

---

# Changement climatique et agriculture.

## Évolutions récentes et impacts futurs

---

Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri  
US Agroclim

INRA PACA

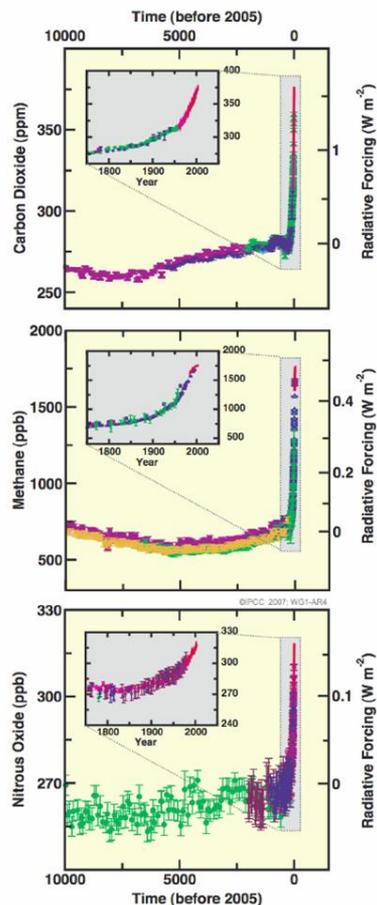
29/01/2015

---

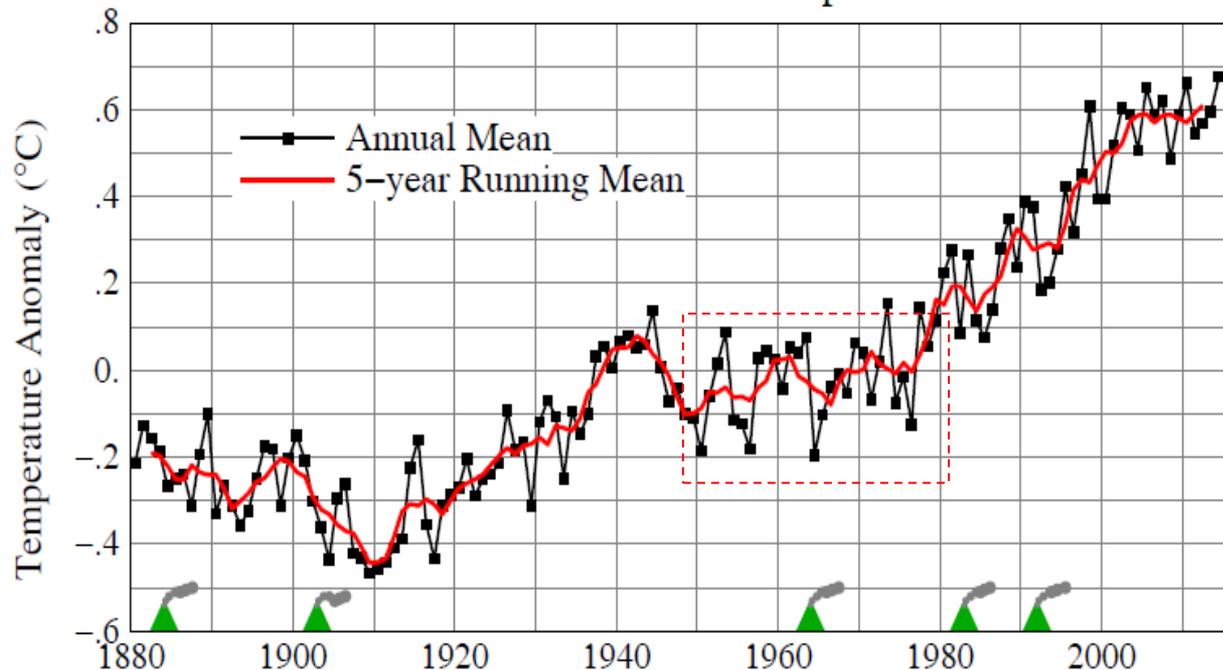
# Quelques informations sur le changement climatique ...

# Importants changements de la température et des émissions des GES

Changes in Greenhouse Gases from ice-Core and Modern Data



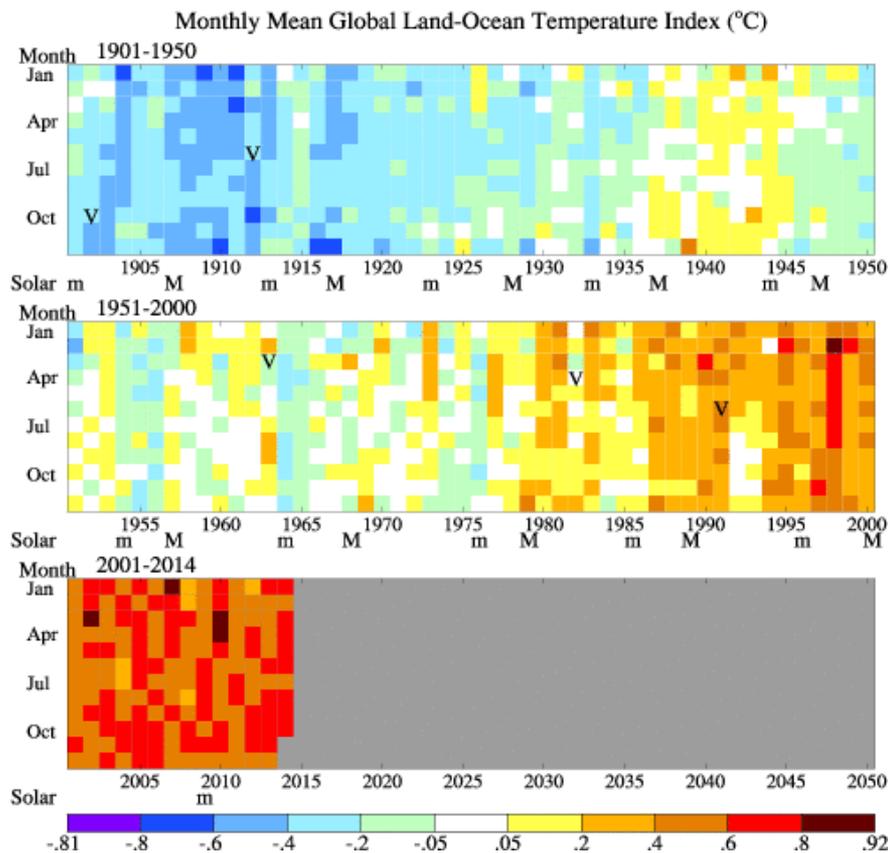
Global Land–Ocean Temperature



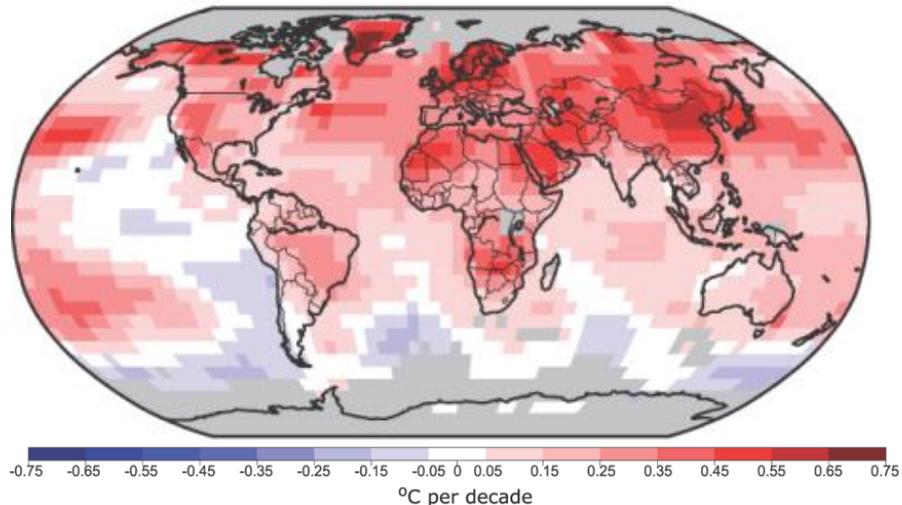
**2014**, 2010, 2005, 2007, 1998, 2009, 2011, 2002, 2003, 2006, 2012, 2004, 2001, 2008, 1997, 1995, 1990, 1991, 2000...

# Quelques infos sur le Changement Climatique:

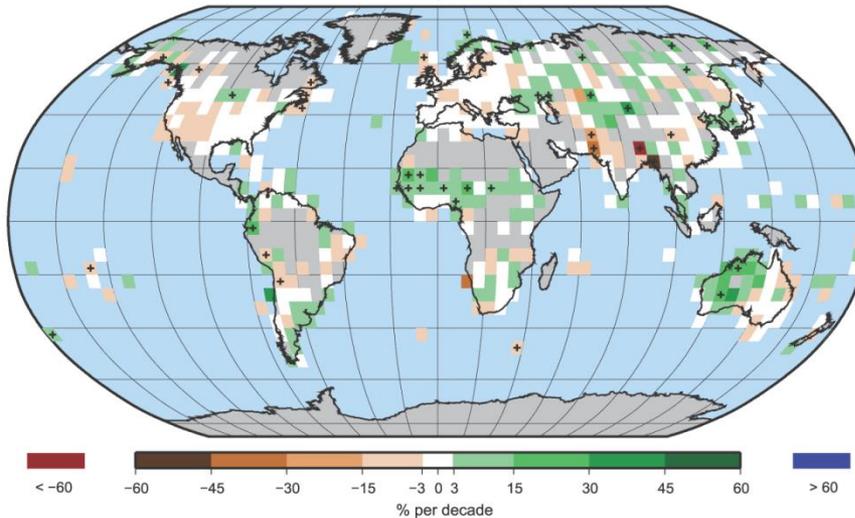
# Changements de la distribution



Trend in Annual Surface Temperature, 1979 to 2005



Trend in Annual Precipitation, 1979 to 2005



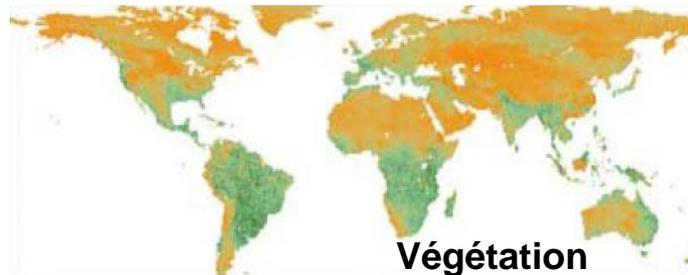
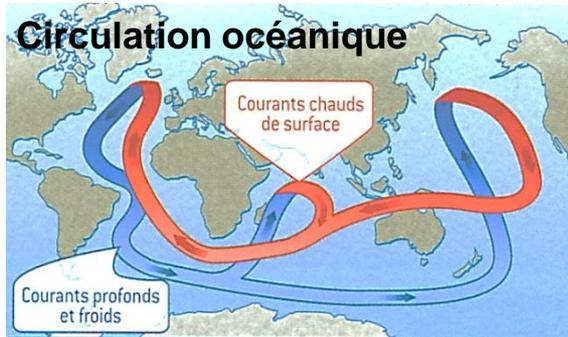
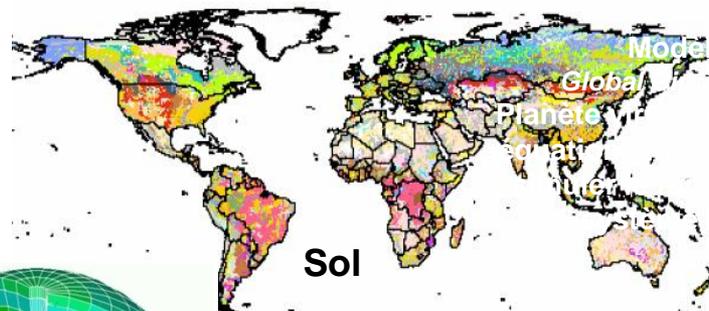
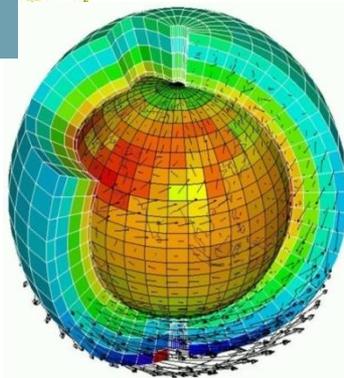
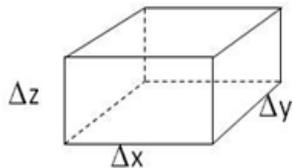
IPCC Report 2007

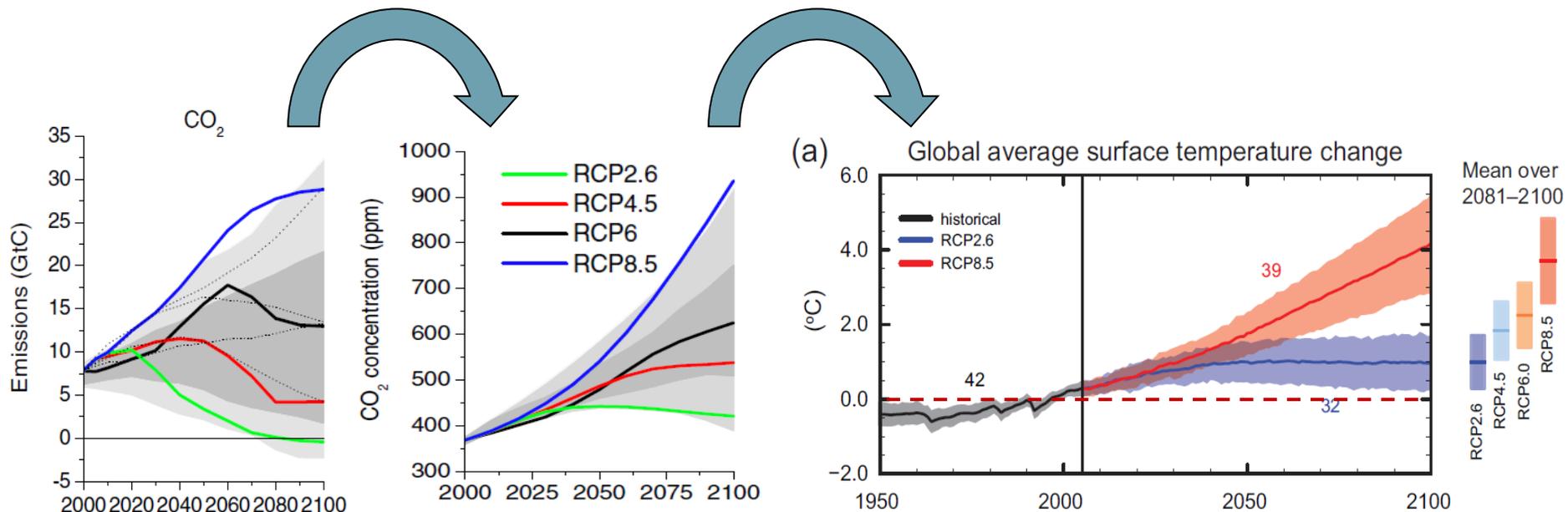




Résol Horiz  
100 x 100 km

maille



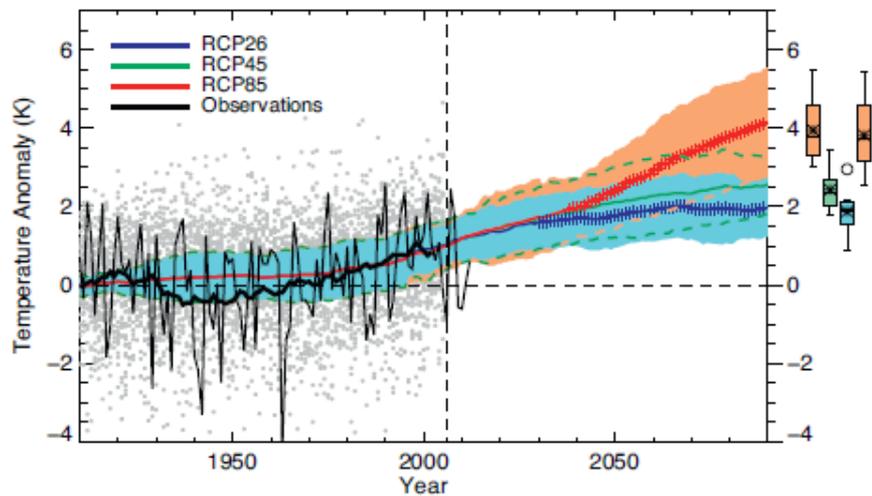


IPCC Report 2007 - 2013

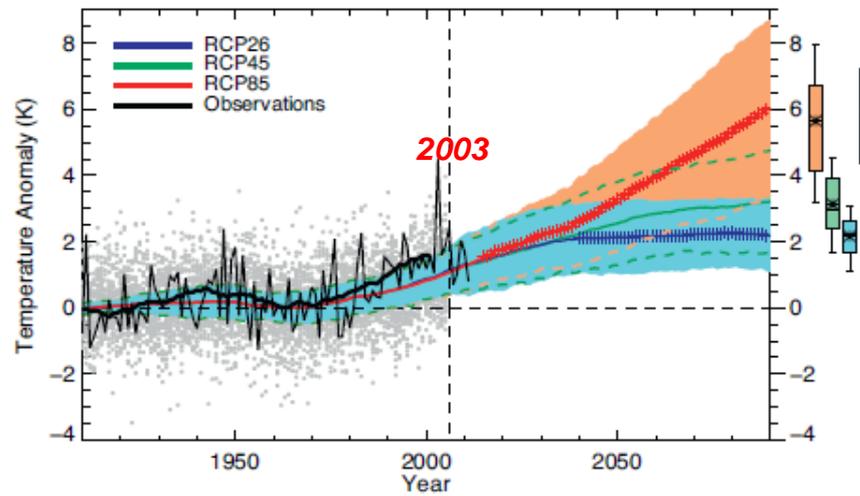


Différents scénarios selon différents politiques globales!  
Forte inertie du système!

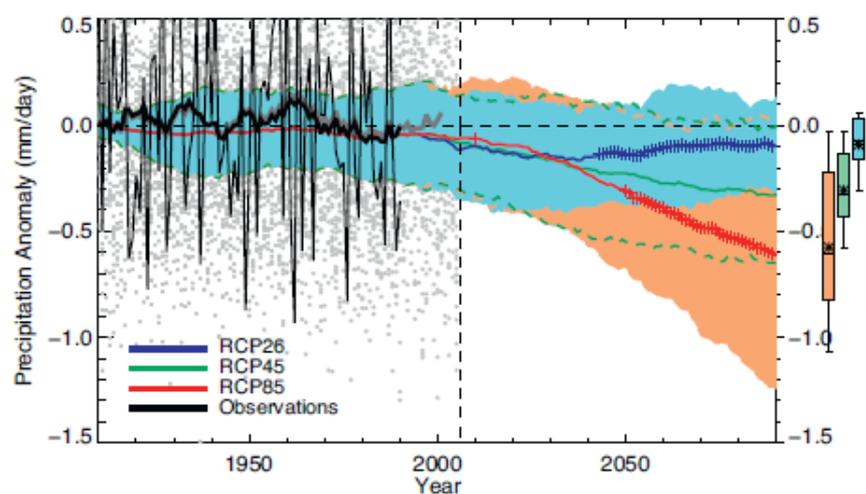
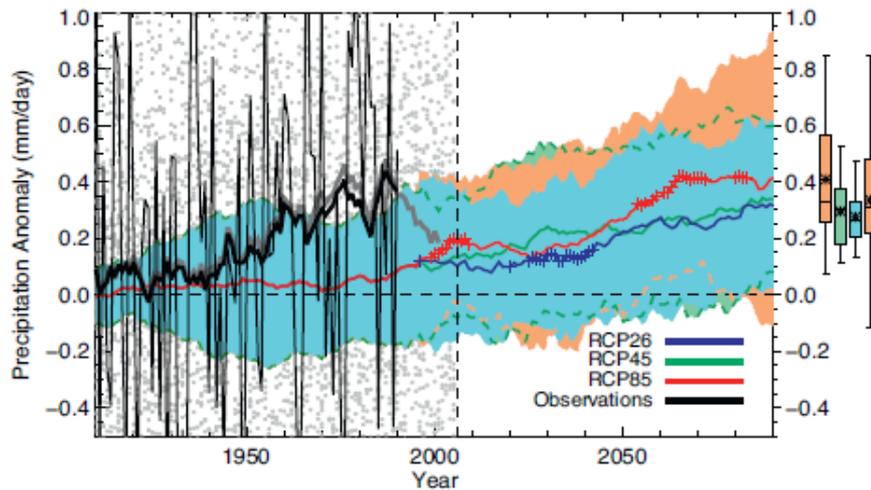
## Température *hiver*



## été



## Pluviométrie



(Terray et Boé, 2013)

Augmentation des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC...)



Augmentation des températures et changement de la pluviométrie



Pas de la même façon ni avec la même intensité dans chaque région

## Projections futures



Forte augmentation de la température

Pluie : forte variabilité spatiale et régionale

Evenements Extrêmes



Pas les mêmes tendances partout

Incertitudes

---

**Un peu de biologie...**

**Quels impacts sur les plantes?**

## Effet de la Température

Deux processus biologiques principaux contrôlés...

- Développement - Phénologie : levée, débourrement, floraison, véraison...



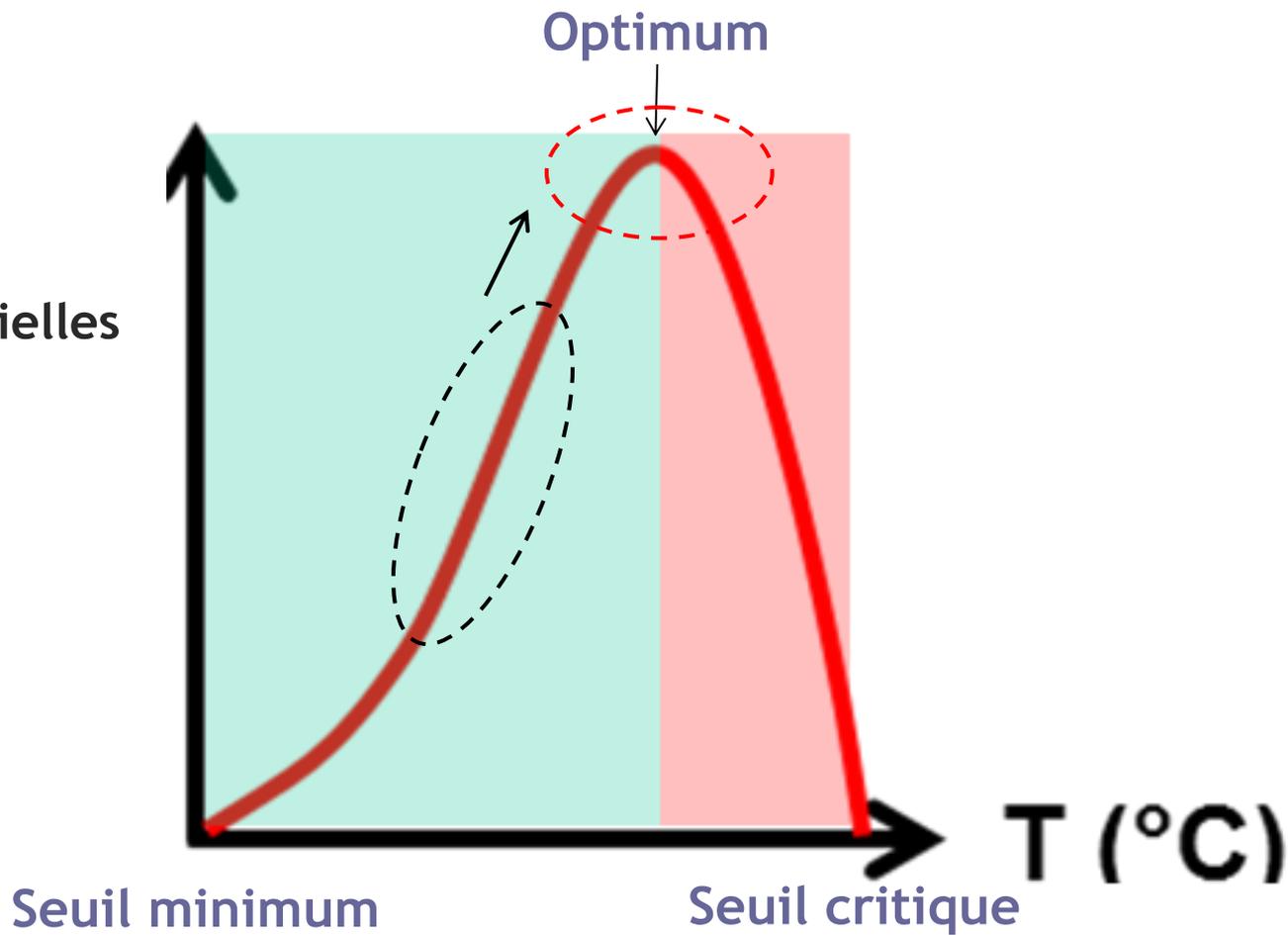
- Photosynthèse - Croissance: biomasse, production, réserves



## Effet de la Température

*Et si l'on augmente la température?*

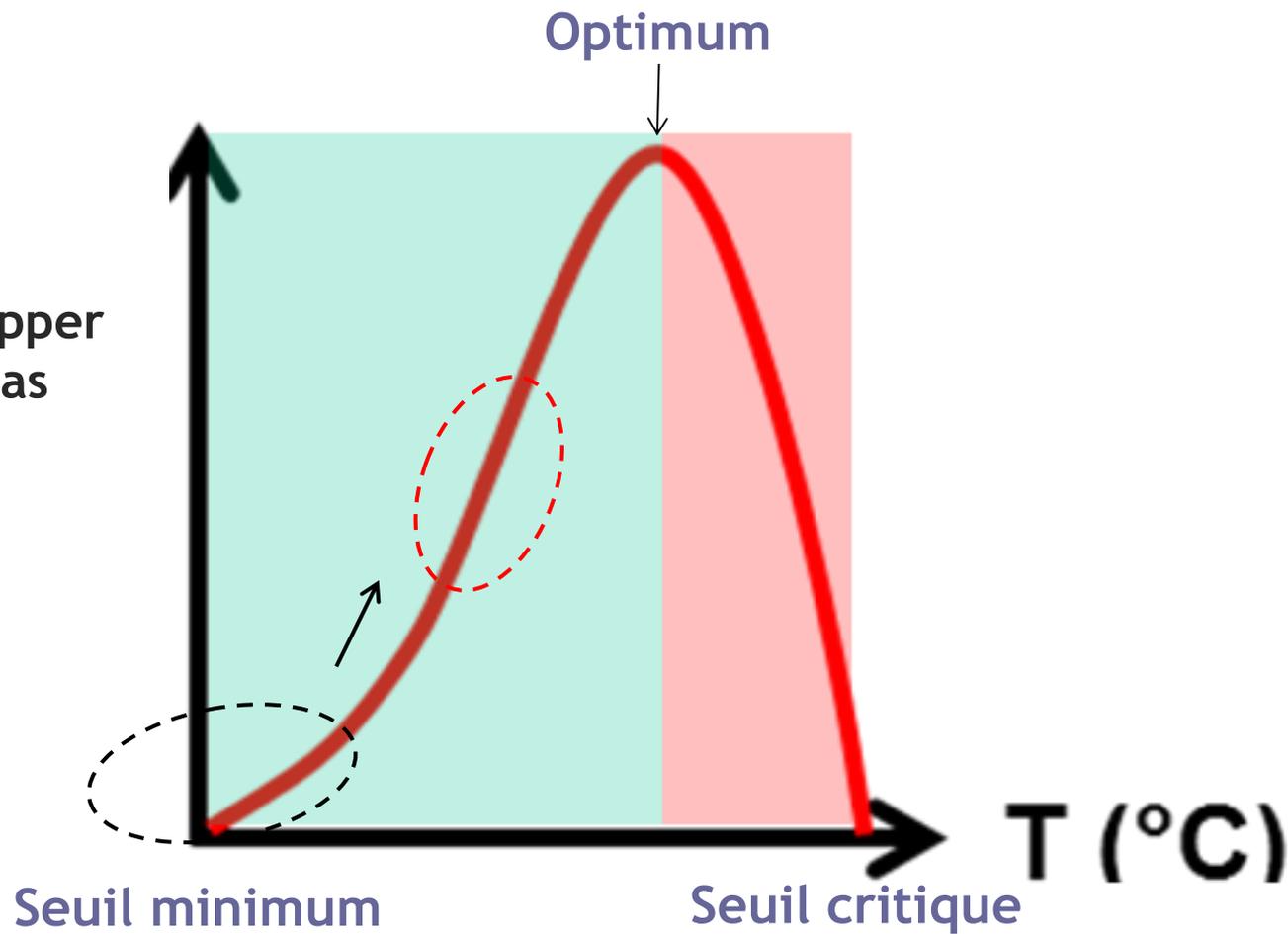
Dans certains cas  
on va vers les  
conditions potentielles  
de croissance et  
développement



## Effet de la Température

*Et si l'on augmente la température?*

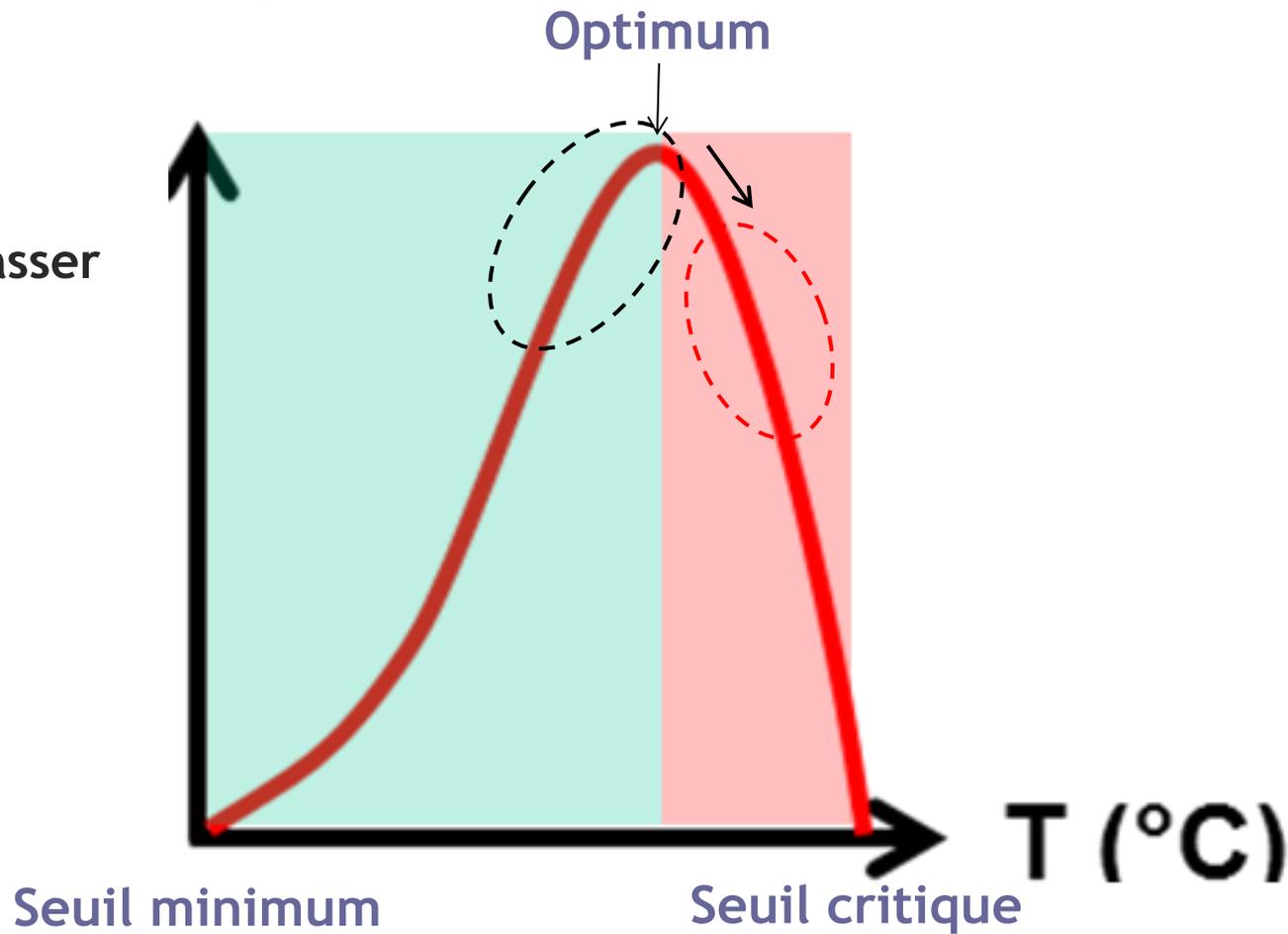
Dans certains cas  
les espèces vont  
pouvoir se développer  
où avant n'était pas  
possible



## Effet de la Température

*Et si l'on augmente la température?*

Enfin, certaines espèces vont dépasser leur optimum de croissance et/ou développement



## Effet de la Température

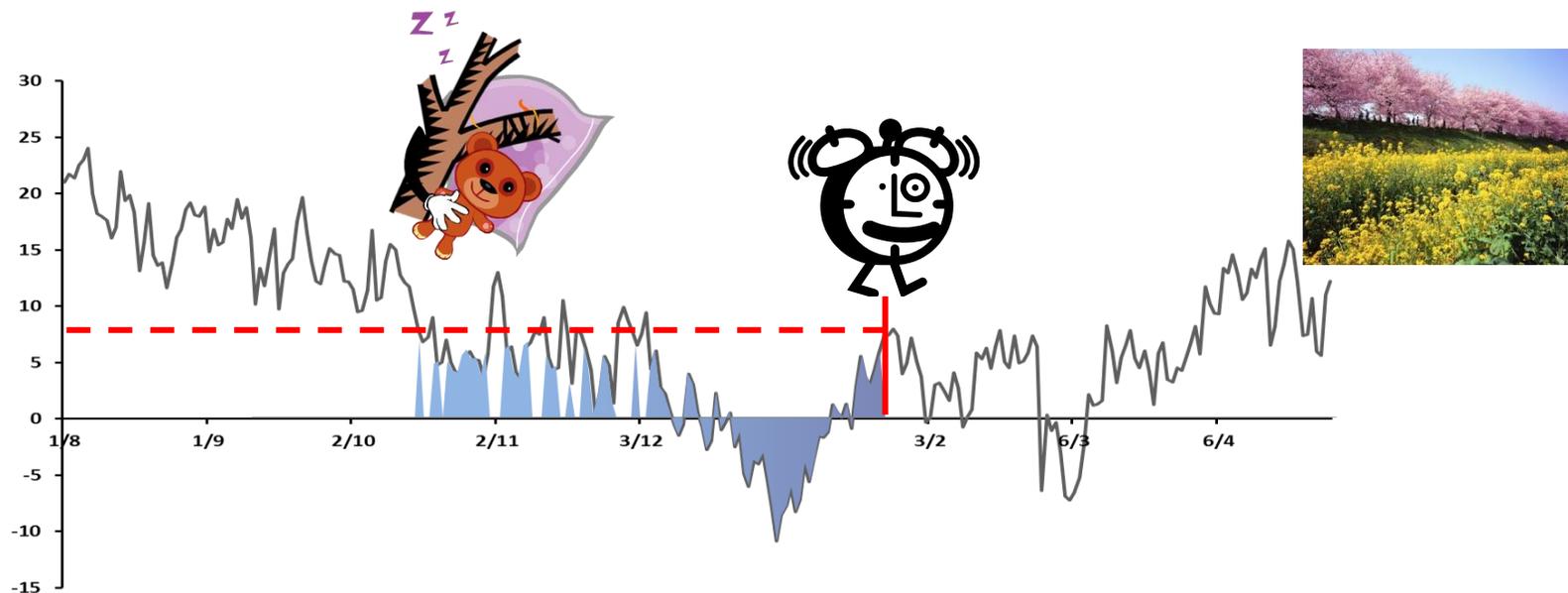
### Rôle des températures en Hiver → Besoins en froid

- **Lever la dormance (pérennes)** : échapper des périodes froides de l'hiver. Nécessaire pour le débourrement et la floraison.

## Effet de la Température

### Rôle des températures en Hiver → Besoins en froid

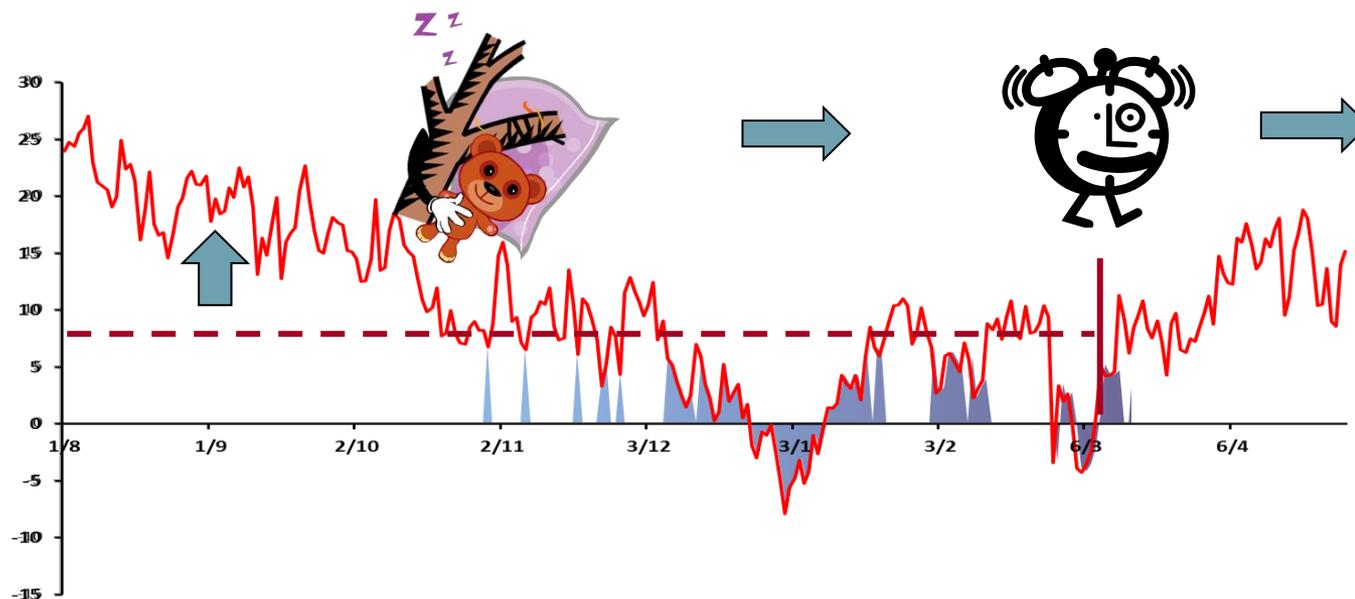
- **Lever la dormance (pérennes)** : échapper des périodes froides de l'hiver. Nécessaire pour le débourrement et la floraison.



## Effet de la Température

### Rôle des températures en Hiver → Besoins en froid

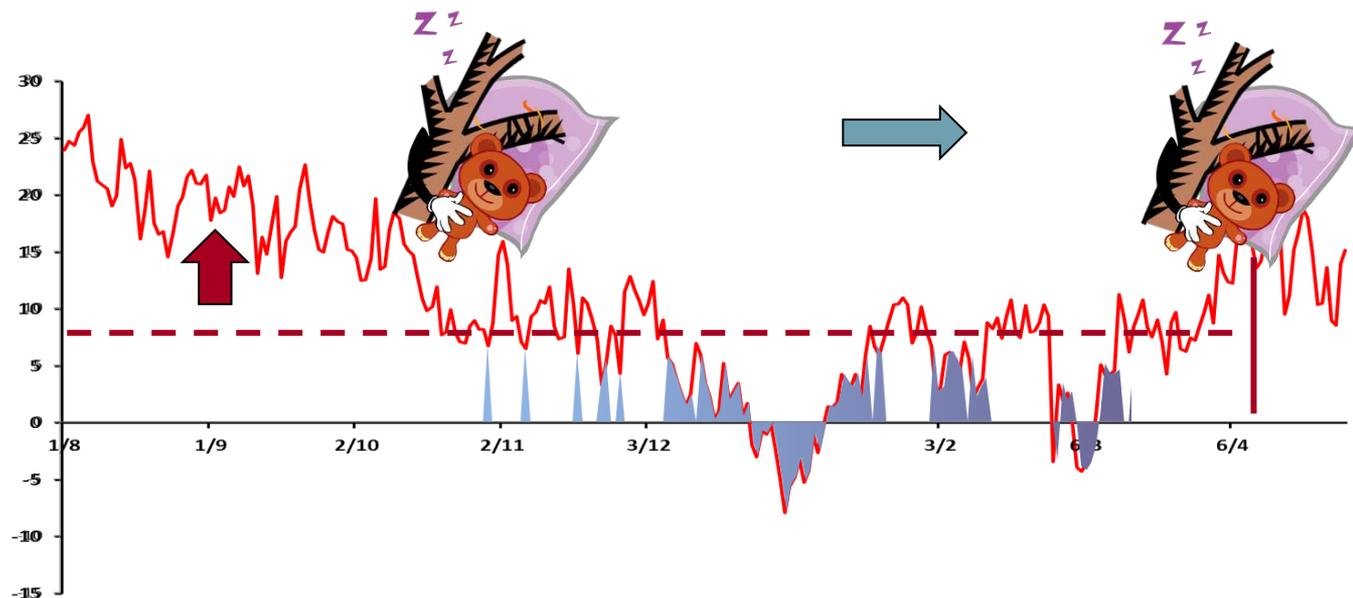
- **Lever la dormance (pérennes)** : échapper des périodes froides de l'hiver. Nécessaire pour le débourrement et la floraison.



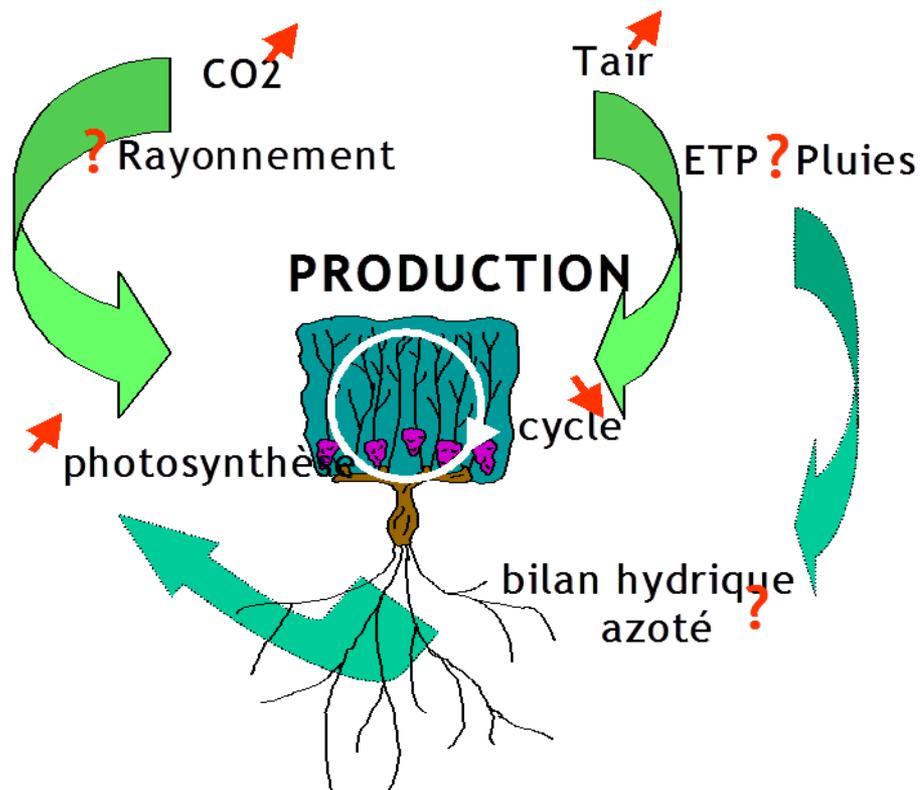
## Effet de la Température

### Rôle des températures en Hiver → Besoins en froid

- **Lever la dormance (pérennes)** : échapper des périodes froides de l'hiver. Nécessaire pour le débourrement et la floraison.



## Interactions Complexes



- Complexité interactions eau \* CO<sub>2</sub> (expérimentation en conditions potentielles)
- Impact de l'état azoté
- Autres impacts (réserves - arbres)
- Maladies...
  - Asynchronisme
  - Nouvelles opportunités pour les pathogènesComprendre la biologie des hôtes et des pathogènes

## Complexité des interactions

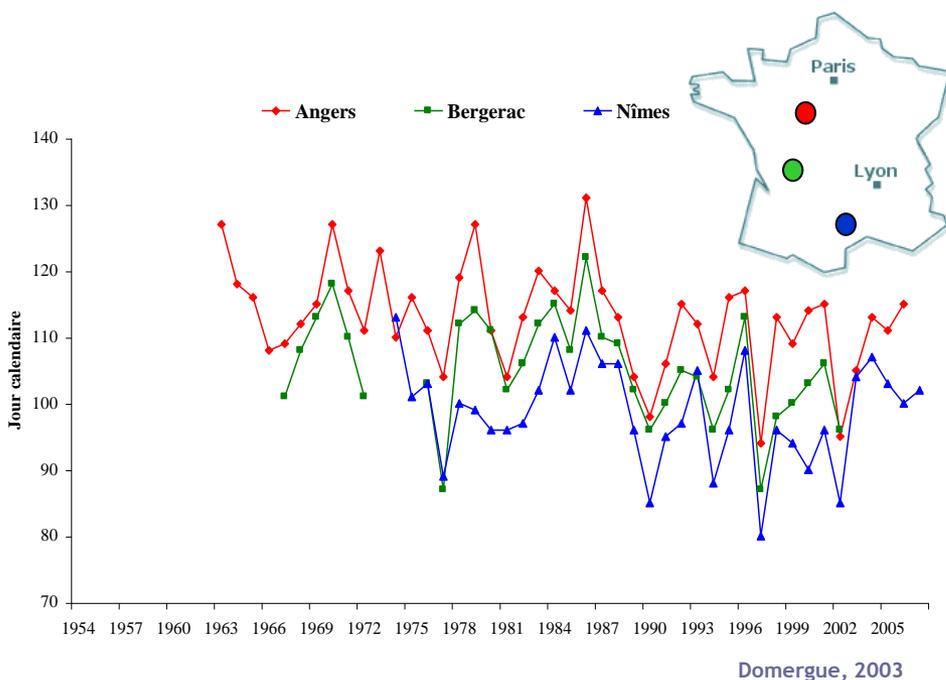
---

# Impacts déjà visibles en agriculture

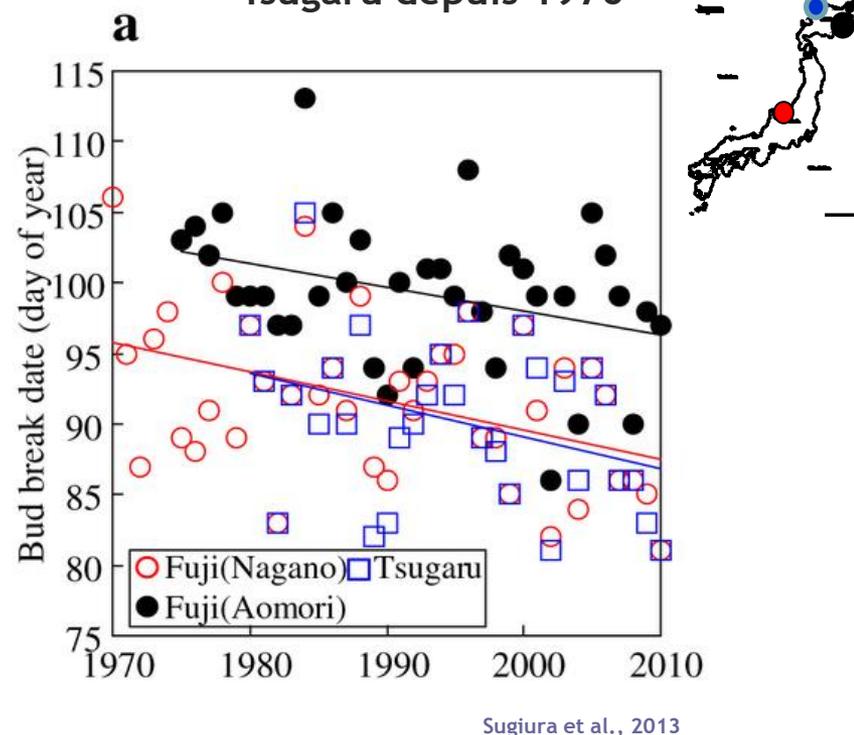
## Impacts sur le développement

### Pour les espèces fruitières

Evolution de la floraison de la pomme Golden depuis 1962 (INRA - Phenoclim)



Evolution de la floraison de la pomme Fuji et Tsugaru depuis 1970

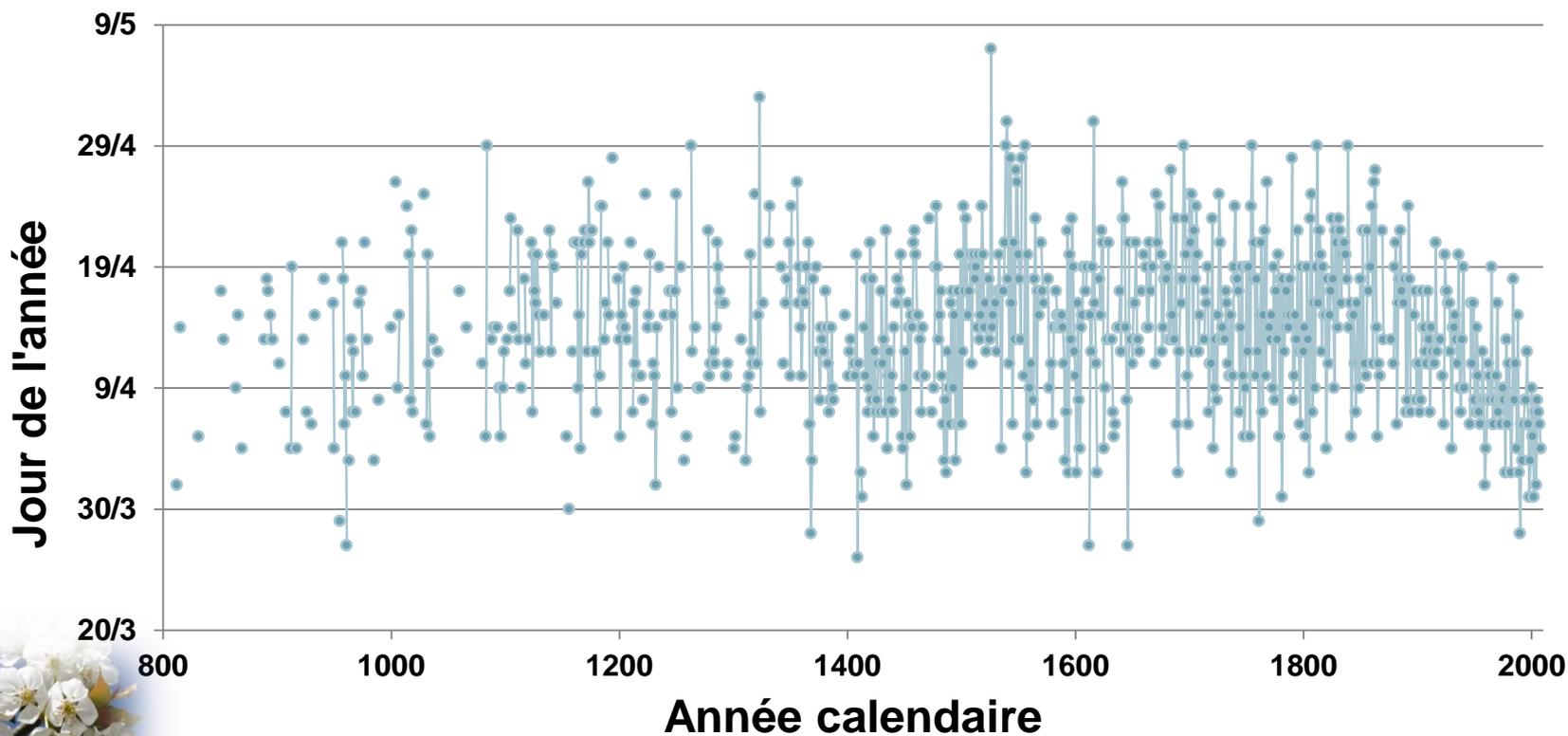


Même tendances pour toutes les espèces (pas la même intensité)

## Impacts sur le développement

### Pour les espèces fruitières

Evolution de la floraison du Cerisier au Japon

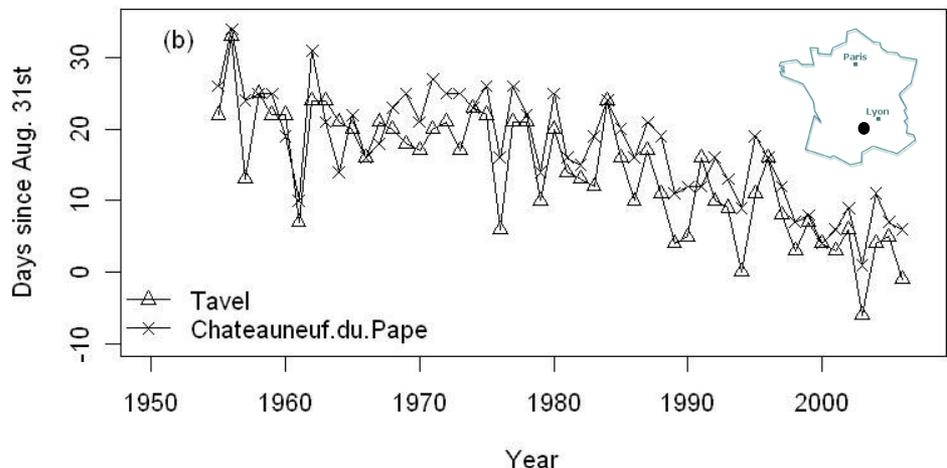
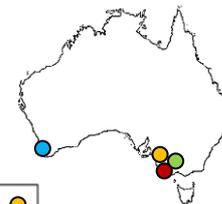


*Prunus jamasakura*

(D'après: Aono et Kazui, 2008; Aono et Saito, 2010 et Aono, 2010).



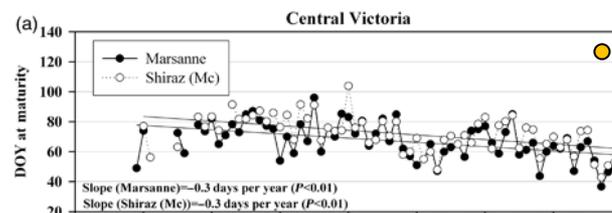
# Impacts sur le développement Date de récolte



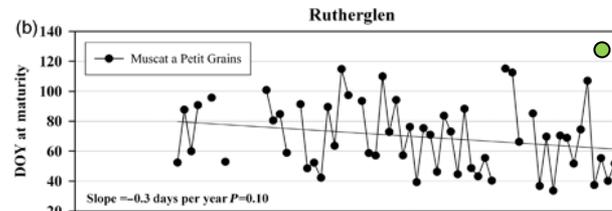
**-30 jours en 50 ans**

Garcia de Cortazar et al., 2010

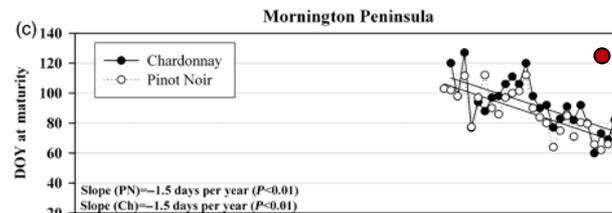
## Différences entre les sites et les variétés



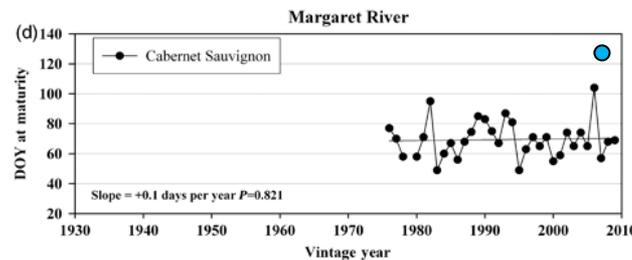
**-30 jours en 70 ans**



**-20 jours en 70 ans**



**-40 jours en 25 ans**



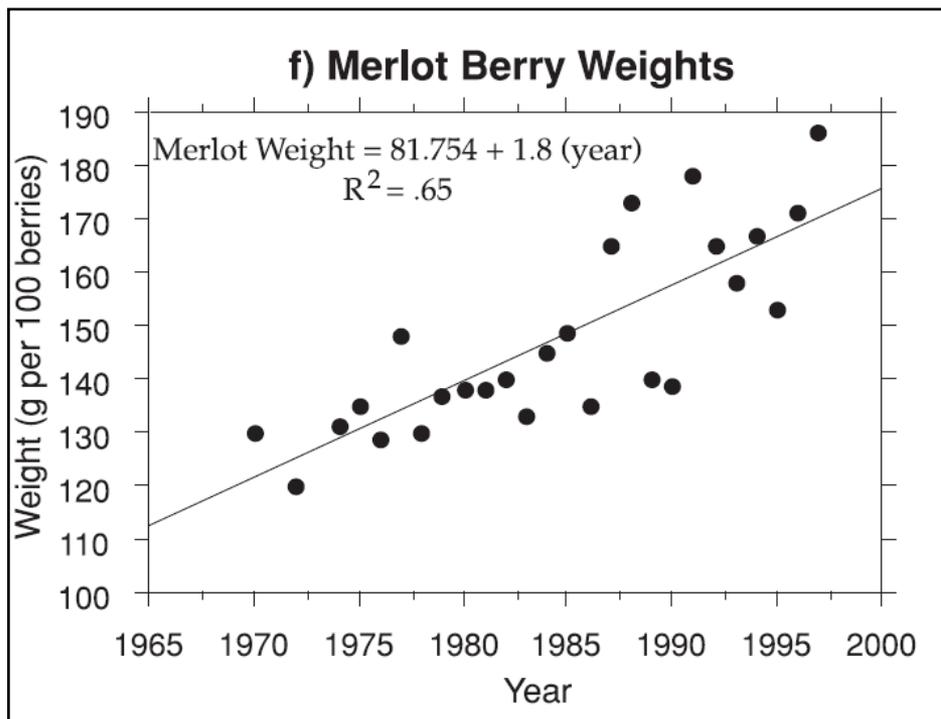
**Pas de changement**

Webb et al., 2011

## Impacts sur le production

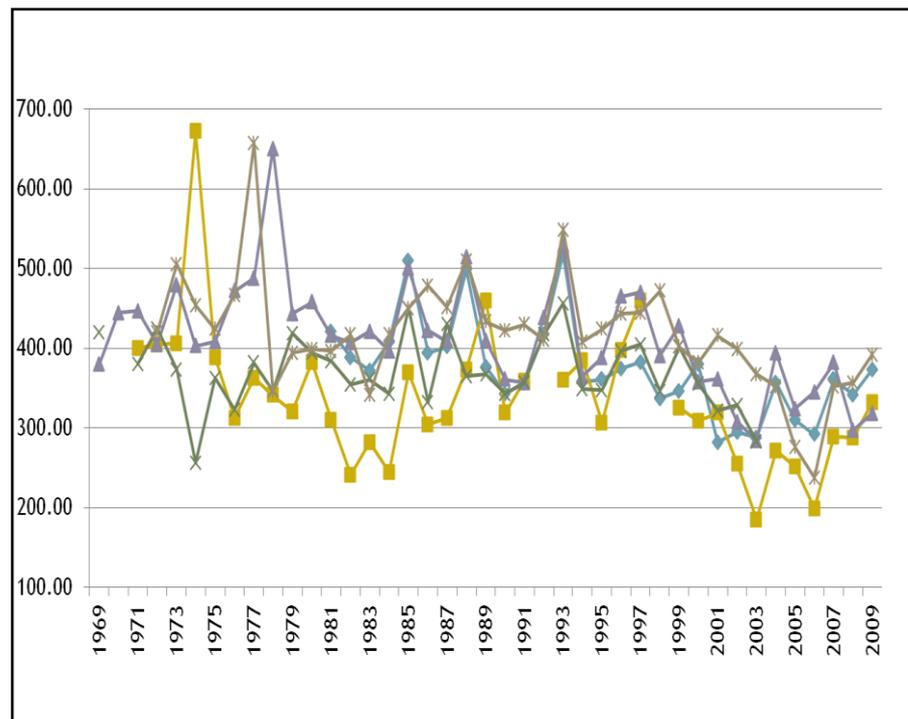
### Pour la vigne

Poids des baies à Bordeaux (1965 - 2000)



Jones and Davis, 2000

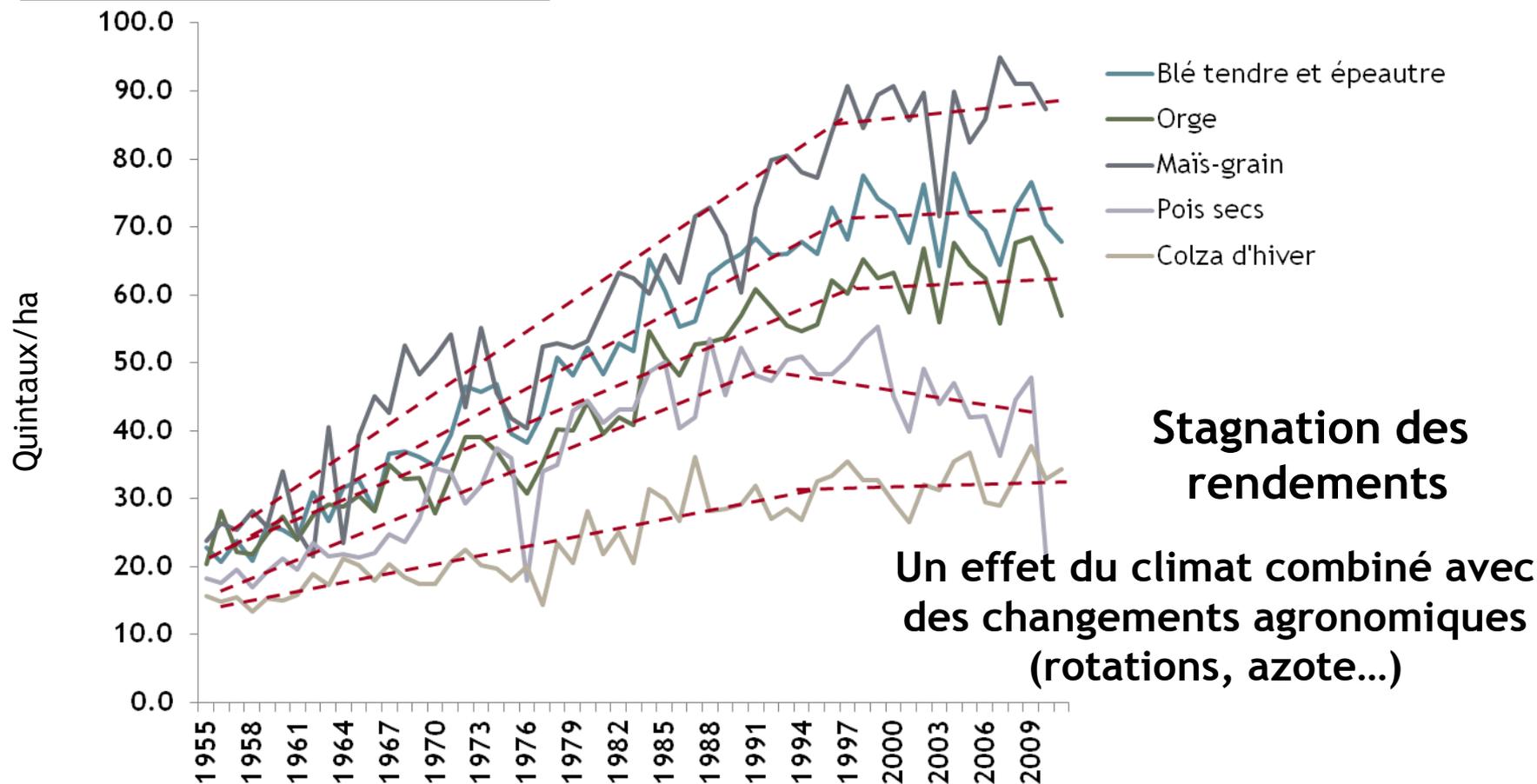
Poids de 200 baies de Grenache en  
Côtes du Rhône (période 1965 - 2010)



Inter-Rhone

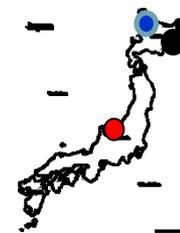
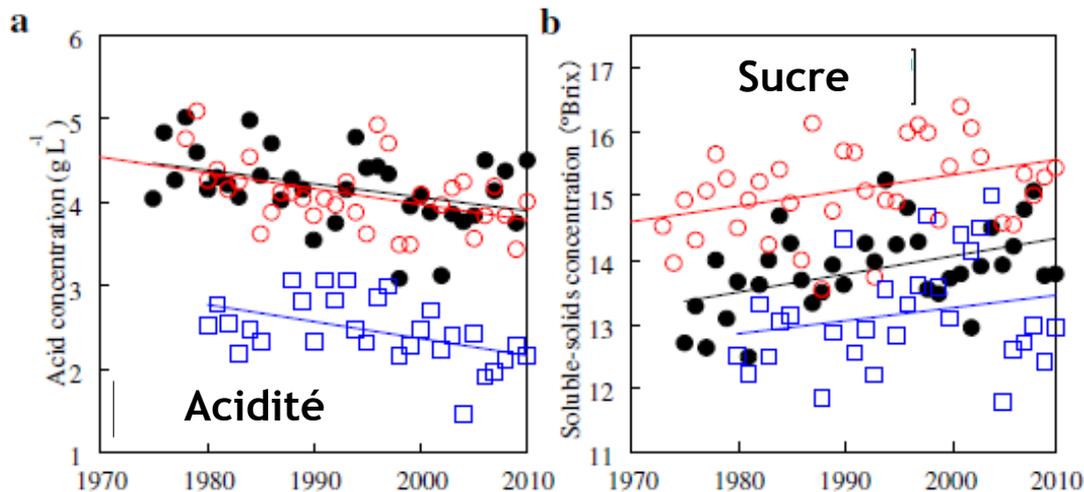
## Impacts sur la production

### Pour les cultures annuelles

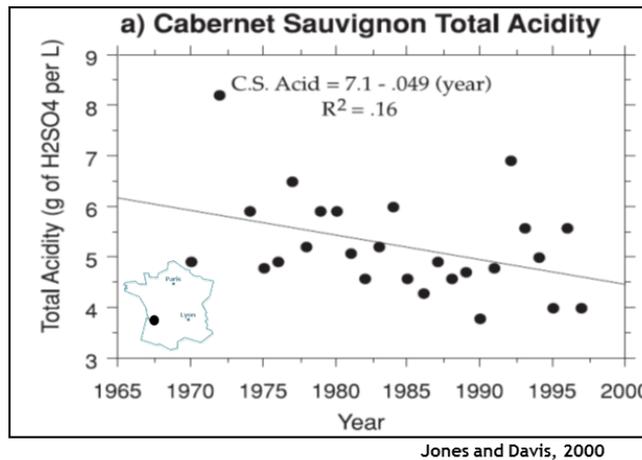
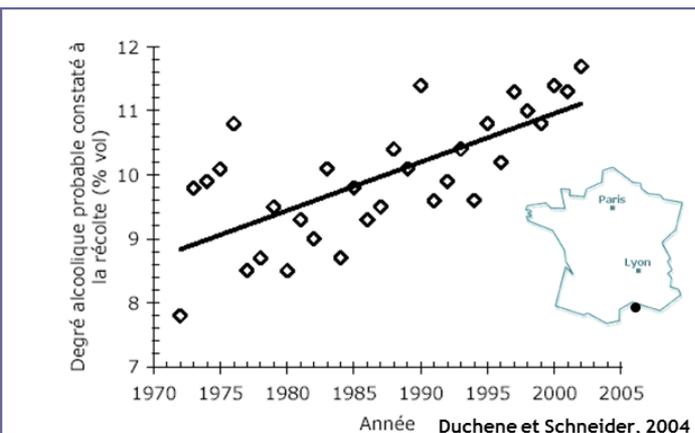


Brisson et al. 2010  
Source: Agreste

## Impacts sur la qualité



Pomme Fuji et Tsugaru



Vigne en France

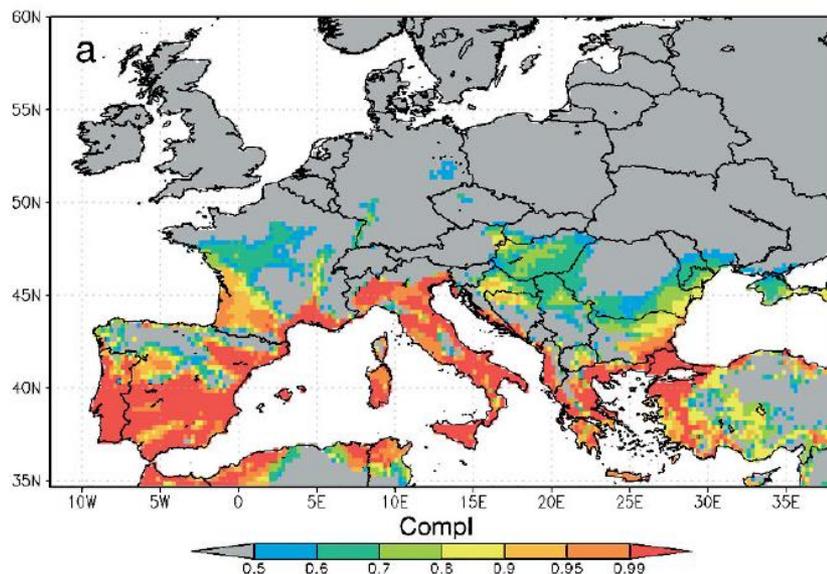
SUCRE → + 1° / 10 années

ACIDITE → -0.5 - 1g/L /10 années

## Impacts sur la distribution de cultures

### La viticulture

#### Faisabilité actuelle du vignoble



#### Evolution de la faisabilité de la viticulture (30 dernières années)

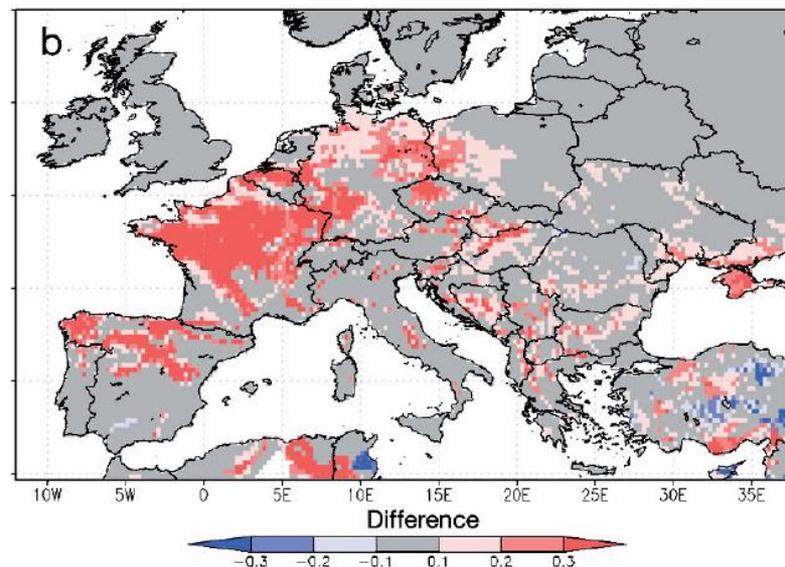


Fig. 4. (a) The composite index (CompI, see text for details) over Europe for the 1950–2009 period. Index values correspond to the fraction of years within the considered time period that are suitable for winegrape growing. (b) CompI difference: 1980–2009 minus 1950–1979 (first and second halves of the total period)

Santos et al (2012): Climatic Research

## Impact des maladies

### Evolution de leur distribution

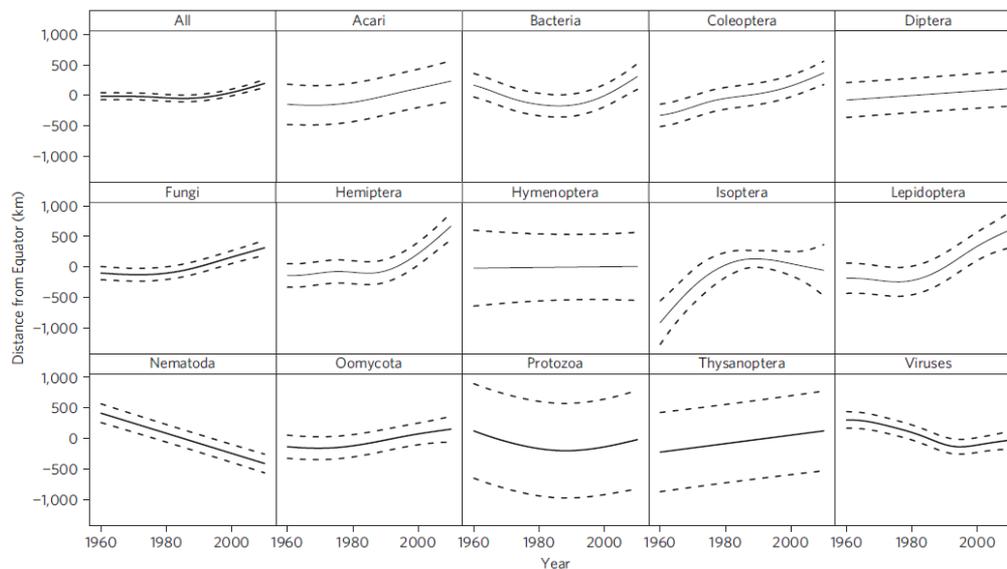
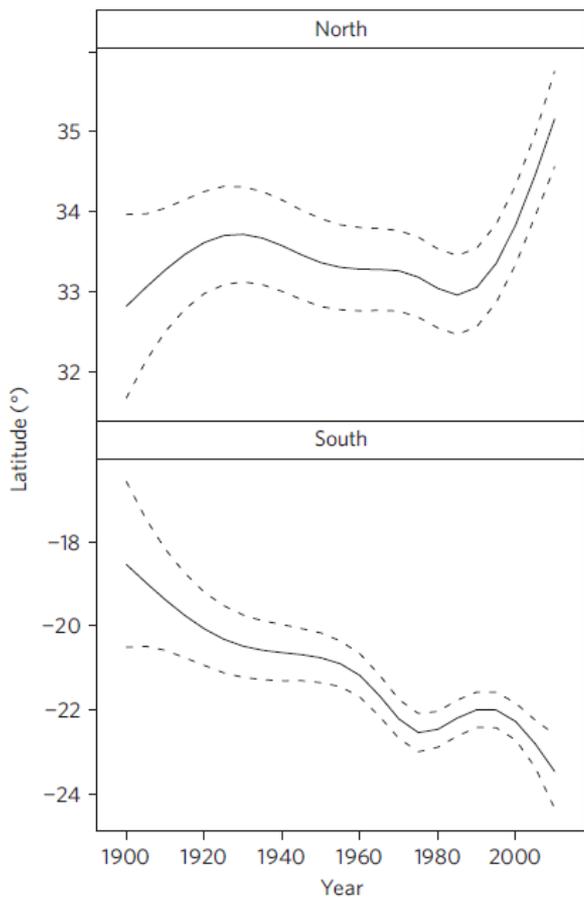


Figure 3 | Latitude versus year of observation for pest taxonomic groups in the Northern Hemisphere from 1960 onwards. Fits for all pests combined are shown for comparison. Fitted values (solid line) and standard errors (dashed lines) are derived from generalized additive mixed models.

Bebber et al., 2013.

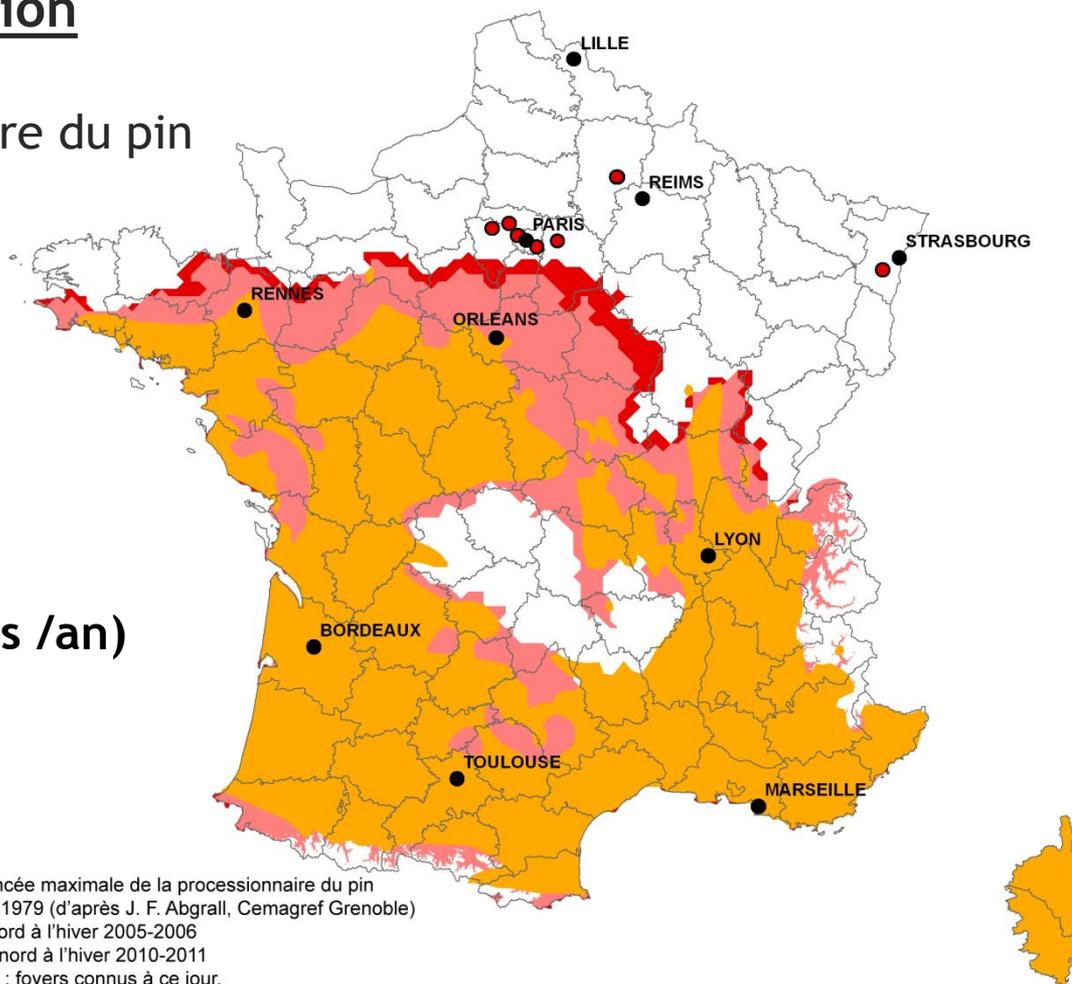
## Impact des maladies

### Evolution de la distribution

Chenille de la processionnaire du pin

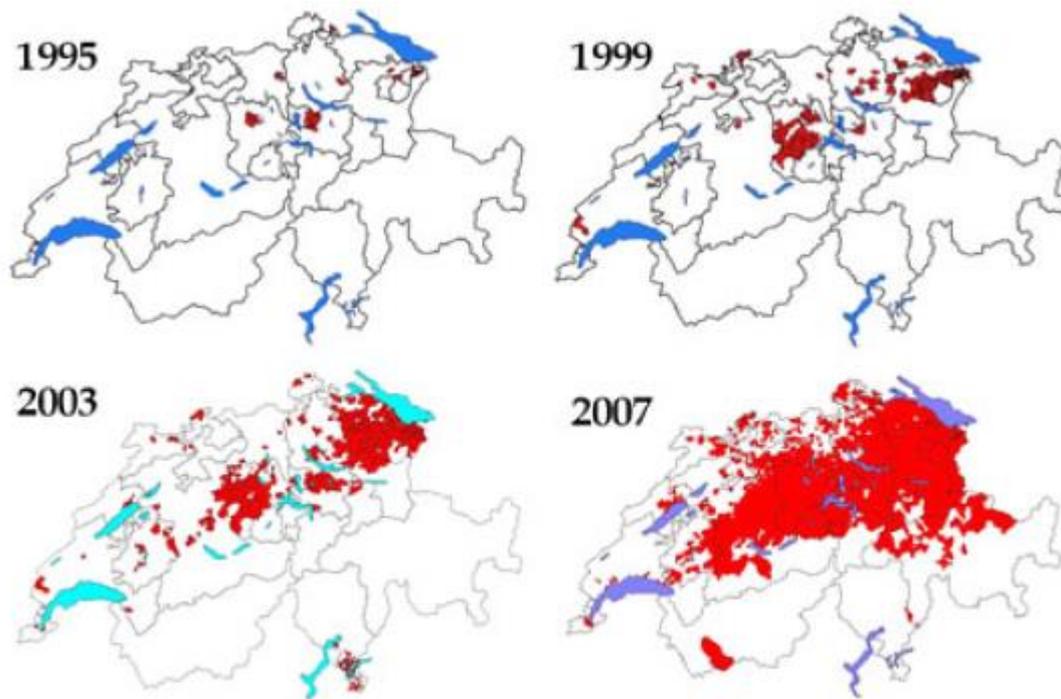
-> en latitude 5 km/an)

-> en altitude (3 à 7 mètres /an)



## Impact des maladies

### Bio-agresseurs émergents



Introduction puis progression du feu bactérien (*Erwinia amylovora* sur arbres et arbustes de la famille des Rosacées) en Suisse entre 1995 et 2007. Favorisé par des printemps humides et doux.

Holdenrieder et al., 2008

## Autres observations

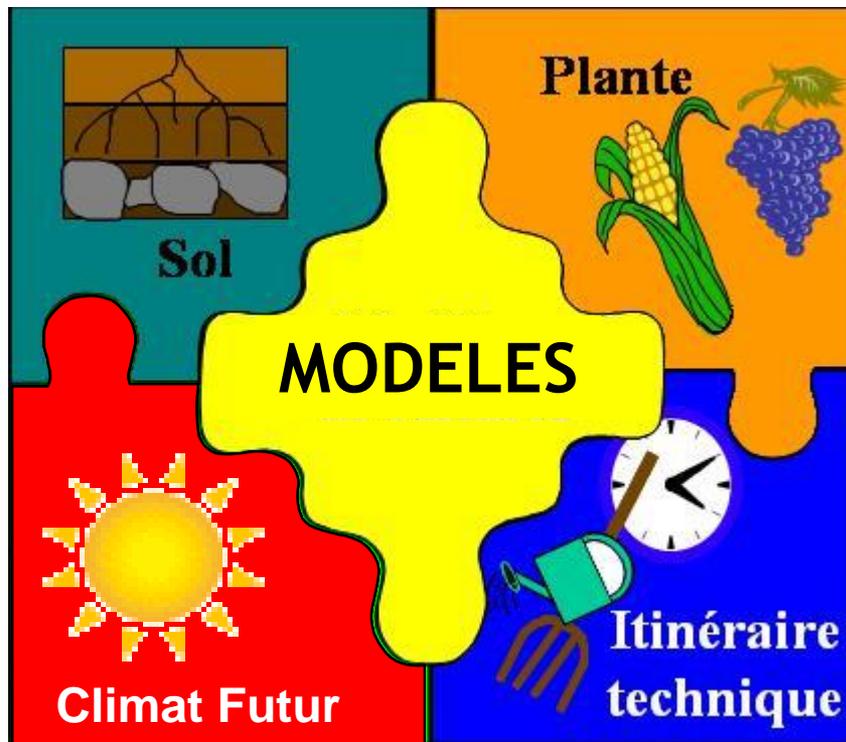
- Sur les **pratiques agricoles** → adaptation du calendrier et des variétés
- Événements extrêmes:
  - Canicule - 2003, 2006
  - Sècheresse - 2011
  - Froid en 2013
- Pas d'extrapolations

---

# Impacts futurs en agriculture

# Les modèles mécanistes

Les modèles de cultures nous permettent de comprendre et d'étudier les interactions entre les différentes composantes du milieu et de les synthétiser à posteriori.



# Un exemple...

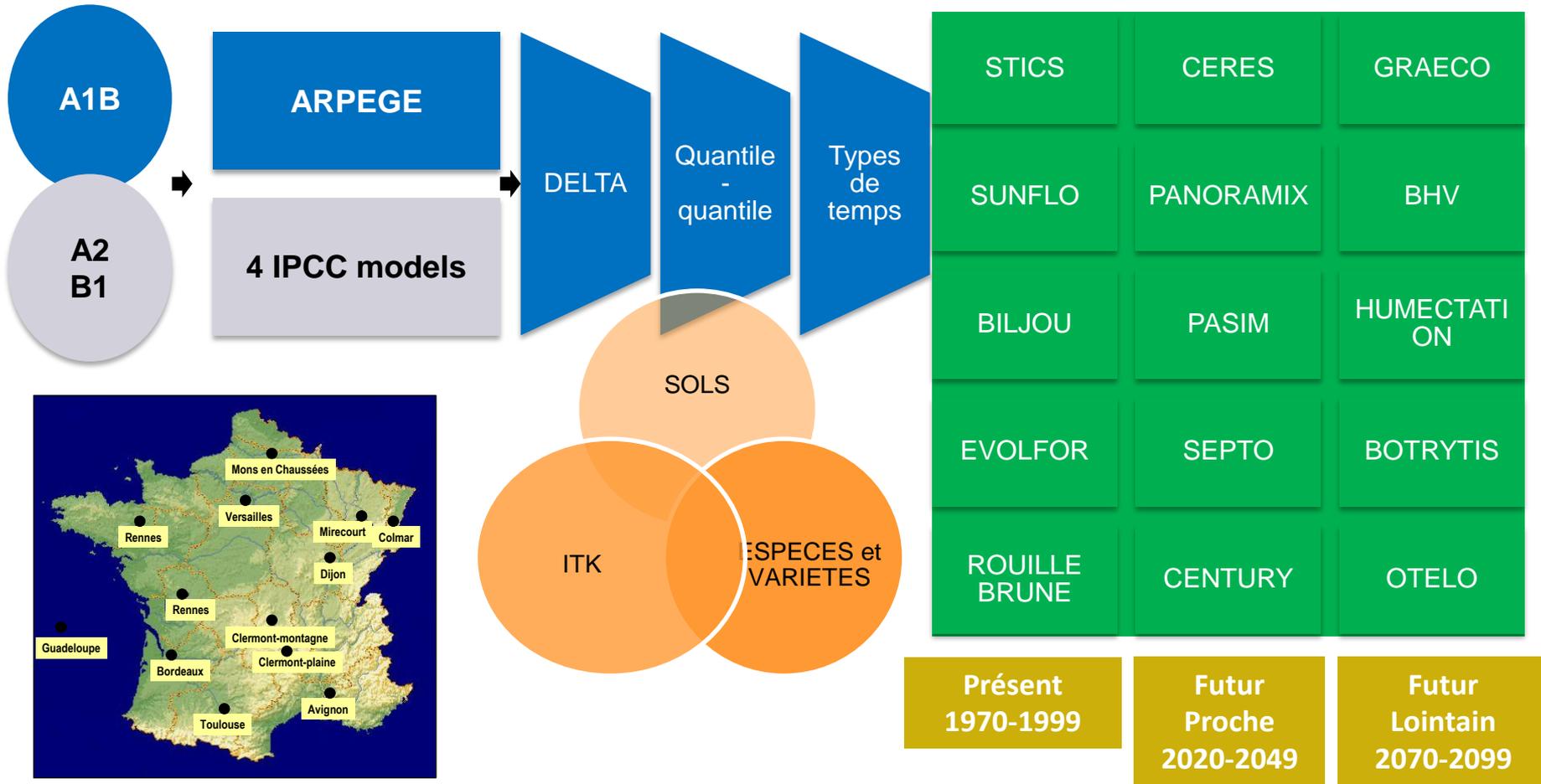


2007 - 2010

Scénarios

Modèle du Climat Global

Régionalisation



## Impacts sur le développement

- Anticipation des stades phénologiques

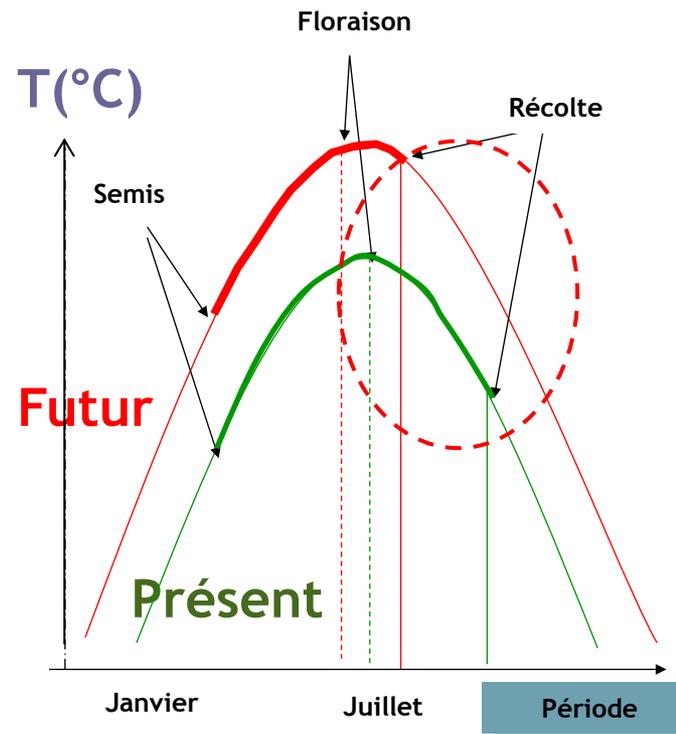
Culture	D floraison en j/°C	D récolte en j/°C
Blé	5	6
Maïs	5	15
Tournesol	4	9
Vigne	8	10

Nombre de jours par degré d'augmentation de la température  
(tous les modèles et scénarios confondus)

## Impacts sur le développement

- Effet de l'anticipation

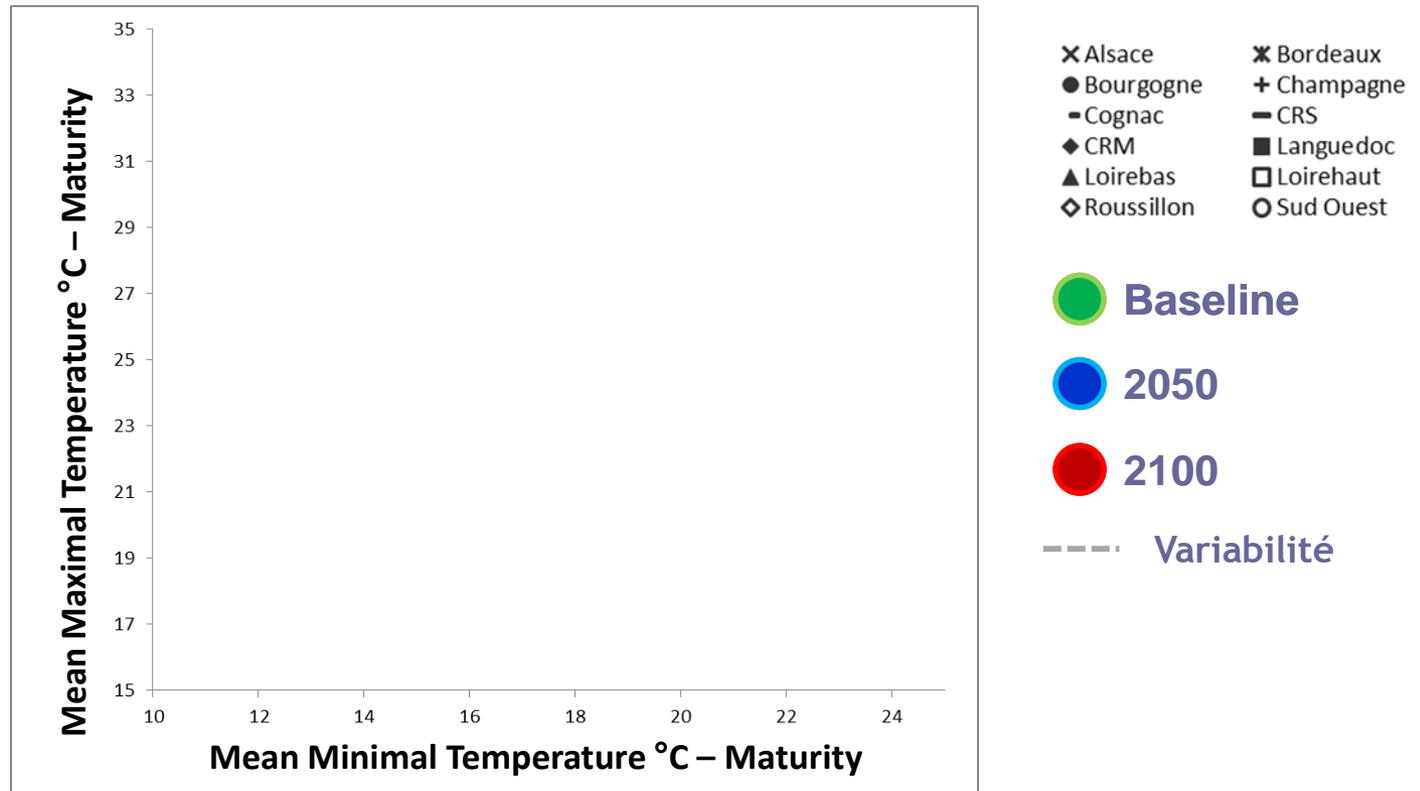
### Cultures de printemps



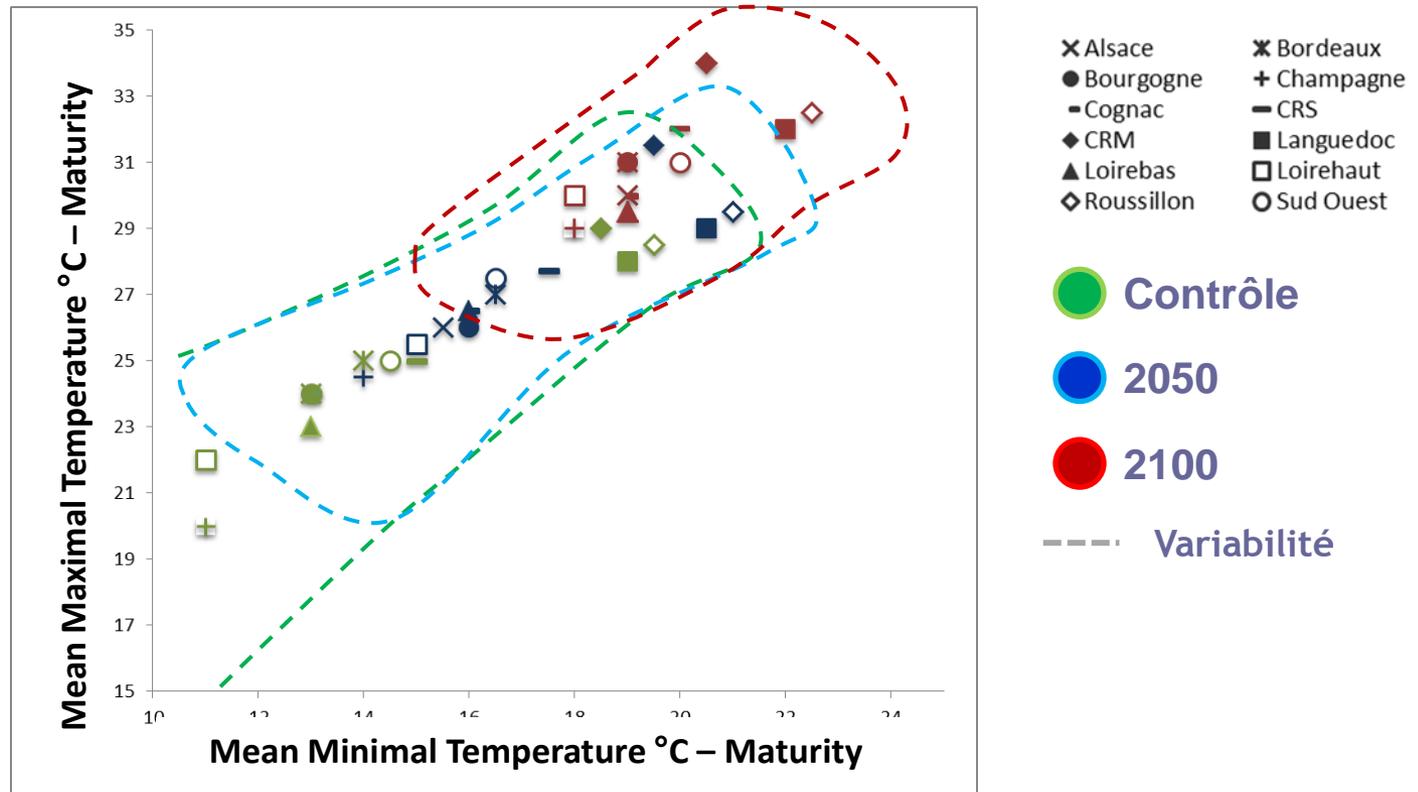
**Fortes  
Températures**

**Période de  
remplissage  
très raccourcie**

# Conditions climatiques pendant la maturation

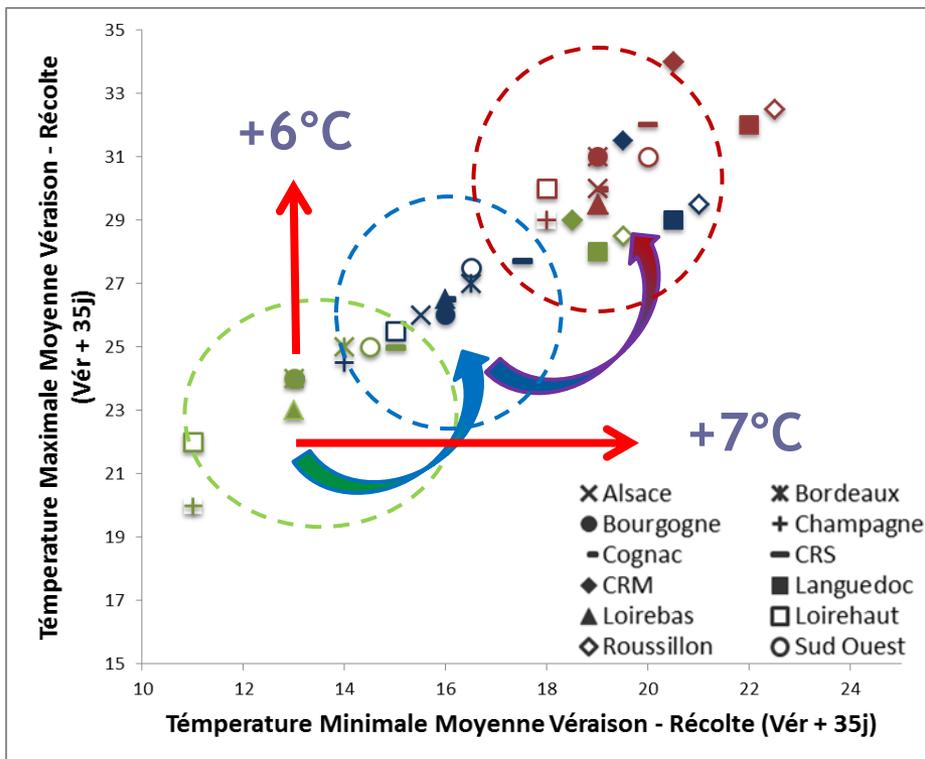


# Conditions climatiques pendant la maturation

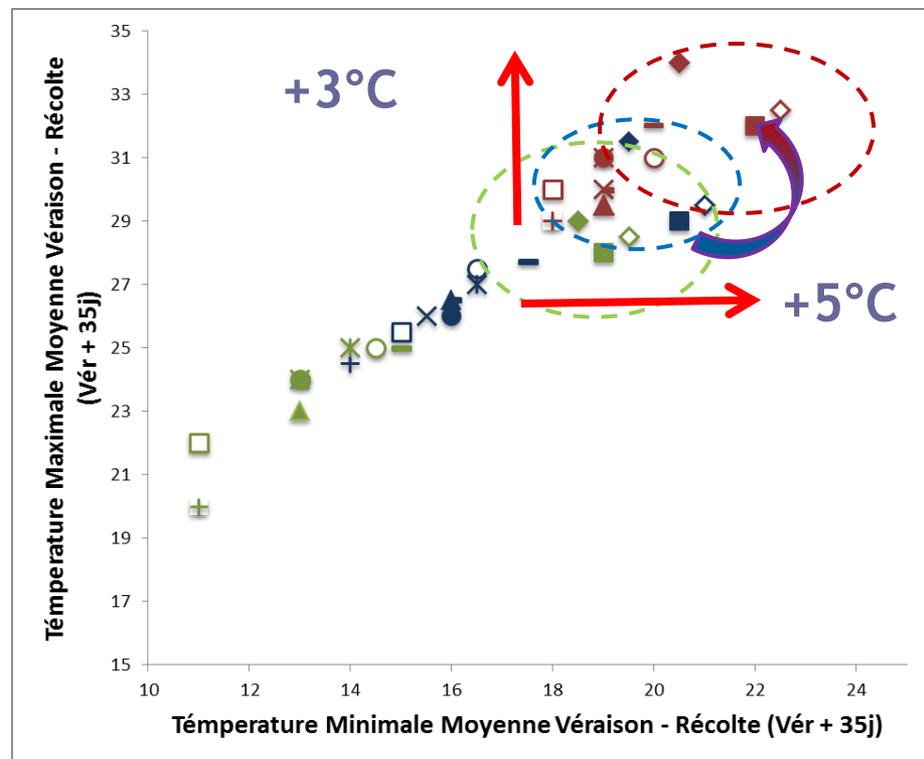


# Conditions climatiques pendant la maturation

## Val de Loire



## Languedoc



● Baseline

● 2050

● 2100

--- Variabilité

## Impacts sur la production

### • Evolution des rendements - Fin du siècle

	Blé	Maïs	Colza	Tournesol	Sorgho	Vigne	Pin	Fétuque
Avignon	0.4	-1.5	0.2	0.6	0.2	-0.1	-0.4	0.9
Bordeaux	0.9	-1.5	-0.4	0.4	0.6	0.2	-0.5	0.4
Clermont	0.2	<b>8.2</b>	<b>1.7</b>	<b>3.9</b>	<b>6.3</b>	<b>4.1</b>	-0.4	1.5
Colmar	1.7	-1.3	<b>0.9</b>	0.1	0.5	<b>0.8</b>	-0.5	1.0
Dijon	1.5	-0.8	<b>1.0</b>	0.1	0.7	<b>0.7</b>	-0.6	1.3
Lusignan	0.1	-1.1	0.8	0.3	0.5	<b>0.5</b>	-0.8	0.1
Mirecourt	1.3	<b>3.4</b>	<b>2.5</b>	<b>3.2</b>	<b>5.7</b>	<b>4.2</b>	-0.1	0.8
Mons	1.0	<b>2.5</b>	-0.1	<b>2.2</b>	<b>4.7</b>	<b>3.2</b>	-0.5	0.2
Rennes	-0.3	-0.2	0.6	<b>1.6</b>	<b>4.0</b>	<b>1.9</b>	-0.3	-0.1
Saint-Étienne	<b>2.6</b>	-1.6	<b>1.5</b>	0.0	-0.2	0.3	-0.7	-0.1
Toulouse	1.5	-1.8	0.2	-0.3	-1.2	-0.4	-0.9	0.2
Versailles	0.8	<b>0.9</b>	0.3	<b>1.6</b>	<b>3.8</b>	<b>2.3</b>	-0.3	0.0

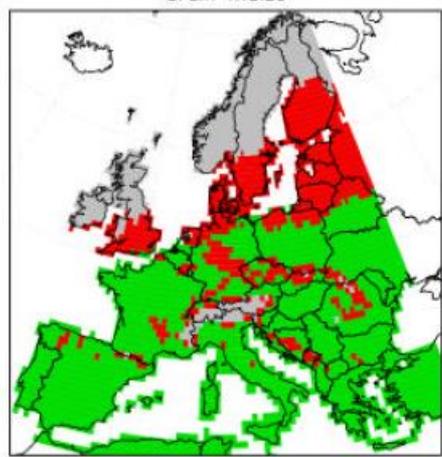
**Tableau 2** : évolution du rendement entre PR et FL, par site et culture (sol 1, méthode de régionalisation TT, CERES pour blé, GRAECO pour pin, PASIM pour fétuque et STICS pour autres cultures). **Gras** :  $p < 0.01$  ; *Italique* :  $p < 0.05$  ; Normal :  $p < 0.10$  ; **Barré** : non significatif.

## Impacts sur la distribution

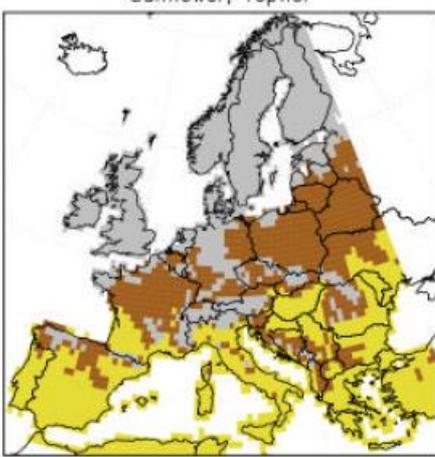
- Distribution potentielle future - Maïs, tournesol et soja en 2050



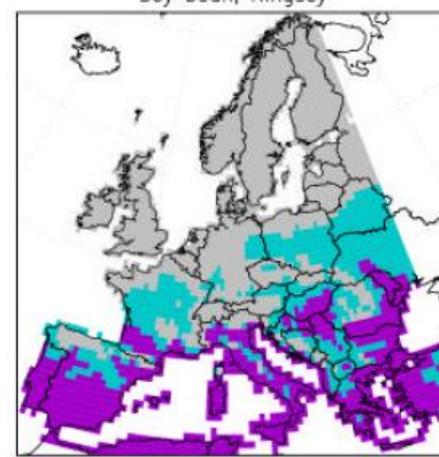
Grain maize



Sunflower, Topflor



Soy bean, Kingsoy



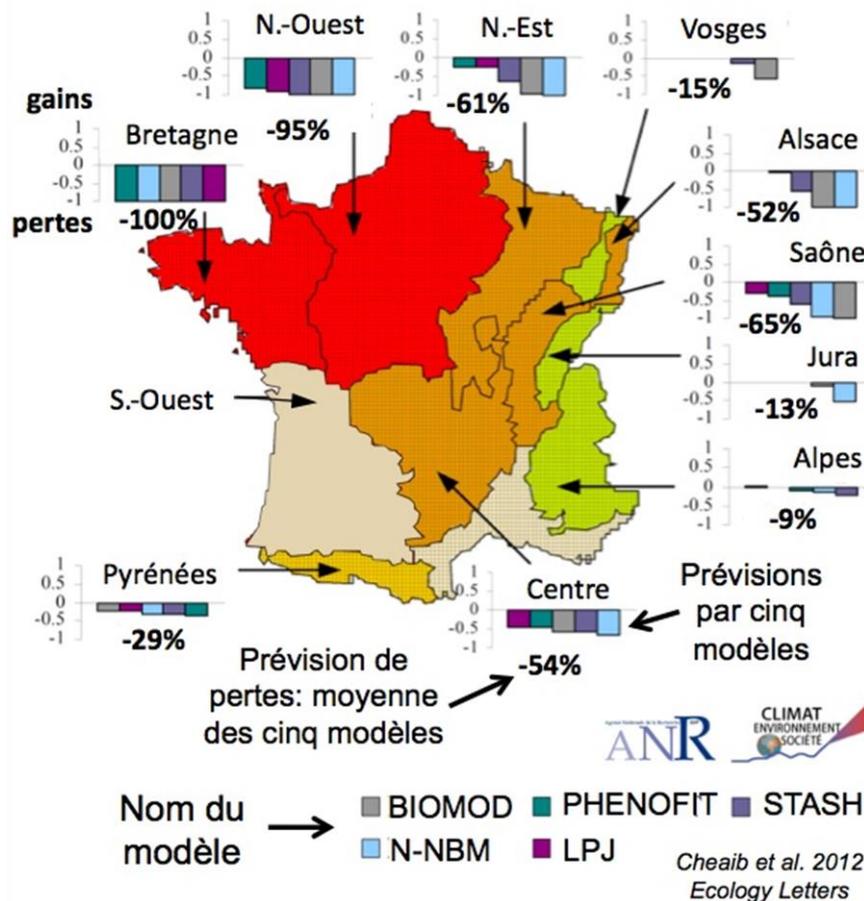
**Rouge / Marron / Bleu** : expansion potentiel 2050

**Vert / Jaune / Violet** : 1961 - 1990

Parry (2005)

## Impacts sur la distribution

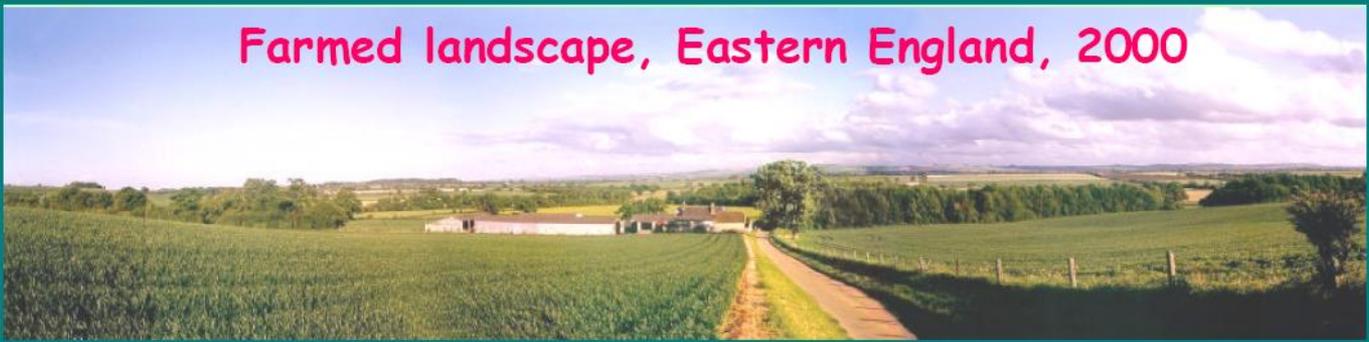
### • Distribution potentielle future - Pin sylvestre en France - 2055



Cheib et al. (2012)

## Changement du Paysage?

**Farmed landscape, Eastern England, 2000**



**Farmed landscape, Eastern England, 2050 ?**



Increase in renewable energy sources

Farm-scale biofuel power station

Introduction of biofuel crops e.g. *Miscanthus* spp.

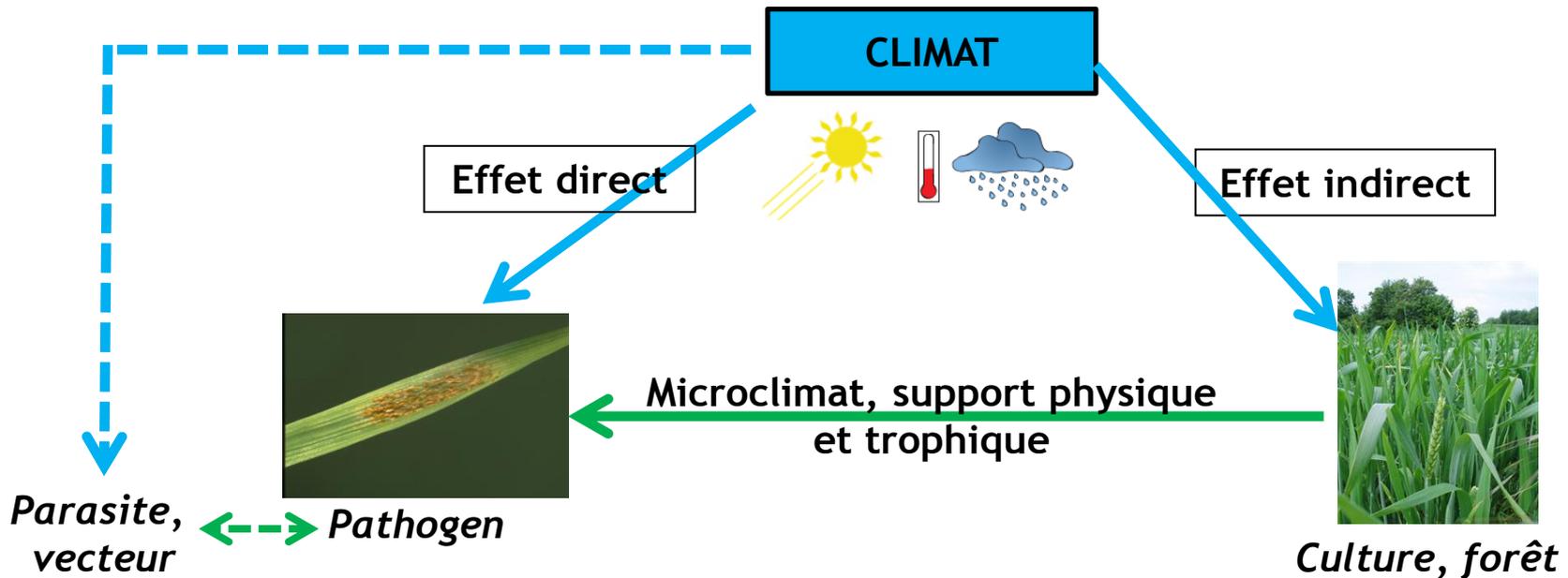
Northward movement of crops

Univ of East Anglia, U.K.

## Impacts sur les maladies

### Complexité du système

un climat ( $\Leftrightarrow$  rayonnement, pluie, humidité, température, CO<sub>2</sub>, etc)  
X plusieurs biologies (l'hôte, le pathogène, le vecteur, le parasite, etc...)



Nécessité de prendre en compte l'effet du climat sur chacune des biologies, et sur leurs interactions!

---

# Adaptations

# Quelles pistes d'adaptation?

Combiner des travaux à différents niveaux d'analyse



**Tester de nouveaux modes de transformation et de commercialisation**

**Tester de nouveaux modes de conduite**

**Acquérir des connaissances sur les déterminants de la qualité (réponses aux stress)**

**Amélioration génétique  
Phénotypage /  
Génotypage**

## Voies d'adaptation

- **Matériel génétique - Idéotypes**
- **Meilleure connaissance de l'impact du CO<sub>2</sub> sur la croissance et le développement dans les plantes (agros-systèmes → sol??)**
- **Ajustement des techniques culturales :**
  - Dates de semis,
  - Travail du sol,
  - Fertilisation/irrigation,
  - Structure du feuillage
  - Combinaison porte-greffes et cépages (tardifs)
- **Déplacement des systèmes de production (France → AOC)**

## Quelles pistes d'adaptation?

Explorer les stratégies économiques et le changement institutionnel

**Les effets du changement climatique sur les rendements et qualités vont modifier:**

- les résultats économiques des entreprises
- la valeur du capital (bassin de production)
- la hiérarchie des produits, des terroirs, des exploitations
- la concurrence entre régions

**Définition des stratégie d'adaptation combinant :**

- échelle d'action : parcelle, exploitation, région, pays....
- horizon d'action : court, moyen, long terme
- nature de l'action : innovations, localisation, changement institutionnel

## CONCLUSIONS

- **Importance d'associer différentes échelles d'analyse (perception des producteurs), multidisciplinaires et avec divers approches**
- **Intégration des connaissances via les modèles et des outils favorisant les réflexions stratégiques et prospectives**
- **L'agriculture est un témoin du changement climatique**
- **Besoin de définir les risques et vulnérabilités à l'échelle régionale → Adaptations locales**

# En cours (quelques exemples) ...

## INRA - Méta programme ACCAF (Adaptation au Changement Climatique de l'Agriculture et la Forêt)

- PERPHECLIM (phénologie espèces pérennes...) LACCAVE (vigne), CAQ40 (Qualité des fruits et graines...), CLIF (Impact du CC sur les pathogenes), VIGIEMED (Paysage), FORADAPT (adaptation Forêts),
- Actions structurantes - Transversales
- Interactions avec Professionnels et les Décideurs

ANR (ORACLE), Projets Région,

## EUROPE - Projet FACCE JPI MACSUR ([www.macsur.eu](http://www.macsur.eu))



- Organisation de la recherche autour des effets du changement climatique sur l'agriculture: Agriculture, Elevage et Economie

## MONDE - AGMIP ([www.agmip.org](http://www.agmip.org))



- Environ 60 GR participants
- Inter-comparaison Modèles de Culture - Pilot Blé, Maïs, Riz....

---

**Merci beaucoup de votre attention !!**