

Changement Climatique et Agriculture

Nathalie de Noblet

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement;
CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay

***Co-coordinatrice du laboratoire d'excellence
BASC: Biodiversité, Agrosystèmes, Société et Climat***

nathalie.de-noblet@lsce.ipsl.fr



- **Liens Climat / Agriculture**
- **Le climat est déjà visible dans le secteur agricole**
- **Quel/s futur/s pour la production Agricole?**
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- **L'agriculture peut en retour influencer le climat**



Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets directs

- Température
- Eau
- CO₂
- Ozone

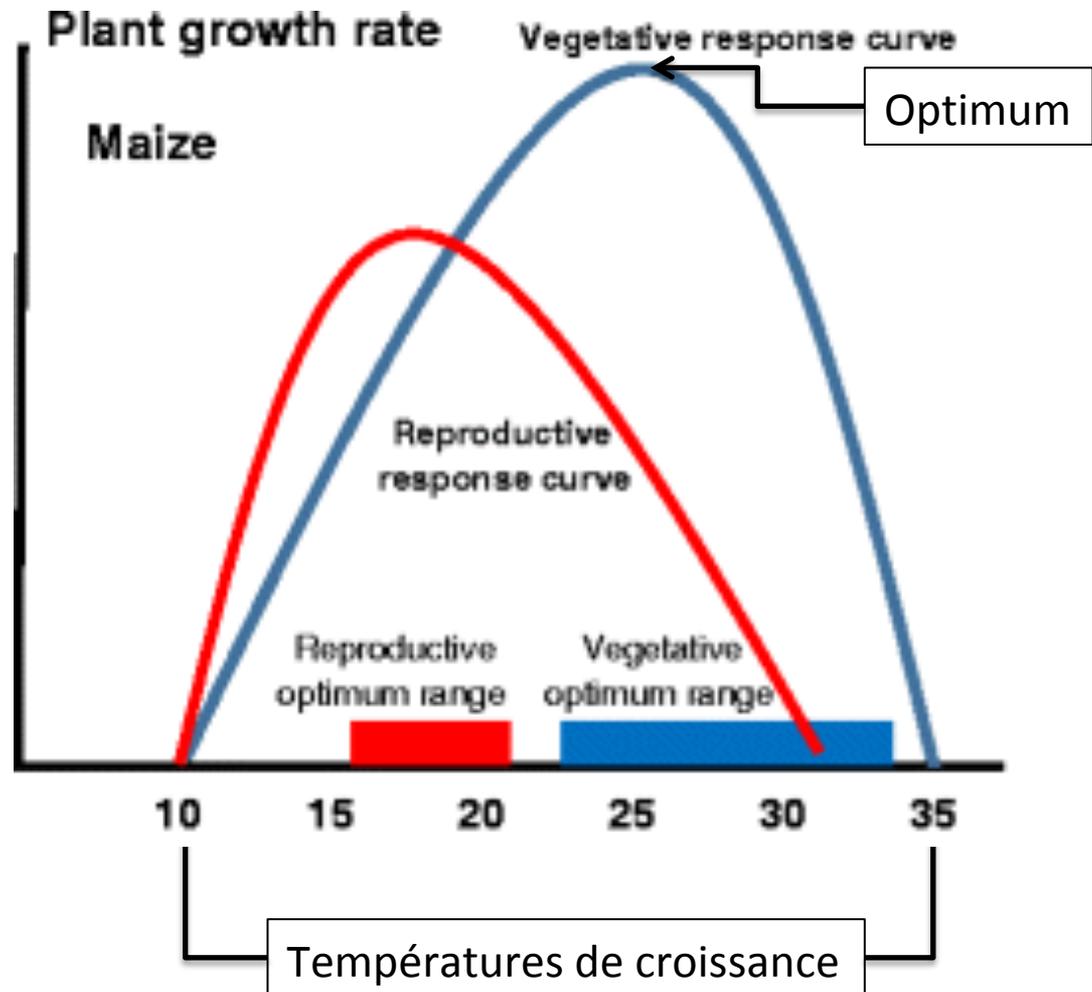
Effets indirects

- Mauvaises herbes
- Insectes / nuisibles
- Pathogènes



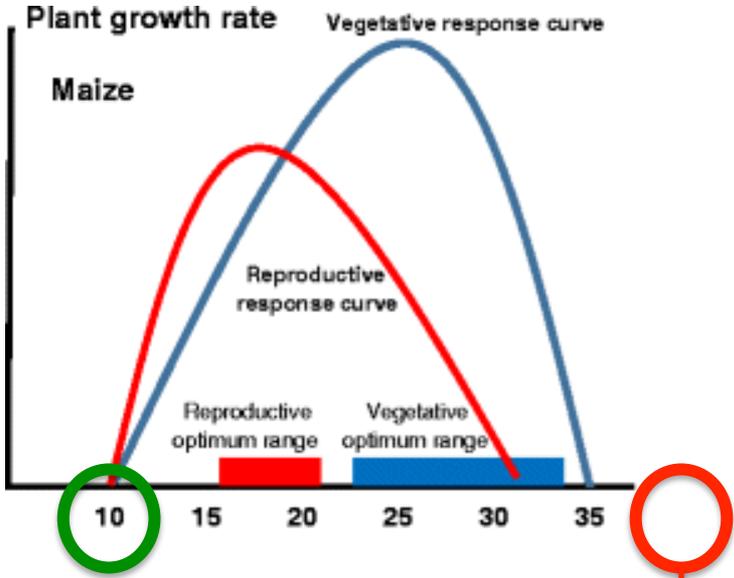
Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets directs - température



Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets directs - température



Température minimale à partir de laquelle le développement démarre:	
Blé	0°C
Tournesol	4,8°C
Maïs	6°C
Vigne	10°C
Canne à sucre	12°C
Banane	14°C

Réchauffement du climat → Précocité attendue

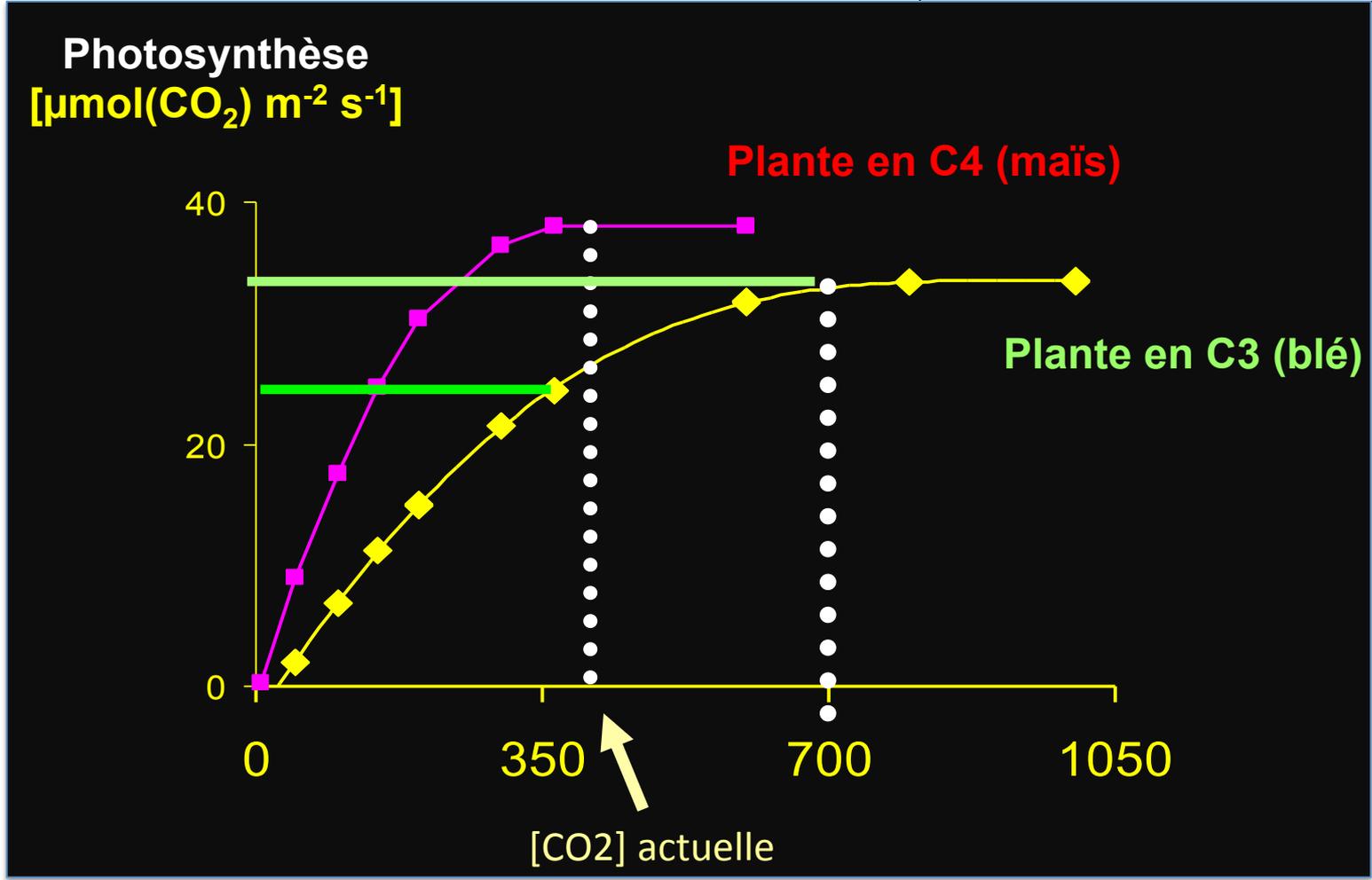
Réchauffement du climat → des températures trop chaudes pendant l'élaboration du rendement → pertes par échaudage



Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets directs – CO₂

Certaines plantes vont bénéficier de l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère, mais pas toutes



Bénéficiaires, exemples:
blé, seigle, avoine, soja, riz, ...

Déjà à l'optimum, exemples:
maïs, canne à sucre, sorgho, mil, ...

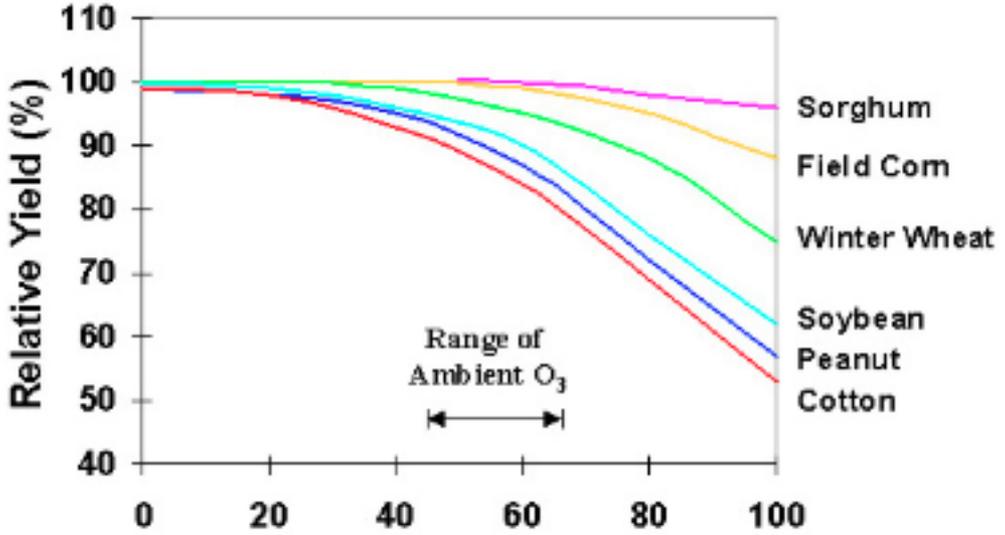
Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets directs – O₃



O₃ = inhibiteur de photosynthèse
→ baisse de rendement
→ & baisse de la qualité nutritionnelle

Effect of O₃ on Yield of Crops



(Heck et al. 1983. Environ Sci Tech 17: 572A)



Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Effets indirects

Pertes de rendements à l'échelle mondiale aujourd'hui causées par:
Mauvaises herbes (34%); Nuisibles (18%); Pathogènes (16%)

Mauvaises herbes:

- Augmentation température favorise la remontée vers le Nord de nombreuses espèces (remontée de leurs niches)
- Sont plus favorisées par l'augmentation du CO₂

Insectes:

- Augmentation température hivernale → diminution de leur mortalité
- Réchauffement → augmente leur population
- Leur besoin en nutriments augmente au printemps (réchauffement) à un moment où les plantes sont les plus fragiles

Pathogènes:

- Augmentation des extrêmes → plus grande fragilité des plantes → augmente leur sensibilité aux maladies
- Humidité de l'air plus élevée → favorise le développement de champignons



Par quels biais le climat influence-t-il la production?

Influence des extrêmes (*quelques exemples*)

- **Le gel pendant certaines phases critiques**
 - Pendant la germination: mort des plantules
- **Des extrêmes de chaleur pendant phases critiques**
 - pendant la germination: mort des plantules (> 35°C pour le soja – semis entre le 20 Avril et la fin Mai)
 - pendant les stades de reproduction: on diminue le temps de viabilité du pollen de maïs [T > 36°C] ... ~en Juillet
 - Nuits trop chaudes → respiration accrue → diminution de la biomasse
- **Sécheresse**
 - perte en biomasse produite: une photosynthèse réduite et une respiration plus intense
 - Pendant la maturité du maïs → augmentation du taux d'aflatoxine [mycotoxine dangereuses pour l'Homme → maïs impropre à la consommation]
- **Inondations**
 - Peuvent entraîner un pourrissement des cultures parvenues à maturité
 - Provoquent la mortalité des jeunes plantules (anoxie)
 - Favorisent le développement d'agents pathogènes et donc les maladies
 - Empêchent certains travaux techniques .. Par exemple tracteurs ne peuvent plus rentrer dans les champs

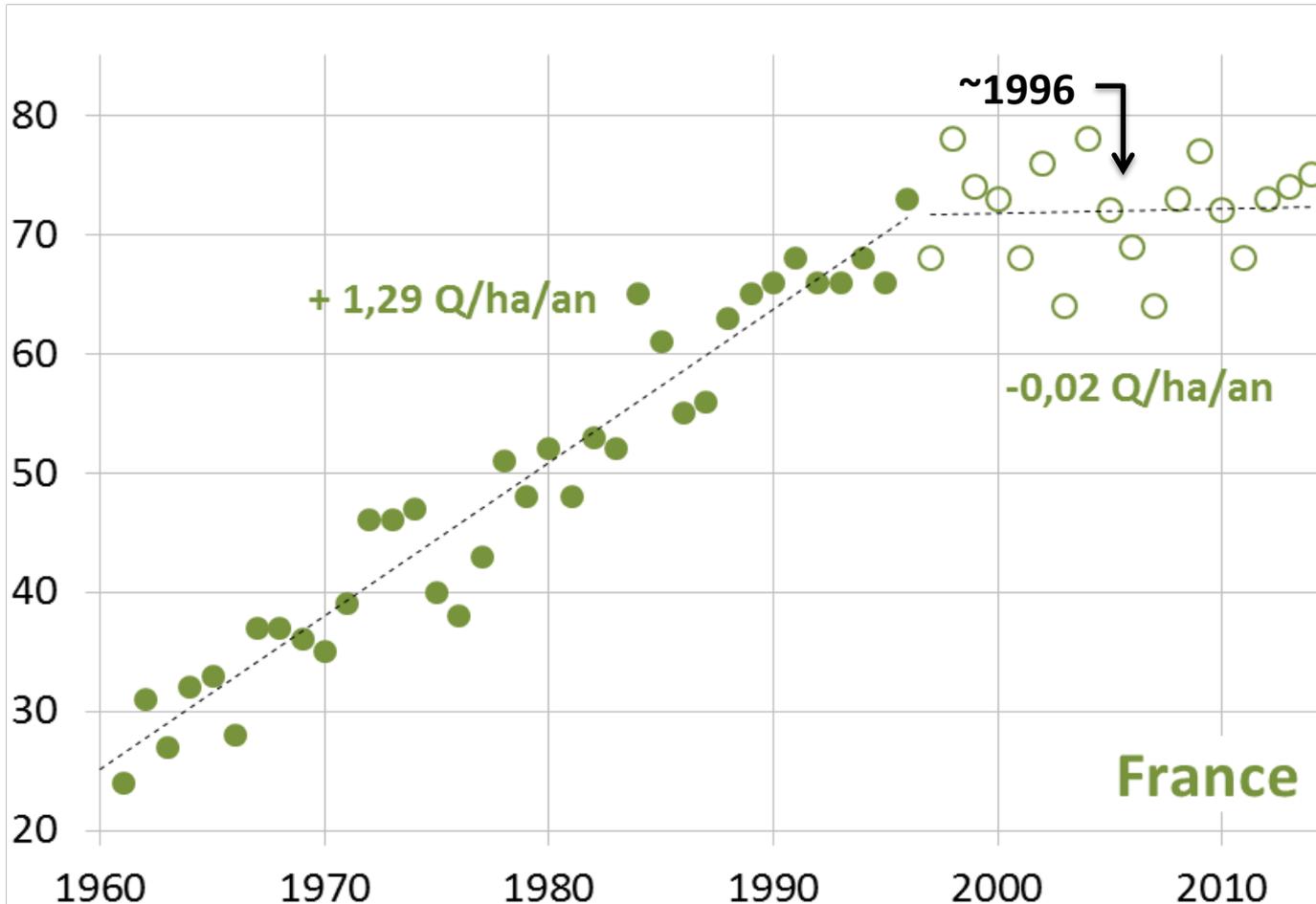


- Liens Climat / Agriculture
- **Le climat est déjà visible dans le secteur agricole**
- Quel/s futur/s pour la production Agricole?
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- L'agriculture peut en retour influencer le climat



Le Blé tendre, rendements

Analyse des causes génétiques, agronomiques (itinéraires techniques et climatiques)



- Les progrès génétiques continuent à augmenter le rendement
- Les fertilisants sont moins utilisés et les rotations moins efficaces
- Climat : stress thermique augmente au moment du remplissage des grains
- Climat = responsable de la très forte variabilité interannuelle

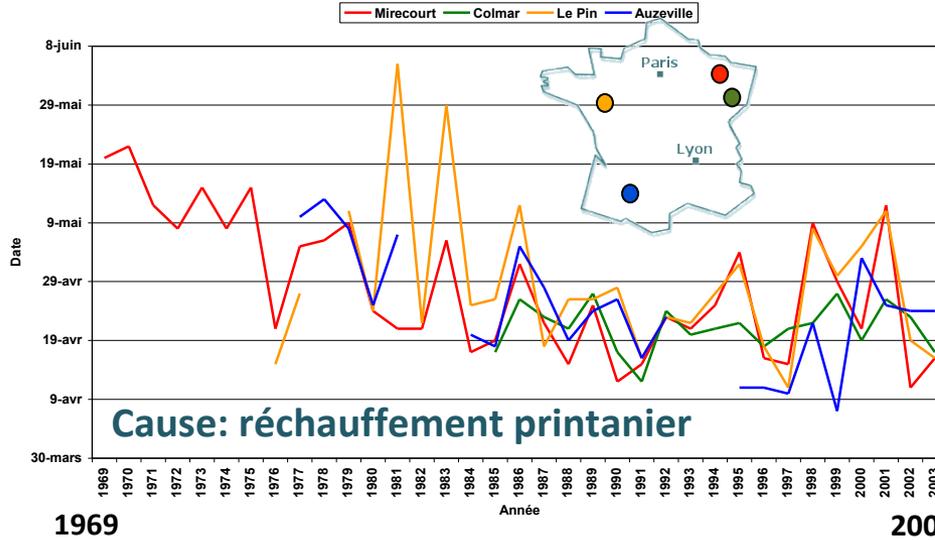


Le Maïs

F. Levrault (CA Poitou-Charentes)
comm. Pers.



Dates de semis



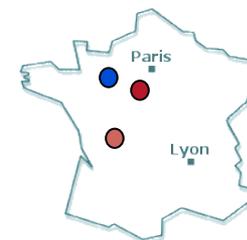
Humidité du grain à la récolte



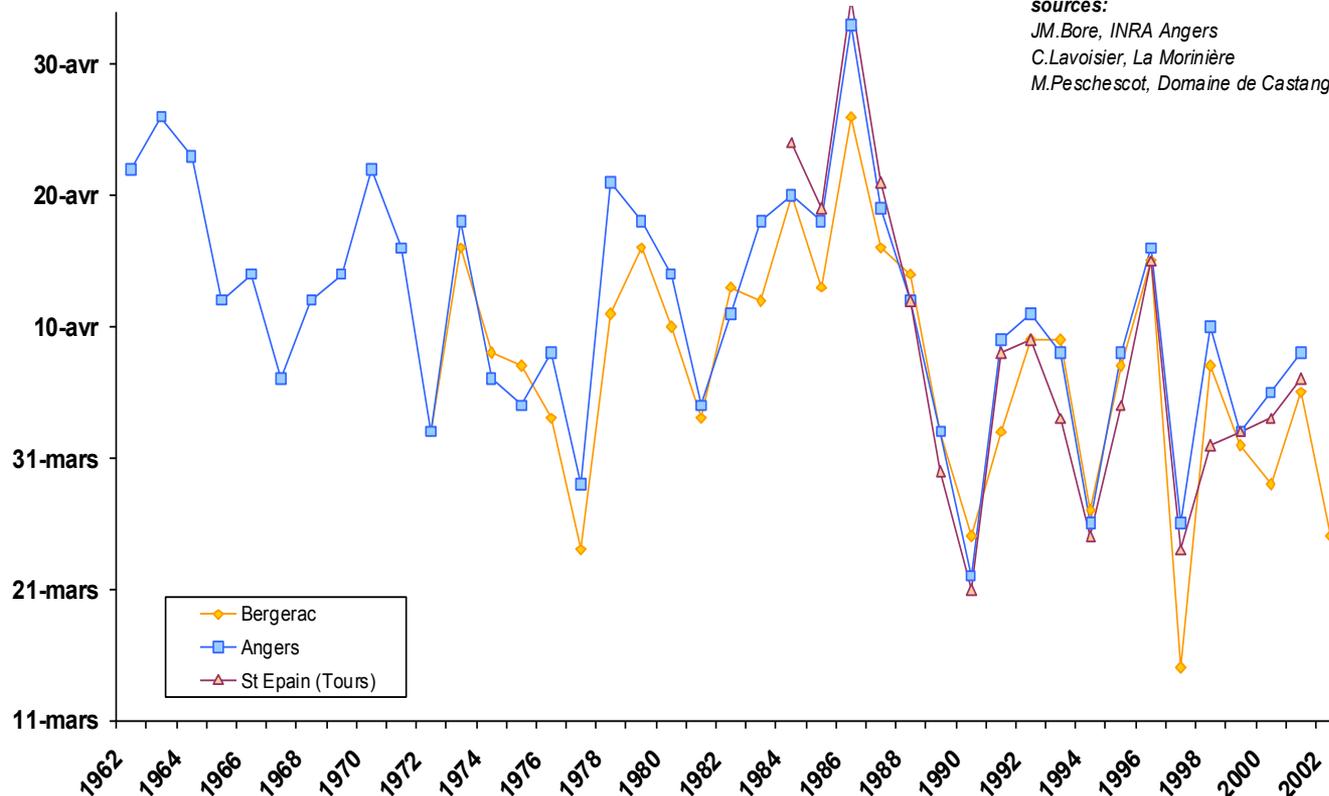
Evolution observée de l'humidité moyenne du grain à la récolte du maïs sur un panel d'exploitations de Poitou-Charentes.
Données : Coop de France Poitou-Charentes.



Dates de Floraison de la poire Williams



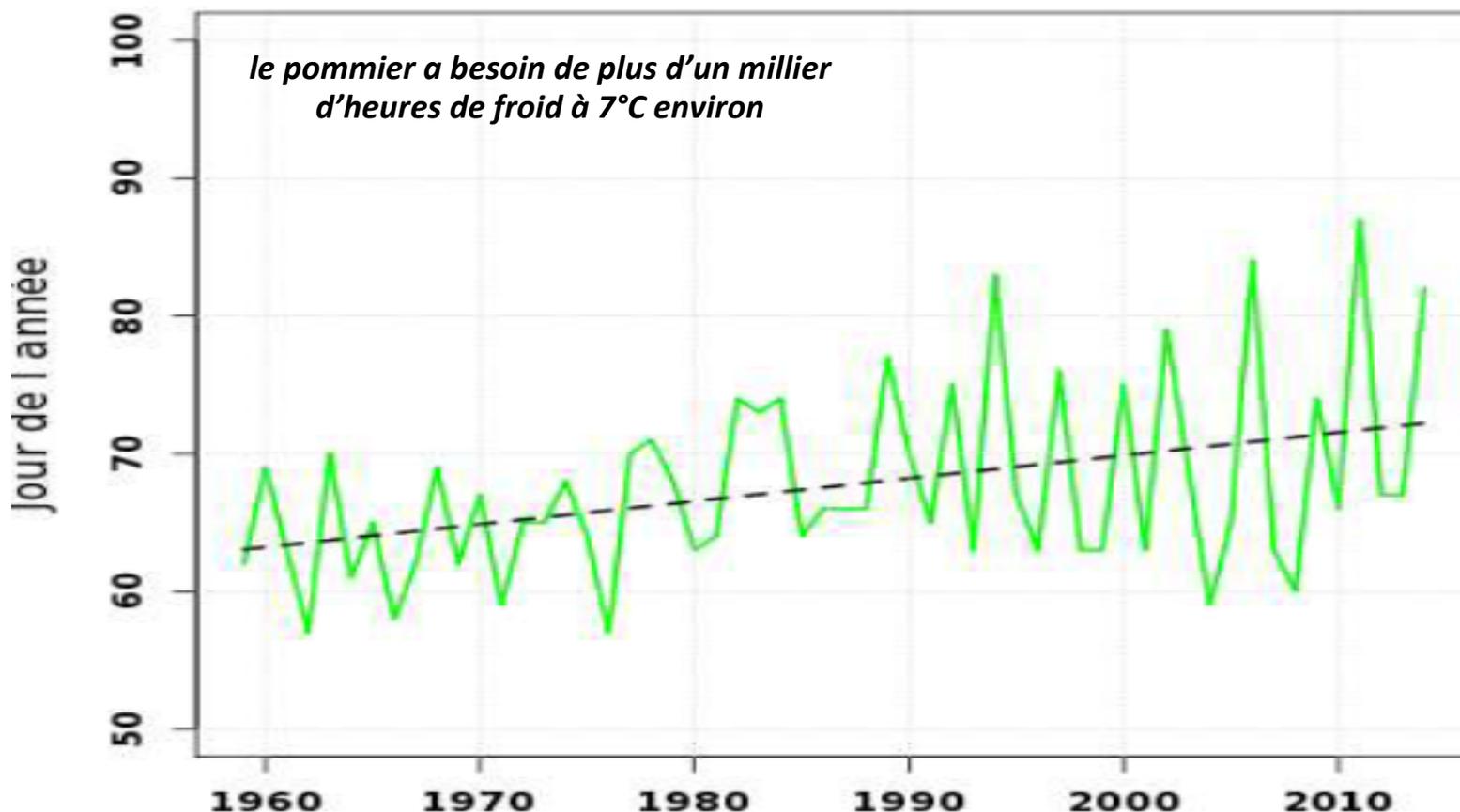
INRA Phenoclim



Causes: réchauffement printanier

Dates de levée de dormance (fin de la vernalisation) du pommier à Niort

Evolution observée de la date de
levée de dormance du pommier à Niort (79).
Source : ORACLE^{Poitou-Charentes}
Données : Météo France / SQR.



Cause: pas assez de froid pendant la période de dormance

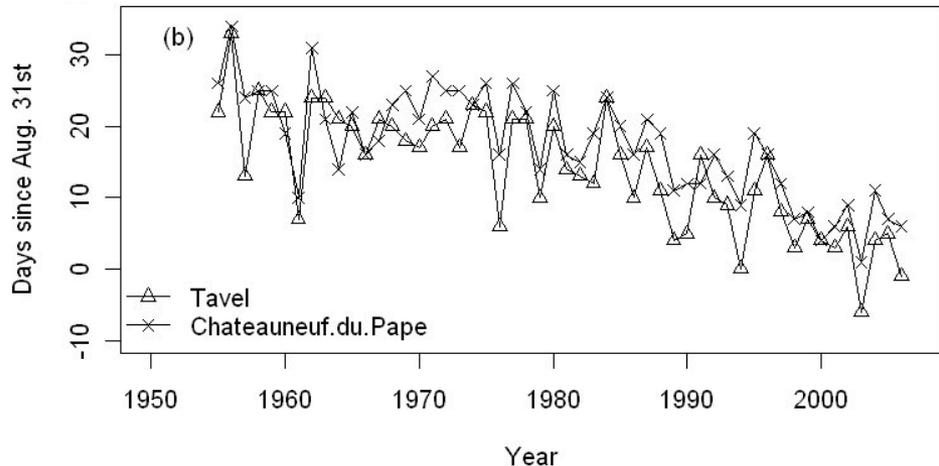


Phénologie – Dates de vendanges

Iñaki Garcia de Cortazar Aauri (INRA AGROCLIM), comm. Pers.

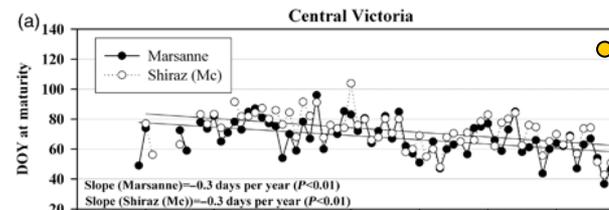
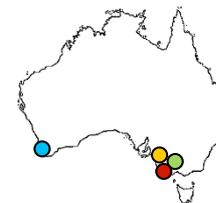
<http://phenoclim.org/fr>

Château neuf du Pape & Tavel

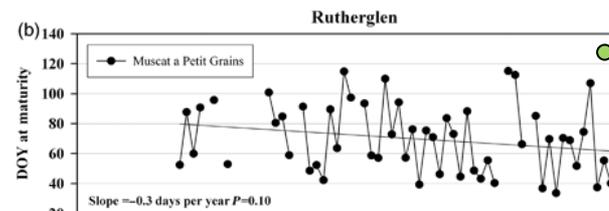


-30 jours en 50 ans

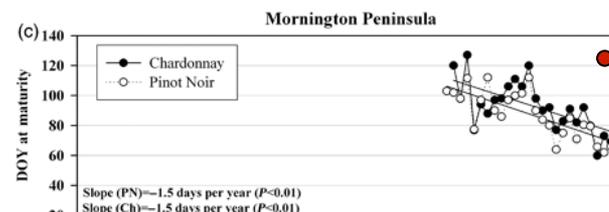
**Différences entre les sites,
les types des vins et
les variétés**



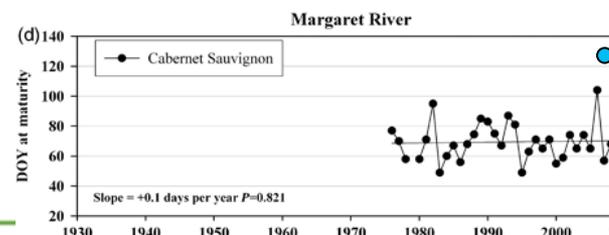
-30 jours en 70 ans



-20 jours en 70 ans



-40 jours en 25 ans



Pas de changement

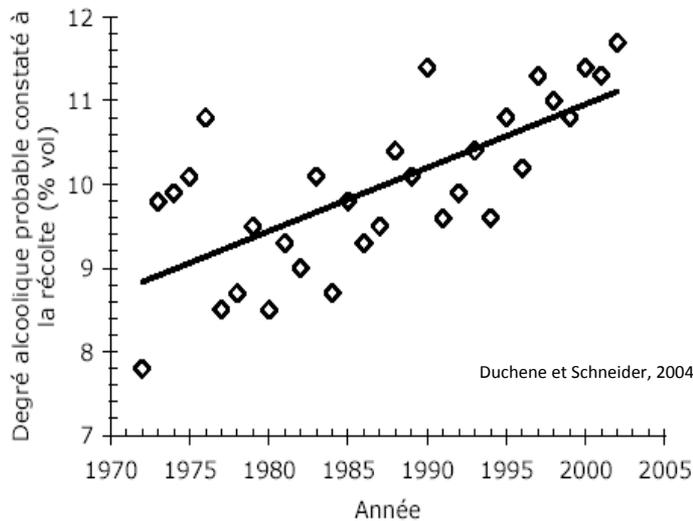


Qualité

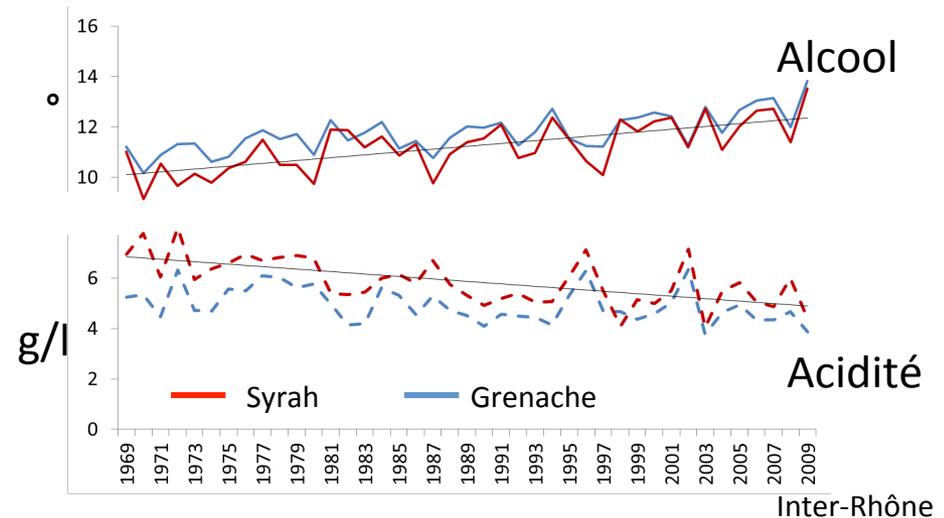
Iñaki Garcia de Cortazar Auri (INRA AGROCLIM), comm. Pers.

<http://phenoclim.org/fr>

Sucre - Riesling (Alsace)



Evolution Alcool et Acidité Grenache et Syrah - CdR



Sucre

Languedoc : +1° / 10 ans

Côtes du Rhône : +0.6° / 10 ans

Val de Loire : +0.5 - 1° / 10 ans

Alsace : +0.9° / 10 ans

Acidité

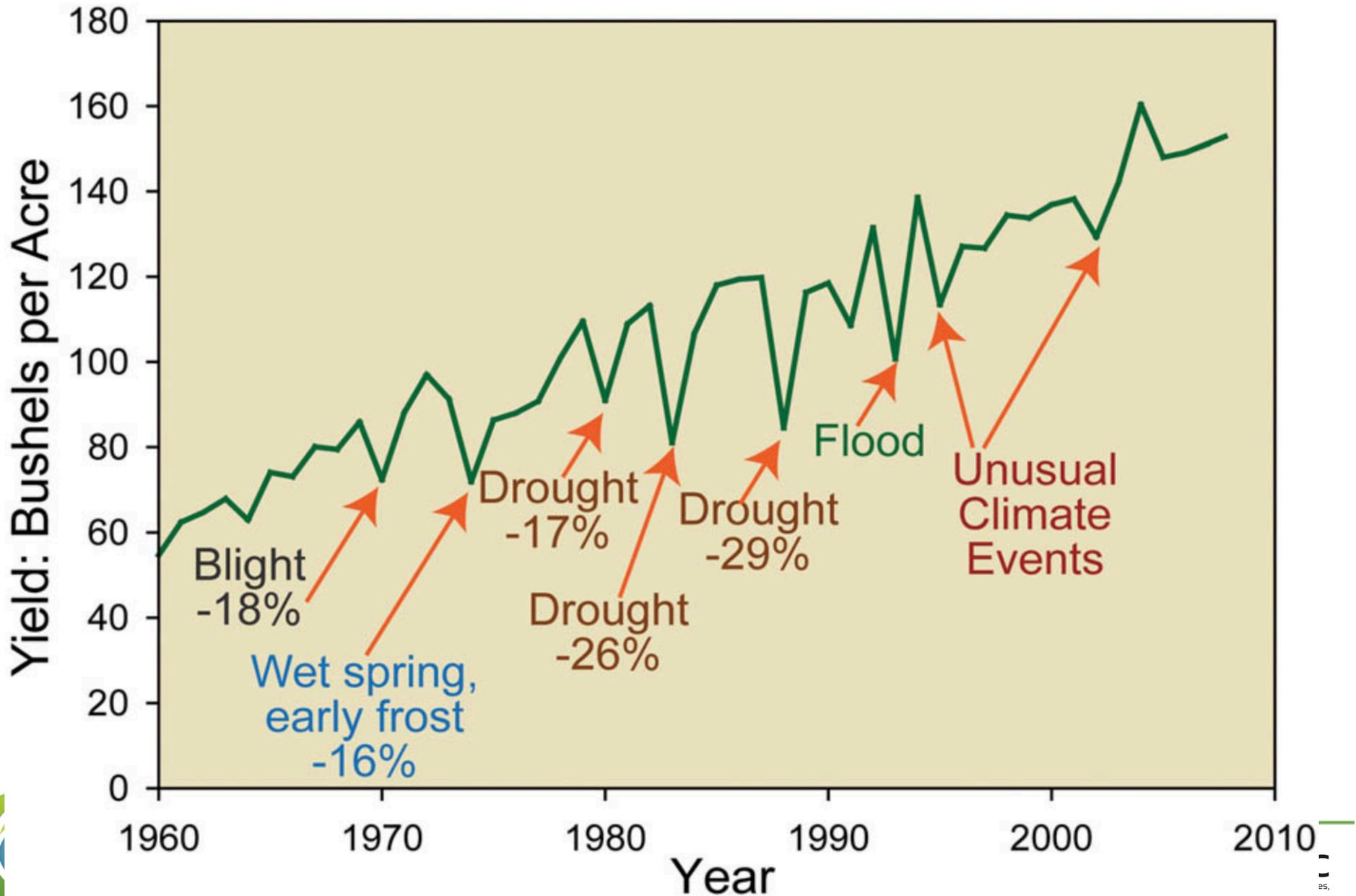
Val de Loire : -0.5 – 1g/L / 10 ans

Côtes du Rhone : -0.5 g/l – 10 ans



Evolution des rendements du maïs aux USA

Mise en évidence des chutes de rendement liées à des événements météorologiques extrêmes



Evolution des rendements du maïs aux USA

Mise en évidence des chutes de rendement liées à des événements météorologiques extrêmes



- Liens Climat / Agriculture
- Le climat est déjà visible dans le secteur agricole
- **Quel/s futur/s pour la production Agricole?**
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- L'agriculture peut en retour influencer le climat



Pour anticiper le futur: la modélisation

Il existe essentiellement 2 méthodes pour calculer les impacts du changement climatique sur les grandes cultures

Methodes	Stratégies	Variables produites et étudiées
Statistiques	Corrélations entre quelques variables climatiques (température, précipitations, CO ₂), et le rendement	Le rendement
Modèles de cultures	Basés sur la connaissance du fonctionnement des cultures → modèles mécanistes basés sur les connaissances scientifiques	Toutes les variables donnant l'état des cultures et des sols au cours du cycle cultural + Le rendement



Pour anticiper le futur: la modélisation

Methodes	Avantages	Inconvénients
Statistiques	<p>Faciles d'utilisation; En général meilleurs résultats sur des situations passées.</p> <p>Utilisables un peu partout dans le monde.</p>	<p>Corrélations basées sur des conditions climatiques passées, observées → valables dans le futur?</p> <p>Pas d'autre variable que le rendement → le pourquoi des variations?</p>
Modèles de cultures	<p>Donnent accès à toutes les variables explicatives de l'évolution des rendements → Compréhension complète des changements</p>	<p>En général calibré pour des cultures particulières, en des lieux particuliers → pas toujours exportables, exploitables dans d'autres lieux géographiques</p>

Pour anticiper le futur: la modélisation

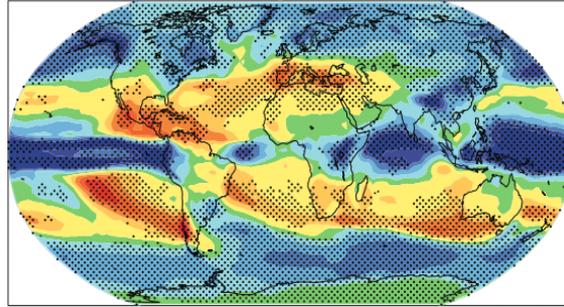
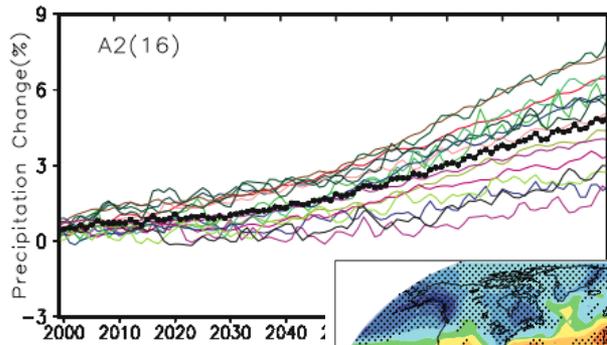
Methodes	Avantages	Inconvénients
St...	... → Elles nous donnent uniquement l'évolution des rendements potentiels climatiques	ées sur des iques s → ur? que le ment → le pourquoi des variations?
Modèles de cultures	Donnent accès à toutes les variables explicatives de l'évolution des rendements → Compréhension complète des changements	En général calibré pour des cultures particulières, en des lieux particuliers → pas toujours exportables, exploitables dans d'autres lieux géographiques

Aucune de ces méthodes ne tient compte de l'évolution des maladies, des ravageurs,

...

→ Elles nous donnent uniquement l'évolution des rendements potentiels climatiques

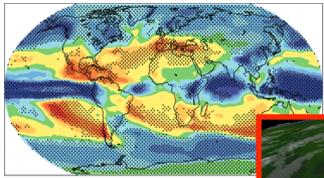
Ce que produisent les modèles globaux...



**Global,
continental,
jusqu'à ~200km**



La désagrégation



Désagrégation: faire le lien entre le climat grande-échelle et le climat local

Désagrégation dynamique:

- Modèles de climat simulant le climat local d'une région déterminée à résolution fine (10-50km)
- Reproduit toute la complexité

Impacts



La désagrégation



Impacts



Désagrégation statistique:

- Relations statistiques entre les variables à grande échelle et les variables locales

Désagrégation: faire le lien entre le climat grande-échelle et le climat local



- Liens Climat / Agriculture
- Le climat est déjà visible dans le secteur agricole
- **Quel/s futur/s pour la production Agricole?**
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- L'agriculture peut en retour influencer le climat

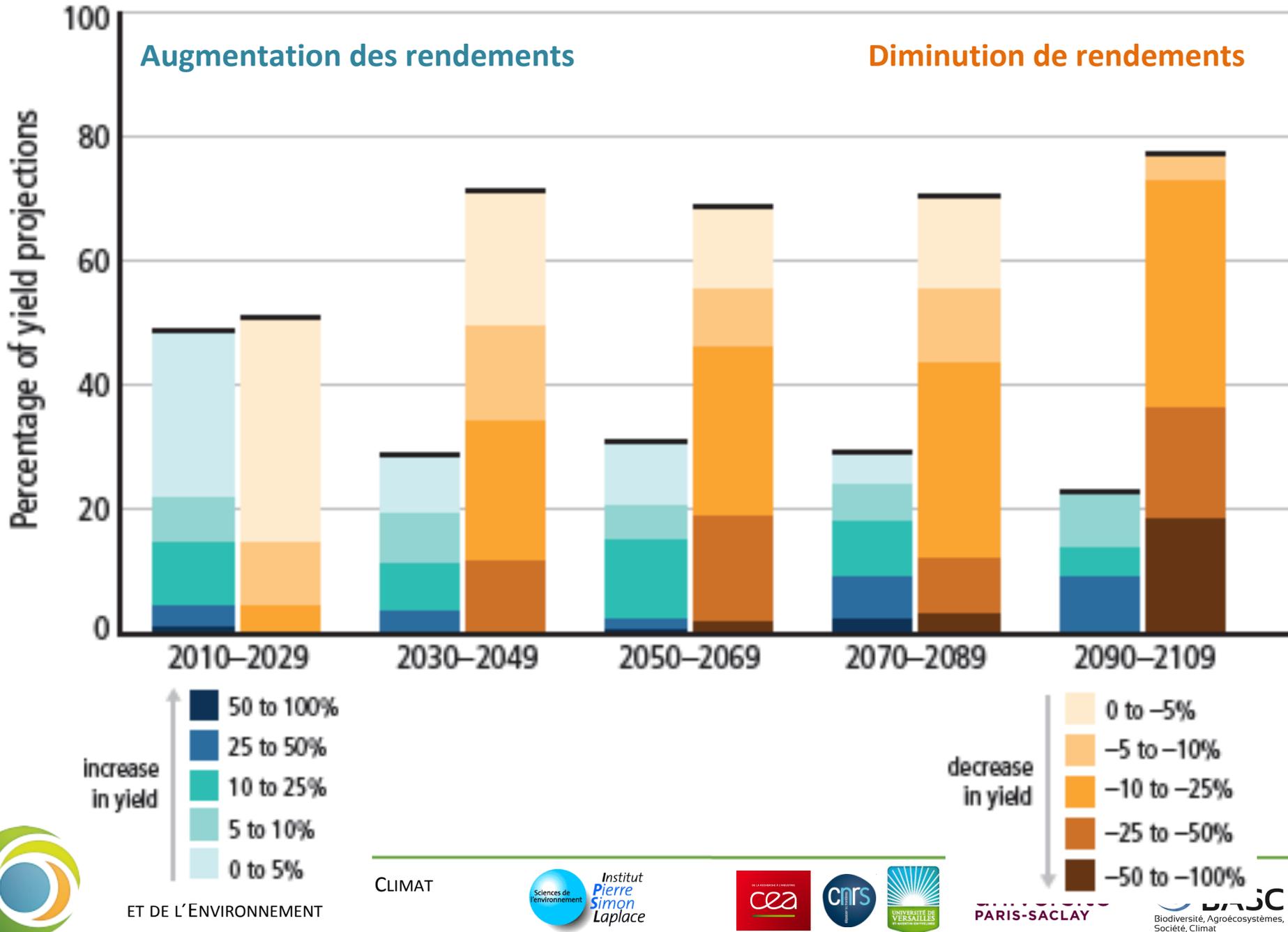


Dans le rapport du GIEC on trouve des informations très globales & indicatives

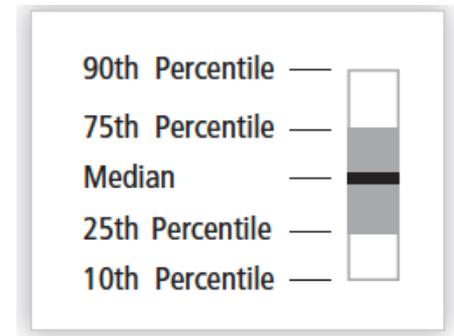
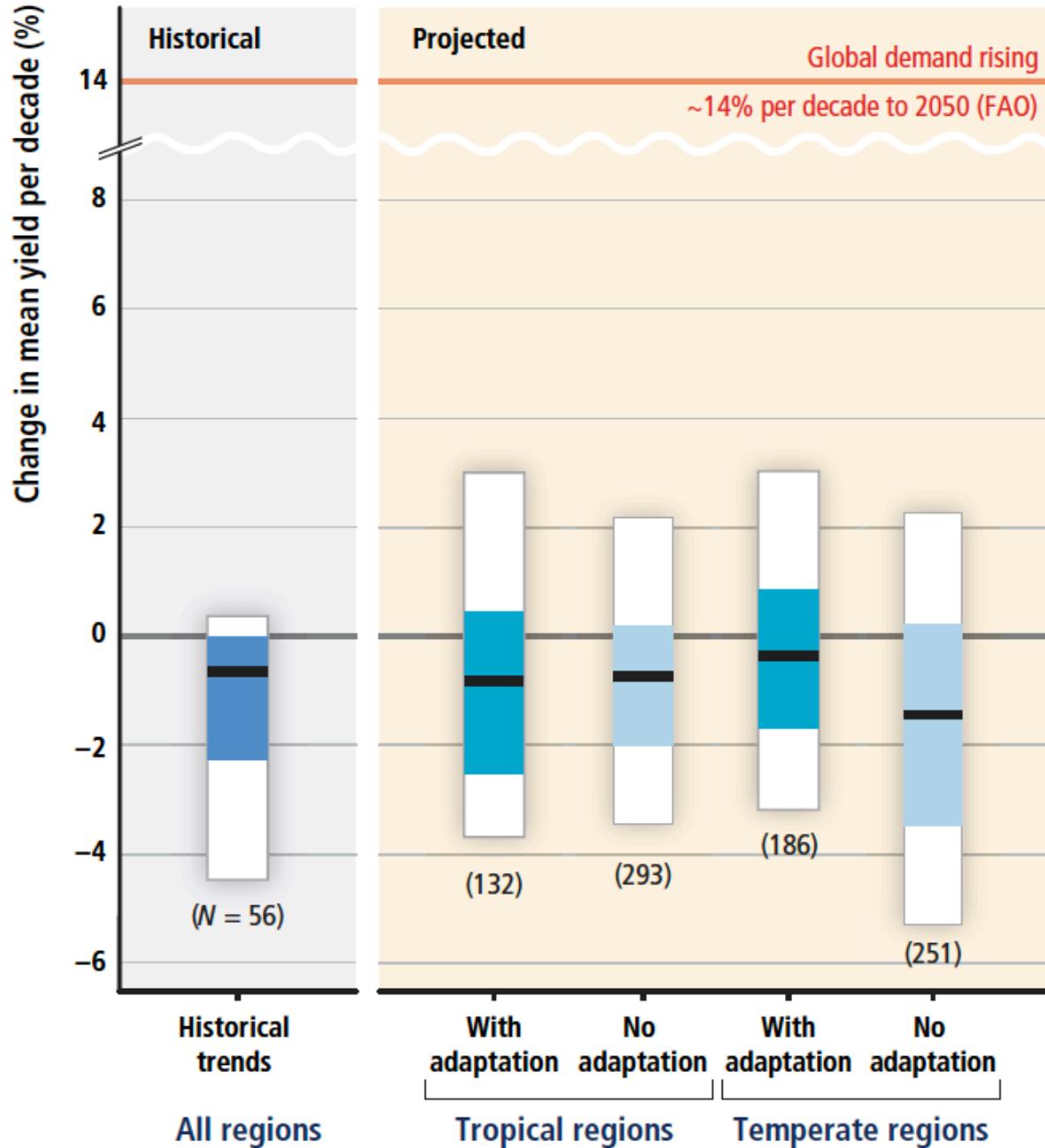
1. **Études** évaluant les impacts du changement climatique sur **l'agriculture concernent en général un très petit nombre de cultures**, et généralement celles qui ont **la plus grande valeur économique à l'échelle mondiale**
 - Blé, maïs, soja, riz
 - **On ne dispose donc pratiquement pas d'études sur l'ensemble du panier de la ménagère: sur les cultures maraîchères par exemple**
2. Pour les quelques grandes cultures économiquement dominantes, il existe **beaucoup d'études mais toutes très différentes les unes des autres → pas comparables.**

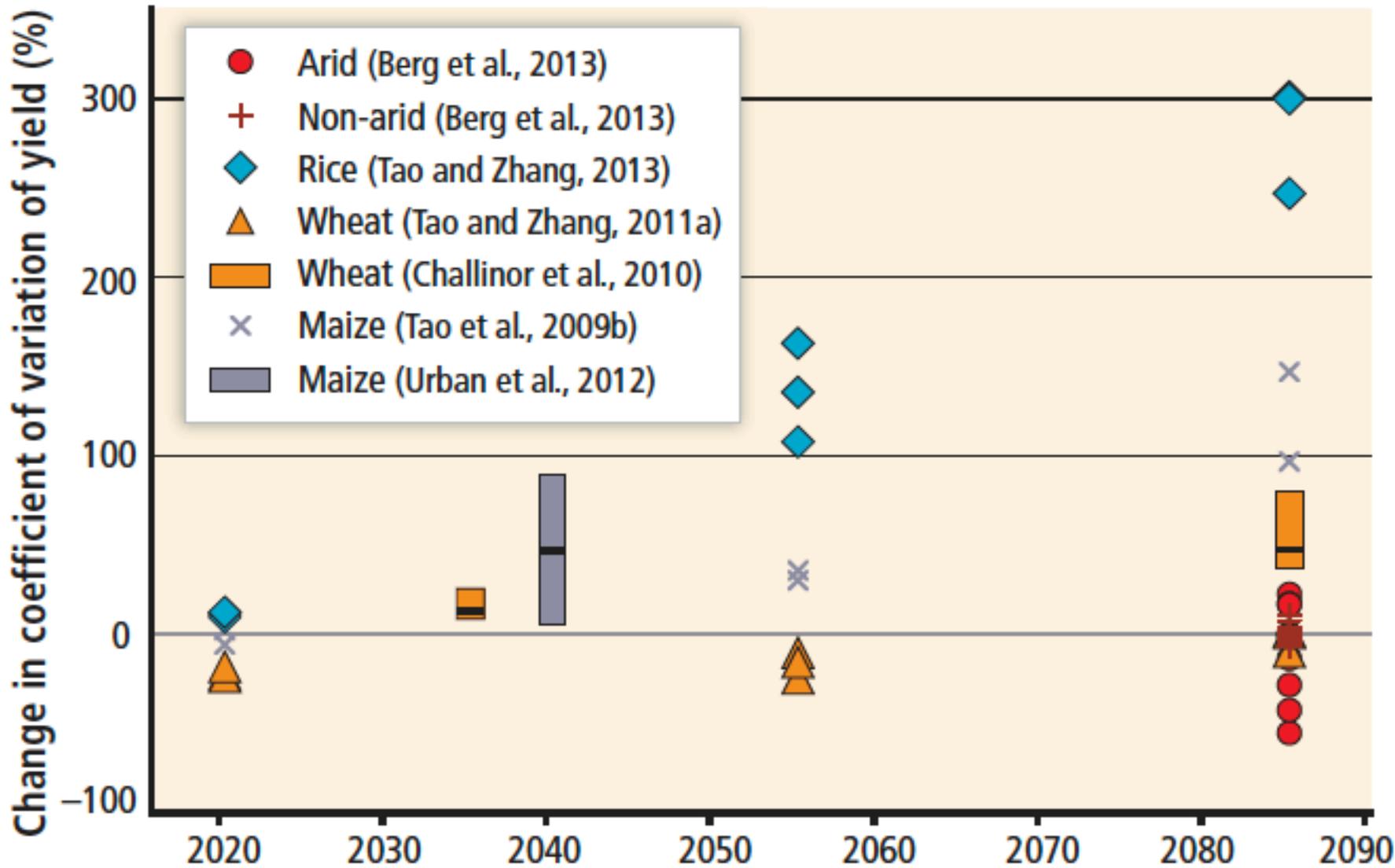


Evolution des rendements à l'échelle mondiale



(a) Impact of climate trend on mean crop yield



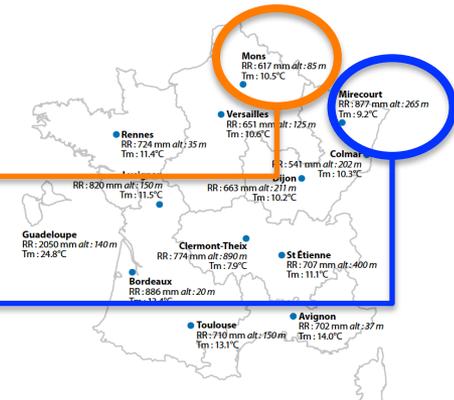


- Liens Climat / Agriculture
- Le climat est déjà visible dans le secteur agricole
- **Quel/s futur/s pour la production Agricole?**
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- L'agriculture peut en retour influencer le climat



Le maïs précoce dans le Nord-Est

Brisson & Levraut, 2012



Variété précoce de Maïs (Meribel)

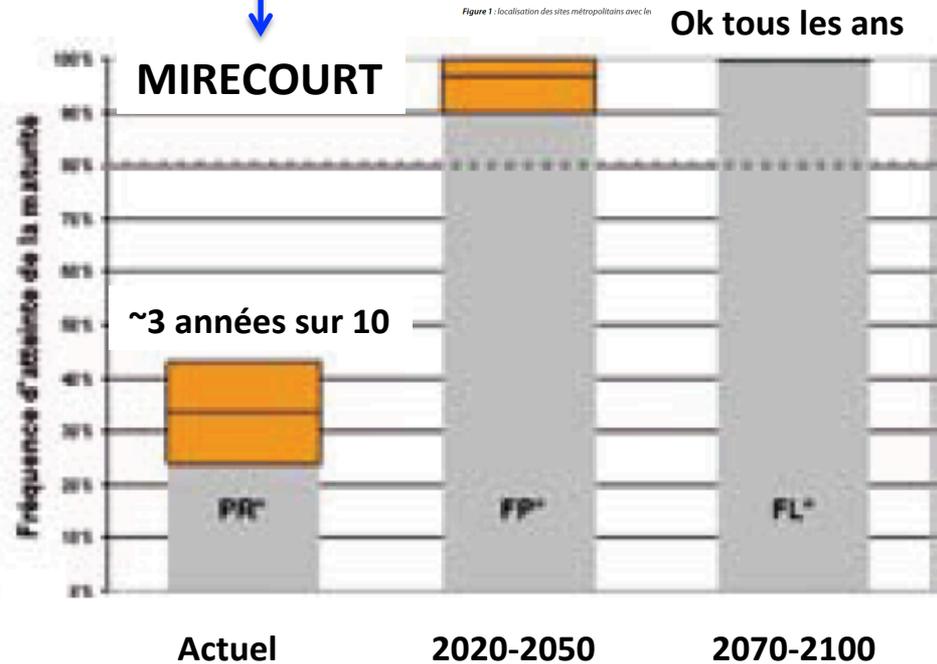
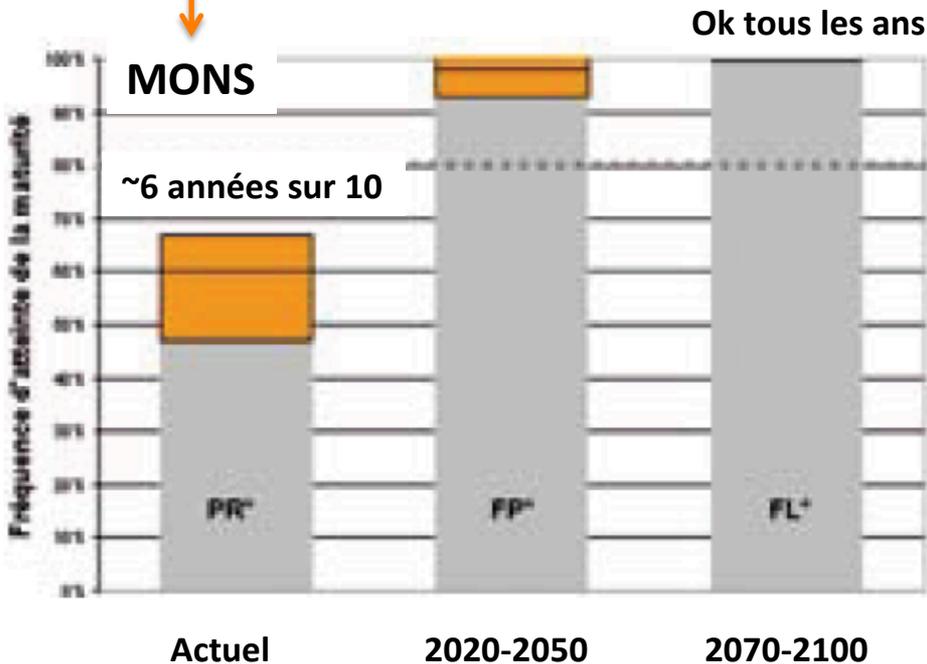
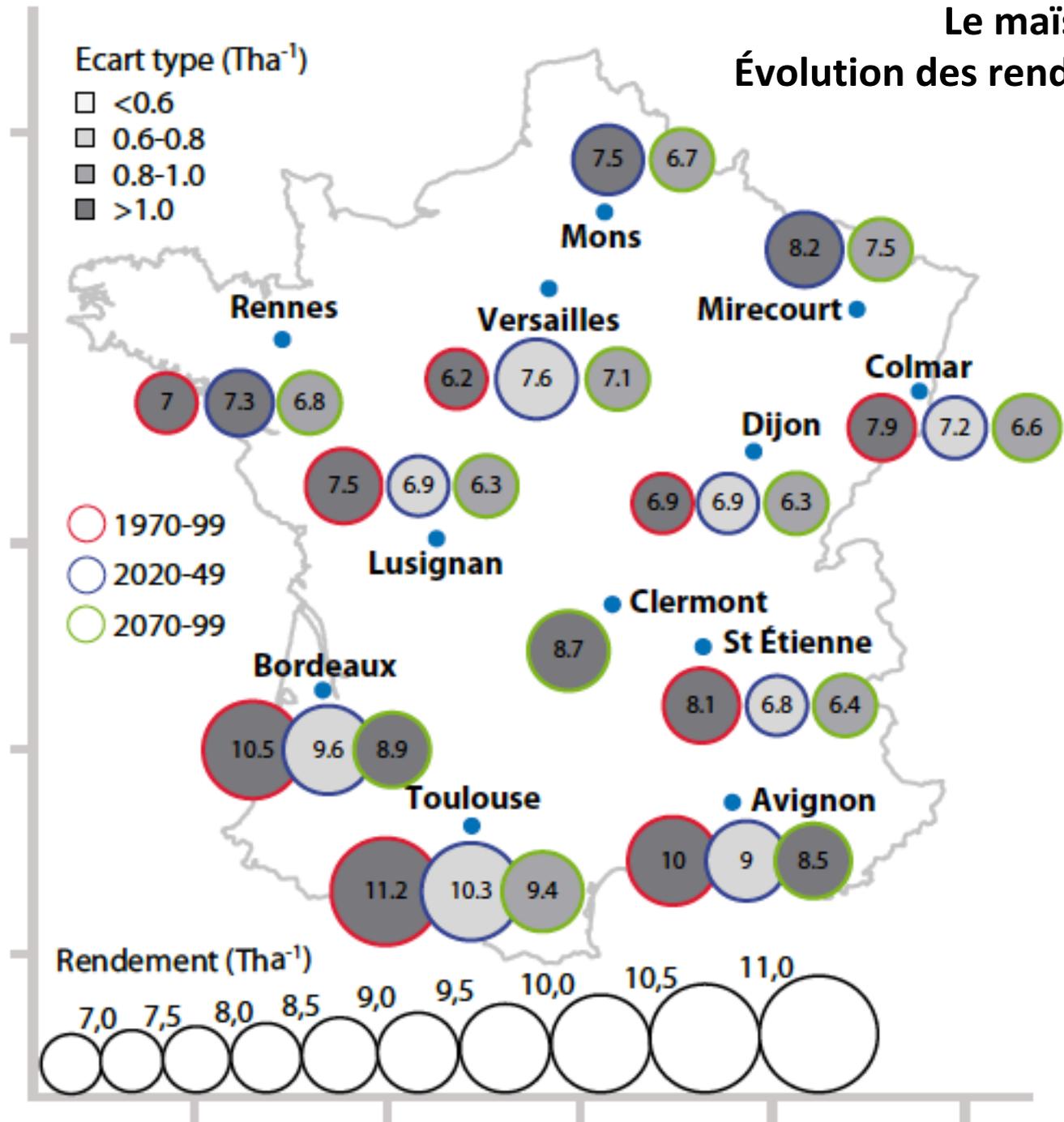


Figure 1: localisation des sites métropolitains avec les données associées





Brisson & Levraut, 2012

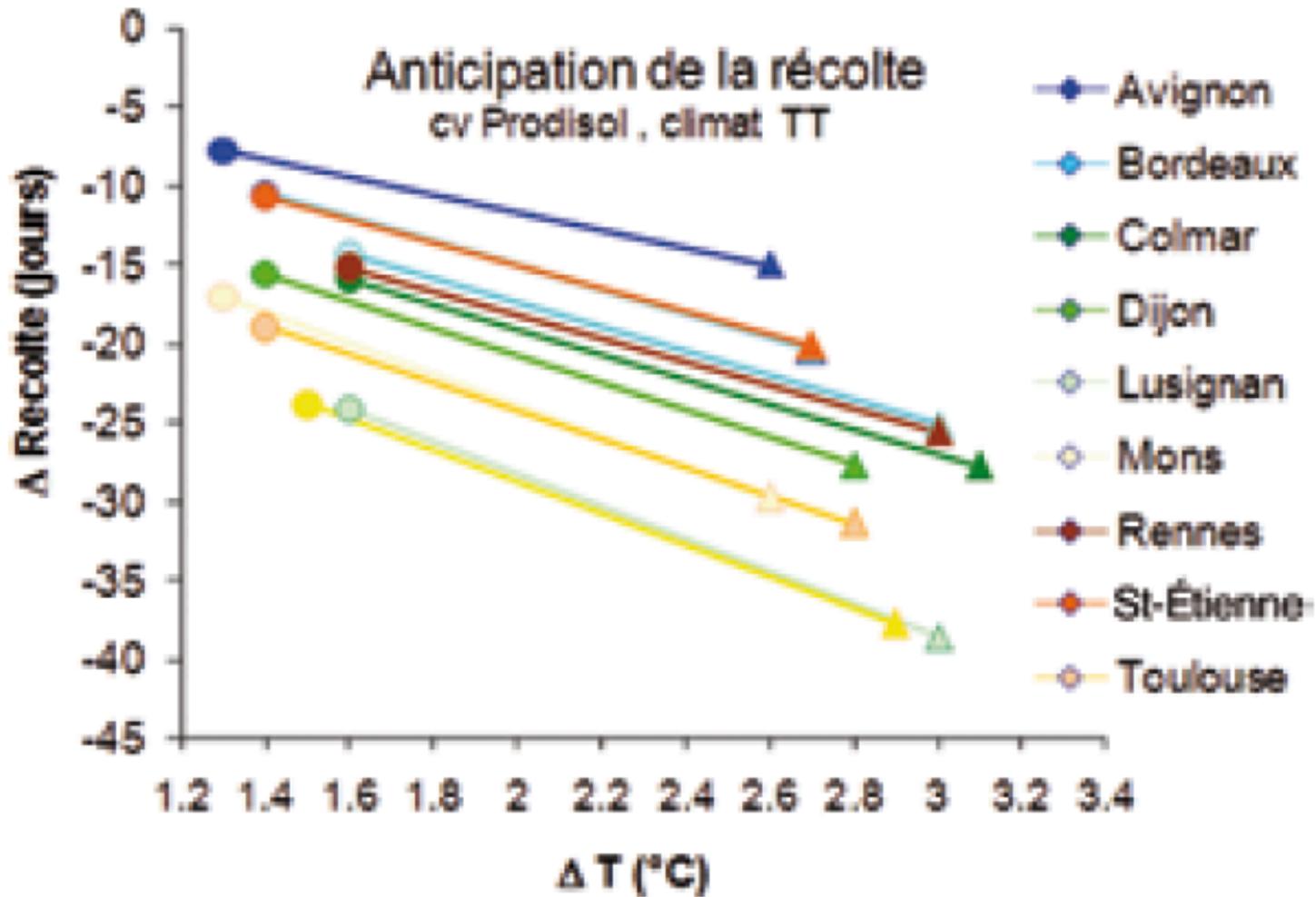
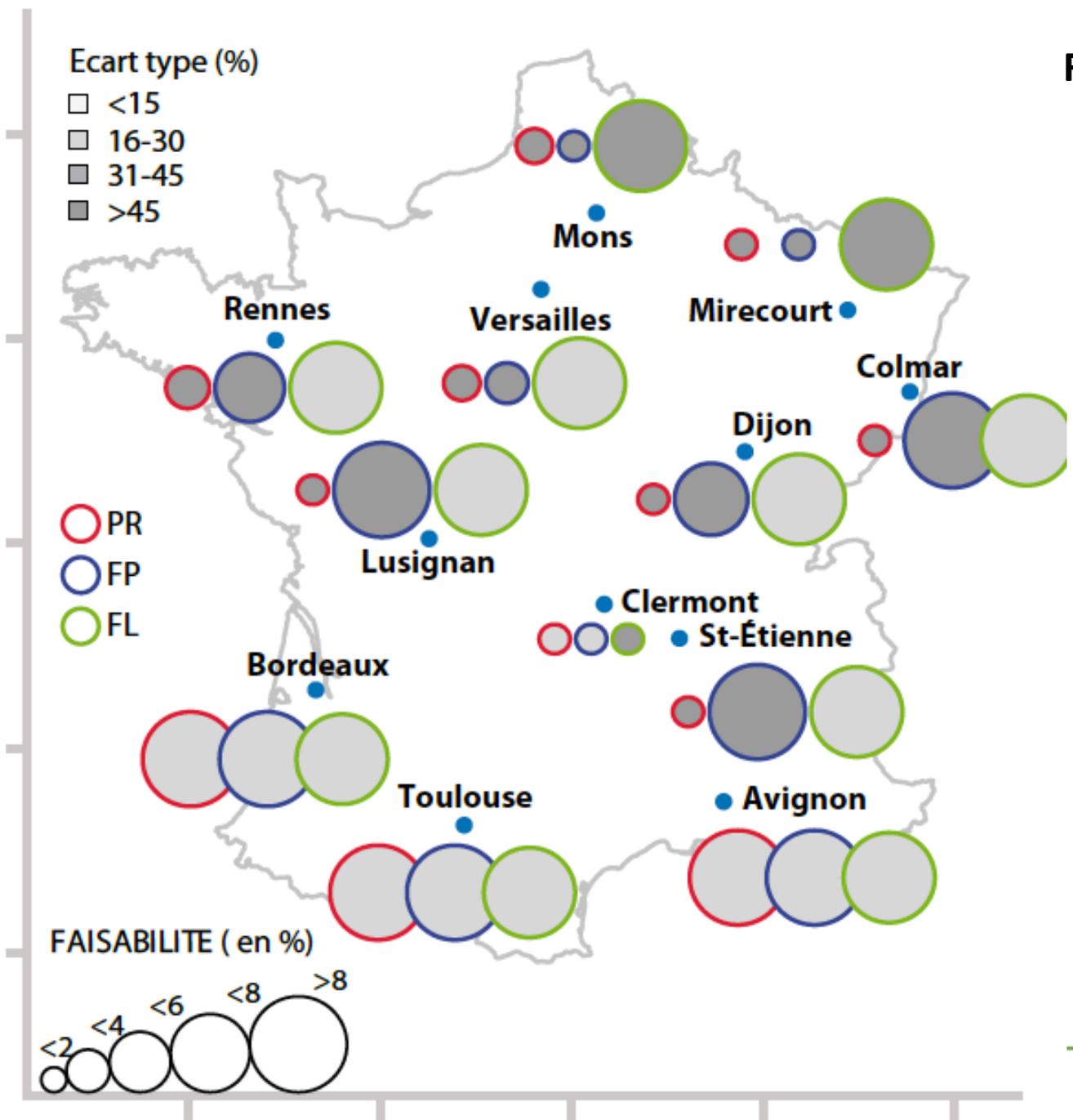


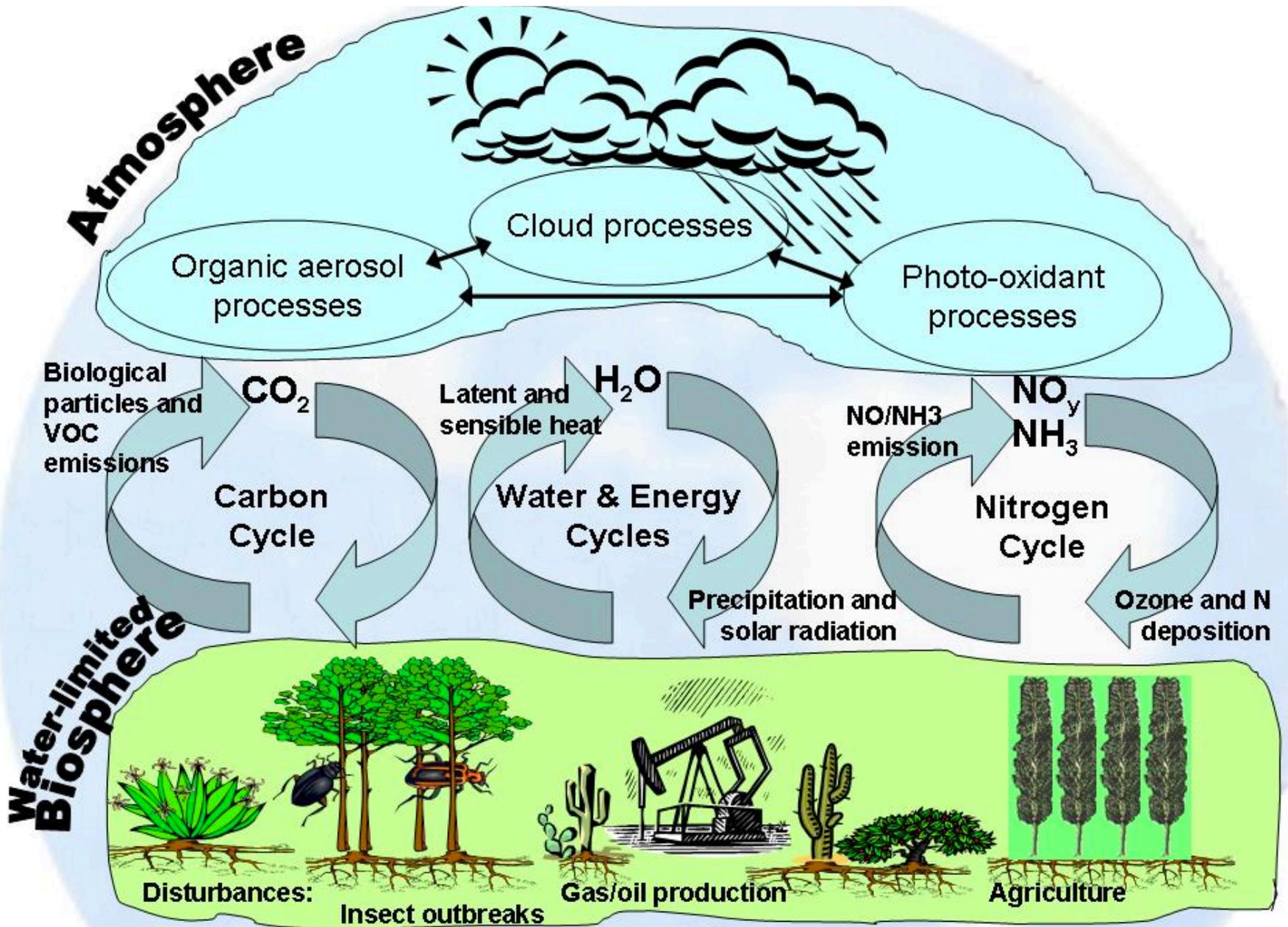
Figure 3 : anticipation de la récolte du tournesol (cv Prodisol) pour la méthode de régionalisation TT. Les ● correspondent à FP-PR et les ▲ à FL-PR



- Liens Climat / Agriculture
- Le climat est déjà visible dans le secteur agricole
- Quel/s futur/s pour la production Agricole?
 - Les outils
 - Les projections à l'échelle mondiale
 - Quelques résultats à l'échelle nationale
- **L'agriculture peut en retour influencer le climat**



Il existe des échanges permanents entre surfaces et atmosphère



Quelques messages qui semblent robustes, issus de l'ensemble des études publiées

1. La durée de la saison de croissance de l'ensemble des cultures – le temps écoulé entre la germination et la maturité – diminue avec l'augmentation de la température
 - ✓ Pour nos latitudes tempérées cela pourrait entraîner, à terme, la possibilité d'avoir 2 cycles culturaux pendant une même année. C'est ce qui se produit déjà dans plusieurs pays comme certaines régions en Asie ou comme en Inde
2. Si la température pendant la floraison augmente trop fortement, alors le rendement risque de diminuer
 - ✓ Il faut donc, en termes d'adaptation, réfléchir à éviter que la floraison ait lieu pendant les périodes les plus chaudes de l'année
3. L'augmentation des températures induit une augmentation du stress hydrique pendant la période de croissance des cultures, car elle augmente l'évapotranspiration.
4. Les cultures comme le blé, le riz, le coton, le soja, la betterave à sucre, les pommes de terre, bénéficieront de l'augmentation de la concentration en CO₂ de l'atmosphère car ce sont des plantes en C₃



Quelques messages qui semblent robustes, issus de l'ensemble des études publiées

5. A contrario, le maïs, le sorgho, la canne à sucre, ressentiront les effets du CC (température, pluviométrie) mais ne bénéficieront pas de l'augmentation du CO₂ atmosphérique car ce sont des plantes en C₄
6. On sait que les insectes herbivores et leurs prédateurs ne répondent pas à la même vitesse à l'augmentation de la température, ni de la même façon. On s'attend donc potentiellement à des changements très importants des stress biotiques, sans toutefois savoir comment ces changements vont se produire.
7. De nombreuses études montrent une diminution de l'efficacité des herbicides avec le changement climatique. Les mauvaises herbes développent plus fortement leur système racinaire avec l'augmentation du CO₂ atmosphérique ce qui dilue l'herbicide et le rend ainsi moins efficace!
8. Pratiquement aucune étude n'a pris en compte les évolutions liées à la fréquence des événements extrêmes. OR nous savons que ceux-ci peuvent impacter très fortement la productivité d'une année. Nous savons aussi que les événements extrêmes risquent d'être plus fréquents, et donc d'induire des différences de production très importantes d'une année sur l'autre



Quelles que soient les mesures d'adaptation Elles rétroagissent sur le climat

