

# *Projet AP3C*

## *Adaptation des Pratiques Culturelles au Changement Climatique*

*Atelier n°1*

*« Le Changement Climatique, principe et évolution  
sur le Massif central »*

*Colloque Mardi 04 juillet 2017*



**La Région**  
Auvergne-Rhône-Alpes



RÉGION  
**Nouvelle-Aquitaine**

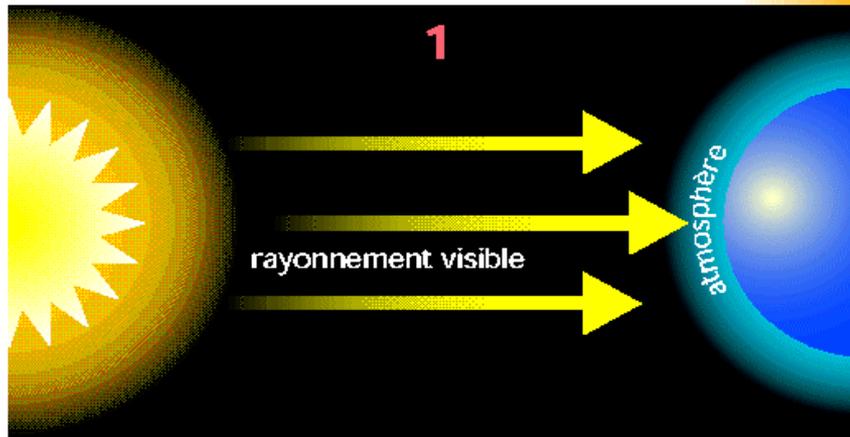


Avec la contribution financière  
du compte d'affectation spéciale  
«développement agricole et rural»

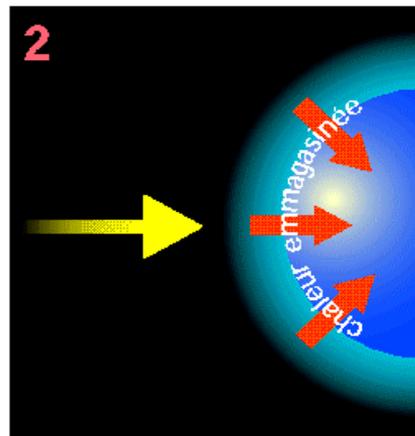
- 2 présentations
  - Qu'est-ce que :
    - le Changement Climatique et sa représentation classique ?
    - le climat et la méthodologie climatique AP3C ?
  - Quelles sont les évolutions climatiques en cours et à venir sur le Massif central ?
- Questions/réponses à la fin de chaque présentation
- Débat à l'issue
  - Quelles implications en tant que citoyen, élu local, agriculteur...?

## □ Principe de l'effet de serre

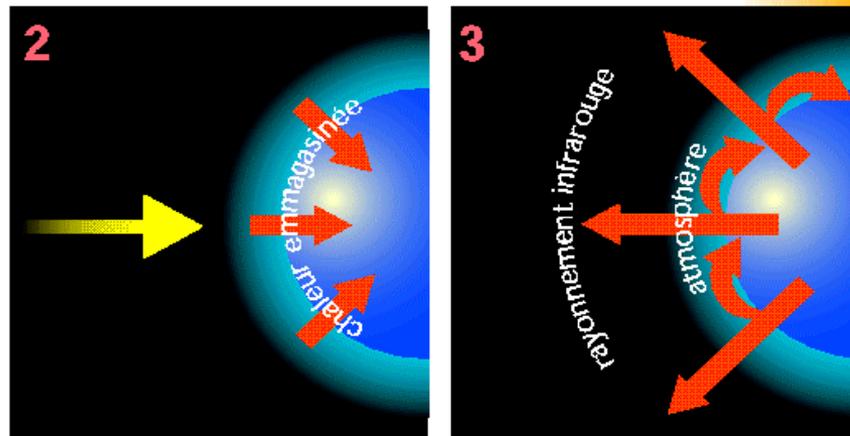
**1**  
Le rayonnement solaire  
est la seule source  
d'énergie pour la planète  
Terre



**2**  
L'énergie solaire reçue  
est emmagasinée par la  
surface terrestre



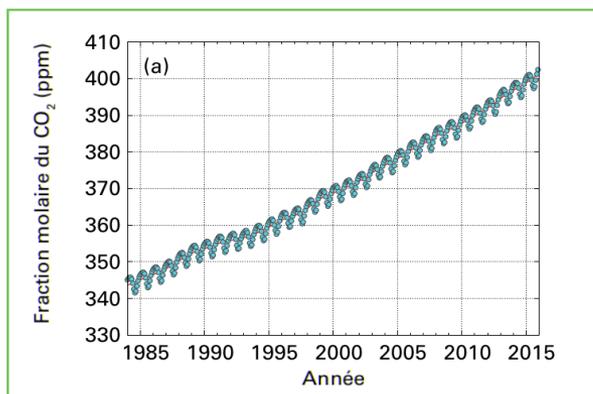
**3**  
L'énergie emmagasinée  
est restituée sous forme  
de rayonnement  
infrarouge



# Qu'est-ce que le Changement Climatique ?



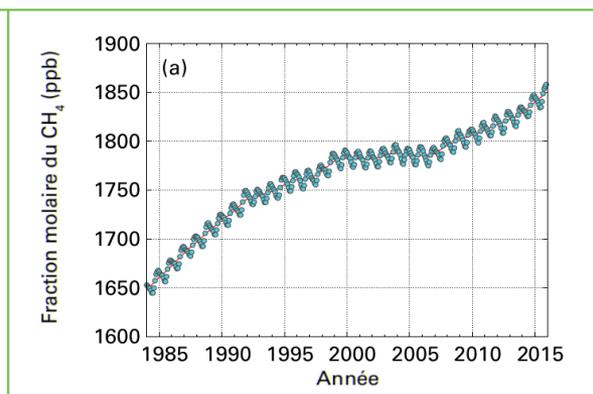
## □ Evolutions des Gaz à Effet de Serre depuis 30 ans :



Moyenne mondiale, teneur en CO<sub>2</sub>

Durée d'action principale :  
quelques **siècles**

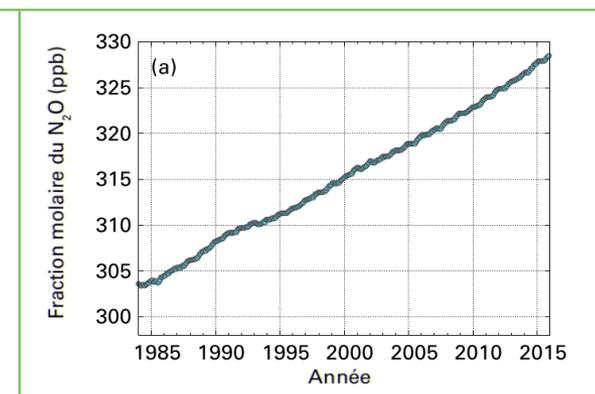
Potentiel de réchauffement :  
**1** par convention



Moyenne mondiale, teneur en CH<sub>4</sub>

Durée d'action principale :  
quelques **décennies**

Potentiel de réchauffement :  
facteur **30**



Moyenne mondiale, teneur en N<sub>2</sub>O

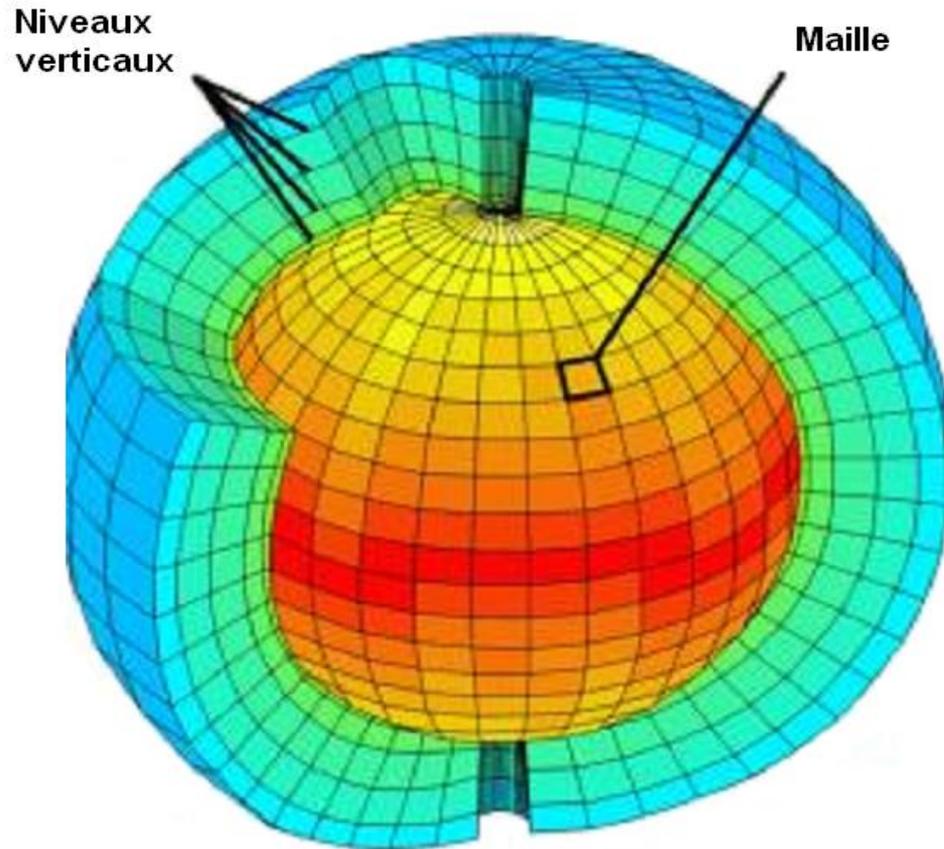
Durée d'action principale :  
quelques **siècles**

Potentiel de réchauffement :  
facteur **270**

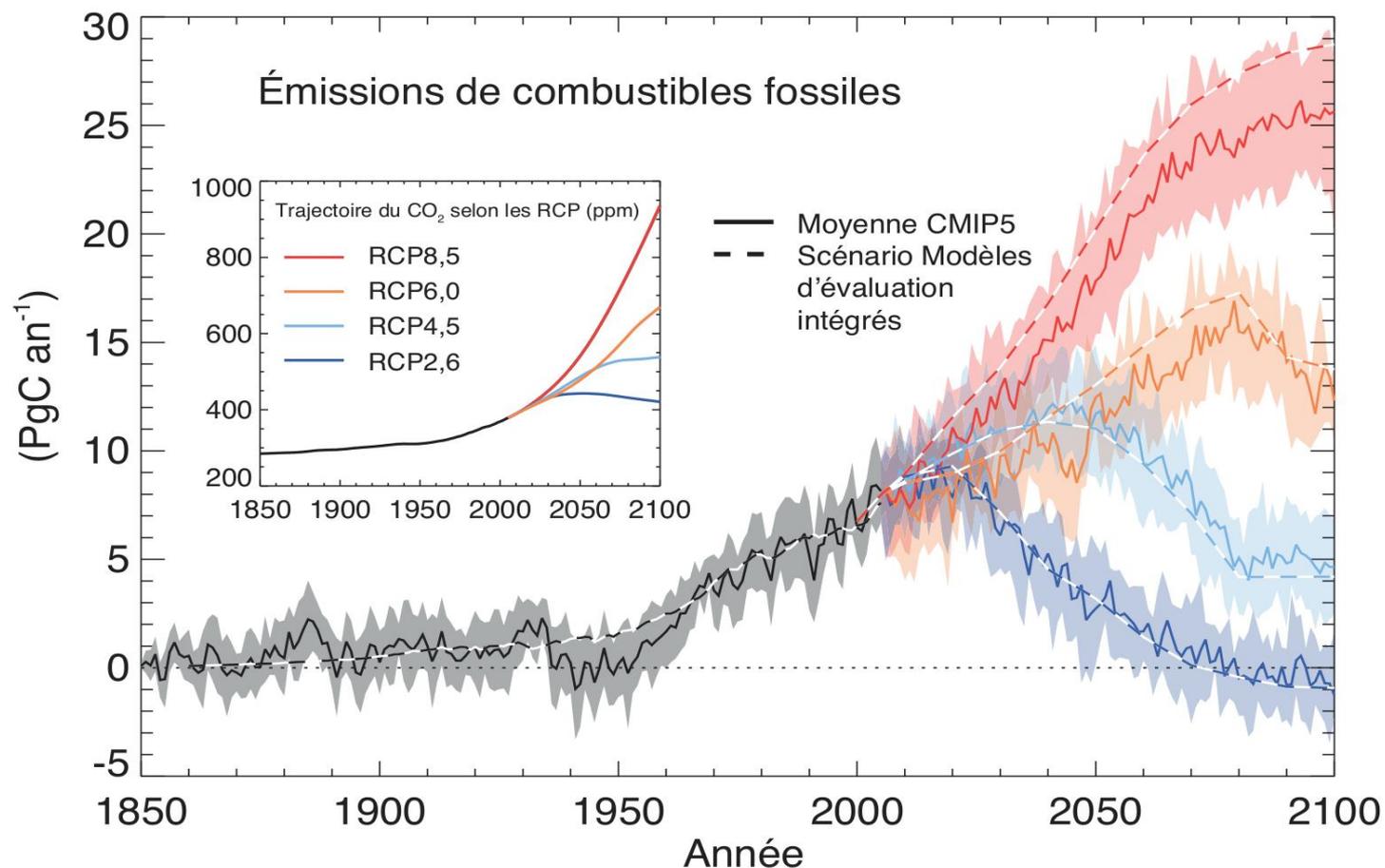
Graphiques source OMM, Bulletin sur les gaz à effet de serre N°12, Octobre 2016

- Les rétroactions (renforcements) ont débuté:
  - La vapeur d'eau croît en fonction de la température T (+10% pour +1,5°C)
  - Les écosystèmes perturbés, directement ou via le Changement Climatique, stockent moins bien voire relarguent le CO<sub>2</sub>
  - Le stockage de CH<sub>4</sub> en pergélisol ou clathrates est sensible à l'élévation de température.

## □ Modélisation physique : schéma géométrique de principe



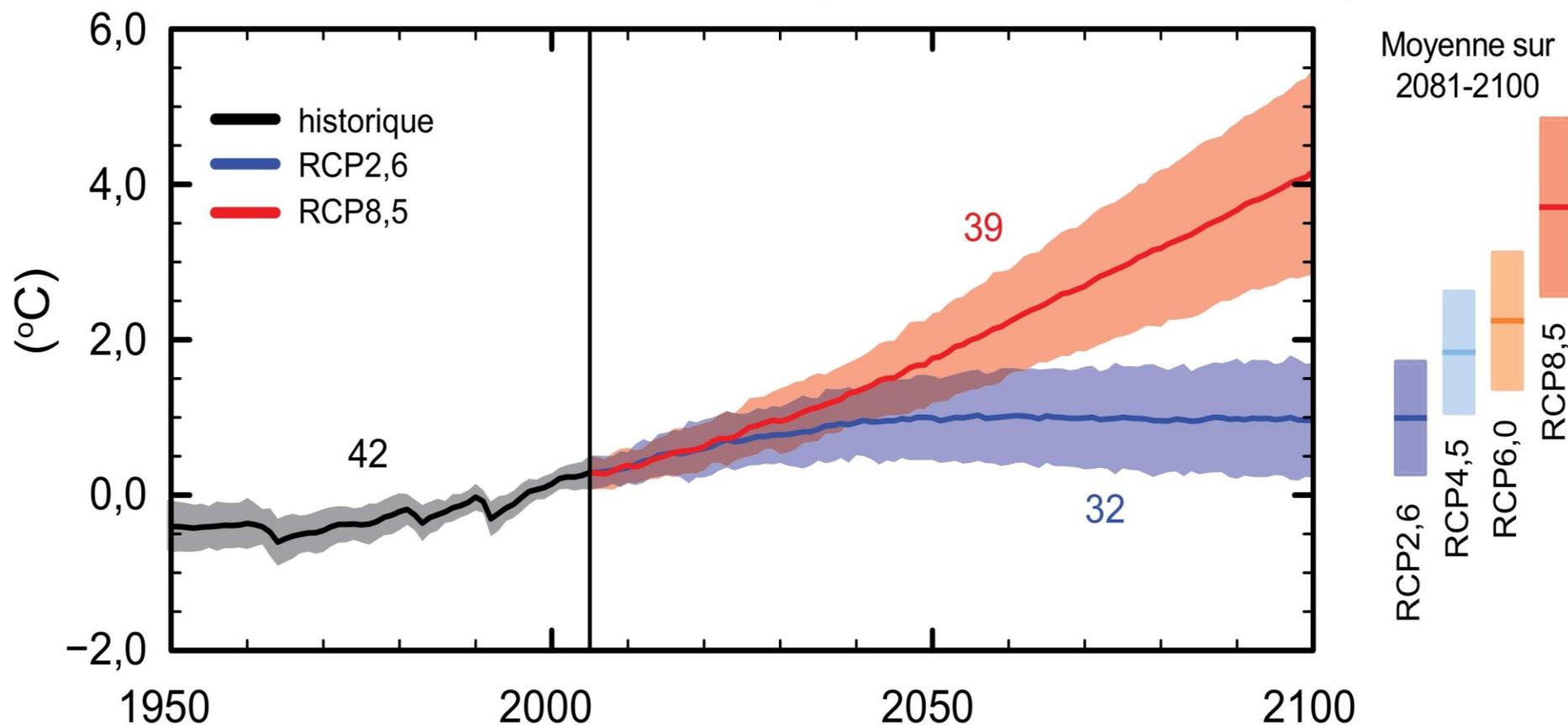
## □ Modélisation physique : scénarios d'émission de GES



# Qu'est-ce que le Changement Climatique ?



## Évolution de la température moyenne à la surface du globe



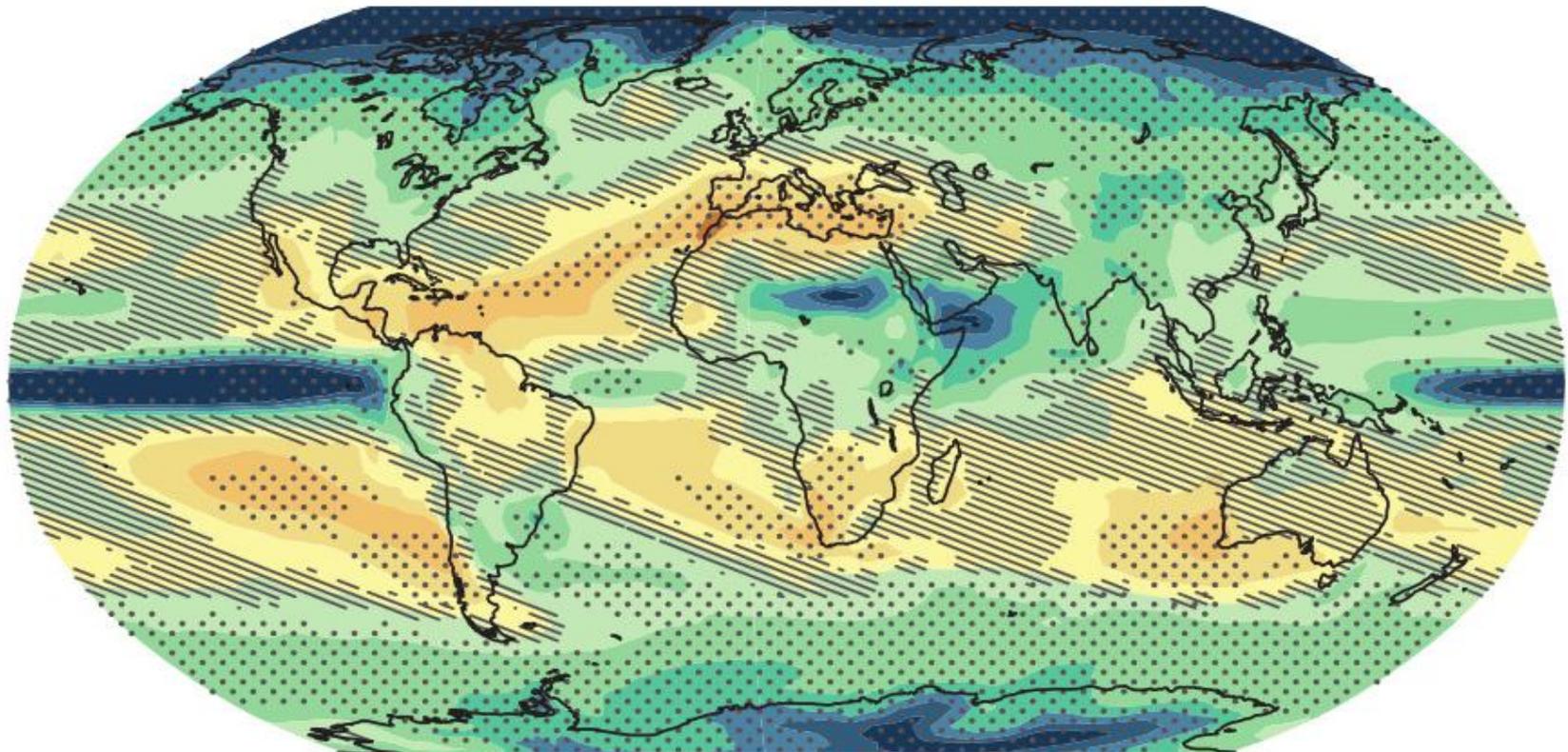
Source rapport GIEC 2013 (AR5)

04 juillet 2017 - colloque AP3C

# Qu'est-ce que le Changement Climatique ?



- Précipitations annuelles, scénario fort (RCP8.5) vers 2090 /base 1990



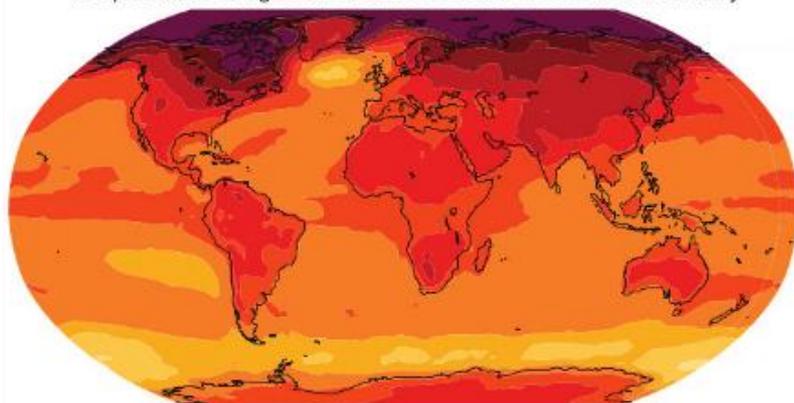
Source rapport GIEC 2013 (AR5)

04 juillet 2017 - colloque AP3C

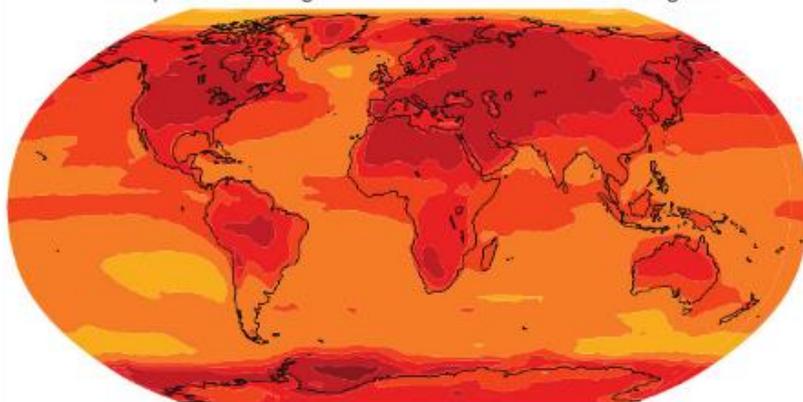
# Qu'est-ce que le Changement Climatique ?

## □ Températures et précipitations saisonnières

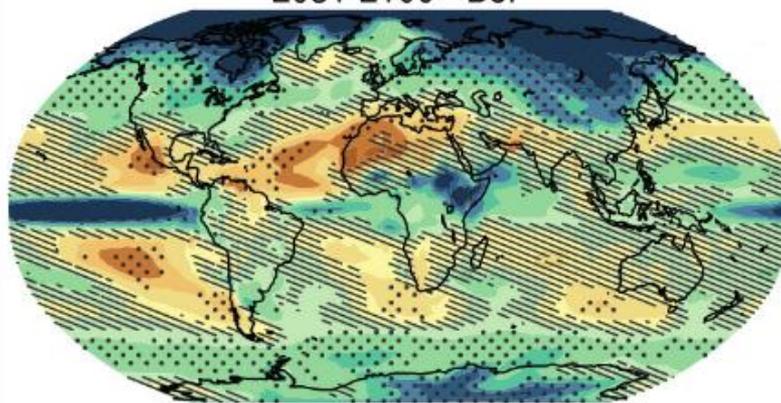
Temperature change RCP8.5 in 2081-2100: December-February



Temperature change RCP8.5 in 2081-2100: June-August

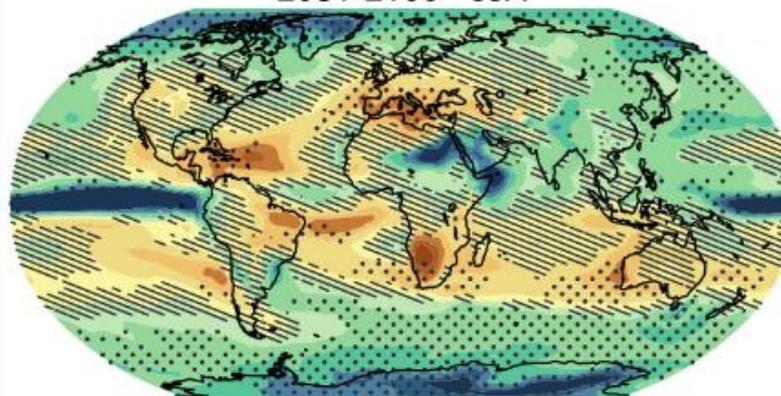


2081-2100 - DJF

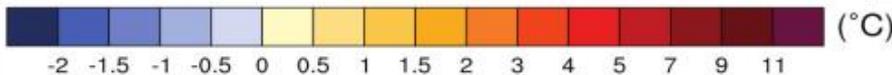


Hiver

2081-2100 - JJA



Eté



Source rapport GIEC 2013 (AR5), scénario fort RCP8.5

- Résultats (de la modélisation physique) sur d'autres paramètres dans notre zone du monde :
  - Vent moyen : stable mais quid des rafales orageuses ?
  - Neige : forte diminution du manteau neigeux moyen mais quid des fortes intensités ?
  - Nombre de jours de gel : en baisse sensible
  - Nébulosité (nuages, rayonnement global) : incertain !
  - Variabilité de l'ensemble des paramètres : en hausse spatialement et temporellement

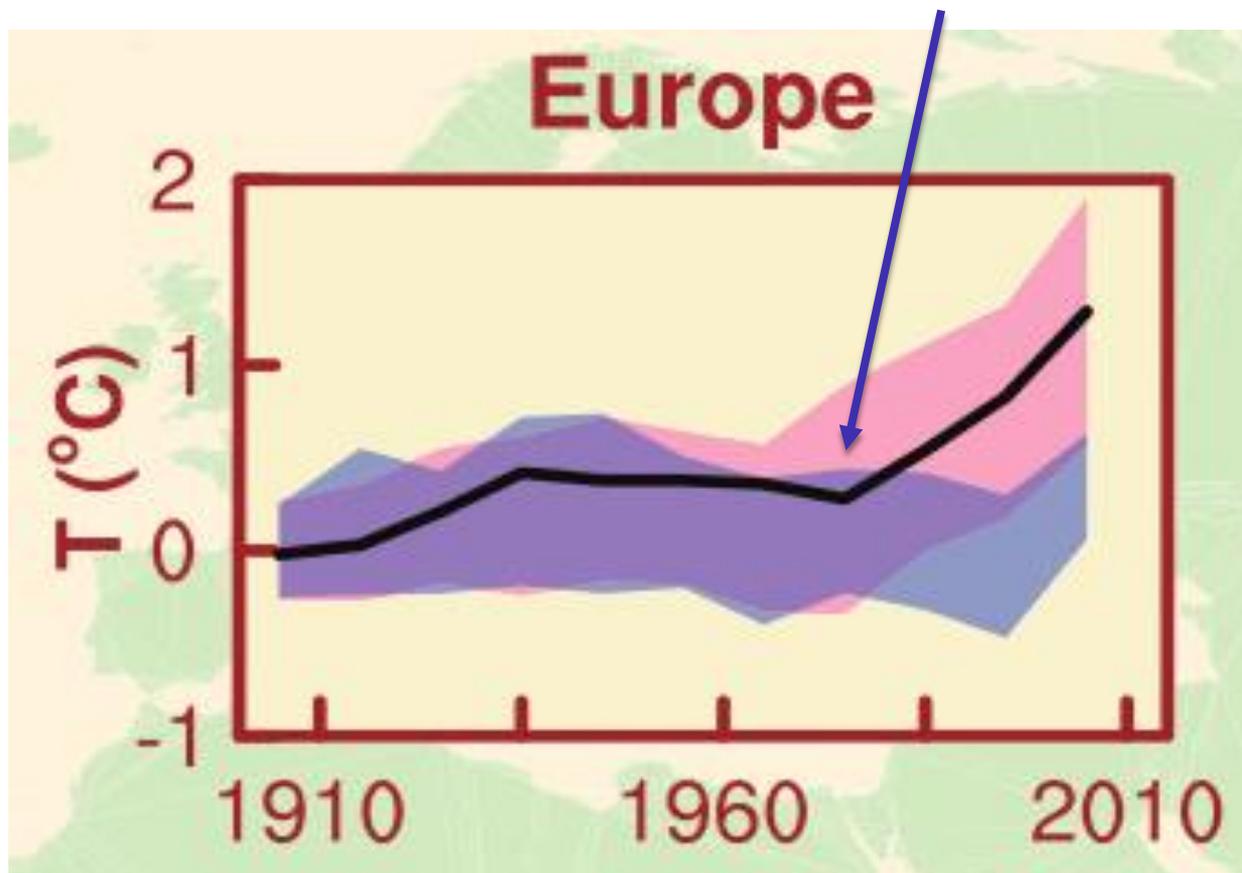
- Les limites d'usage de la modélisation physique :
  - Oscillations océaniques pluri-décennales
  - Incertitudes sur le cycle du carbone
  - Cycle de l'azote quasi-absent
  - Micro-physique des nuages
  - Maille de définition supra-départementale (~100km)
  - Inadaptée à proximité des ruptures (modification de l'influence relative des divers phénomènes physiques)
  - ...

# Qu'est-ce que le Changement Climatique ?



- Or, rupture il y a... et elle est particulièrement nette en Europe

Evolution de la température moyenne annuelle observée (ligne noire)



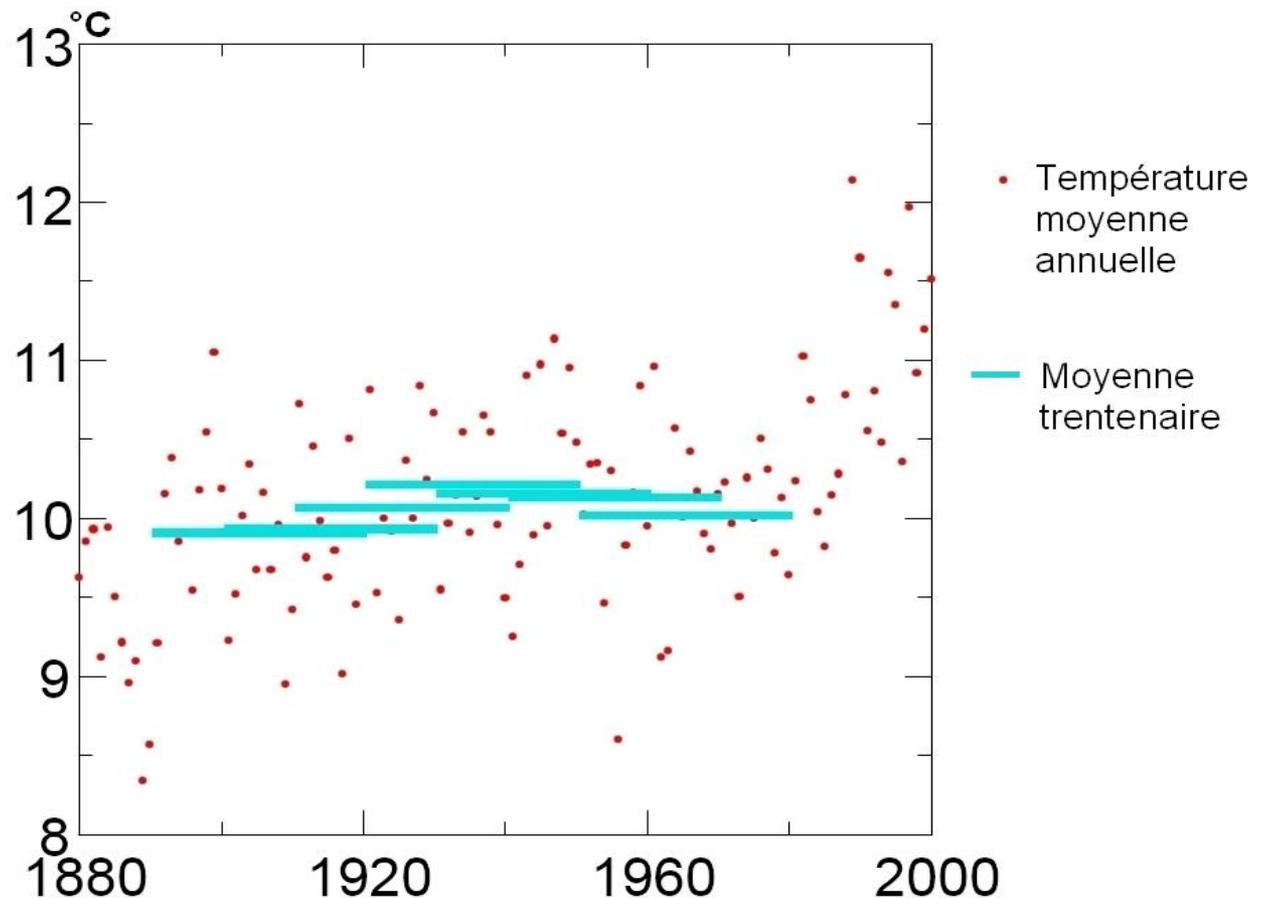
- Partie climat  
/méthodologie climatique de AP3C

# Qu'est-ce que le climat ?



- La normale trentenaire, un concept pertinent...autrefois !

Guéret (23), température moyenne annuelle



Source Météo-France et  
Chambre d'agriculture Creuse

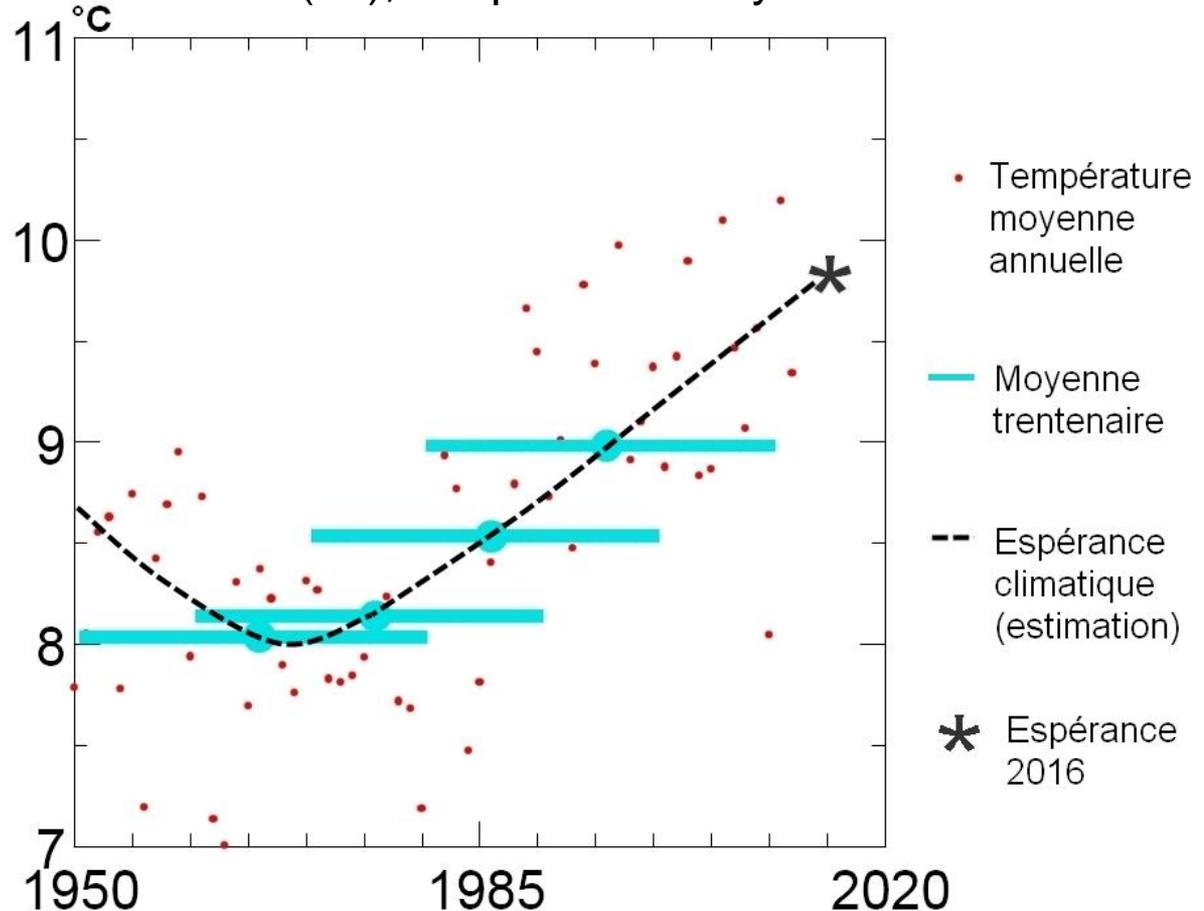
# Qu'est-ce que le climat ?



- L'espérance climatique, une re-définition indispensable ...

... sinon :  
erreur de position

La Courtine (23), température moyenne annuelle



Source Météo-France et  
Chambre d'agriculture Creuse

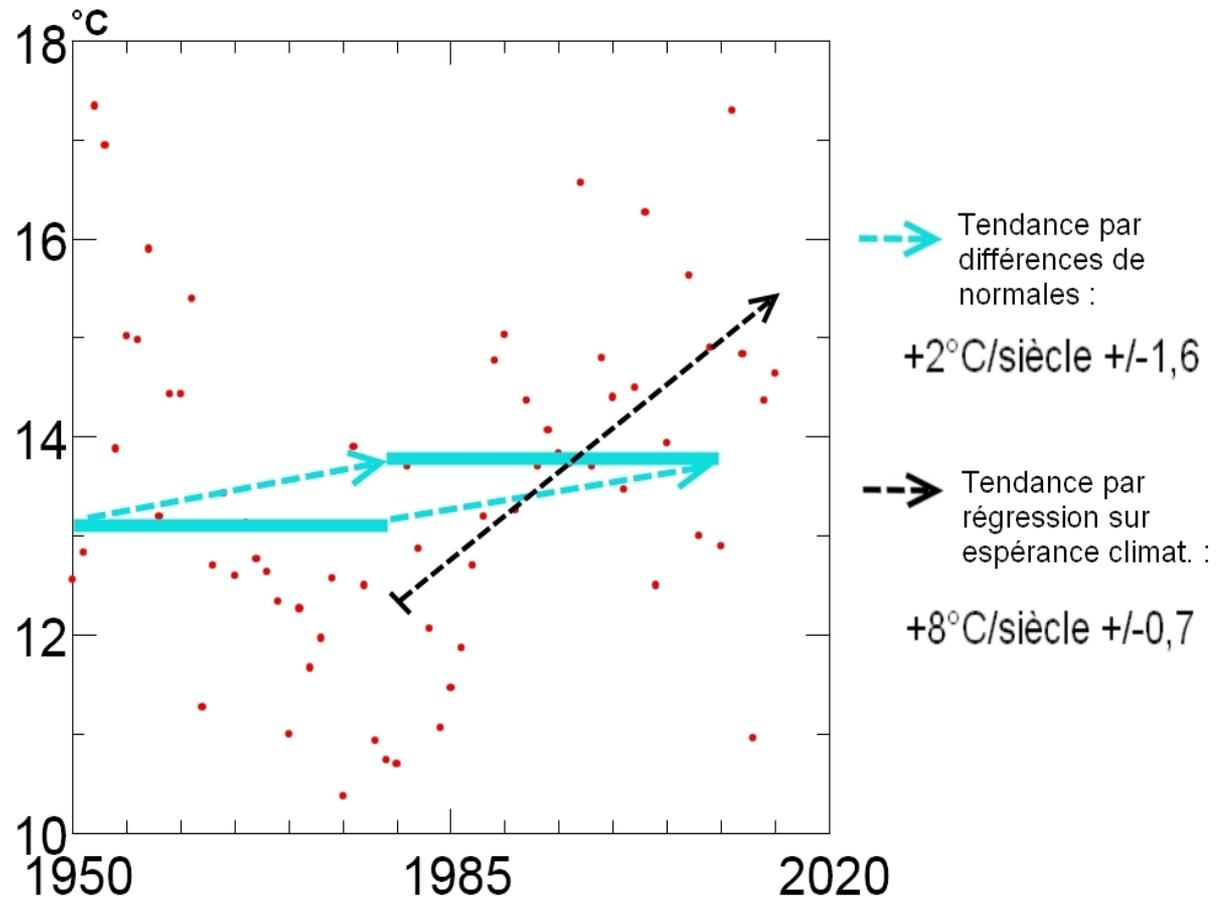
# Qu'est-ce que le climat ?



## □ L'espérance climatique, une re-définition indispensable ...

La Courtine (23), moyenne des températures maximales quotidiennes du printemps

... sinon :  
erreur de pente  
(tendance)



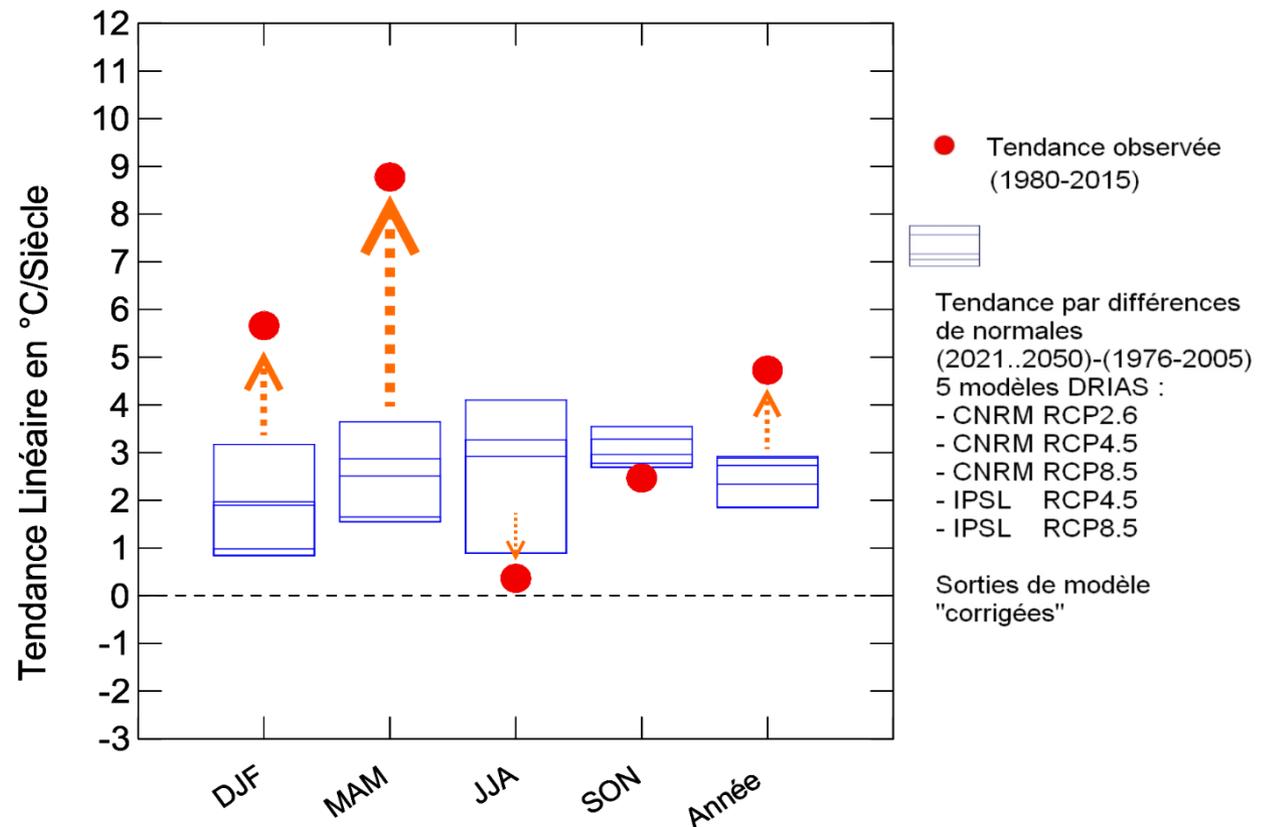
Source Météo-France et  
Chambre d'agriculture Creuse

## □ L'espérance climatique, une re-définition indispensable ...

### Fontannes (Haute-Loire)

moyennes saisonnières et annuelles des températures maximales quotidiennes

... car l'erreur de tendance n'est pas rattrapable par l'usage des modèles physiques du climat



- *Une accumulation des erreurs de position et de pente, c'est possible...*
  - Le concept de « normale trentenaire +1 °C »
    - Calculs classiques en saison printanière
      - La normale 1981-2010 est le climat de maintenant !
      - La tendance calculée par différence de normales ou par modélisation physique est de +2 à +2,5°C/siècle
      - +1 °C, c'est donc dans 40 à 50 ans, soit vers **2060**
    - Calculs experts en saison printanière
      - La normale 1981-2010 est centrée sur 1995, c'est (très proche de) l'espérance climatique de 1995
      - La tendance calculée sur l'espérance climatique depuis 1980 est de +6 à +8°C/siècle
      - +1 °C, c'est donc environ 15 ans après 1995, soit vers **2010**

- Dépasser les erreurs académiques d'observation et des simulations physiques dans AP3C
  - Recrutement d'un climatologue ...
  - Conception et utilisation d'un « générateur stochastique de temps » (SWG)
    - Mise en équation de la re-définition du climat
    - Stratégie de paramétrisation vers le futur

- Le générateur stochastique de temps en détails
  - Soit une série de précipitations (RR), d'ETP ou de températures ( $T_n$ ,  $T_x$ ) quotidiennes, sur 1980-2015
    - Homogénéisation de la série
    - Extraction progressive des organisations
      - De long terme (tendance, cycles et évolutions de cycles...)
      - De court terme (persistance...)
    - Étude du résidu
      - Réduction de variance
      - Tests du caractère aléatoire
      - Description du résidu ultime (dissymétrie, aplatissement...)

- Ré-analyse du climat sur la période d'observation
  - Re-génération du résidu désorganisé
    - On utilise un « générateur de nombres aléatoires », calé sur la distribution idéalisée du résidu ultime observé
    - On construit 10 000 séries quotidiennes 1980-2015 pour chaque point de mesure (~130 millions de valeurs)
  - Reconstruction du schéma de persistance, jour par jour
  - Addition de l'organisation de long terme
  - On obtient 10 000 séries complètes, dont on vérifie la compatibilité en distribution et en organisation chronologique avec la série initiale observée

## □ Et vers le futur ?

### ■ Prolongation des organisations chronologiques

- Vers un futur pas trop lointain (2016-2050)

- Sans accélération

  - Hypothèse (hélas!) très modérée

### ■ Production en masse de statistiques d'ensemble sur

- Indicateurs climatiques

- Indicateurs agro-climatiques

## □ Les limites de la méthode

- Pas d'exploration de l'ensemble des possibilités
  - Uniquement les évolutions climatiques « minimales compatibles » avec les évolutions réellement engagées
- Limitation à une période avec influence négligeable des scénarios d'émission de GES (+30 à +40 ans)
- Pas conçue pour étudier les évènements « très » rares
  - Durée de retour  $\leq 10$  ans pour températures
  - Durée de retour  $\leq 5$  à 10 ans pour les précipitations
  - Adaptable pour certains évènements très rares, au cas par cas

- Un exemple d'évènement « très » rare
  - Vagues de fortes chaleurs de l'été 2003 en France
    - Indicateur : moyenne estivale (JJA) de la température maximale quotidienne

Types de calcul	Durée de retour
Calcul original (Météo-France, « La Météorologie », n°46, Août 2004)	<b>140 ans</b>
Espérance climatique 2003	<b>35 ans</b>
Espérance climatique 2015	<b>18 ans</b>
Espérance climatique 2040	<b>5 ans</b>

- Vos questions sur le phénomène du Changement Climatique ou/et sa représentation dans les modèles physiques globaux du climat ?
- Vos questions sur le concept de climat ou/et sur la méthodologie climatique employée par AP3C ?

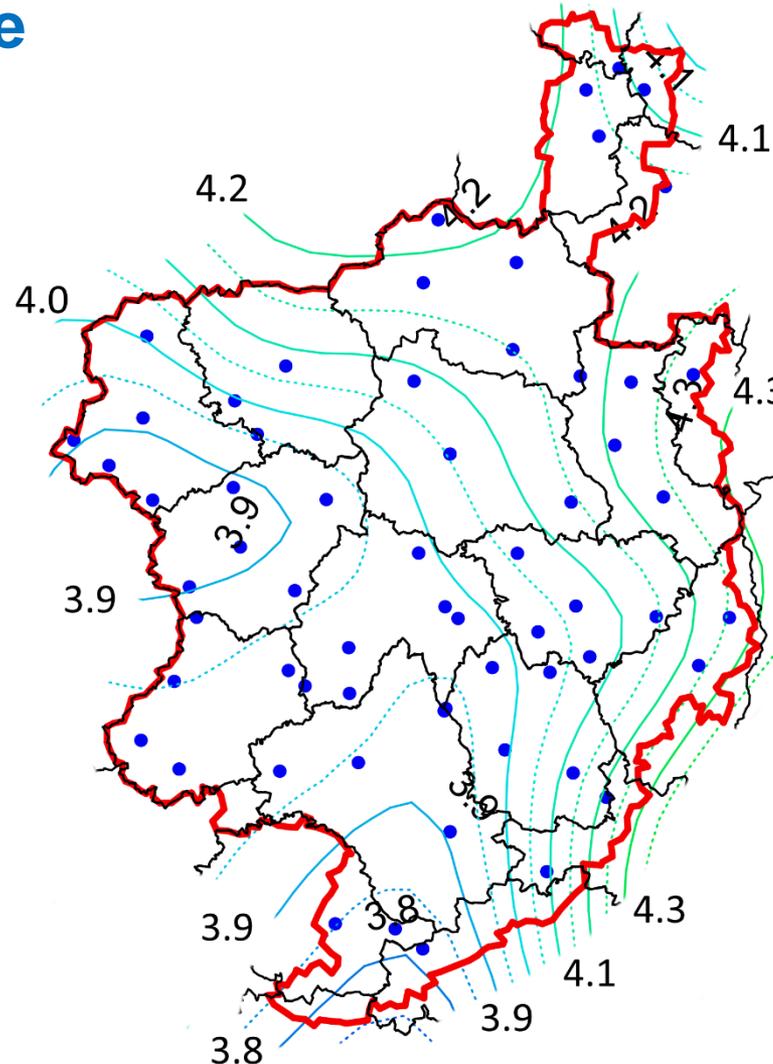
## □ Les évolutions climatiques en cours sur le territoire du Massif central

- Les évolutions climatiques de températures
- Les évolutions climatiques d'ETP
- Les évolutions climatiques de précipitations

(N.B. pas de données internes à AP3C en précipitations jusque fin 2017)

## Evolution température moyenne annuelle.

Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.

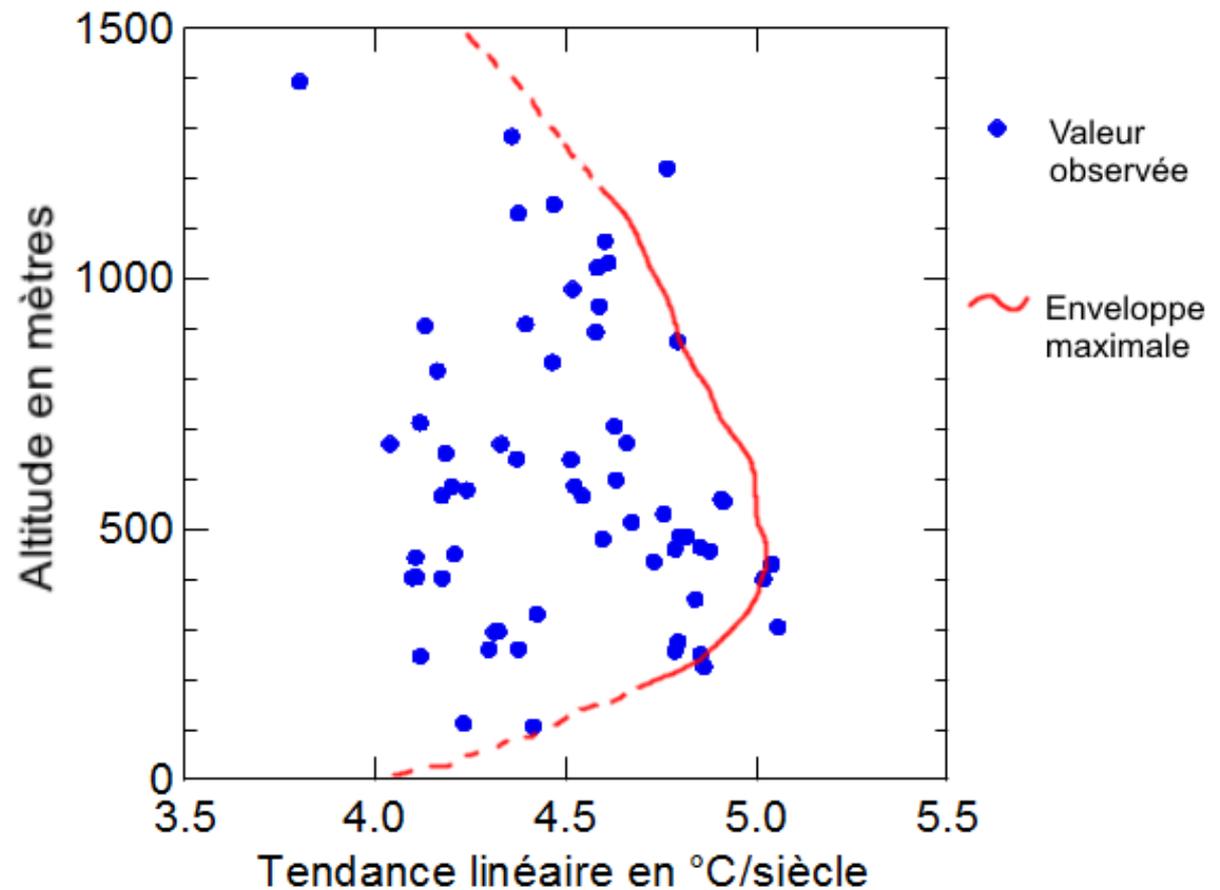


## Evolution température moyenne annuelle.

Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.

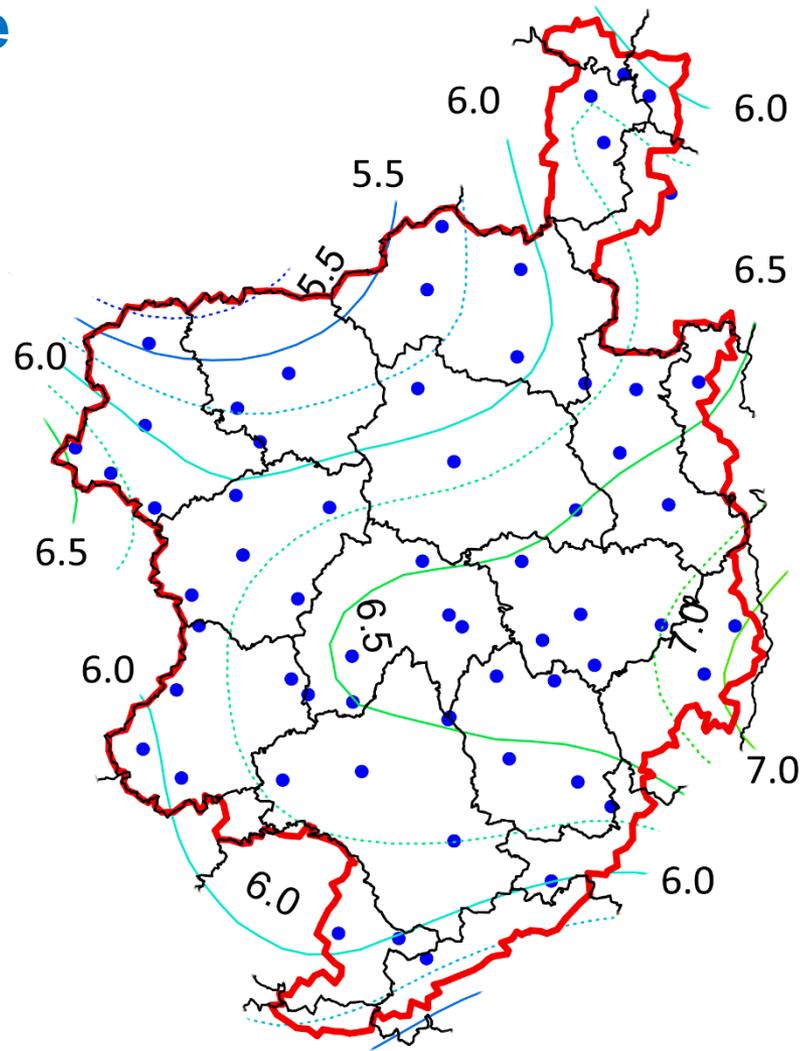
### Réseau Massif Central

62 stations, période 1980-2015



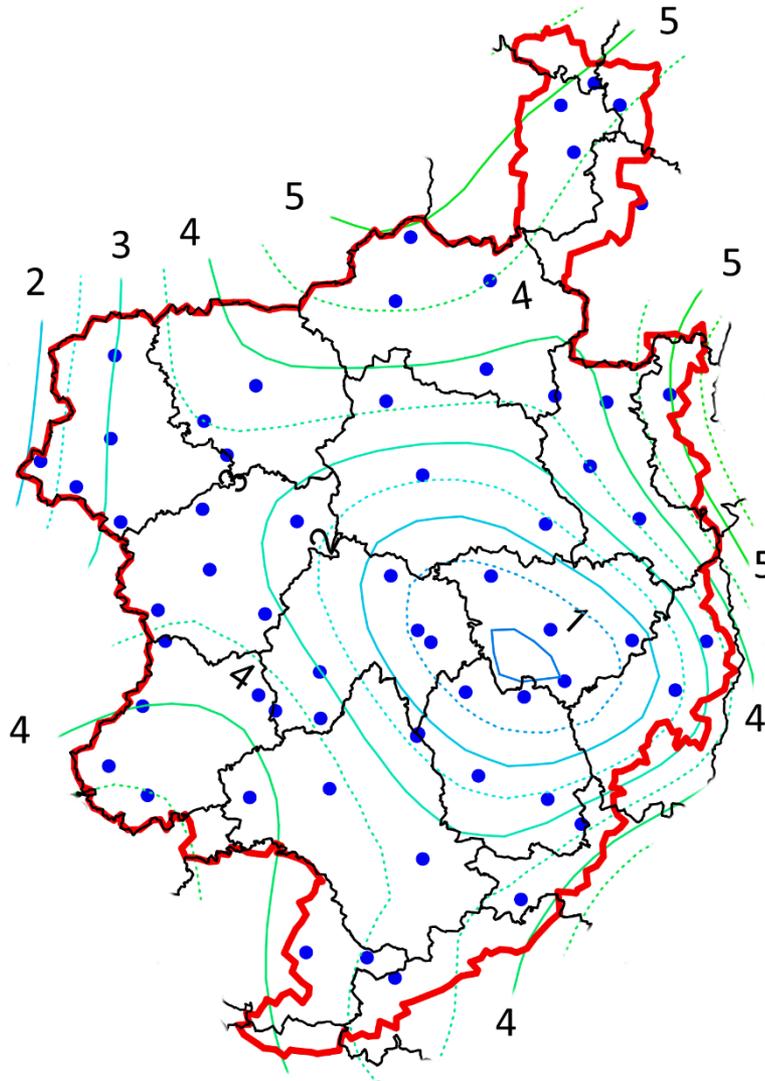
## Evolution température moyenne printemps.

Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.



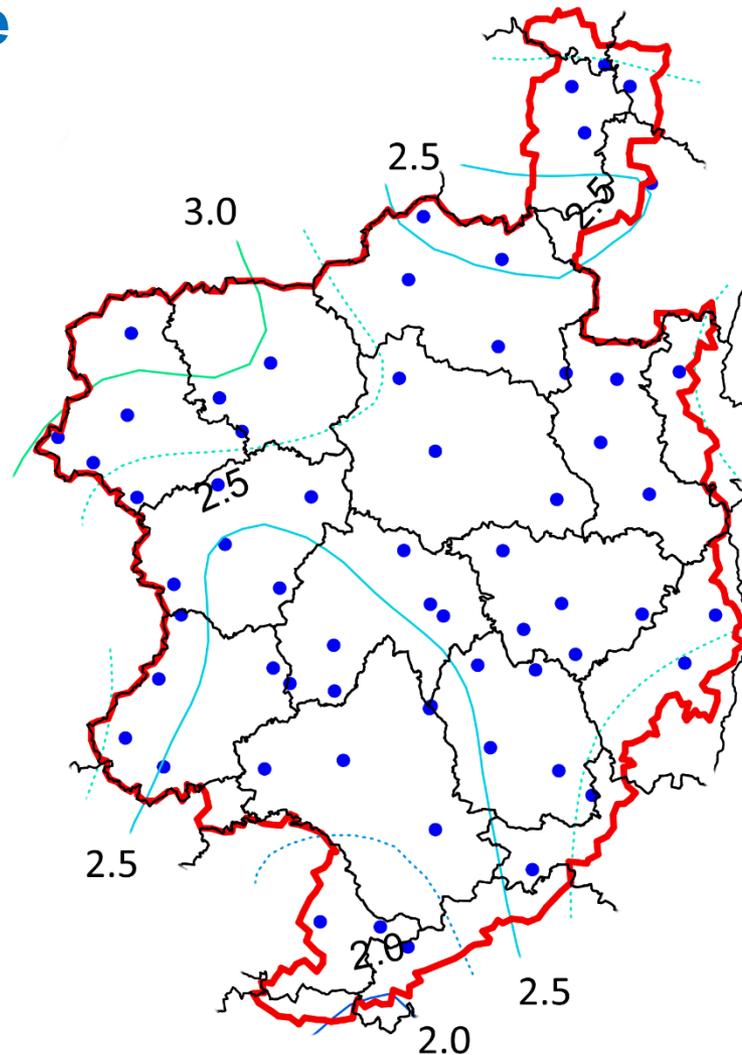
## Evolution température moyenne été.

Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.



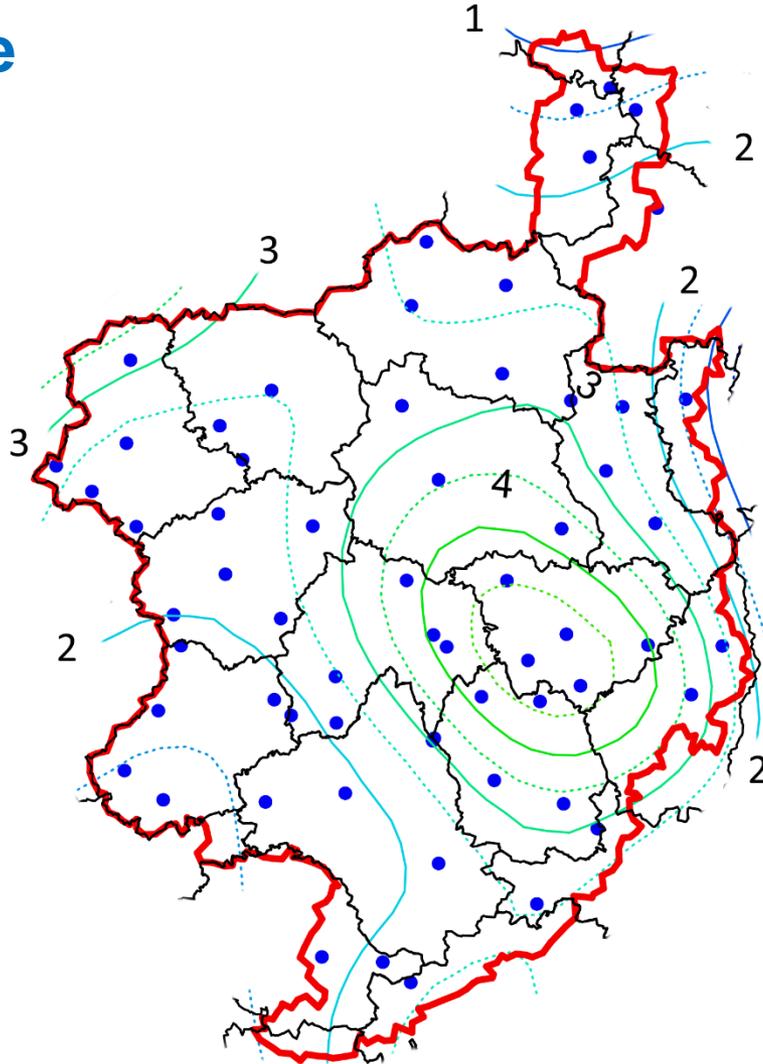
## Evolution température moyenne automne.

Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.

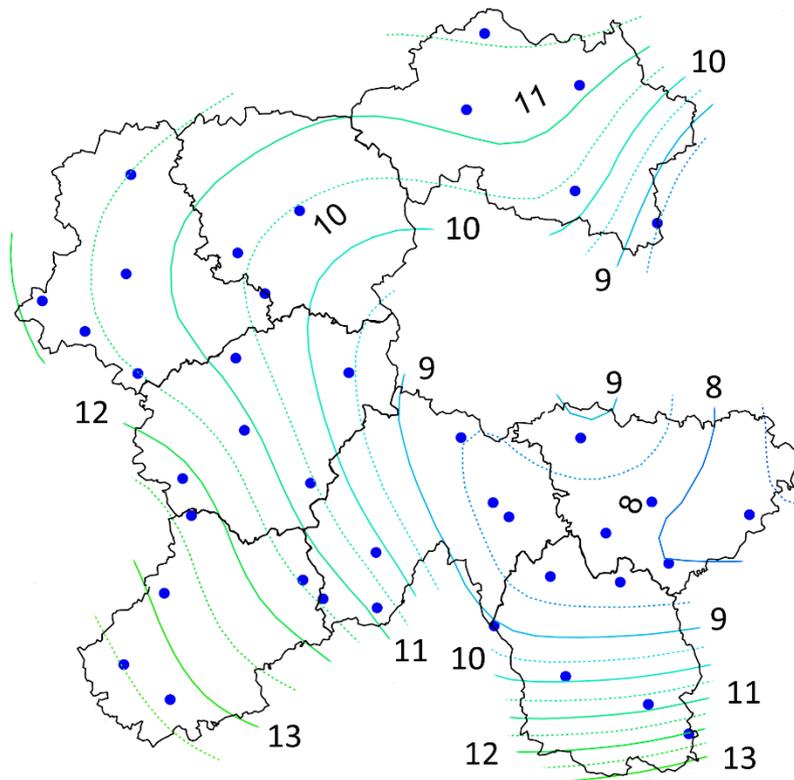


## Evolution température moyenne hiver.

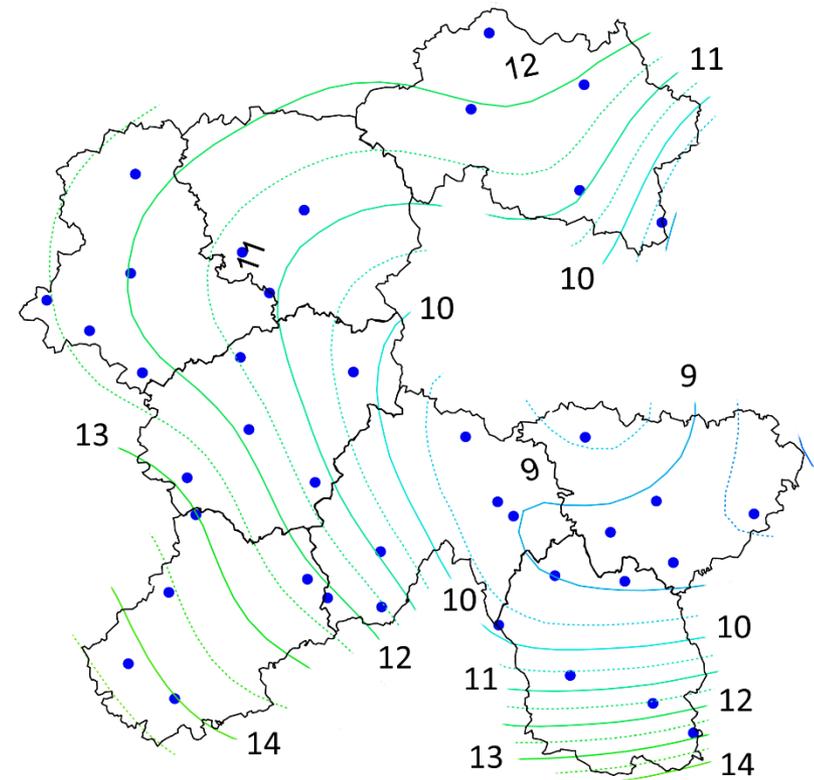
Tendance linéaire (1980-2015) en °C/siècle.



## Température moyenne annuelle en °C

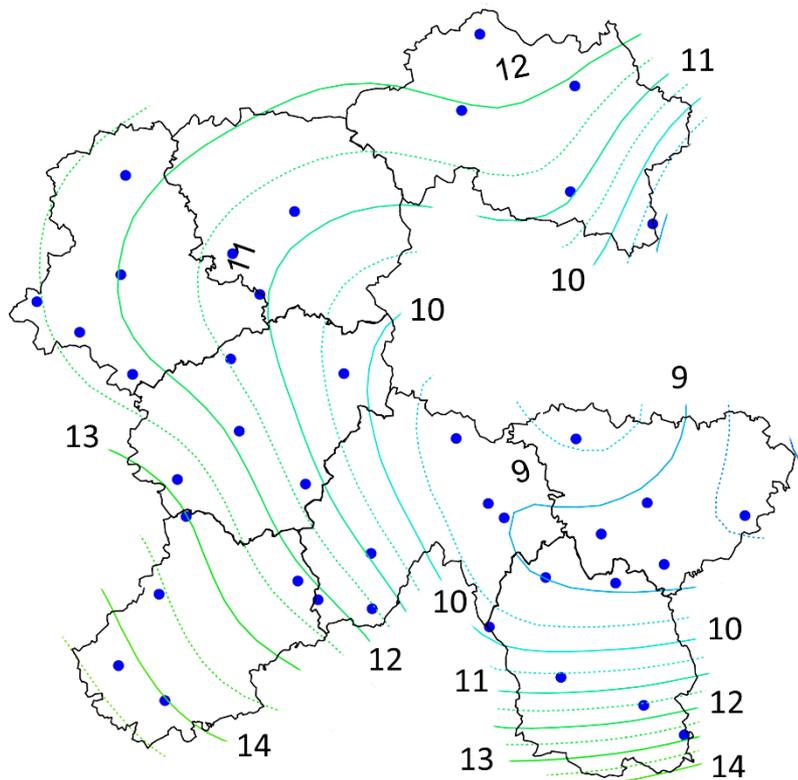


**Climat-type 2000**  
(~normale 1981-2010)

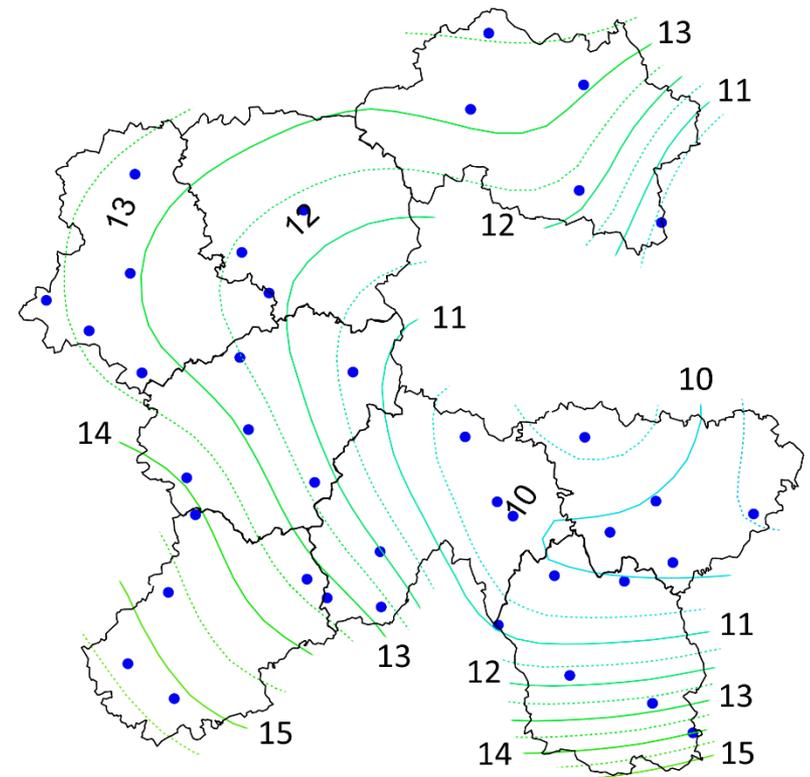


**Climat-type 2020**  
(Climat actuel)

## Température moyenne annuelle en °C

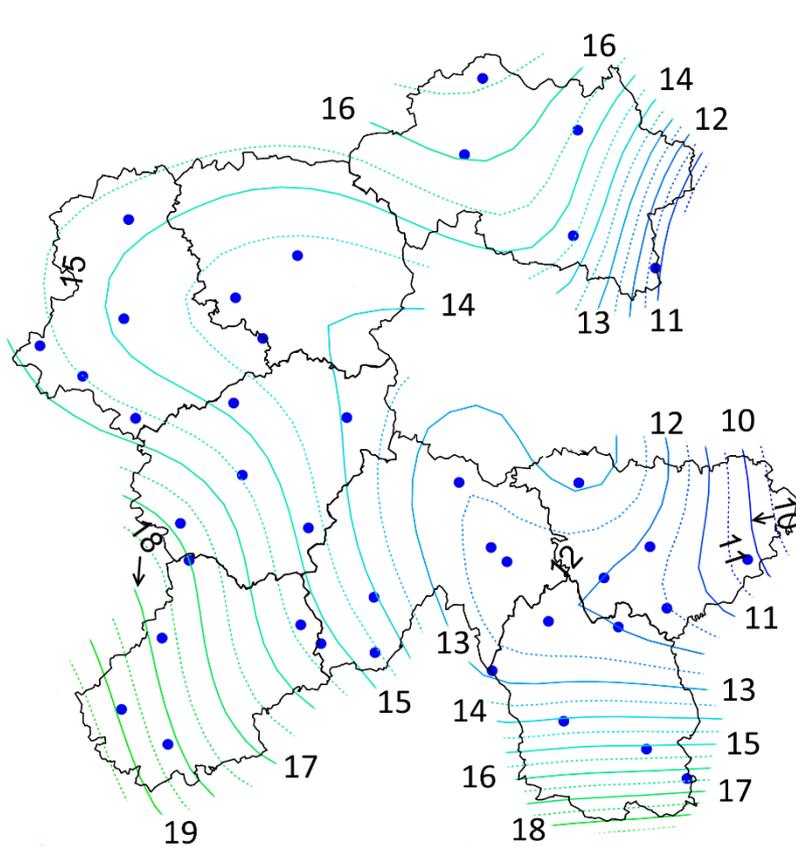


**Climat-type 2020**

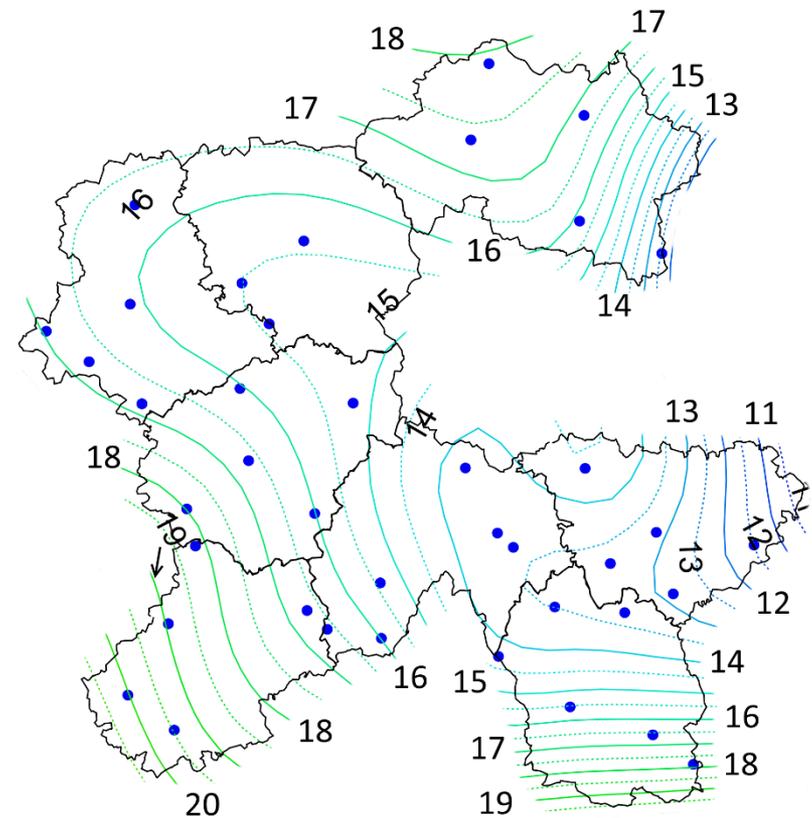


**Climat-type 2050**

## Moyenne des Tx du printemps en °C

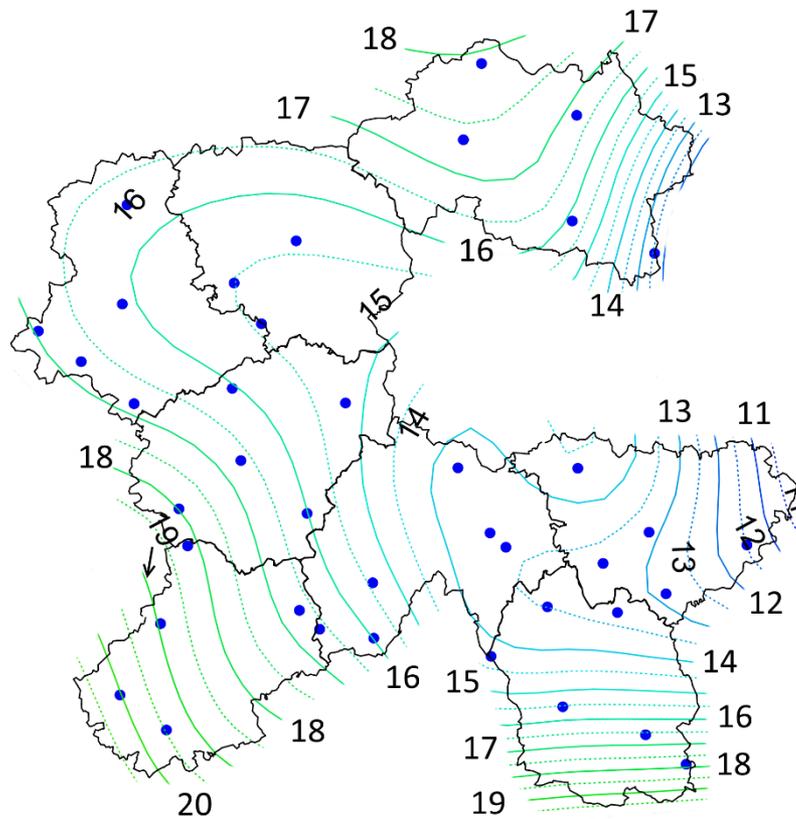


**Climat-type 2000**  
(~normale 1981-2010)

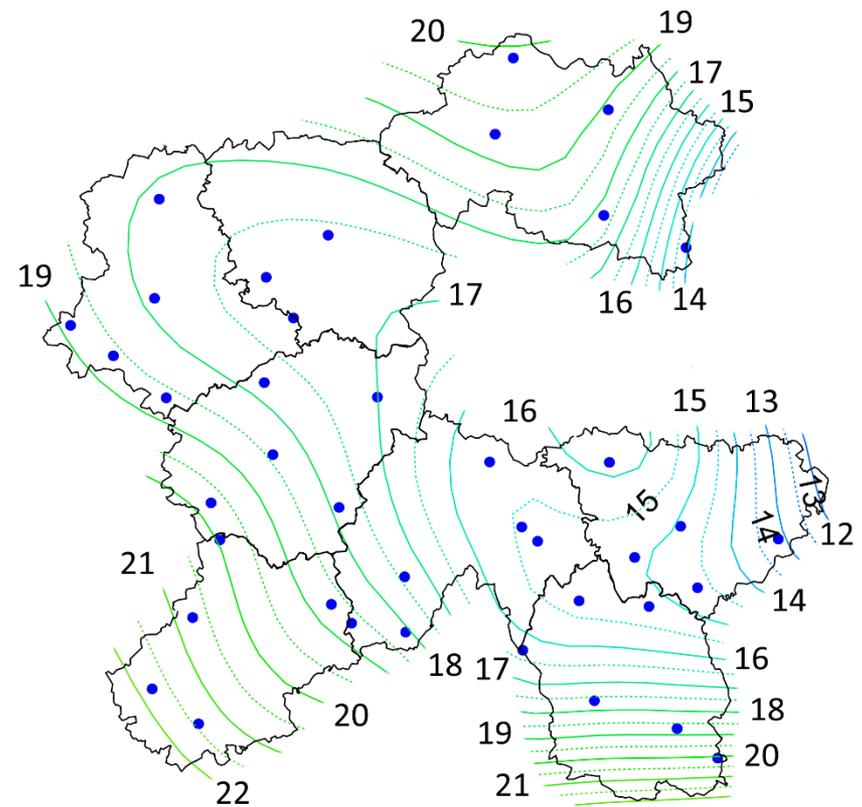


**Climat-type 2020**  
(Climat actuel)

## Moyenne des Tx du printemps en °C

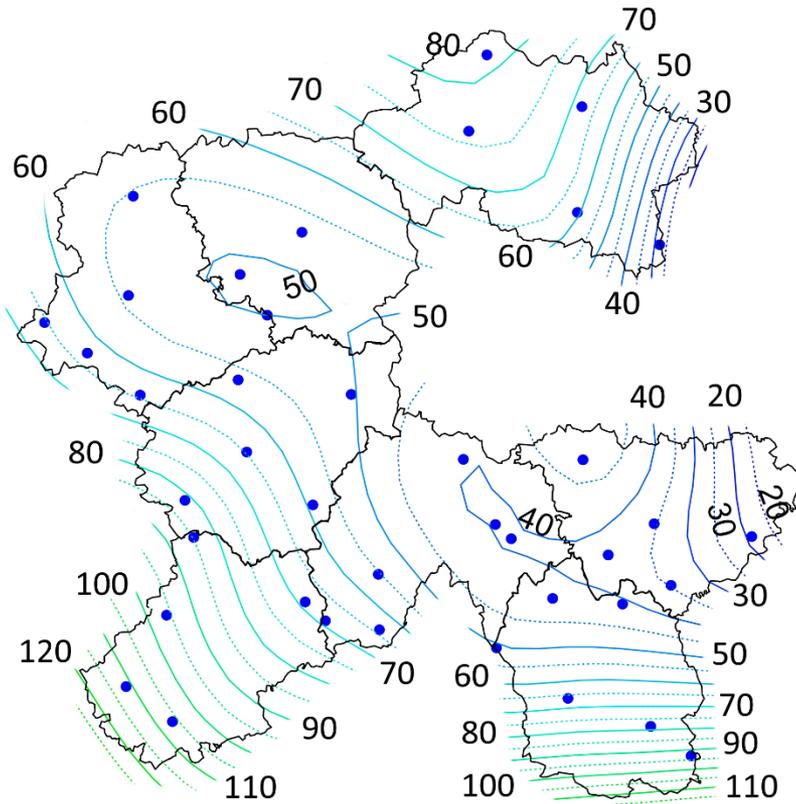


**Climat-type 2020**

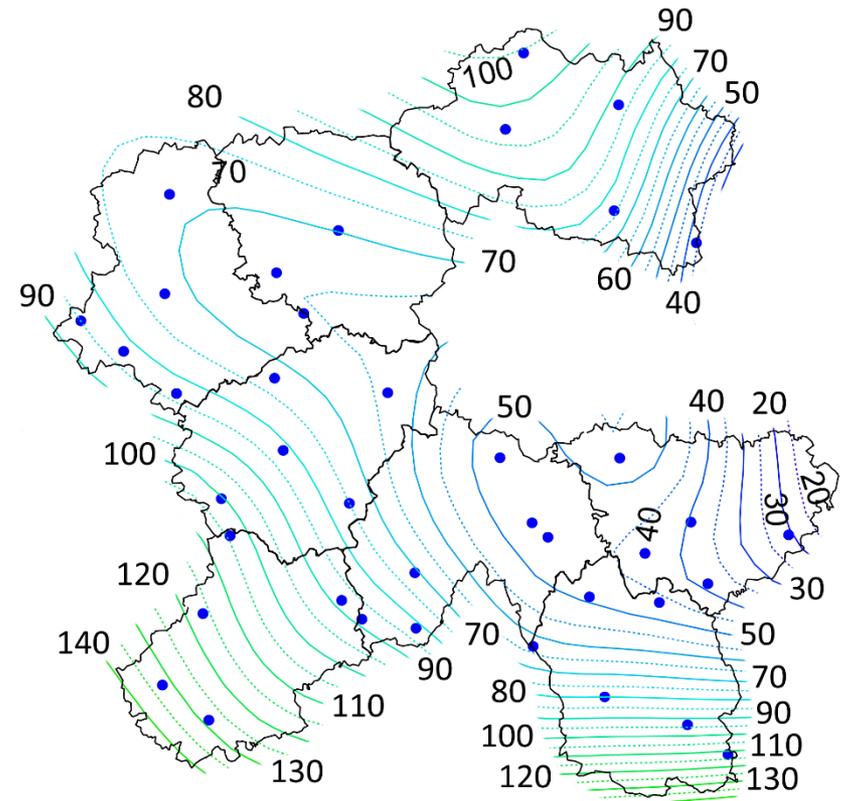


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours « chauds » avec $T_x \geq 25^\circ\text{C}$ , annuel

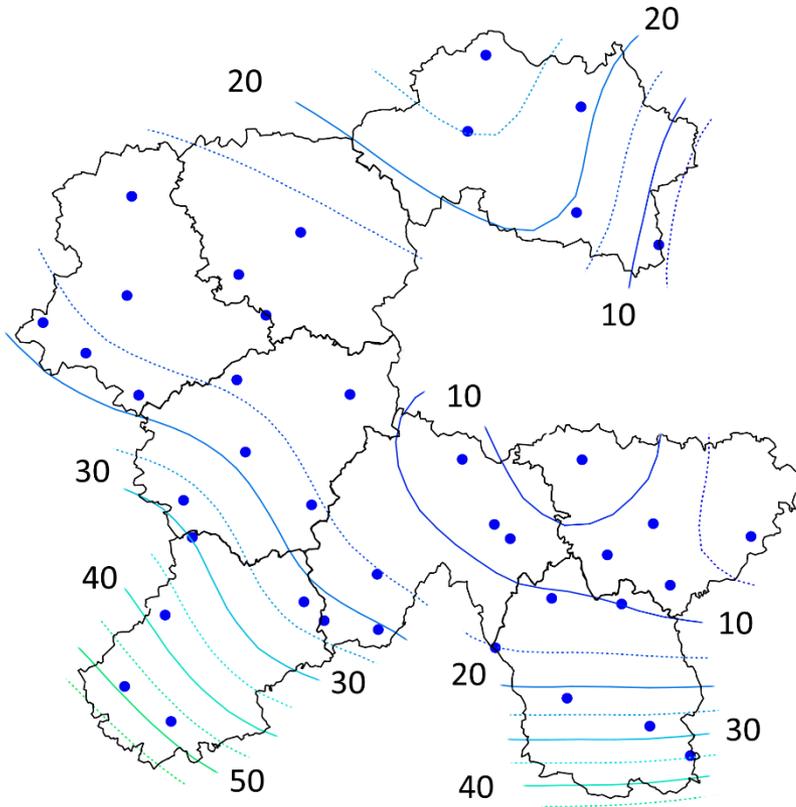


**Climat-type 2020**

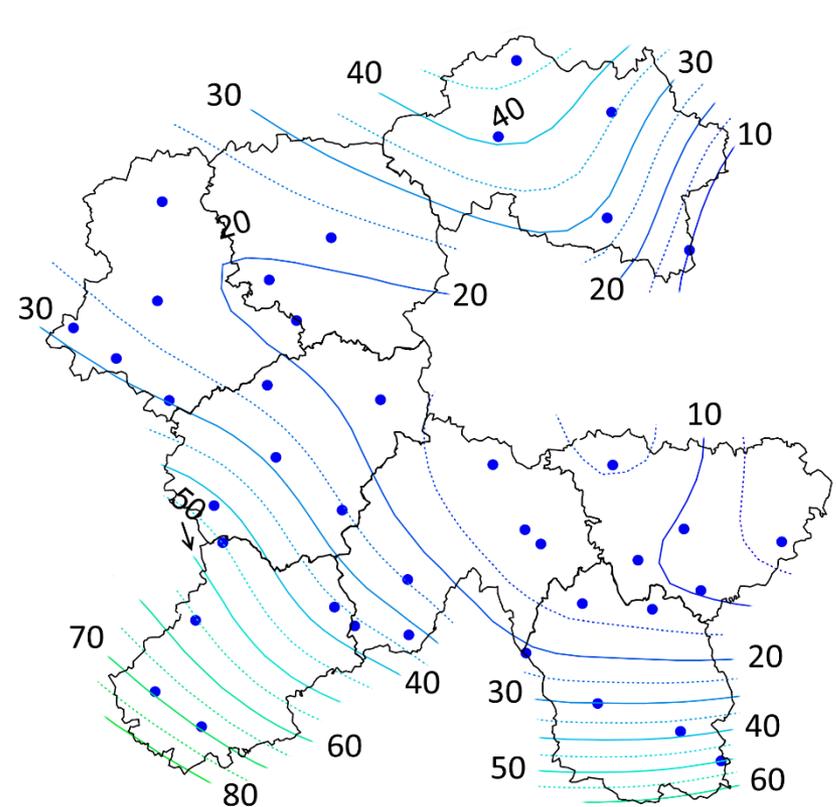


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours « très chauds » avec $T_x \geq 30^\circ\text{C}$ , annuel

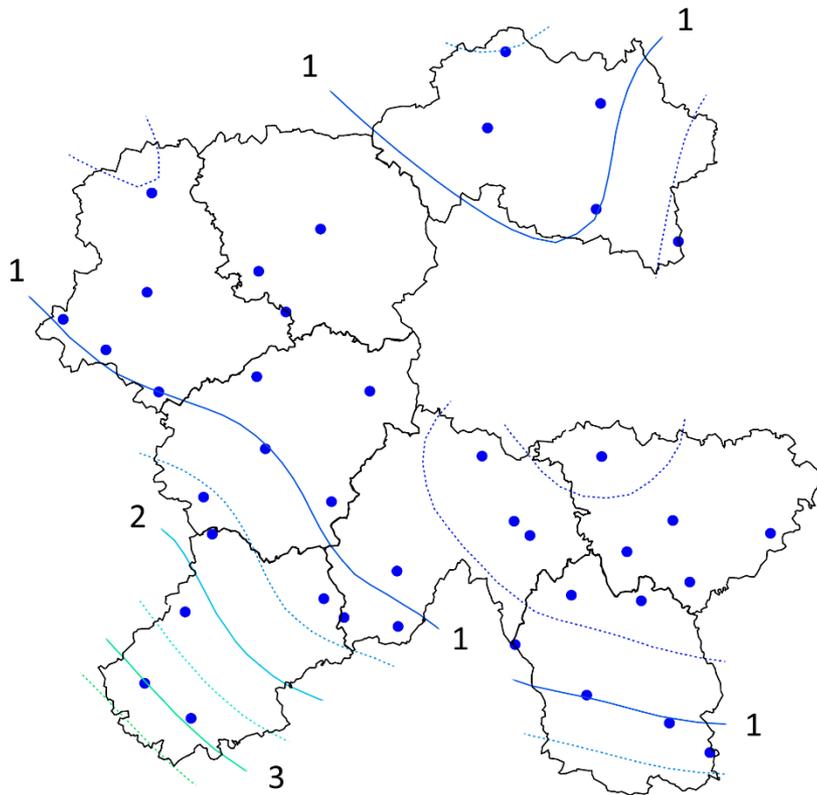


**Climat-type 2020**

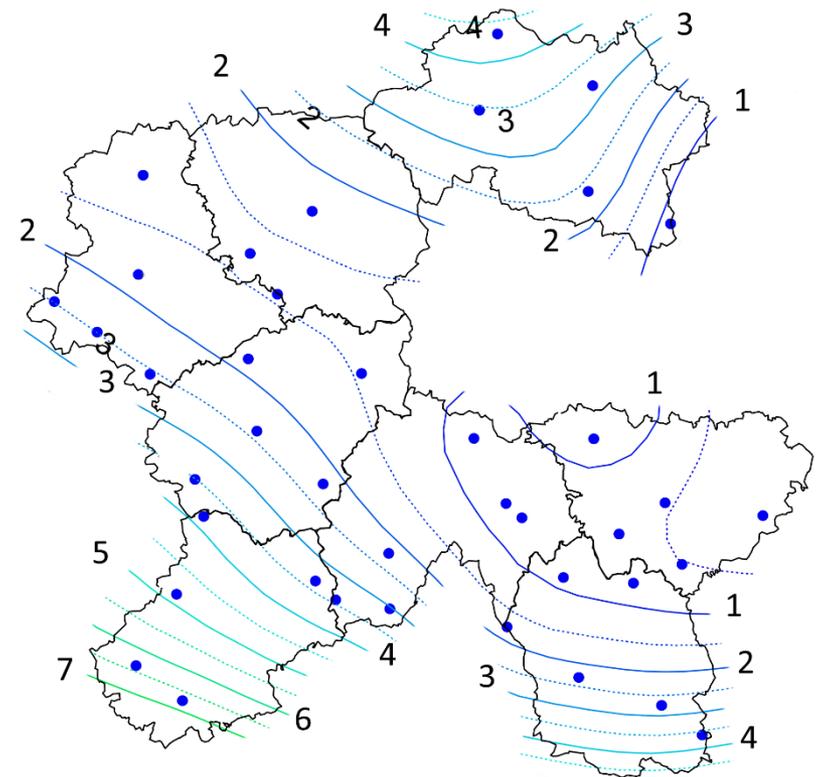


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours « très chauds » avec $T_x \geq 30^\circ\text{C}$ , mai

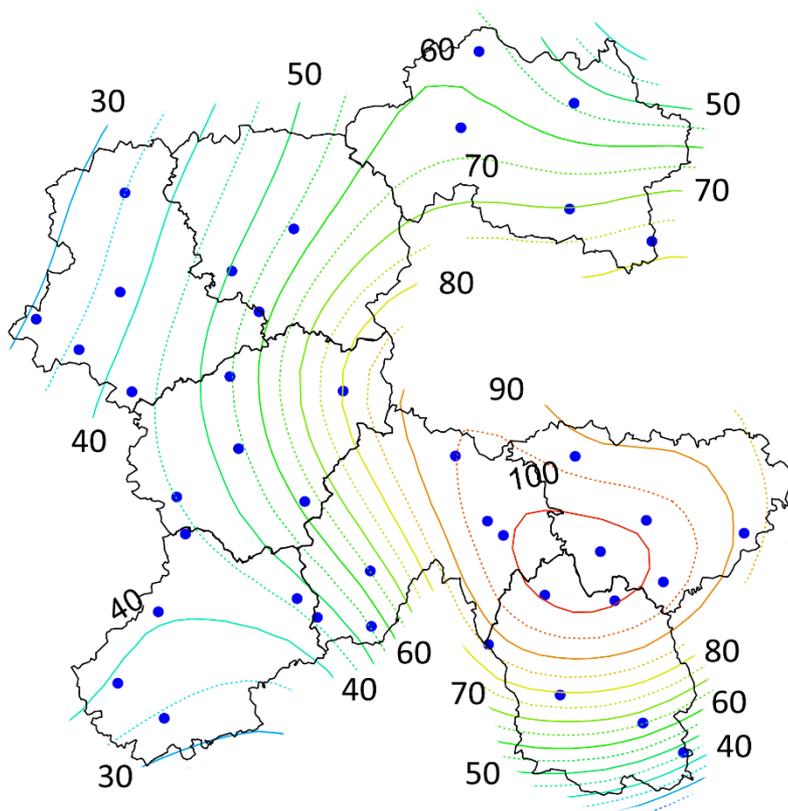


**Climat-type 2020**

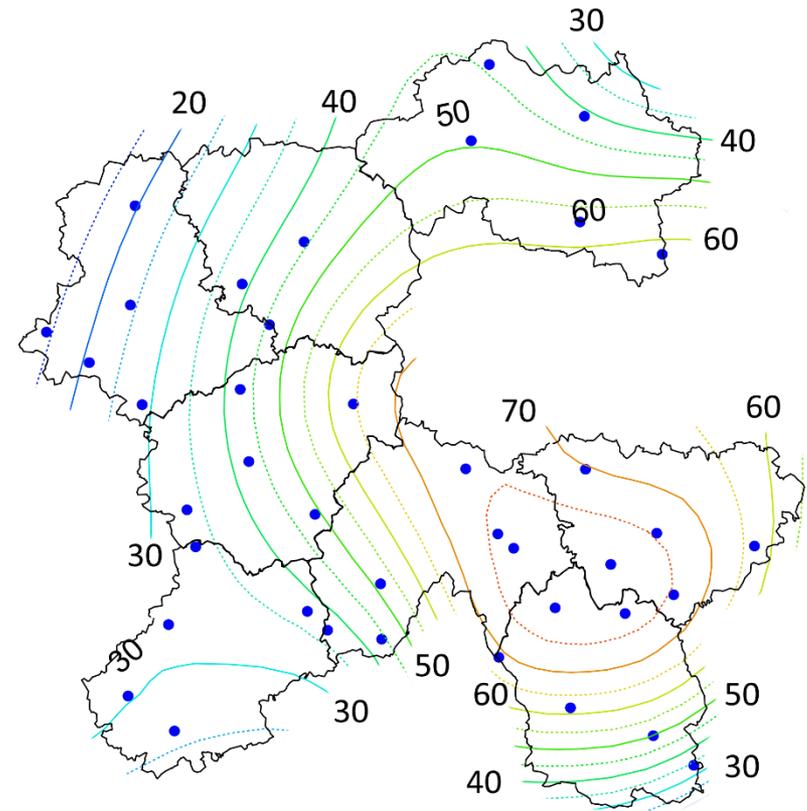


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours de gel ( $T_n < 0^\circ\text{C}$ ), annuel

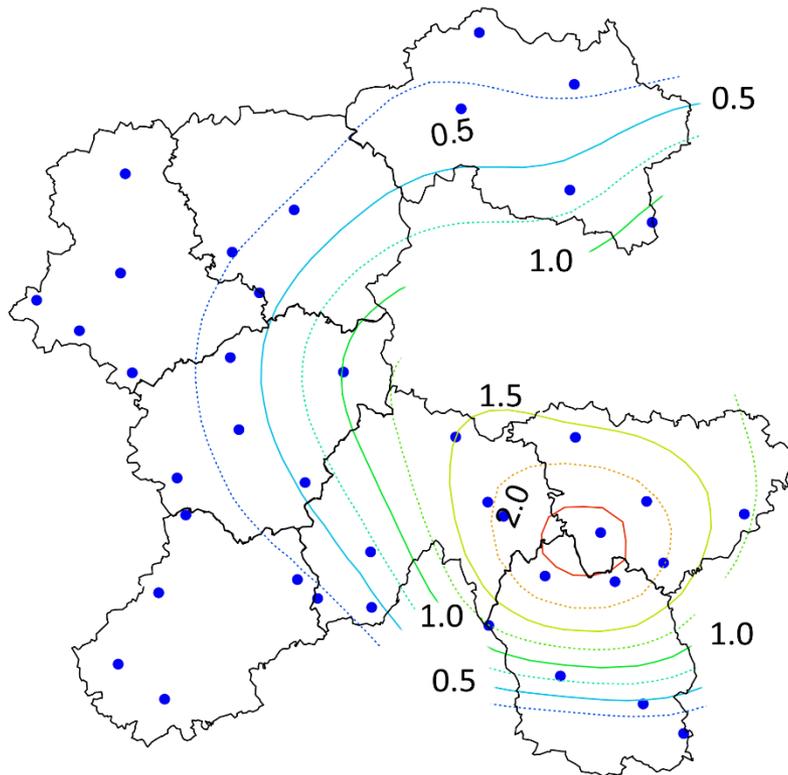


**Climat-type 2020**

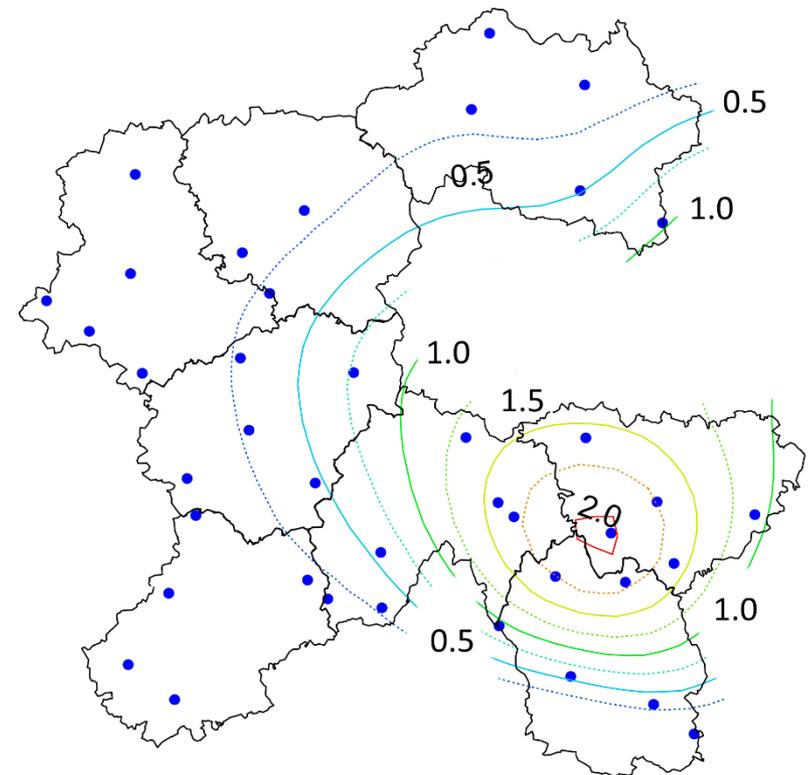


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours de gel ( $T_n < 0^\circ\text{C}$ ), mai

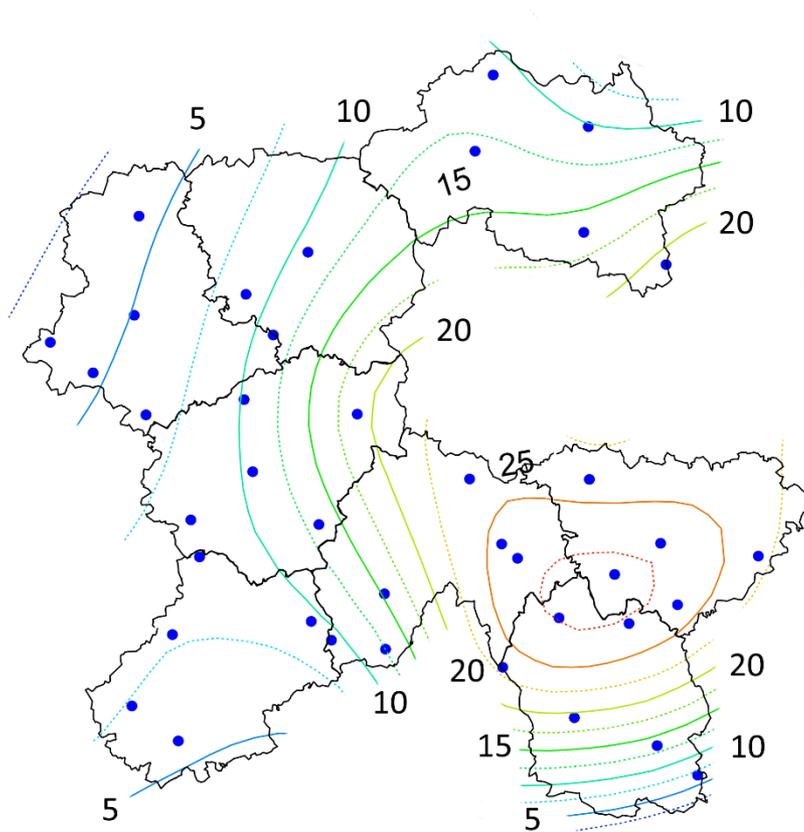


**Climat-type 2020**

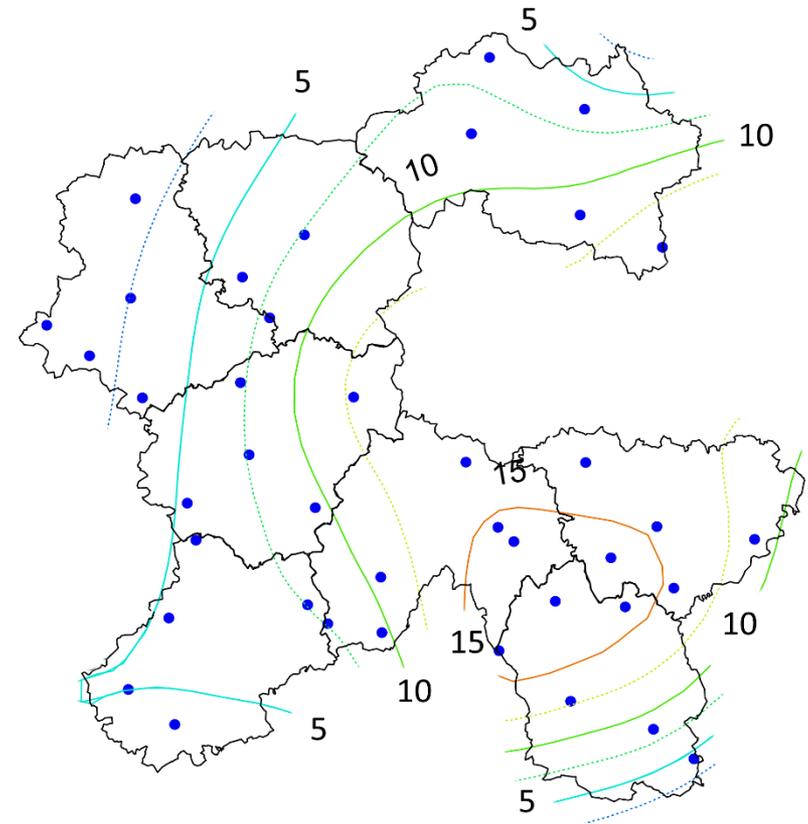


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours de gel fort ( $T_n < -5^\circ\text{C}$ ), annuel

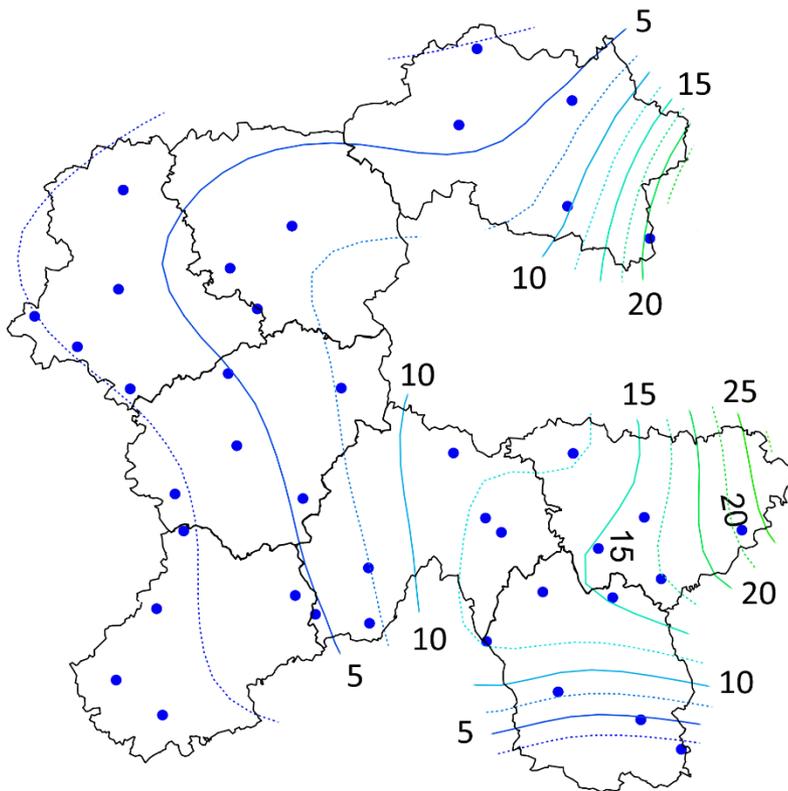


**Climat-type 2020**

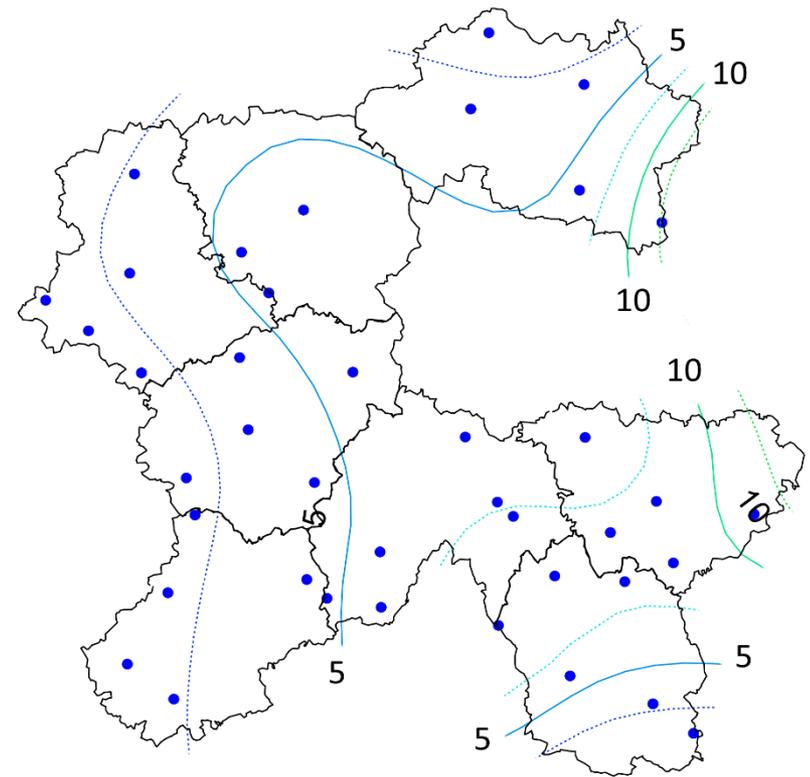


**Climat-type 2050**

## Nombre de jours sans dégel ( $T_x < 0^\circ\text{C}$ ), annuel



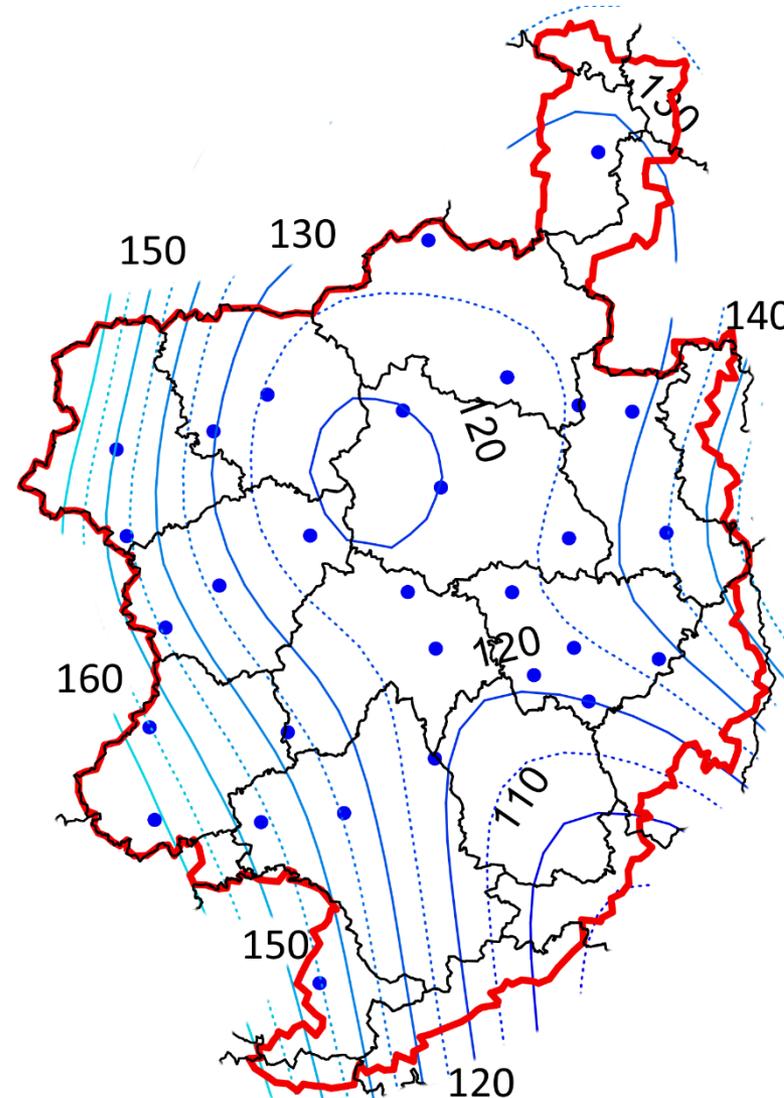
**Climat-type 2020**



**Climat-type 2050**

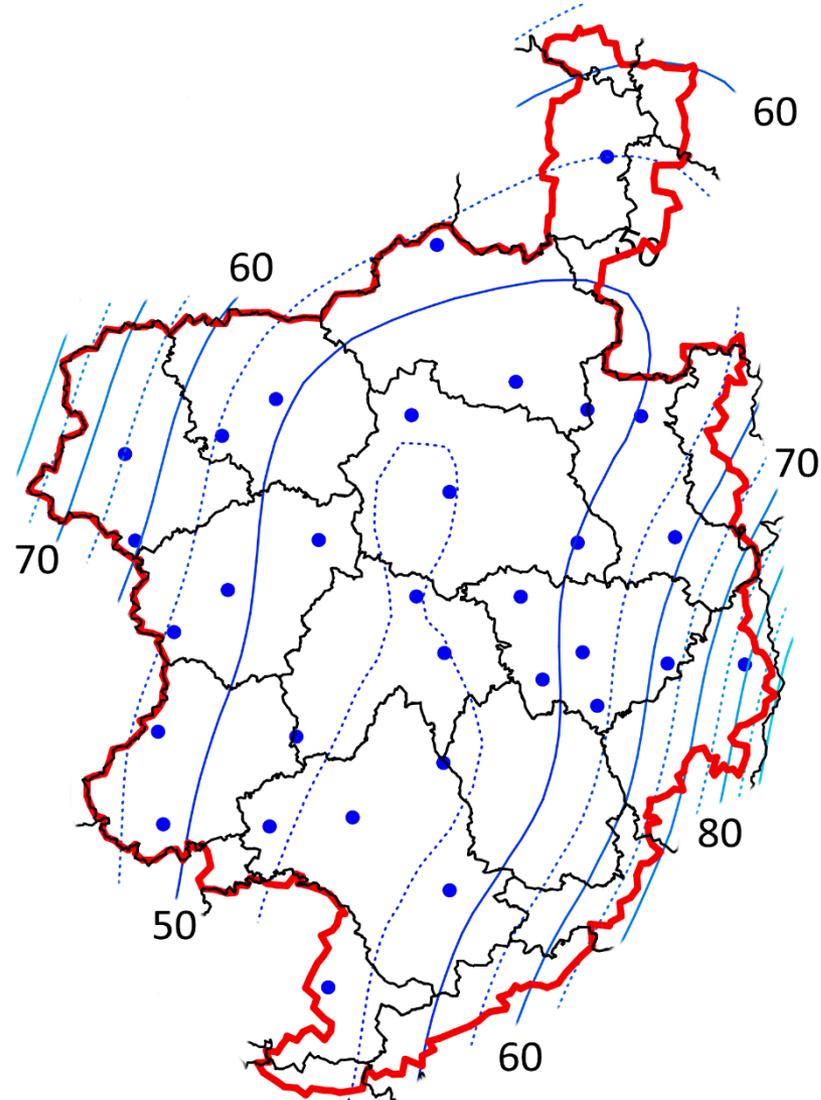
## Evolution ETP en cumul annuel.

Tendance linéaire (1980-2015) en mm/50ans.



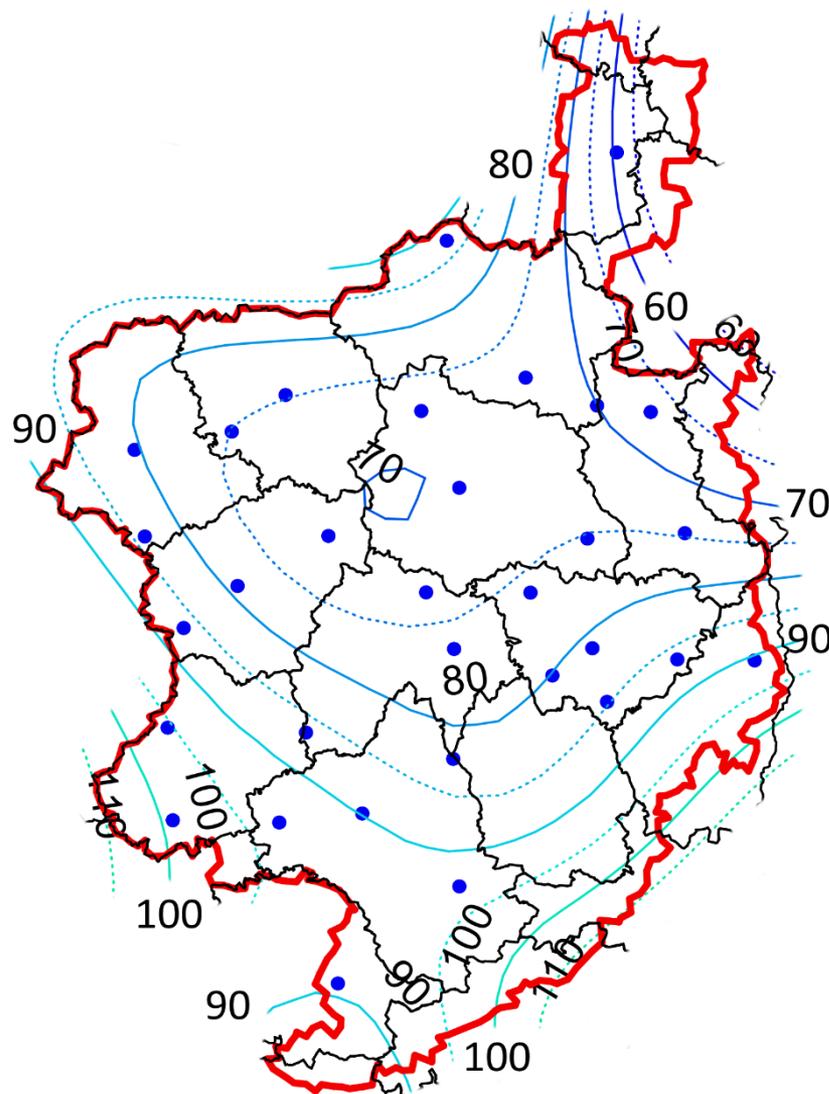
## Evolution ETP en cumul printemps.

Tendance linéaire  
(1980-2015) en mm/50ans.



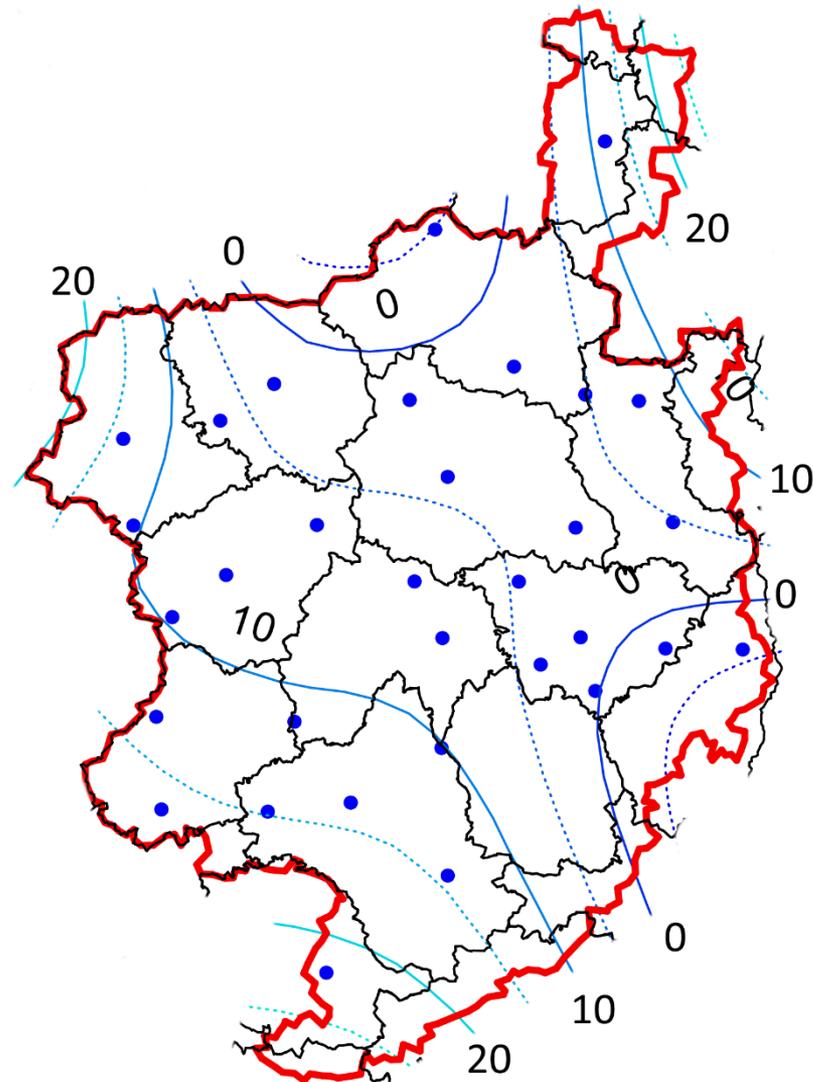
## Evolution ETP en cumul été.

Tendance linéaire  
(1980-2015) en mm/50ans.



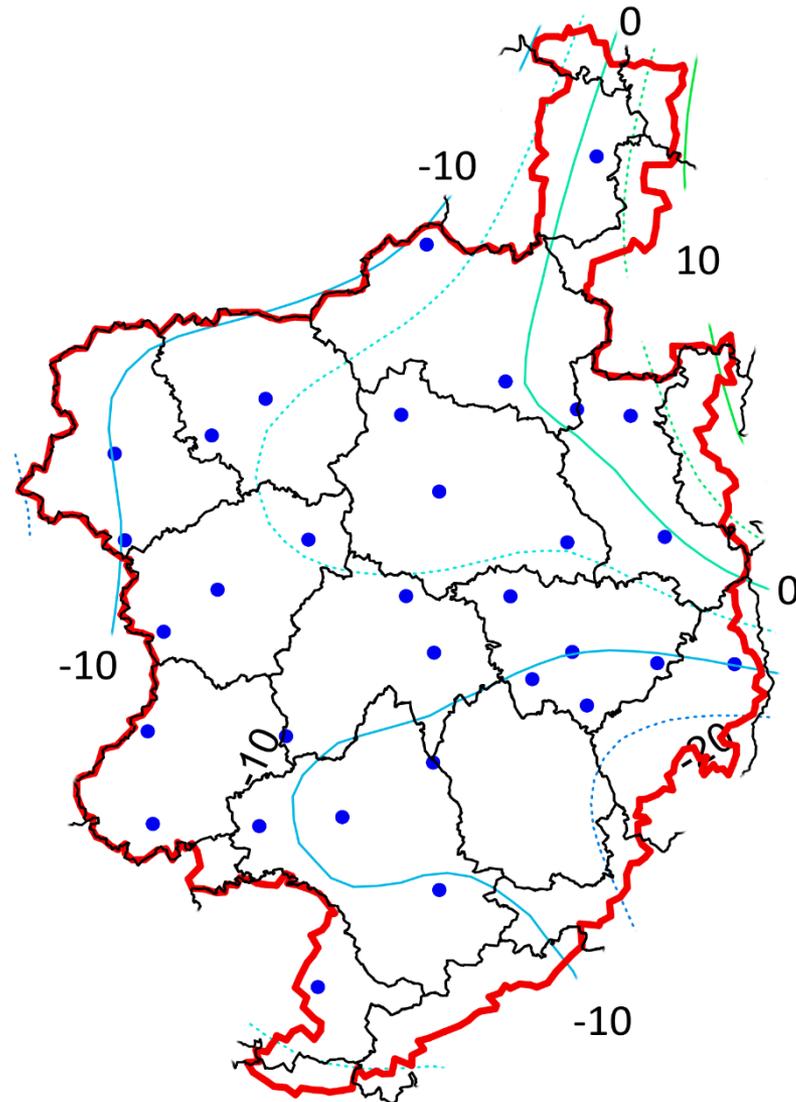
## Evolution ETP en cumul automne.

Tendance linéaire  
(1980-2015) en mm/50ans.



## Evolution ETP en cumul hiver.

Tendance linéaire  
(1980-2015) en mm/50ans.



## Cumuls ETP annuels, échéances 2000 à 2050, en mm

Stations \ Echéances	2000	2020	2030	2040	2050
Vichy-Charmeil (03)	800	860	889	921	952
Le Montat (46)	943	1010	1044	1077	1110
Landos-Charbon (43)	700	758	788	820	852

## Cumuls ETP Mai, échéances 2000 à 2050, en mm

Stations \ Echéances	2000	2020	2030	2040	2050
Vichy-Charmeil (03)	99	110	115	122	128
Le Montat (46)	118	129	135	141	147
Landos-Charbon (43)	85	97	102	109	114

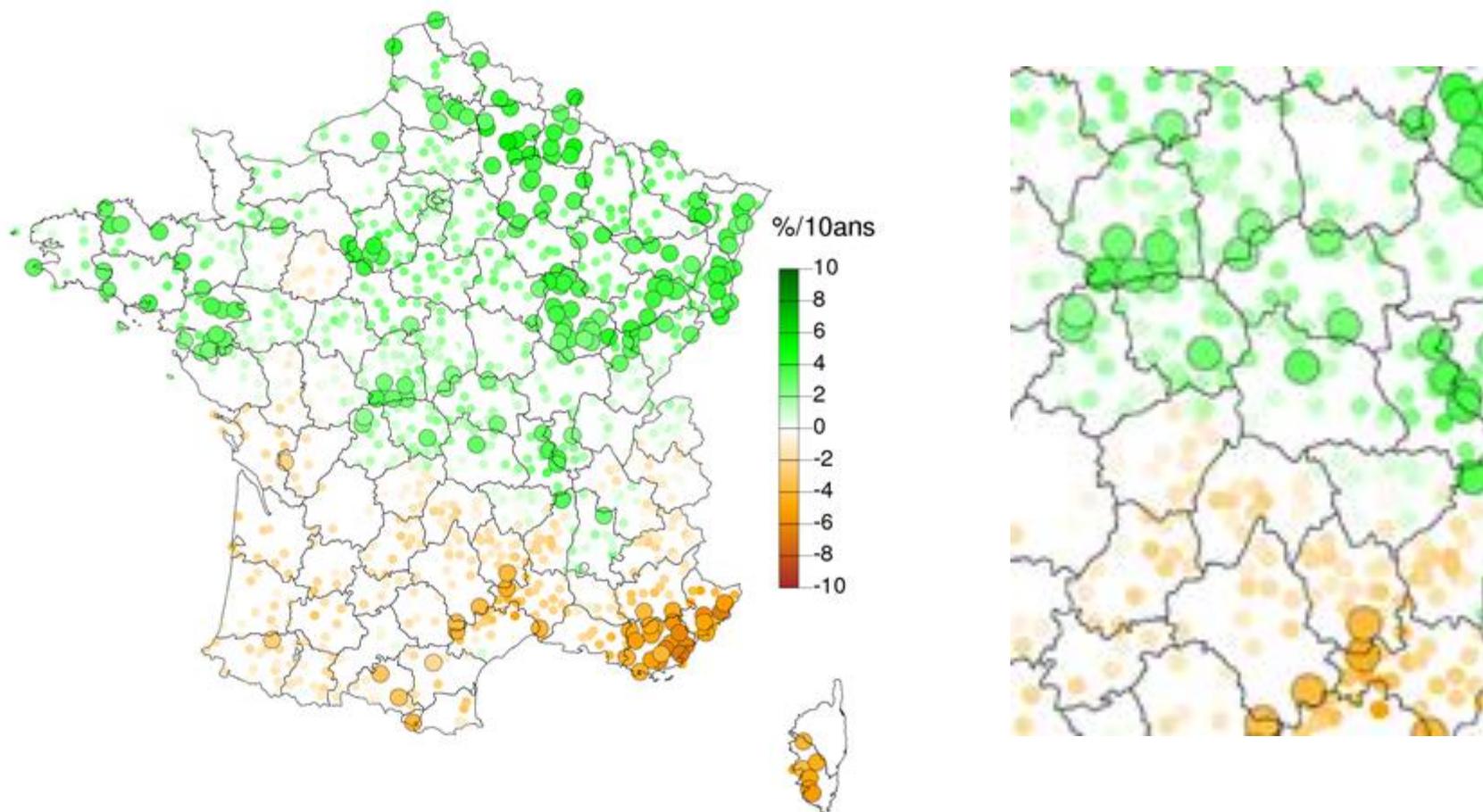
## Nb de jours avec ETP $\leq$ 1 mm, échéances 2000 à 2050

Stations \ Echéances	2000	2020	2030	2040	2050
Vichy-Charmeil (03)	107	104	102	102	100
Le Montat (46)	97	94	92	92	90
Landos-Charbon (43)	133	130	129	129	127

## Nb de jours avec ETP $\geq$ 5 mm, échéances 2000 à 2050

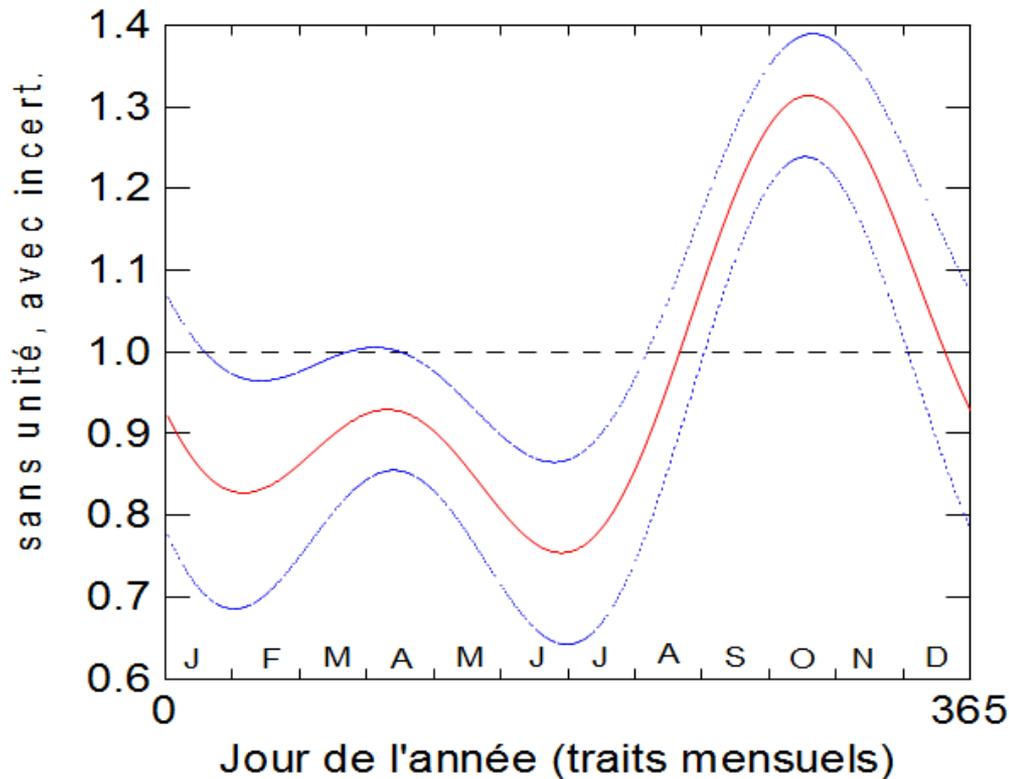
Stations \ Echéances	2000	2020	2030	2040	2050
Vichy-Charmeil (03)	19	30	35	41	47
Le Montat (46)	46	60	67	75	82
Landos-Charbon (43)	13	25	32	38	45

## Evolution du cumul annuel des précipitations 1959-2009



Source Météo-France, Direction de la Climatologie 2016

## Evolution du cumul saisonnier des précipitations Moyenne Creuse, rapport des « normales » à +30 ans



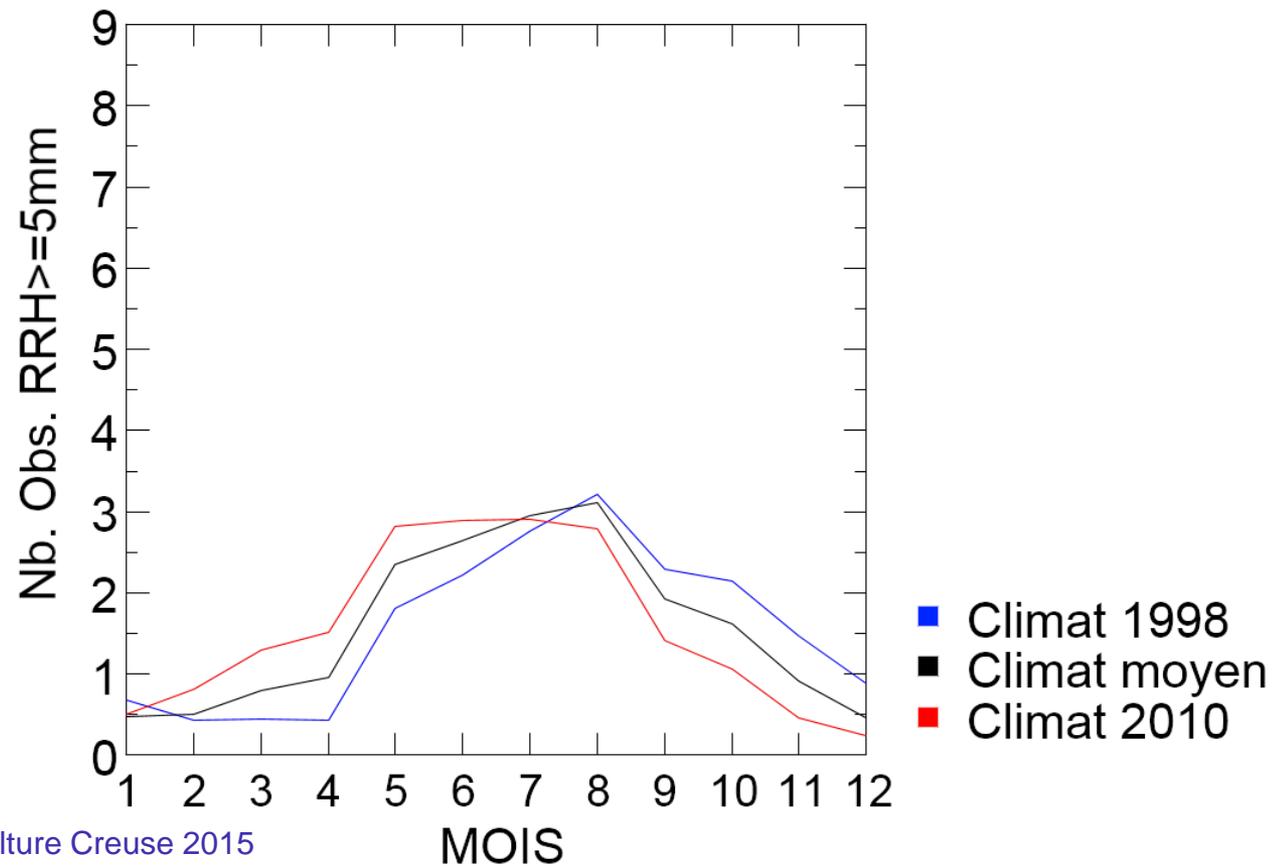
Lignes bleues : incertitude  
autour de la valeur centrale  
(ligne rouge)

Evolution annuelle :  
**-3,5% ( $\pm 3\%$ )**

## Evolution des dépassements de seuils de précipitations quotidiennes, station de Gentioux (Creuse, alt. 780m)

Param. → Climat ↓	Cumul RR en mm	Nb. Jours RR ≥ 20mm	Nb. Jours RR ≥ 50mm	Nb. Jours RR ≥ 80mm
<b>Observé (1980-2010)</b>	1457	18,5	1,23	0,161
<b>Simulé (1980-2010)</b>	1500	19,2	1,54	0,152
<b>Simulé 2040</b>	1530	19,9	1,79	0,195
<b>Evolution 2040/(1980-2010)</b>	<b>+2%</b>	<b>+4%</b>	<b>+16%</b>	<b>+28%</b>

## Evolution des précipitations horaires intenses Moyenne Creuse (1998-2010), seuil 5mm/h



Source Chambre Agriculture Creuse 2015

- Vos questions sur les évolutions climatiques en cours dans le Massif central ?

- Quelles implications, de toutes ces informations, en tant que citoyen, élu local, agriculteur...?
  
- Vous avez la parole!



*Merci de votre attention et de votre participation*



**La Région**  
Auvergne-Rhône-Alpes



RÉGION  
**Nouvelle-Aquitaine**



Avec la contribution financière  
du compte d'affectation spéciale  
«développement agricole et rural»