

# ATELIER

## **Vulnérabilités et adaptation du territoire aux effets des changements climatiques, les atouts du PCAET**

*Lundi 3 juin 2019*



# PRÉSENTATION DE L'APRÈS-MIDI

- Plénière :

## Caen Normandie Métropole

→ Présentation du PCAET

→ Quizz « Les changements climatiques sur le territoire »

*Intervenant : GRÉGORY BERKOVICZ, Vice-Président Caen Normandie Métropole*

*AURÉLIE LETELLIER, Chargée de mission Environnement en charge du PCAET*

## Université de Caen Normandie

→ L'évolution du climat sur notre territoire

*Intervenants : OLIVIER CANTAT - Géographe Climatologue, laboratoire LETG-Caen GEOPHEN*

*FRANÇOIS BEAUVAIS - Etudiant en thèse à l'Université de Caen Normandie*

# PRÉSENTATION DE L'APRÈS-MIDI

- Ateliers :

- **Atelier 1** : « Vulnérabilité des ressources vitales Air et Eau : impacts sur la santé humaine »

→ *Intervenants* : **MATTHIEU PRIMAUX** - Chargé d'études inventaire des émissions, ATMO Normandie  
**THIERRY LEFEVRE** - Référent adaptation aux changements climatiques, Agence de l'Eau Seine Normandie

- **Atelier 2** : « Risques littoraux et aménagements : les défis du territoire d'aujourd'hui »

→ *Intervenants* : **JULIE PAGNY** - Cheffe de projet, Réseau d'Observation du Littoral (ROL)  
**RÉGIS LEYMARIE** - Délégué Adjoint Normandie, Conservatoire du Littoral  
**TONY DUROZIER** - Chargé de mission ADAPTO, Conservatoire du Littoral

- **Atelier 3** : « Changements climatiques : rôles et conséquences sur la biodiversité et l'agriculture »

→ *Intervenants* : **FRANÇOIS BEAUVAIS** - Etudiant en thèse, Université de Caen Normandie  
**ROMAIN DEBRAY** - Responsable de l'Agence Normande de la Biodiversité  
**Joël RIHOUE** - Directeur, CPIE Vallée de l'Orne

# LE PROJET - LE TERRITOIRE

## Le Plan Climat (PCAET)

-> Une **obligation réglementaire** (*Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte - août 2015*)

-> Une **opportunité** de travailler à l'échelle du Pôle Métropolitain pour plus de cohérence et des économies d'échelle

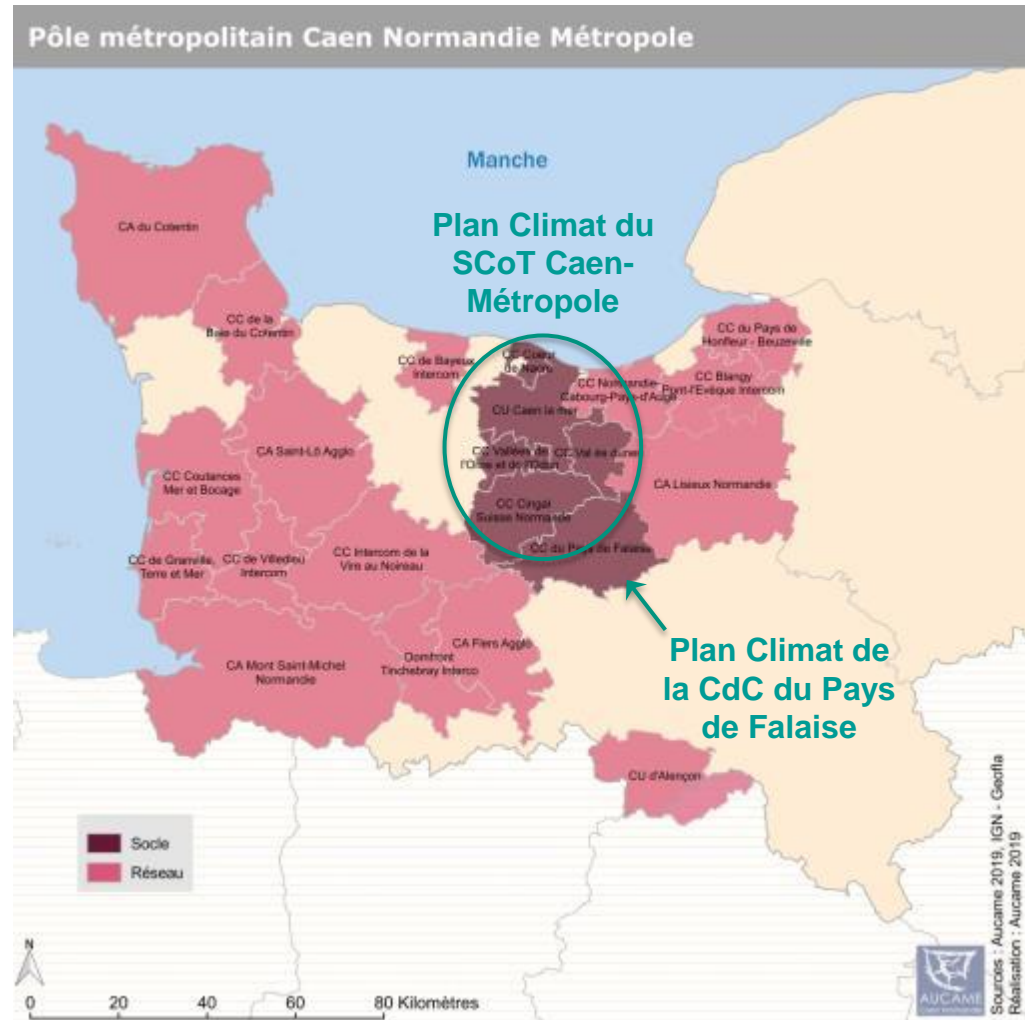
## Le Territoire

-> Une dimension « Socle » :

- **6 intercommunalités**, dont **Caen la mer**, 208 communes, environ 380 000 hab.
- **Compétences** : Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) et Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)
- Aménagement durable, animation et suivi du territoire

-> Une dimension « Réseau » :

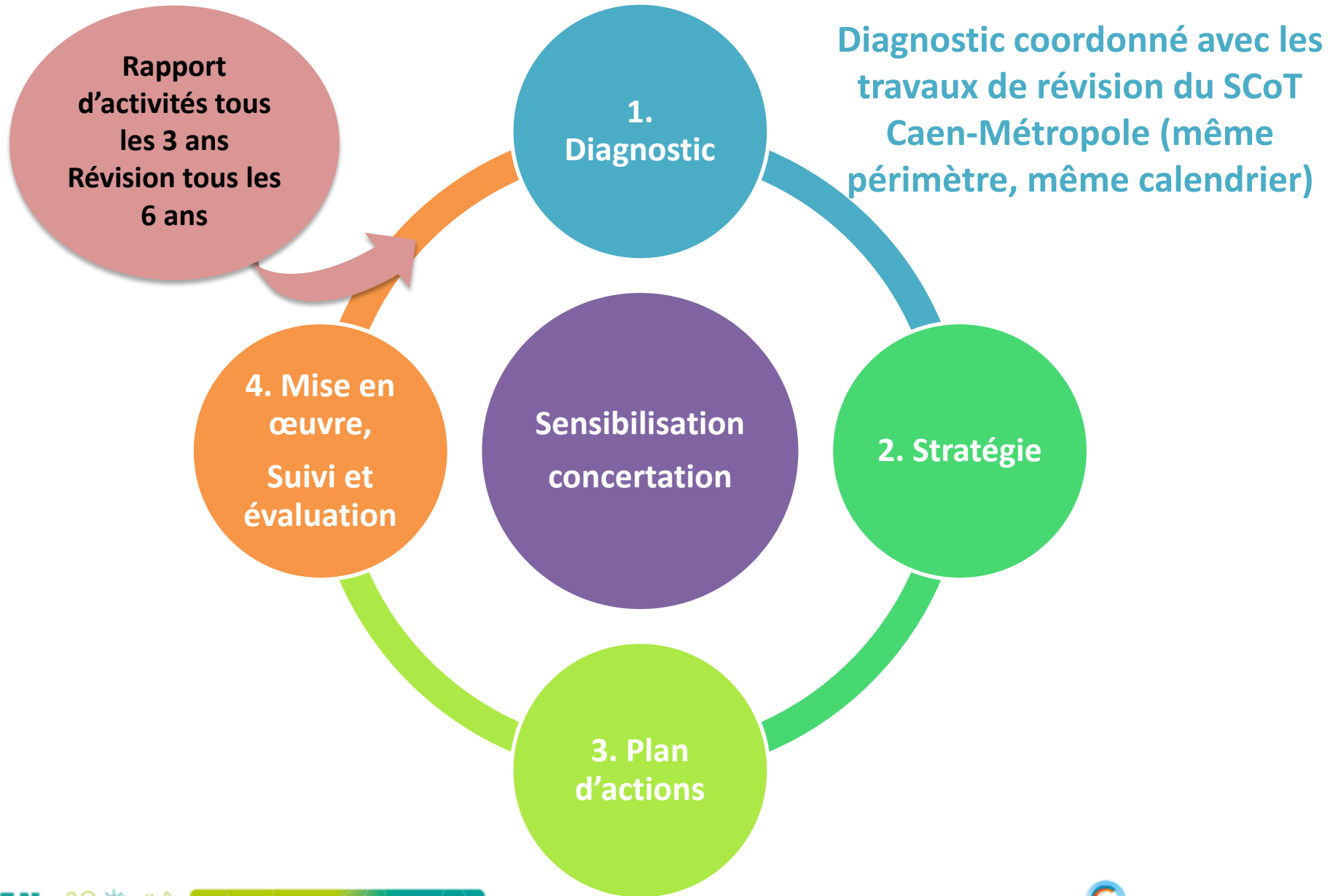
- **23 intercommunalités**, 3 départements, 1 200 000 hab.
- **Actions d'envergures métropolitaines** (enquête ménage déplacement, interSCoT, contributions aux politiques régionales, échanges et retours d'expériences...)



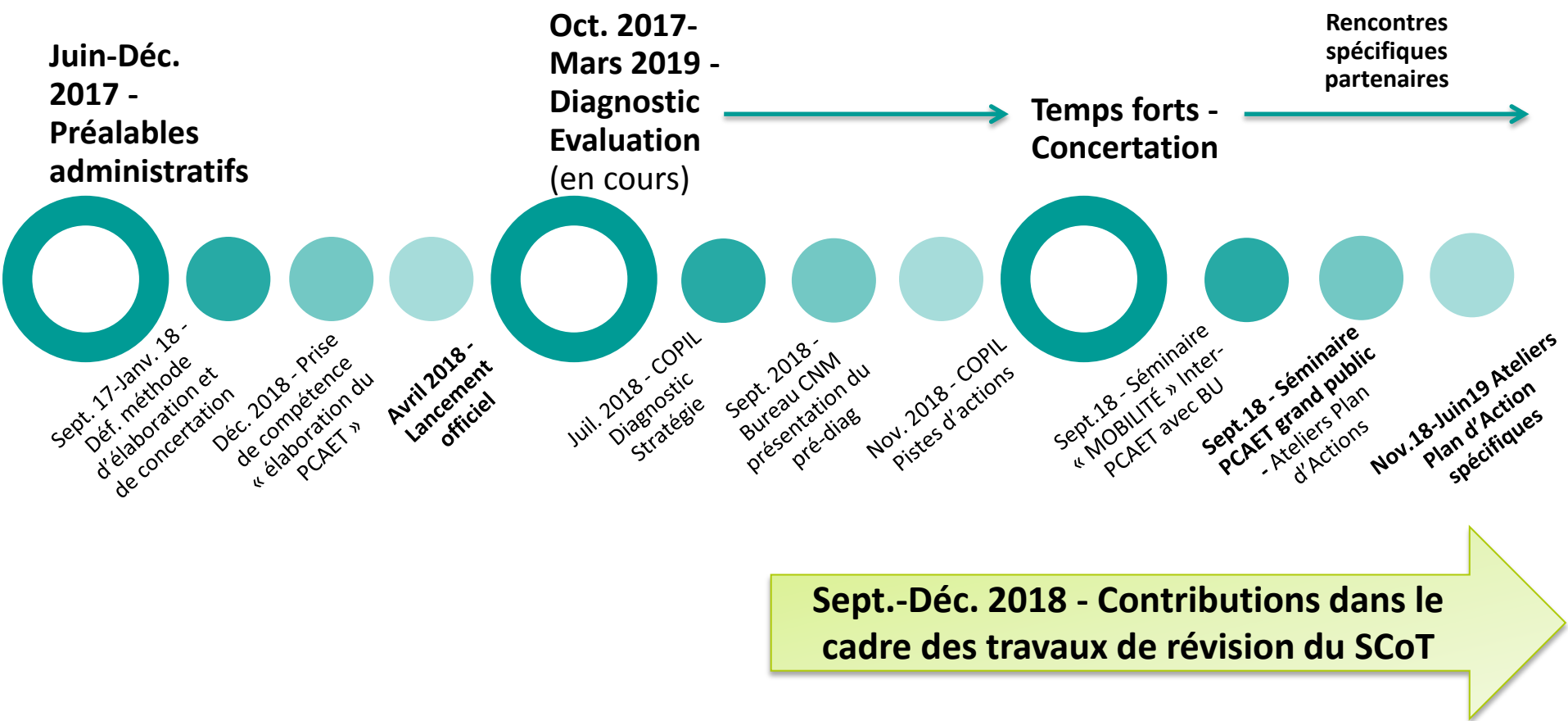
# LES GRANDS THÈMES DU PLAN CLIMAT



# LES ÉTAPES DU PROJET



# ELABORATION DU PLAN CLIMAT - CE QUI A ÉTÉ FAIT !



# ELABORATION DU PCAET - LES PROCHAINES ÉTAPES !

Jusqu'en Juin 2019 -  
Ateliers spécifiques  
plan d'action /  
Concertation

Janv. Juillet 2019 -  
Elaboration des plans  
d'actions

1<sup>er</sup> semestre 2019 -  
Formalisation et  
validation des 2 PCAET  
et de l'évaluation  
environnementale

Mise en œuvre et suivi  
des plans d'action



Actions de communication / concertation

# QUIZZ

# QUIZZ

1) Sur les 10 dernières années, combien d'épisodes critiques (catastrophe naturelle) se sont déroulés sur le territoire de Caen Normandie Métropole ?

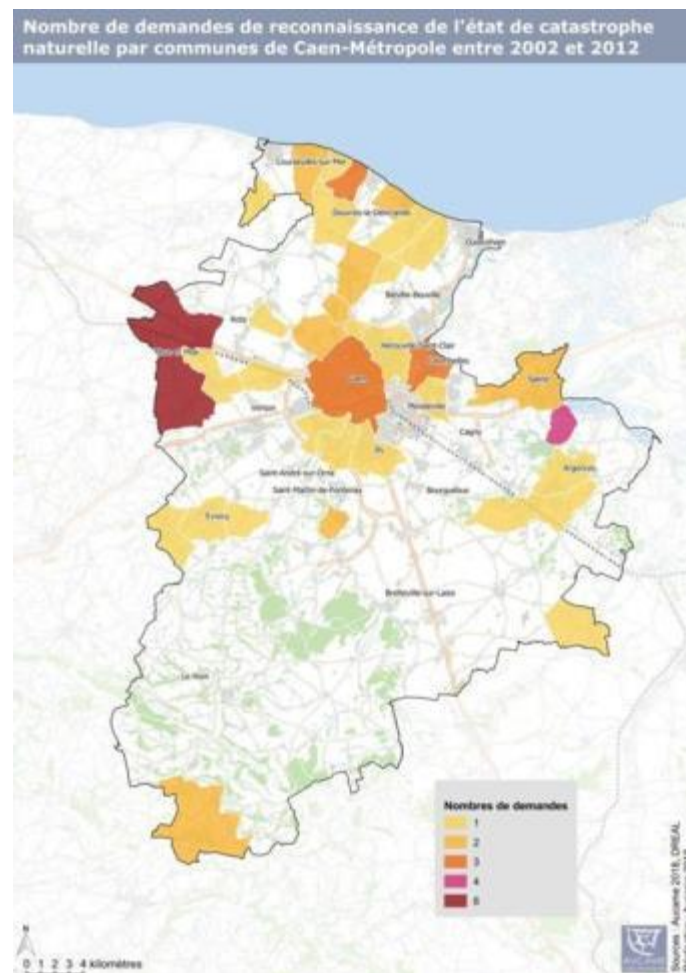
15

38

56

# LES ARRÊTÉS DE CATASTROPHES NATURELLES

Au total, ce sont **56 épisodes critiques** qui se sont déroulés en 10 ans.  
L'ouest et le nord du territoire sont particulièrement impactés.



# QUIZZ

2) Parmi ces épisodes critiques, quelle est la cause la plus récurrente ?

**Inondation par remontée de nappe**

**Ruissellement et coulées de boue**

**Sècheresse**

# QUIZZ

- **37 épisodes critiques**, soit **environ 66 %**, concernent un phénomène de **ruissellement et coulée de boue**,
- 10 (moins de 18 %) concernent des inondations par remontée de nappe
- 4 concernent des sécheresses et
- 3 la submersion marine sur 3 communes littorales en 2010.

# QUIZZ

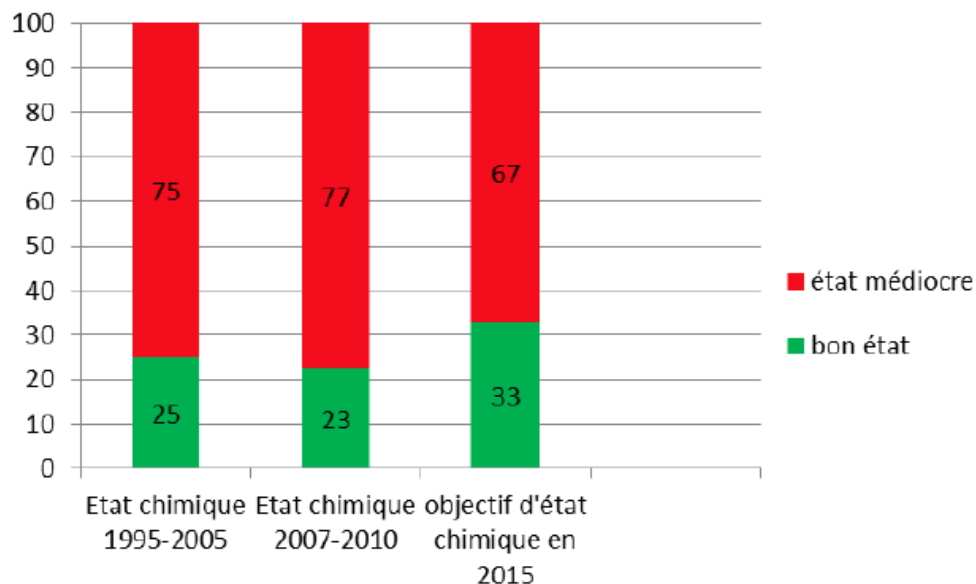
3) Sur la période 2007-2010, quel était le pourcentage de « bon état chimique » des eaux souterraines de notre territoire ?

23 %

43 %

63 %

# QUIZZ



**23 %**

L'objectif était d'atteindre 33 % des masses d'eau souterraines en bon état chimique en 2015

# QUIZZ

4) En Normandie, combien de décès anticipés sont causés par la pollution de l'air chaque année ?

**1 300**

**2 600**

**5 100**

# QUIZZ

Un être humain a besoin de **15 000 litres d'air** par jour pour vivre.

La pollution de l'air est la troisième cause de mortalité en France avec 48 000 décès anticipés, dont **2 600 en Normandie.**

# QUIZZ

5) De 1951 à 1980, la normale s'élevait à 10,4 °C.  
A combien s'élevait-elle entre 1981 et 2010 ?

**Elle n'a pas changée**

**10,9 °C**

**11,2 °C**

# QUIZZ



**11,2 °C**, la température normale à augmenté de **0,8 °C** sur la période 1981-2010

# EVOLUTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR NOTRE TERRITOIRE

OLIVIER CANTAT - Enseignant chercheur HDR, Géographe Climatologue,  
Laboratoire LETG-Caen Géophen

**Olivier CANTAT**, Enseignant-chercheur géographe-climatologue

**François BEAUVAIS**, Doctorant en géographie, agroclimatologie

Université de Caen Normandie

Laboratoire LETG Caen GEOPHEN, UMR 6554 CNRS



# L'évolution du climat sur notre territoire : une réalité aux multiples facettes

*Plan Climat Air Energie Territorial*

*Caen Normandie Métropole*

*& Communauté Urbaine Caen la Mer, 3 juin 2019*

## Bref rappel sur le contexte de la présentation :

Dans le cadre d'une démarche de développement durable, l'adaptation aux changements climatiques a été reconnue comme un enjeu national et international.

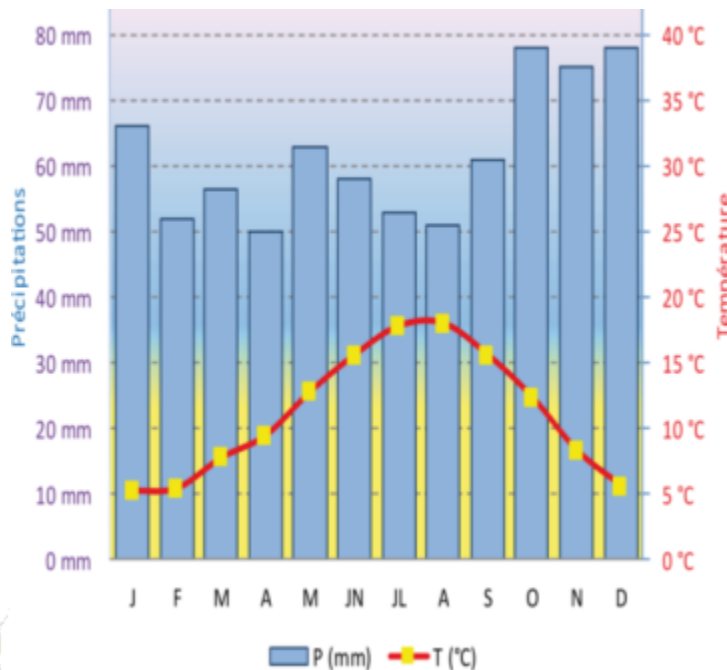
En 2015, avec la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV\*), le **rôle des collectivités territoriales a été renforcé**.

- des actions sont mises en œuvre  
sous la forme de **plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET)**  
qui s'intègrent à d'autres politiques locales.
- un préalable : mieux connaître le **climat régional et son évolution**  
(en termes d'atouts et de contraintes / capacité d'adaptation)

# Le climat de la Plaine de Caen...

un caractère « tempéré »  
doux et assez régulièrement arrosé...

Caen-Carpiquet, 1981-2010 :  
**P ≈ 740 mm/an** et **T ≈ 11°C**

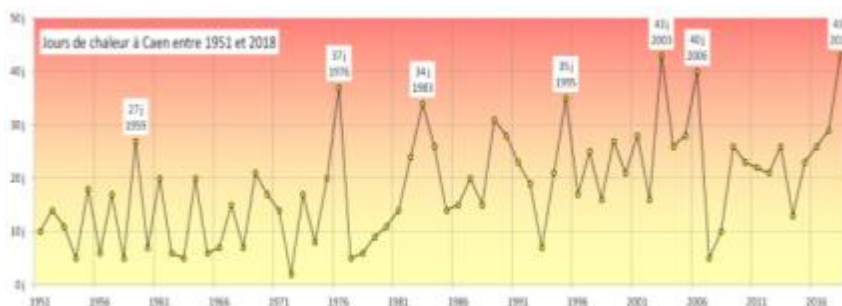


Réalisation : Olivier Cantat (2018)  
In Profil Environnemental de Normandie, partie Climat de la DREAL Normandie (publication en 2019)

# Le climat de la Plaine de Caen...

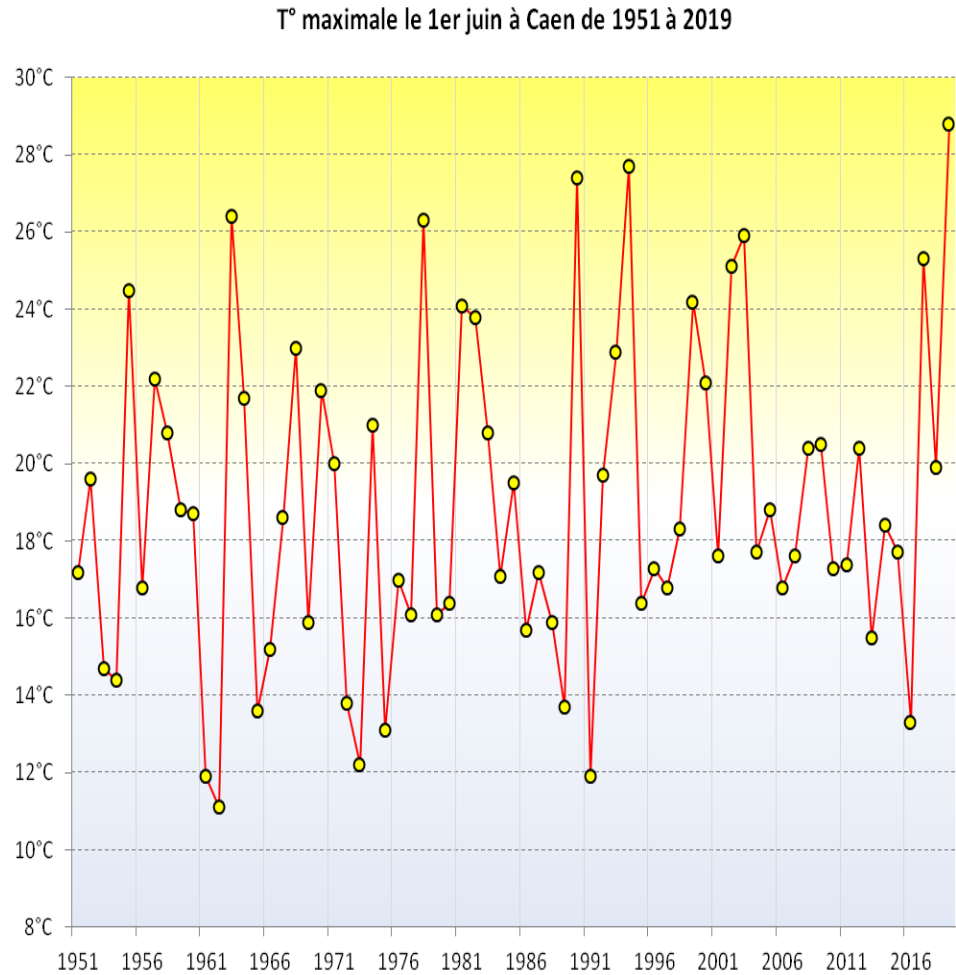
**un caractère « tempéré »  
mais soumis à une grande variabilité et non dénué  
d'excès !**

(canicules, sécheresses, inondations, tempêtes, vagues de froid, cumuls de neige...)



# Et ce climat change...

Exemple de tous les 1<sup>er</sup> juin à Caen, entre 1951 et 2019 (T° maximale) :

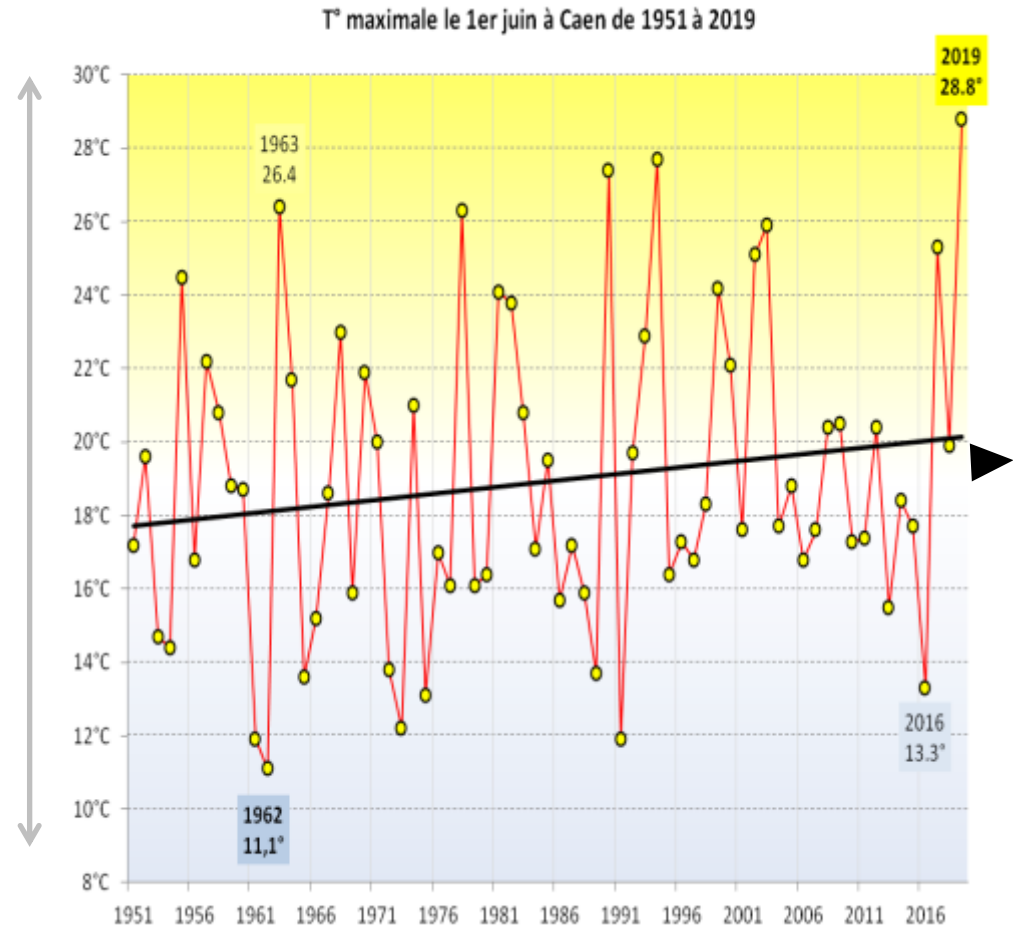


# Et ce climat change...

Exemple de tous les 1<sup>er</sup> juin à Caen, entre 1951 et 2019 (T° maximales) :

✓ tendance :  $\approx +2^{\circ}\text{C}$  (de 18 à 20°C)

✓ variabilité : entre  $\approx 10$  à  $30^{\circ}\text{C}$



$\approx +2^{\circ}\text{C}$

→ est-ce révélateur d'un changement climatique ?

# Le Changement climatique = ?

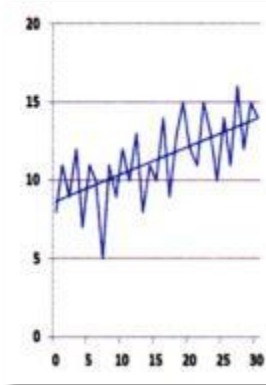
✓ Pour le GIEC :

« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler [...] par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.*

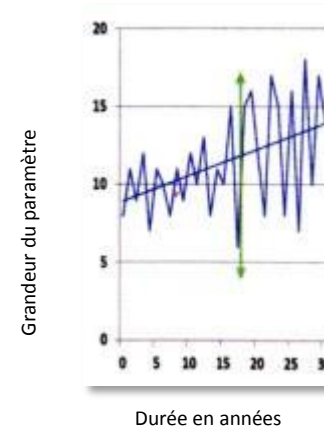
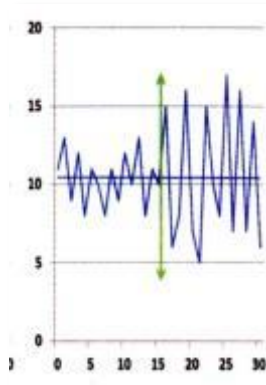
**GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat  
organisme ouvert à tous les pays membres de l'ONU (créé en 1988, 193 pays membres)

Rôle = « *expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme* »

Modification de la moyenne



Modification de la variabilité



Modification de la moyenne et de la variabilité

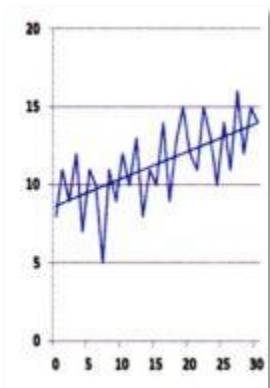
Schémas adaptés d'après V. Dubreuil

# Le Changement climatique

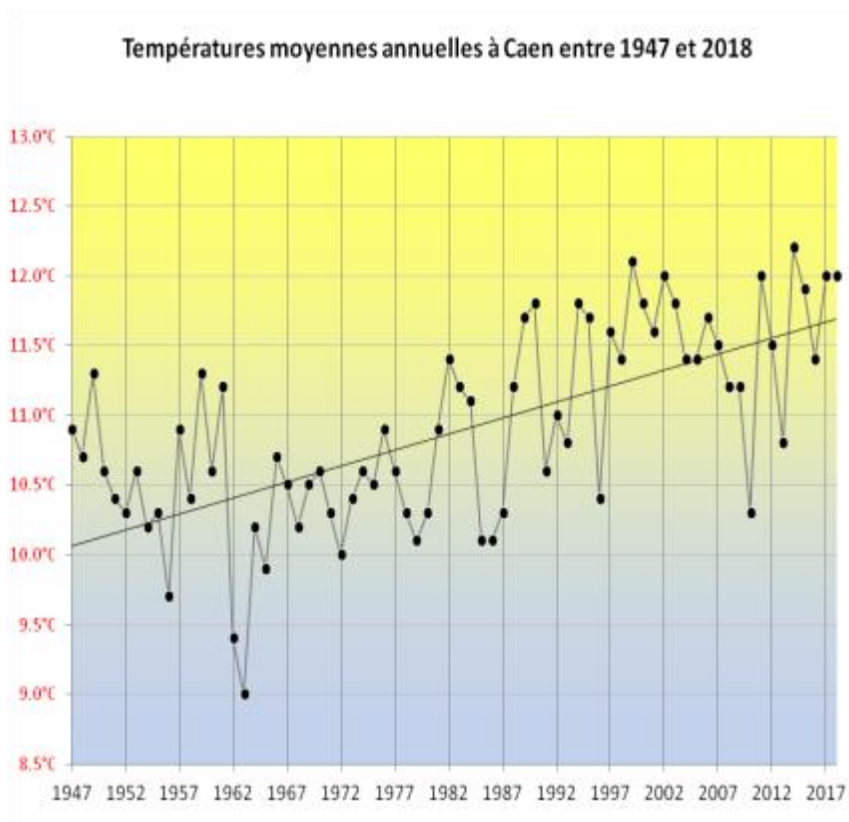
✓ Pour le GIEC :

« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler [...] par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.*

Modification  
de la moyenne



Exemple :  
L'évolution des T° moyennes annuelles  
à Caen entre 1947 et 2018



Forte variabilité  
interannuelle et  
tendance à la  
hausse très nette

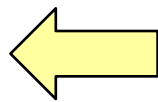
Données Météo-France, traitements et réalisation O. Cantat, 2019

# Le Changement climatique

✓ Pour le GIEC :

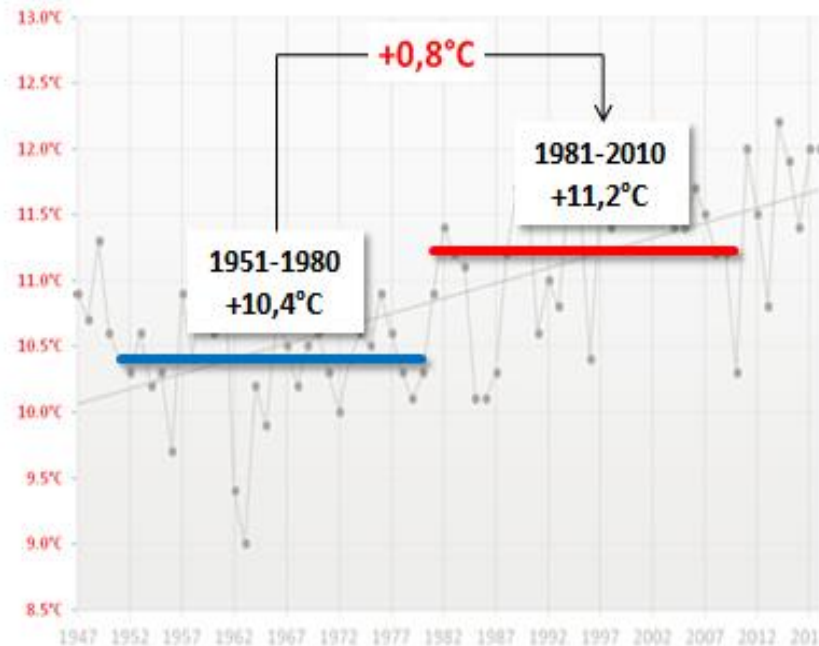
« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler [...] par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.*

Sur ce paramètre, une évolution significative



Exemple :  
L'évolution des T° moyennes annuelles  
à Caen entre 1947 et 2018

Températures moyennes annuelles à Caen entre 1947 et 2018



*Forte variabilité interannuelle et tendance à la hausse très nette*

Données Météo-France, traitements et réalisation O. Cantat, 2019

# Le Changement climatique (CC) : pas que le Réchauffement climatique (RC) !

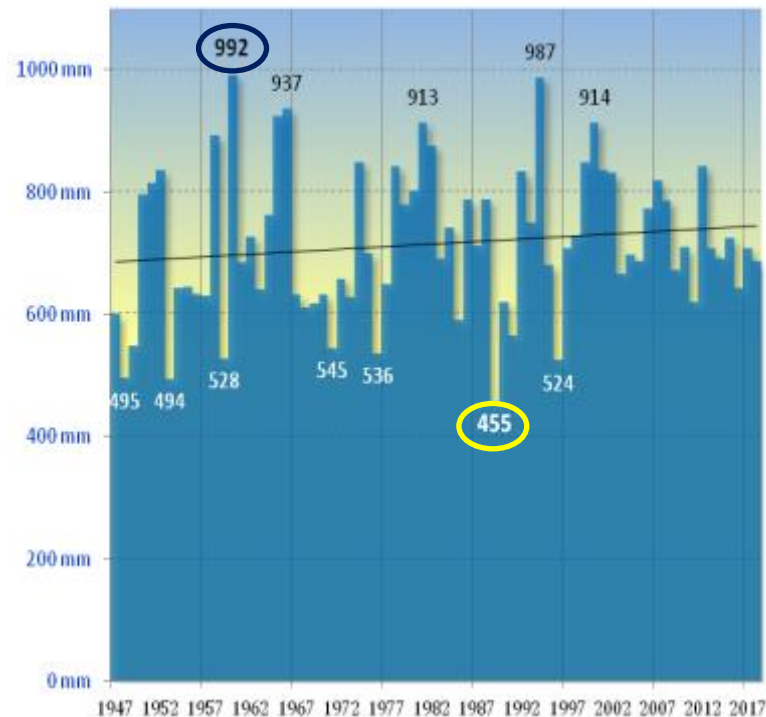
✓ Pour le **GIEC** :

« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler [...]*

*par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés*

*et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.*

Précipitations annuelles à Caen entre 1947 et 2018



*Forte variabilité interannuelle (du simple au double)*

Exemple :  
L'évolution des T° précipitations annuelles  
à Caen entre 1947 et 2018

# Le Changement climatique (CC) : pas que le Réchauffement climatique (RC) !

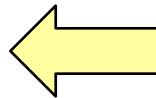
✓ Pour le GIEC :

« variation de l'état du climat, que l'on peut déceler [...]

par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés

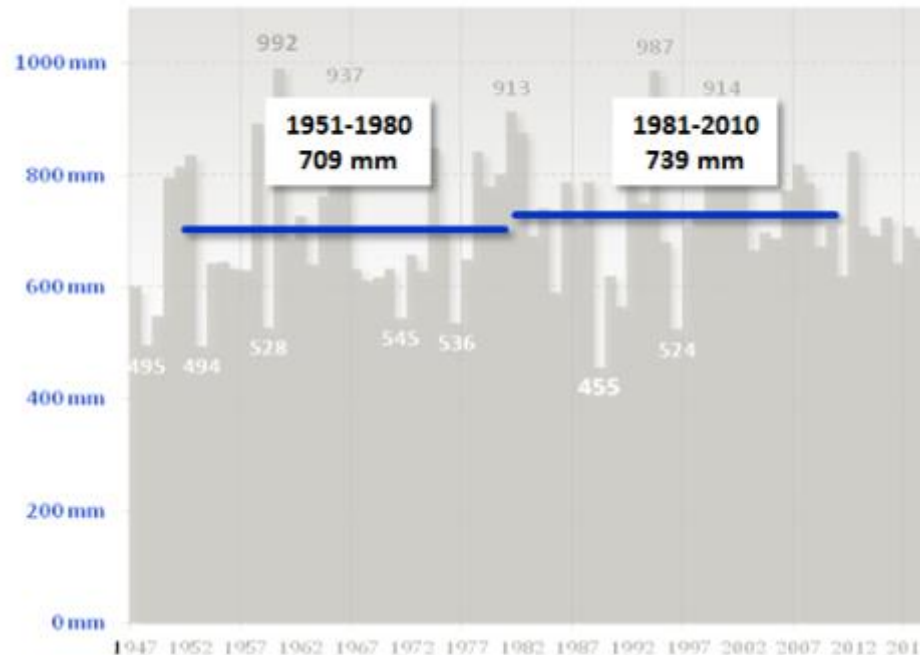
et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.

Sur ce paramètre,  
pas d'évolution  
significative



Exemple :  
L'évolution des T° précipitations annuelles  
à Caen entre 1947 et 2018

Précipitations annuelles à Caen entre 1947 et 2018



*Forte variabilité  
interannuelle*

*avec faible  
tendance à la  
hausse  
(non significative)*

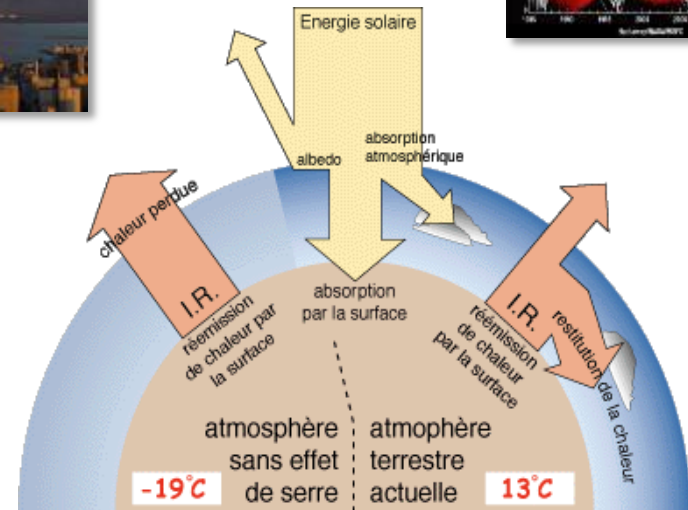
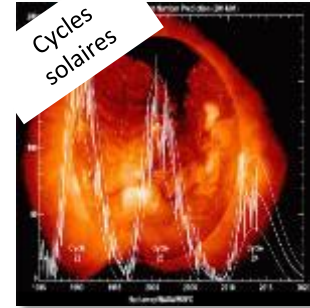
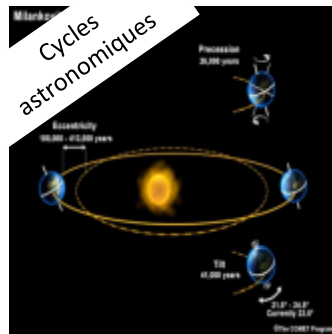
Données Météo-France, traitements et réalisation O. Cantat, 2019

# Les causes des changements climatiques

✓ Pour le GIEC :

« variation de l'état du climat, que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus.

Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes [...] ». (AR5)



# Les causes des changements climatiques contemporains

✓ Pour le **GIEC** :

« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler par des **modifications de la moyenne et/ou de la variabilité** de ses propriétés et qui **persiste pendant une longue période**, généralement pendant des décennies ou plus.*

*Les changements climatiques peuvent être **dus à des processus internes naturels**, à des **forçages externes** ou à des **changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres** ».* (AR5)

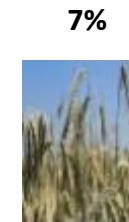
L'hypothèse :  
la rapidité sans précédent  
du réchauffement actuel  
serait due à un **effet de serre additif**  
lié aux activités humaines...



**DIOXYDE DE CARBONE (CO<sub>2</sub>)**  
Combustibles fossiles :  
charbon,  
pétrole, gaz naturel



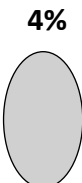
**MÉTHANE (CH<sub>4</sub>)**  
Rizières, ruminants,  
décharges



**PROTOXYDE D'AZOTE (N<sub>2</sub>O)**  
Agriculture,  
engrais...



**HALOCARBURES (CFC...)** Industrie du  
froid, bombes aérosols



**AUTRES**  
(15 mineurs)

# Les causes des changements climatiques contemporains

✓ Pour le **GIEC** :

« *variation de l'état du climat, que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus.*

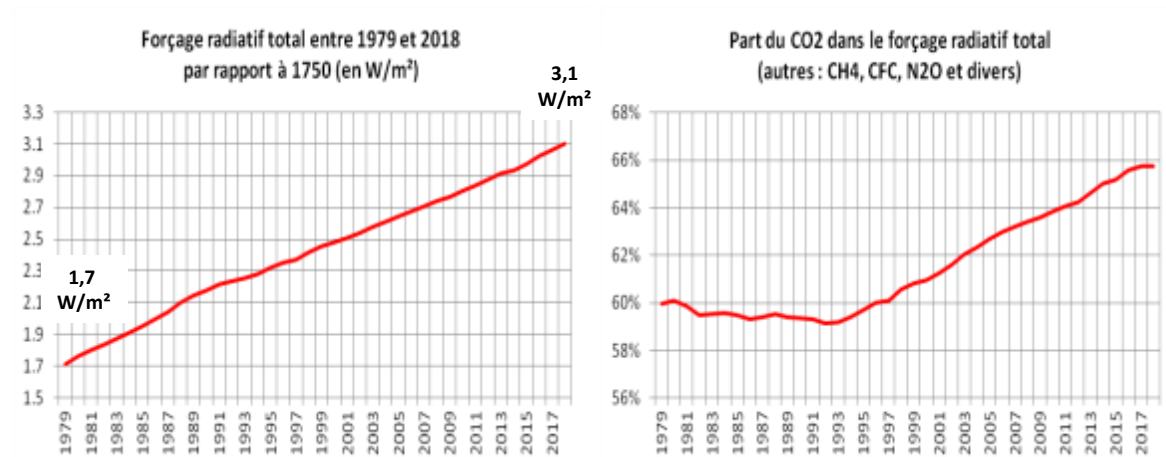
Les changements climatiques peuvent être **dus à des processus internes naturels**, à des **forçages externes** ou à des **changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres** ». (AR5)

L'hypothèse :

la rapidité sans précédent  
du réchauffement actuel

serait due à un **effet de serre additif**

lié aux activités humaines...



Réalisation Olivier Cantat, d'après données de site : <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>

**Et demain ?**

**Constat** : existence de **déclinaisons différentes du CC**  
selon les paramètres et selon les espaces géographiques

⇒ pour fiabiliser les études d'impact

nécessité de :

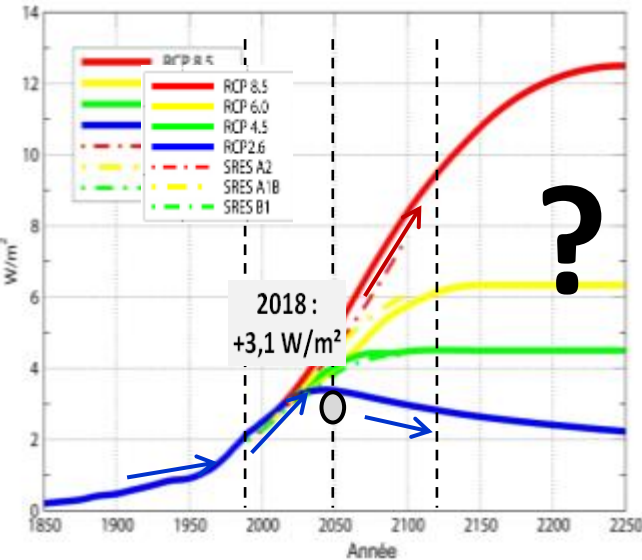
- ✓ **projeter le climat du futur**
- ✓ **régionaliser ses manifestations**

⇒ **un outil : la modélisation du climat**

# Modélisation du climat carbone »

→ 4 scénarios fonction de notre « bilan

1950 2018 2100



RCP 8.5 : scénario élevé = le scénario « **pessimiste** »



sans politique climatique (type sortie des USA de l'accord de Paris / COP 21)

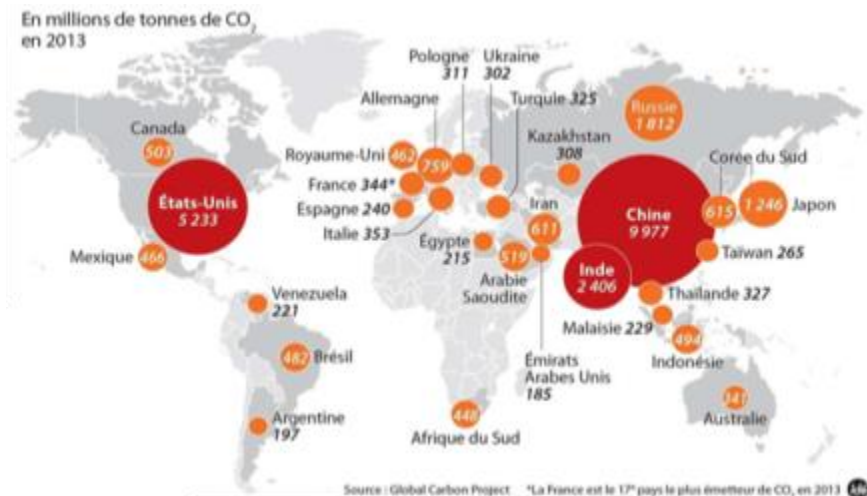
RCP 2.6 : scénario bas = le scénario « **optimiste** »



avec une politique climatique immédiate (type application de l'accord de Paris)

Scénario RCP du 5<sup>ème</sup> rapport du  
GIEC

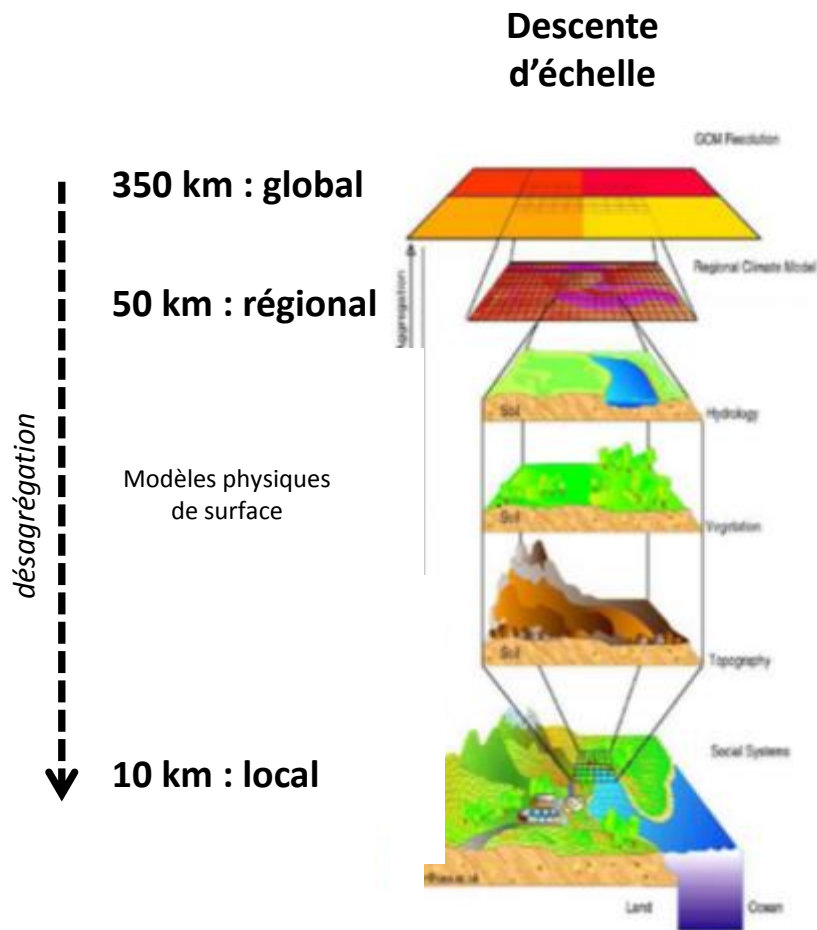
Les 30 pays les  
plus émetteurs  
de CO<sub>2</sub>



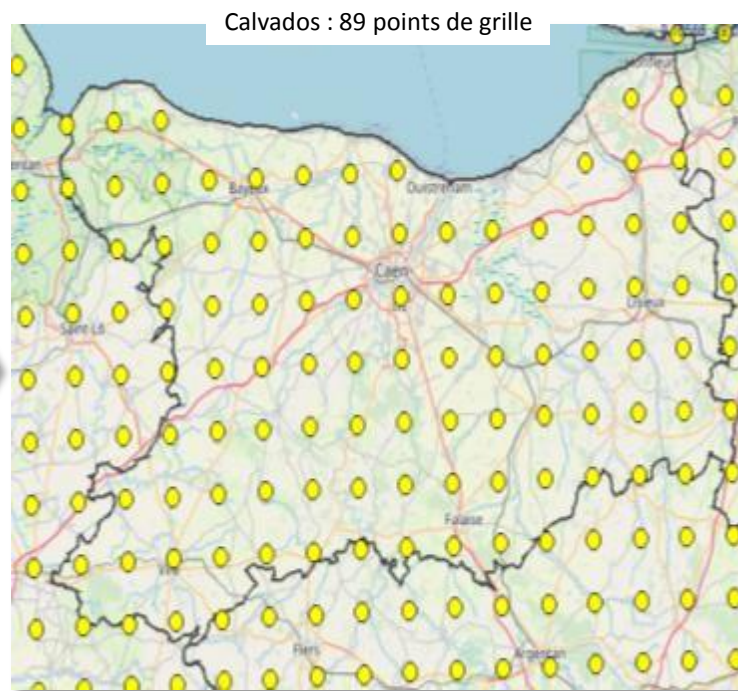
Source : Global Carbon Project. \*La France est le 17<sup>ème</sup> pays le plus émetteur de CO<sub>2</sub> en 2013

# Modélisation du climat

→ des connaissances à échelles fines  
= compatibles avec les études d'impact

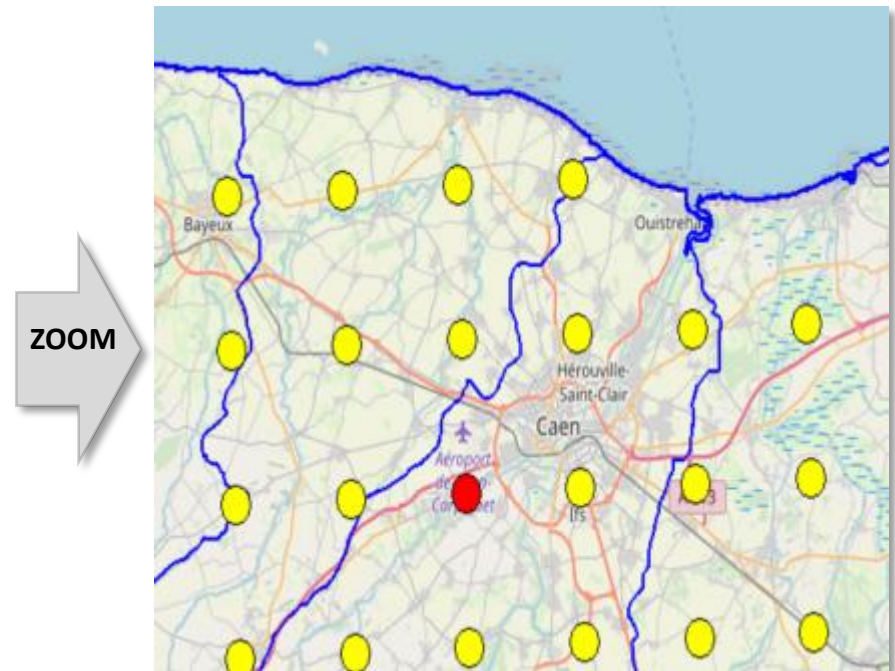


L'accès à la **diversité locale du climat**  
Grille Safran (8 x 8 km)



# Quel climat pour les prochaines décennies dans le secteur de Caen?

L'accès à la **diversité locale du climat**  
Grille Safran (8 x 8 km)

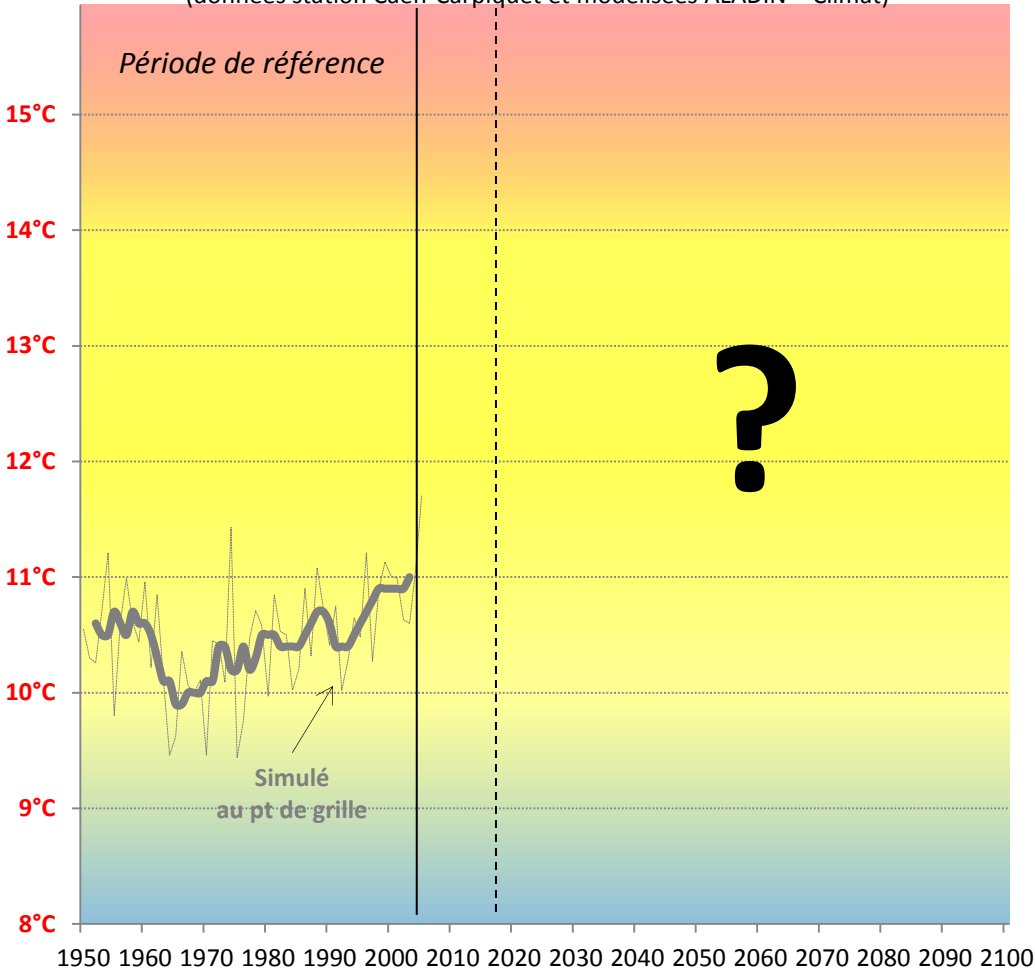


 Drias les futurs du climat

# Quel climat pour les prochaines décennies dans le secteur de Caen?

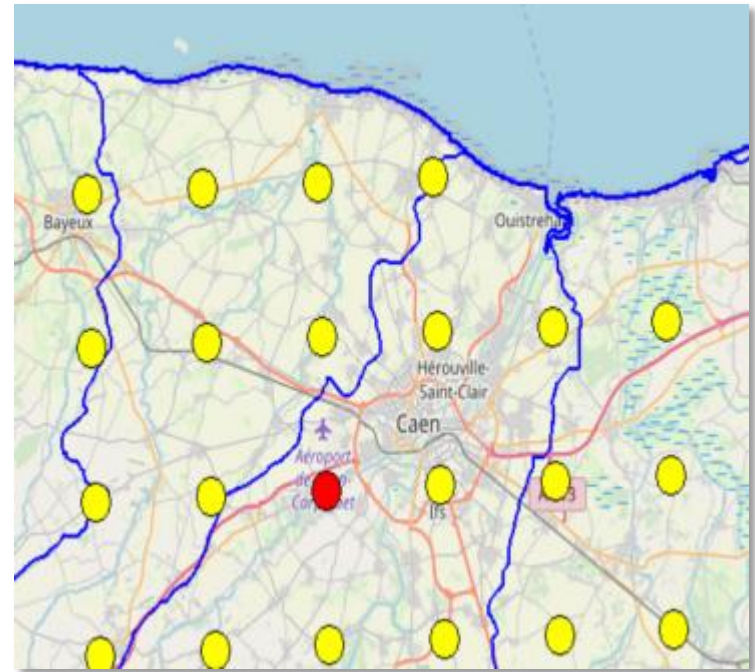
## Evolution de la température moyenne à Caen de 1950 à 2100

(données station Caen-Carpiquet et modélisées ALADIN – Climat)



- Valeur annuelle
- Moyenne mobile sur 5 ans des valeurs annuelles

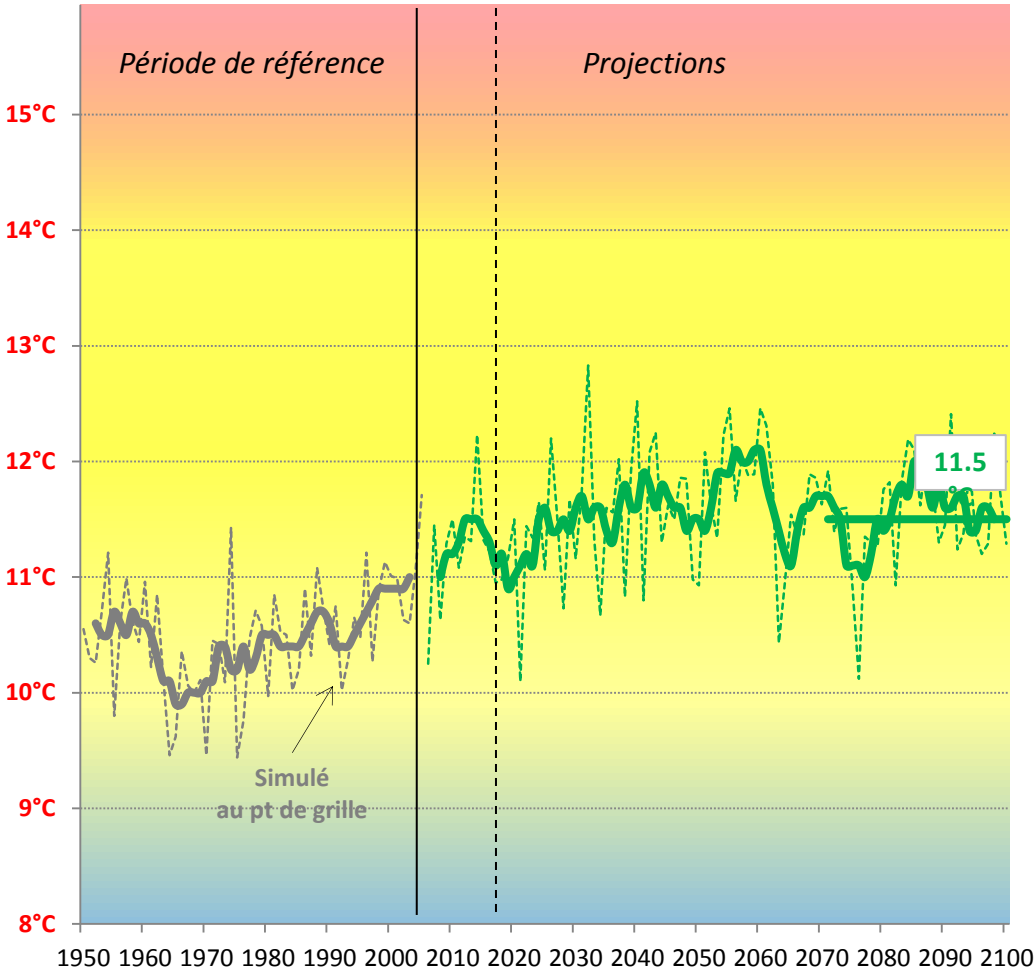
## L'accès à la diversité locale du climat Grille Safran (8 x 8 km)



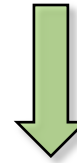
 Drias les futurs du climat

## Evolution de la température moyenne à Caen de 1950 à 2100

(données station Caen-Carpiquet et modélisées ALADIN – Climat)



**RCP2.6 « optimiste »**  
Scénario le moins probable car il ne correspond pas à la prolongation des émissions actuelles (GIEC, 2018)



**Pas de conséquences majeures**

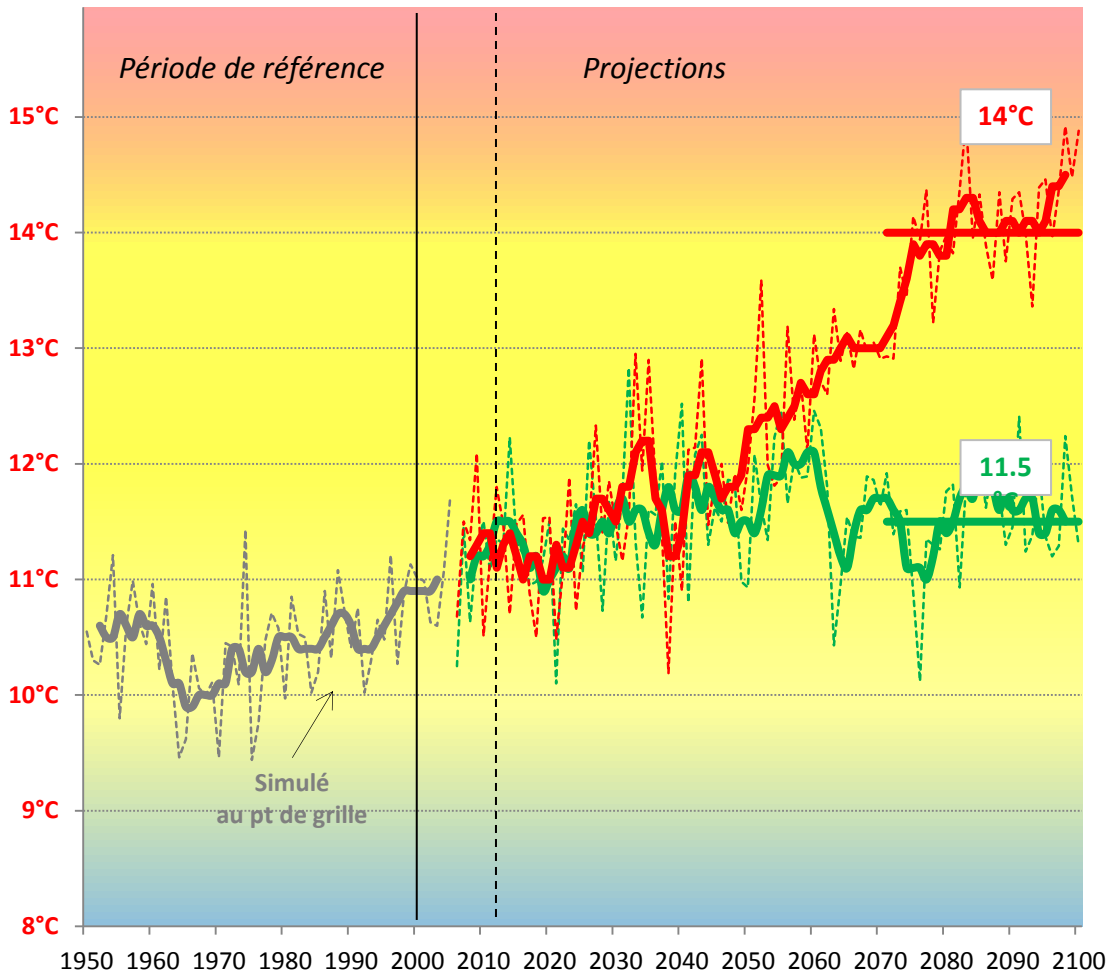
(si pas de changement sur les autres paramètres...)

+ 1,1°C  
Avec politique climatique **immédiate** (RCP 2.6)



## Evolution de la température moyenne à Caen de 1950 à 2100

(données station Caen-Carpiquet et modélisées ALADIN – Climat)



----- Valeur annuelle  
 ——— Moyenne mobile sur 5 ans des valeurs annuelles

**RCP8.5 « pessimiste »**  
**Scénario le plus probable car il correspond à la prolongation des émissions actuelles (GIEC, 2018)**



**+ 3,6°C**  
**Sans politique climatique**  
**(RCP 8.5)**

**+ 1,1°C**  
**Avec politique climatique immédiate**  
**(RCP 2.6)**



### multiples conséquences :

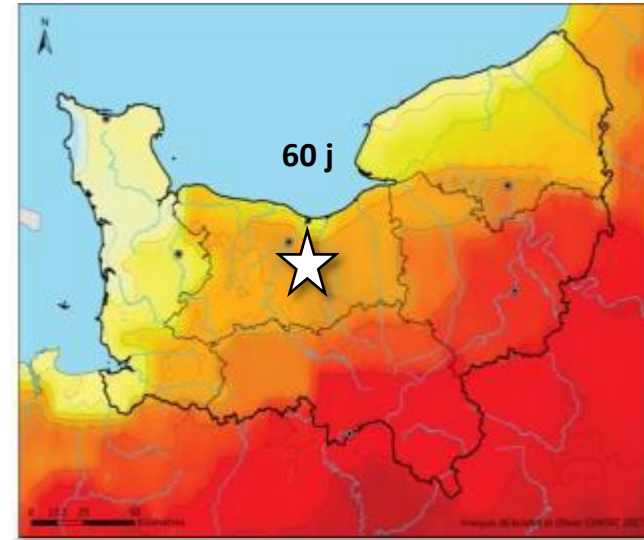
- santé (exemple : canicule de 2003)
  - biodiversité (espèces qui ne toléreraient pas la nouvelle donne climatique)
- littoral (submersions marines (hausse du niveau marin), recul du trait de côte)
- ressource en eau (déficit, progression du biseau salé dans les nappes)
  - rendements agricoles (stress thermiques et hydriques)
- fragilisation du système économique (volatilité des prix, coût de l'adaptation, assurances, ...)
- ...

→ ateliers thématiques

# L'exemple du nombre de jours de chaleur modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

**Scénario RCP 8.5**

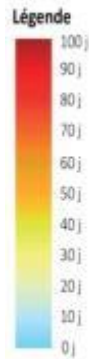
*Sans politique de réduction des gaz à effet de serre*



**Période future 2071-2100**

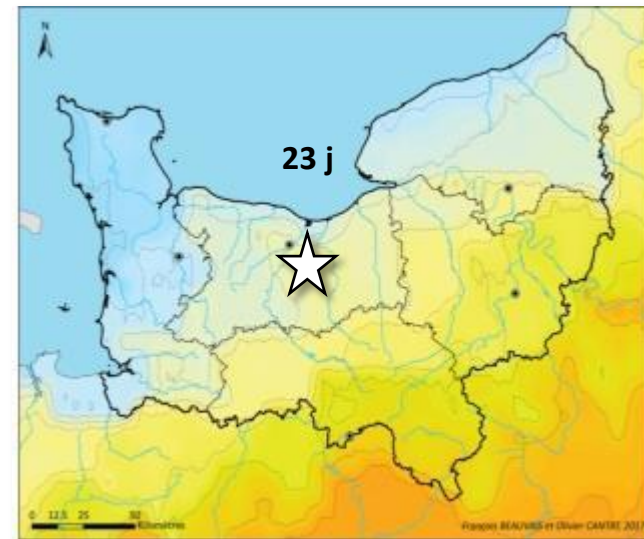


**Période de référence  
1976-2005**



**Scénario RCP 2.6**

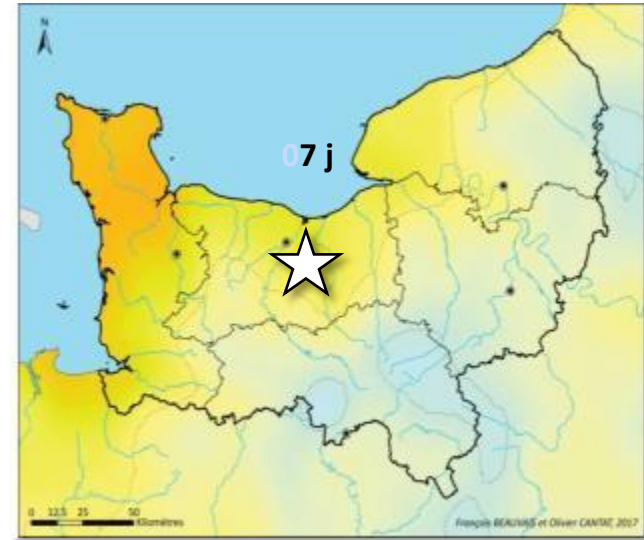
*Avec politique de réduction des gaz à effet de serre*



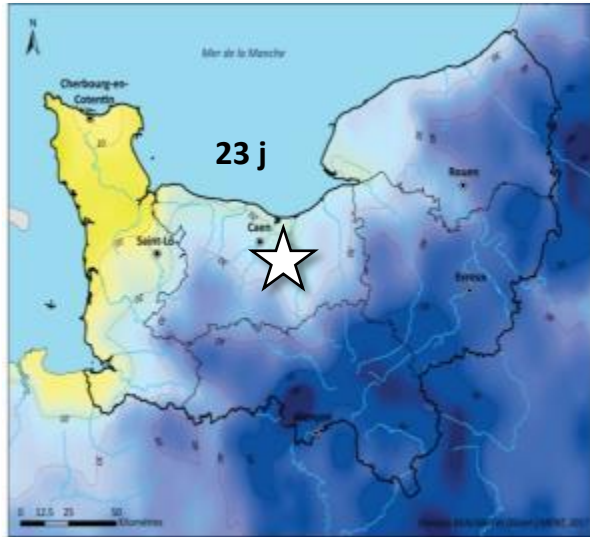
# L'exemple du nombre de jours avec gelée modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

**Scénario RCP 8.5**

*Sans politique de réduction des gaz à effet de serre*

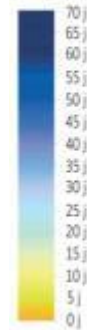


**Période future 2071-2100**



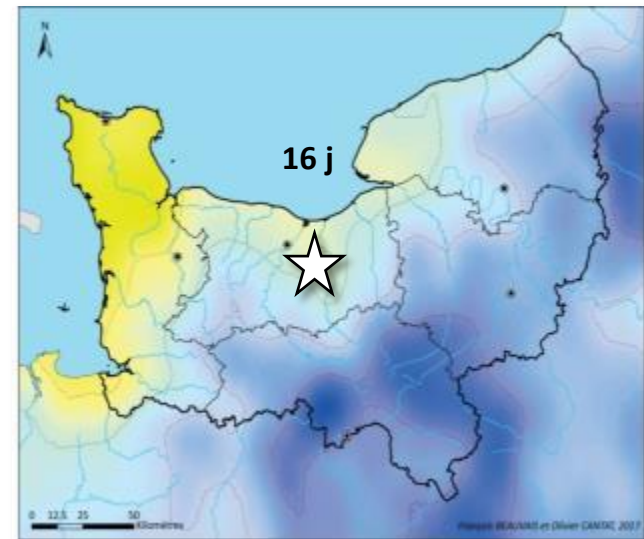
**Période de référence  
1976-2005**

Légende



**Scénario RCP 2.6**

*Avec politique de réduction des gaz à effet de serre*

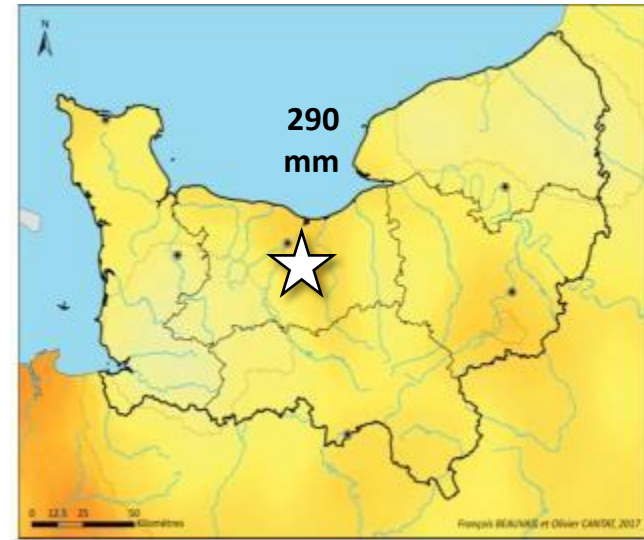


# L'exemple des pluies d'avril à septembre

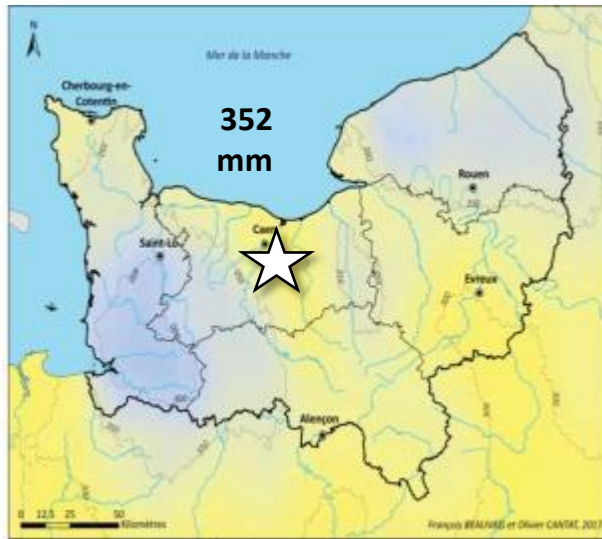
modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

**Scénario RCP 8.5**

*Sans politique de réduction des gaz à effet de serre*



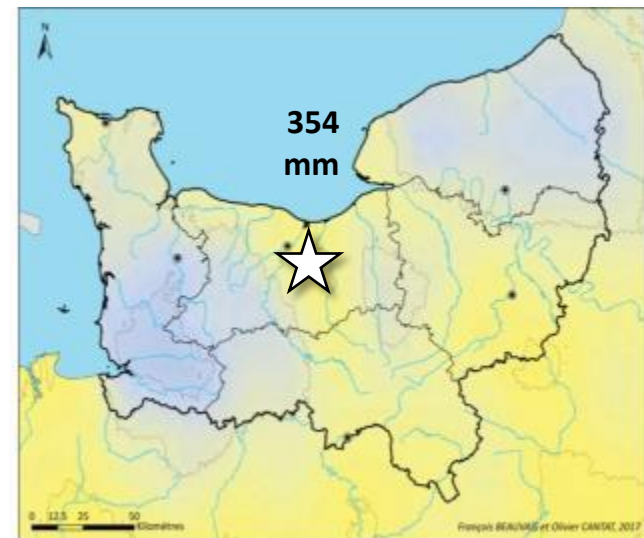
**Période future 2071-2100**



**Période de référence  
1976-2005**

**Scénario RCP 2.6**

*Avec politique de réduction des gaz à effet de serre*

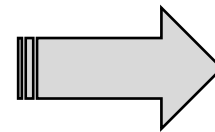
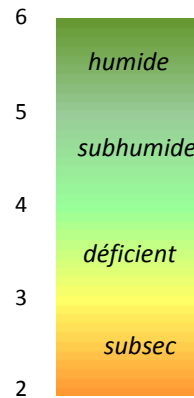
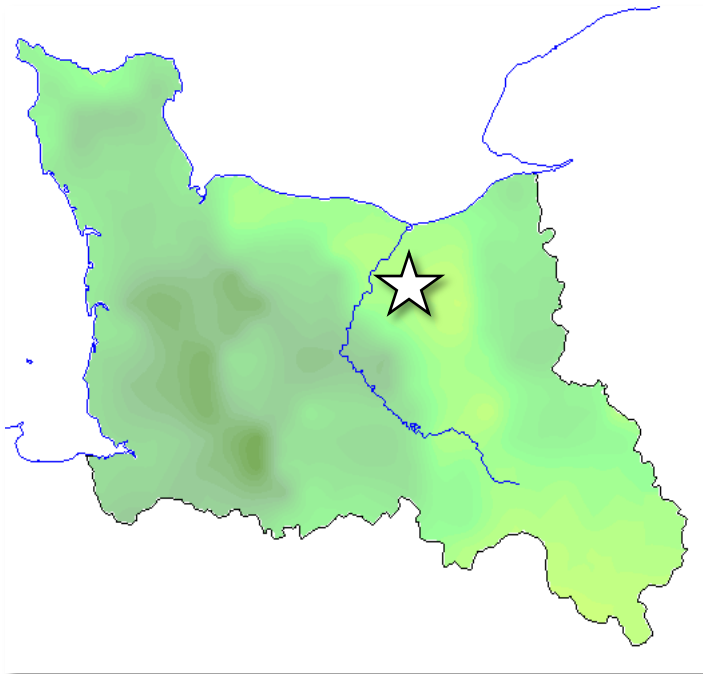


# Conséquences sur le profil bioclimatique durant la saison végétative

modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Profil bioclimatique actuel  
Moyenne régionale : 4,4

≈ subhumide



si ↗ des T° (+4°C)  
et ↘ des P (-10%)

L'association des apports en eau et en chaleur :  
le *profil bioclimatique* durant la saison végétale

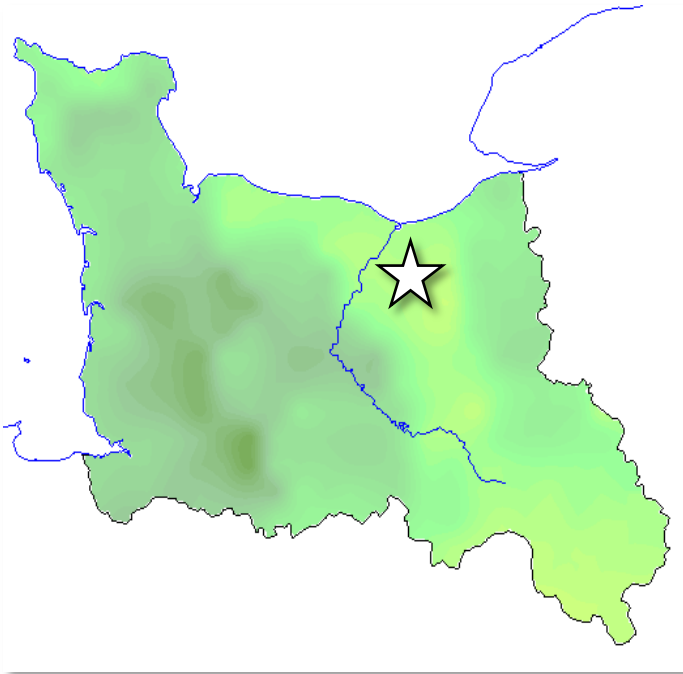
(rapport **Pluie** / **Température moyenne**)

# Conséquences sur le profil bioclimatique durant la saison végétative

modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Profil bioclimatique actuel  
Moyenne régionale : 4,4

≈ subhumide

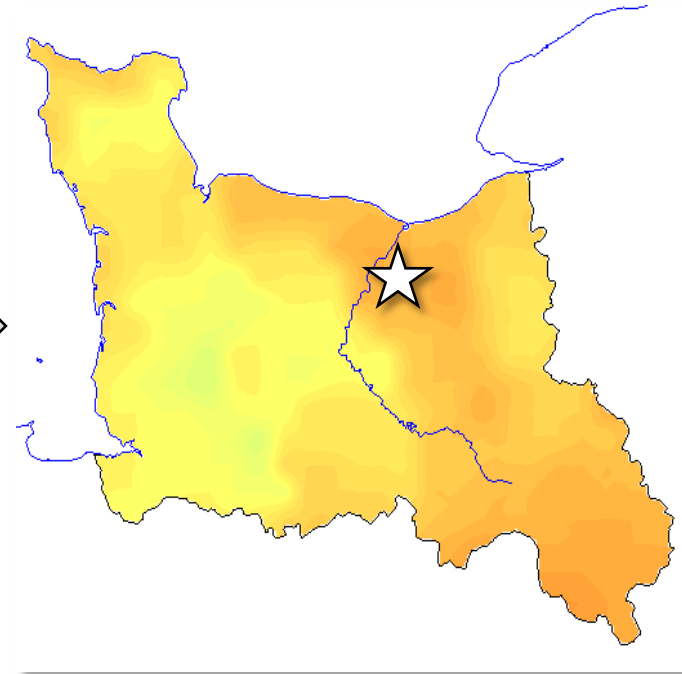
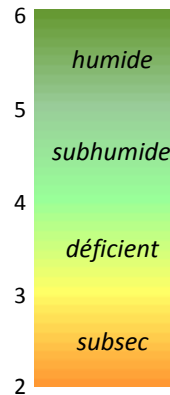


Scénario RCP 8.5

Sans politique de réduction des gaz à effet de serre

Profil bioclimatique 2071-2100 rcp 8.5  
Moyenne régionale : 2,7

≈ subsec



L'association des apports en eau et en chaleur :  
le *profil bioclimatique* durant la saison végétale

(rapport **Pluie** / **Température moyenne**)

# L'exemple du déficit en eau dans la région de Caen

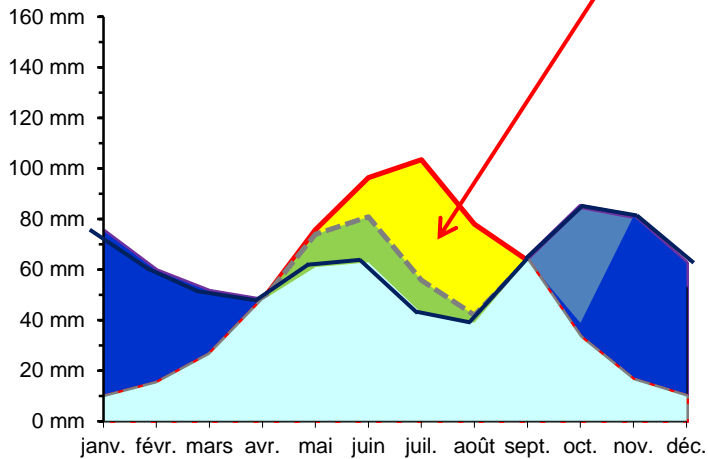
modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Sol d'une RUM de 100 mm  
Décroissance logarithmique

Scénario RCP 8.5

Sans politique de réduction des gaz à effet de serre

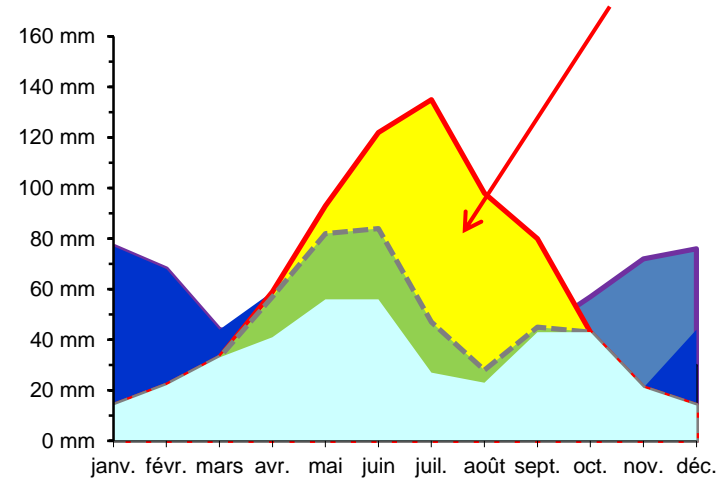
Déficit annuel 1976-2005 : **71 mm**



Succession 4 phases du bilan hydrique :

- Phase de surplus hydrologique
- Phase de sollicitation de la RU
- Phase de déficit hydrique
- Phase de reconstitution de la RU

Déficit annuel 2071-2100 : **244 mm** (x 3,4)



Quantifier précisément le problème actuel et pour le futur en ajoutant le rôle essentiel de la réserve en eau des sols

# L'exemple du déficit en eau dans la région de Caen

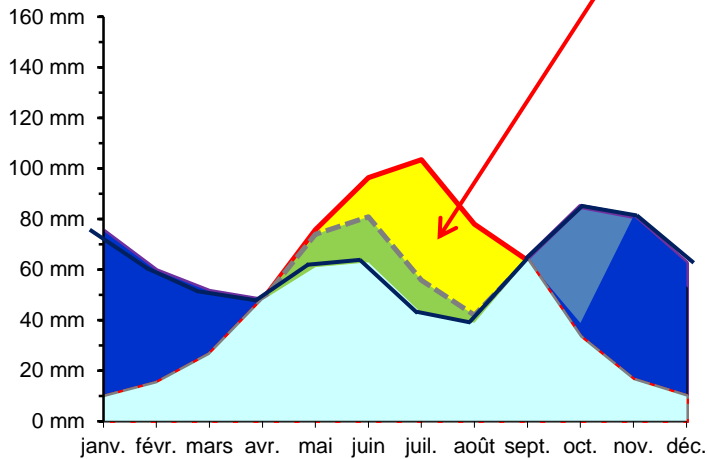
modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Sol d'une RUM de 100 mm  
Décroissance logarithmique

Scénario RCP 8.5

Sans politique de réduction des gaz à effet de serre

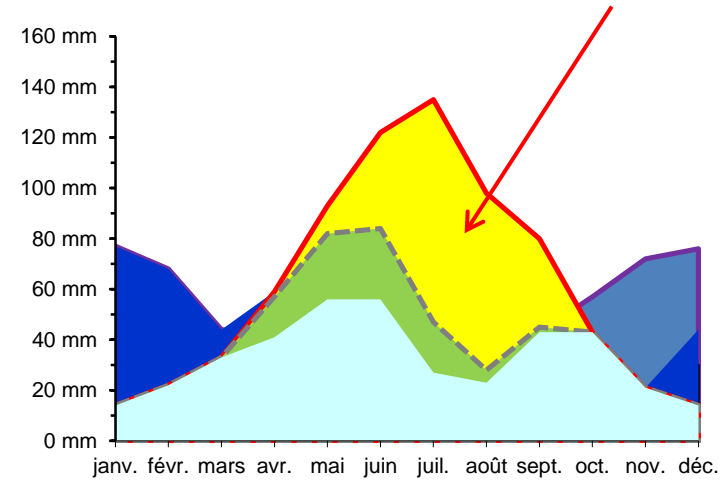
Déficit annuel 1976-2005 : **71 mm**



Succession 4 phases du bilan hydrique :

- Phase de surplus hydrologique
- Phase de sollicitation de la RU
- Phase de déficit hydrique
- Phase de reconstitution de la RU

Déficit annuel 2071-2100 : **244 mm** (x 3,4)



+ rôle de la diversité des sols

**SOLS EPAIS**

RU : 200 mm

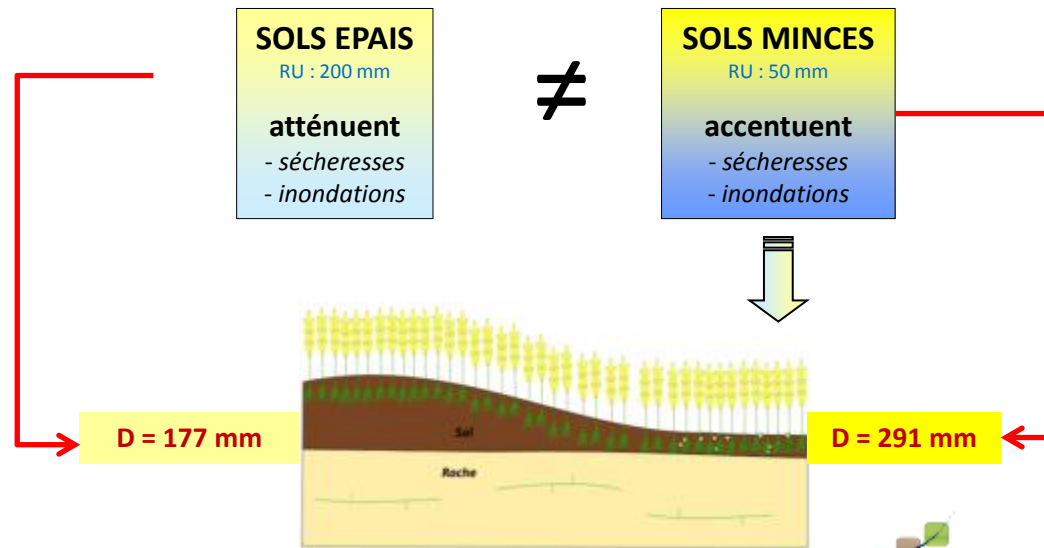
atténuent  
- sécheresses  
- inondations

≠

**SOLS MINCES**

RU : 50 mm

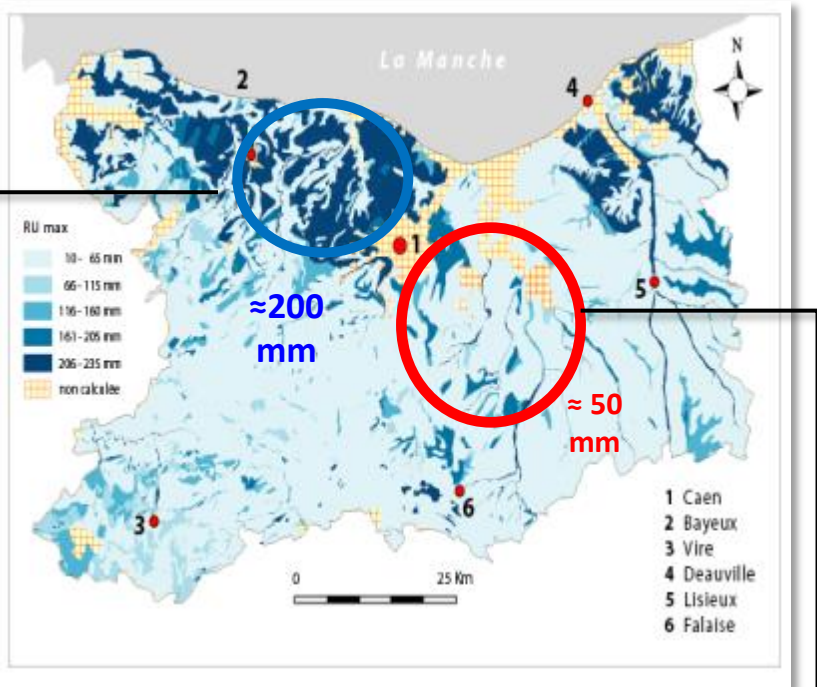
accentuent  
- sécheresses  
- inondations



# L'exemple du défit en eau dans le Calvados

modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Données pédologiques de RUM (P. Le Gouée)



## Exemple de la Plaine de Caen

Comparaison de la situation au NW et au SE de Caen (1)



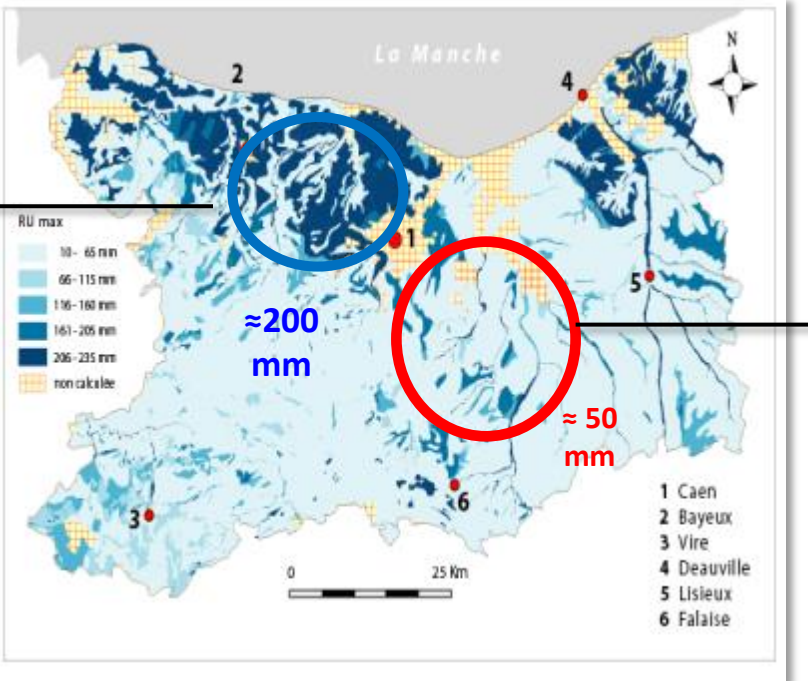
## Grande différence de RU max



# L'exemple du déficit en eau dans le Calvados

modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Données pédologiques de RUM (P. Le Gouée)



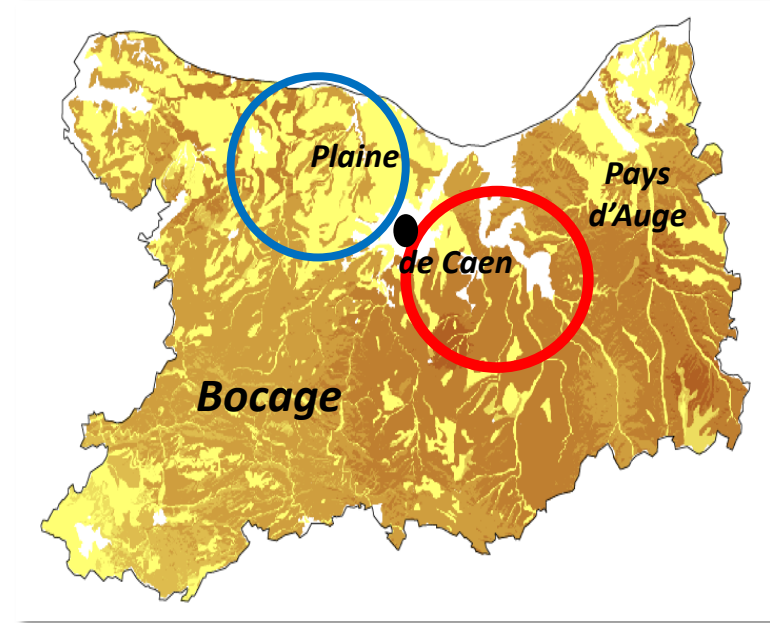
## Exemple de la Plaine de Caen

Comparaison de la situation au NW et au SE de Caen (1)



Grande différence de RU max

## Déficit hydrique actuel en juillet



Un  $\approx$  même climat mais une réalité vécue par les plantes et donc les exploitants très différente...

Solution pour le SE ?

irrigation  $\rightarrow$  coûts...

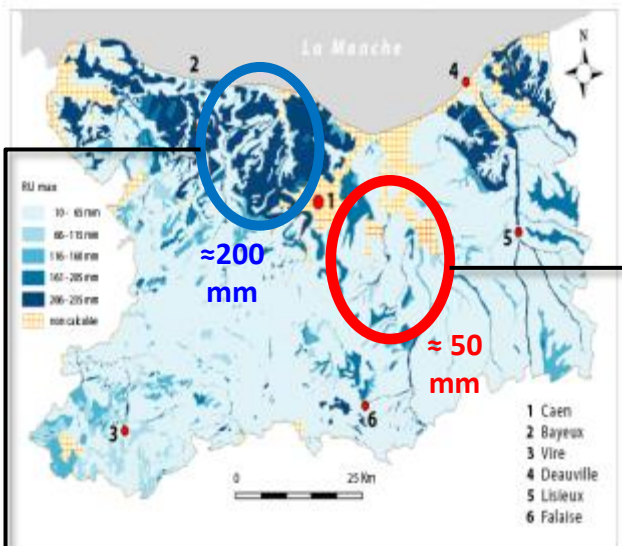
irrigation  $\rightarrow$  **perte de production...**



# L'exemple du défit en eau dans le Calvados

modélisation à partir des données sorties d'ALADIN-Climat

Données pédologiques de RUM (P. Le Gouée)



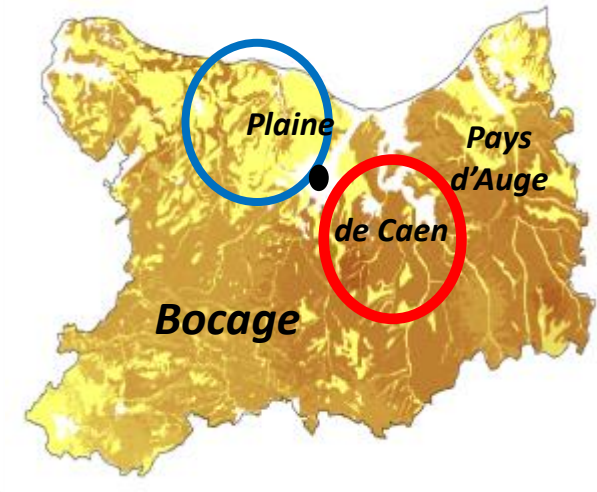
## Exemple de la Plaine de Caen

Comparaison de la situation au NW et au SE de Caen (1)

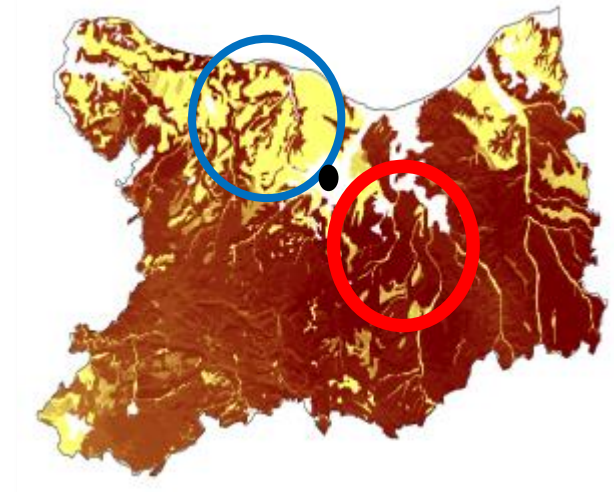


grande différence de RU max

Déficit hydrique actuel en juillet



Déficit hydrique futur (horizon 2100 en juillet)



Un  $\approx$  même climat mais une réalité vécue par les plantes et donc les exploitants très différente...

Solution pour le SE ?

irrigation  $\rightarrow$  coûts...

irrigation  $\rightarrow$  perte de production...

Dans l'optique d'étés plus chauds et plus secs...

$\rightarrow$  un renforcement marqué des contraintes hydriques

là où la RUM est faible...

$\rightarrow$  un foncier agricole d'inégal valeur face au CC...



Les actions entreprises dans les PCAET s'insèrent dans les **nouveaux défis pour l'action publique territoriale**, marqués par la volonté de « *limiter les impacts du Changement climatique et d'en maximiser les effets bénéfiques* »

(ADEME, 2018)

**Olivier CANTAT**, Enseignant-chercheur géographe-climatologue  
**François BEAUVAIS**, Doctorant en géographie, agroclimatologie

Université de Caen Normandie

Laboratoire LETG Caen GEOPHEN, UMR 6554 CNRS



# Merci pour votre attention !

*Plan Climat Air Energie Territorial*

*Caen Normandie Métropole  
& Communauté Urbaine Caen la Mer*

*lundi 3 juin 2019, Douvres-la-Délivrande*