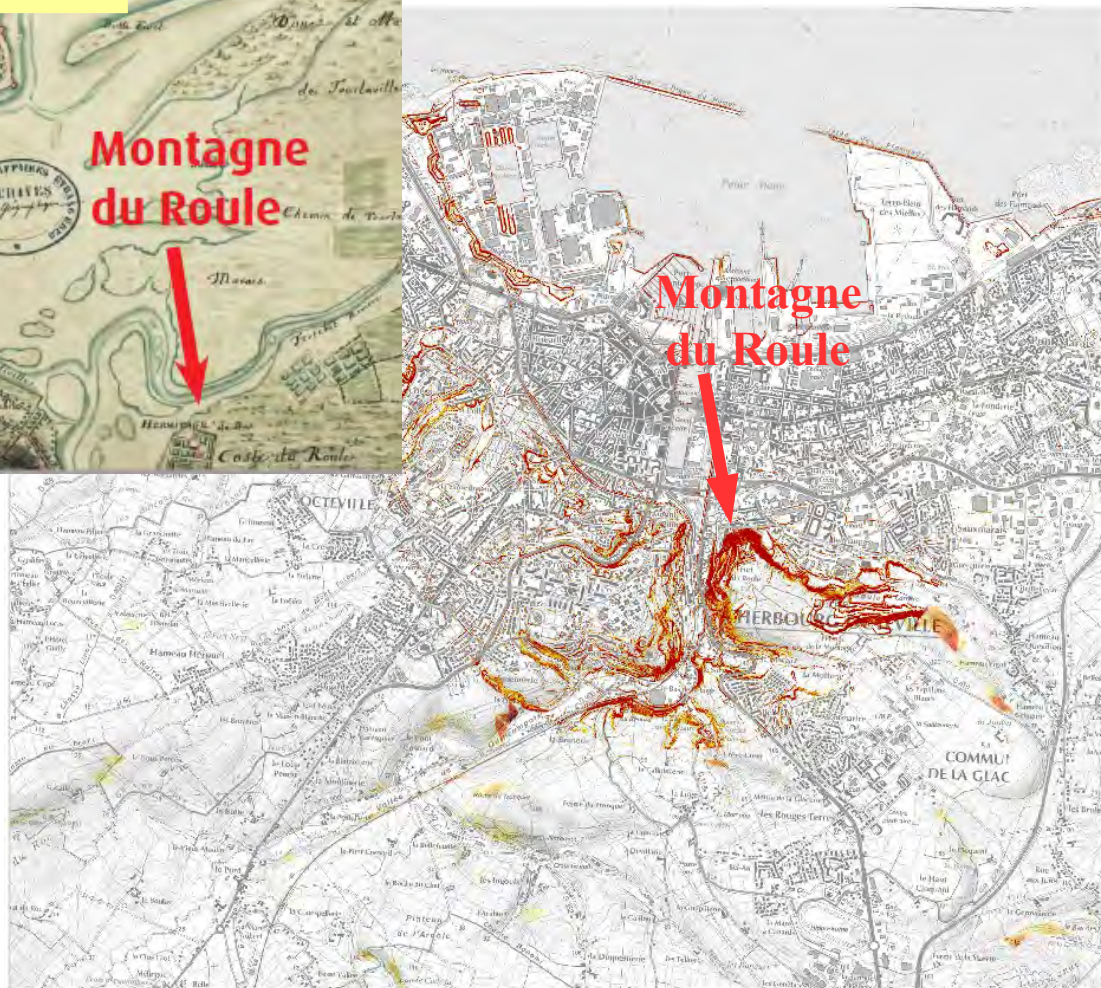


A l'espace Chantereyne
Cherbourg aujourd'hui



Crédit photo : ROLNP

L'augmentation des enjeux : intégration de la paléofalaise de Cherbourg à la zone urbaine



Atlas de prédisposition aux chutes de blocs de Basse-Normandie

Etat des connaissances : février 2014

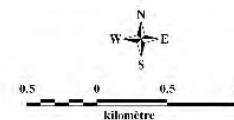
version L33 V4.0 du MNT DREAL (daté 1m)

Cherbourg-Octeville

50129

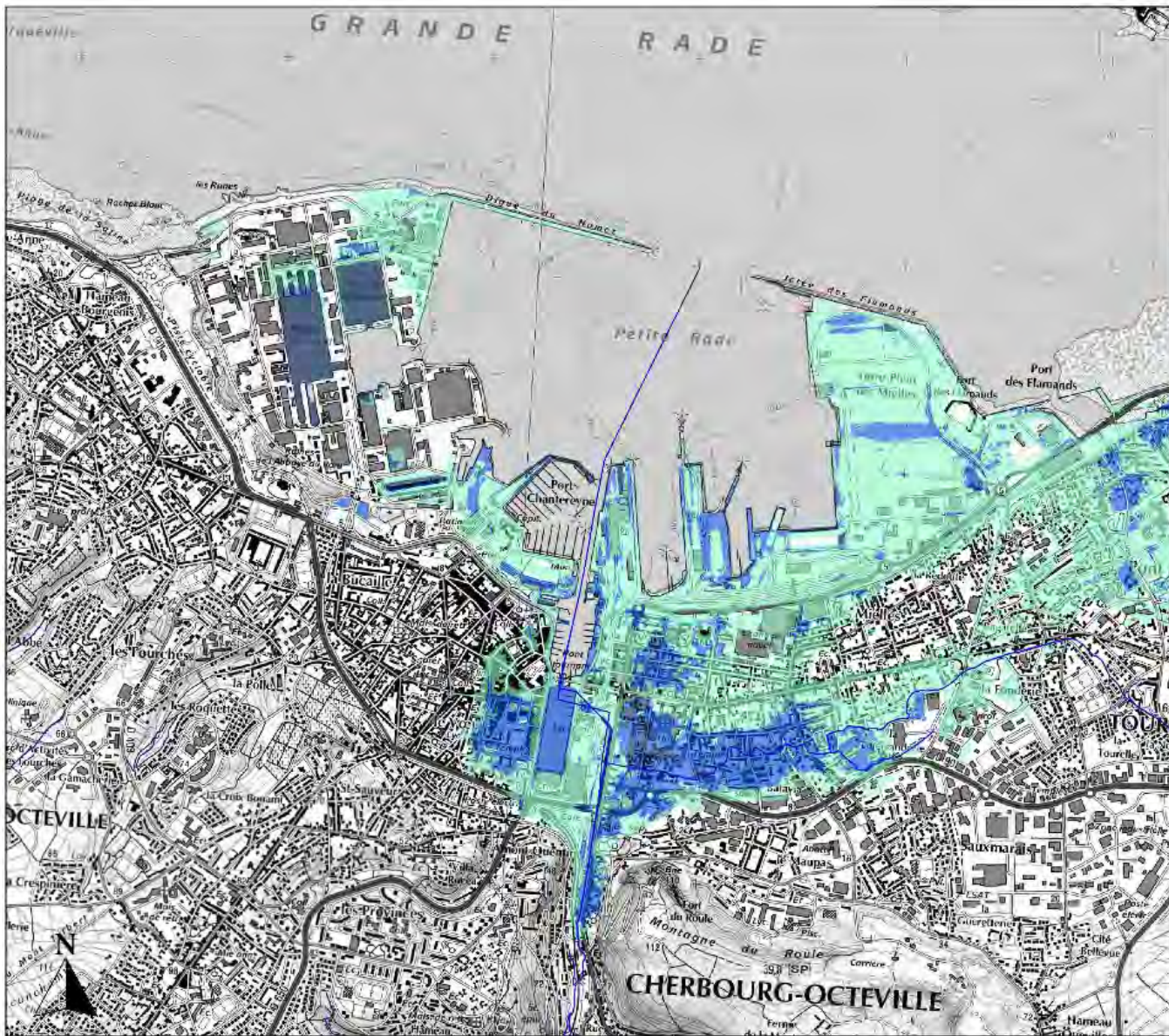
Indice de prédisposition (évaluation reposant sur des critères de pente)

- fortement prédisposé
- moyennement prédisposé
- faiblement prédisposé
- a priori non prédisposé



© 2014 DREAL
 © IGN, PROCEC, CIB, DREAL
 L'ÉVALUATION A ÉTÉ RÉVISÉE EN
 2014

Les territoires sous le niveau marin actuel



Atlas régional des zones sous le niveau marin

Etat de la connaissance au : 08/07/2013



Cherbourg-Octeville

Code INSEE : 50129

Niveau Marin de Référence : 4.4 m IGN69

- Zones situées moins d'un mètre au dessus du niveau marin de référence
- Zones situées au dessous du niveau marin de référence
- Zones situées plus d'un mètre au dessous du niveau marin de référence
- Bande de Précaution derrière un ouvrage ou un cordon dunaire jouant un rôle de protection contre les submersions
- Cours d'eau



Il est fortement conseillé de se reporter à la notice avant l'interprétation de cette carte

Sources :
 © DREAL Basse Normandie
 © DD n° 14 et 50
 © IGN



Un territoire artificiellement protégé des intrusions marines



Portes à flot
Source PNRCB



Digue
Source wifeo.com



Digue dégradée
Source egis eau



Digue à l'abandon
Source egis eau

La répercussion de l'élévation de la mer sur les eaux continentales littorales

Élévation de la mer :
vidange moins efficace des fleuves
à marée descendante



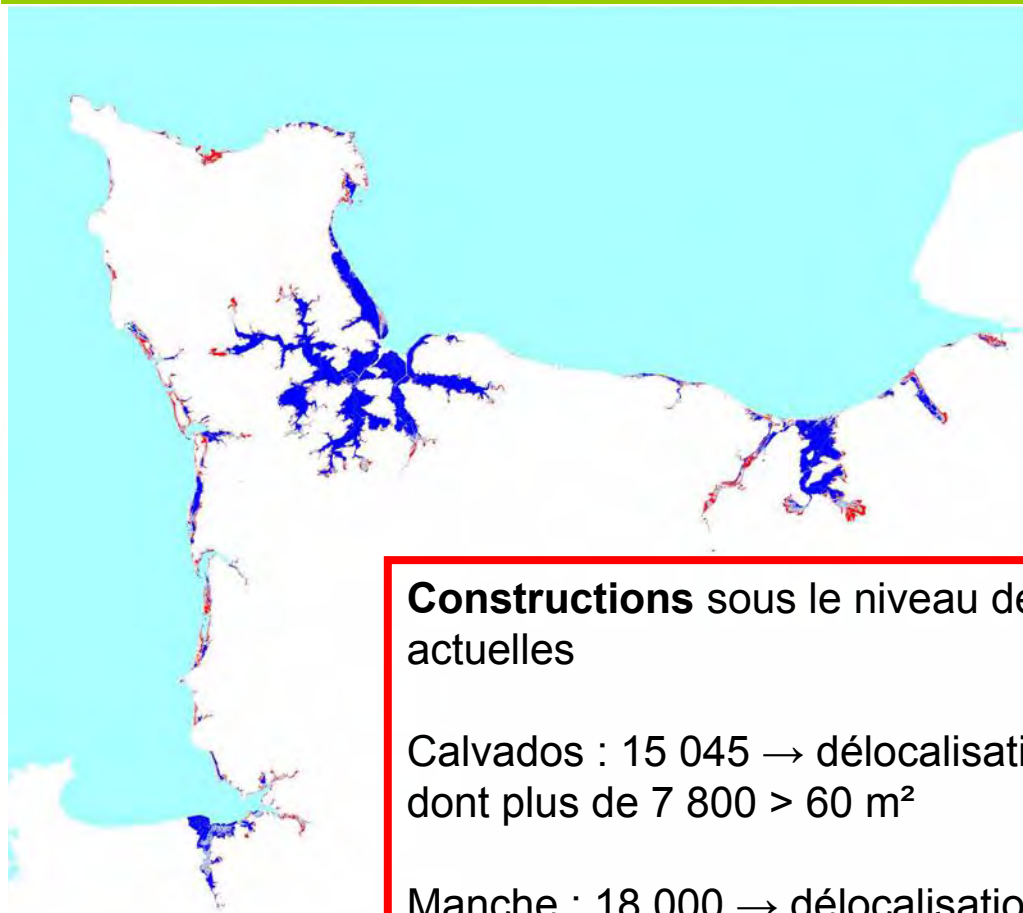
refoulement des
écoulements →

= augmentation fréquence
et durée des inondations





Les enjeux littoraux : est-il possible d'estimer l'ordre de grandeur des dommages potentiels à l'horizon 2100 ?



Elévation de la mer
+3,3 mm à Brest
+2 mm au Havre

Constructions sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles

Calvados : 15 045 → délocalisation ? = 4,4 milliards d'euros ?
dont plus de 7 800 > 60 m²

Manche : 18 000 → délocalisation ? = 5 milliards d'euros ?
dont 10 000 > 60 m²

Calvados : 325 km de routes sous le niveau marin actuel : **0,5 milliard d'euros** ?

Manche : 800 km de routes sous le niveau marin actuel : **1,5 milliards d'euros** ?

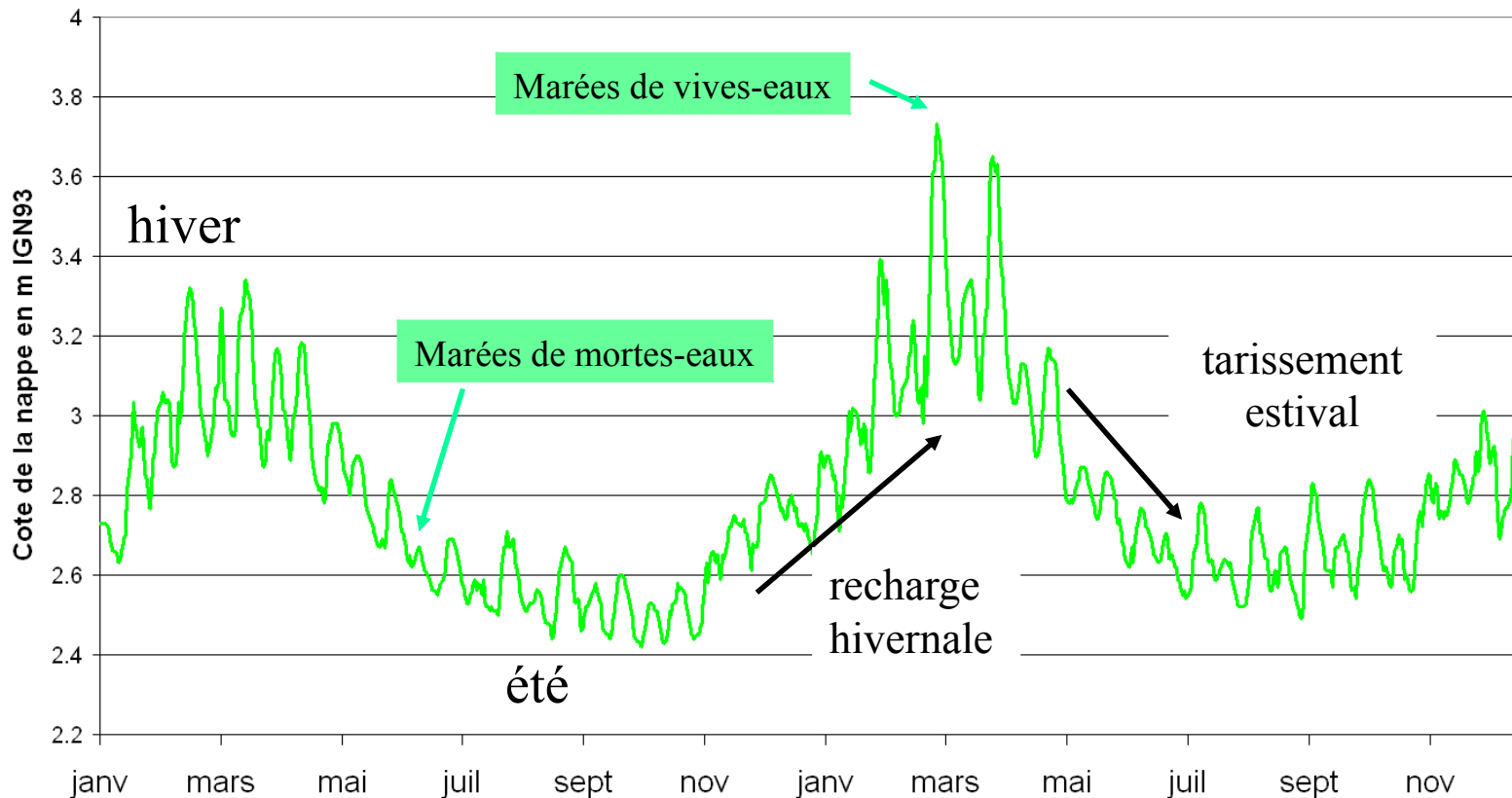
Une facture à payer ?



- Pertes potentielles biens immobiliers et infrastructures BN : 11,4 milliards d'euros
 - ✓ 450 000 foyers fiscaux payant un impôt en BN (2013)
 - ✓ Dette potentielle par foyer fiscal bas-normand : **25 000 €**
- A comparer à la dette publique française par habitant : 31 000 €
- Impôt moyen sur le revenu (2013) en BN : 2 100 € (France : 1 300 €)
- Hypothèses :
 - ✓ **10 % de l'impôt** pour payer le coût estimé du changement climatique (délocalisation)
 - ➔ 0,8 % / an du coût - étalement sur 120 ans
 - ✓ 20% ➔ 1,6 % / an du coût - étalement sur 60 ans...
 - ✓ ... il faudrait lever le **double d'impôt** pour financer le coût total de la délocalisation sur **12 ans...**

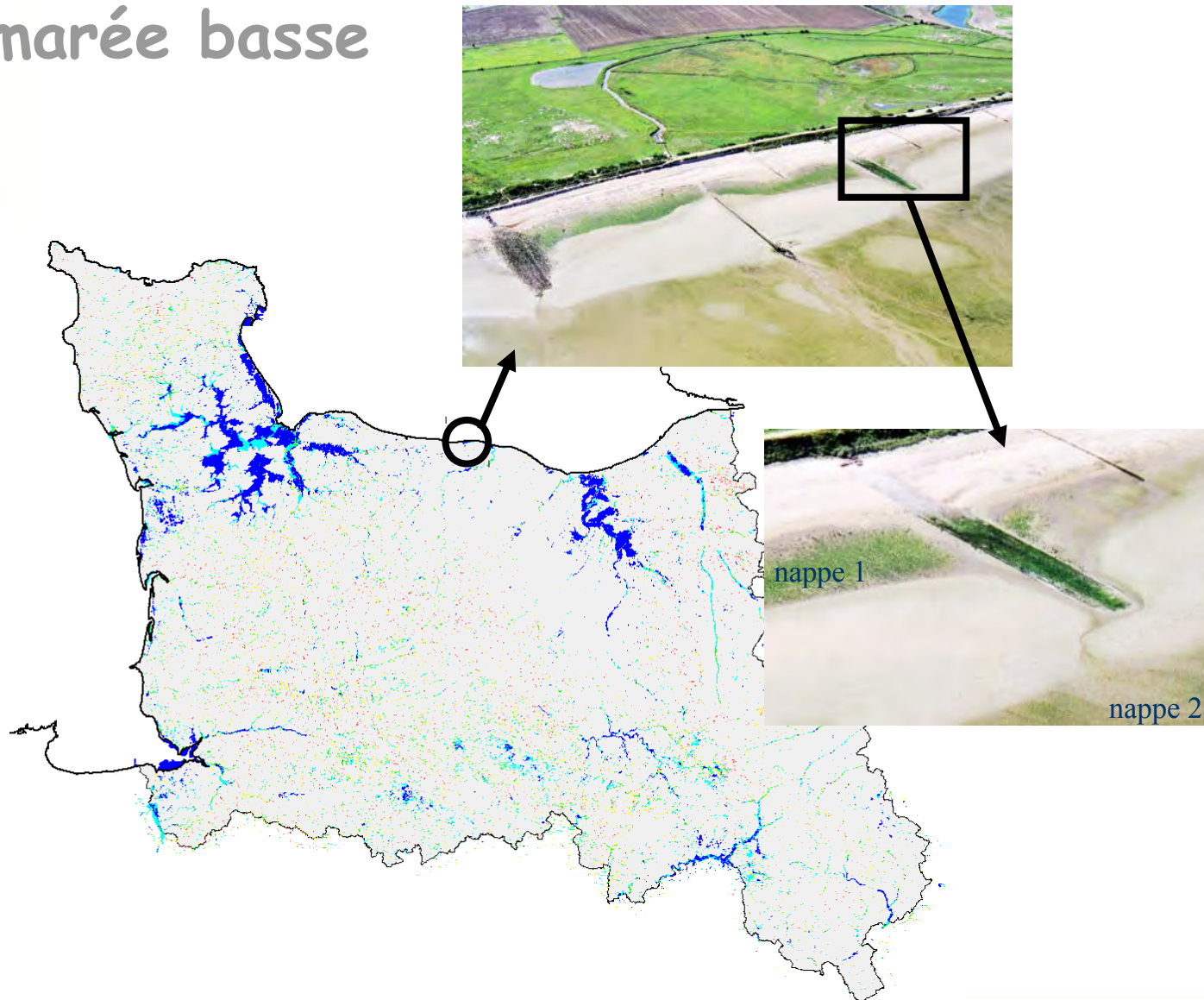
La répercussion de l'élévation de la mer sur les eaux continentales littorales...suite

Evolution du niveau d'une nappe d'eau souterraine en bordure de mer (années 2009 et 2010 Gouville-sur-Mer)

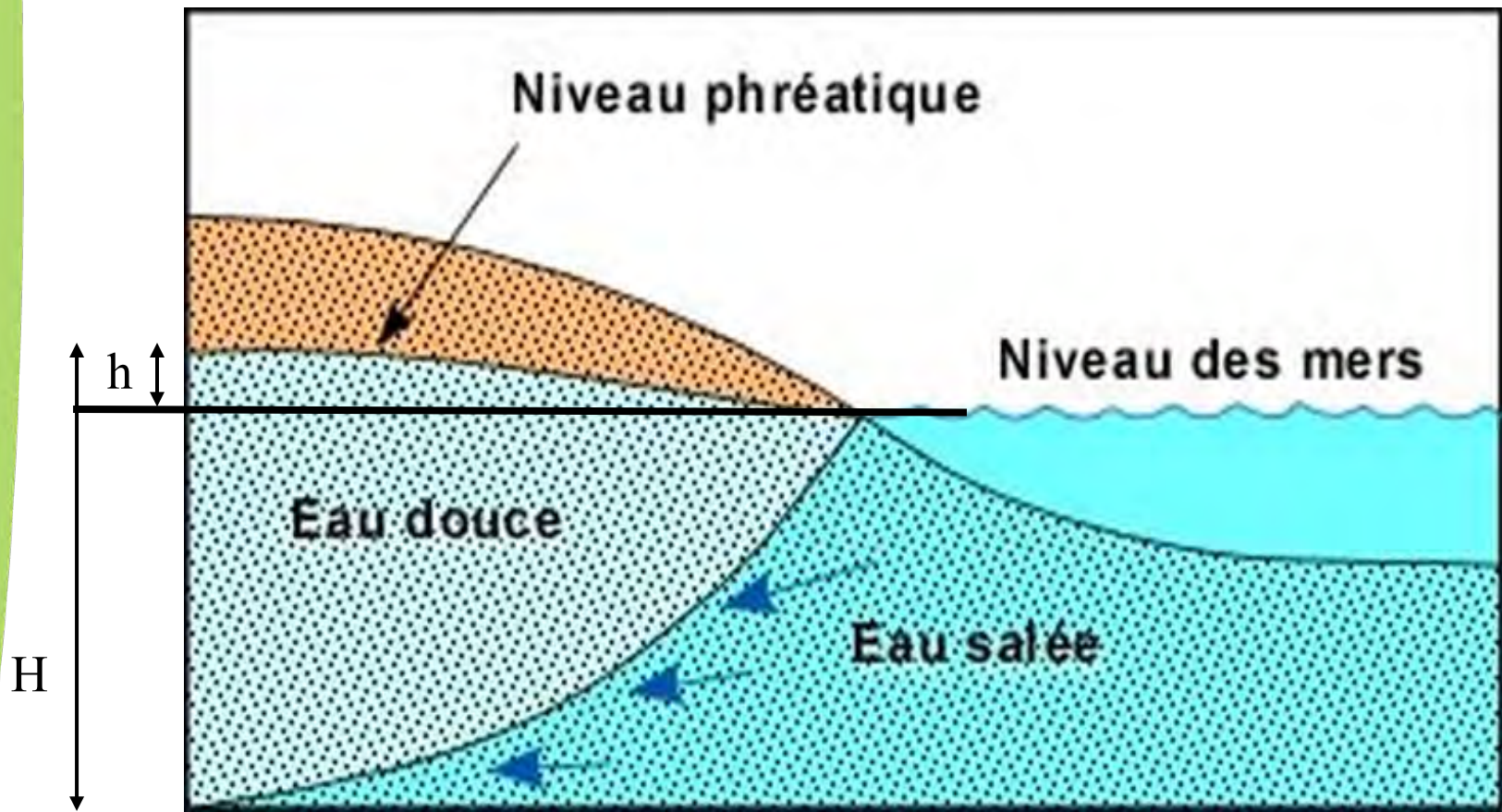


Les nappes littorales oscillent au rythme des marées

Vue aérienne de l'émergence d'une nappe phréatique le long d'une plage du Calvados à marée basse



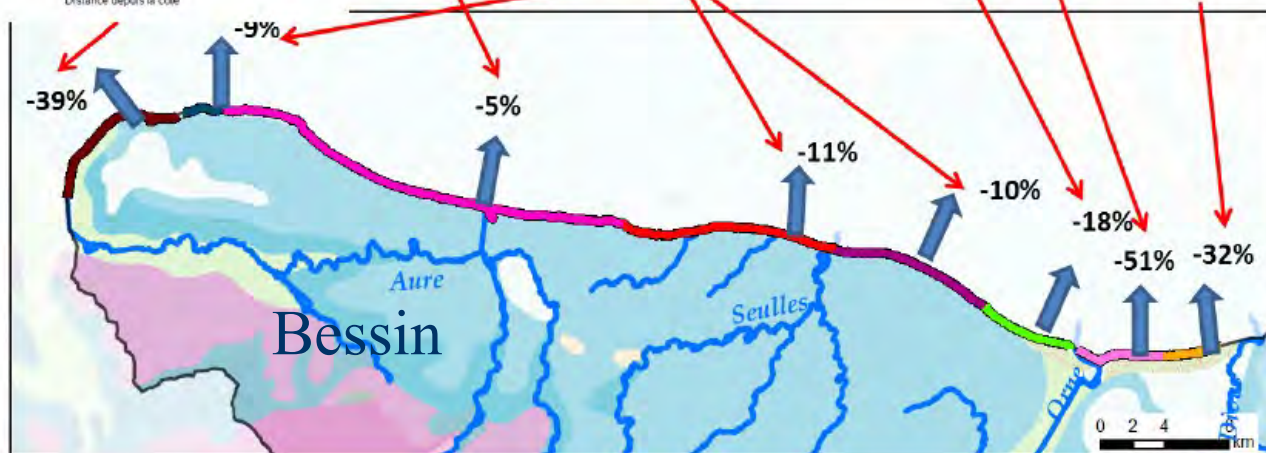
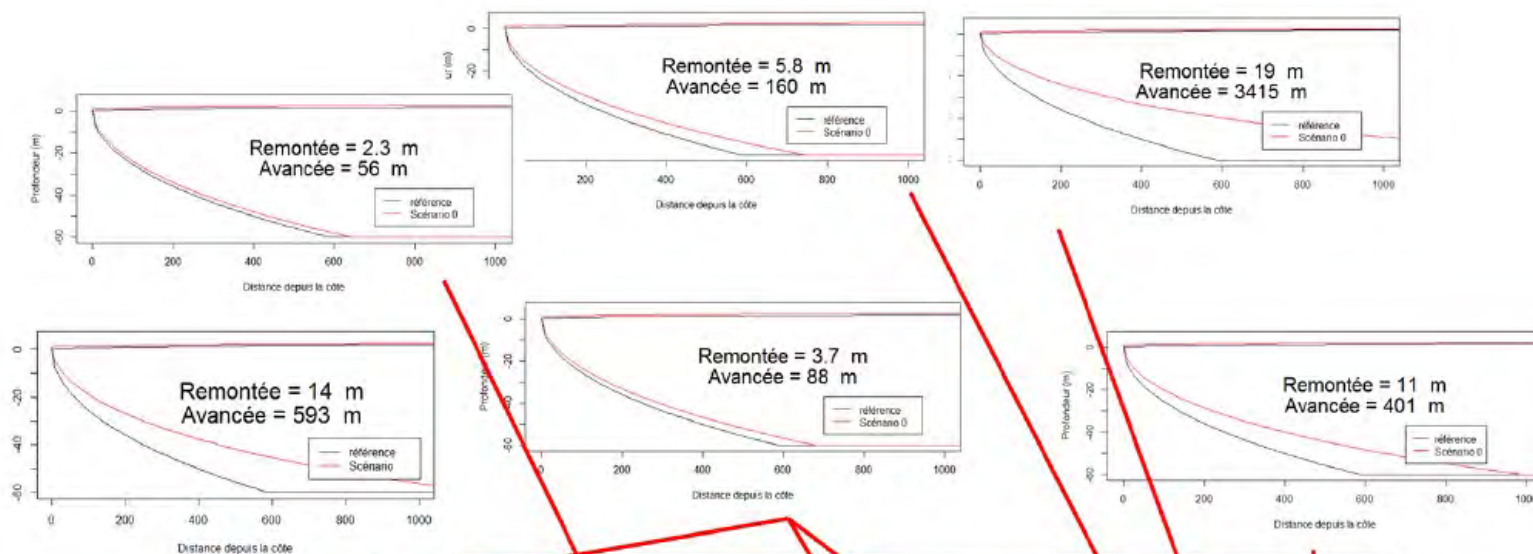
L'eau salée pénètre le continent



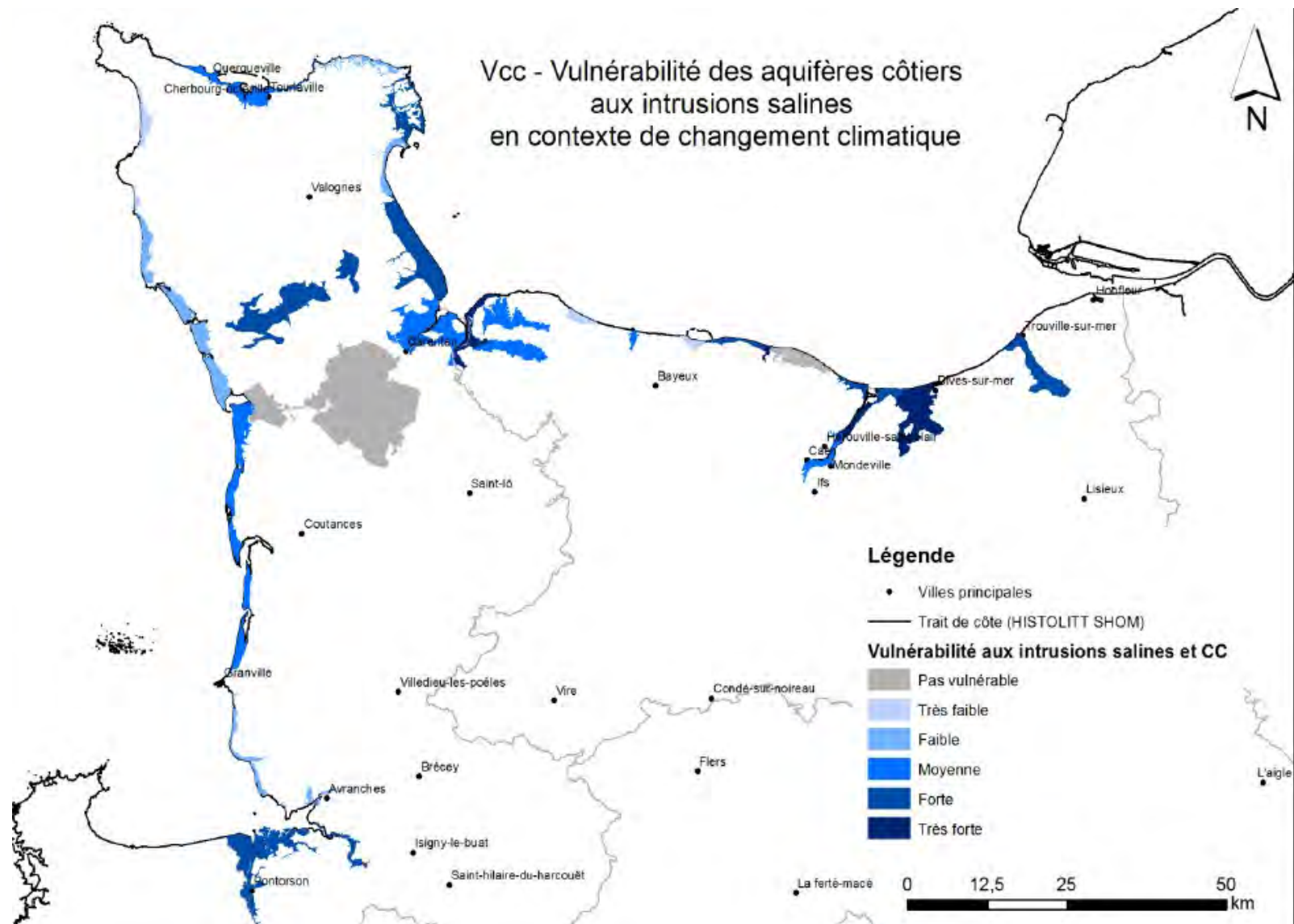
$$H = 40 \times h$$

Si $h = 2,5 \text{ m}$ \longrightarrow le biseau salé est à 100 m de profondeur

Evolution des écoulements souterrains et du biseau salé à l'horizon 2100 pour un scénario RCP 8.5 et 1 m d'élévation de la mer



La susceptibilité à la pénétration du biseau salé

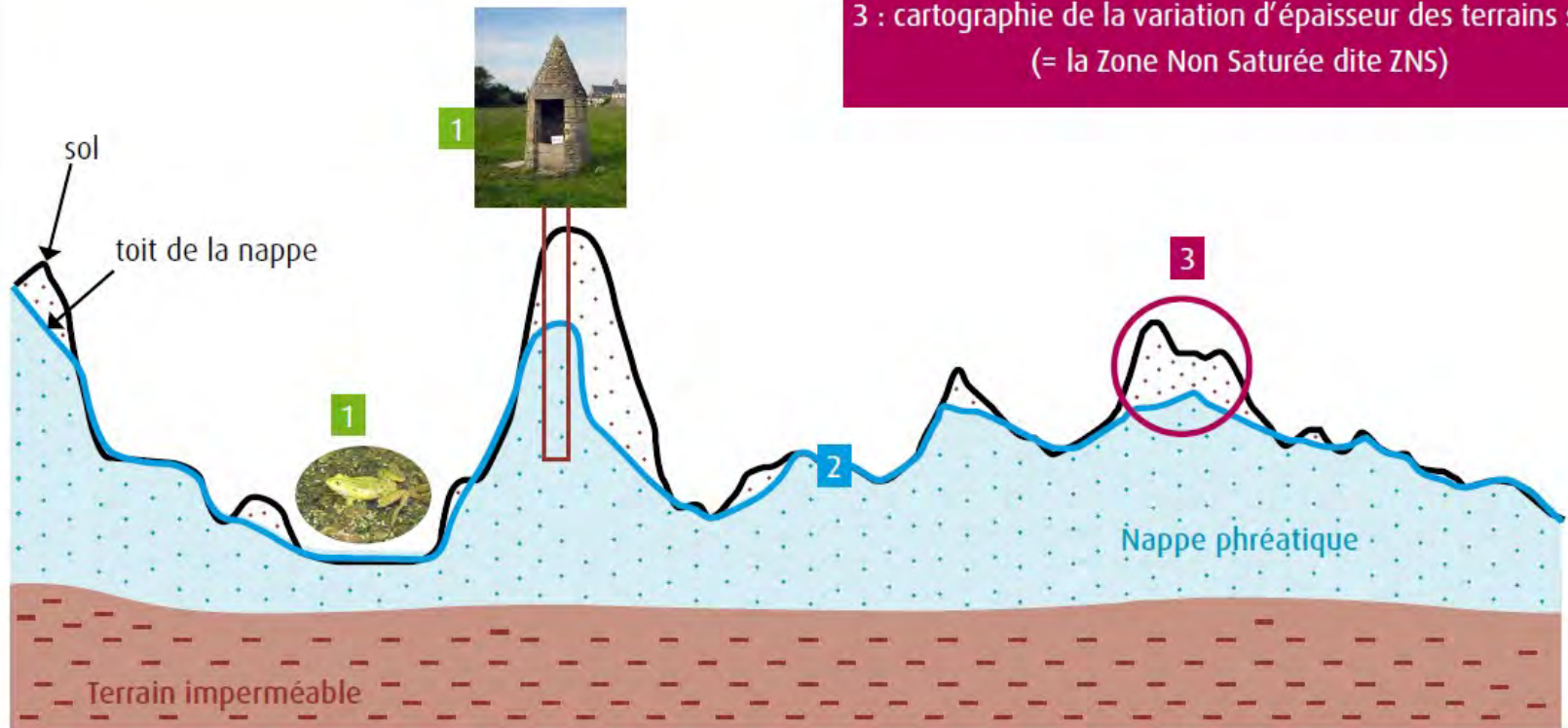


Construction de la piézométrie des nappes phréatiques pour cartographier les zones d'émergence de ces dernières et l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS)

1 : cartographie des zones humides et des mares ;
mesures du niveau d'eau dans des puits

2 : cartographie de la piézométrie des nappes phréatiques.
(= forme du toit de la nappe phréatique)

3 : cartographie de la variation d'épaisseur des terrains secs.
(= la Zone Non Saturée dite ZNS)



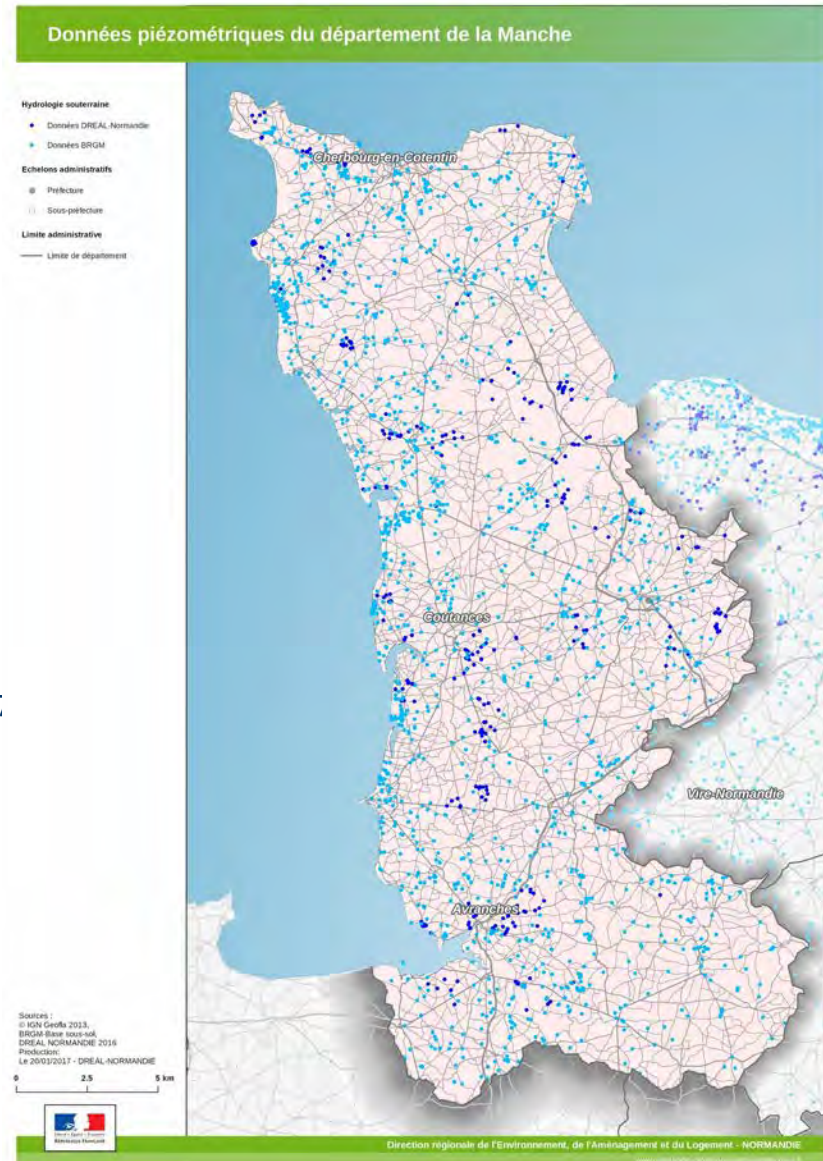
Si la ZNS est inférieure à 50 cm, la probabilité de trouver des zones humides est très forte.
ZNS = différence entre la cote du sol et celle du toit de la nappe

Données piézométriques disponibles sur le territoire

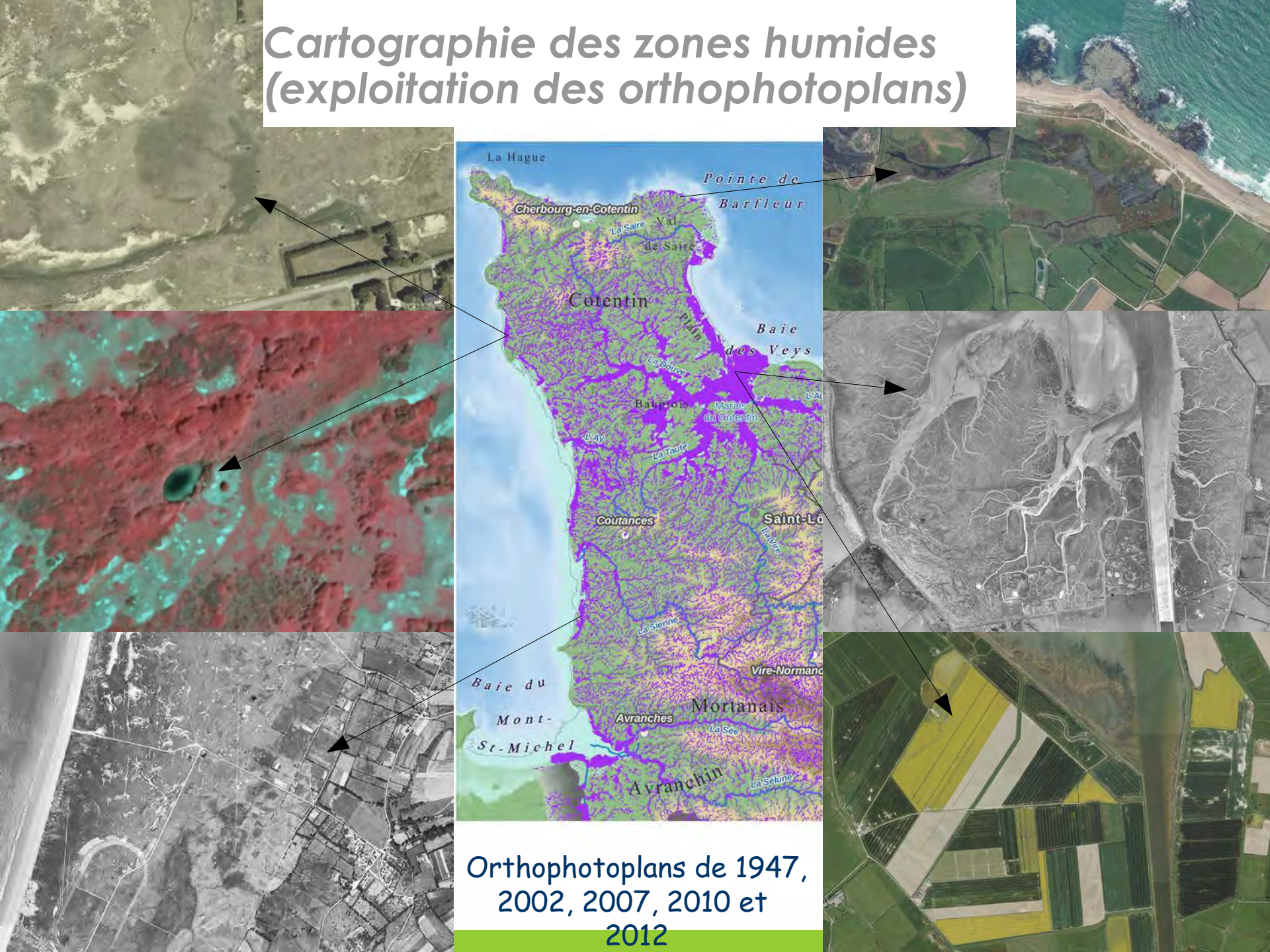
339 données piézométriques
DREAL de hautes eaux

1817 données « toutes eaux »
du BRGM

Surface interceptée par les
ouvrages : 1000m² soit 1,5. 10⁻³
de la surface de la Manche



Cartographie des zones humides (exploitation des orthophotoplans)



Orthophotoplans de 1947,
2002, 2007, 2010 et
2012

Autres informations exploitées



Vols ou sorties terrain en période d'inondation : 1995, 1999, 2000, 2001, 2010..

Le traitement des données : un exemple à Saint-Jean-de-la-Rivière



photo 3



photo 1

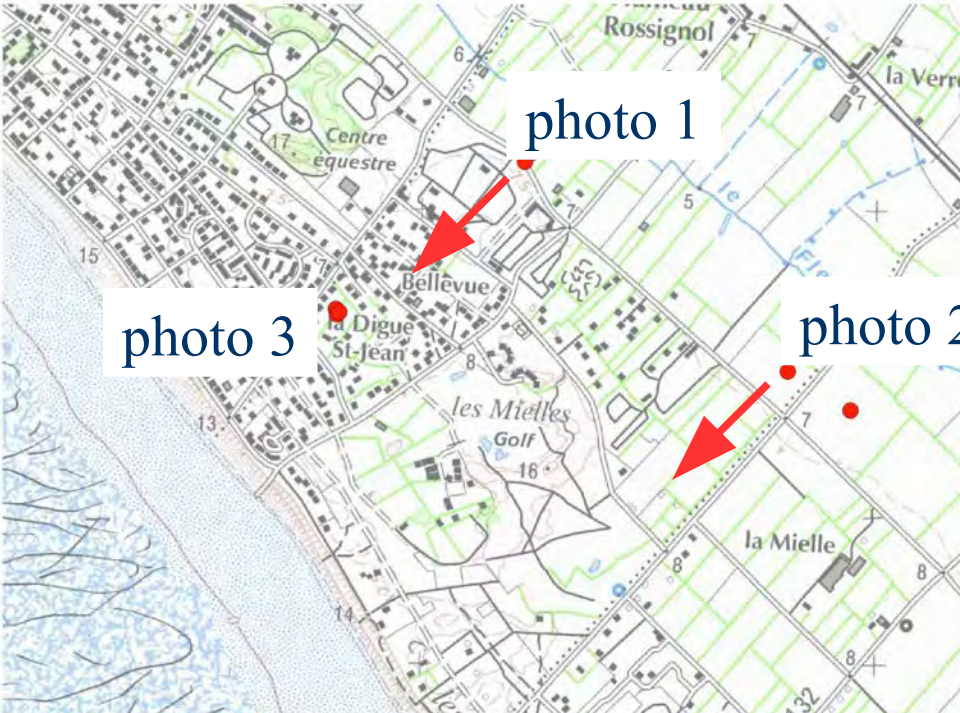


photo 1

photo 3

photo 2



photo 2

Le traitement des données : un exemple à Saint-Jean-de-la-Rivière

Le débordement s'exerce dans le cordon dunaire sableux
C'est bien la nappe phréatique qui en est à l'origine



paléo-falaise

Marais maritime

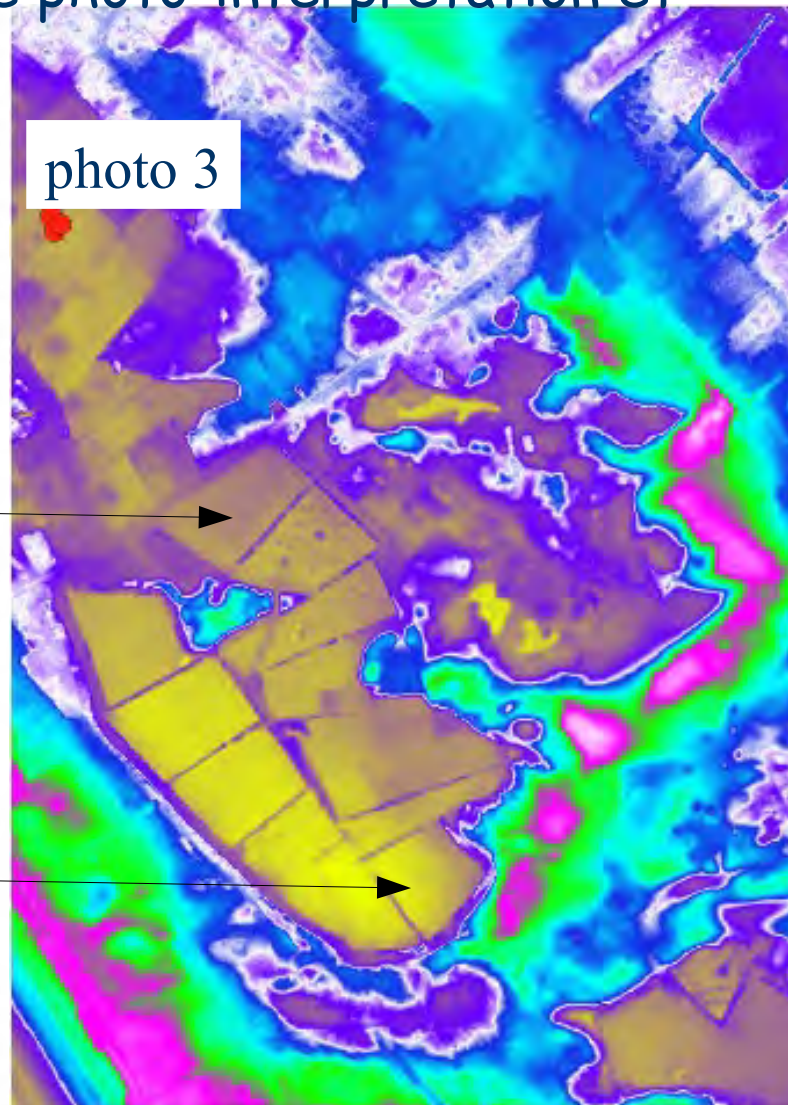
platier rocheux

plage de sable

cordon dunaire

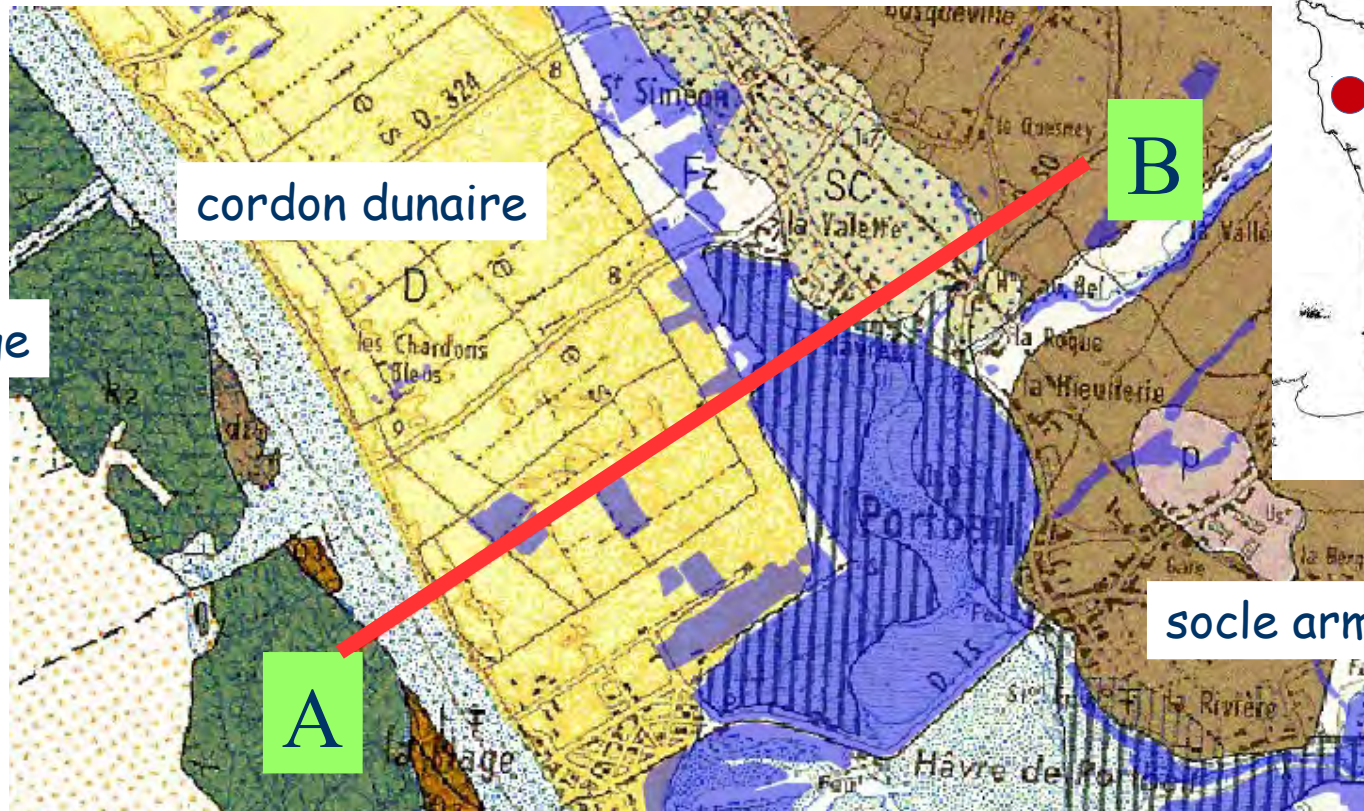
L'exploitation des données : un exemple à Saint-Jean-de-la-Rivière

Analyse de cohérence entre photo-interprétation et topographie lidar



Échelle :
1/4000

Les résultats en coupe

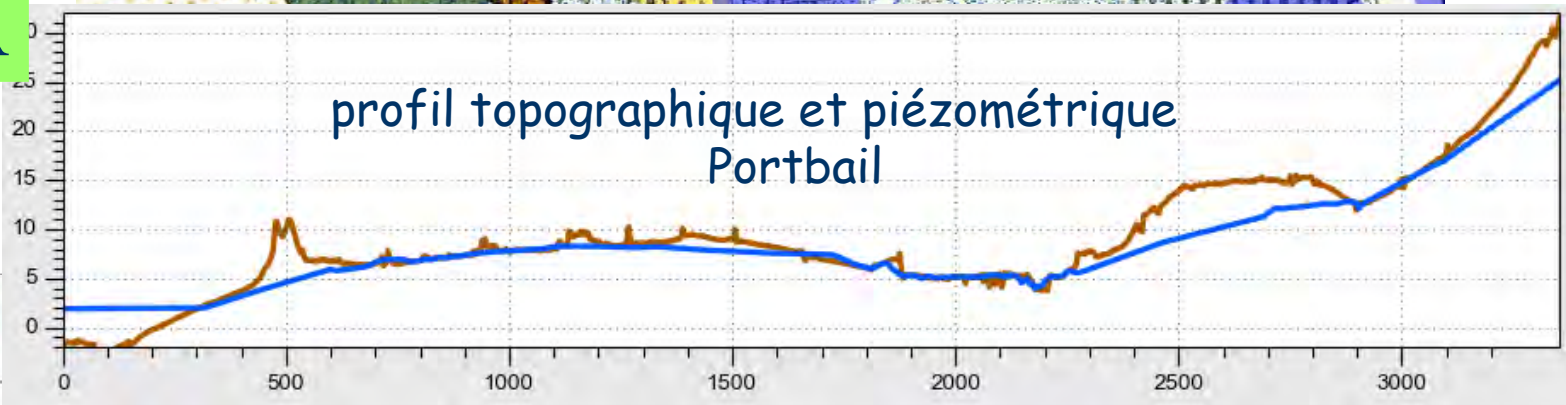


A

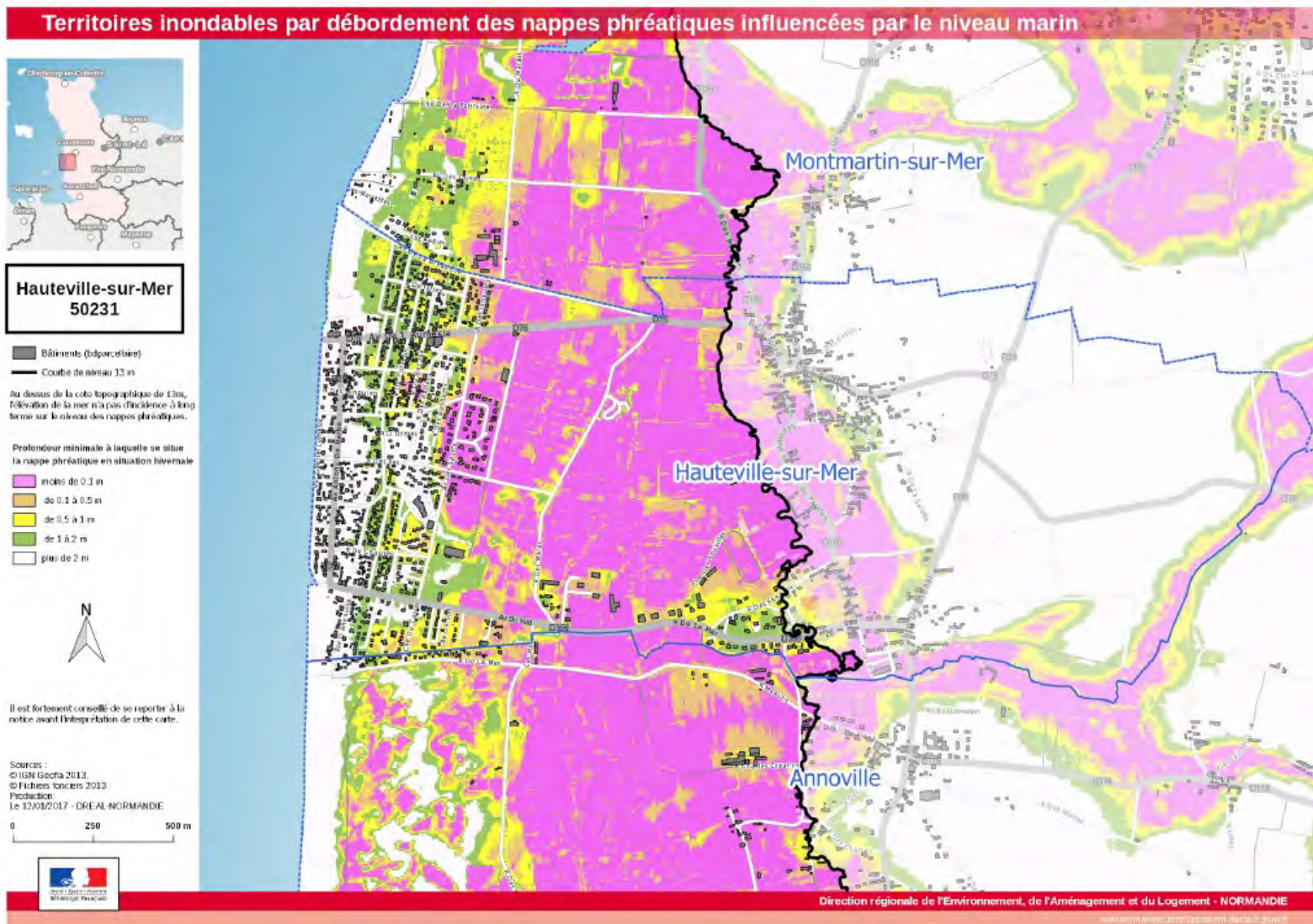
B

B

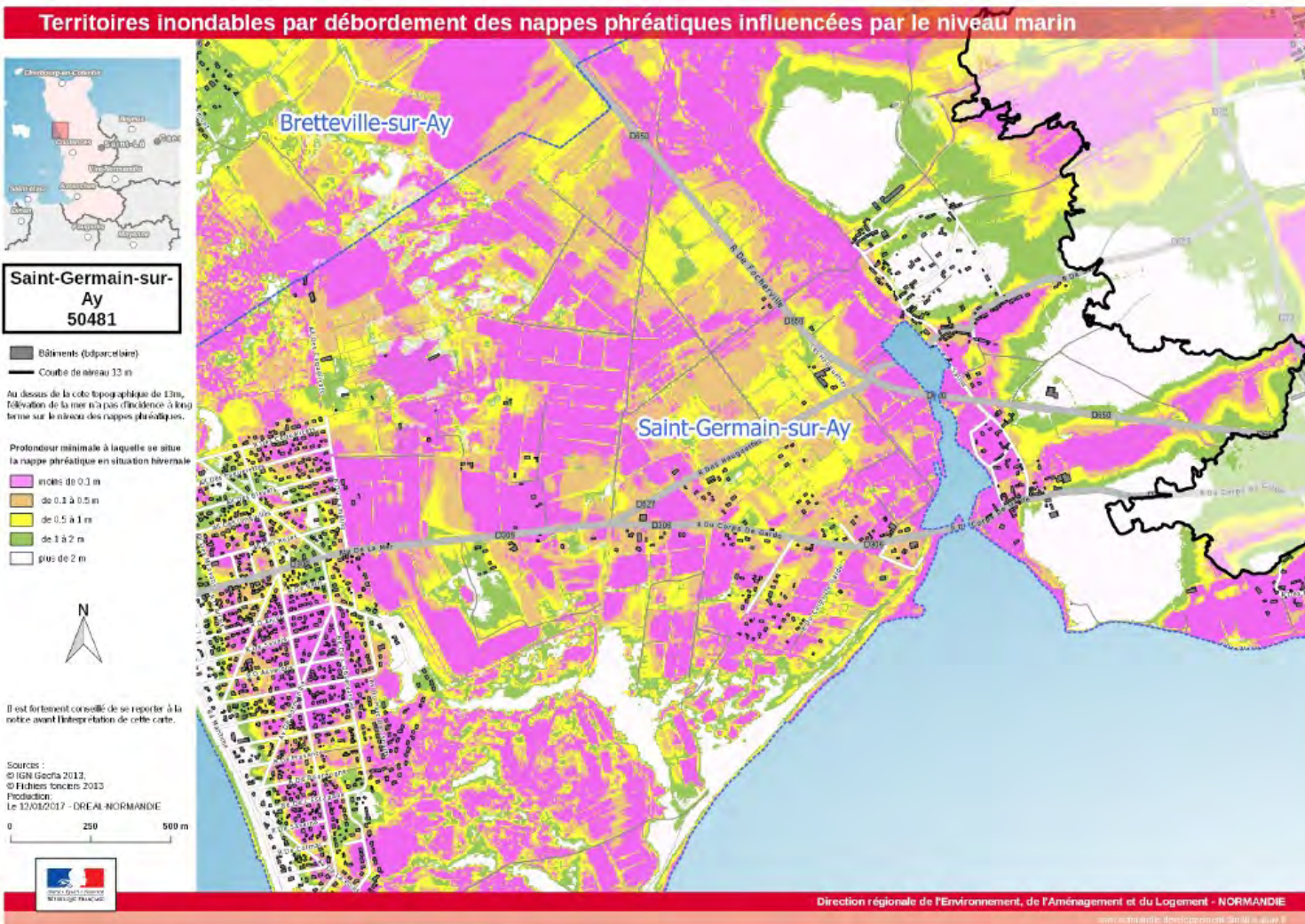
profil topographique et piézométrique
Portbail



Les résultats en carte



De nombreux bâtiments, réseaux et voiries menacés à court, moyen ou long terme



Un indice de susceptibilité au risque d'inondation par les nappes phréatiques

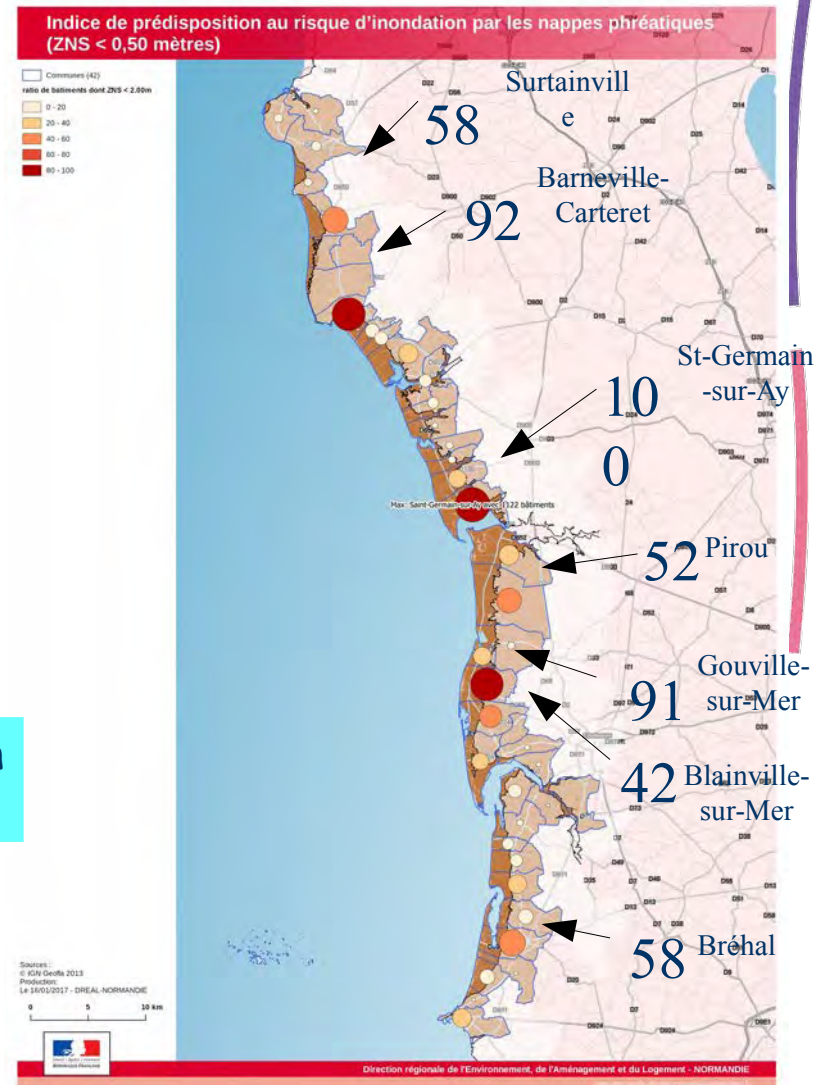
constructions en ZNS < 0,1 m
 Indice 100 = Barneville-Carteret
 626 constructions

constructions en ZNS < 0,5 m
 Indice 100 = Saint-Germain-sur-Ay
 1122 constructions

14013 constructions en ZNS < 1m
 pour les 42 communes de la zone d'étude

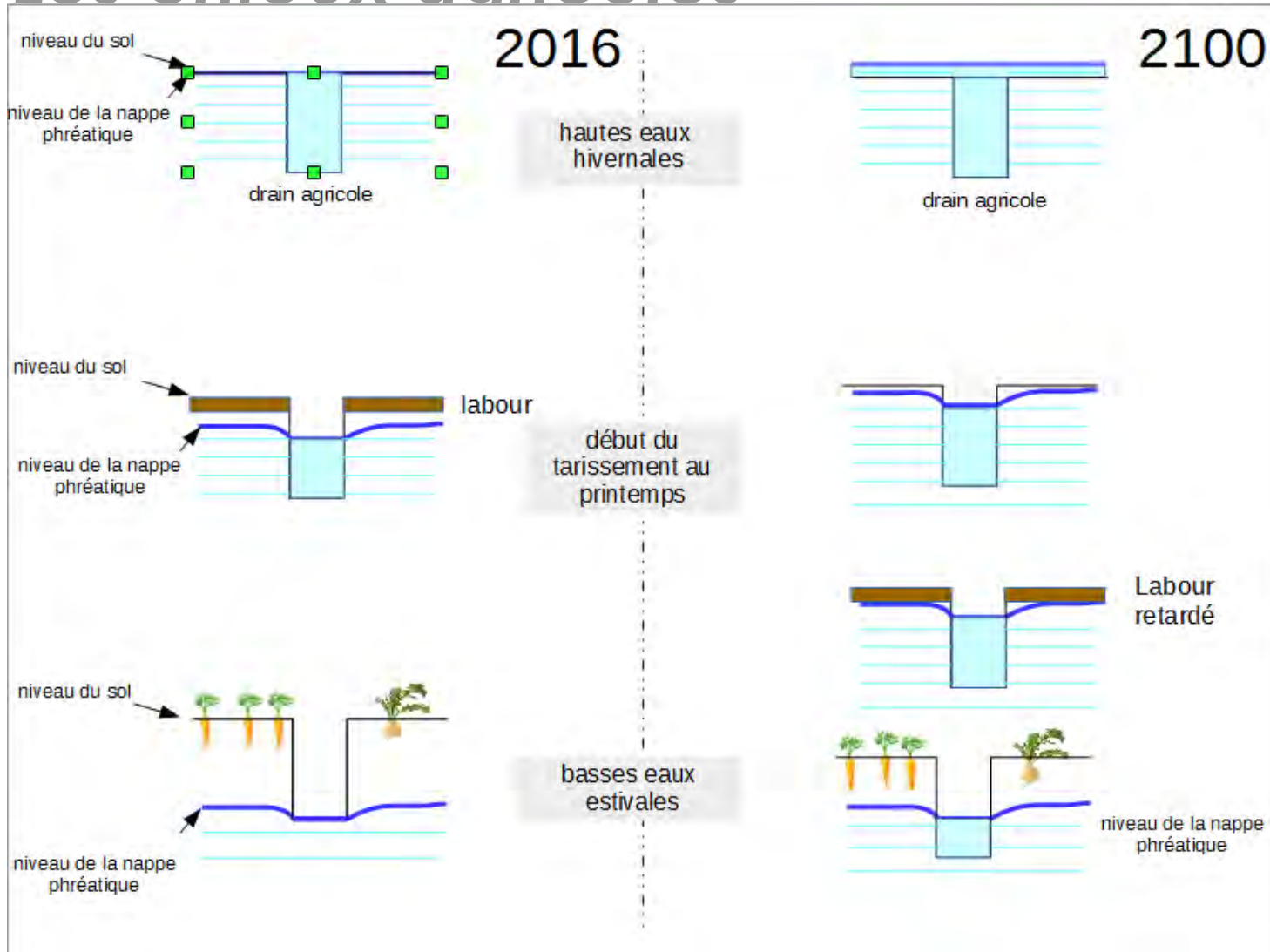
Les Moitiers-d'Allonne
 Beaubigny
 Saint-Malo-de-la-Lande
 Sénoville

Aucune construction
 en zone d'aléa



L'inondabilité par les nappes phréatiques

Les enjeux agricoles



Une perte progressive de surfaces culturelles

Territoires inondables par débordement des nappes phréatiques influencées par le niveau marin



Agon-Coutainville
50003

■ Bâtimens (disparcelsaire)
— Courbe de niveau 13 m

Au dessous de la cote topographique de 13m, l'élévation de la mer n'a pas d'incidence à long terme sur le niveau des nappes phréatiques.

Profondeur minimale à laquelle se situe la nappe phréatique en situation hivernale

- moins de 0.1 m
- de 0.1 à 0.5 m
- de 0.5 à 1 m
- de 1 à 2 m
- plus de 2 m



Il est fortement conseillé de se reporter à la notice avant l'interprétation de cette carte.

Sources :
© IGN GeoInfo 2013
© Fichiers Fonciers 2013
Production:
Le 12/01/2017 - DREAL-NORMANDIE

0 250 500 m



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement - NORMANDIE

www.normandie-developpement-durable.fr

L'inondabilité par les nappes phréatiques

Les enjeux agricoles

Le risque d'inondation des terres agricoles par les nappes phréatiques littorales
 Augmentation du risque avec l'élévation de la mer
 Un exemple à Hauteville-sur-Mer (Manche)

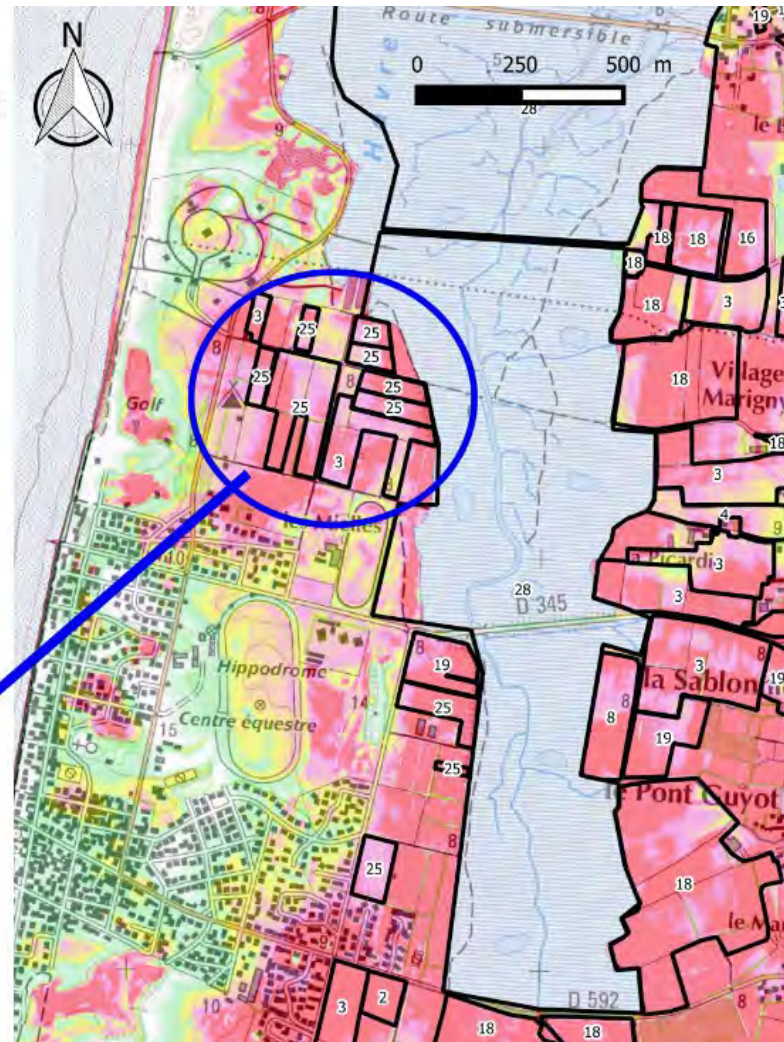
-  zone déjà inondable ou inondable à court terme
-  zone inondable à moyen terme
-  zone inondable à long terme
-  zone inondable à très long terme
-  îlot agricole et sa codification

- Codification agricole
- 2 : maïs
 - 3 : orge
 - 4 : autres céréales
 - 8 : protéagineux
 - 18 : prairies permanentes
 - 19 : prairies temporaires
 - 25 : légumes et fleurs

10,6 ha de culture légumière

valeur vénale des terres : 70 000 euros ?

chiffre d'affaires annuel : 150 000 euros ?



Two lacks in the coastal lowlands : groundwater salinity and piezometric networks



Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
 NORMANDIE

L'érosion régressive par la mer et les inondations littorales menacent à terme 2,7 % de la surface des sols de la Basse-Normandie



L'érosion marine est-elle liée au changement climatique ?

Au 18ème siècle dans la Manche, lutte contre un phénomène contraire : l'accrétion littorale et la présence de « sables volages »

Lien avec un début de glaciation ? Vents plus puissants ?

Régression marine ?

La lutte contre les sables volages

- L'échec des réalisations d'envergure : l'exemple de Barneville-Carteret
- **1726**: fascinage, digues, canalisation et législation drastique
- **1750-1800**: repli stratégique (abandon des maisons et des bâtiments d'exploitation)

Archives du Calvados C 1767/2

1726: havre de Carteret



© S.NOËL

Thèse de Suzanne Noël

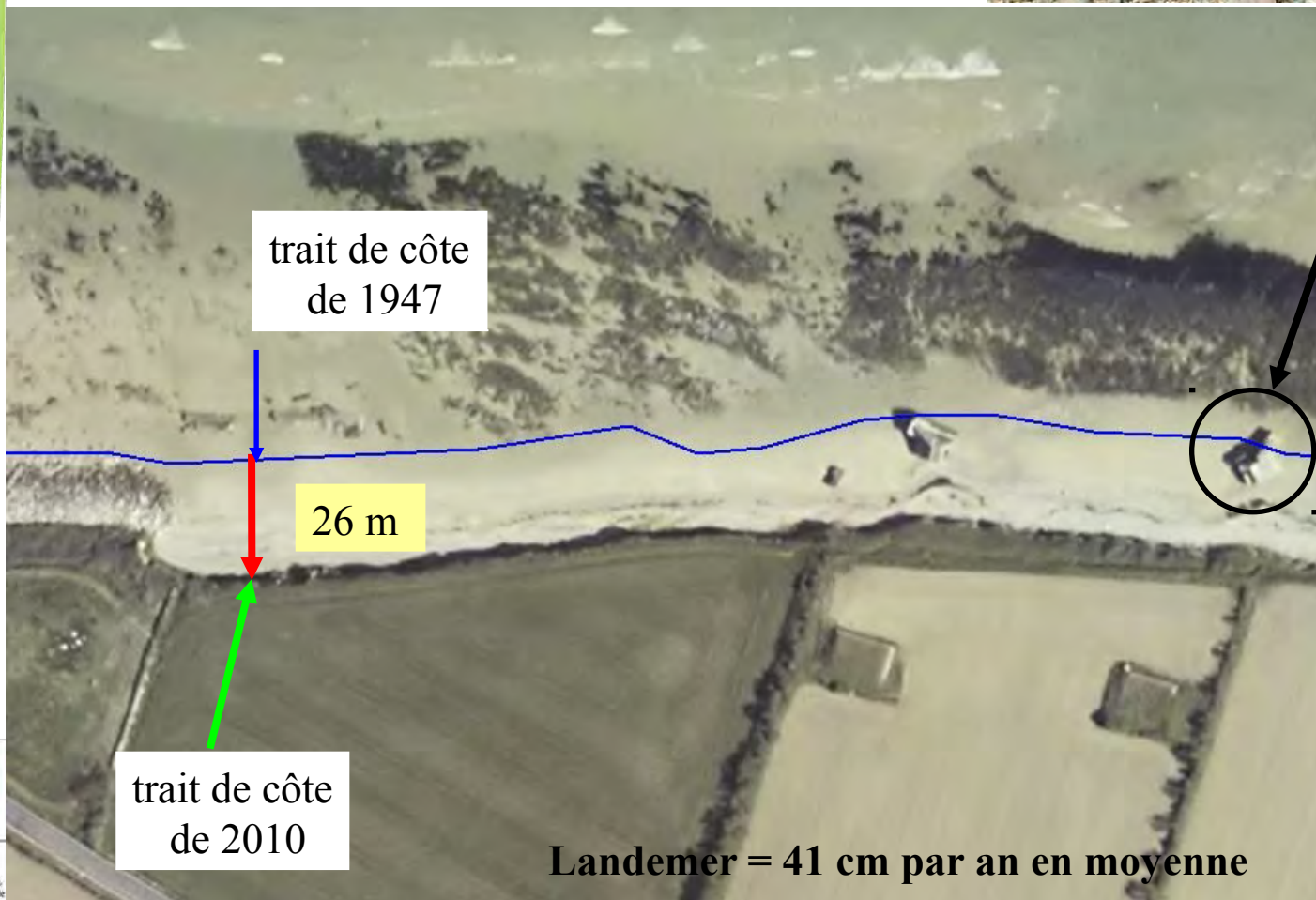
Zoom sur l'érosion régressive

Des processus très actifs sur nos côtes, y compris les côtes rocheuses



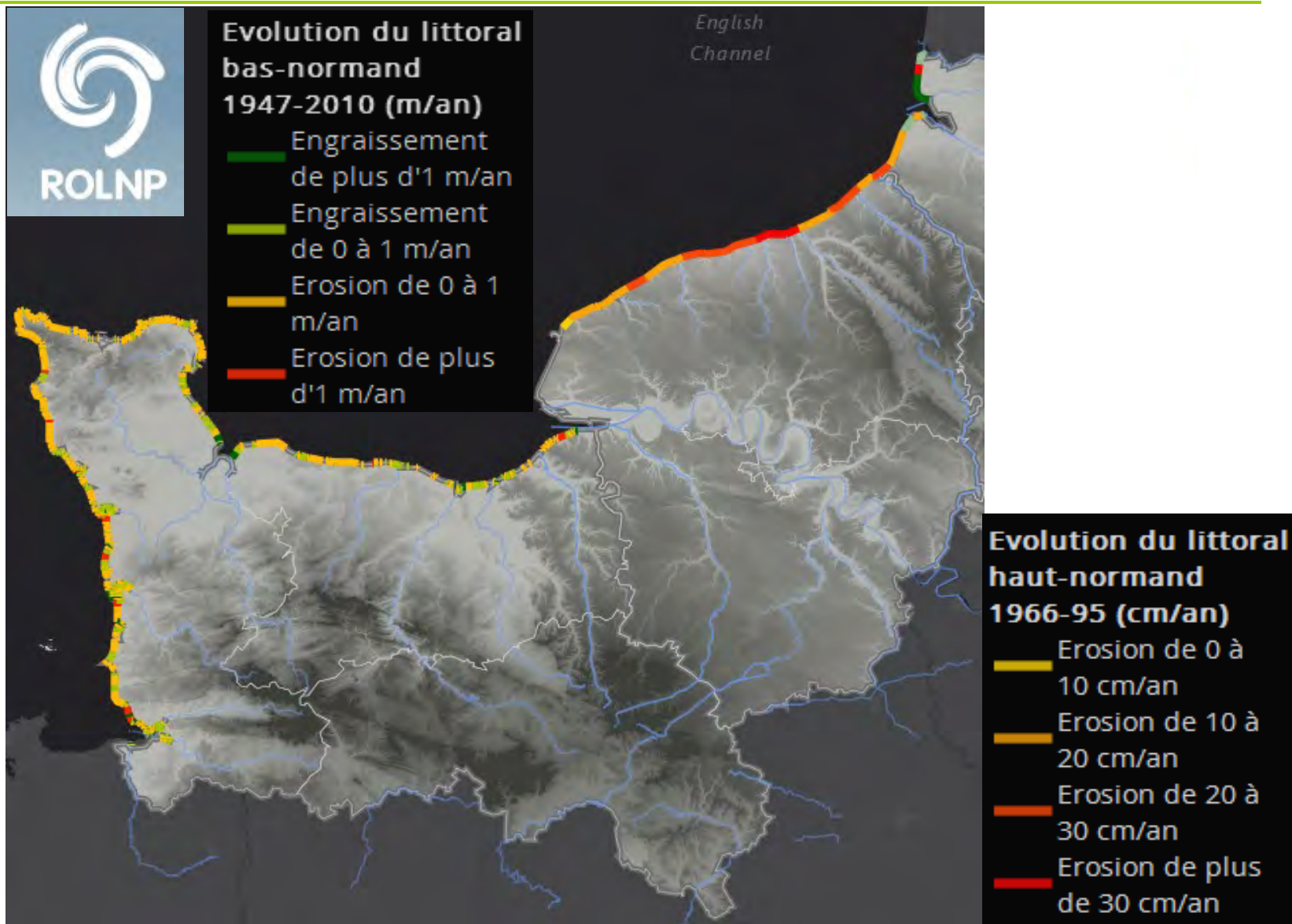
marais de Vrasville (Val-de-Saire)

Zoom sur l'érosion régressive Comment mesure-t-on le phénomène ?





L'érosion littorale



Zoom sur l'érosion régressive Doit-on tout protéger ?



Zoom sur l'érosion régressive

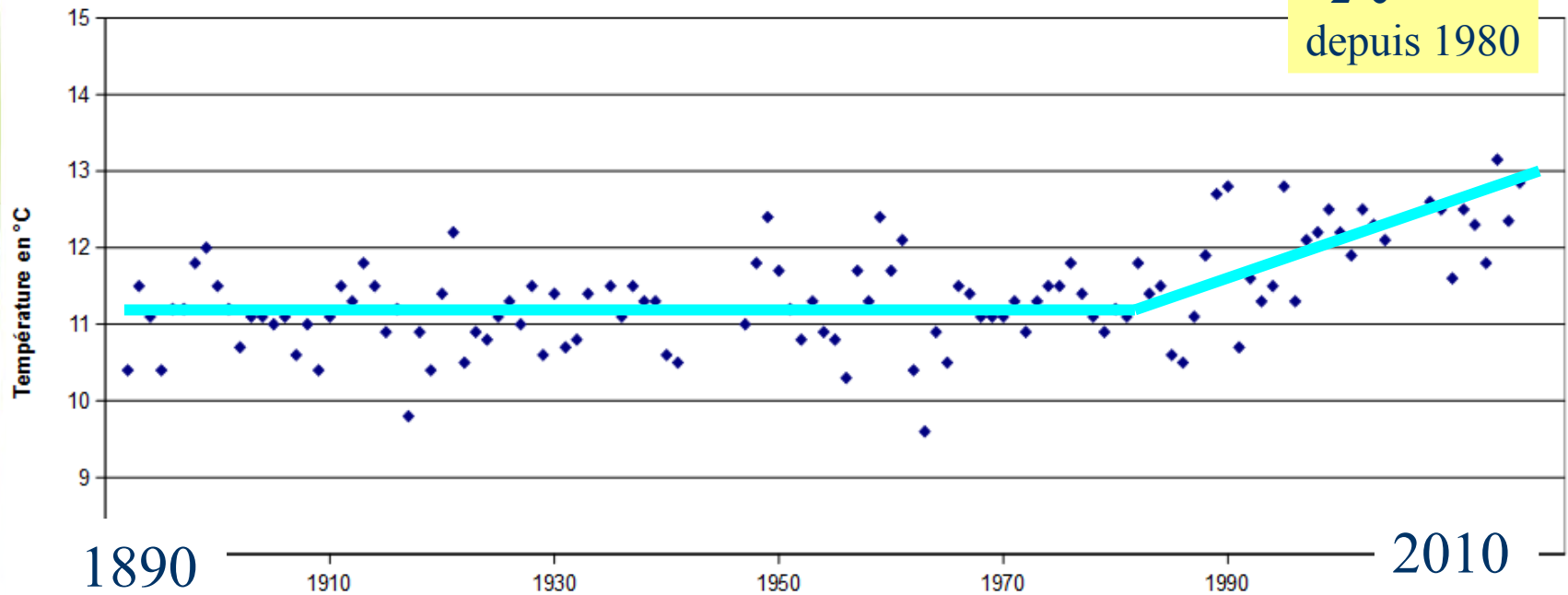
Erosion derrière un enrochement très récent...



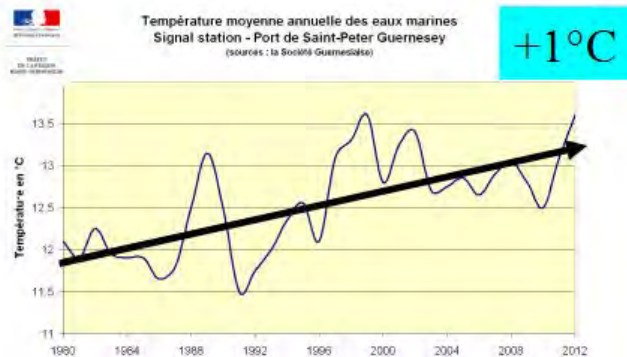
Elévation de la température de la mer de la Manche

Elévation de la température de l'eau en mer de la Manche
Station de Eastbourne (GB) - température moyenne annuelle

+2°C
depuis 1980



source : A.E. Joyce (2006, rapport CEFAS modifié)



1980

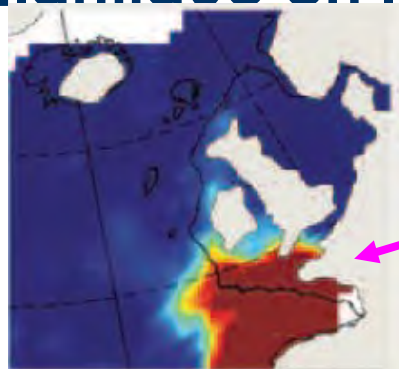
2012

Peu de fragmentation : bouleversements déjà visibles

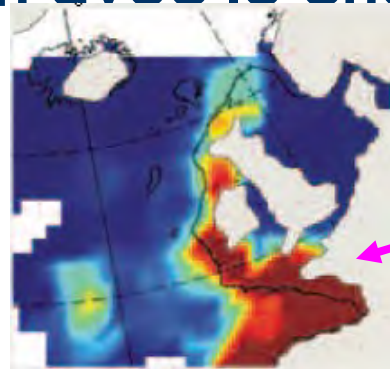
Modification de la biodiversité planctonique dans le NE de l'Atlantique en lien avec le changement climatique

Espèces pseudo-océaniques d'eaux tempérées chaudes

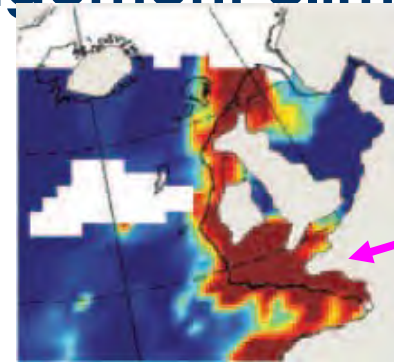
Rapport OSPAR 2010



1958-1981



1982-1999



2003-2005



baliste



mérrou

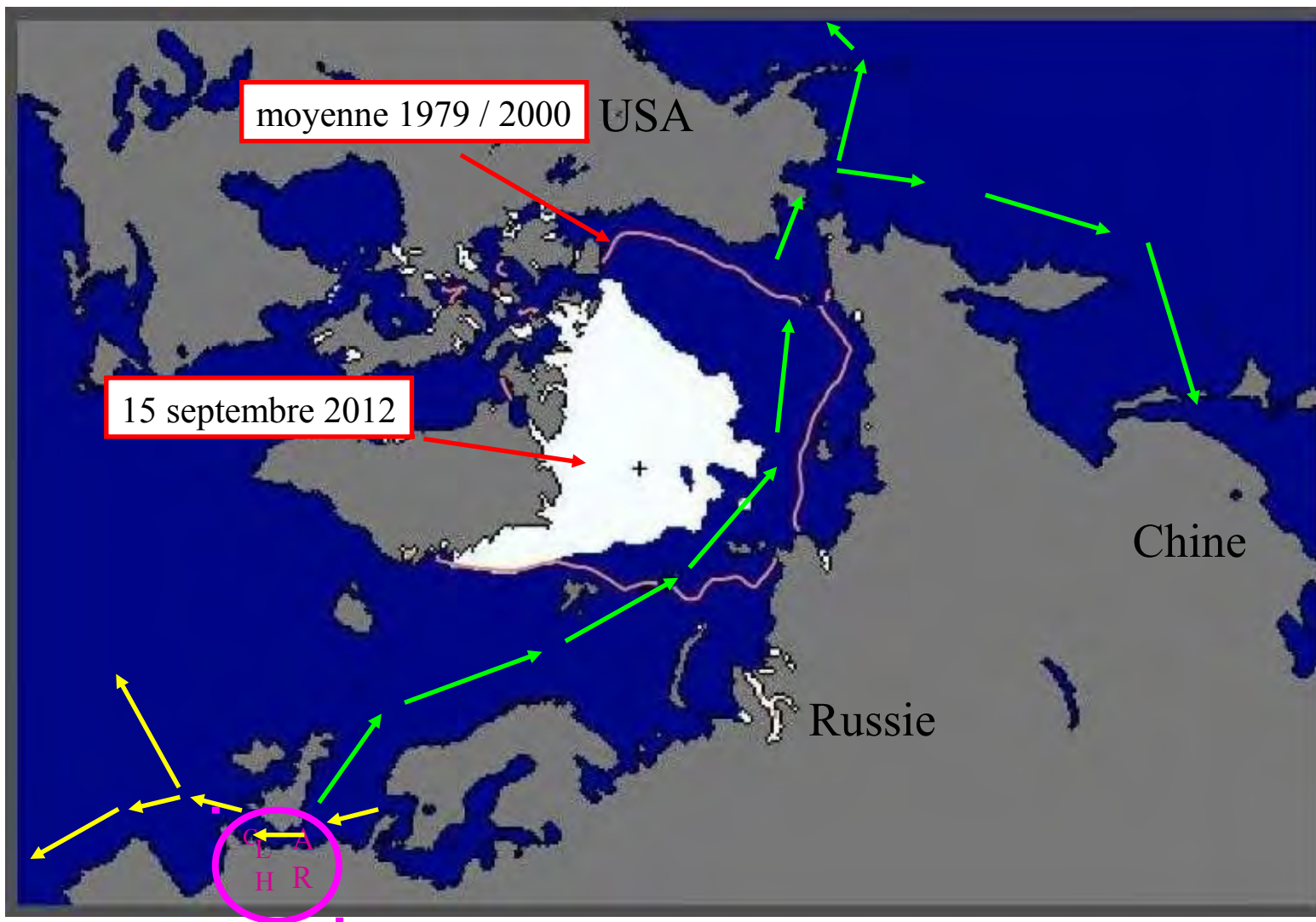


poisson lune



Qui va occuper les niches écologiques délaissées par les espèces d'eau froides ?

Économie maritime



La fonte de la banquise arctique
et la réorganisation du trafic maritime mondial



Le changement climatique Une opportunité touristique ?



Coté terre

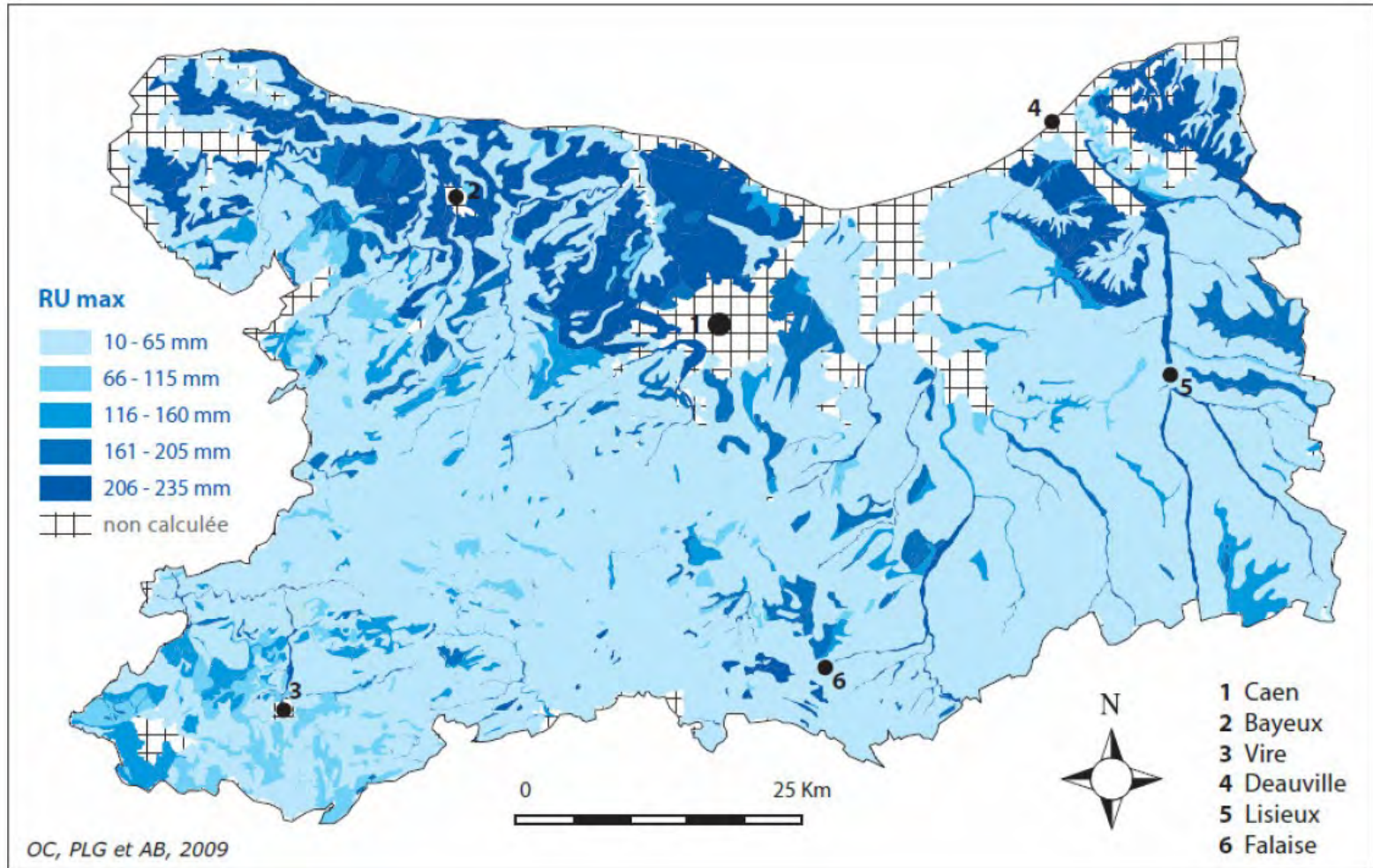


Les sols

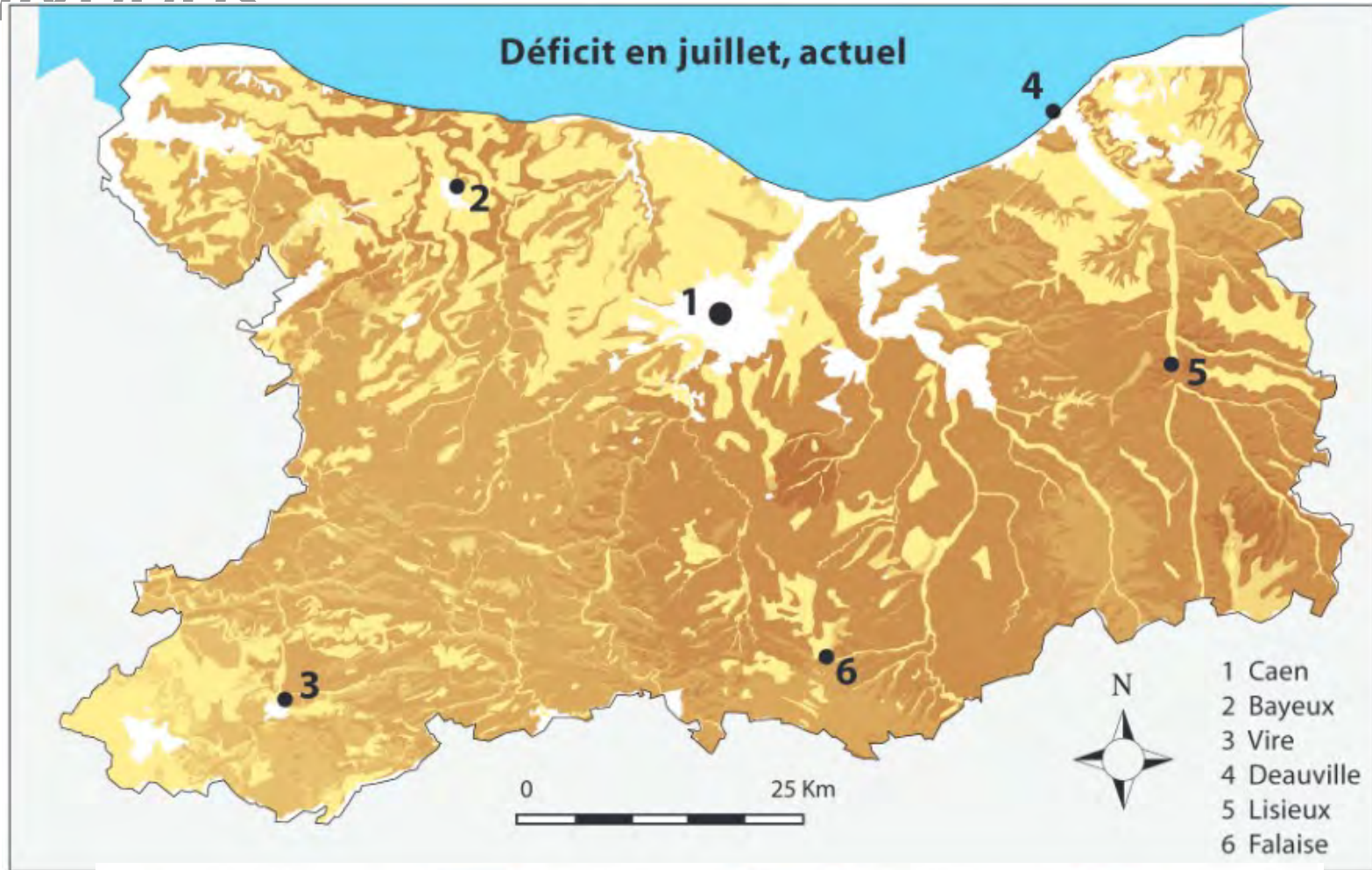


La réserve en eau des sols

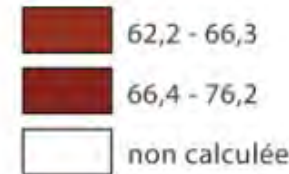
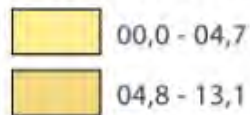
Réserve utile maximale des sols dans le département du Calvados



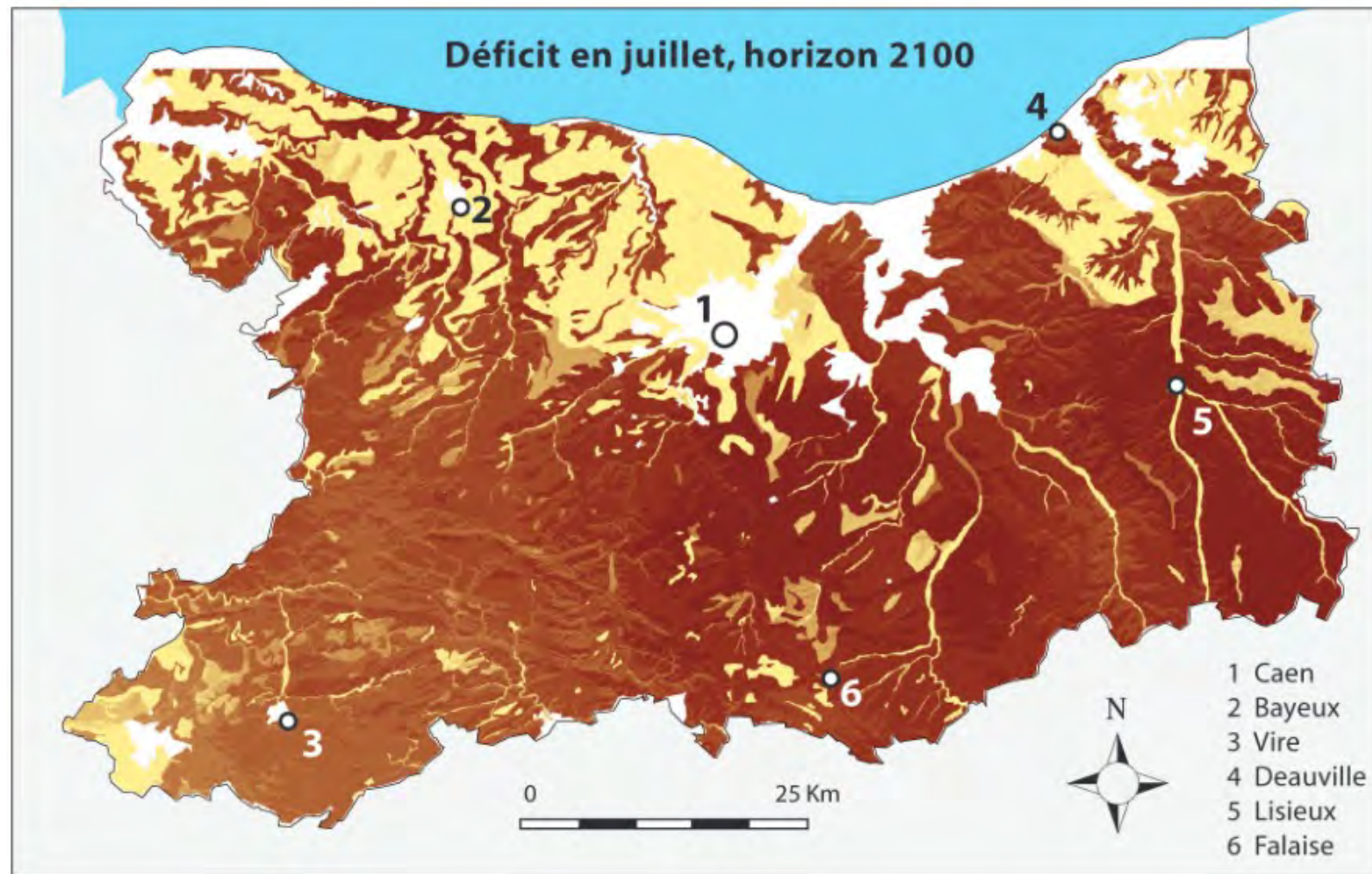
Le déficit estival des sols : exemple du Calvados



Déficit (mm)



Le déficit estival des sols : le Calvados en 2100



Déficit (mm)

00,0 - 04,7

04,8 - 13,1

13,2 - 23,0

23,1 - 33,4

33,5 - 42,7

42,8 - 51,4

51,5 - 57,6

57,7 - 62,1

62,2 - 66,3

66,4 - 76,2

non calculée

L'érosion des sols n'est pas seulement maritime

Nos sols sont non reconstituables à l'échelle humaine. Sans matière organique le sol dépérit
Intensification des pluies : davantage d'érosion et donc moins de matière organique



Substrat géologique
mis à nu
(Bd ortho 2006)

alternance de bancs calcaires (de couleur
beige) et de bancs argileux (plus bruns)
= substrat géologique

traces
d'érosion
du sol
(Bd ortho 2001)



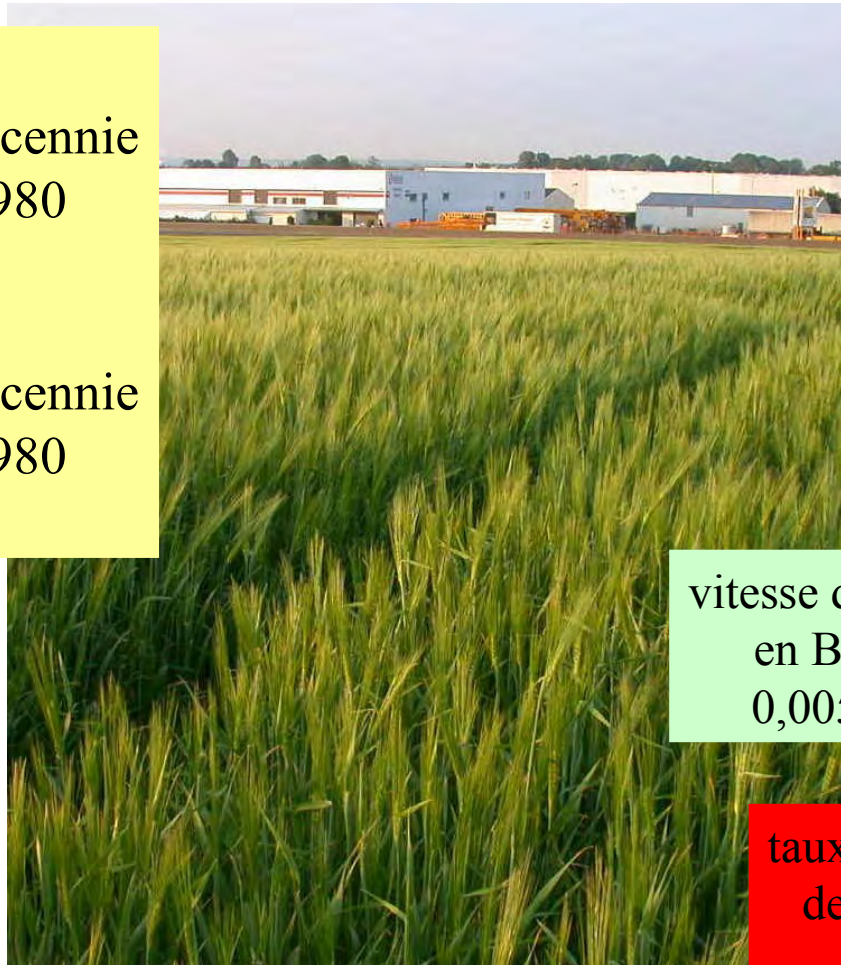


Rendements agricoles

- Stress thermique + stress hydrique + perte de matière organique = baisse des rendements agricoles

Rendement du blé :
baisse de 2% par décennie
depuis les années 1980

Rendement du maïs
baisse de 1% par décennie
depuis les années 1980

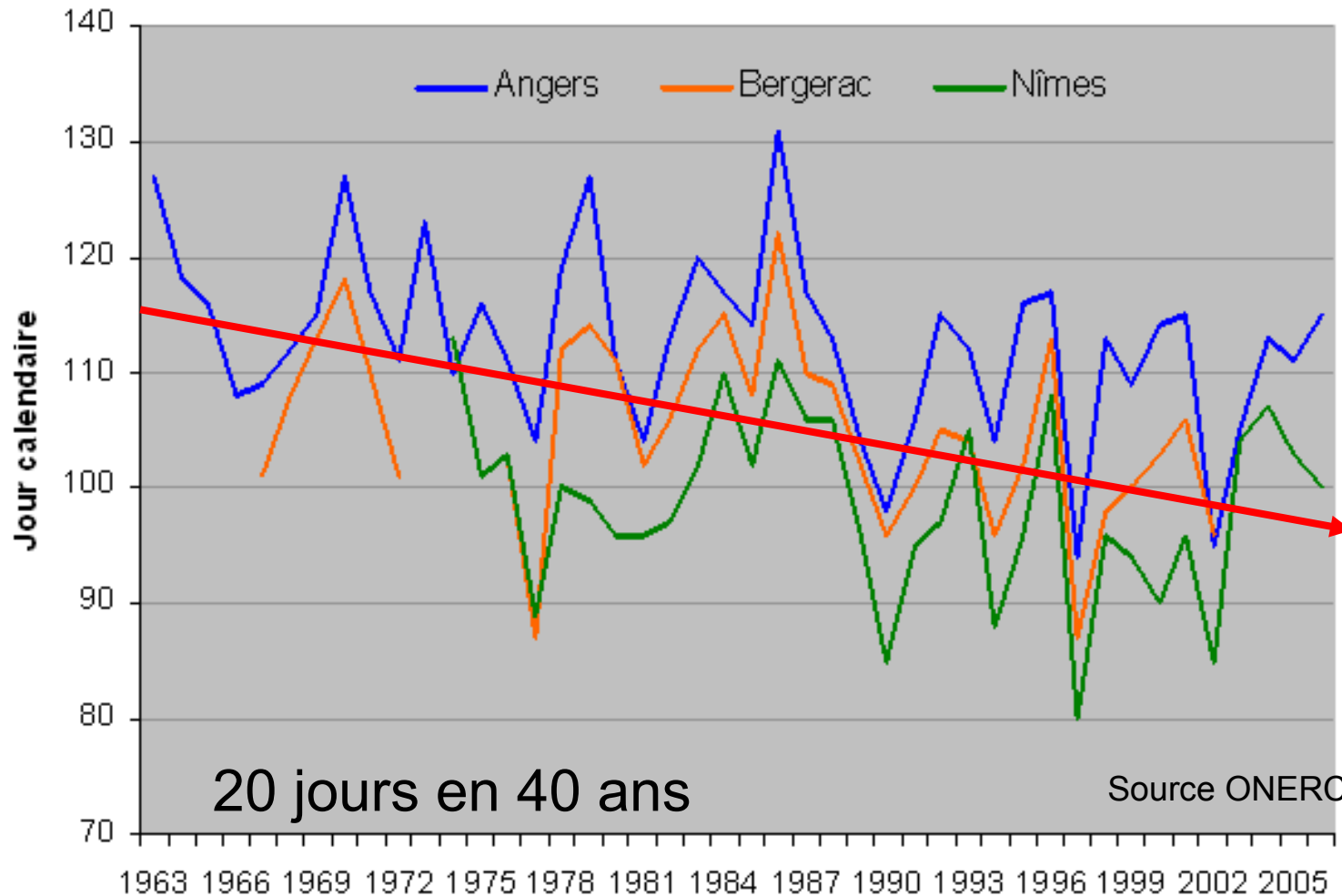


vitesse de formation d'un sol
en Basse-Normandie :
0,005 à 0,1 mm par an

taux moyen d'érosion
des sols en France
1 mm par an

Débouffrage et floraisons plus précoces que dans le passé

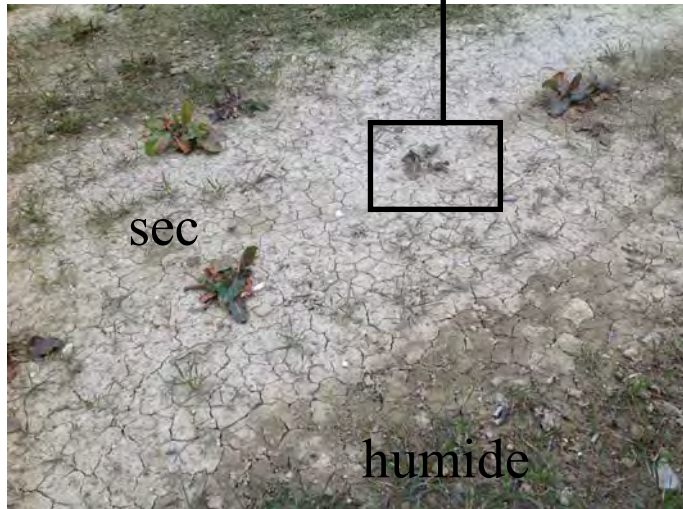
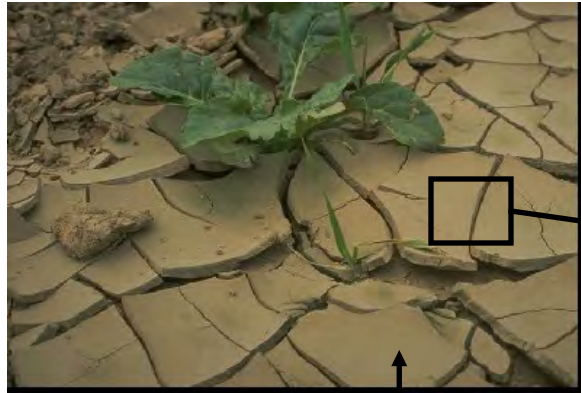
Évolution du début de floraison du pommier 'Golden Delicious' (stade F1) dans trois sites représentatifs de son aire de production en France (source INRA, CTIFL, Domaine de Castang)



Bâtir sur sol argileux ou tourbeux : risque accru avec augmentation des T

En hiver, les argiles s'humidifient : les sols gonflent

En été, les argiles s'assèchent : les sols se rétractent



Cliché Université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand)

Les argiles : des phyllosilicates
capables de capter de l'eau entre
leurs feuillets

Ici des cristaux de smectite

Bâtir sur sol argileux ou tourbeux : risque accru avec augmentation des températures



coût moyen sinistre : 15000 euros

sinistralité : forte augmentation d'ici 2100

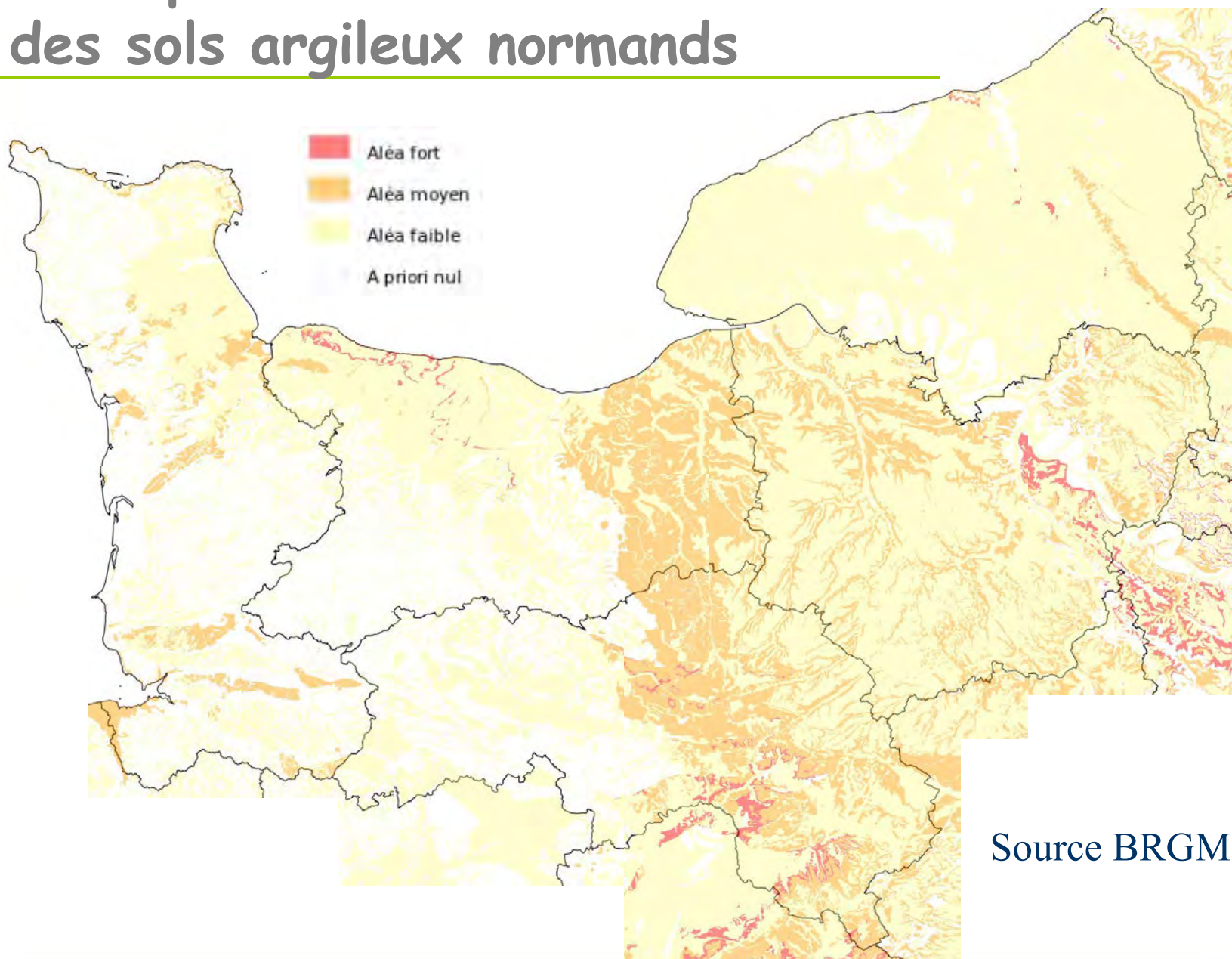
www.argiles.fr

réflexion en cours sur Isthme du Cotentin





Susceptibilité aux tassements différentiels des sols argileux normands



Source BRGM



Les autres mouvements de terrain



Villerville
mars 2001



Cartographie des prédispositions aux glissements de terrain et aux chutes de blocs en ligne : site DREAL

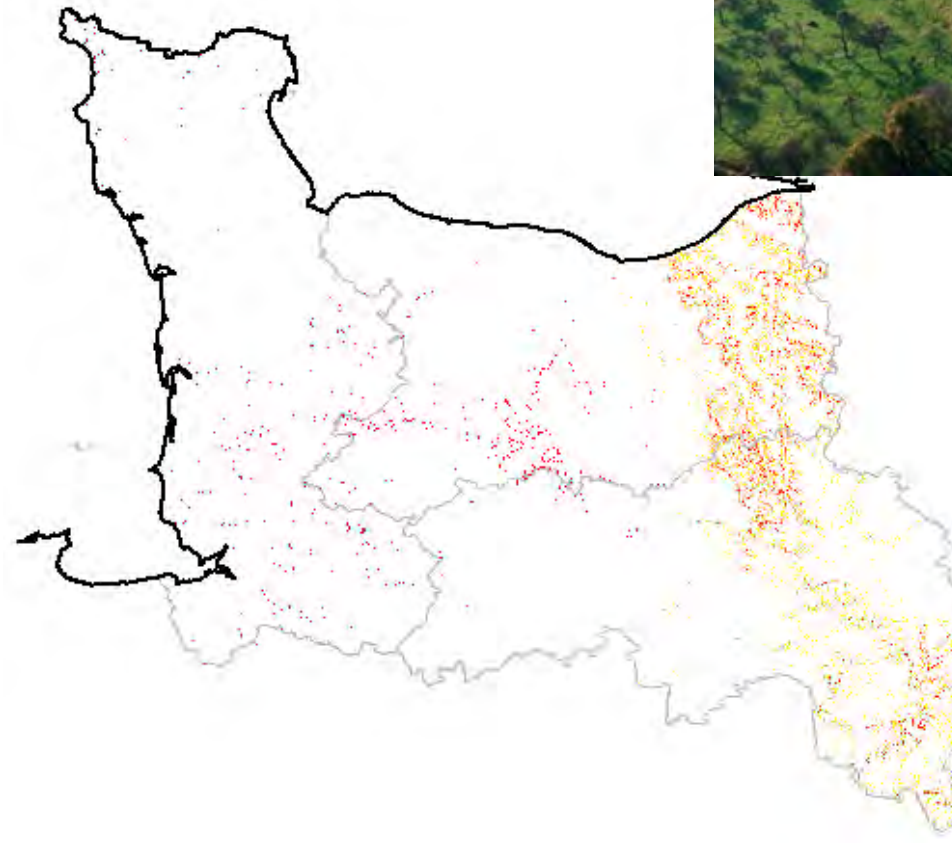
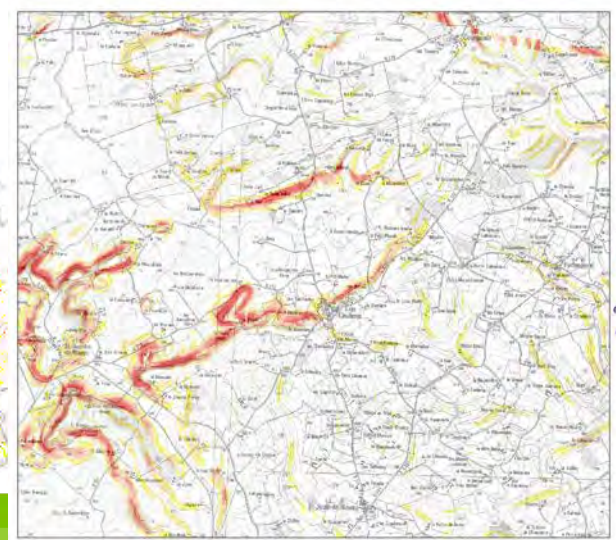


Photo lithothèque de Normandie
Fluage de pente dans un versant
du Pays-d'Auge




Ministère de l'Énergie, de l'Équipement et de la Mer


DREAL - Département de Normandie

Prédisposition aux mouvements de terrain
fluages, glissements de pente et phénomènes associés (chute de pierres et coulées de boue)
Mise à jour septembre 2004

Cette cartographie se base sur des mouvements de terrain liés à la présence de massifs ou autres couches instables.

Son utilisation doit s'appuyer nécessairement sur une lecture attentive de la notice explicative.

- Prédisposition très forte
- Prédisposition modérée à forte
- Prédisposition faible à modérée
- Prédisposition faible à faible

COULISMER
61121



0 0,5 1
Kilomètres

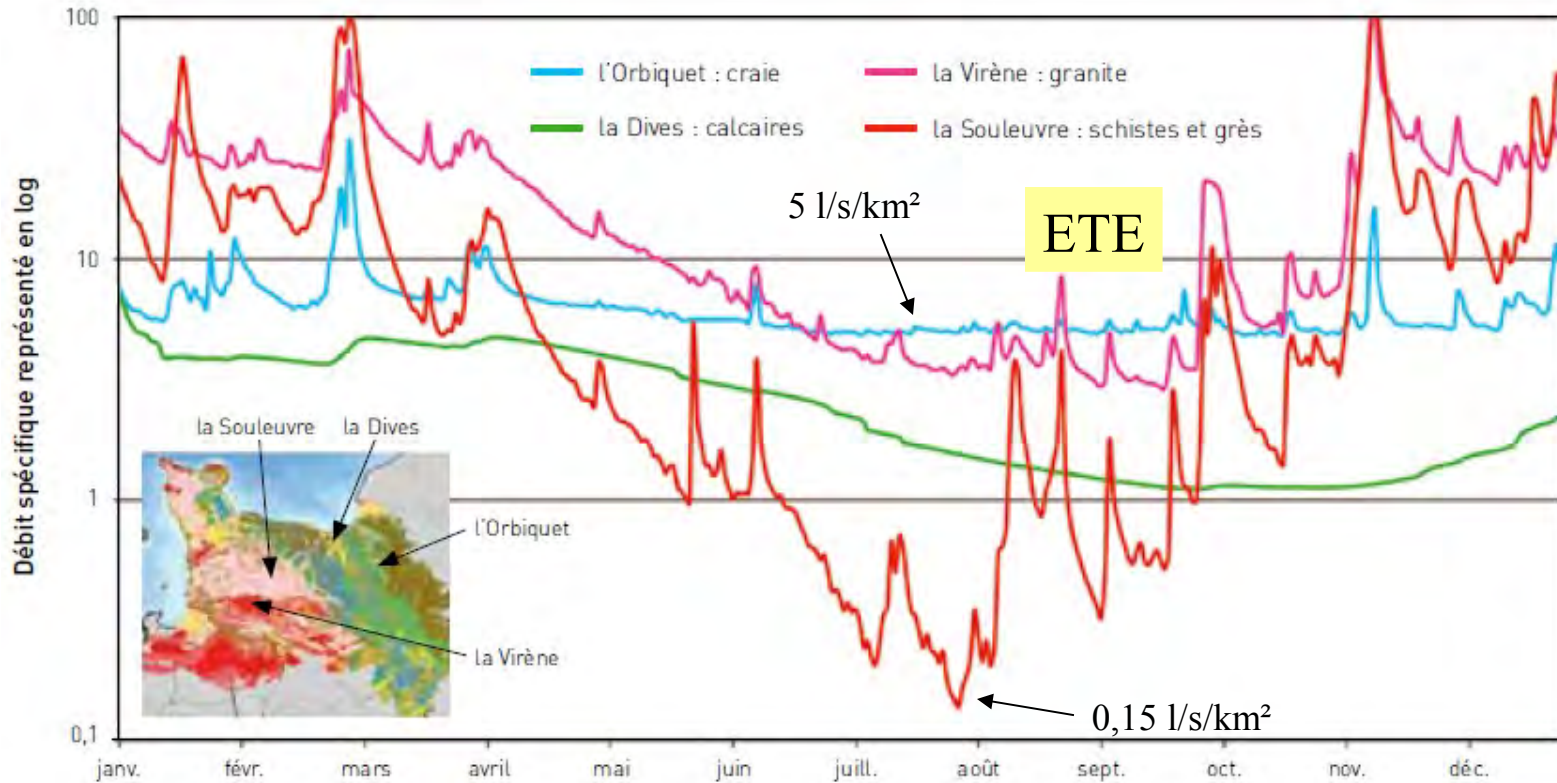
© DREAL Bassin Normande 1997-2004
© IGN Paris 1997

L'eau



Des disparités importantes dans le comportement hydrologique des milieux aquatiques régionaux

HIVER



Variation du tarissement des cours d'eau de Basse-Normandie selon les caractéristiques des bassins versants :

Aquifères, pentes, formations superficielles

Année 2010

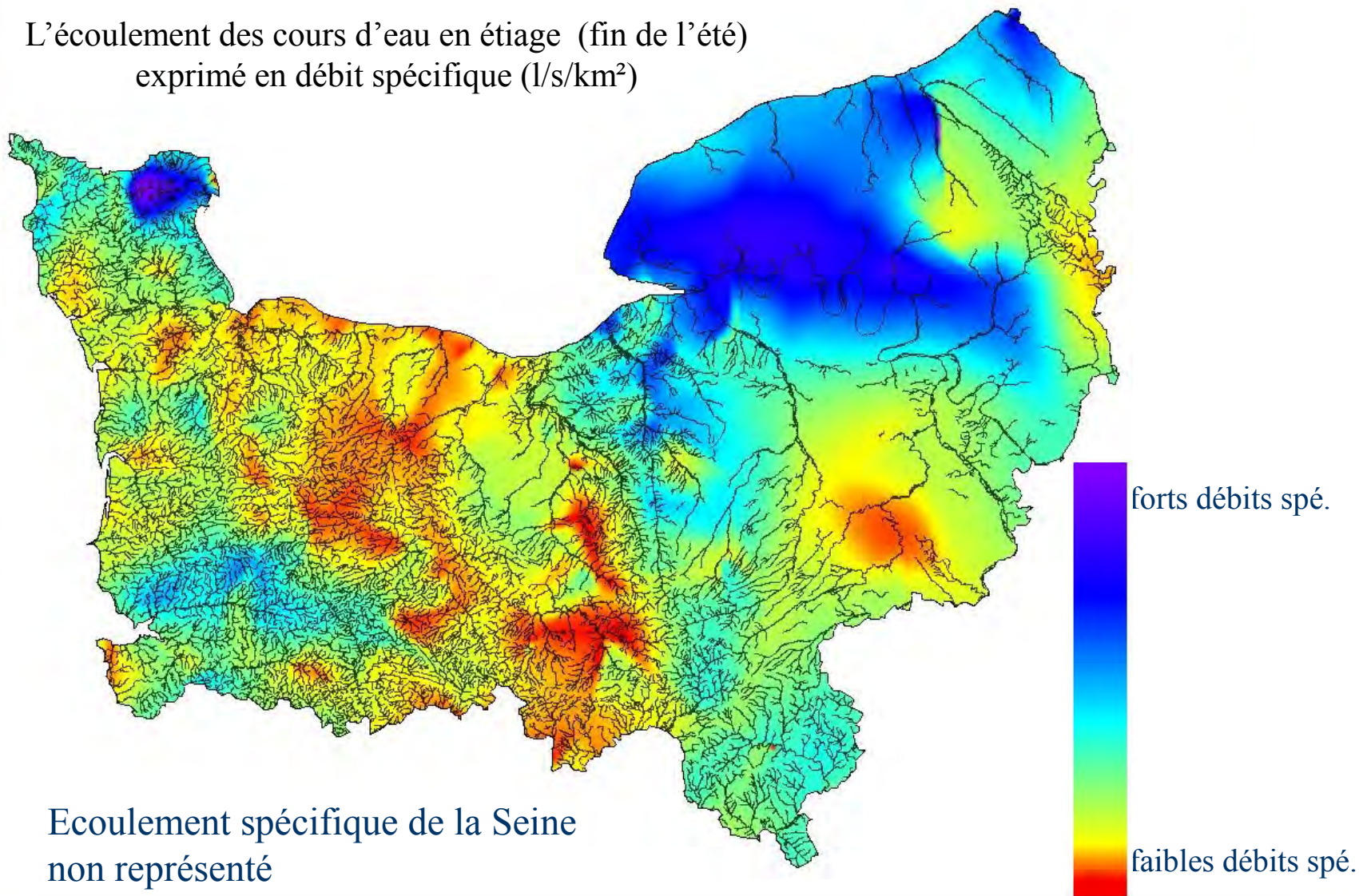
Source : DREAL BN





La ressource en eau : inégalement répartie dans la région

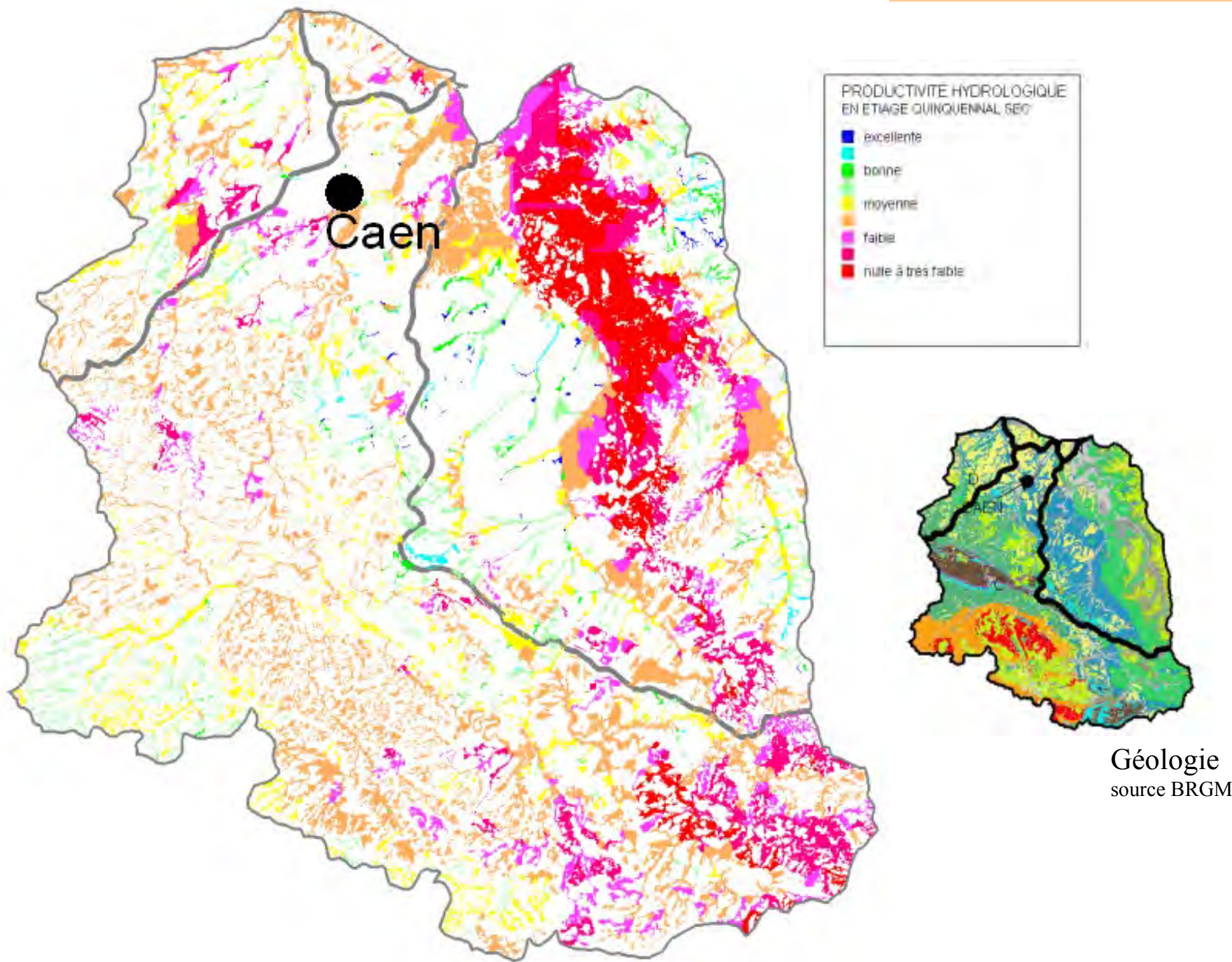
L'écoulement des cours d'eau en étiage (fin de l'été)
exprimé en débit spécifique ($l/s/km^2$)



Écoulement spécifique de la Seine
non représenté

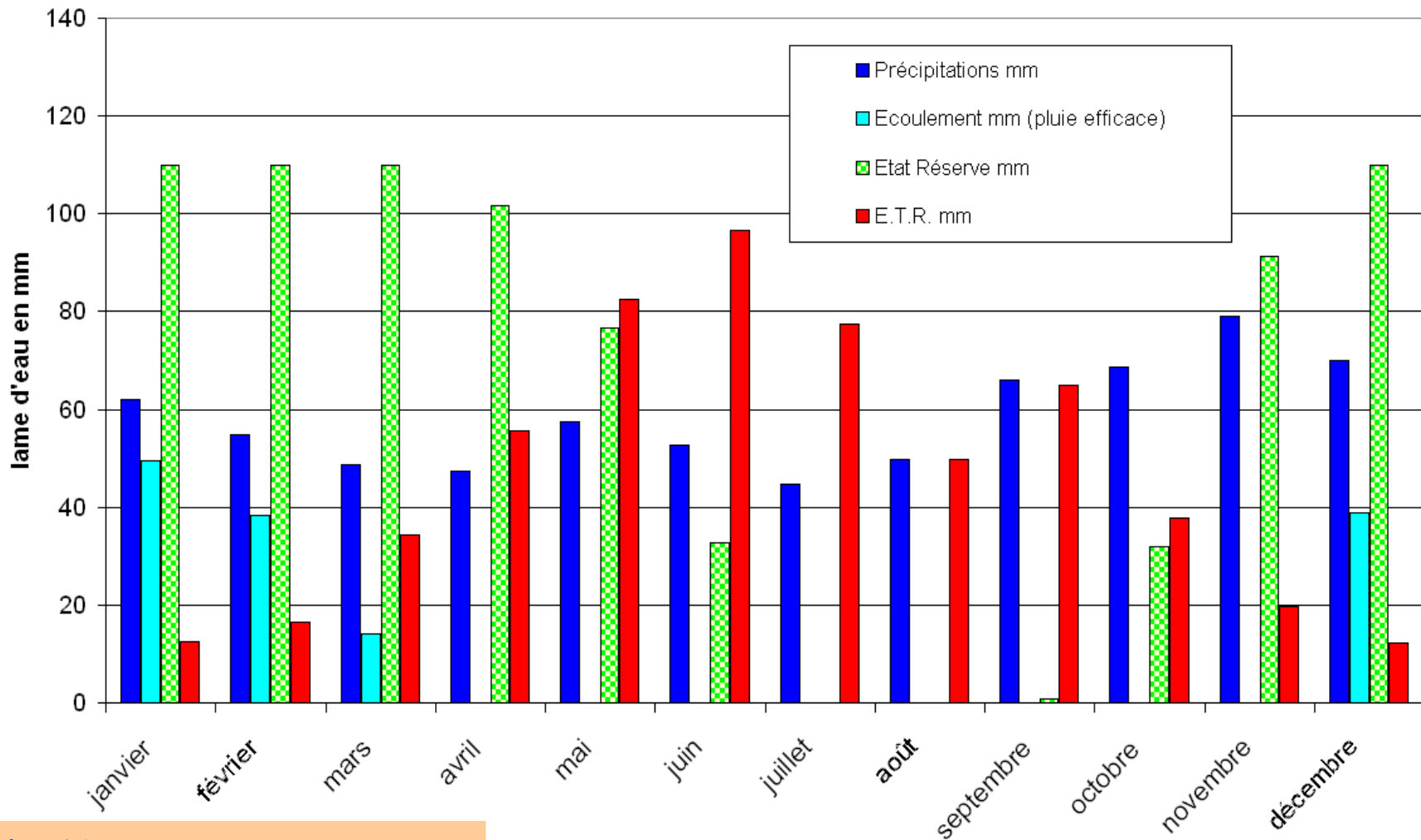


Connaître les productions hydrologiques dans le détail pour anticiper les crises climatiques et planifier l'aménagement du territoire



BILAN CLIMATOLOGIQUE STATION DE CARPIQUET(CAEN MN)

Fin du 20ème siècle



Pluie 701 mm

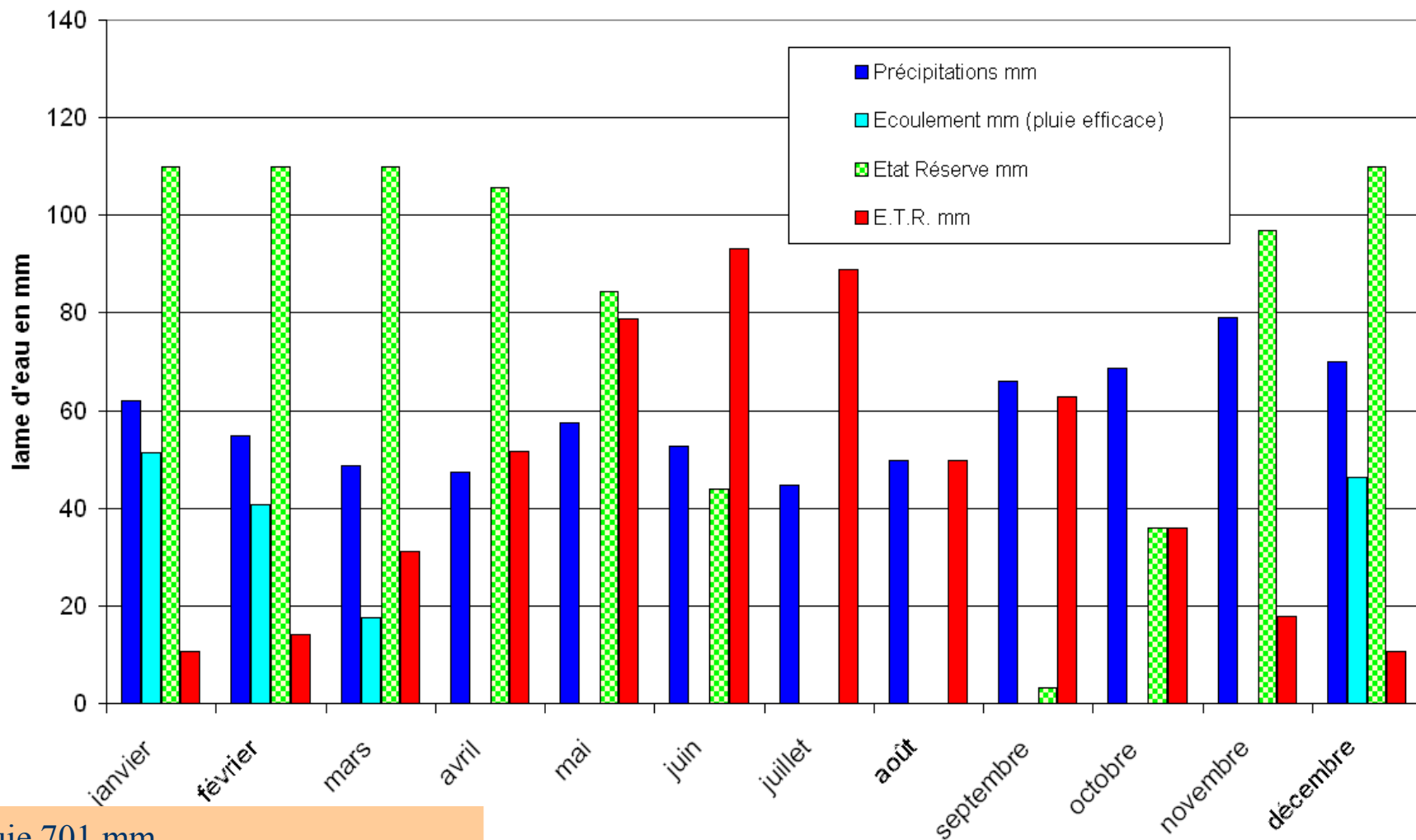
Température : 12°

Evapo-transpiration réelle : 560 mm

Ecoulement : 141 mm

BILAN CLIMATOLOGIQUE STATION DE CARPIQUET(CAEN MN)

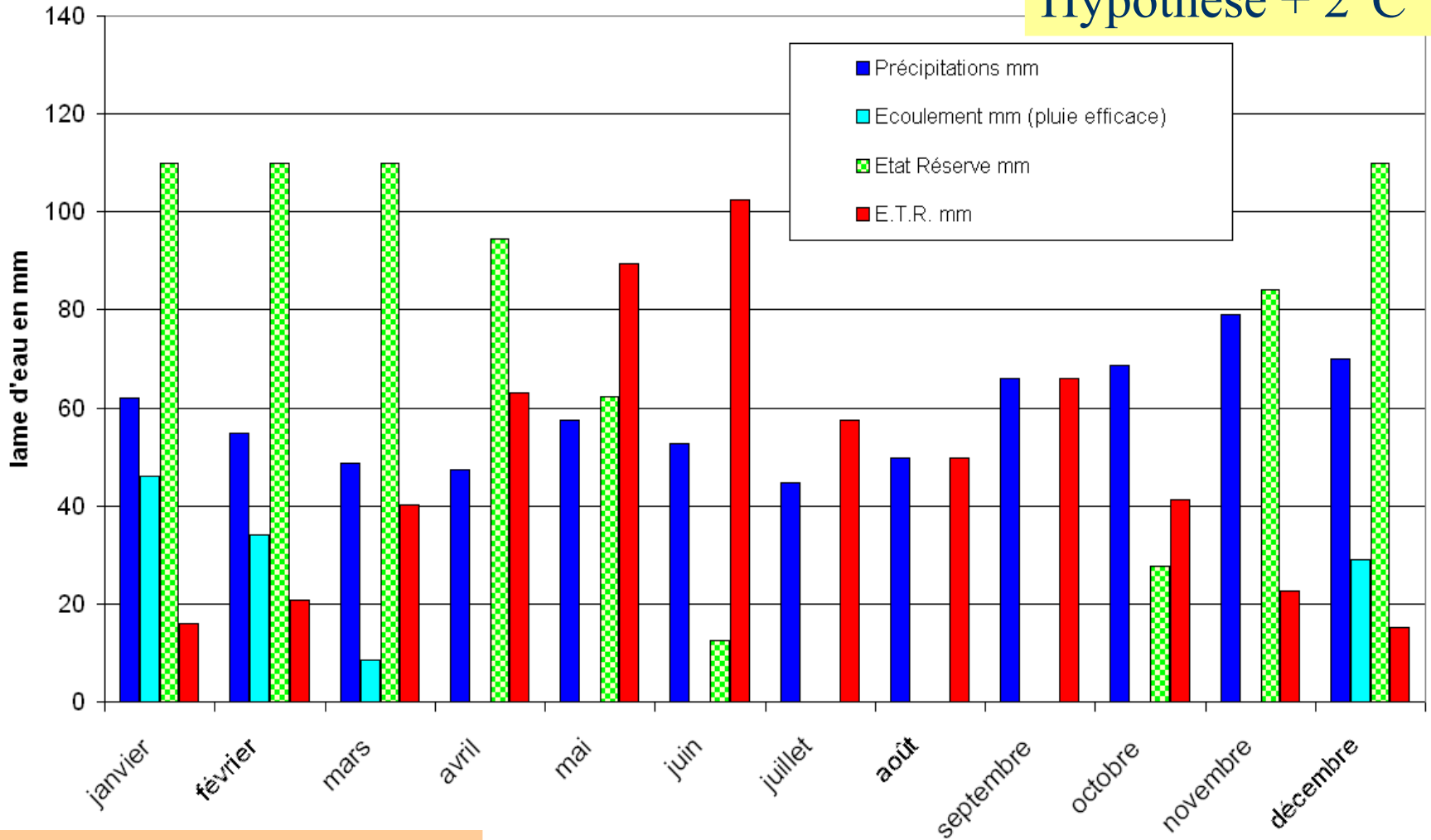
Fin du 19ème siècle



Pluie 701 mm
Température : 11°
Evapo-transpiration réelle : 545 mm
Ecoulement : 156 mm

BILAN CLIMATOLOGIQUE STATION DE CARPIQUET(CAEN MN)

Fin du 21ème siècle
Hypothèse + 2°C

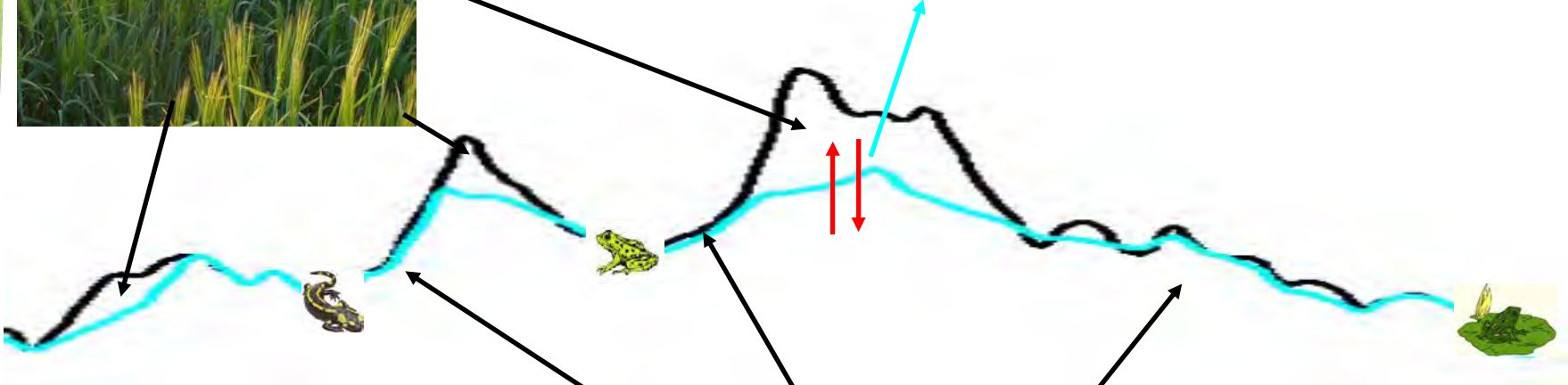


Pluie 701 mm
Température : 14°
Evapo-transpiration réelle : 584 mm
Ecoulement : 117 mm

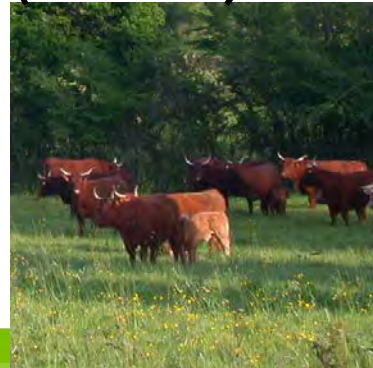
De la profondeur de la nappe en été et en hiver et de ses battements va dépendre l'usage agricole des sols.



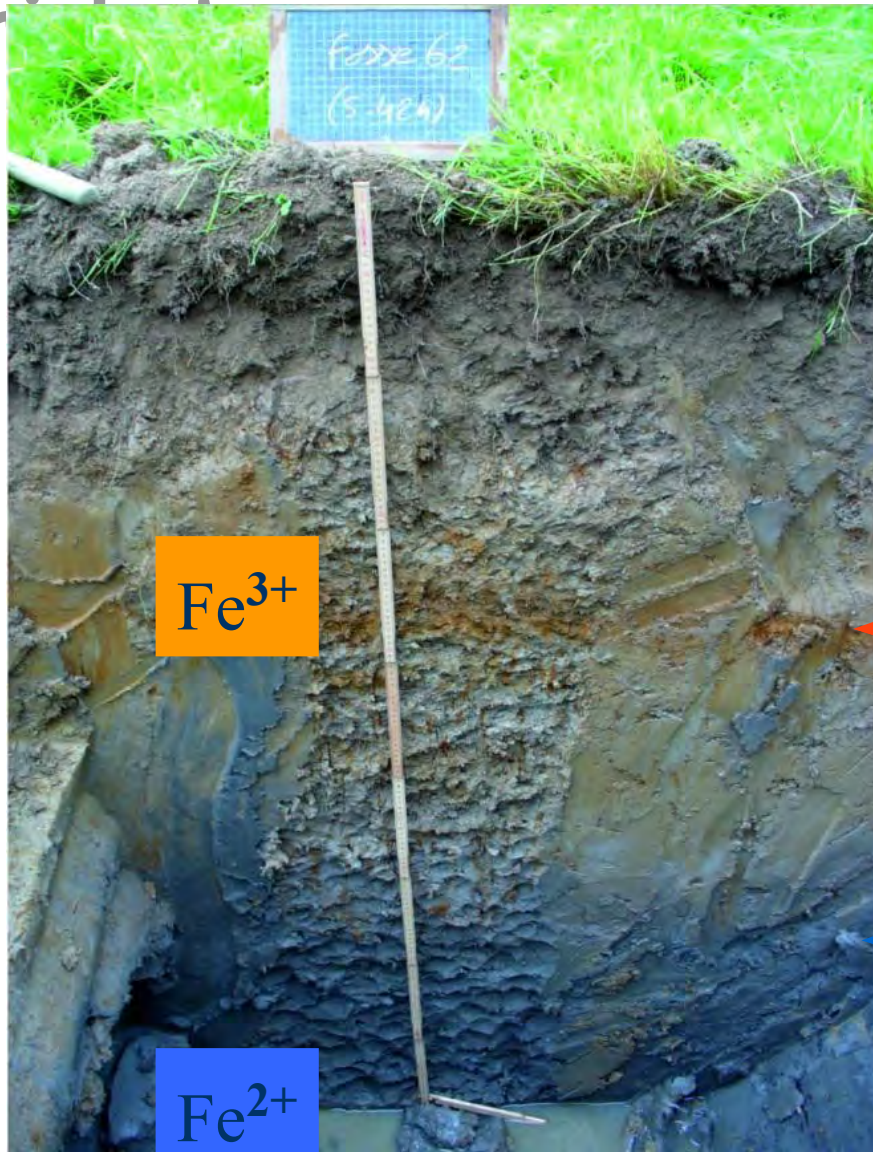
fluctuations saisonnières
fluctuations interannuelles



Nappe affleurant = sols frais
= herbages



Les réactions biogéochimiques interviennent
en surface, dans le sol humide et le
périphérie.



Un sol de zone humide

Fe^{3+}

Milieu oxydant

Milieu réducteur

Fe^{2+}

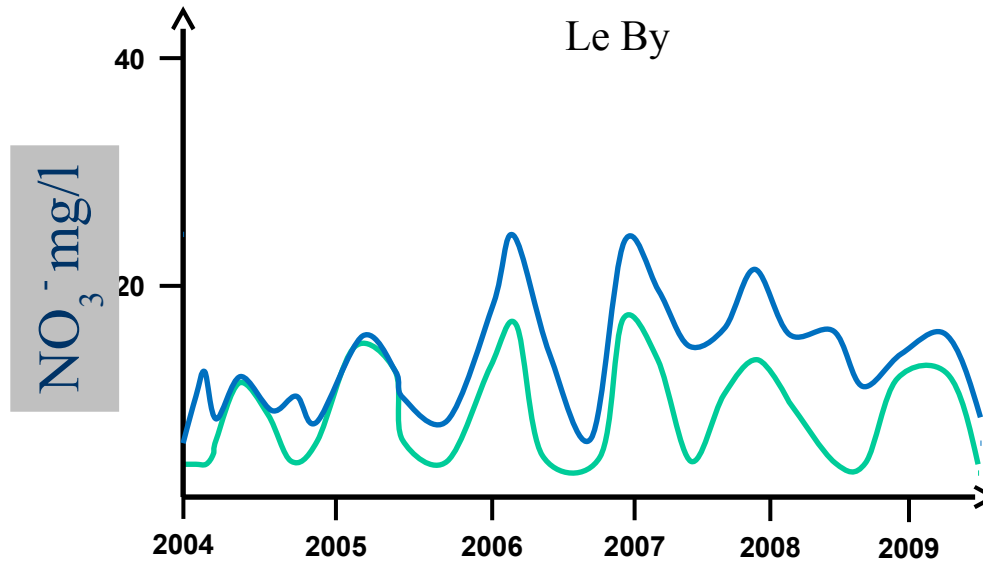
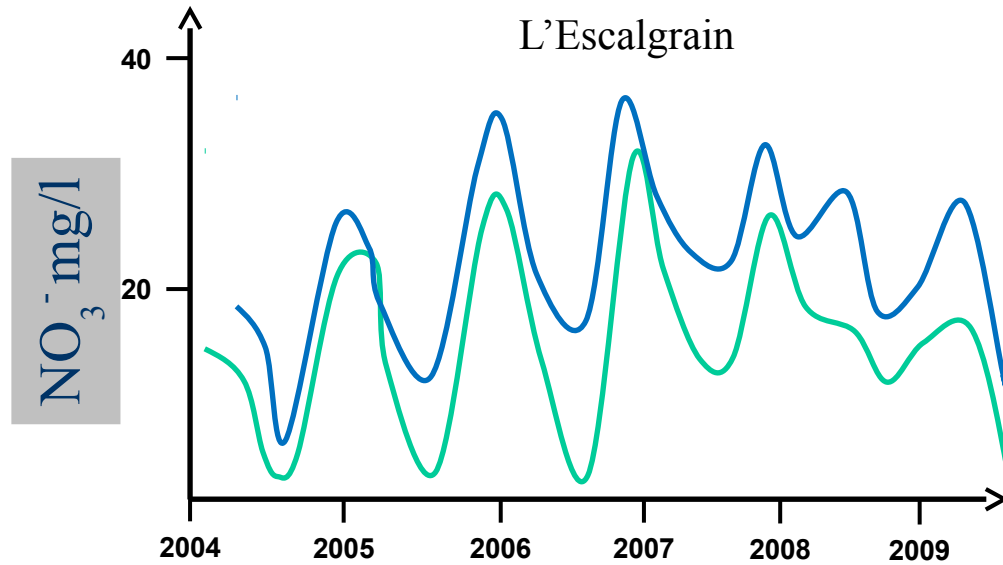


Zones humides

De véritables usines de décontamination des eaux



Dénitrification



— Amont ZH
— Aval ZH

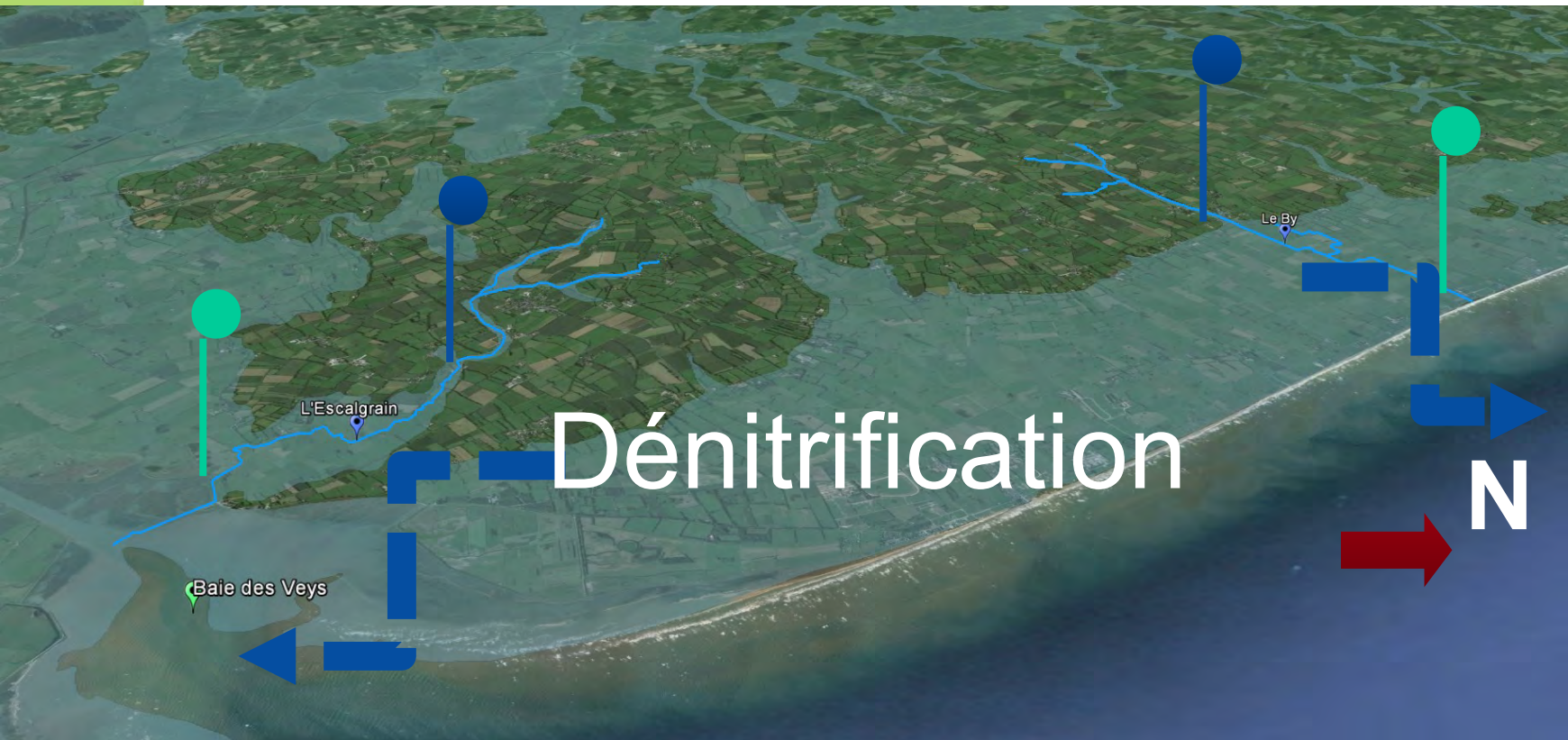
— Amont ZH
— Aval ZH

D'après étude « Contrat global pour l'eau Côte Est Cotentin » (PNR Marais du Cotentin et du Bessin)



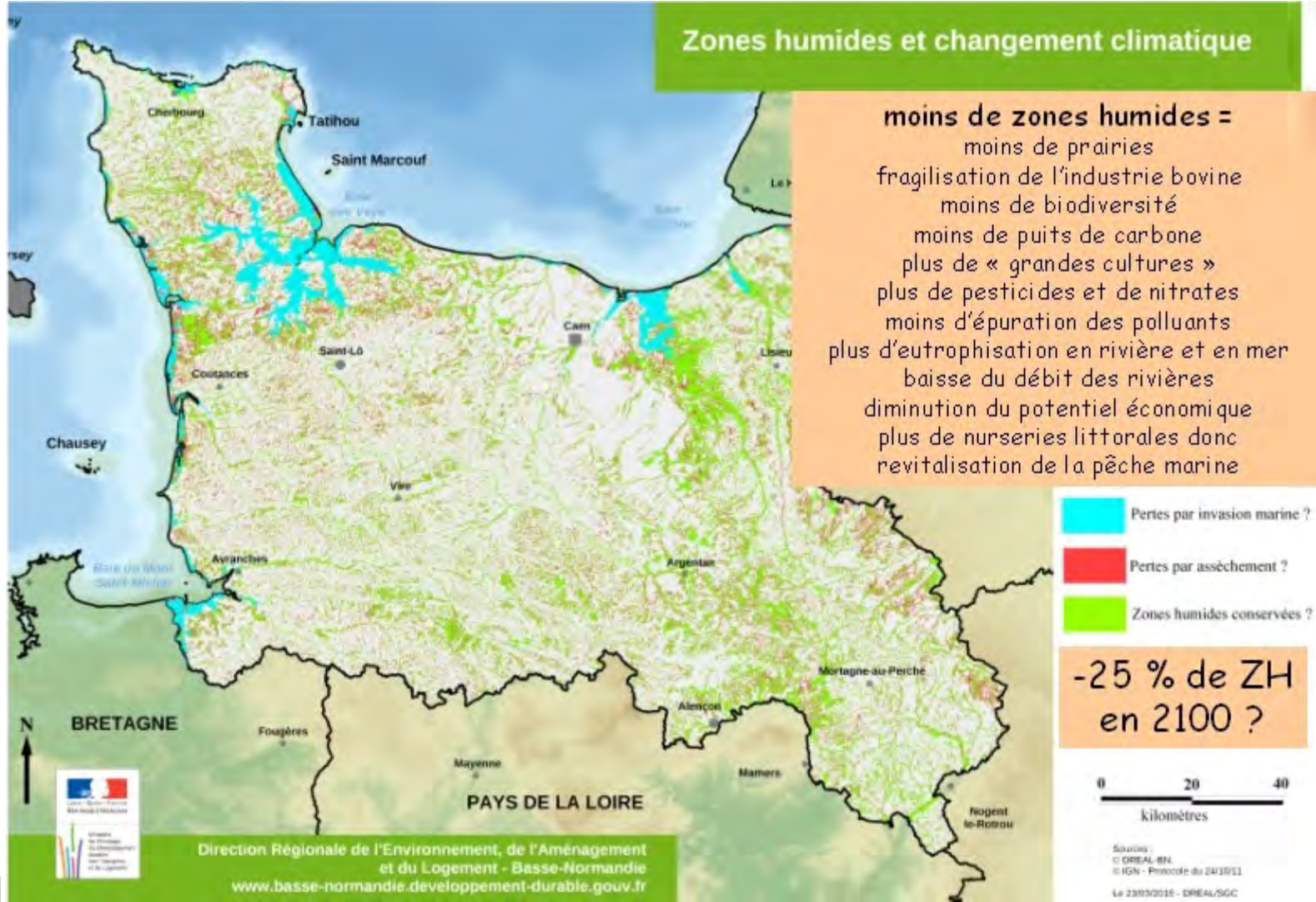
Dénitrification

Exemple 1 : côtières Est Cotentin



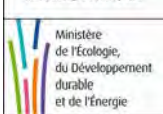
Zones humides et changement climatique

moins de zones humides =
moins de prairies
fragilisation de l'industrie bovine
moins de biodiversité
moins de puits de carbone
plus de « grandes cultures »
plus de pesticides et de nitrates
moins d'épuration des polluants
plus d'eutrophisation en rivière et en mer
baisse du débit des rivières
diminution du potentiel économique
plus de nurseries littorales donc
revitalisation de la pêche marine



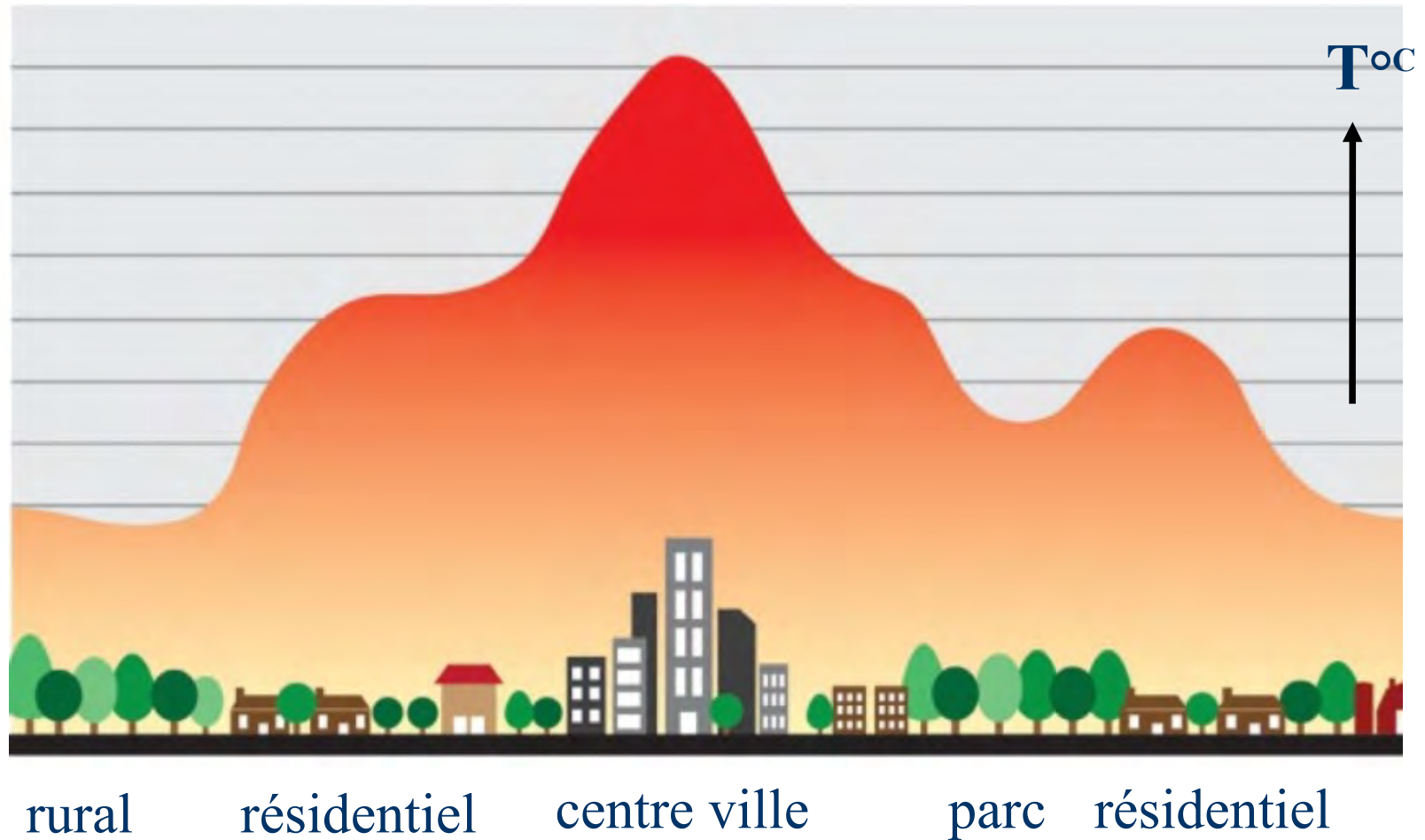


Côté ville

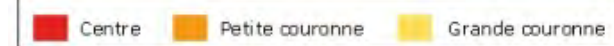
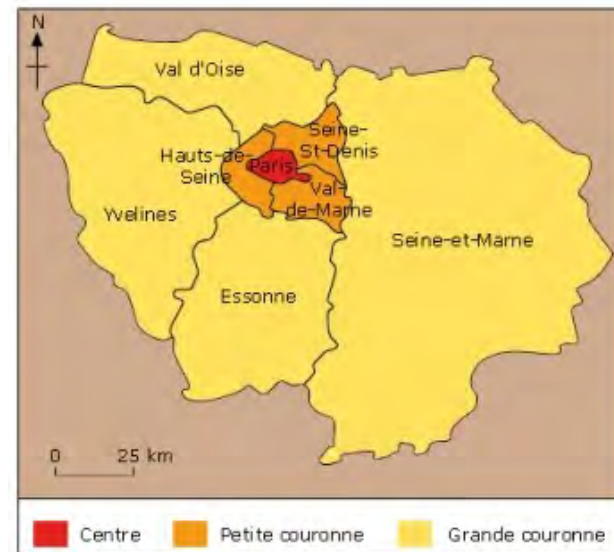
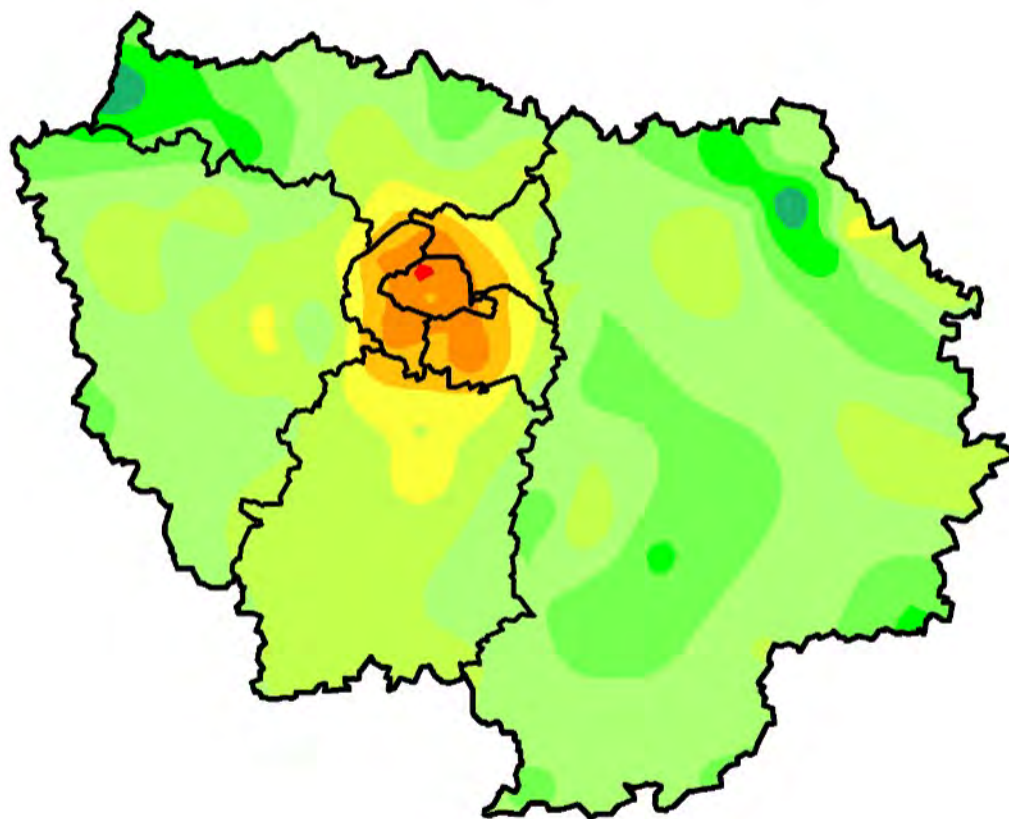




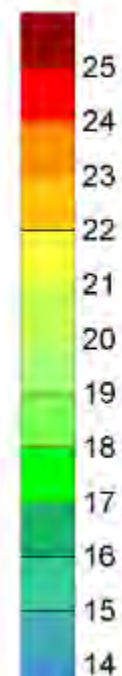
L'îlot de chaleur urbain (ICU)



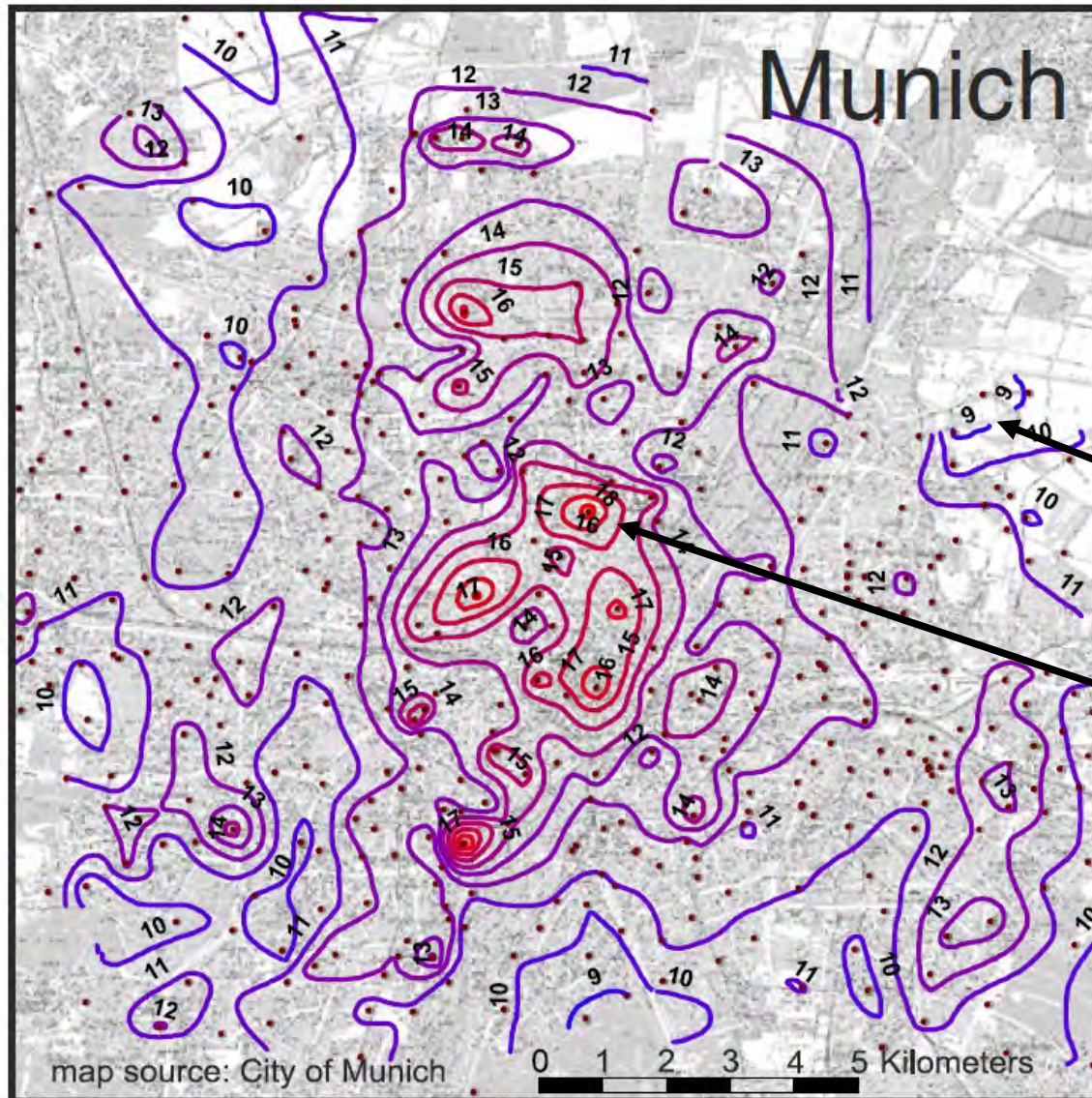
Moyenne de la température nocturne en Ile-de-France lors de la canicule de 2003



°C



Élévation de la température moyenne annuelle des eaux souterraines au sein de l'îlot de chaleur urbain de Munich



9°C

18°C

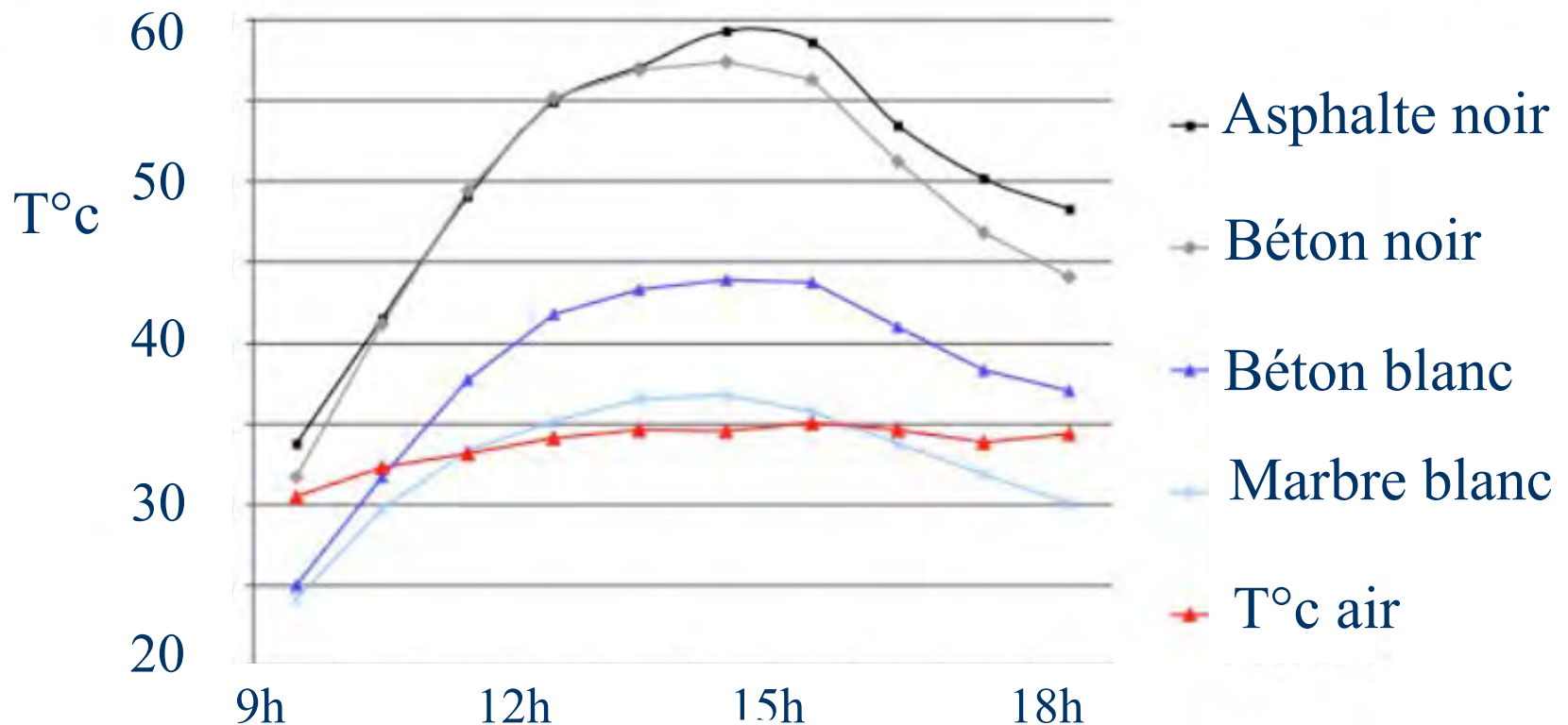
K. Menberg *et al.* (2013)

map source: City of Munich

0 1 2 3 4 5 Kilometers



Variation de la température de surface au cours d'une journée de canicule selon le matériau utilisé



Source : Musy M., Ecole Nationale Supérieure Architecture Nantes



Arbres, murs végétalisés et canicule

- Canopée légère intercepte entre 60 et 80 % de la lumière solaire
- Canopée dense : jusqu'à 98 %
- Effet direct de l'arbre = ombre portée
- Effet indirect = évapotranspiration
- Effet combiné : 4 à 8 °C
- Température d'un mur végétalisé << T mur non végétalisé jusqu'à 30 °C



Le platane, place de la Liberté

DREAL / P. Gallinetti



Le moustique vecteur de la dengue sous surveillance



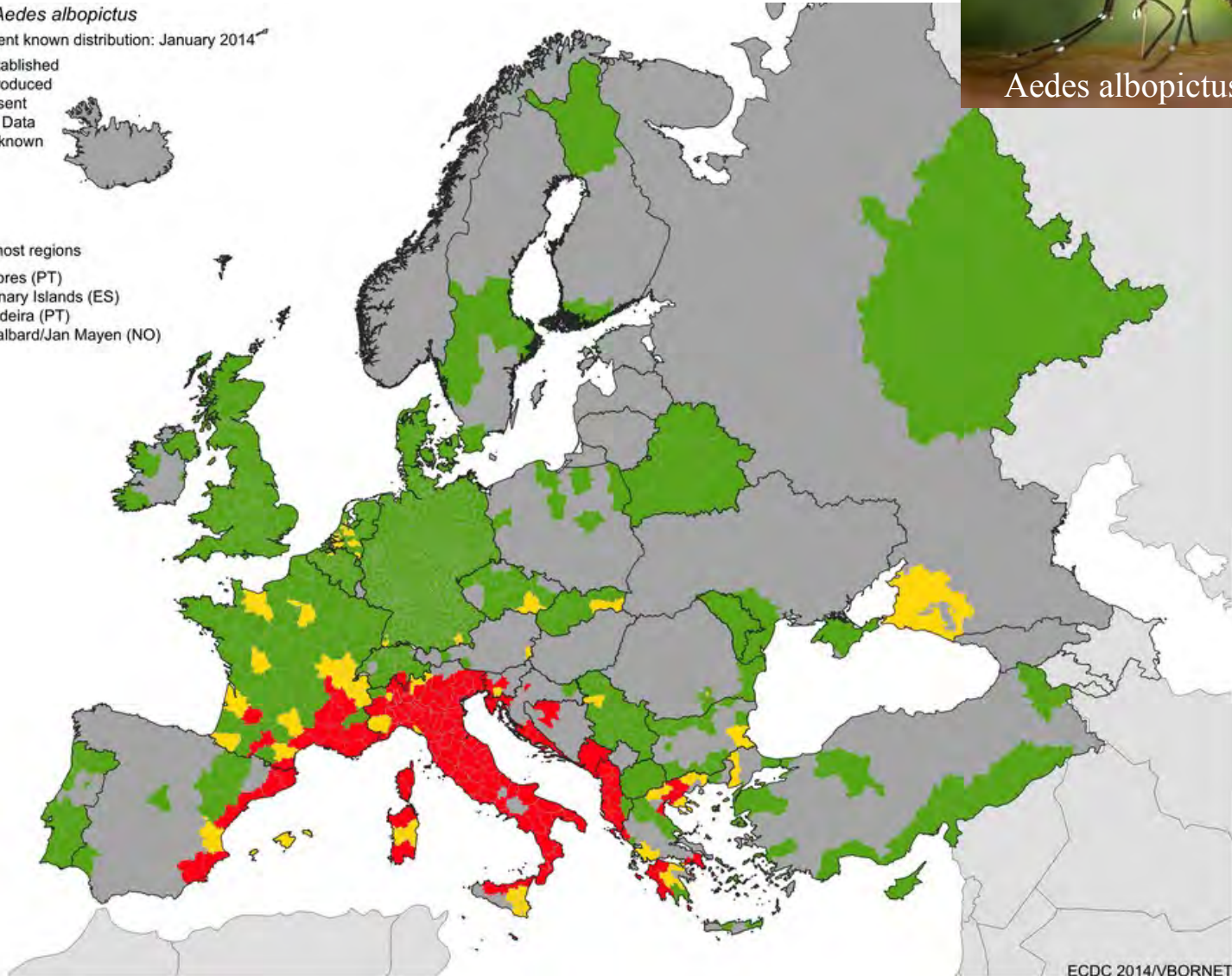
Aedes albopictus

Current known distribution: January 2014¹

- Established
- Introduced
- Absent
- No Data
- Unknown

Outermost regions

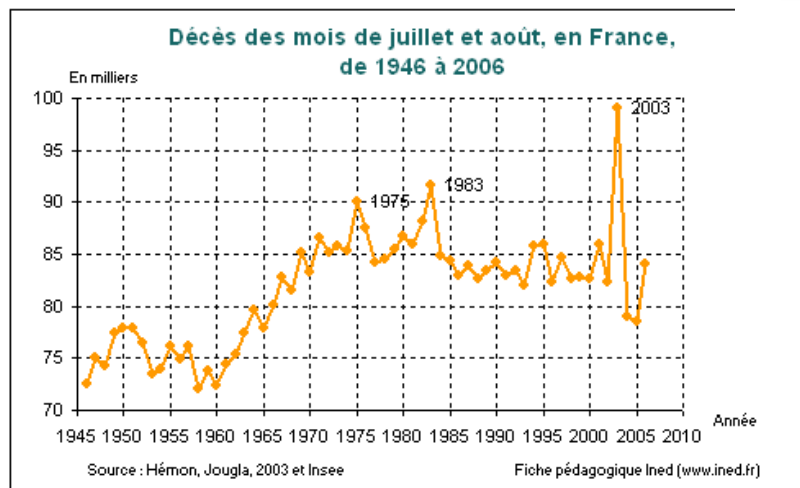
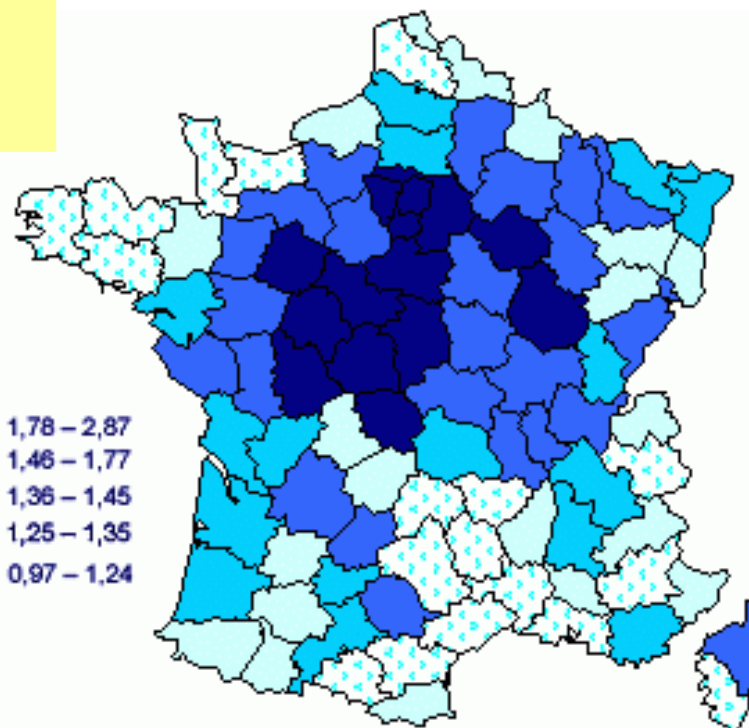
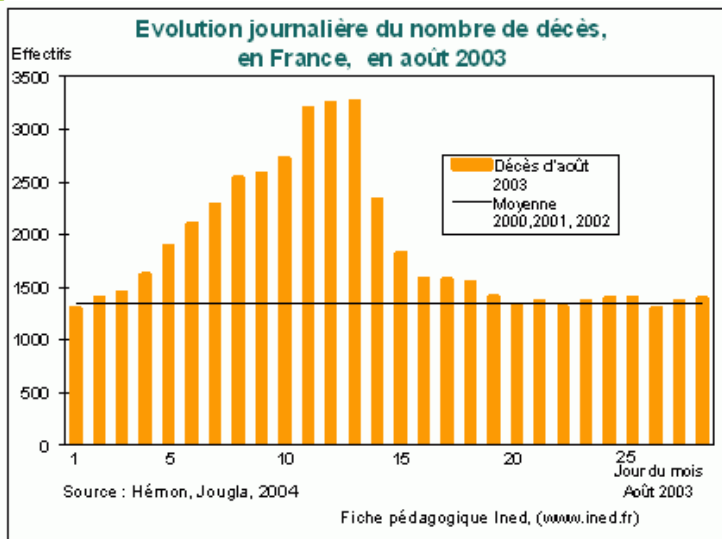
- Azores (PT)
- Canary Islands (ES)
- Madeira (PT)
- Svalbard/Jan Mayen (NO)



ECDC 2014/VBORNET



La surmortalité liée aux événements climatiques extrêmes : exemple de la canicule de 2003



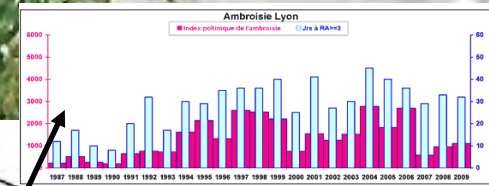
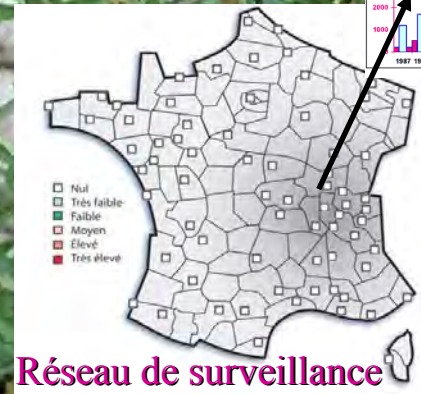
Source ONERC

Asthme et allergie

L'ambroisie à feuille d'armoise

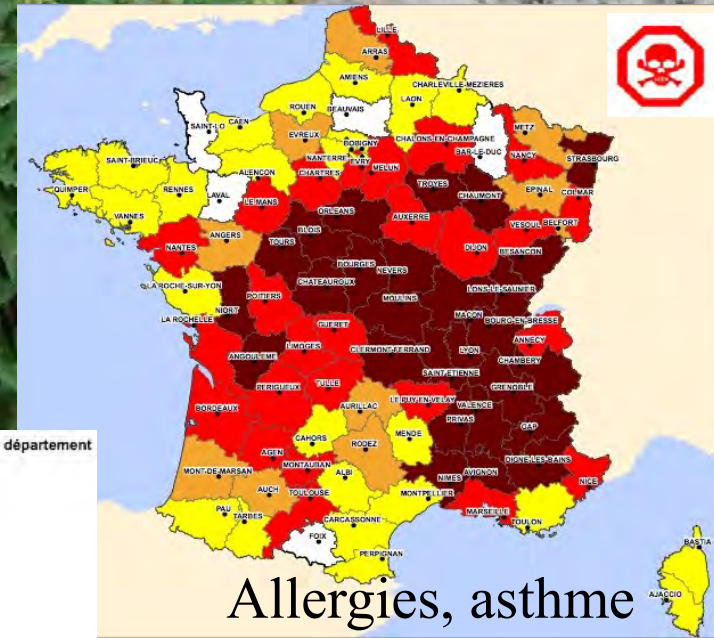
Plante rudérale invasive peu compétitive

Dissémination : routes, vent, agriculture,...



Station de mesure des concentrations en pollen d'ambrosie

Lien avec le changement climatique :
asthme augmente avec la température
Température et CO₂ augmentent la pollinisation
Donc risque accru dans le futur en Basse-Normandie



Biodiversité, écosystèmes



Biodiversité

Deux principales stratégies d'adaptation

1) se déplacer vers des habitats convenables et disponibles, donc la possibilité de les atteindre (connectivité, corridor, ...)

Réchauffement de 1°C :

remontée des espèces de 180 km vers le nord et de 150 m en altitude

2) modifier ses habitudes
(physiologie, comportement)
avec des « dégâts collatéraux »



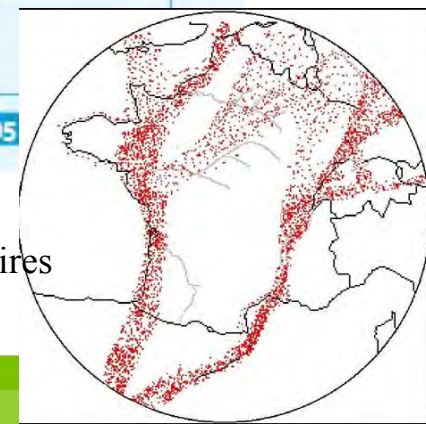
**Remise en cause
d'interactions**
**Risque accru de compétition,
de parasitisme**
**Une augmentation paradoxale
de la diversité**

gobemouche gris

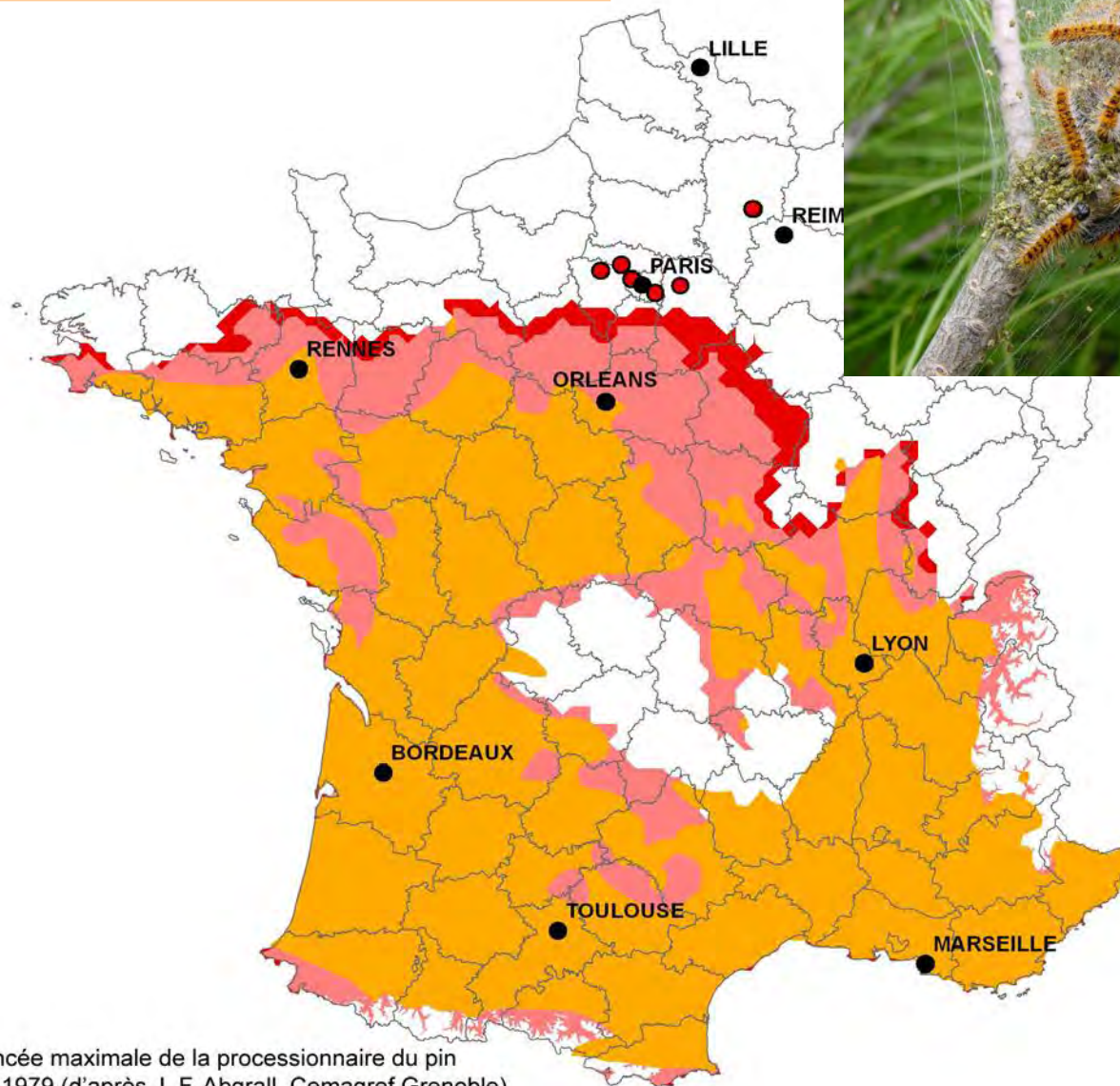
Évolution des effectifs d'oies cendrées hivernantes en France entre 1968-2011



principales voies migratoires
de l'avifaune



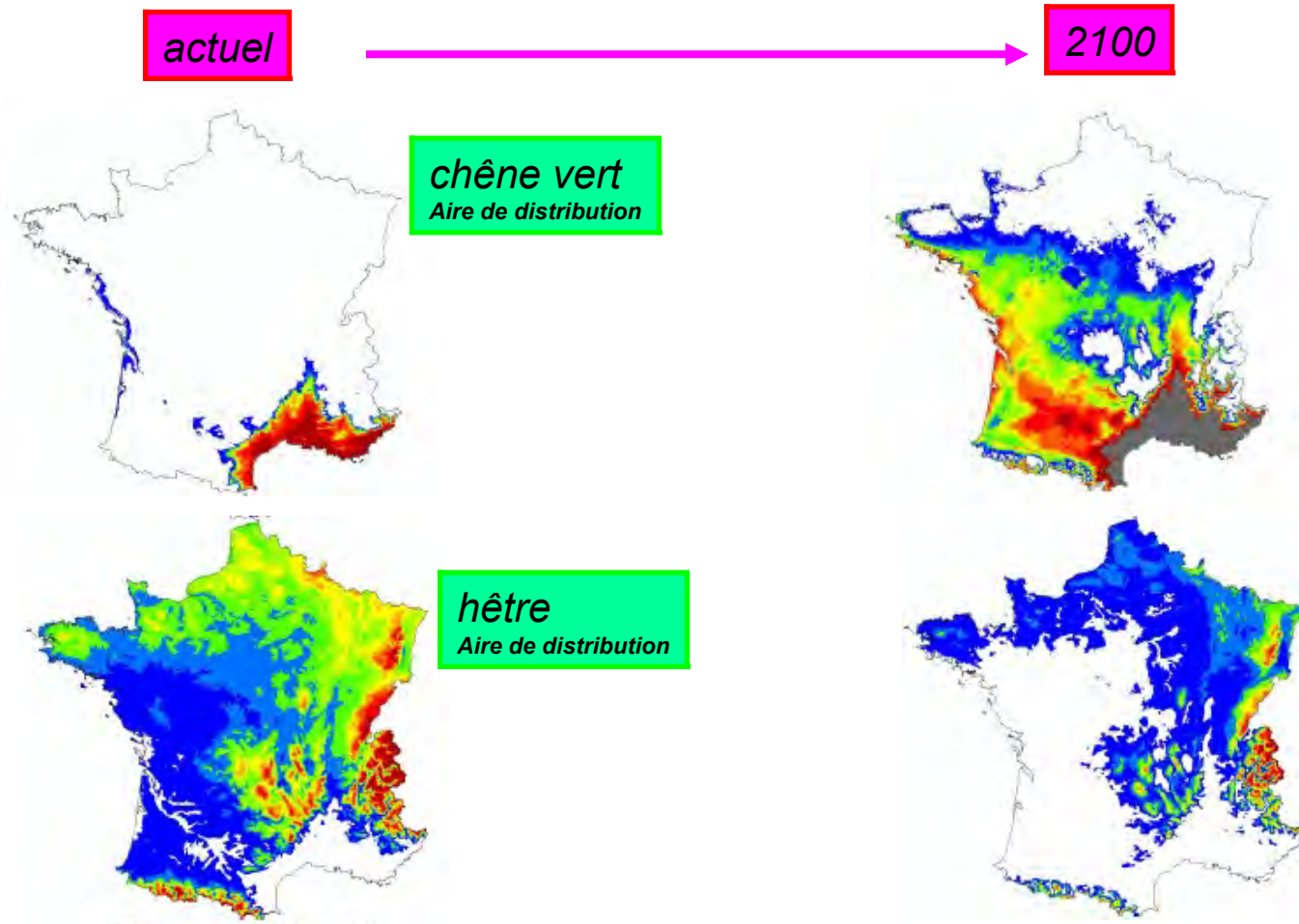
Chenille processionnaire du pin



Orange : avancée maximale de la processionnaire du pin
entre 1969 et 1979 (d'après J. F. Abgrall, Cemagref Grenoble)
Rose : front nord à l'hiver 2005-2006
Rouge : front nord à l'hiver 2010-2011
Points rouges : foyers connus à ce jour.

Profondes modifications des écosystèmes forestiers

Modification des aires de distribution du chêne vert et du hêtre pour un scénario d'élévation de température +2,5°C



D'après Inra Nancy

Modélisation de l'aire de distribution de deux espèces piscicoles et de son évolution à l'horizon 2100

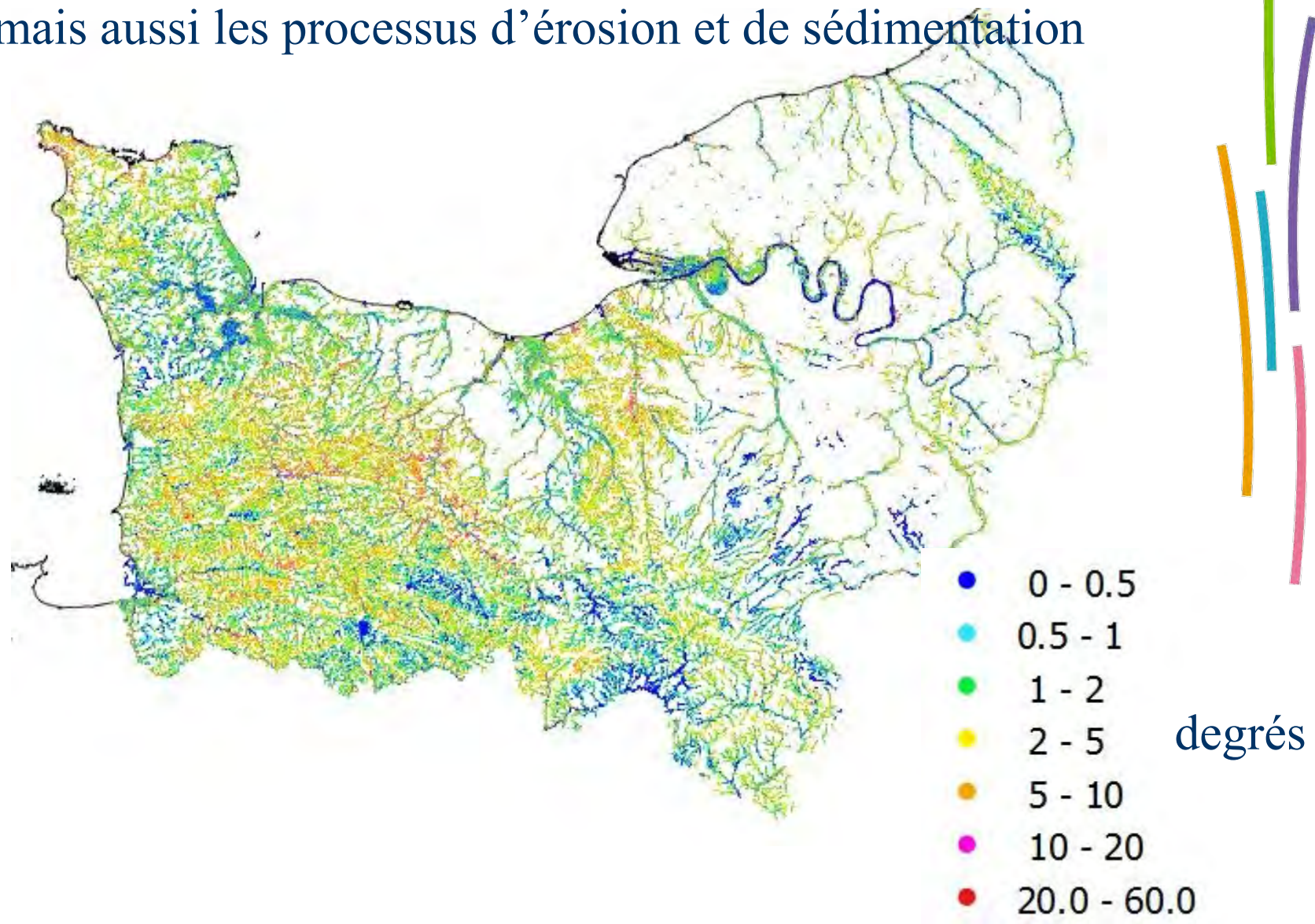


la truite



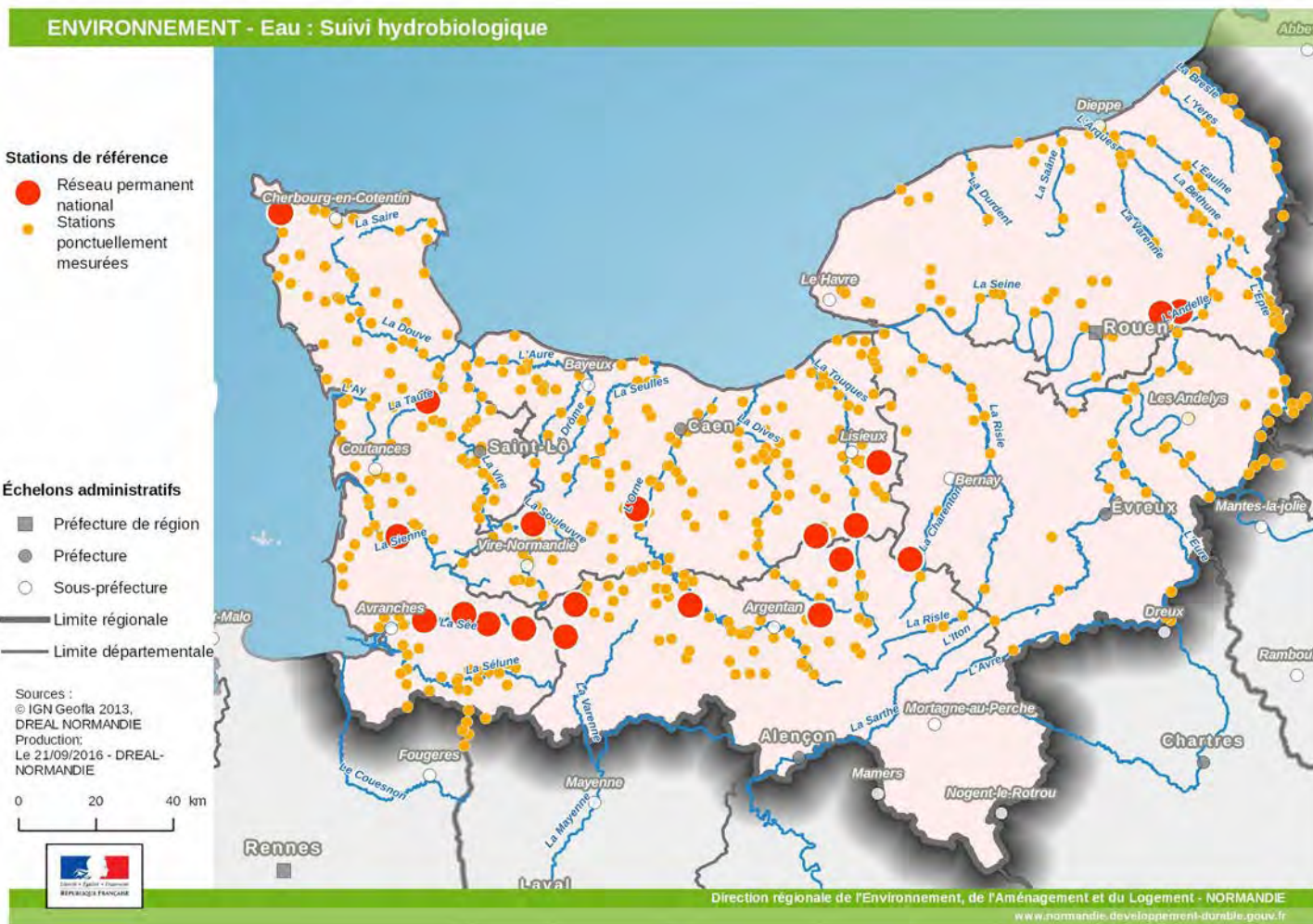
le chevesne

La pente des cours d'eau : influence la vitesse du courant, donc la concentration en oxygène dissous et la température de l'eau mais aussi les processus d'érosion et de sédimentation



Hydrobiology networks fishes, benthic macroinvertebrates, diatoms...

- Network almost created during the 1970s
- National network created in 2015

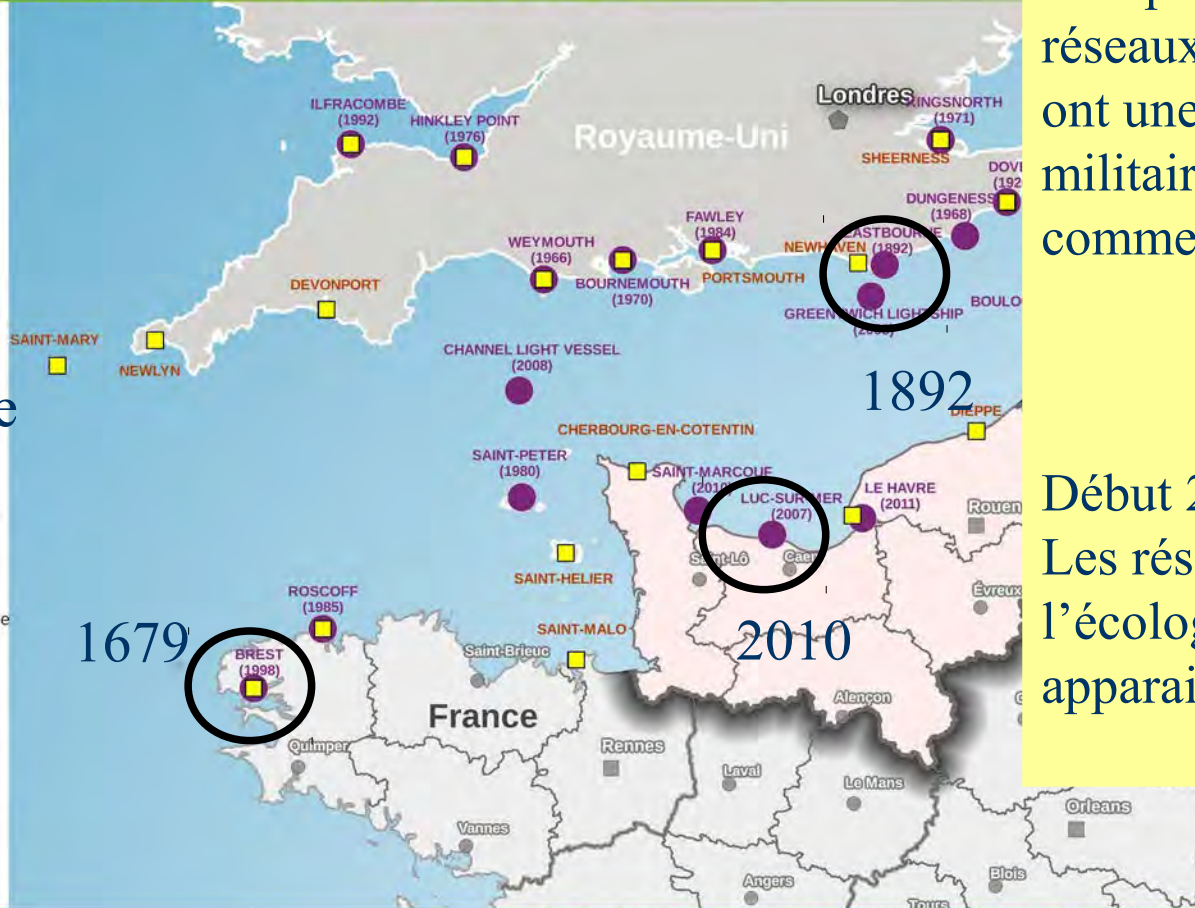


Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
NORMANDIE

L'État n'a pas encore de vision stratégique dans le domaine de l'écologie : les premiers réseaux de mesure environnementaux voient péniblement le jour

Mesure des températures et réseau marégraphique en mer de la Manche

- Réseau des températures
 - Station de mesure
- Réseau marégraphique
 - Station de mesure



Les premiers réseaux de mesure ont une vocation militaire et commerciale

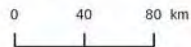
Début 21 ème siècle
Les réseaux de l'écologie apparaissent...

Tide gauge

Temperature

- Échelons administratifs
 - Capitale d'état
 - Préfecture de région
 - Préfecture
 - Limite régionale
 - Limite départementale

Sources :
© IGN Geofila 2013,
© DREAL NORMANDIE
Production:
Le 22/09/2016 - DREAL-NORMANDIE



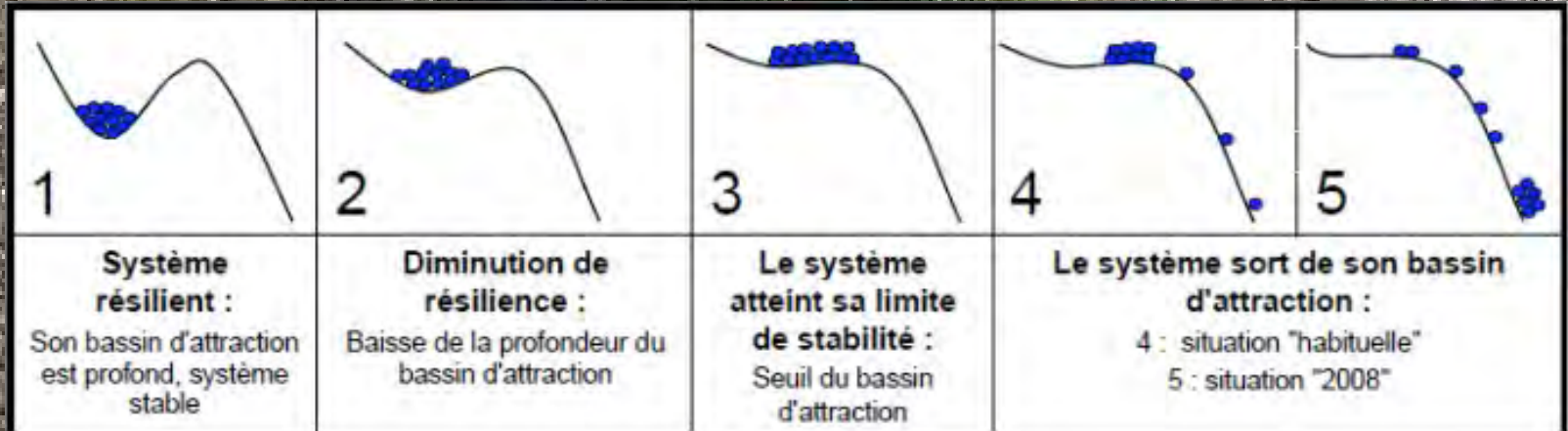
Direction régionale
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

NORMANDIE

Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement - NORMANDIE
www.normandie.developpement-durable.gouv.fr

Résilience des milieux

Des écosystèmes très fragilisés dont la résilience diminue

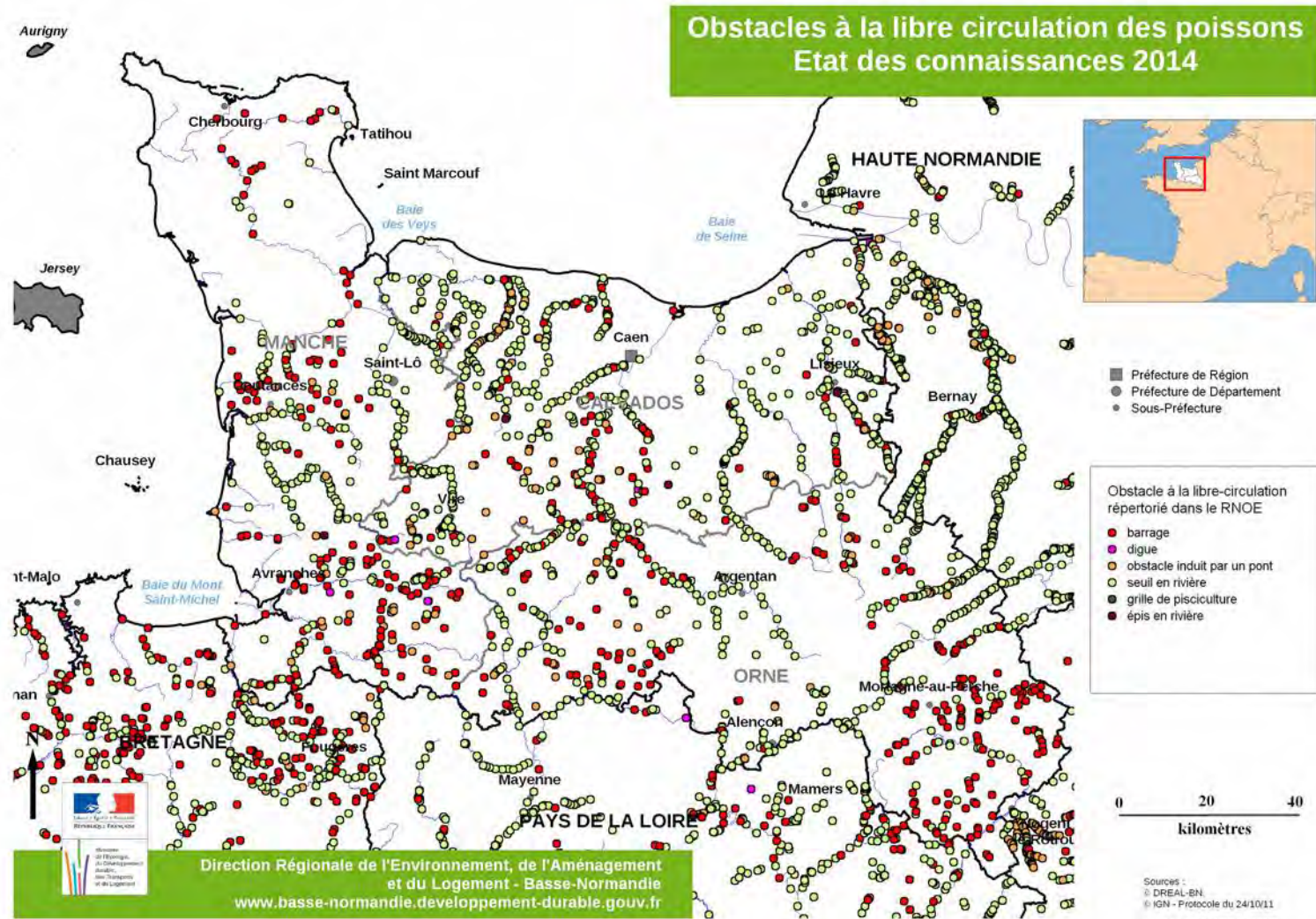


Des cours d'eau en mauvais état hydromorphologique
(fragmentation recalibrage...):



La haute vallée du Guiel dans l'Orne
(un biotope pour les écrevisses à patte blanche jusqu'à peu)

Des cours d'eau en mauvais état hydromorphologique (fragmentation recalibrage...):



Le recensement des ouvrages est loin d'être terminé



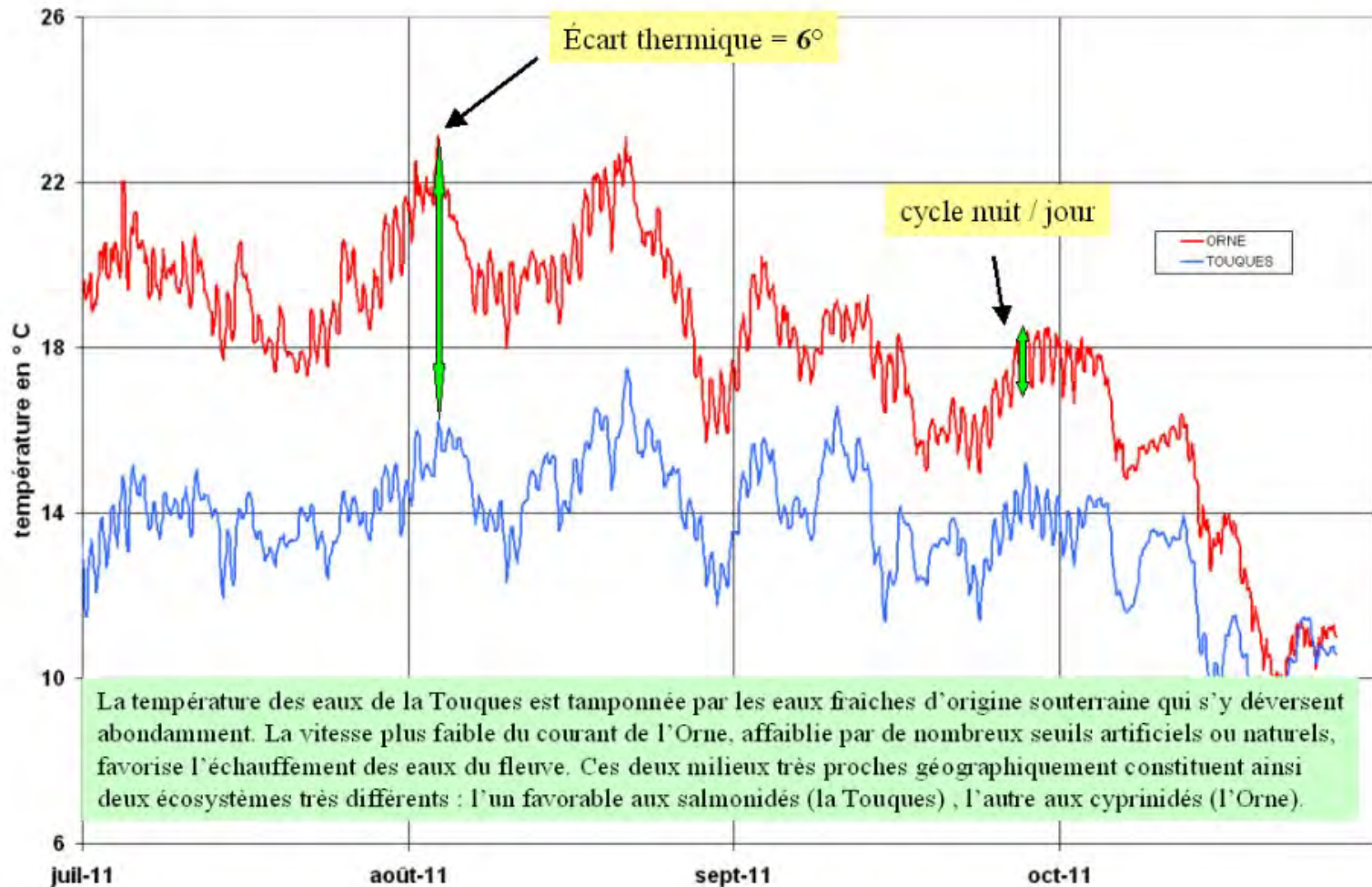
Une porte à marée
non recensée à Asnelles

Source F. Gresselin



Le fractionnement a des impacts directs mais aussi indirects sur les milieux aquatiques

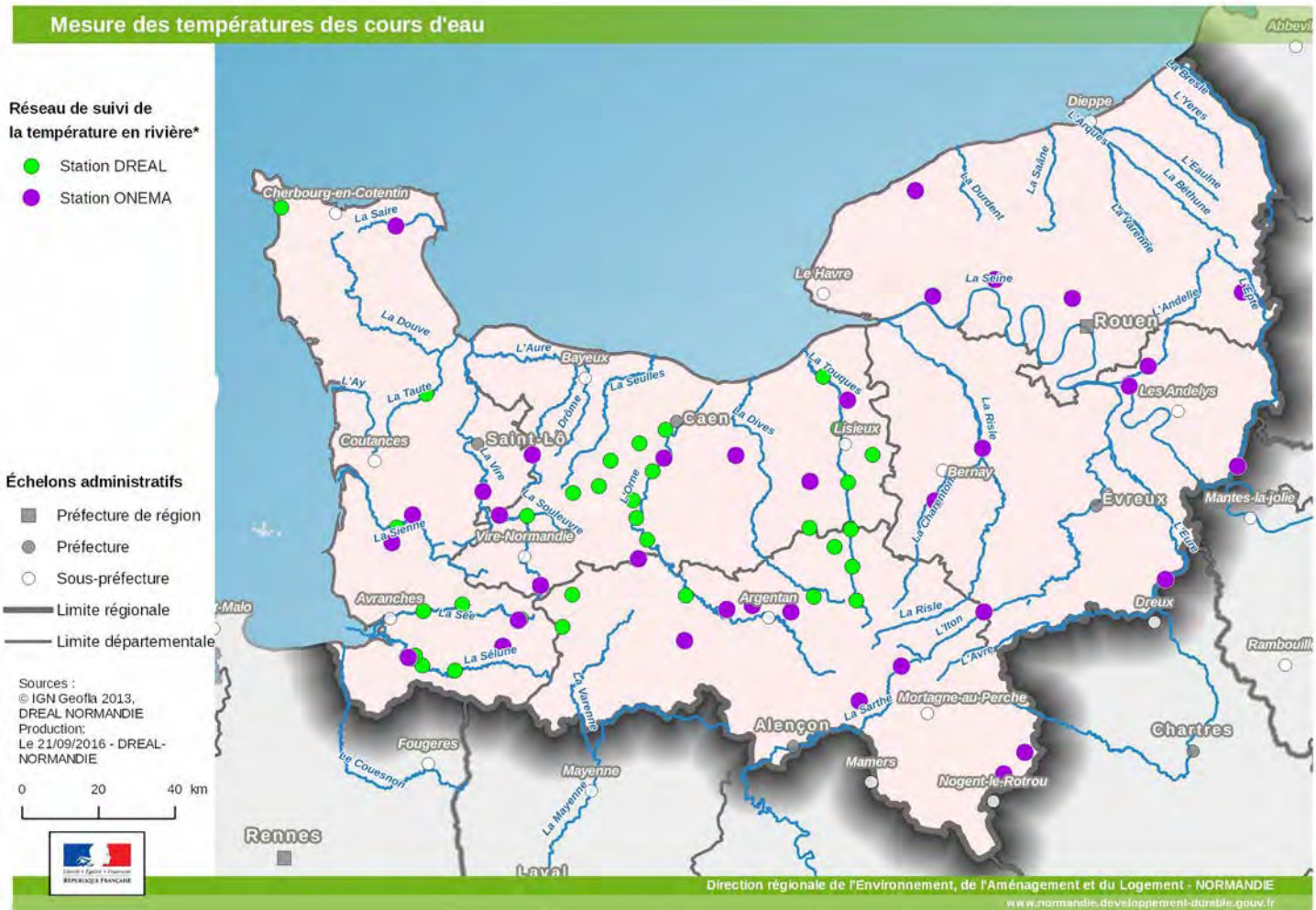
Evolution de la température des eaux de la Touques et de l'Orne en été



La température des eaux de la Touques est tamponnée par les eaux fraîches d'origine souterraine qui s'y déversent abondamment. La vitesse plus faible du courant de l'Orne, affaiblie par de nombreux seuils artificiels ou naturels, favorise l'échauffement des eaux du fleuve. Ces deux milieux très proches géographiquement constituent ainsi deux écosystèmes très différents : l'un favorable aux salmonidés (la Touques), l'autre aux cyprinidés (l'Orne).

River temperature network

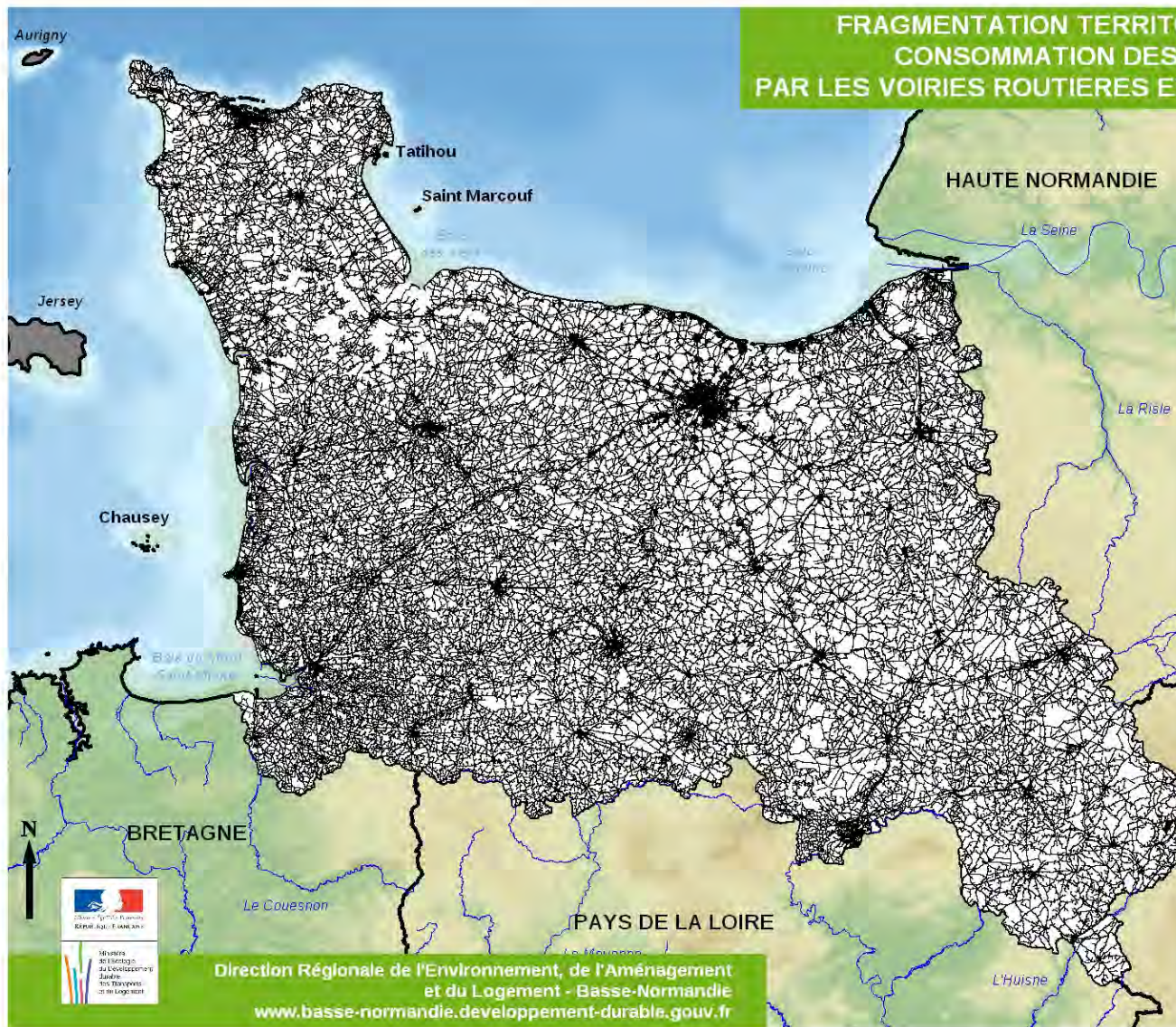
Network created during the 2010s



Direction régionale
de l'Environnement,
de l'Aménagement
et du Logement

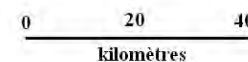
NORMANDIE

Les autres milieux terrestres sont également intensément fragmentés



Surface des voiries
14 : 240 km²
50 : 263 km²
61 : 213 km²

716 km² de voiries

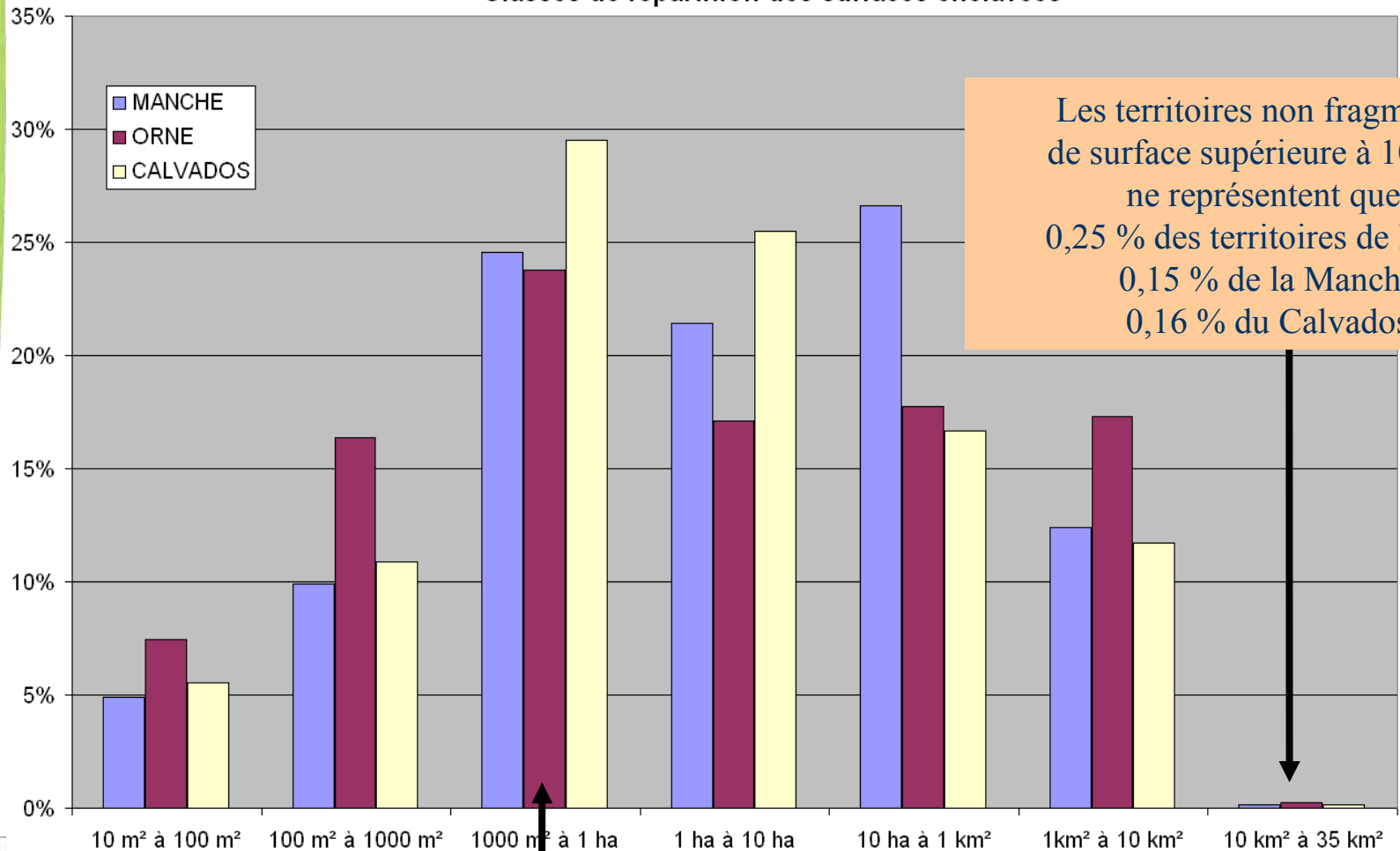


Sources :
© DREAL-BN,
© IGN - Protocole du 24/10/11
Le 27/08/2012 - DREAL/SRMP

Les « grands espaces » sont quasiment inexistants en BN

FRACTIONNEMENT DU TERRITOIRE BAS-NORMAND PAR LES VOIES ROUTIERES OU FERROVIAIRES

Classes de répartition des surfaces enclavées



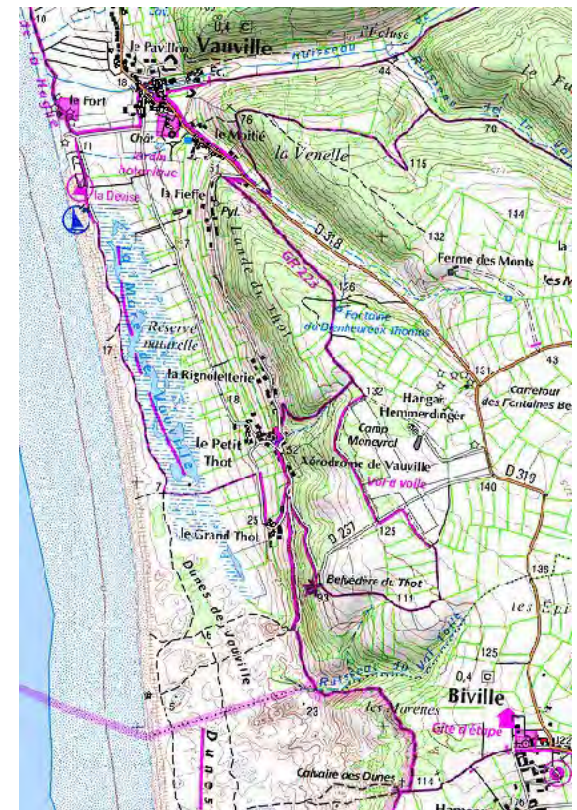
Les territoires non fragmentés de surface supérieure à 10 km² ne représentent que
0,25 % des territoires de l'Orne
0,15 % de la Manche
0,16 % du Calvados

25 % des territoires font entre 1000 et 10 000 m²

Fragmentation des écosystèmes. Un exemple sur Vauville (Hague)

violet : corridors humides

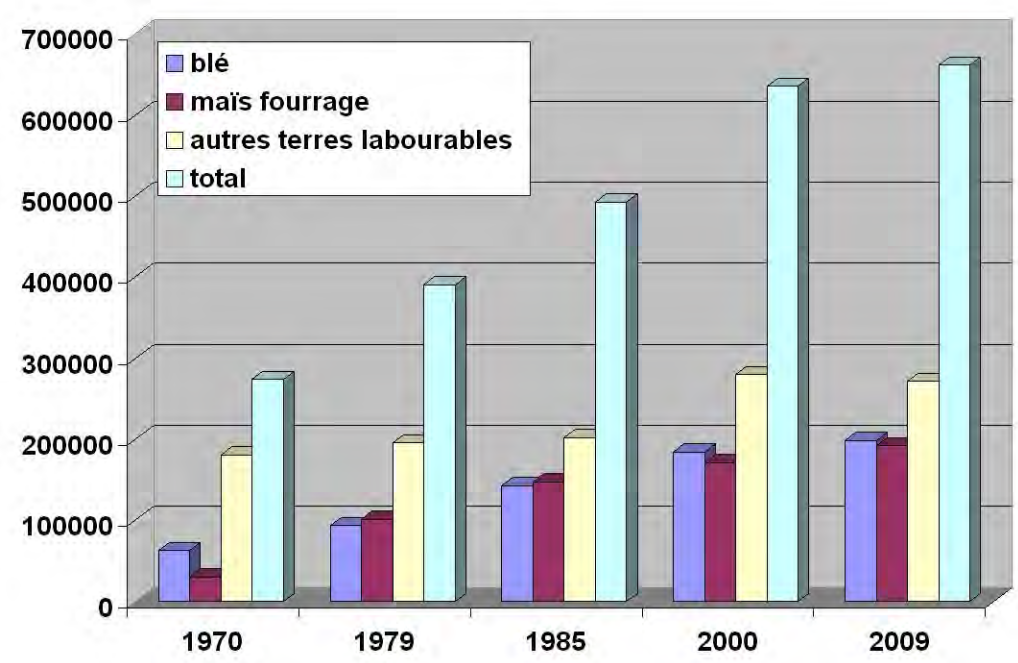
automne 2010
plus de 1100
amphibiens écrasés
en 5 jours



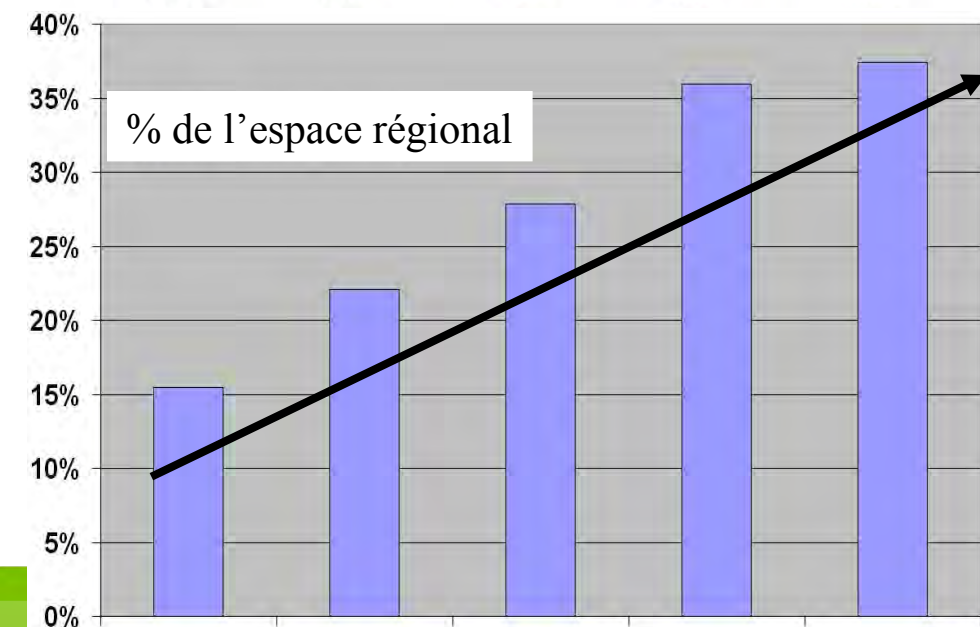
L'occupation agricole des sols en Basse-Normandie

La trajectoire agricole de la région de 1970 à aujourd'hui

Surfaces cultivées en ha

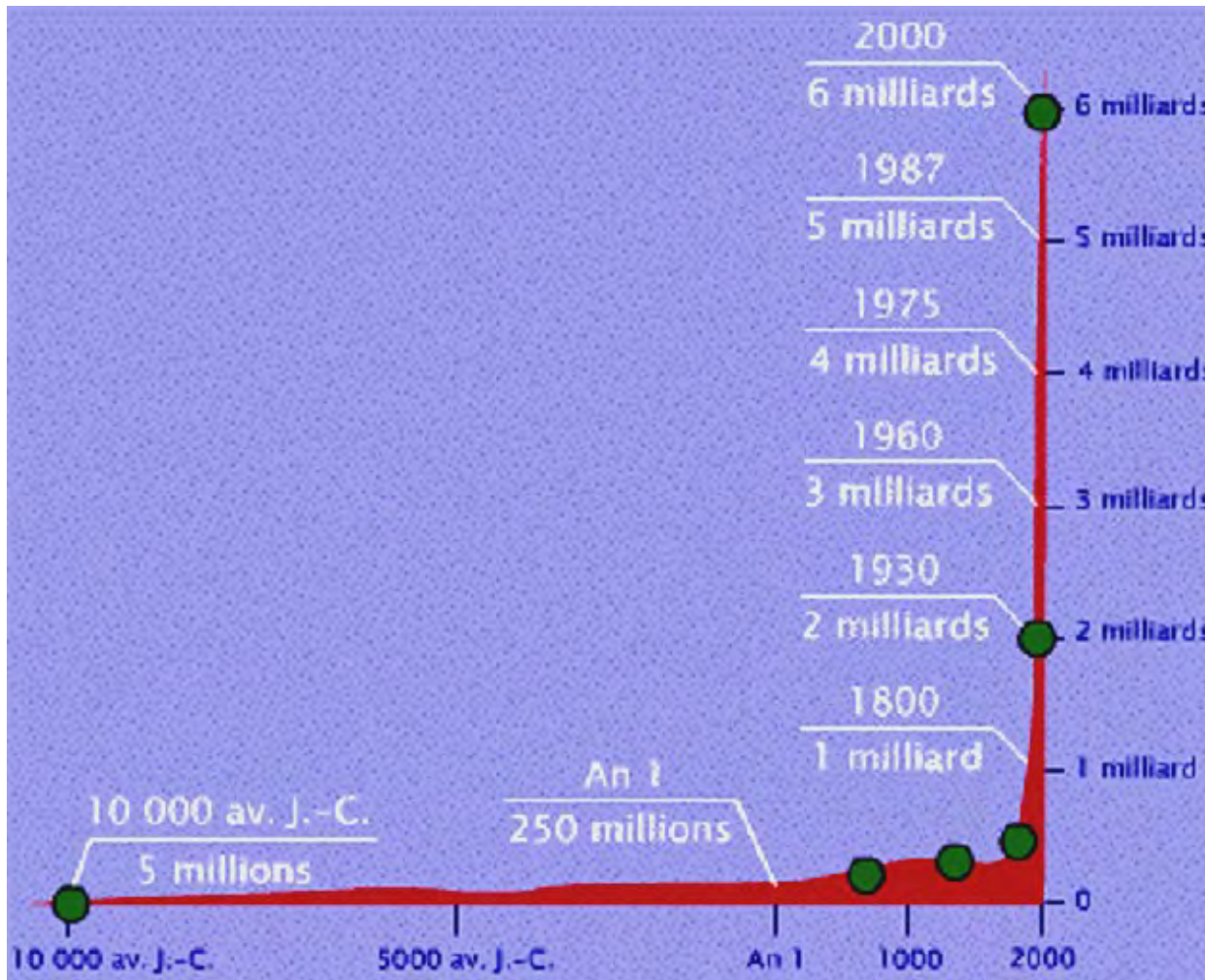


Blé x 3,2
en 40 ans
Maïs x 6,4



37,4%
-40 000 ha de prairies
entre 2000 et 2007





Croissance de la population mondiale depuis 12'000 ans...

Que s'est-il passé en 1700 ?

Jusqu'à quand cela va-t-il durer ?

Au XVII^e siècle, la population mondiale était d'environ 500 millions d'habitants et croissait de 0,3 % par an

3.6 milliards en 1970

Un territoire avec beaucoup d'atouts naturels et économiques



Une façade maritime



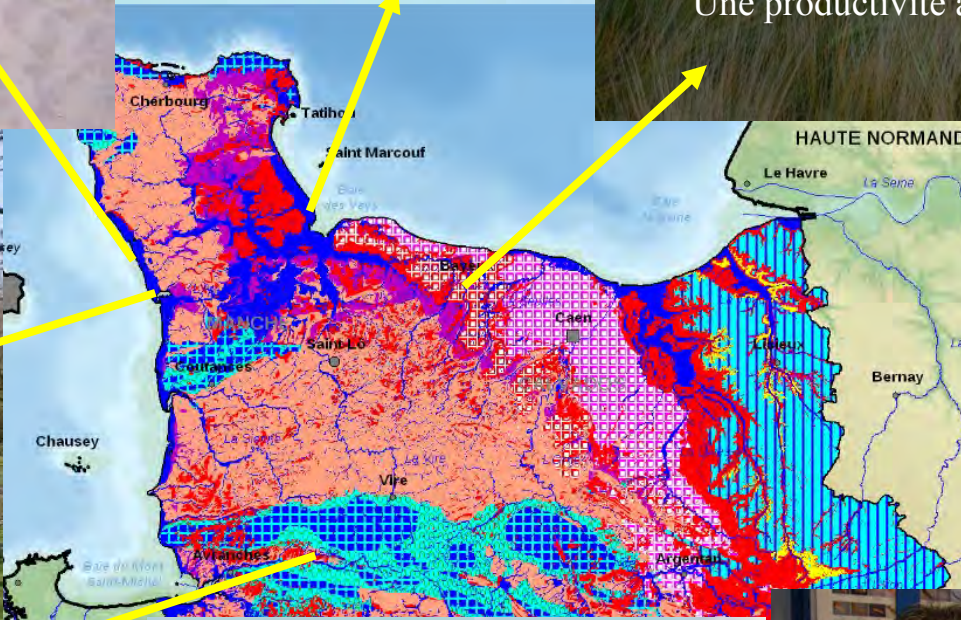
Une qualité d'air correcte



Une productivité agricole exceptionnelle



Des pièges à carbone



Energie renouvelable :
Un potentiel élevé



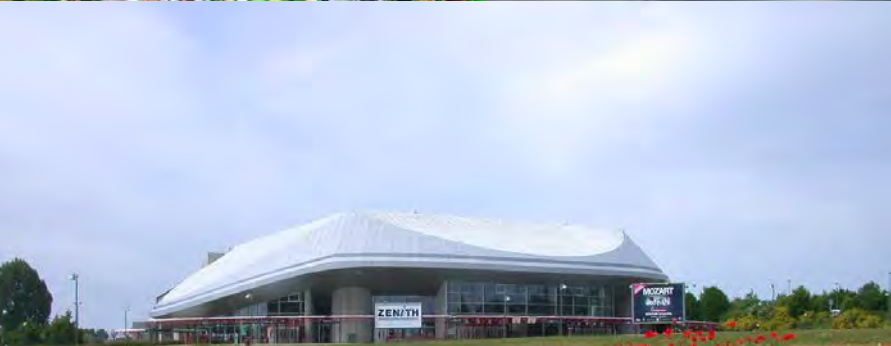
Une eau abondante localement



Une bonne image
Y compris à l'international



Des réseaux et des
acteurs dynamiques



Thermohaline Circulation

