

Méthode générique d'évaluation des impacts du changement climatique sur la faisabilité des cultures

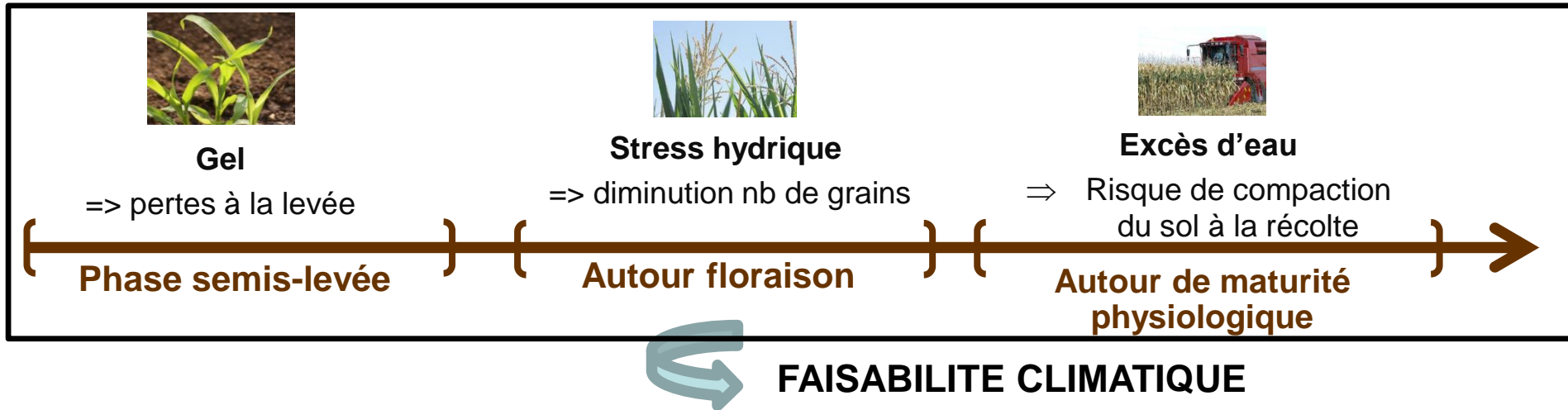
Julie Caubel, Anne-Charlotte Vivant, Iñaki García de Cortázar-Atauri, Frédéric Huard, Marie Launay, Nathalie de Noblet-Ducoudré



Contexte

- ❖ **Action de stress météorologiques** sur la culture pendant son cycle => **faisabilité climatique** de la culture en un endroit donné
- ❖ Importance de cibler l'action de ces stress pendant des **périodes phénologiques**

Exemples (sur maïs)



- ❖ Identification rapide des stress météo qui pourraient devenir problématiques ou au contraire diminuer dans une région donnée => caractérisation de la faisabilité des cultures dans une région donnée => **Amélioration des potentialités agricoles futures**

Méthode d'évaluation de la faisabilité des cultures





Méthode basée sur l'analyse inter-annuelle d'indicateurs écoclimatiques

Définition d'un indicateur écoclimatique

- ❖ Indicateur climatique calculé au cours d'une phase phénologique (ex: nb de jours de de stress thermique pendant le remplissage des grains)
- ❖ Calcul au cours de phases phénologiques dont le positionnement et la durée dépendent eux-mêmes du climat
- ❖ Fournit une information rapide sur un stress météorologique et son positionnement au cours du cycle cultural , ce stress affectant :
 - ❖ L'écophysiologie de la plante
 - ❖ La réalisation d'une pratique culturale

Méthode d'évaluation de la faisabilité des cultures

Effets climatiques caractérisés par les indicateurs

Processus écophysiologicals / Management		Stress météorologique
Ecophysiology	Croissance	Stress hydrique Excès d'eau Froid Gel Stress thermique Déficit rayonnement Conditions moyennes T 
	Qualité récolte	Stress thermique Amplitude thermique jour/nuit T nocturnes Excès d'eau Stress hydrique 
	Mortalité	Fortes pluies (verse) Vagues de chaleur Gel Sécheresse 
Nombre de jours disponibles pour semis, irrigation, etc		Excès d'eau (accès au champ) Vent forts (passage pesticides) 

Méthode d'évaluation de la faisabilité des cultures

Exemple d'utilisation d'indicateurs écoclimatiques



Nb vagues de x jours avec $T_{min} < \text{seuil}$
entre semis et levée

Gel

Mortalité des plantules

Nb/fréquence de jours avec $T_{max} > \text{seuil}$
pendant le remplissage des grains

Stress thermique

Remplissage des grains/fruits

Nb/fréquence de jours avec teneur en eau
du sol $>$ à celle à la capacité au champ
après maturité physiologique

Excès d'eau

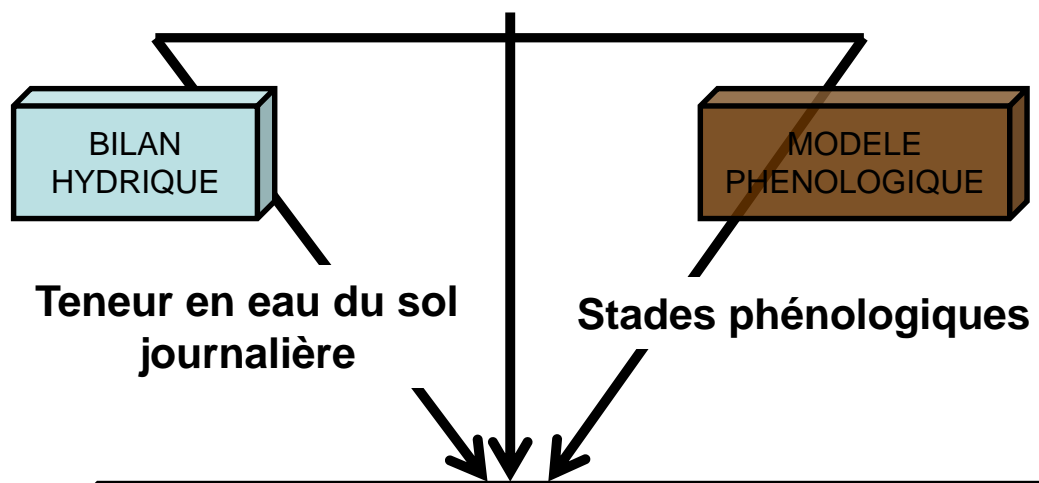
Conditions de récolte (risque de
tassement dû au passage d'engins)

Méthode d'évaluation de la faisabilité des cultures

Chaîne de calcul

A pas de temps journalier, à l'échelle du cycle cultural

Données climatiques journalières



FAISABILITÉ PHÉNOLOGIQUE ?



FAISABILITÉ DE LA CULTURE ?

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Climat passé et futur
(modèle ARPEGE, scénario SRES A2)

BILAN HYDRIQUE (Allen et al., 1998)
Sol: prof. = 140 cm, RU = 226 mm

MODELE PHENOLOGIQUE
GDD, Tbase = 6°C; semis = 10 avril;
1 variété courte

Teneur en eau du sol

Dates levée, stades 8 feuilles, floraison,
32% MS, maturité physiologique

FAISABILITÉ PHÉNOLOGIQUE ?

CALCUL D'INDICATEURS ECOCLIMATIQUES PENDANT LES PHASES PHENOLOGIQUES

FAISABILITÉ DE LA CULTURE ?

- Nb./Fréq. de jours de froid (Tmin < -1°C)
- Nb./Fréq. de vagues de gel (3 jours avec Tmin < -6°C)
- Nb./Fréq. de jours de stress thermique (Tmax > 35°C)
- Rayonnement solaire moyen
- Nb./Fréq. de jours avec réserve en eau < RFU
- Nb./Fréq. de jours avec teneur en eau > teneur en eau à FC

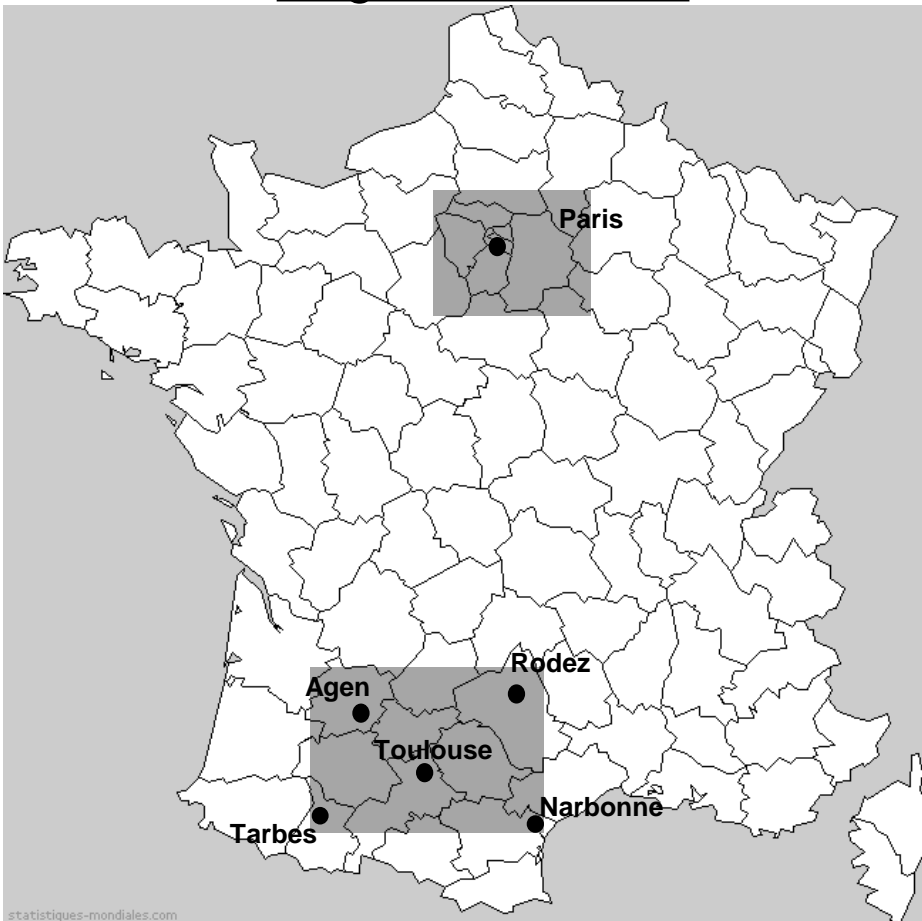
- **Froid**
- **Gel**
- **Stress thermique**
- **Déficit rayonnement**
- **Déficit en eau**
- **Excès d'eau**

- **Croissance/ mortalité**
- culture/pratiques**
- culture/qualité**

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Régions étudiées

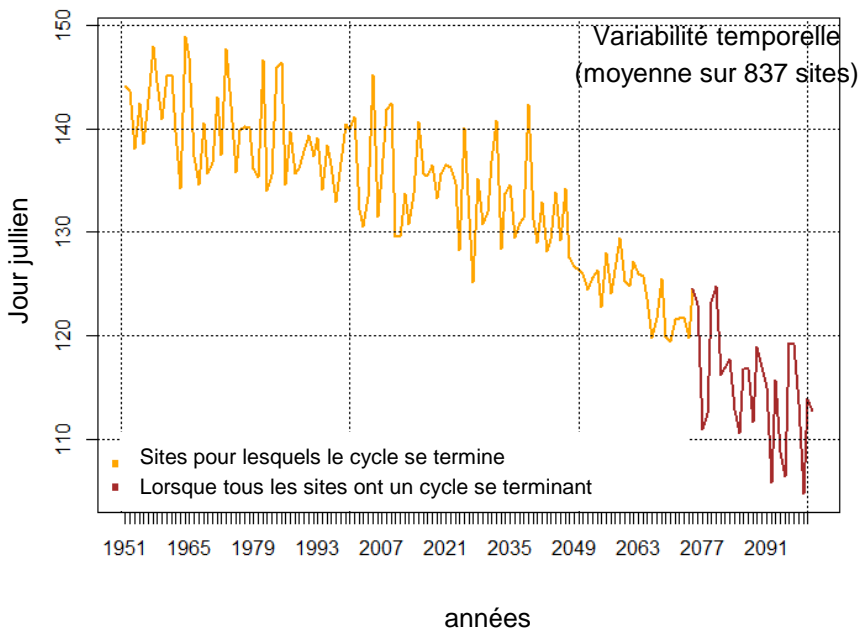


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France

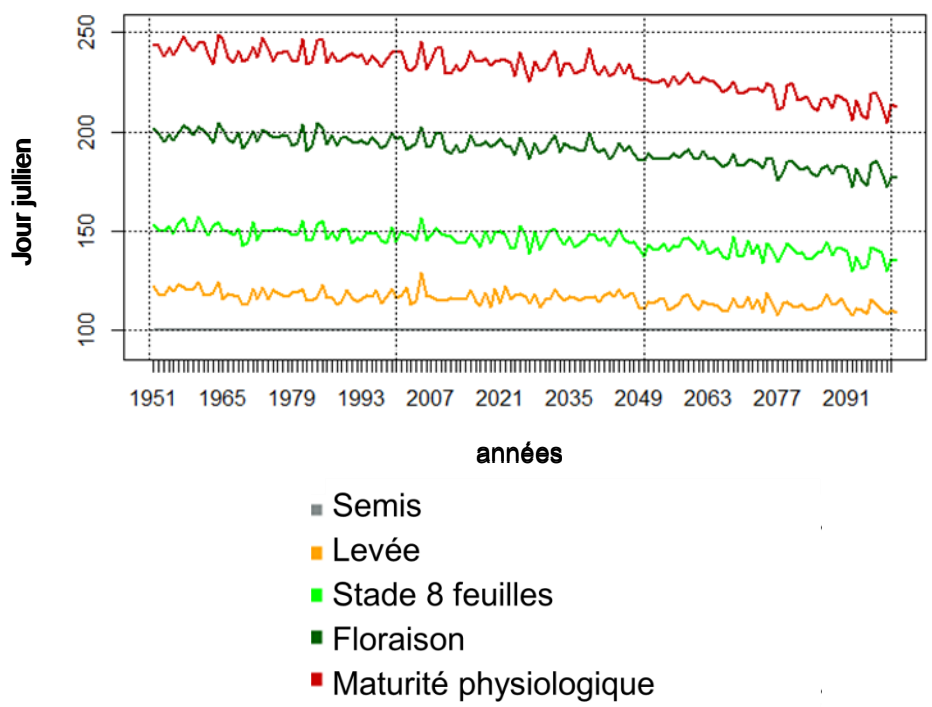


Evolution de la phénologie en Midi-Pyrénées

Longueur du cycle



Stades phénologiques

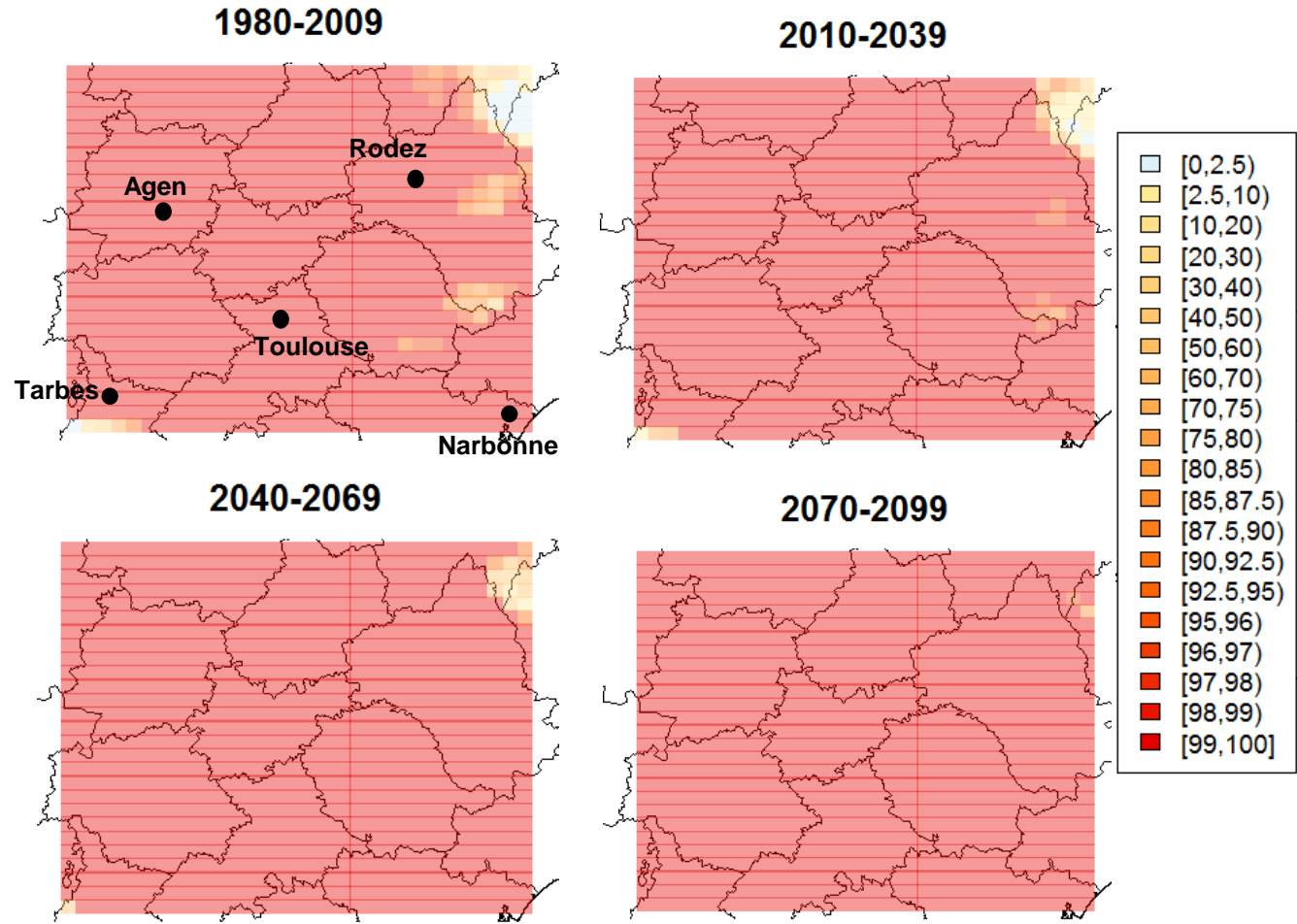


=> Avancement des stades et diminution de la longueur du cycle

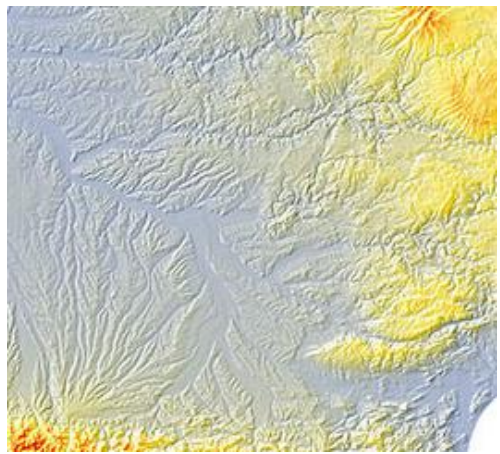
Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de la phénologie en Midi-Pyrénées Réussite du cycle (% sur 30 ans)



Carte du relief

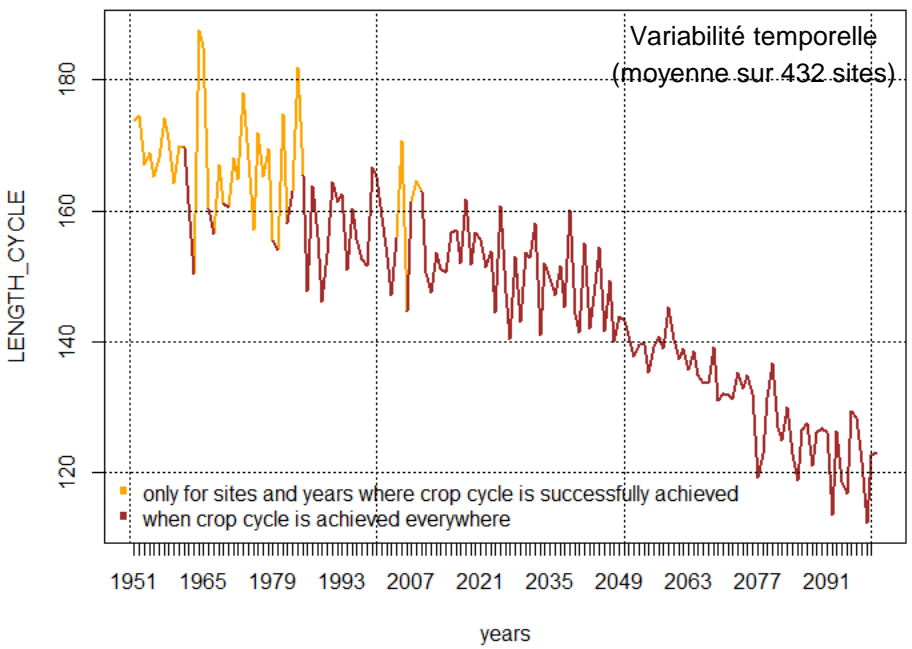


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France

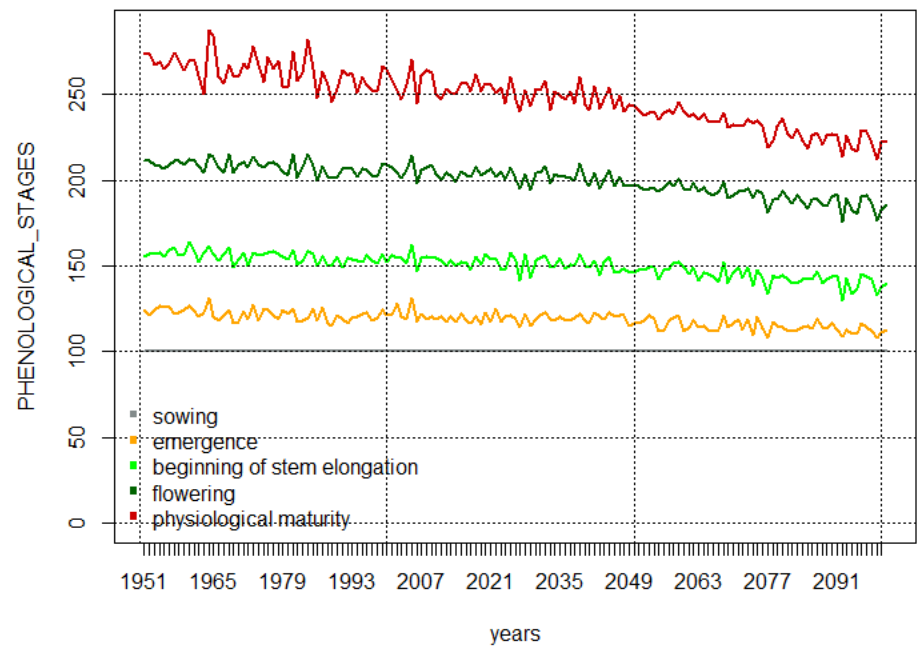


Evolution de la phénologie en Ile-De-France

Longueur du cycle



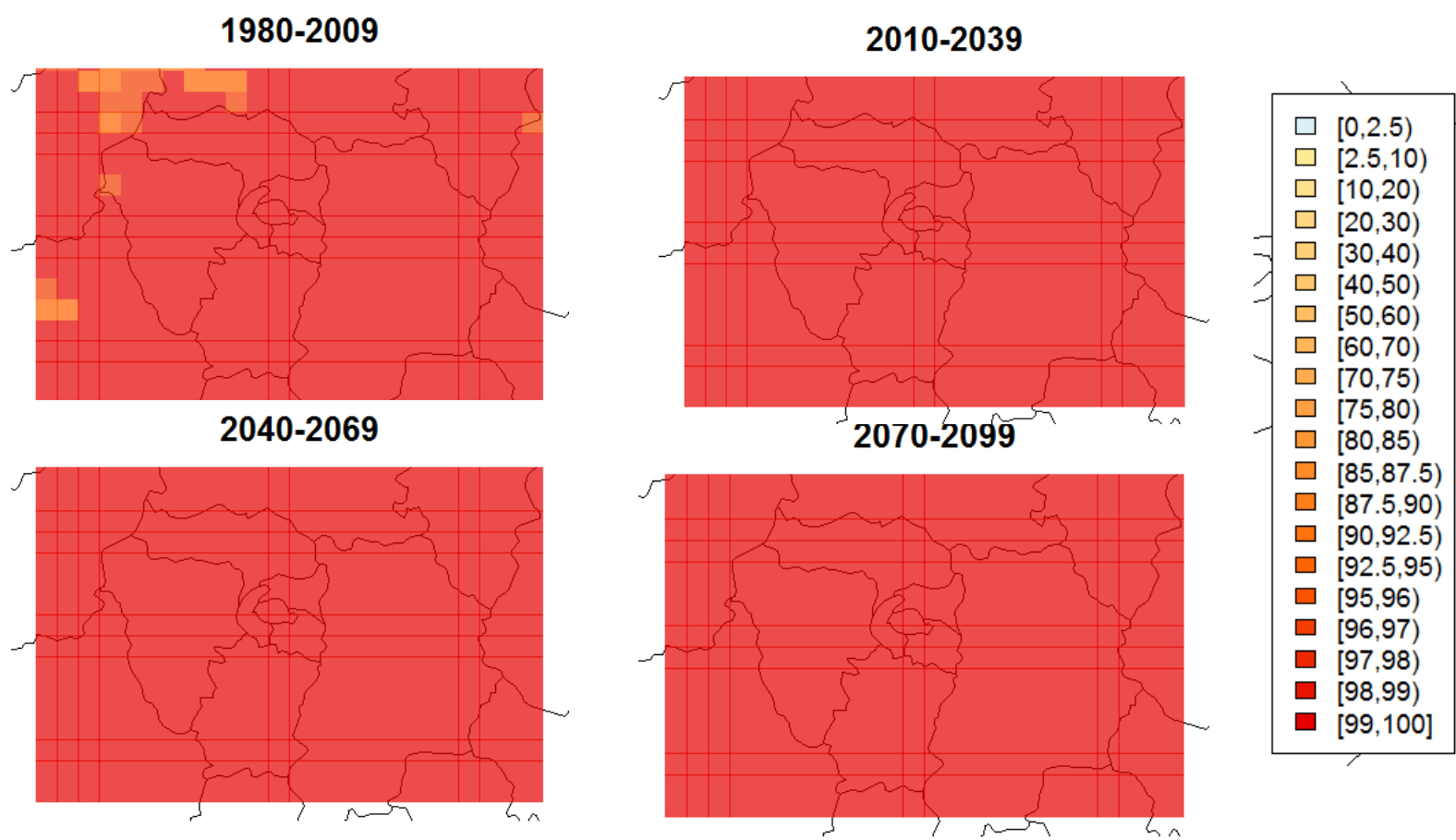
Stades phénologiques



=> Avancement des stades et diminution de la longueur du cycle

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France

Evolution de la phénologie en Ile-De-France Réussite du cycle (% sur 30 ans)



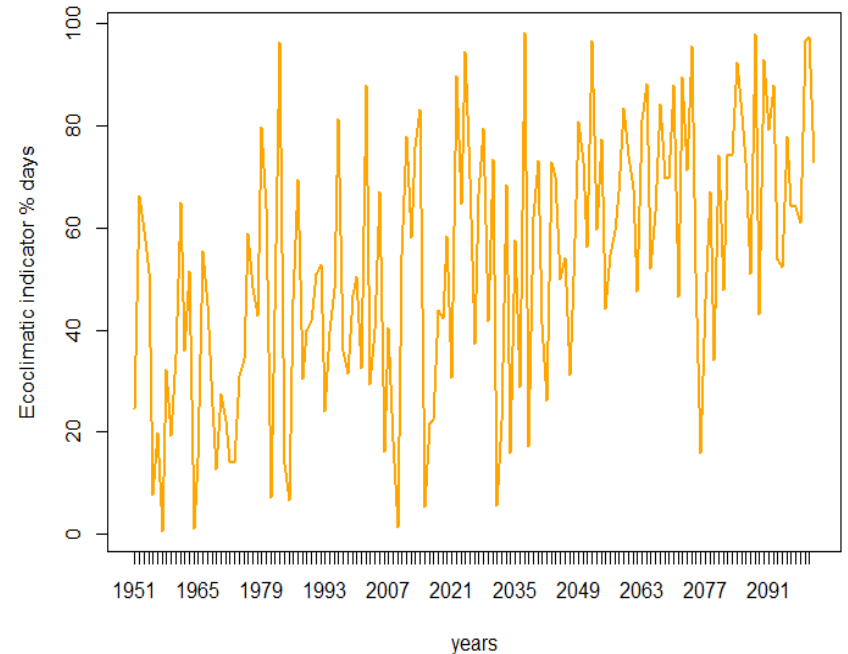
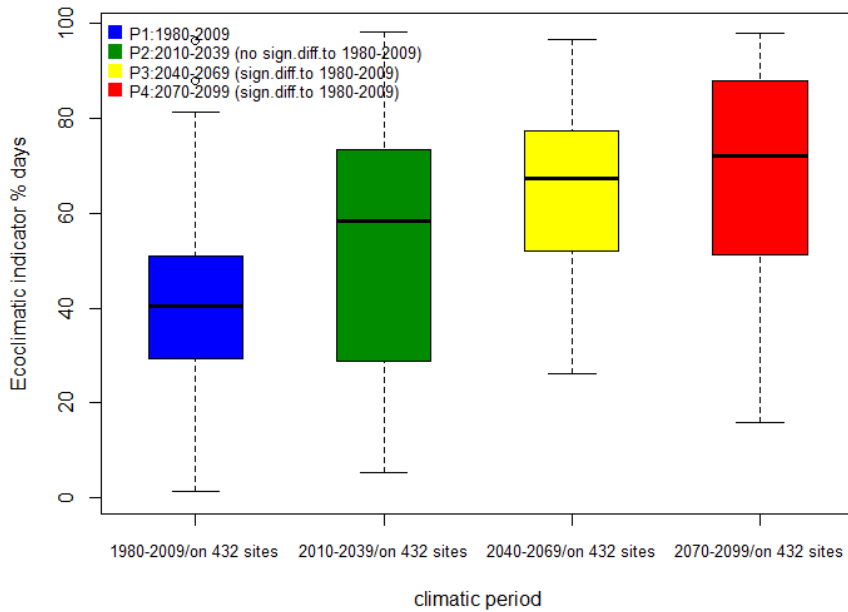


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France

Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en MP

Fréquence (%) de jours avec stress hydrique ($SWC < SWC_{seuil}$) entre levée et stade 8 feuilles
(stress hydrique sur croissance de la plante)

Variabilité temporelle (moyenne sur 837 sites)



=> Risque pour toute les périodes et augmentation sign. dans le futur « intermédiaire » pendant la croissance végétative

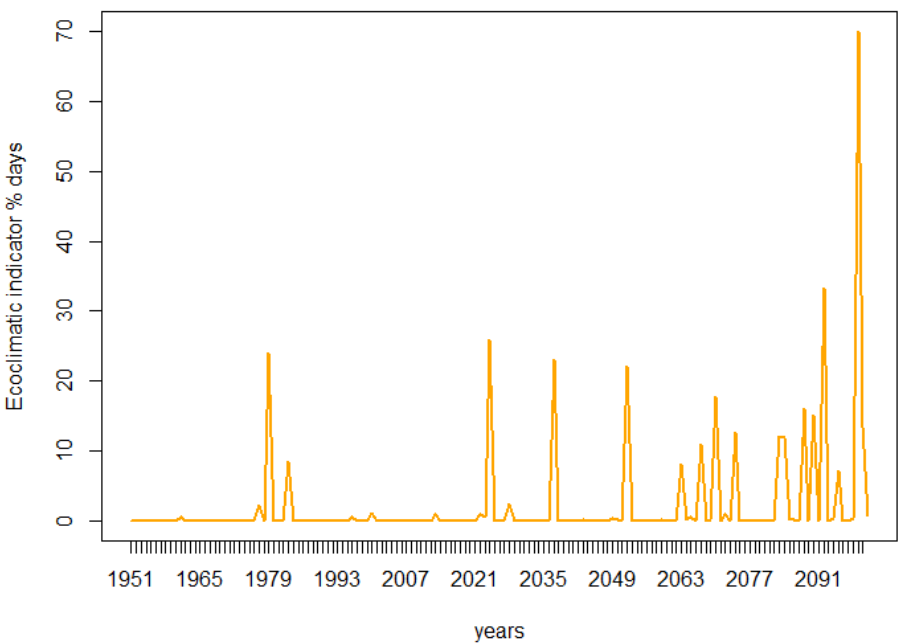
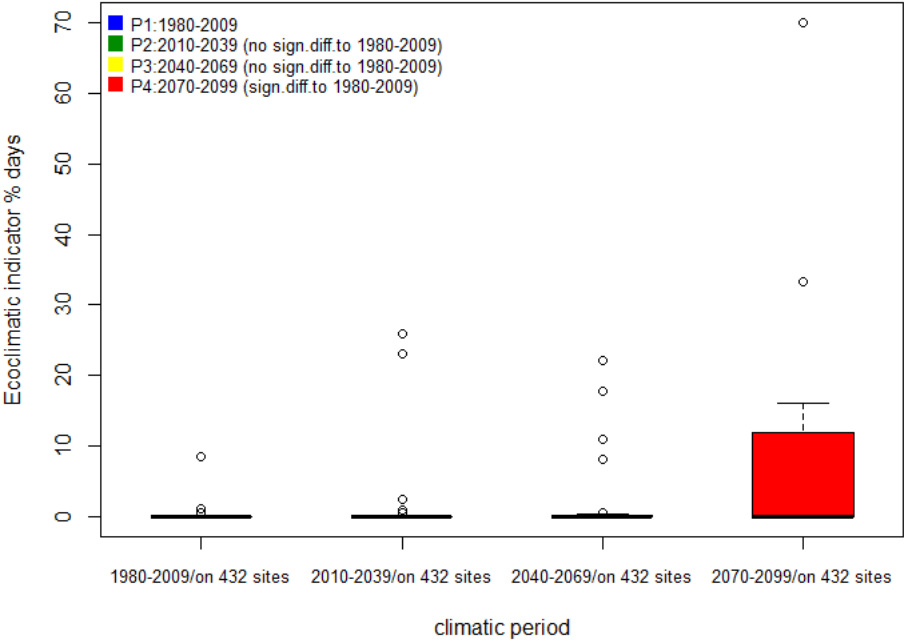
Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec stress hydrique entre stade 8 feuilles et méiose (croissance de la plante)

Variabilité temporelle (moyenne sur 432 sites)



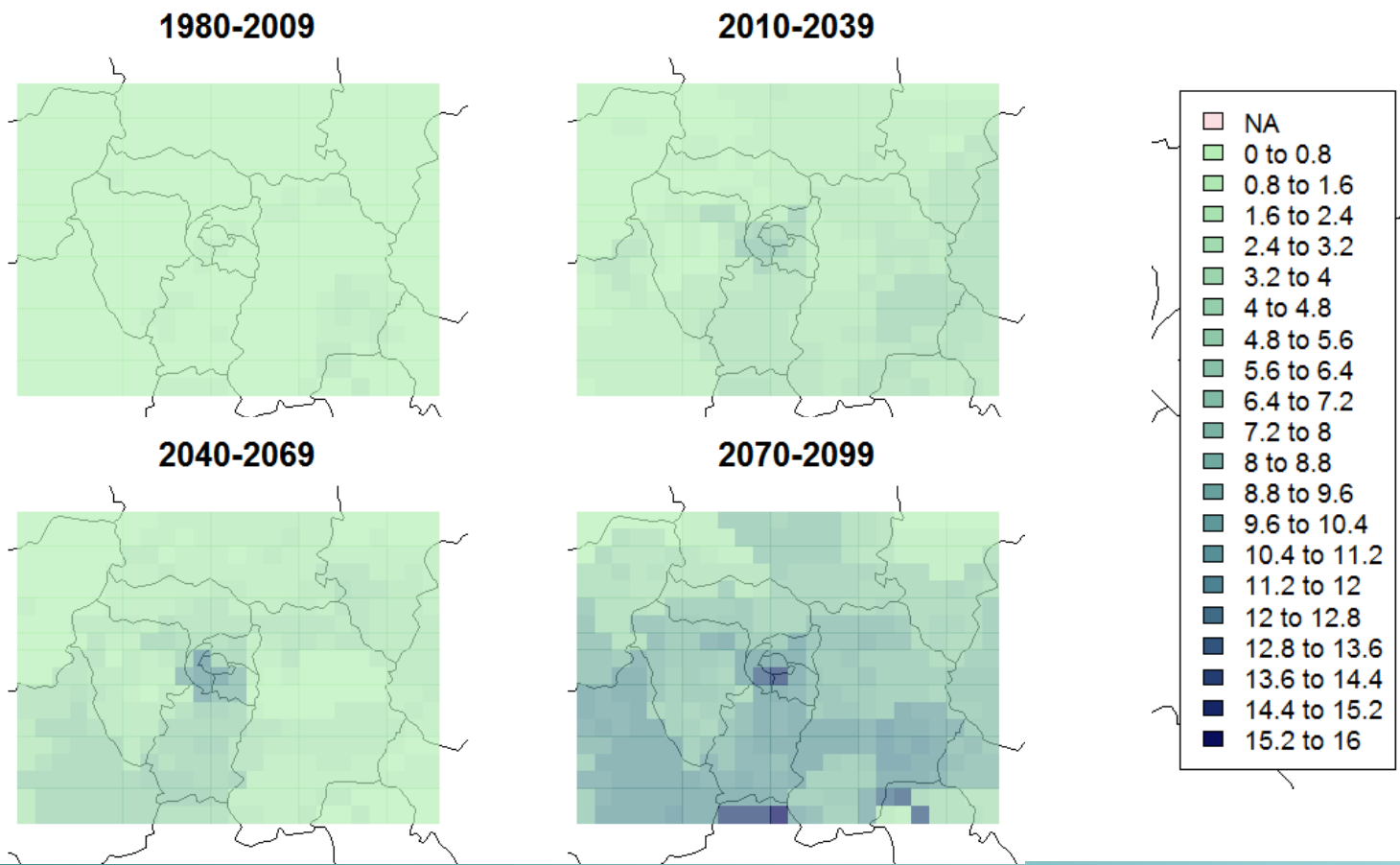
=> Apparition du risque de stress hydrique pendant la croissance végétative dans le futur lointain

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec stress hydrique entre stade 8 feuilles et méiose (croissance de la plante)

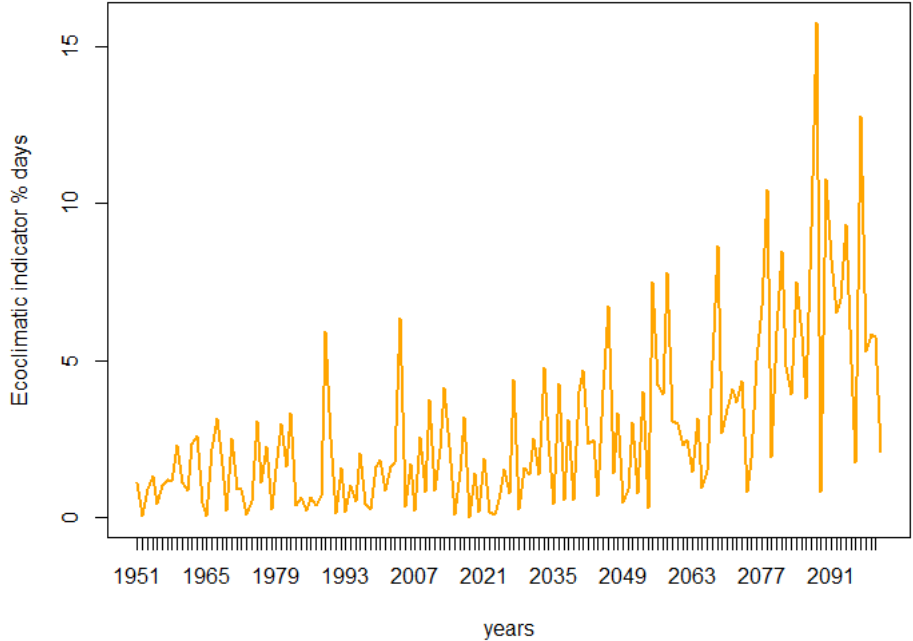
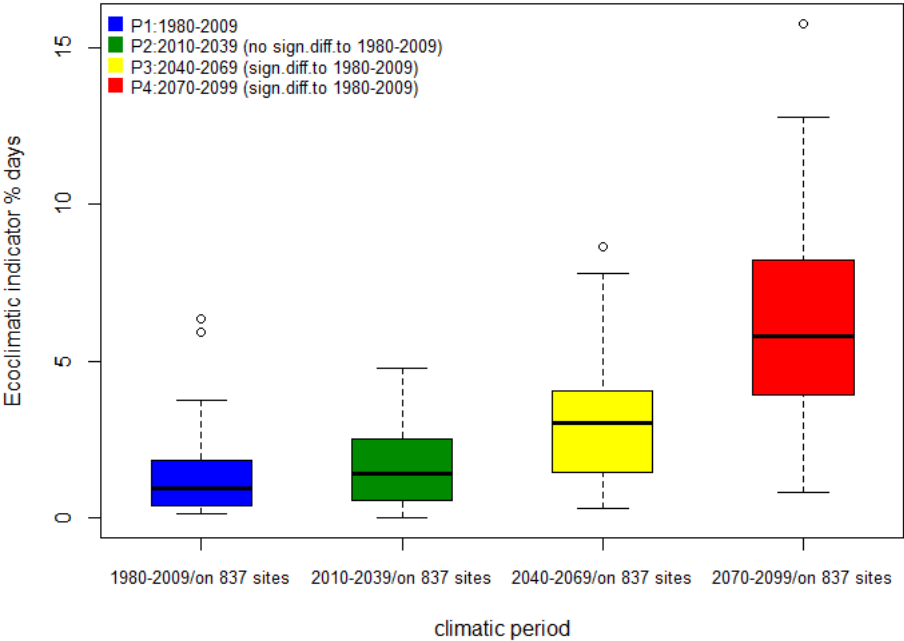


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en MP Fréquence (%) de jours avec Tmax > 35 °C entre floraison et 32% MS (stress thermique sur remplissage des grains)

Variabilité temporelle (moyenne sur 837 sites)



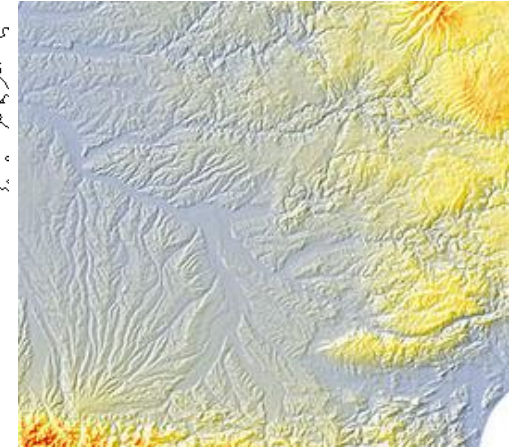
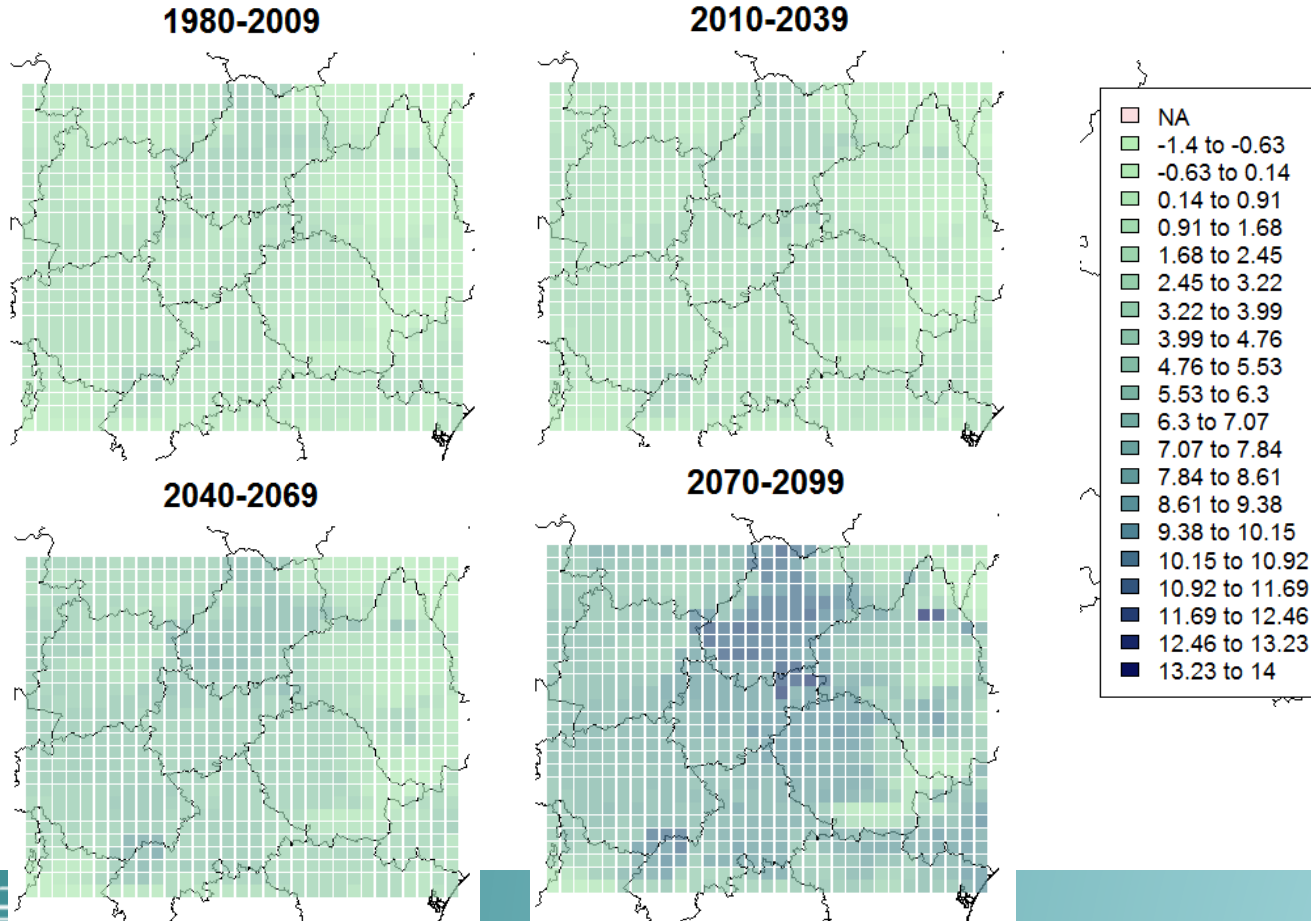
⇒ Augmentation du risque de stress thermique pendant le remplissage des grains dès le futur « intermédiaire » (avancement du stade floraison + augmentation des températures)



Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France

Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en MP

Fréquence (%) de jours avec $T_{max} > 35^{\circ}C$ entre floraison et 32% MS
(stress thermique sur remplissage des grains)

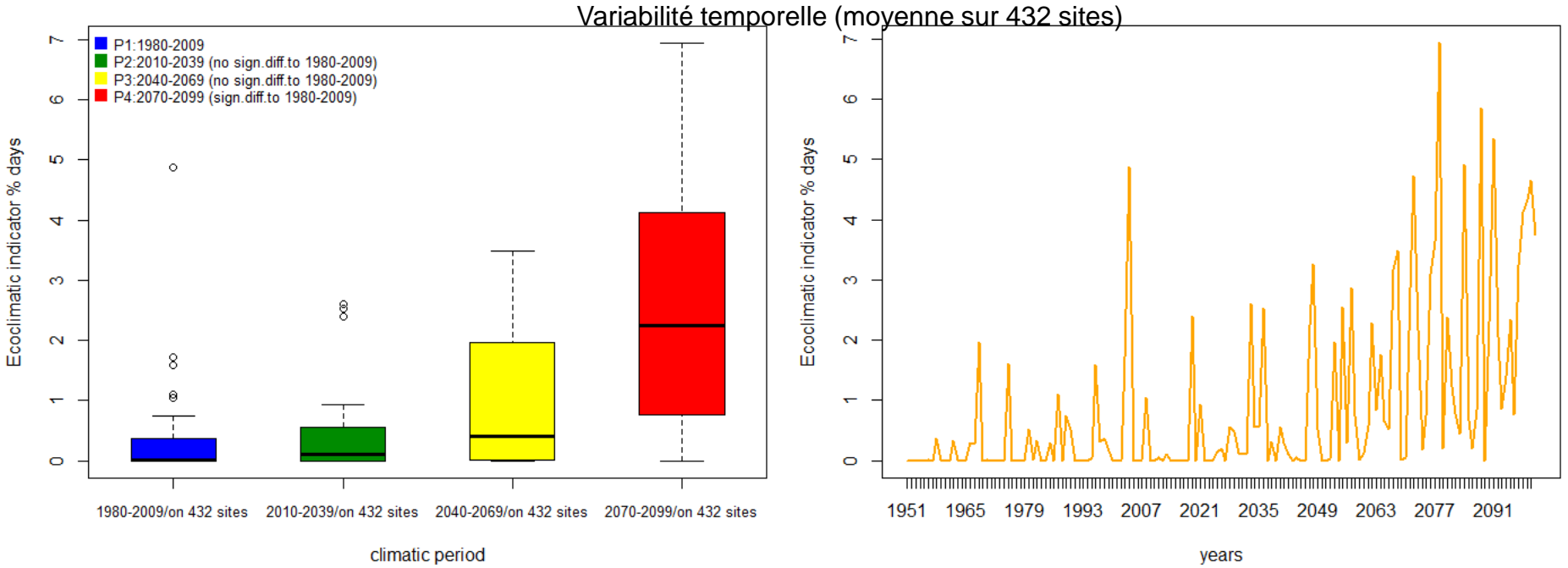


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec Tmax > 35 °C entre floraison et 32% MS
(stress thermique sur remplissage des grains)



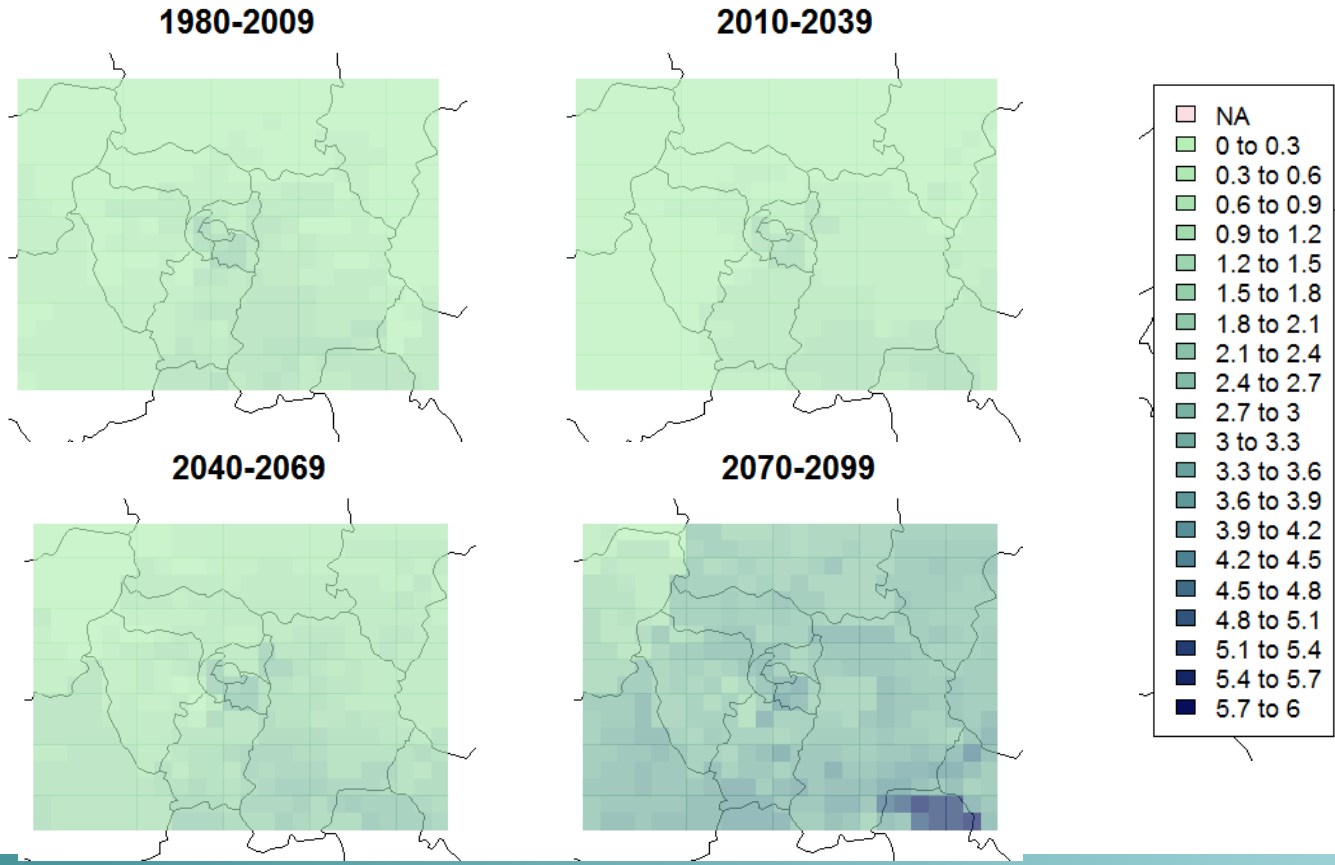
=> Augmentation du risque de stress thermique pendant le remplissage des grains dans le futur lointain (avancement du stade floraison + augmentation des températures)

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec Tmax > 35 °C entre floraison et 32% MS
(stress thermique sur remplissage des grains)

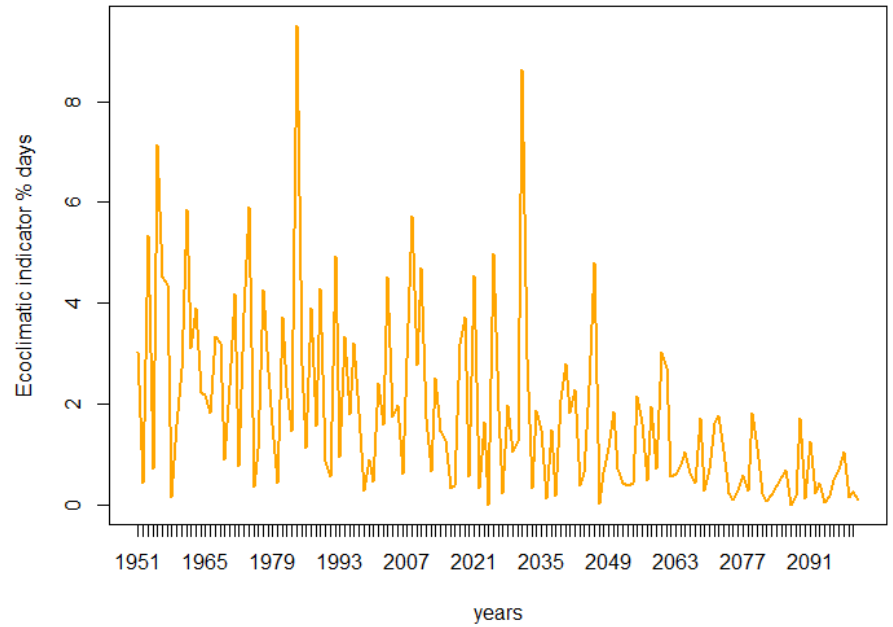
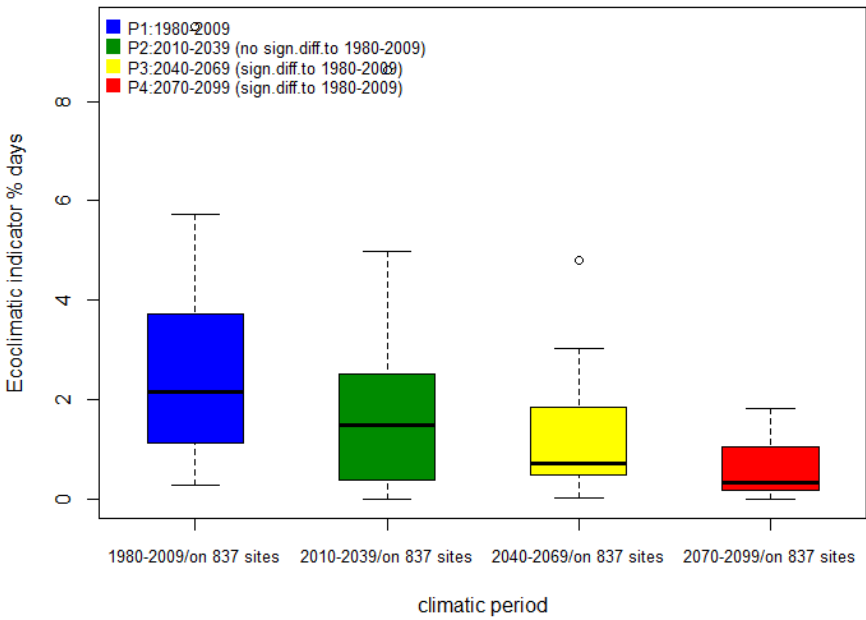


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en MP

Fréquence (%) de jours avec Tmean < 8 °C entre stade 8 feuilles et méiose (froid sur croissance)



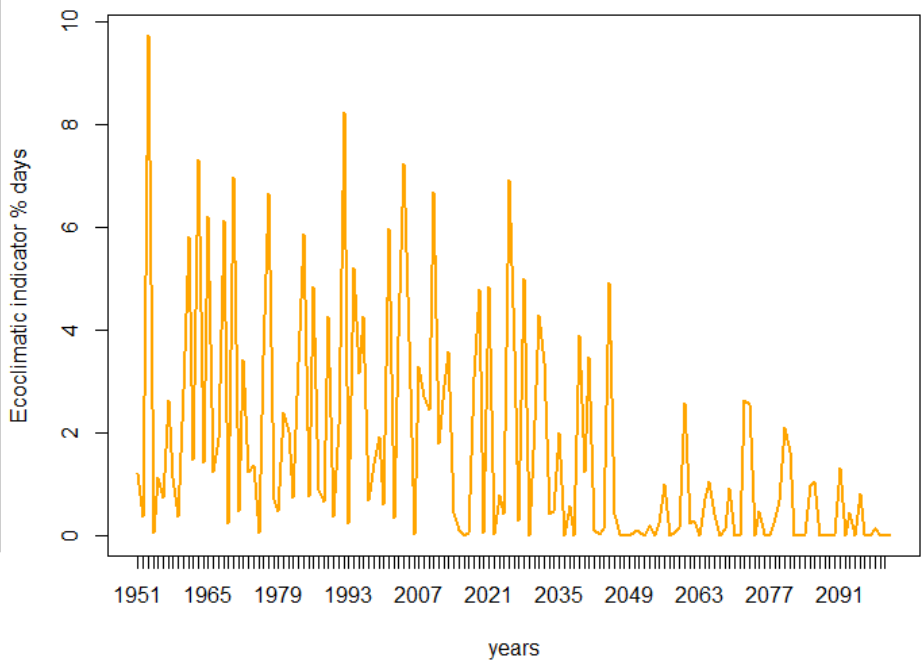
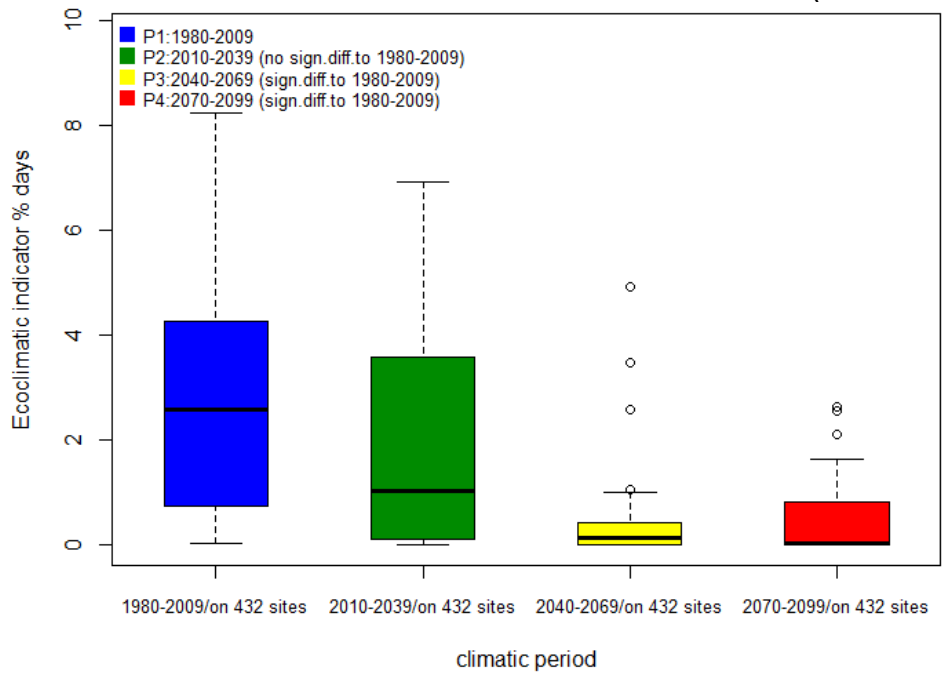
=> Diminution du froid (croissance plante) pendant la période végétative dans le futur intermédiaire

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec $T_{mean} < 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre stade 8 feuilles et méiose (froid sur croissance)



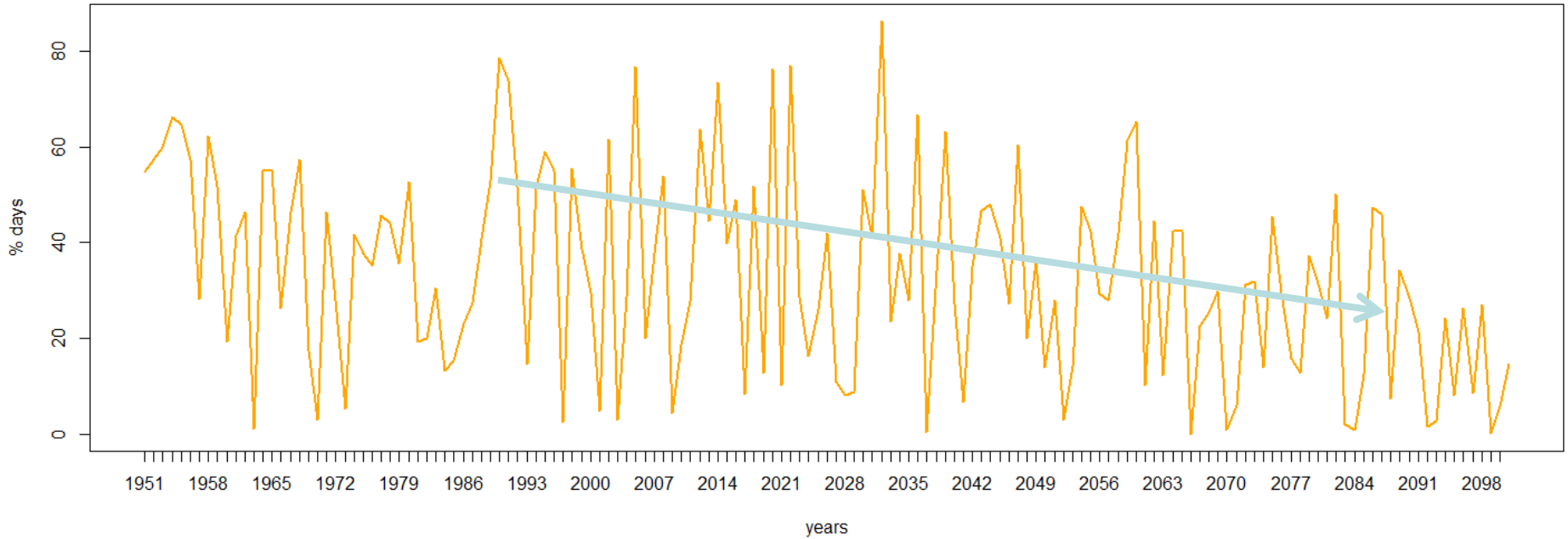
=> Diminution du froid (croissance plante) pendant la période végétative dans le futur intermédiaire (plus forte qu'en MP).

Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en MP

Fréquence (%) de jours avec excès d'eau autour du semis (+/- 15 jours autour du 10 avril)
(nombre de jours disponibles pour le semis selon le risque de compaction)

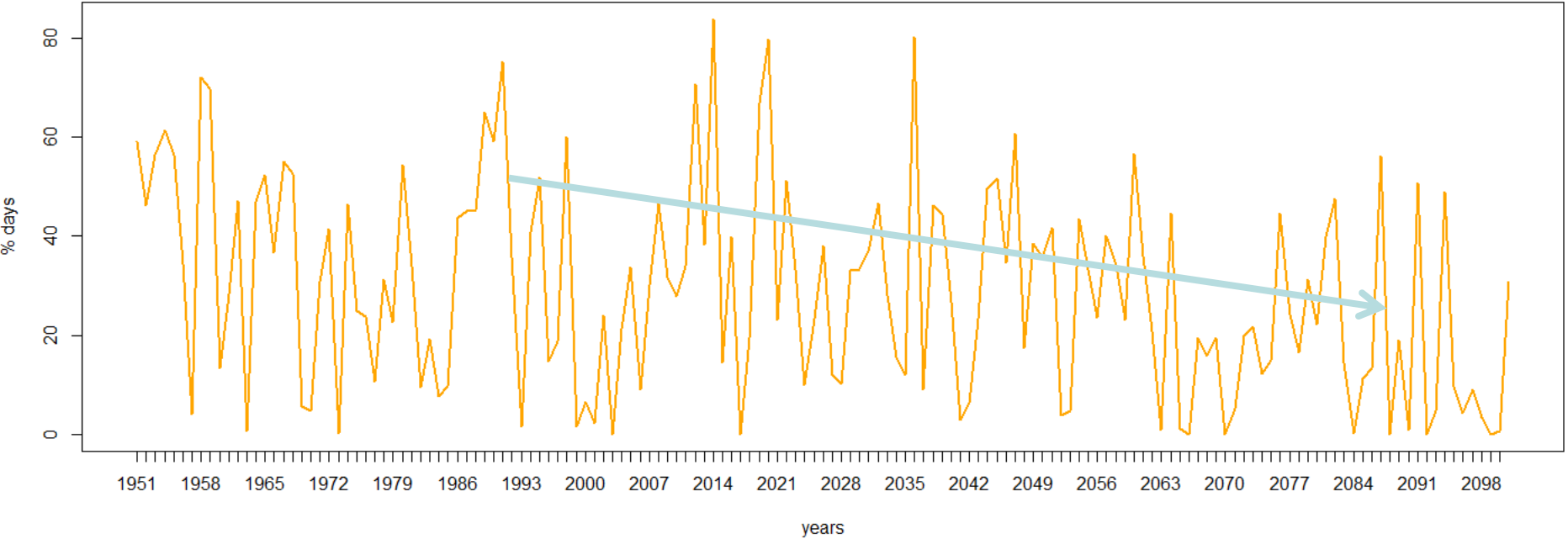


Exemple d'application : effets du climat futur sur la faisabilité climatique du maïs en Midi-Pyrénées et Ile de France



Evolution de quelques indicateurs écoclimatiques en IdF

Fréquence (%) de jours avec excès d'eau autour du semis (+/- 15 autour du 10 avril)
(nombre de jours disponibles pour le semis selon le risque de compaction)



Conclusion

Cette méthode permet:

- D'identifier les principaux facteurs limitant et de proposer des adaptations spécifiques à la région considérée (date de semis optimale pour éviter les stress météorologiques).
- De choisir ou de développer des variétés mieux adaptées aux conditions climatiques d'une région via la prise en compte de la phénologie des cultures.
- De caractériser à la fois la variabilité inter-annuelle et intra-annuelle (calcul des indicateurs au cours de phases phénologiques).



MERCI POUR VOTRE ATTENTION