

Changement climatique en Normandie : Territorialisation des impacts et enjeux

Rouen le 18/11/2015

Marie-Pierre Cribellier et
Frédéric Gresselin

DREALs Haute et Basse-Normandie



Territorialisation de l'adaptation au changement climatique en Normandie

- Plusieurs études déjà réalisées aux échelles départementale, régionale et interrégionale
- Nouvelle étude lancée fin 2012 par le Commissariat Général à l'Égalité des Territoires (ex DATAR)

SGAR DE HAUTE ET BASSE-NORMANDIE



Datar

**L'adaptation aux effets du
changement climatique en Haute et
Basse-Normandie**

ÉTUDE

RAPPORT TECHNIQUE FINAL

=> Construction d'un diagnostic territorialisé des impacts du changement climatique en Haute et Basse-Normandie.

Eau & Environnement
Unité Climat-Energie
50, avenue Daumesnil
75012 Paris
Tel : +33 (0)1-46-78-37-42
Fax : +33 (0)1-46-78-43-41



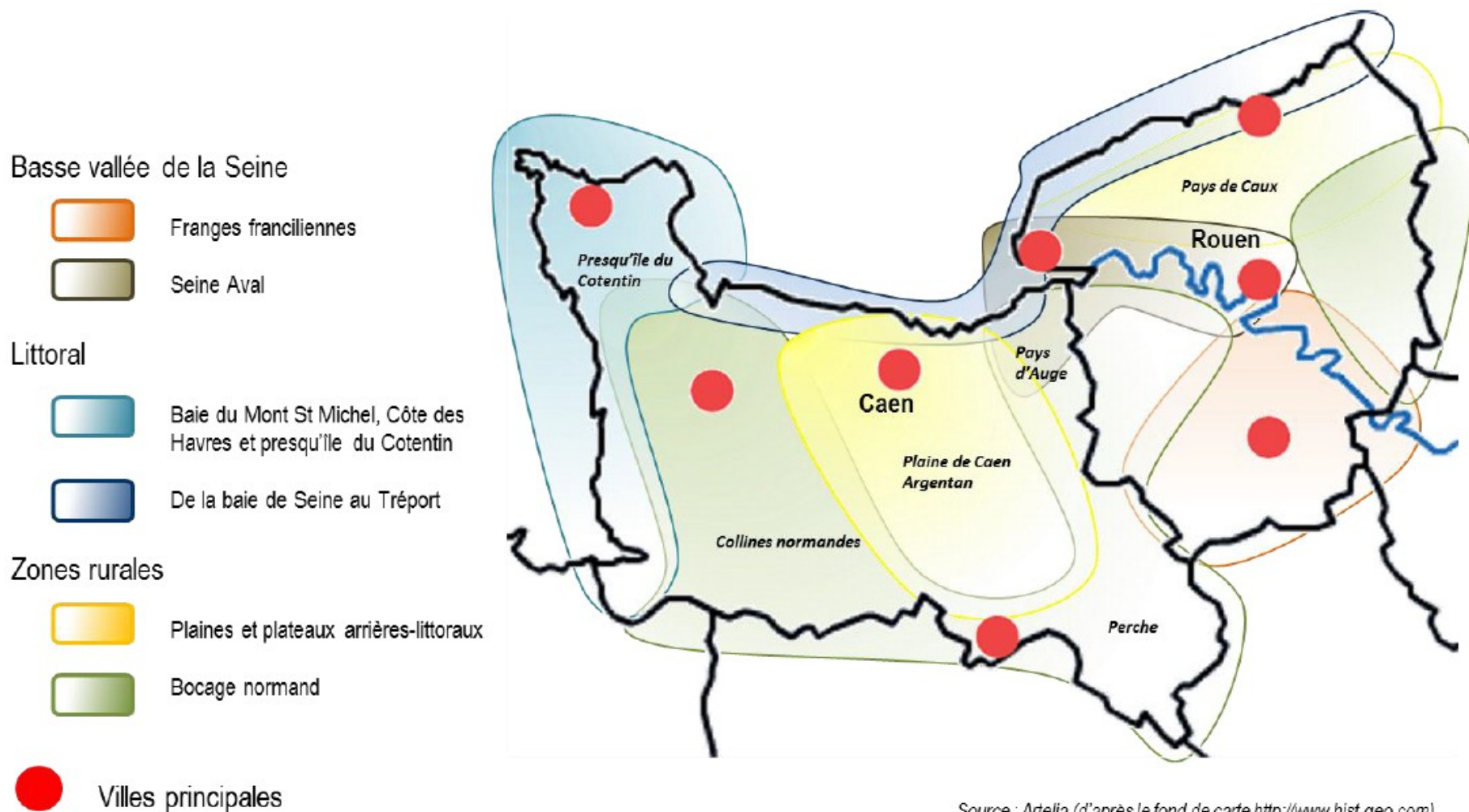
DATE : SEPTEMBRE 2013 REF : 8520091

ARTELIA, L'union de Coteba et Sogreah



Territorialisation de l'adaptation au changement climatique en Normandie

- Six territoires-types identifiés



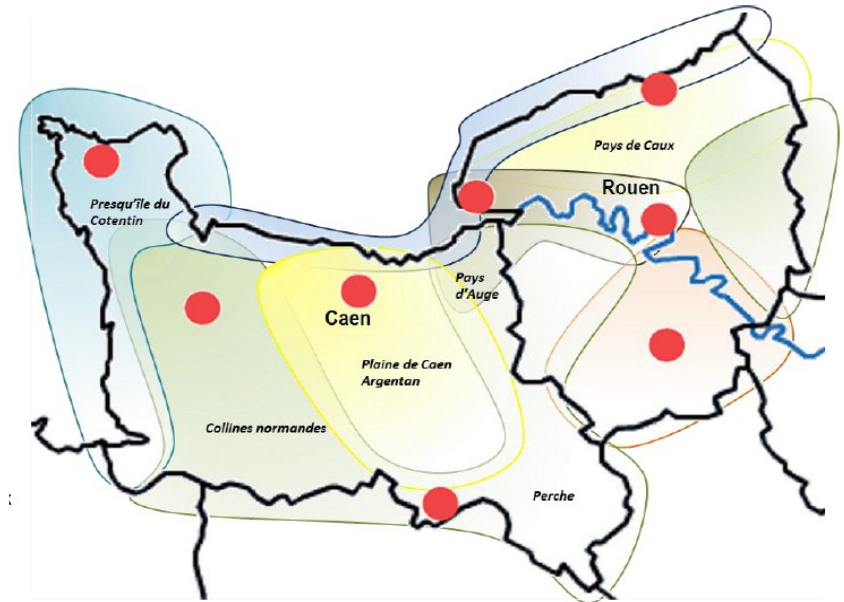
Source : Artelia (d'après le fond de carte <http://www.hist-geo.com>)

Territorialisation de l'adaptation au changement climatique en Normandie

PLAINES ET PLATEAUX ARRIERE-LITTORAUX :

Impacts :

- Baisse des rendements agricoles
- Aggravation du risque d'inondation par ruissellement
- Dégradation du confort thermique en été dans les logements



Source : Artelia (d'après le fond de carte <http://www.hist-geo.com>)

BOCAGE NORMAND :

Impacts :

- Baisse de la production de fourrage : menace pour les activités d'élevage
- Transformation du paysage du bocage et des écosystèmes qui en dépendent

FRANGES FRANCILIENNES :

Impacts :

- Baisse des rendements agricoles
- Aggravation du risque de retrait-gonflement des argiles
- Dégradation du confort thermique en été dans les logements

Territorialisation de l'adaptation au changement climatique en Normandie

LITTORAL DE LA BAIE DE SEINE AU TREPORT :

Impacts :

- Aggravation des risques littoraux : érosion des côtes et submersion marine
- Hausse de l'attractivité touristique

LITTORAL DE LA PRESQU'ILE DU COTENTIN

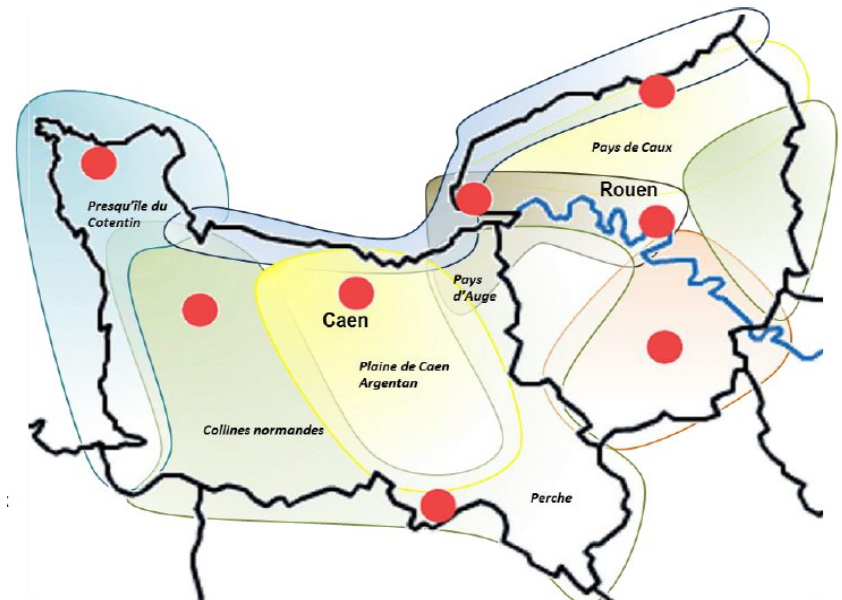
Impacts :

- Baisse de la disponibilité des ressources en eau
- Hausse de l'attractivité touristique
- Aggravation du risque de submersion des côtes basses (marais du Cotentin et du Bessin notamment)

SEINE AVAL:

Impacts :

- Aggravation du risque d'inondation par submersion marine
- Aggravation du risque d'inondation par ruissellement
- Dégradation du confort thermique en été dans les logements

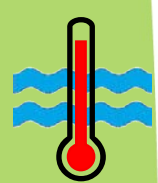


Le changement climatique côté mer

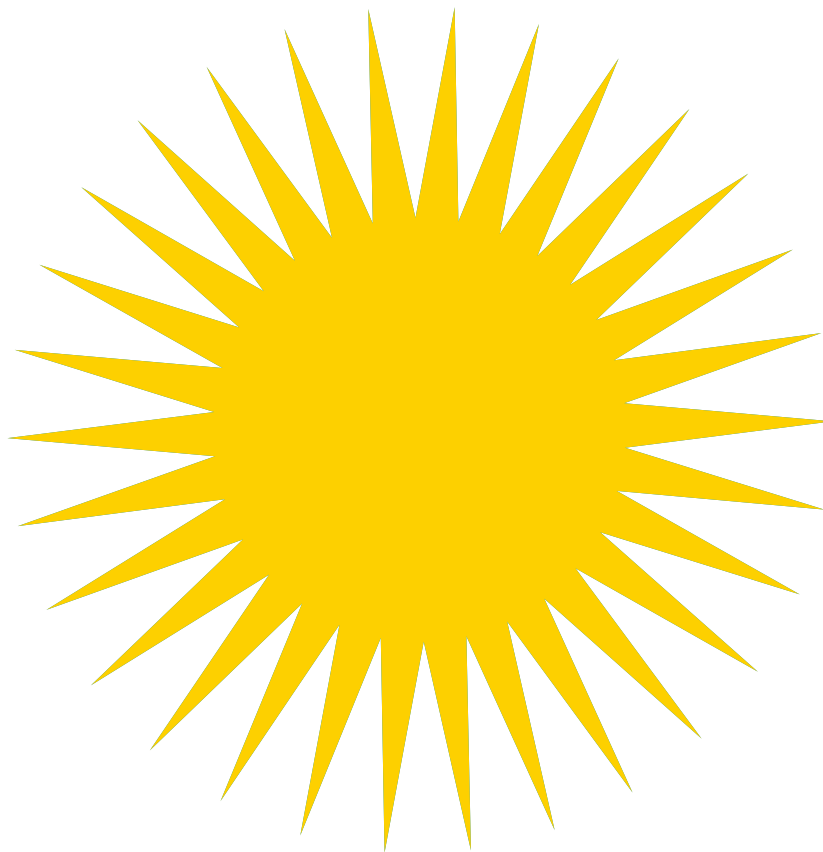
Ses atouts, ses impacts potentiels

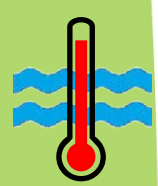


Source : B. Alexandre



Les enjeux liés à l'élévation des températures





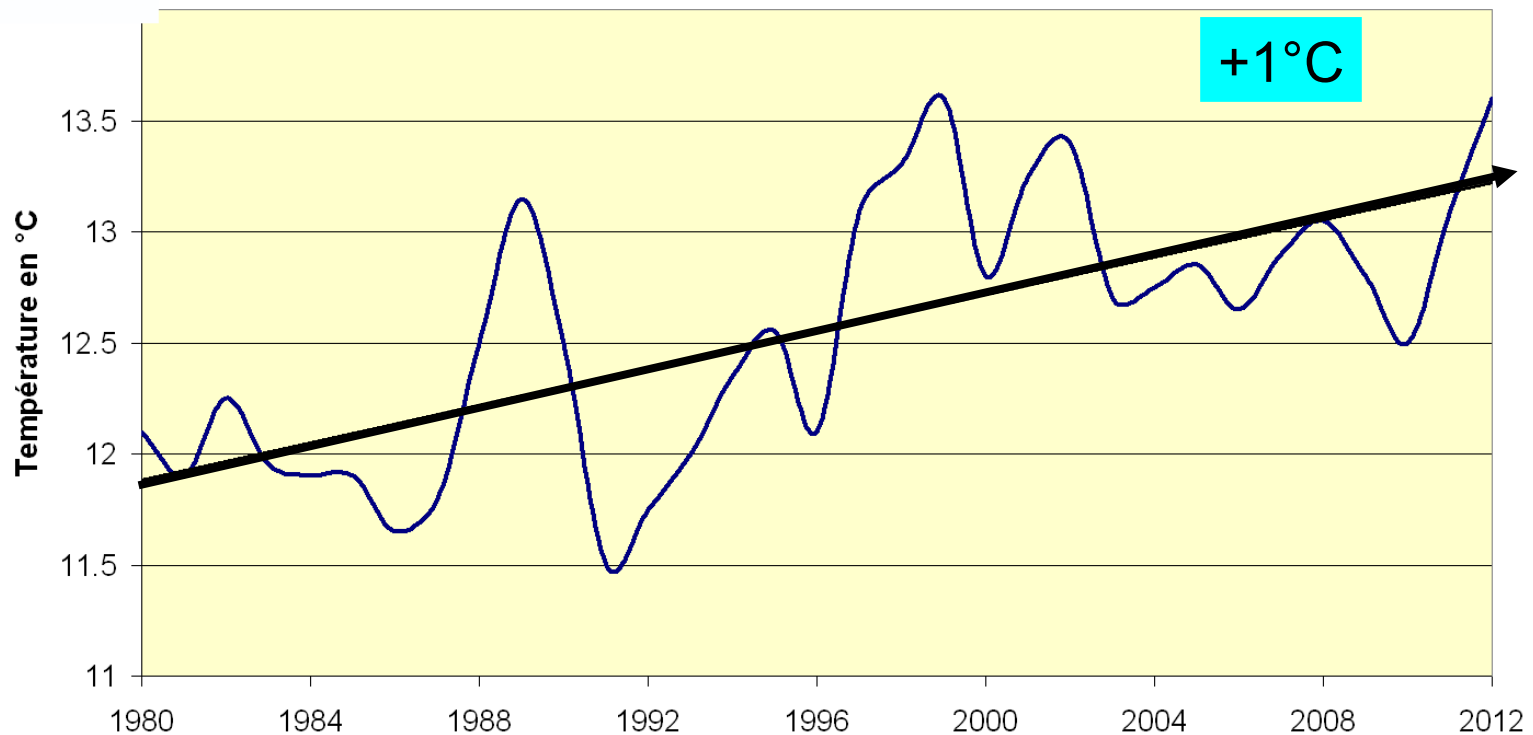
Evolution de la température de la mer de la Manche de 1980 à 2012



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

(sources : la Société Guernesiaise)

PRÉFET
DE LA RÉGION
BASSE-NORMANDIE

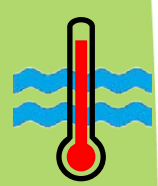


1980

2012

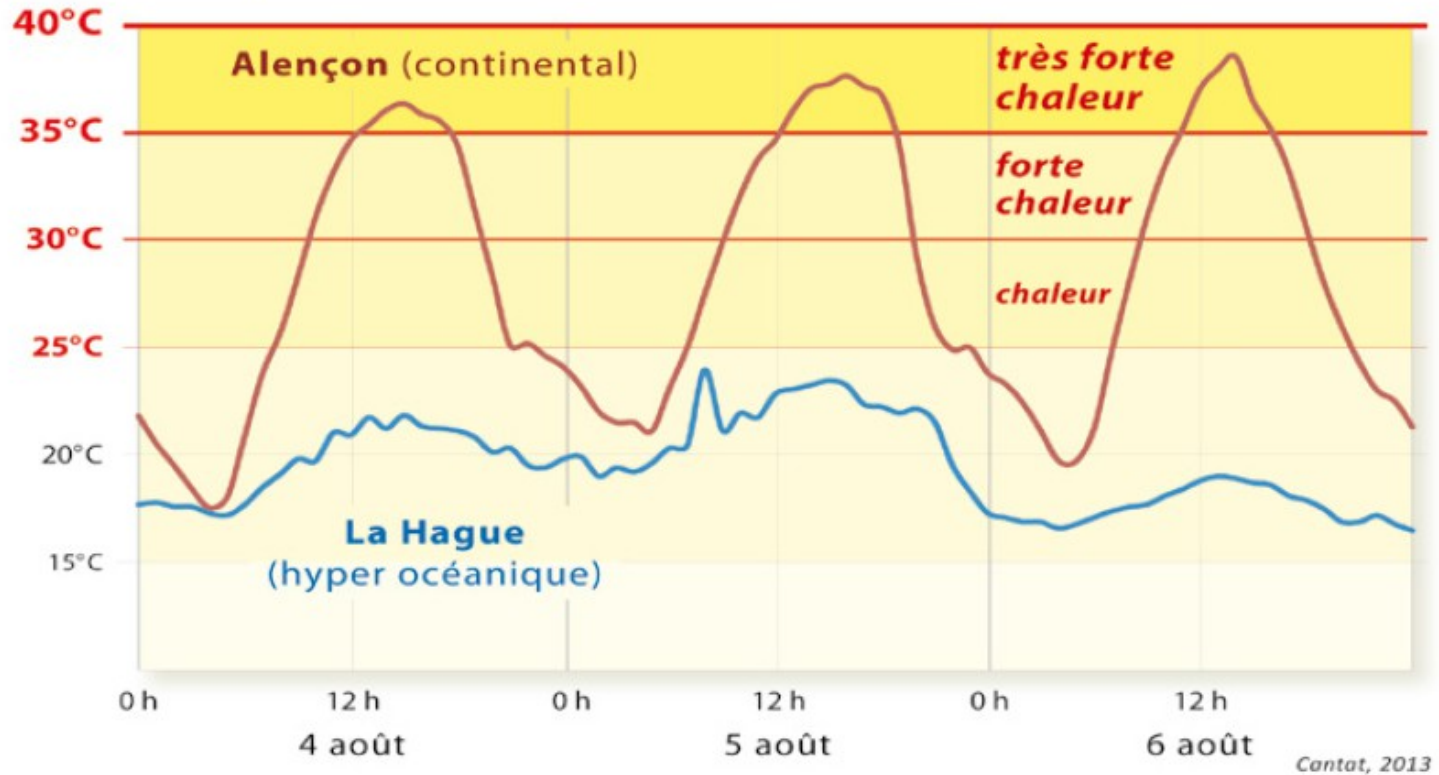


Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie



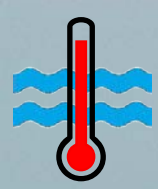
Un climat tempéré le long des côtes

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



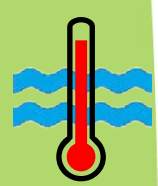
Cantat, 2013

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



Quelle offre touristique pour demain ?

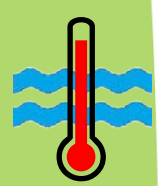




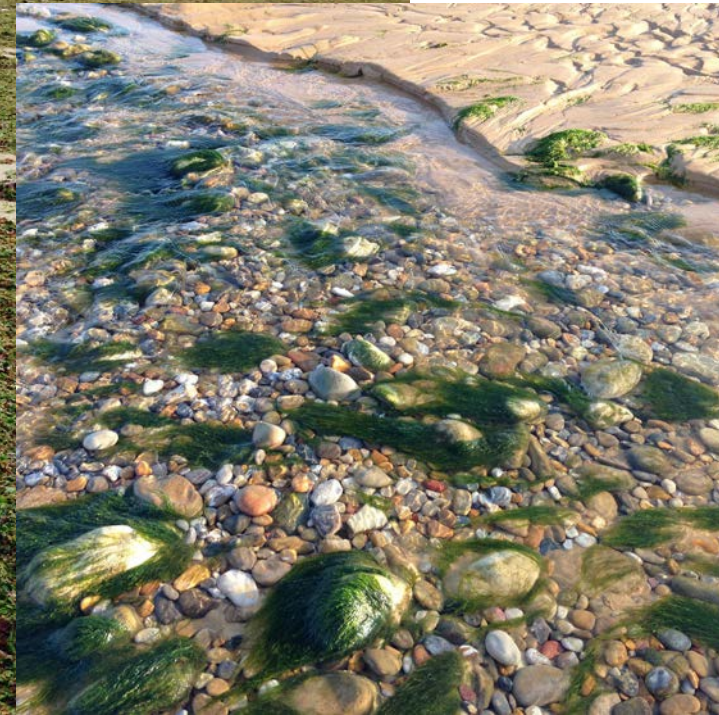
Quelle offre touristique pour demain ? Y aura-t-il plus de vent de NE ?



photo Juvien Fabrice



L'eutrophisation marine est-elle un risque potentiel pour le tourisme sur nos côtes ?



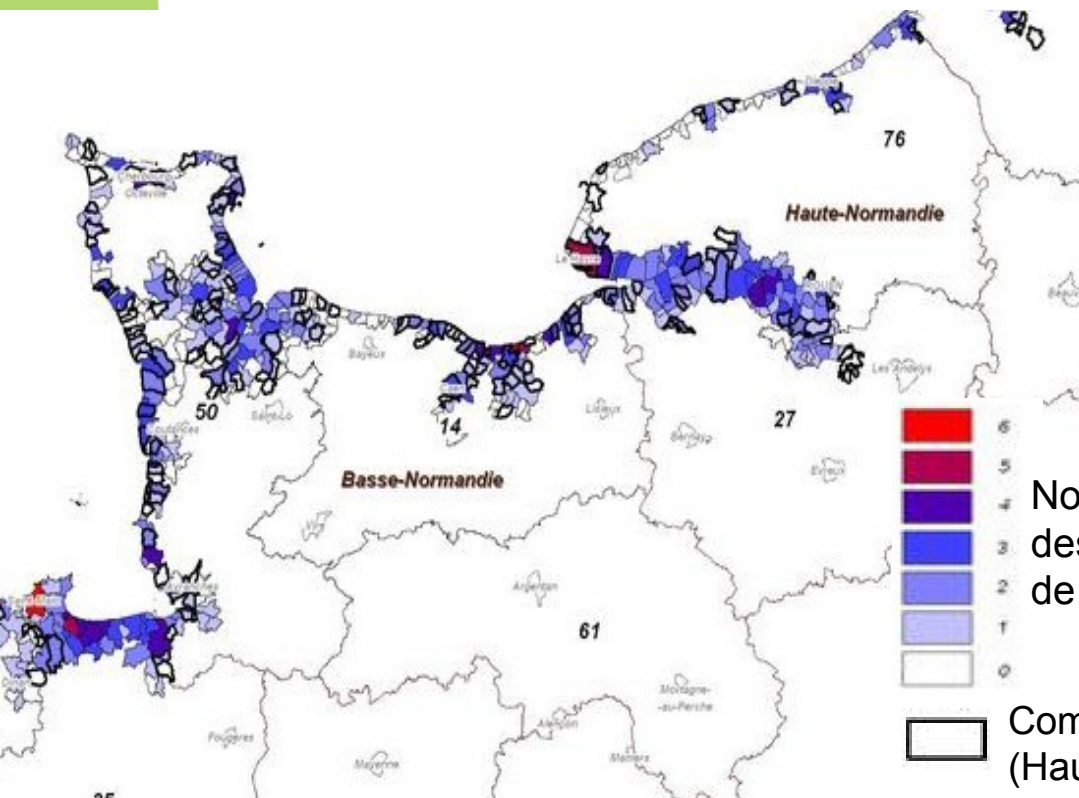


Les enjeux liés à l'élévation de la mer





Vulnérabilité au risque de submersion marine



Intensité du Bâti situé dans les Zones basses par communes

Source : étude « Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux », CETMEF, 2012

Nombre de bâtiments dans les zones basses des communes situées sous les niveaux marins de référence, par classe



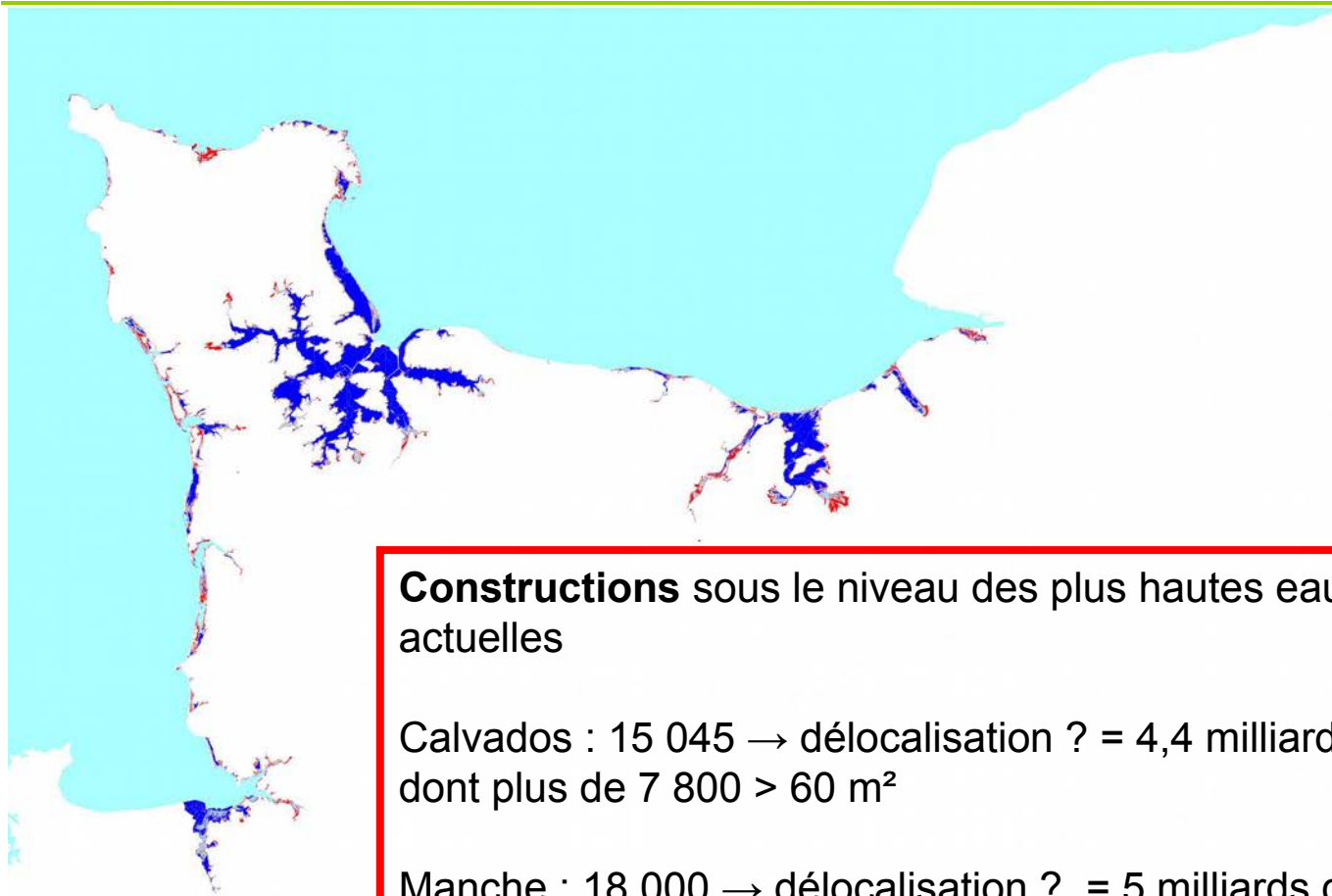
Hausse du niveau marin de +1m

=> Augmentation de plus de 80% du nombre de bâtiments concernés en Basse-Normandie

=> Augmentation de 45 % du nombre de bâtiments concernés en Haute-Normandie



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



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...**



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**



Quelques éléments de coûts...



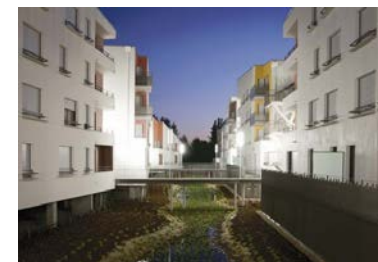
Sur le risque inondation :

Trois stratégies d'adaptation possibles :

- « **Eviter** » : éviter le risque, en surélevant le bâtiment
- « **Résister** » : mettre en place des dispositifs temporaires ou permanents pour retarder voire empêcher la pénétration de l'eau
- « **Céder** » : accepter que l'eau pénètre dans le bâtiment, et mettre en place des mesures visant à réduire les dommages et le temps de retour à la normale

Pour des
constructions
neuves

Stratégie	Mesures	Coût
Eviter	Surélévation de 0,5 à 1m avec des pilotis	Entre 1000 et 1900€
	Surélévation entre 0,3 et 0,9m à l'aide de murs	Entre 1700 et 4300€
Résister	Mesures temporaires (barrières étanches devant les portes, dispositif d'occultation des prises d'air, clapet anti-retour)	De l'ordre de 2300€
	Mesures permanentes (clapet anti-retour, portes extérieures étanches, pompes, lignes de drainage autour de la maison...)	Entre 6600 et 8200€

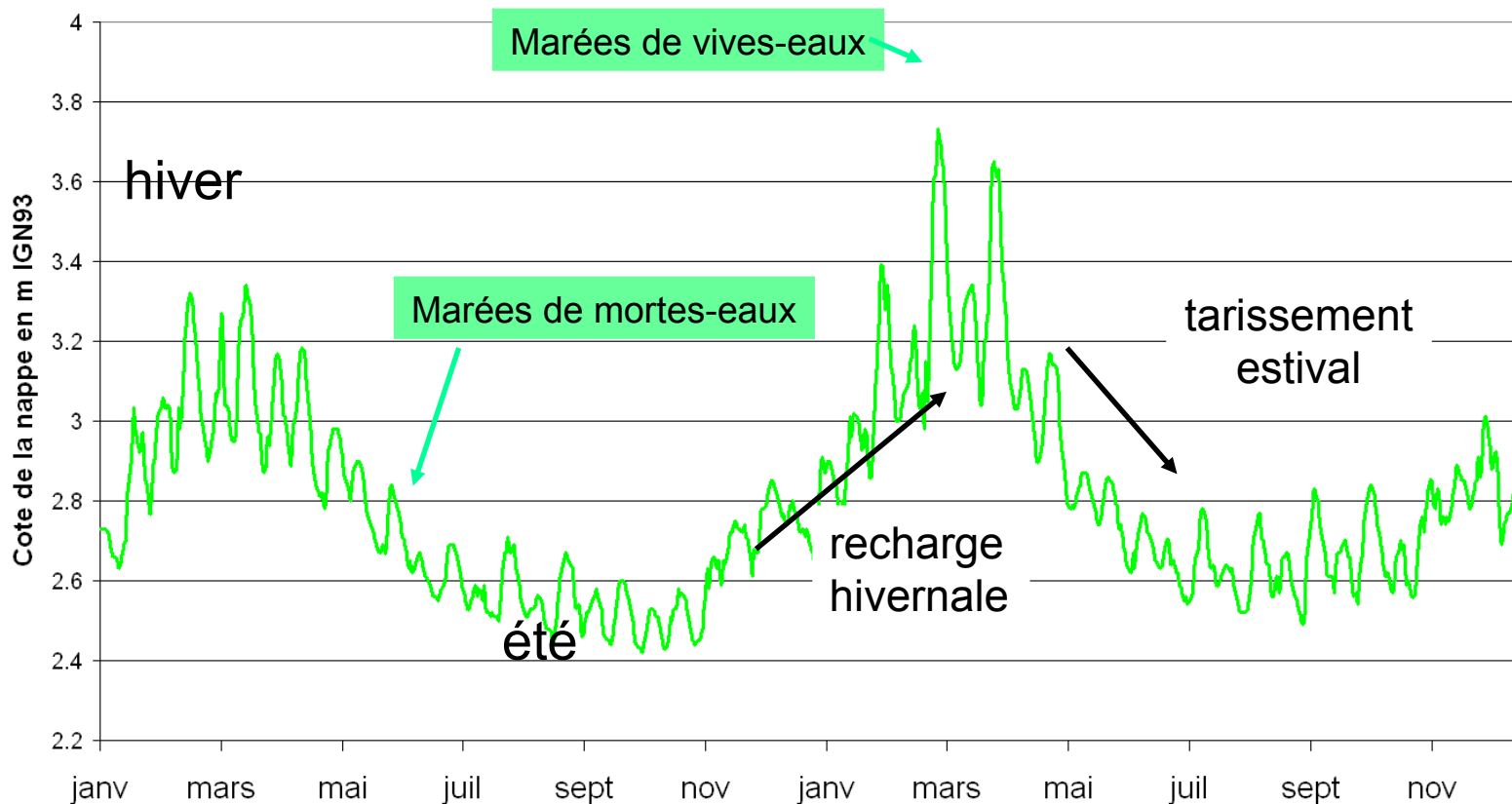


Source : GERSONIUS et al., 2008. *Efficiency of private flood proofing of new buildings - Adapted redevelopment of a flood plain in the Netherlands*



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





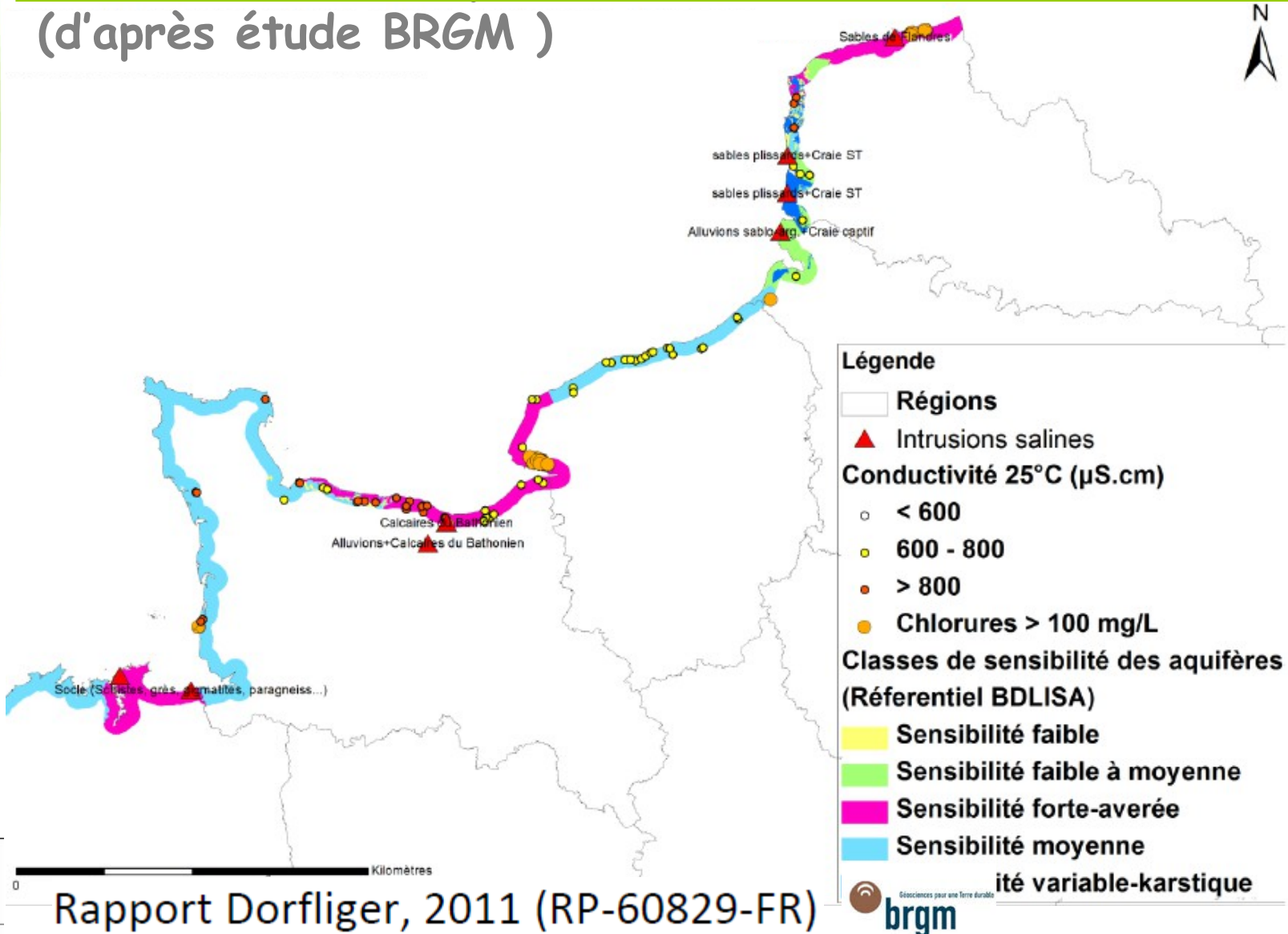
Peut-on se protéger de la remontée des nappes phréatiques littorales ?



- ← cordon dunaire
- ← sable sec
- ← émergence de la nappe

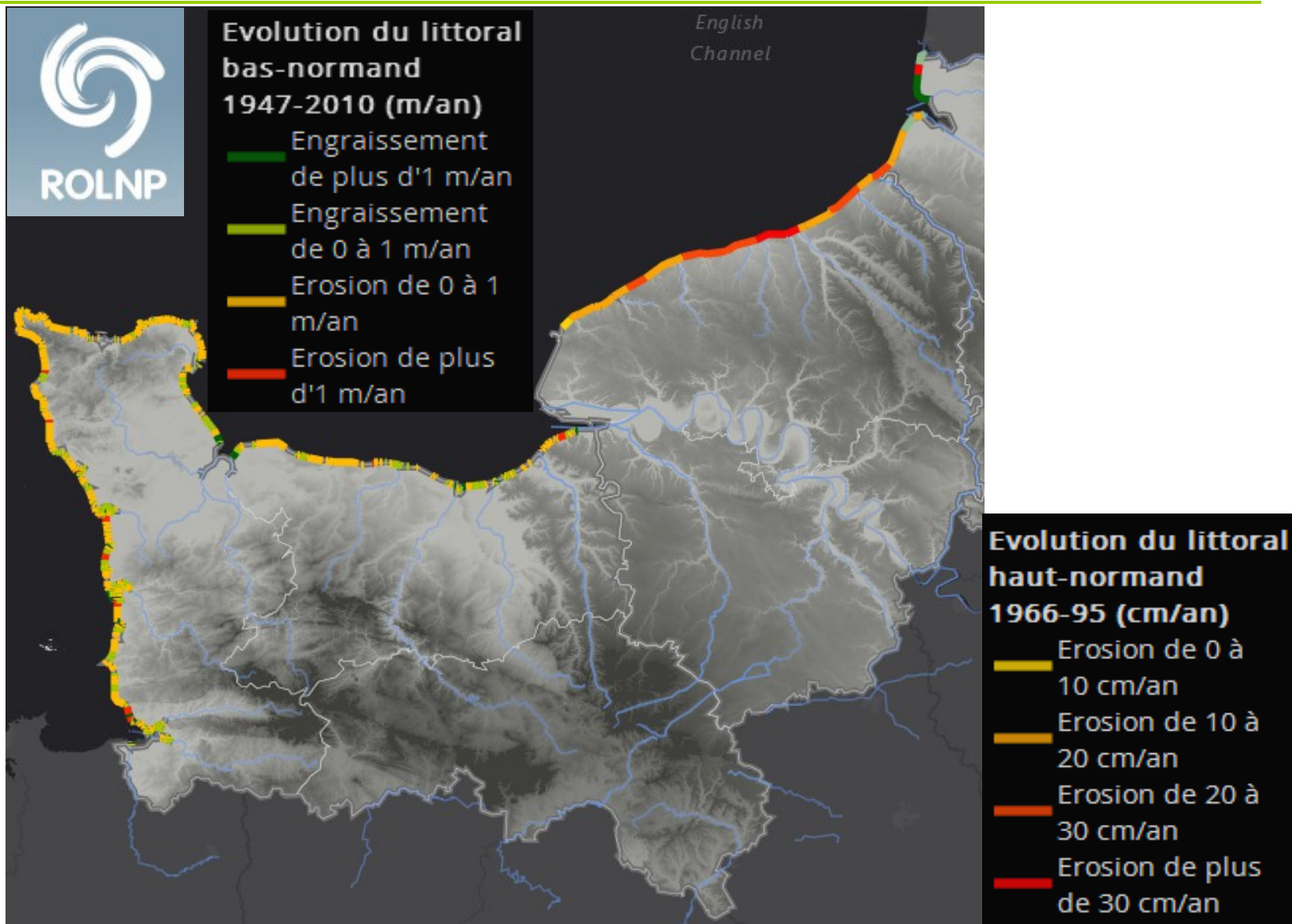
Vidange à marée basse de la nappe d'un marais maritime

Sensibilité des aquifères côtiers du NW de la France à la pénétration du biseau salé (d'après étude BRGM)





L'érosion littorale





Doit-on protéger tout le territoire de l'érosion marine ?



Coût 1 500 euros par mètre linéaire d'enrochement





Est-ce toujours efficace ? Érosion derrière un enrochement très récent...



600 m d'enrochement inutile ici





Peut-on protéger tout le territoire de l'érosion marine ?





Des espaces littoraux urbains particulièrement menacés



Dieppe - Fin 2013



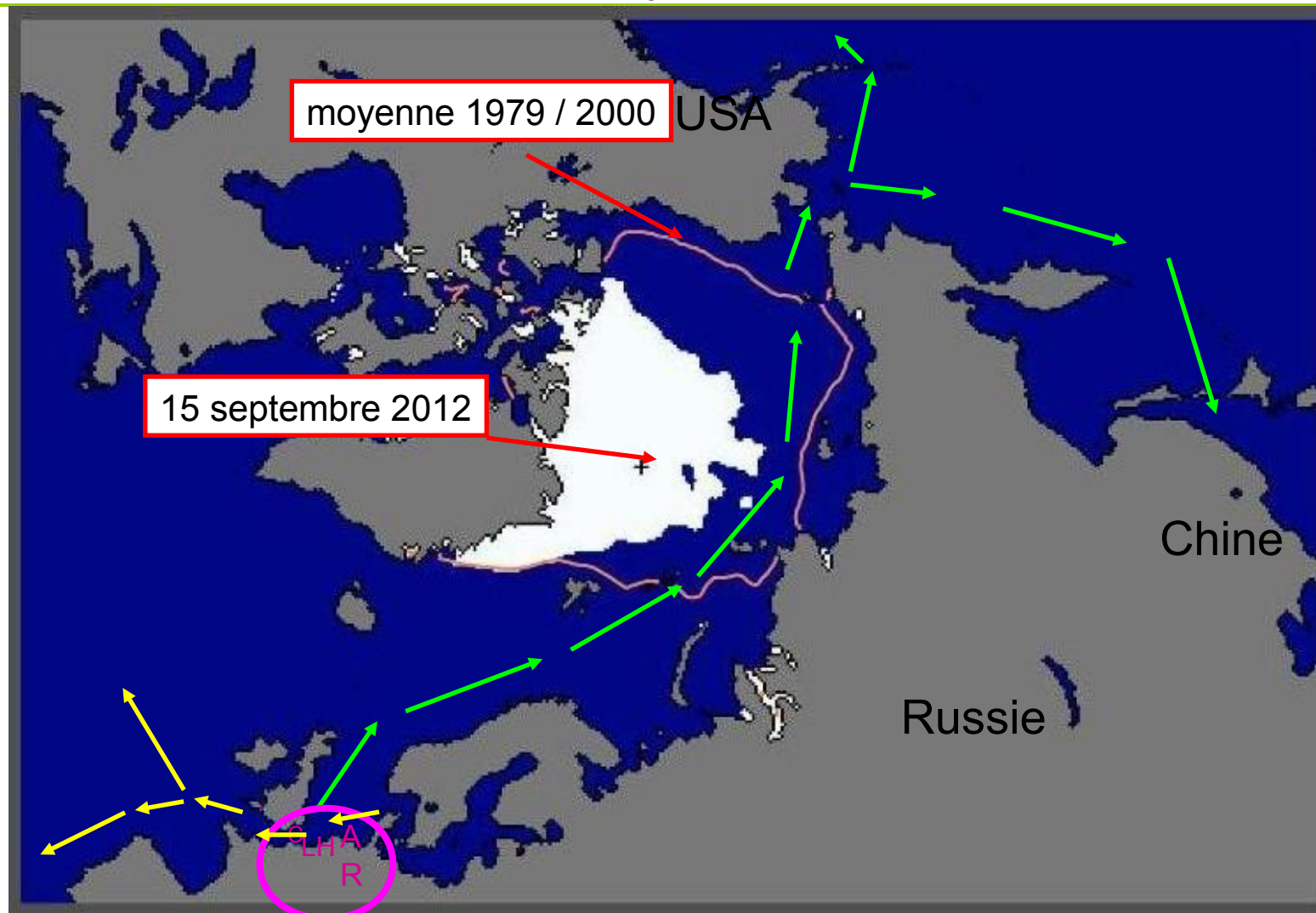
Photo : Bastien Harel

Varengeville-sur-mer Août 2015





Réorganisation du trafic maritime mondial : impact sur les infrastructures portuaires normandes



La fonte de la banquise arctique ouvre temporairement une **nouvelle voie maritime**.



Le changement climatique côté terre





Le sol





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

Quelques éléments de coûts...



Sur une baisse des rendements agricoles liée à une recrudescence de sécheresses :

- Estimation des baisses de rendements pour des sécheresses de type 2003
- Estimation du nombre de sécheresses type 2003 d'ici 2030, 2050, et 2100
- Hypothèses sur les prix de la tonne de blé tendre et de matière sèche

=> Pour les prairies :

Coût annuel :

- jusqu'à 10 M€ d'ici 2030
- de 36 à 102 M€ entre 2050 et 2100

=> Pour le blé tendre:

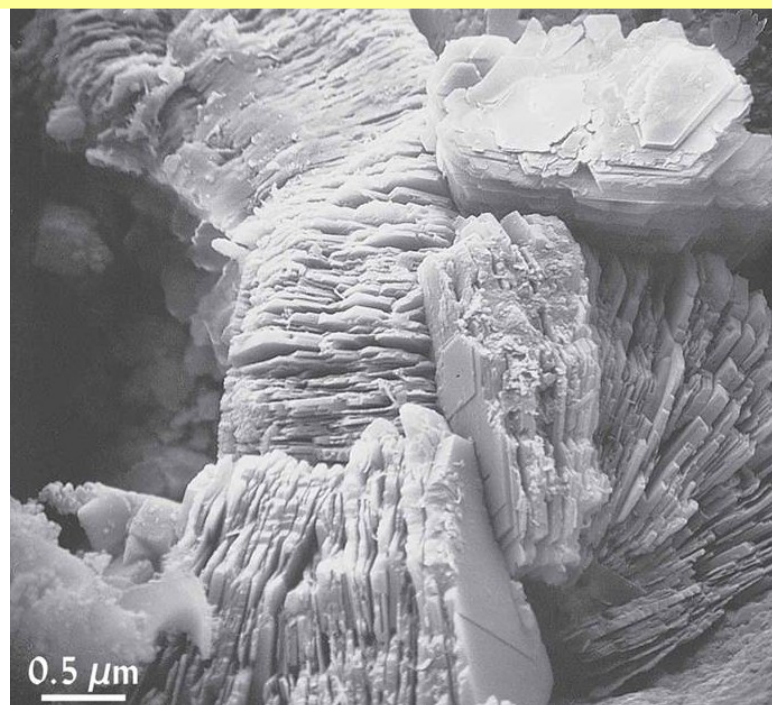
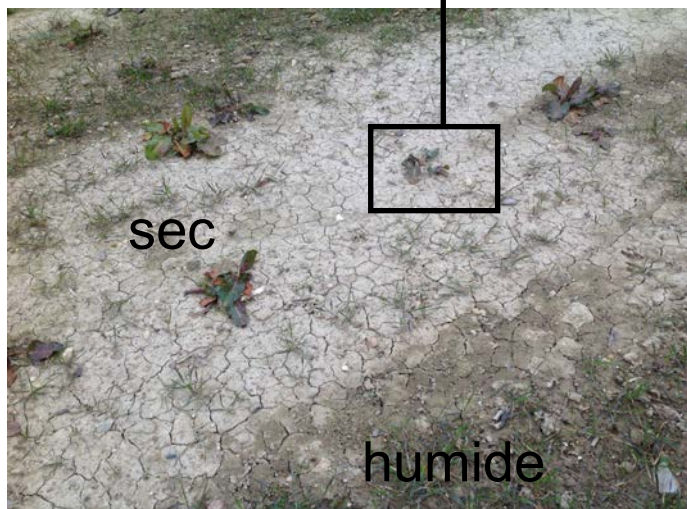
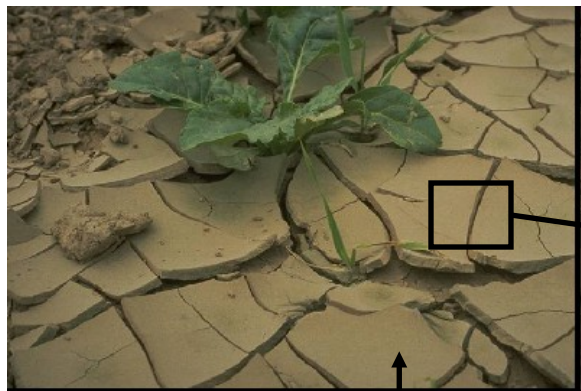
Coût annuel :

- jusqu'à 3 M€ d'ici 2030
- de 10,5 à 30 M€ entre 2050 et 2100



Bâtir sur sol argileux ou tourbeux : Un risque accru avec les dysfonctionnements climatiques

Le sol bat au rythme des saisons, selon son degré d'humidité
Il « gonfle » en hiver et « dégonfle » en été



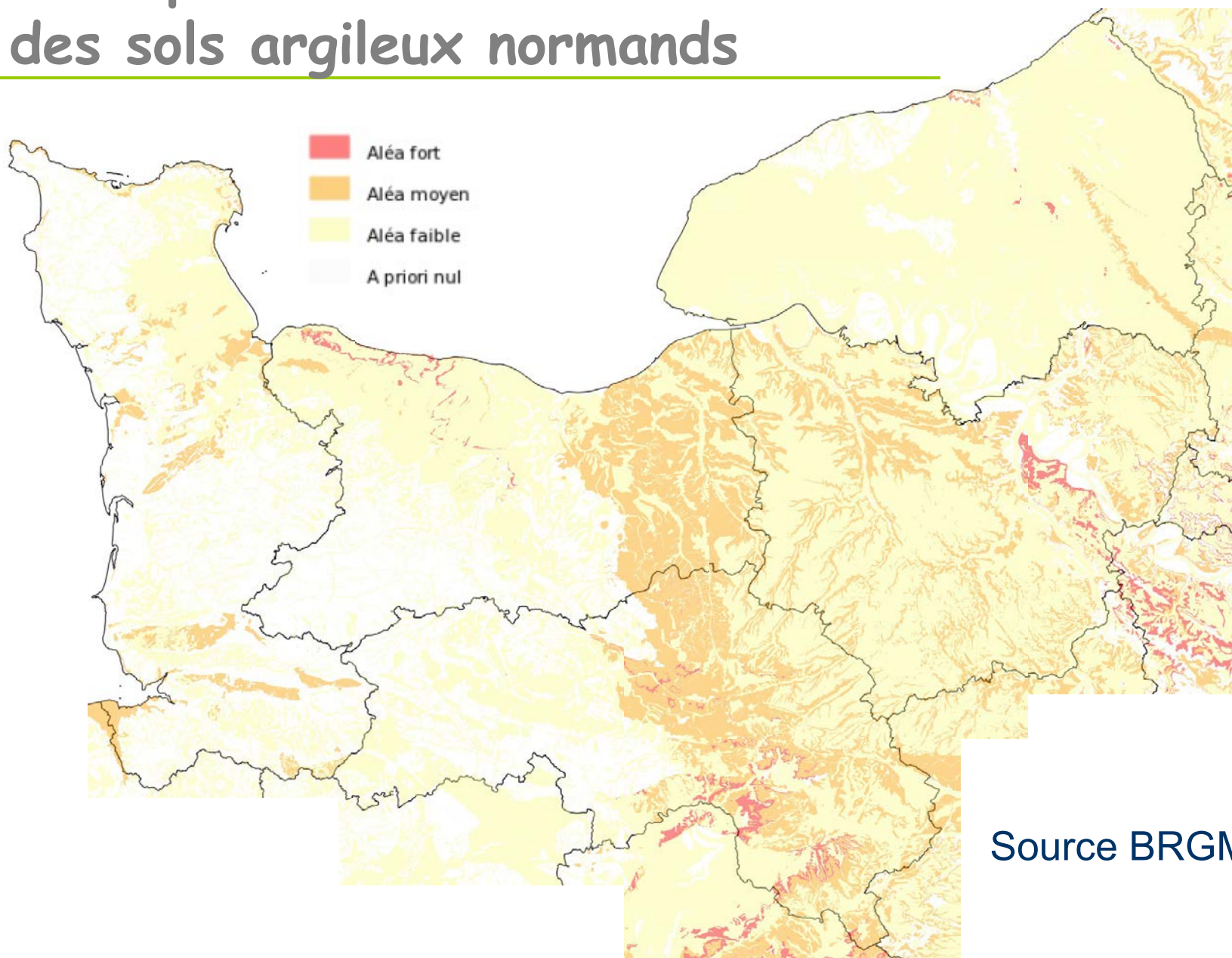
Source : Yavapai college (az)

Les argiles : des phyllosilicates capables
de stocker beaucoup d'eau entre leurs
feuilletts

Ici des cristaux de kaolinite



Susceptibilité aux tassements différentiels des sols argileux normands





Un risque aggravé en zone humide

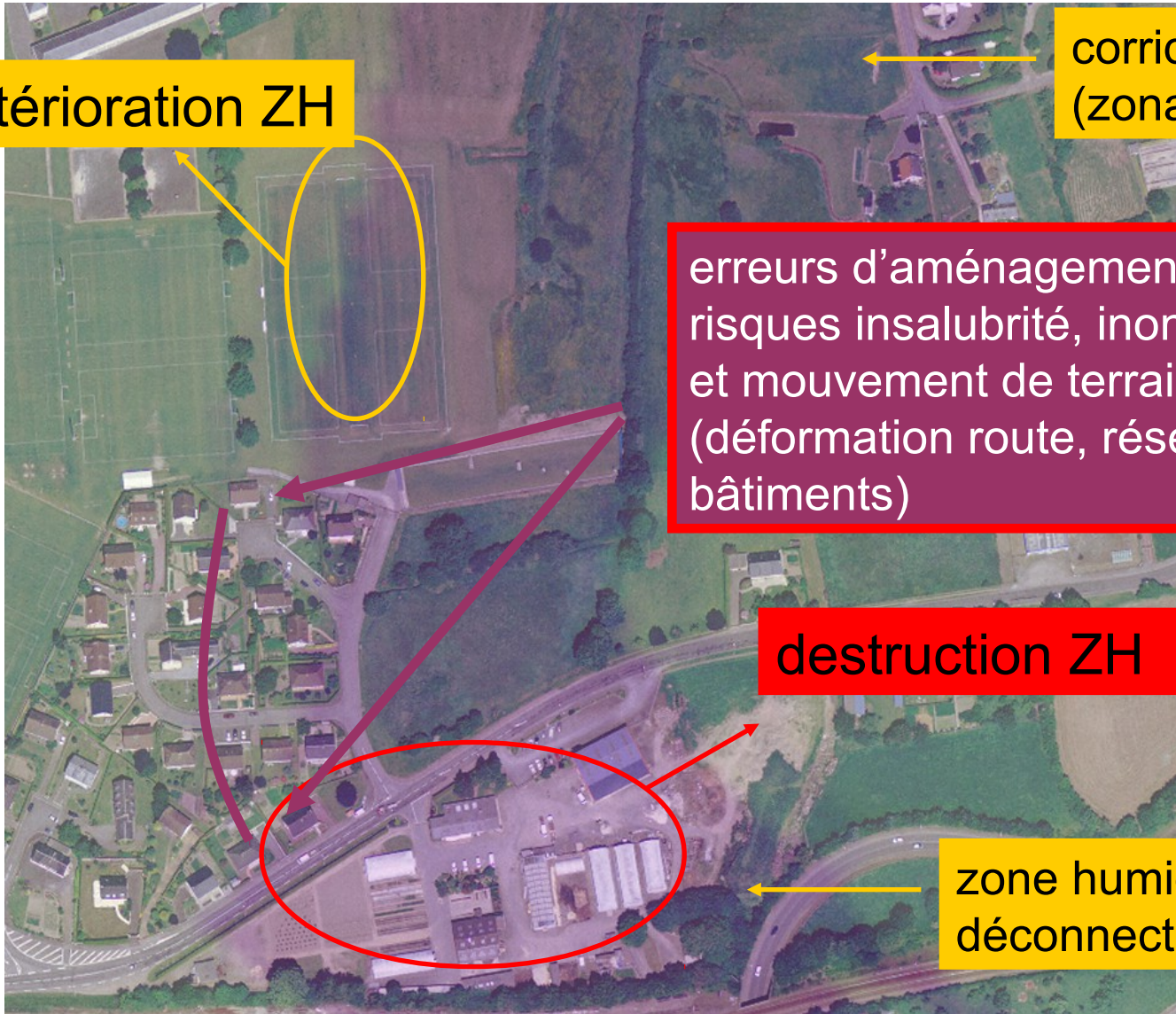
détérioration ZH

corridor humide
(zonage violacé)

erreurs d'aménagement :
risques insalubrité, inondation
et mouvement de terrain
(déformation route, réseaux,
bâtiments)

destruction ZH

zone humide résiduelle
déconnectée



Quelques éléments de coûts...



Sur le retrait-gonflement des argiles

Coût moyen d'un sinistre : 15 000 €

→ forte augmentation d'ici 2100



www.argiles.fr

Surcoût d'une sécheresse de type 2003 :
environ 46 M€ pour les Haute et basse-Normandie

Adaptation de toutes les nouvelles maisons construites entre 2013 et 2030 en zones d'aléa fort et moyen : entre 150 et 240M€ en cas de stricte application des prescriptions forfaitaires des PPRN (fondations armées, bétonnées à pleine fouille et ancrées de manière homogène à une profondeur minimale comprise entre 0,8 et 1,2m)

→ **Adaptation au cas par cas possible en ciblant les zones de risque avéré : coût d'étude des sols entre 1000 et 3000€**





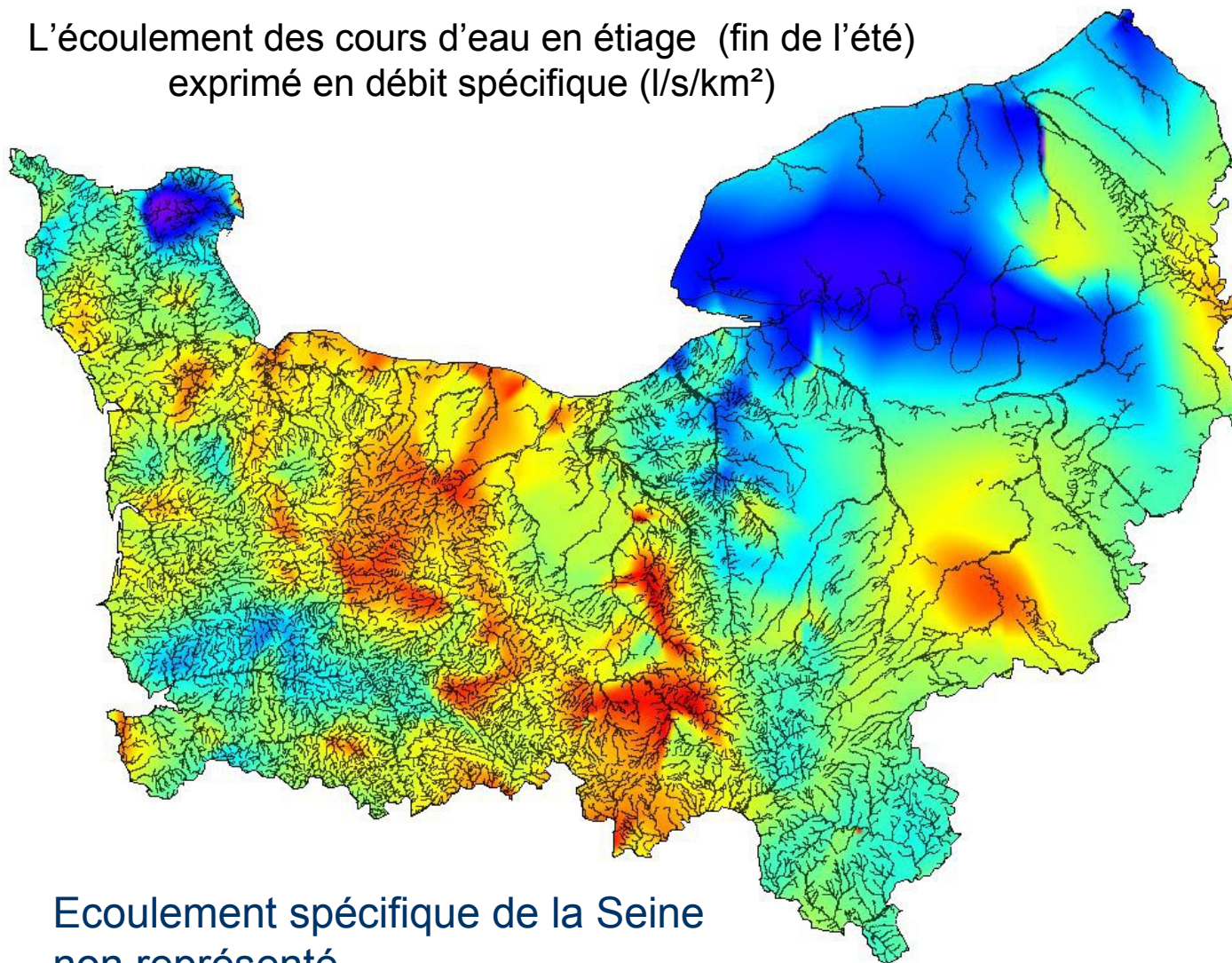
L'eau





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/km²)



forts débits spé.

faibles débits spé.

Écoulement spécifique de la Seine
non représenté





Baisse de la ressource à l'horizon 2100

Prélèvements inférieurs à 10 % du QMNA₅

 fortement

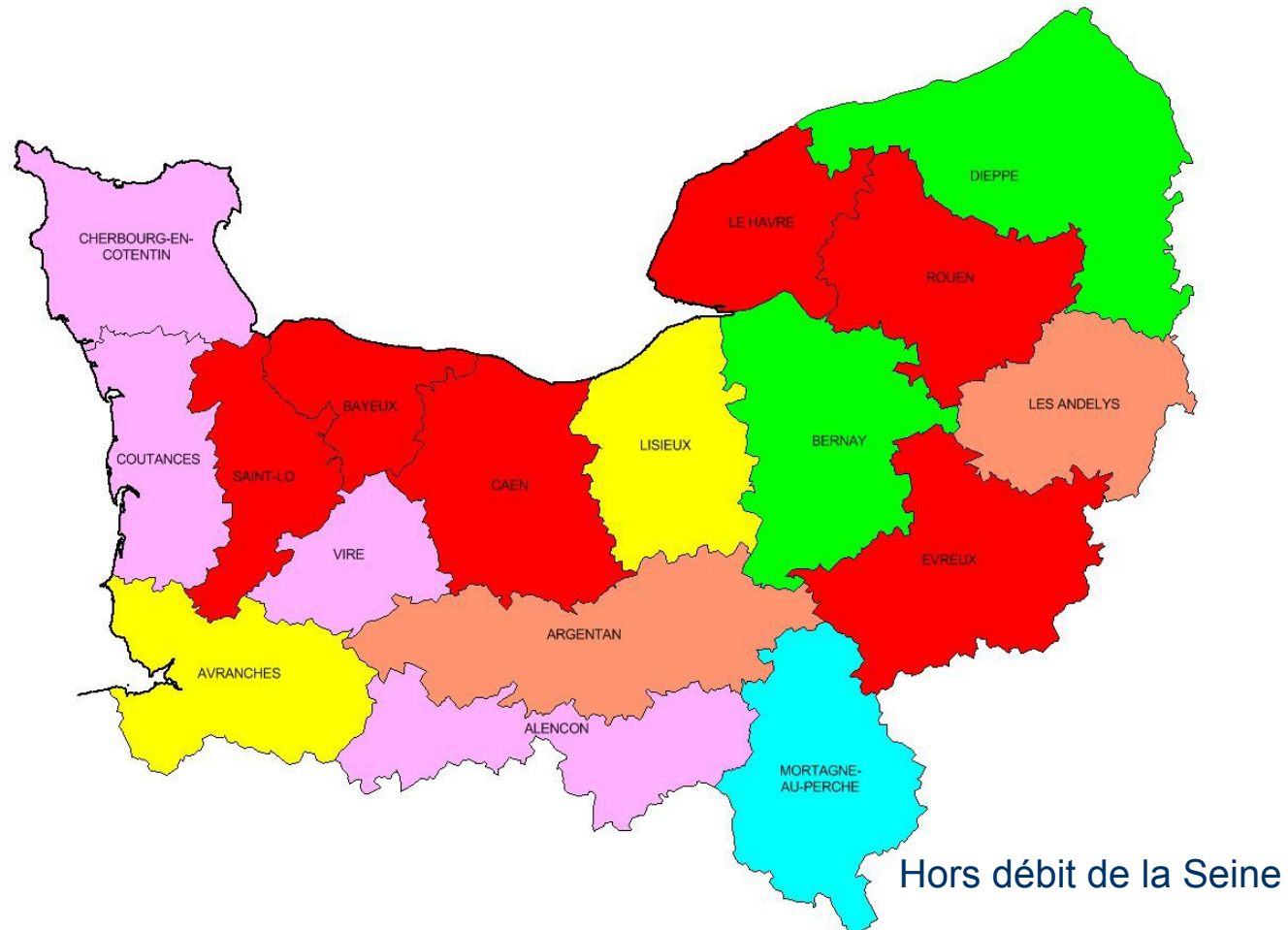


 faiblement

Prélèvements supérieurs à 10 % du QMNA₅

 faiblement

 fortement à très fortement



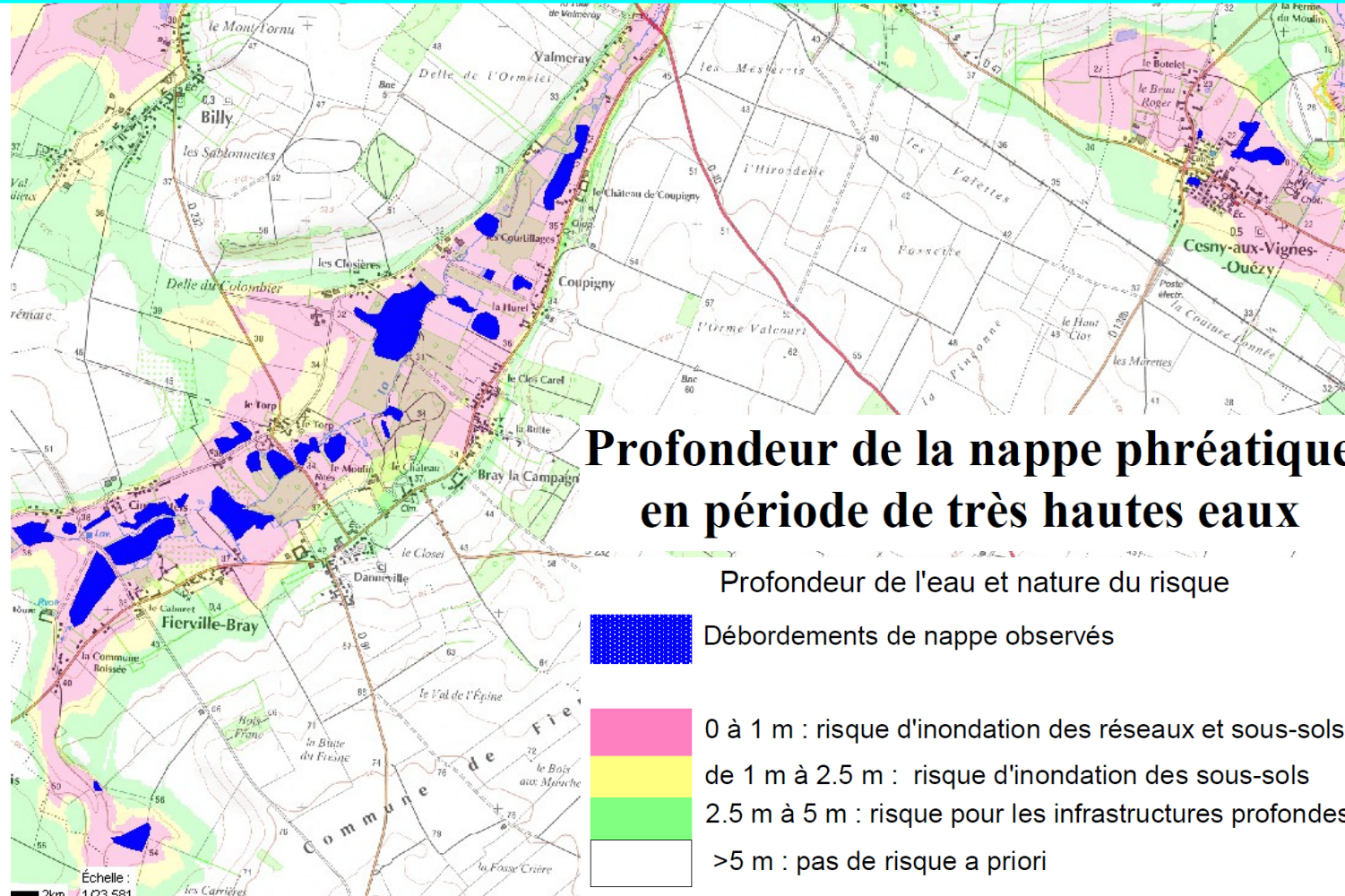
Hypothèses choisies :

- Baisse de moitié du QMNA₅
- Pas d'augmentation des prélèvements



Augmentation du risque d'inondation en ville ? Débordement de nappes et cours d'eau + ruissellement

Pour éviter le risque : cartographies, modélisations, mitigation
mais avant tout du bon sens...





Côté population



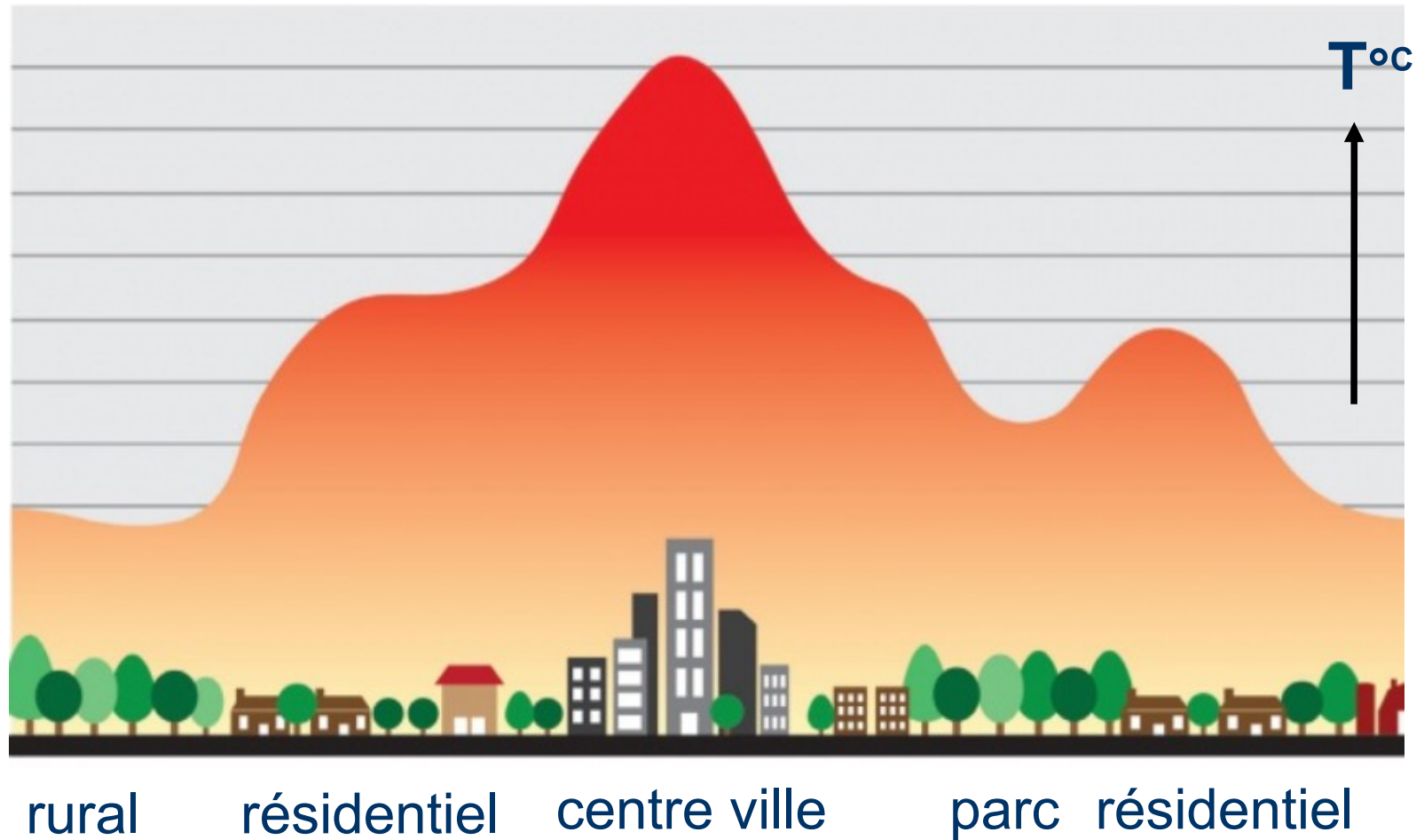


La ville





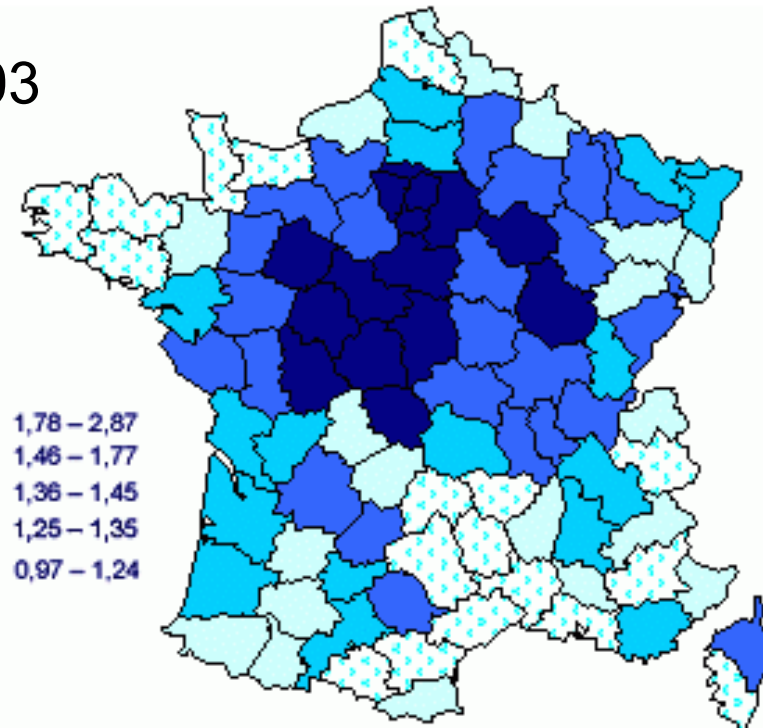
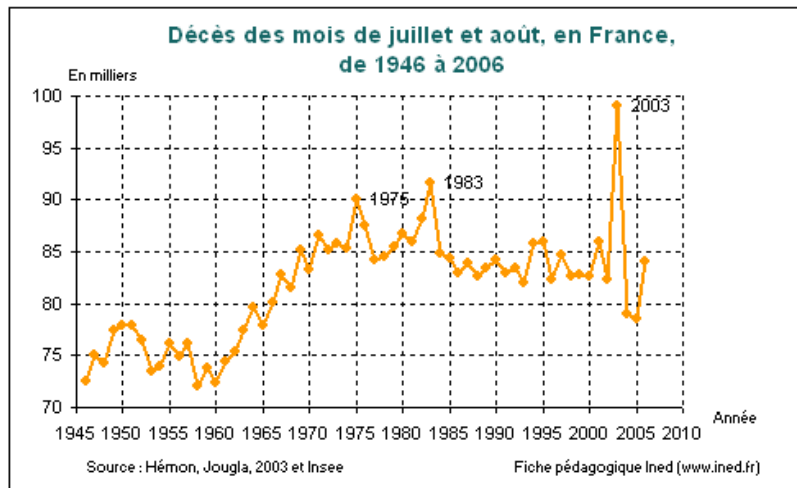
L'îlot de chaleur urbain (ICU)





La surmortalité liée aux événements climatiques extrêmes

➤ exemple de la canicule de 2003



Source ONERC

mortalité en France pendant la canicule de 2003 rapport à la normale

=> Système d'alerte canicule et santé mis en place depuis 2004 (Plan national canicule)

=> Dispositifs complémentaires possibles :

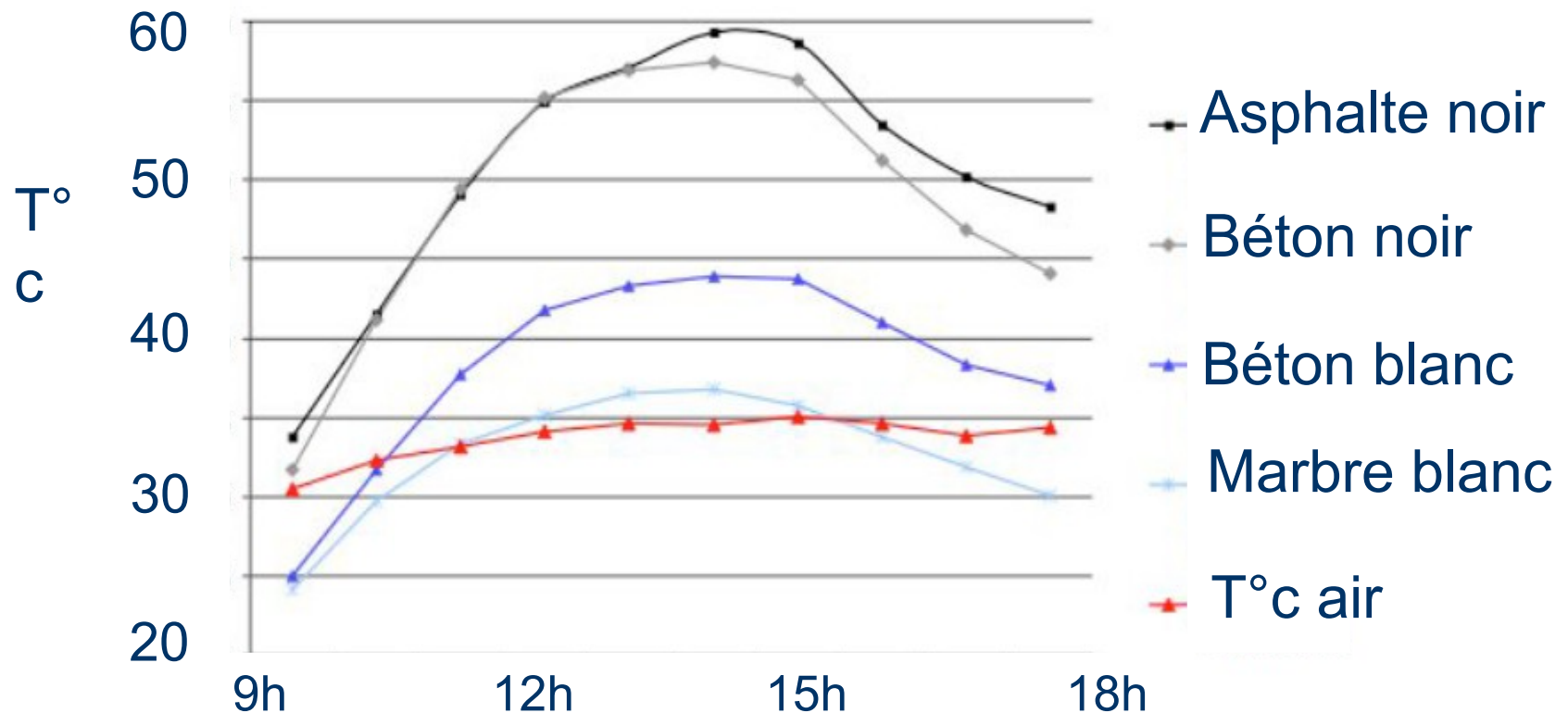
- dispositif « télé-alerte », d'appel automatique des personnes vulnérables

- déploiement d'un réseau de soutien aux personnes vulnérables





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

DREAN / P. Gallmey

Quelques éléments de coûts



Pour améliorer le confort thermique d'été :

- Architecture bioclimatique :

Surcoût à la construction de l'ordre de 10 %
à 15 %

Gains sur la consommation énergétique

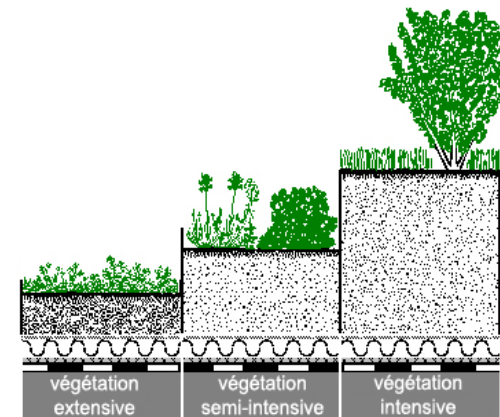


- Toitures végétalisées :

Bénéfices en matière de confort thermique, de consommation d'énergie, de qualité de l'air, de réduction du bruit, et de gestion des eaux pluviales.

Question de l'arrosage (végétalisation intensive)

Coûts estimés	Coût d'installation en moyenne	Coût d'entretien en moyenne
Végétalisation intensive	100 à 205 €/m ²	2 à 5 €/m ²
Végétalisation extensive	35 à 85 €/m ²	1 à 2,5 €/m ²



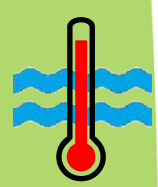
Source : ALE Grenoble, 2007



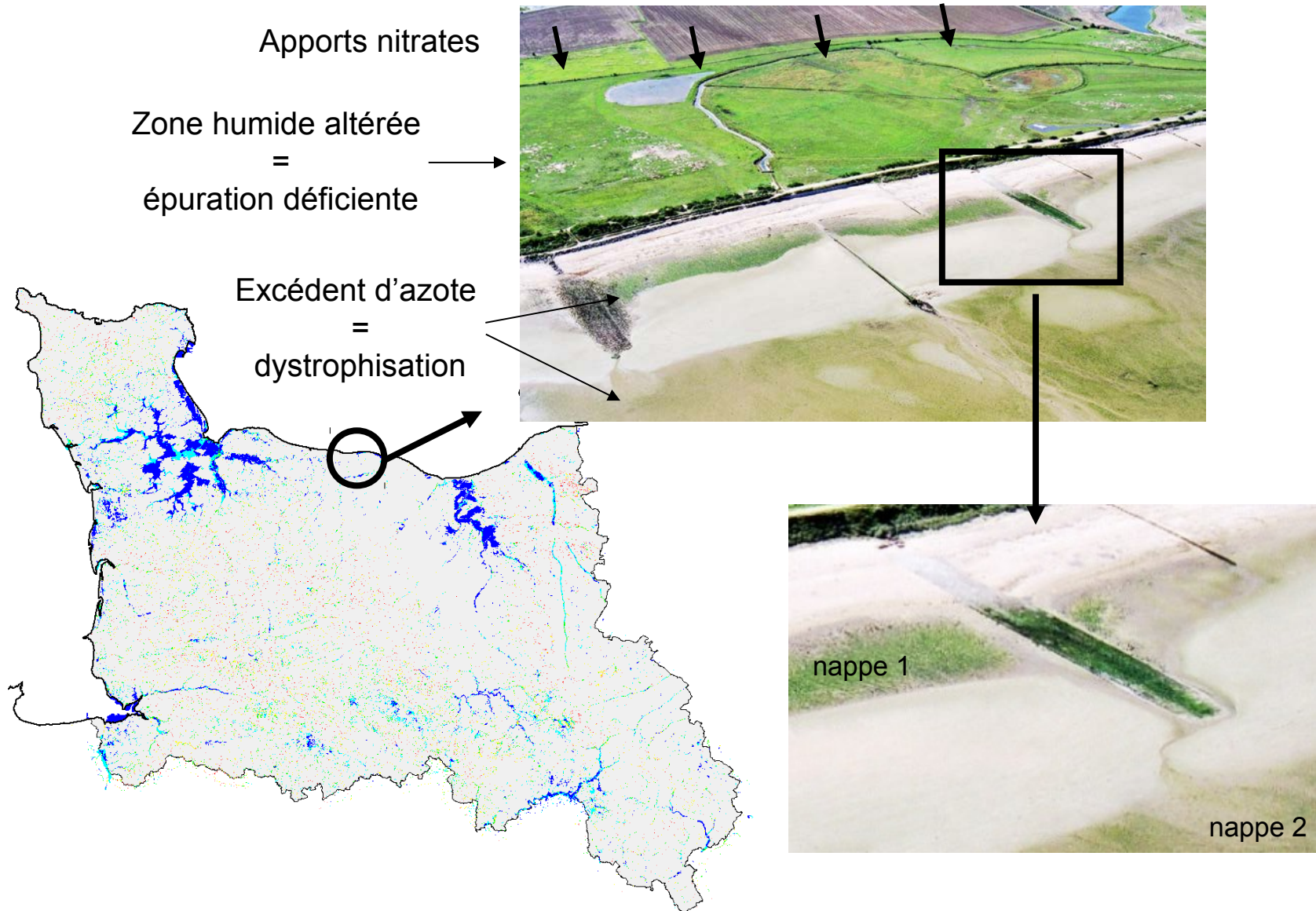


Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie





L'eutrophisation marine est-elle un risque potentiel sur nos côtes ?





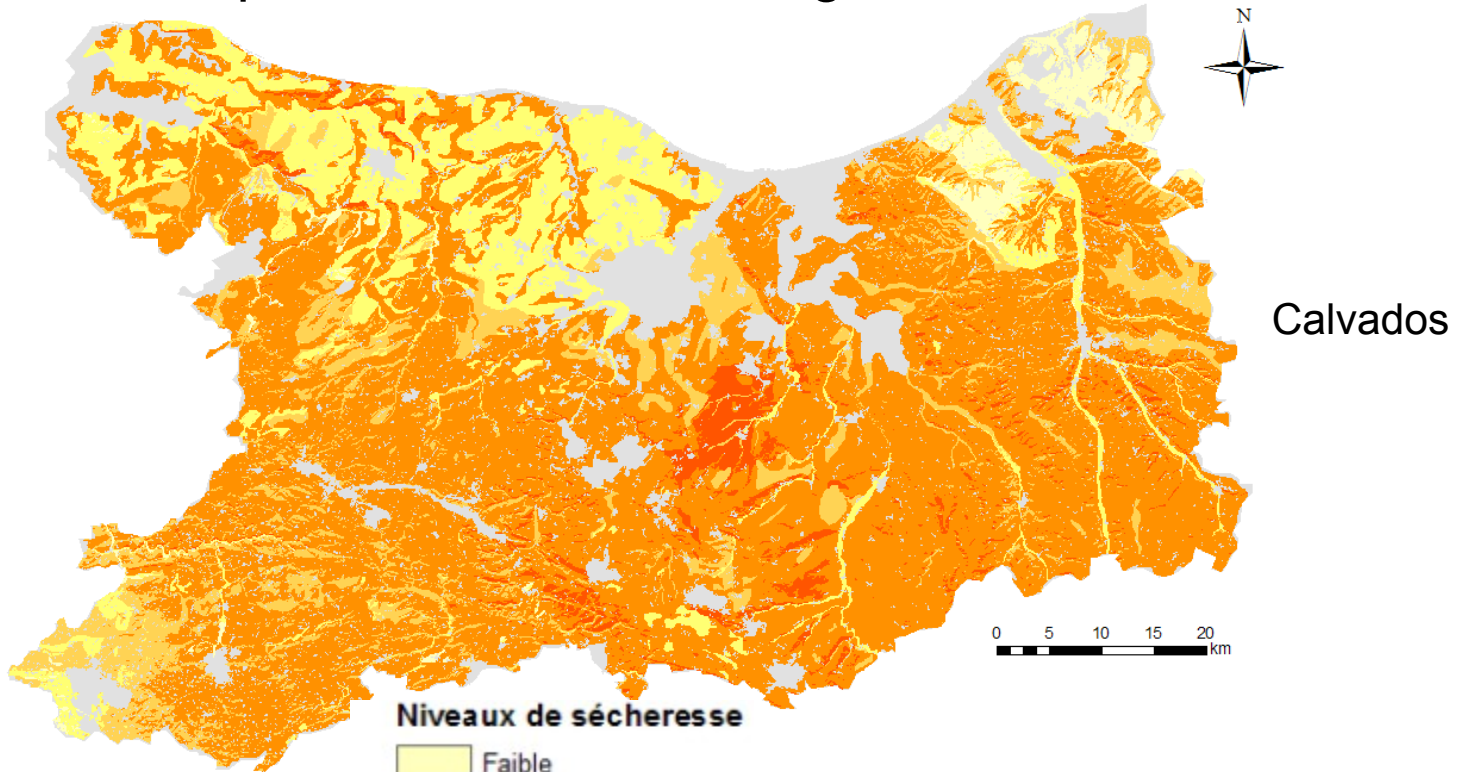
Les enjeux littoraux : est-il possible d'estimer l'ordre de grandeur des dommages potentiels à l'horizon 2100 ?

- Etude DREAL BN : **42 889 bâtiments** (source : BDTopo - ZNM)
 - ✓ 1 250 € HT/m² pour bâtiments < 50 m² (soit 0-75 000 € par bâtiment)
 - ✓ 1 500 € HT/m² pour bâtiments > 50 m² (soit 75 000 à 50 M € par bâtiment)
 - ✓ Intégration du nombre d'étages pour les immeubles
+ coût déconstruction selon le bien + coût parcelle (60 € / m²)
 - ➔ Estimation du coût possible de délocalisation :
9,4 milliards d'euros pour la Basse-Normandie uniquement



Réserve en eau des sols

- Baisse probable à l'horizon 2100
→ fort risque de sécheresse « agricole » et nécessité d'irriguer



Niveaux de sécheresse



fort = déficit en eau >150 mm
plus de 70 % de la SAU





Source : Geophen



Les prélèvements en eau potable

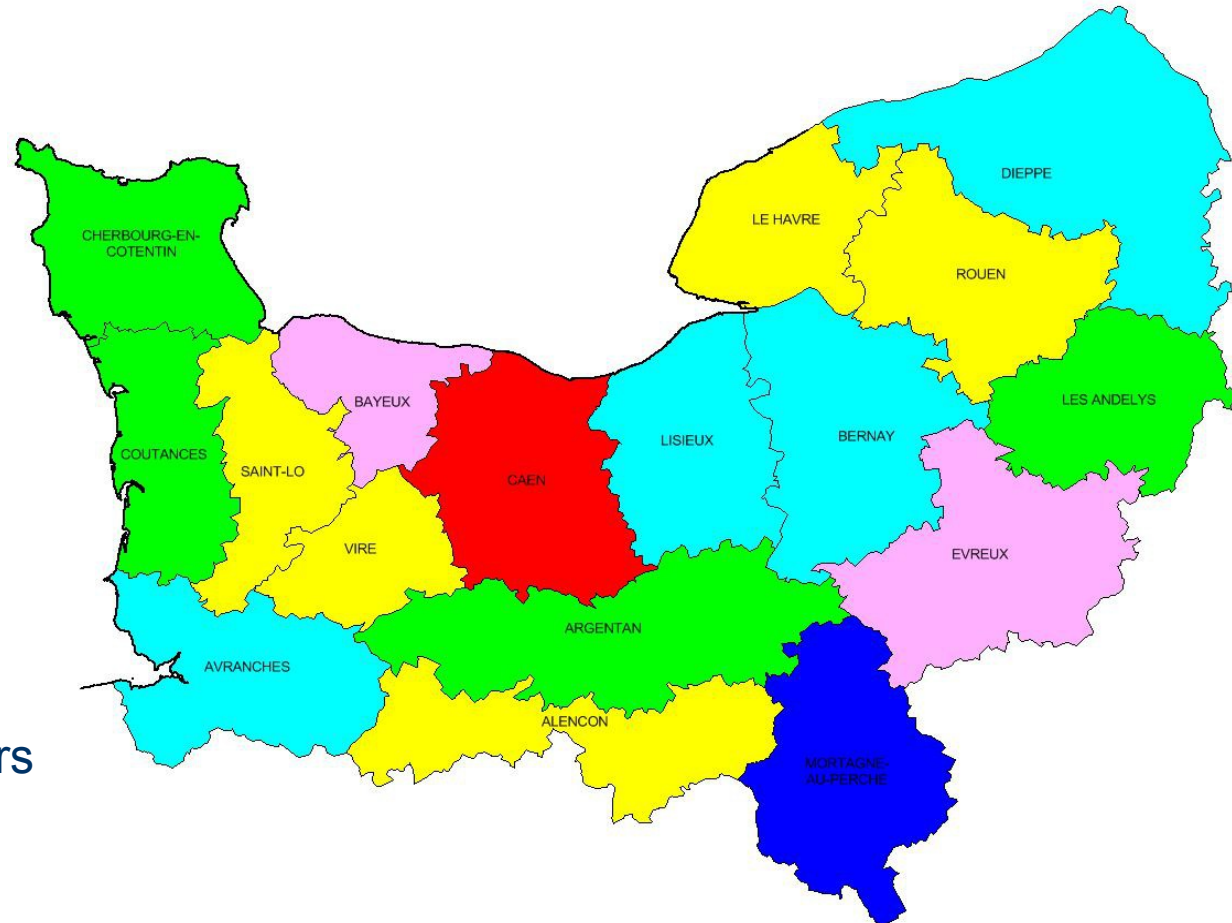
Certains territoires déjà sous tension

Prélèvements inférieurs à 10 % du QMNA_5

-  fortement
-  faiblement
-  faiblement
-  faiblement

Prélèvements supérieurs à 10 % du QMNA_5

-  faiblement
-  fortement

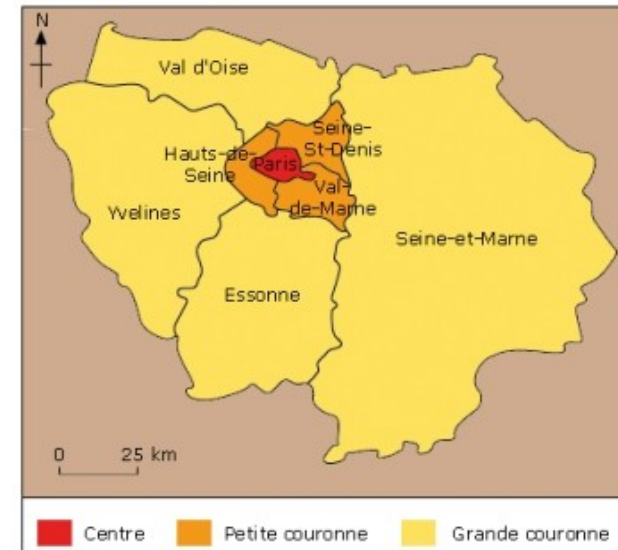
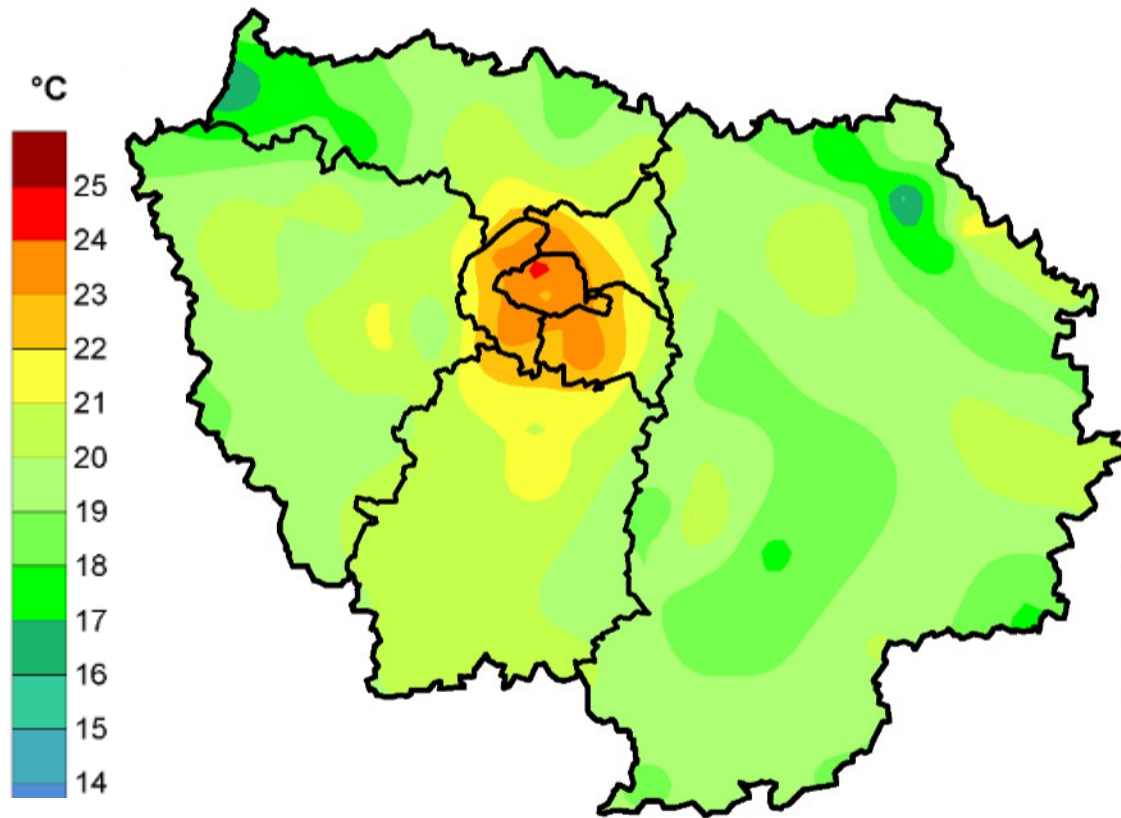


Hors débit de la Seine



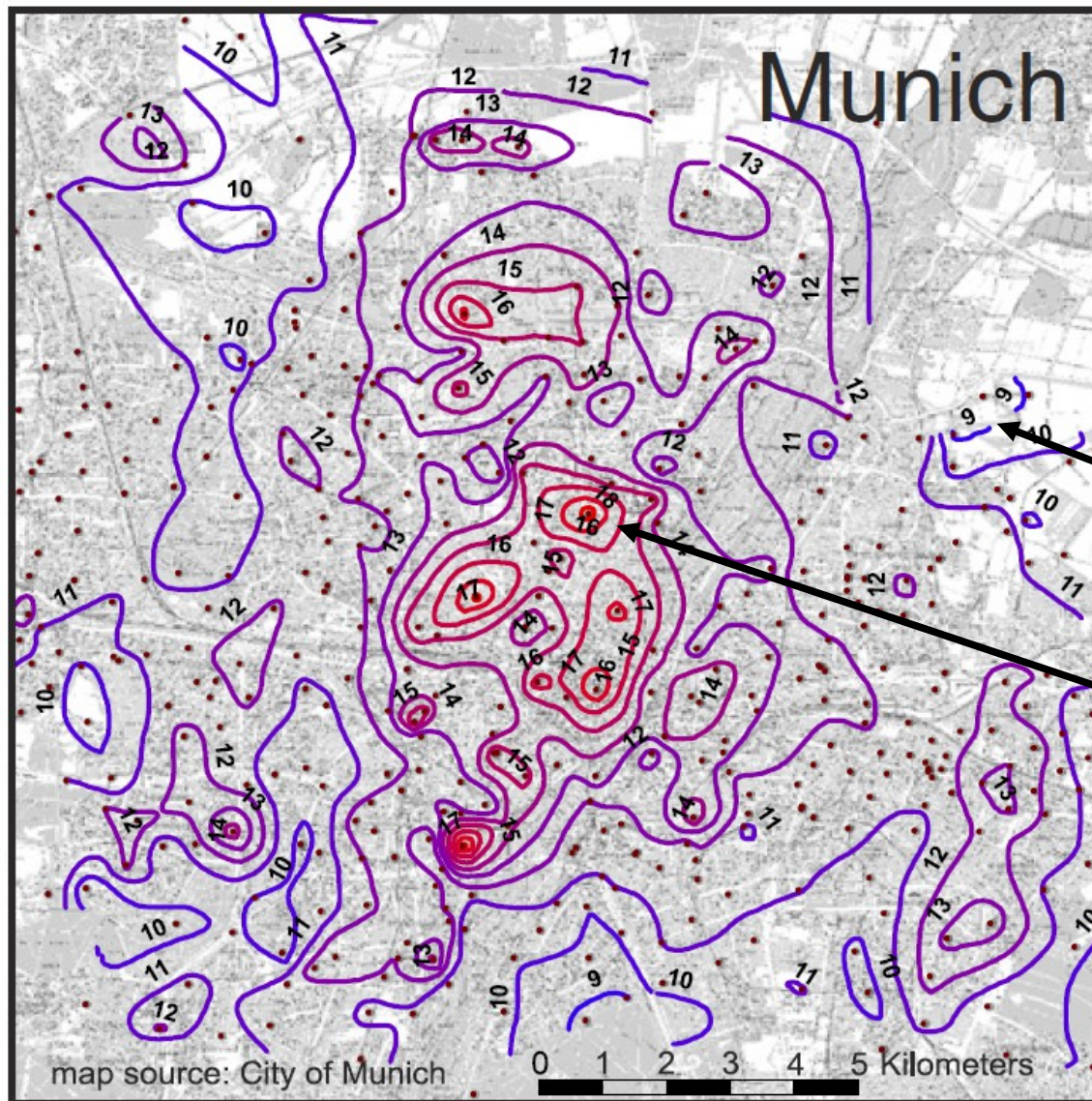


Moyenne de la température nocturne en Ile-de-France lors de la canicule de 2003





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



9°C

18°C

in K. Menberg *et al.* (2013)





Le moustique vecteur de la dengue sous surveillance



Aedes albopictus
(wikipédia)

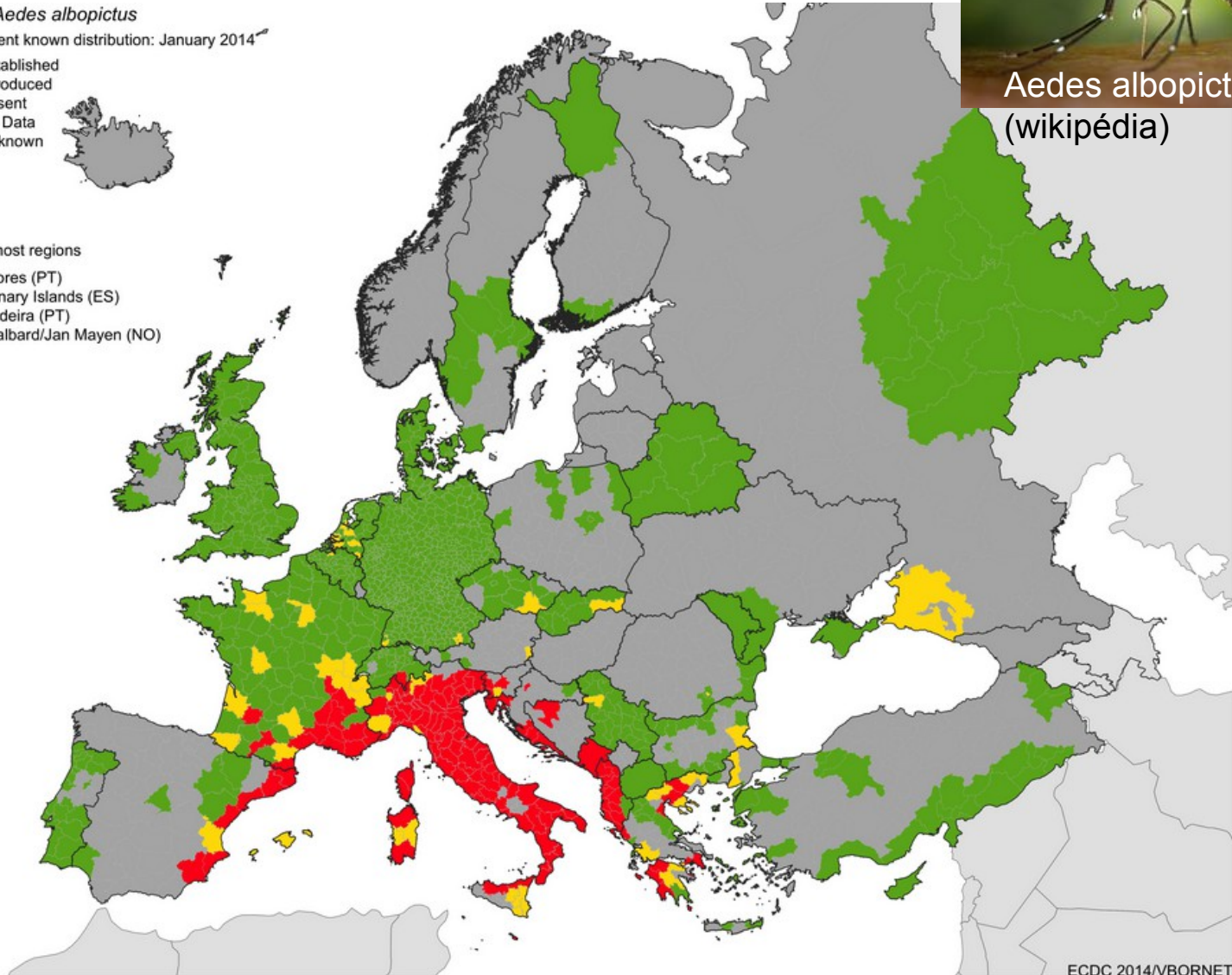
Aedes albopictus

Current known distribution: January 2014

- Established
- Introduced
- Absent
- No Data
- Unknown

Outermost regions

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



ECDC 2014/VBORNET

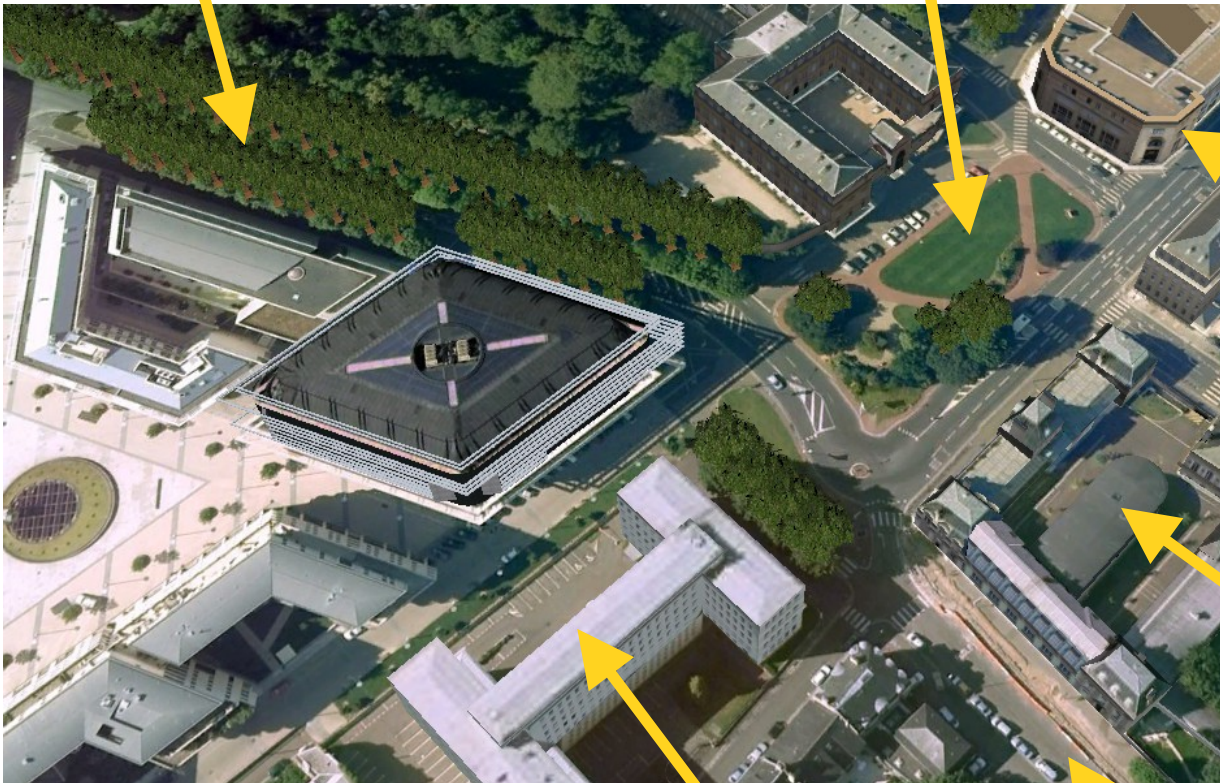




Comment lutter contre l'ICU : choisir les matériaux disposant du meilleur albédo possible

arbres :
0,15 à 0,18

pelouses :
0,25 à 0,3



pierre :
0,2 à 0,4

toits peu
réfléchissants
0,03 à 0,35

toits très
réfléchissants
0,6 à 0,7

goudron :
0,05 à 0,2