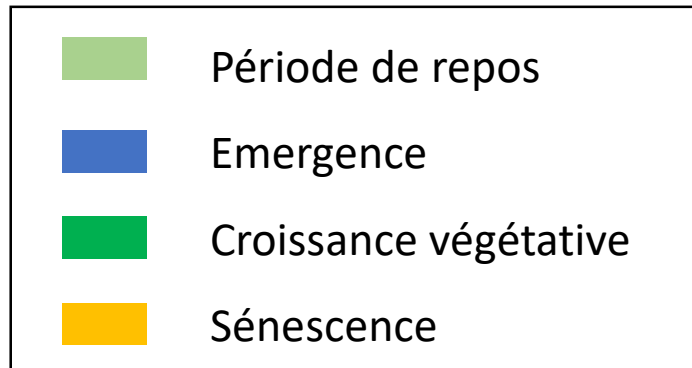


# Effet du climat sur la croissance et le développement du miscanthus

Antoine ANDRE

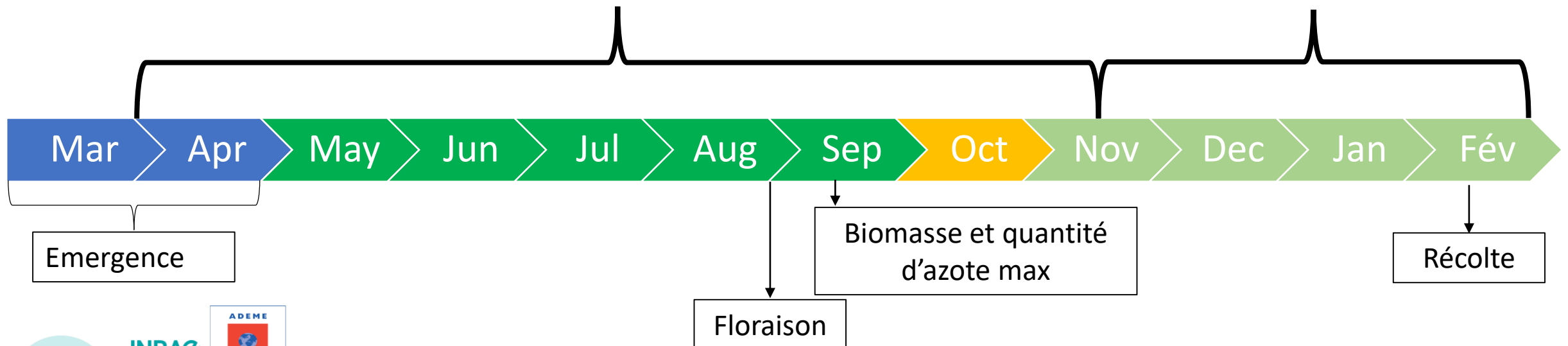
INRAE Estrées-Mons - Unité mixte de recherche transfrontalière BioEcoAgro

# *Miscanthus sinensis* Malepartus : cycle de développement



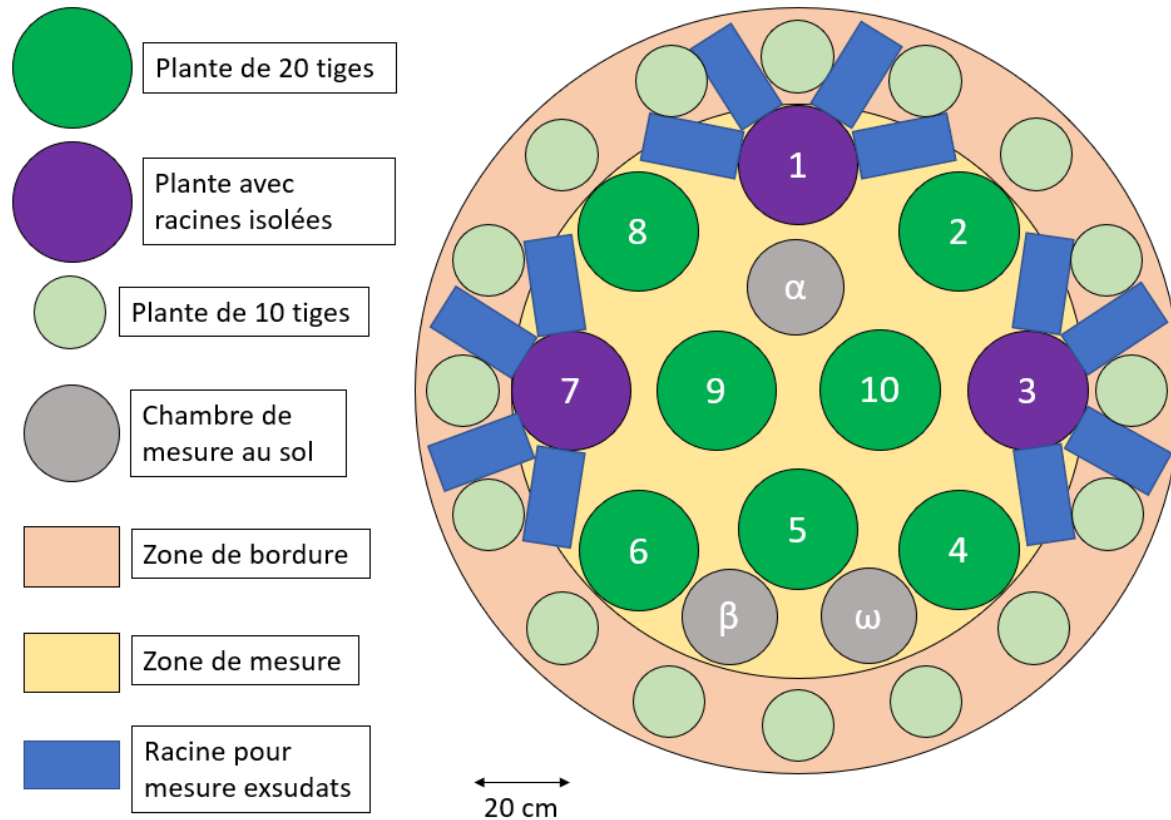
Miscanthus dans l'Ecotron

Miscanthus en vernalisation ?



# Disposition des plantes dans l'écotron

- 2 climats : par sécurité pour avoir 3 répétitions « enceinte climatique »
- 3 enceintes par climat : 10 plantes par climat



# Choix des climats à simuler dans l'écotron

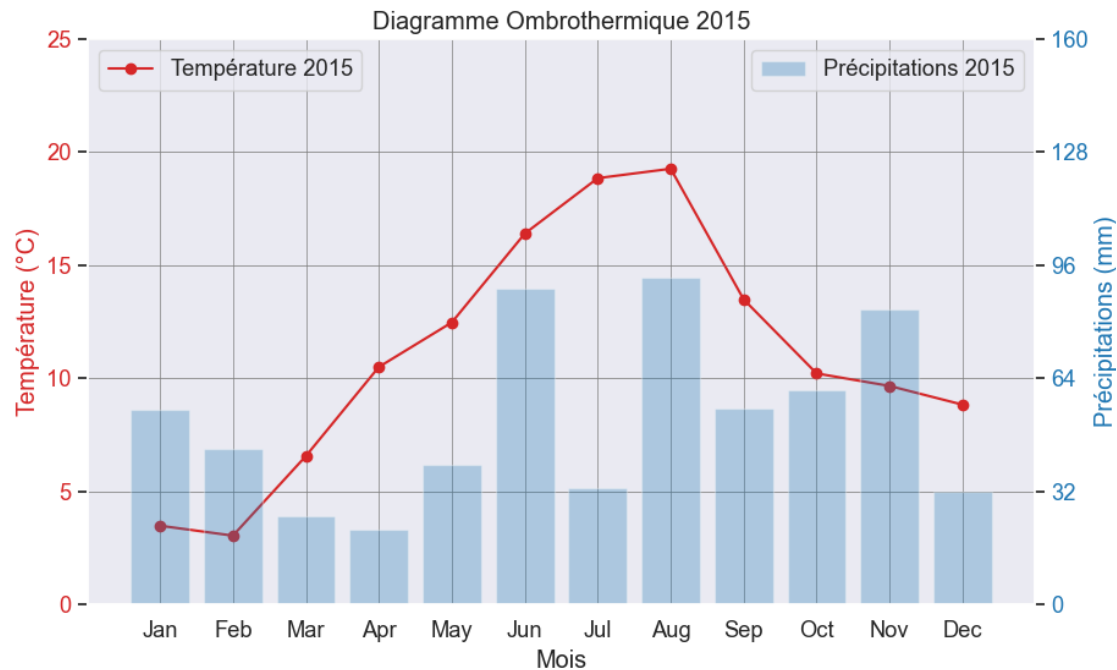
- Un climat de référence : climat médian (PP et T°) du passé récent (1986-2024)
  - > **2015** (430 ppm CO<sub>2</sub>) observations à Estrées-Mons
- Un climat futur extrême : 3<sup>e</sup> quartile en PP et T° avec une longue période de sécheresse
  - > **2057** (600 ppm CO<sub>2</sub>), simulé avec un modèle climatique (RACMO-EC-Earth)

## Choix du climat futur :

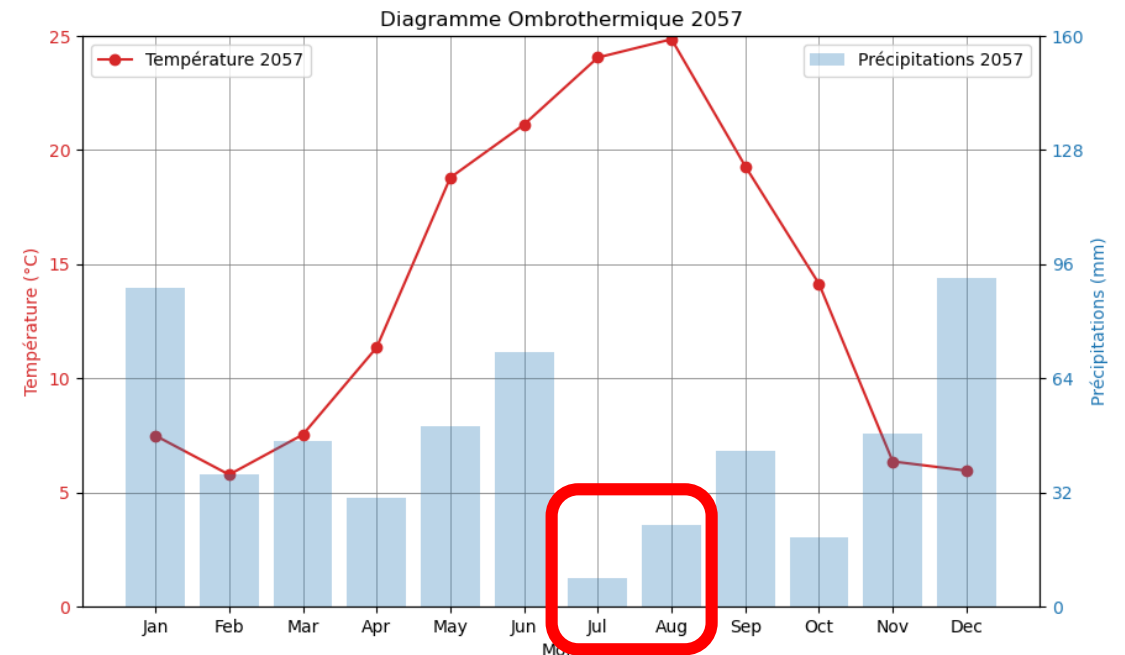
- RCP 8.5 car le plus pessimiste
- Horizon 2040-2070 car c'est l'horizon le plus lointain que vivront les plantes mise en place actuellement

# Climats simulés dans l'écotron : diagrammes ombrothermiques

400 ppm CO<sub>2</sub>

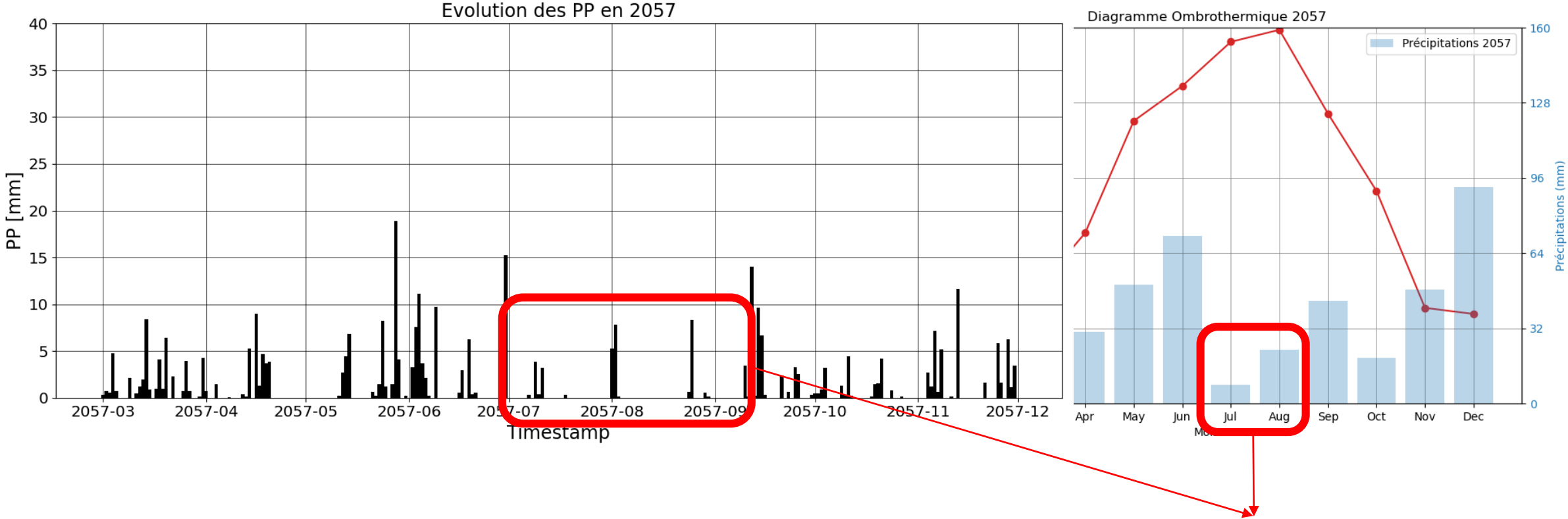


615 ppm CO<sub>2</sub> et +5,6°C sur l'été



Sécheresse

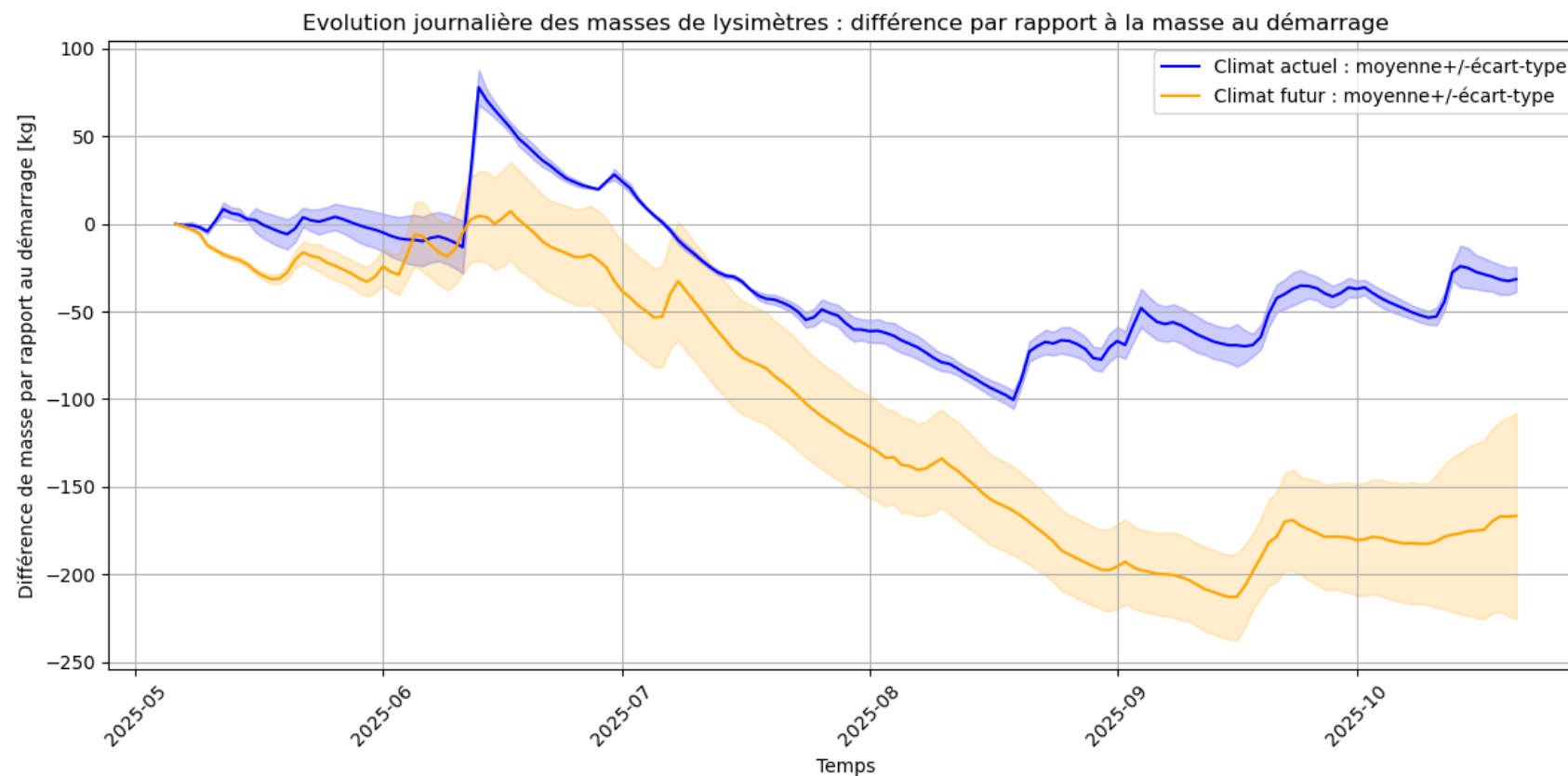
# Climats simulés dans l'écotron : précipitations



Sécheresse

# Climats simulés dans l'écotron : humidité du sol

- La masse des lysimètres (principalement liée au déficit en eau) diminue beaucoup plus dans le climat futur
- Beaucoup de variabilité sur le climat futur



# Réponse du miscanthus à la sécheresse

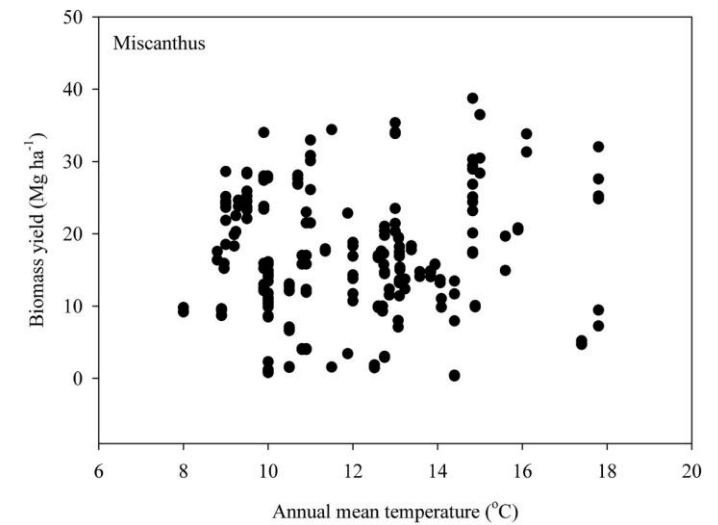
- Les périodes de sécheresse impactent directement les rendements

| Référence                  | Localisation   | Espèce                             | Réduction des PP                           | Réduction du rendement |
|----------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|
| Emerson et al., 2014       | Nebraska, USA  | M. x giganteus                     | 960 -> 470 mm sur l'année                  | 27,7 -> 23,7 t/ha      |
| Malinowska et al., 2020    | Greenhouse, UK | M. x giganteus                     | 85 -> 15% de la SWC à la capacité au champ | -25% de biomasse       |
| van der Wijde et al., 2017 | Greenhouse, UK | Average of 50 Miscanthus genotypes | Irrigué -> 28 jours sans eau en juin       | -45% de biomasse       |

# Réponse du miscanthus aux températures

- Effet des températures

- Dans leur méta-analyse, Chen et al. (2019) ne mettent pas d'effet de la température moyenne en évidence
- Pas d'information sur l'effet de pics de chaleur sur la plante



Chen et al., 2019

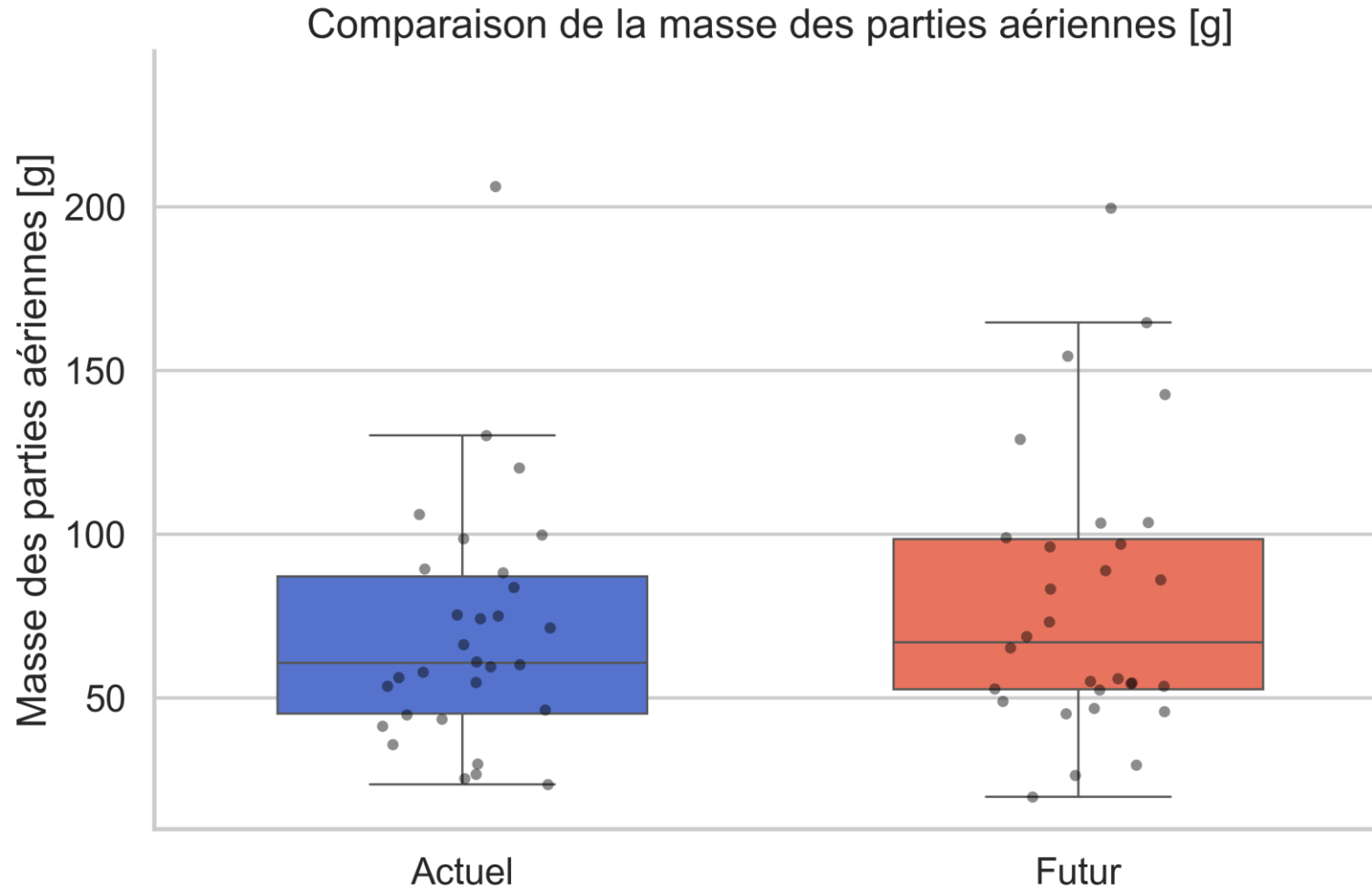
# Réponse du miscanthus au changement climatique

- Plusieurs approches dans la littérature

- Simulation sur base de modèles climatiques et de culture (Rolbiecki et al., 2021; Liu & Sang, 2013; De Laporte et al., 2013)
- Comparaisons interannuelles sur des années contrastées en termes de climat (Kotrla & Prcik, 2020)
- Croissance de plantes en condition de stress (un ou plusieurs stress) (Malinowska et al., 2020; van der Weijde et al., 2017; Emerson et al., 2014)

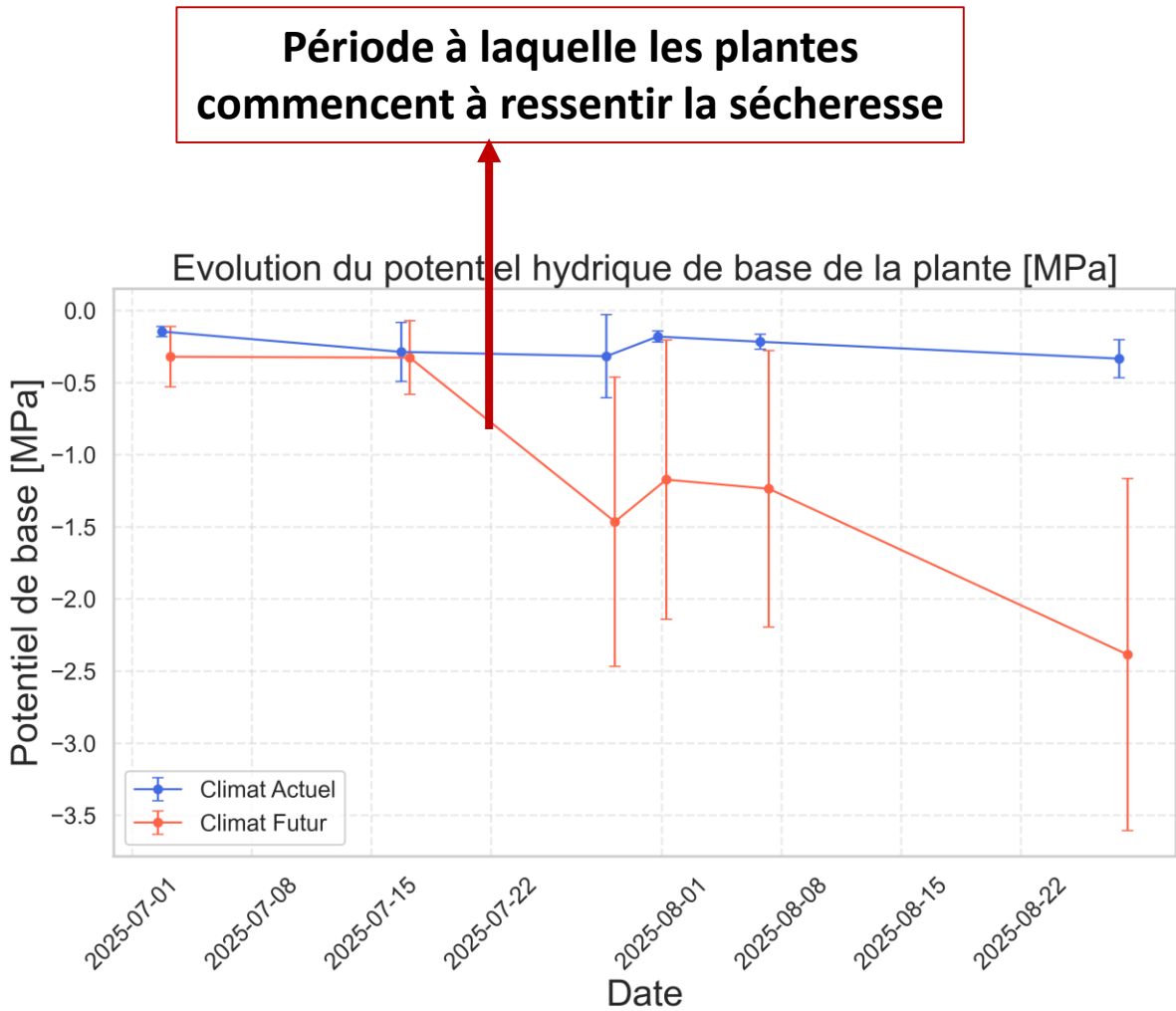
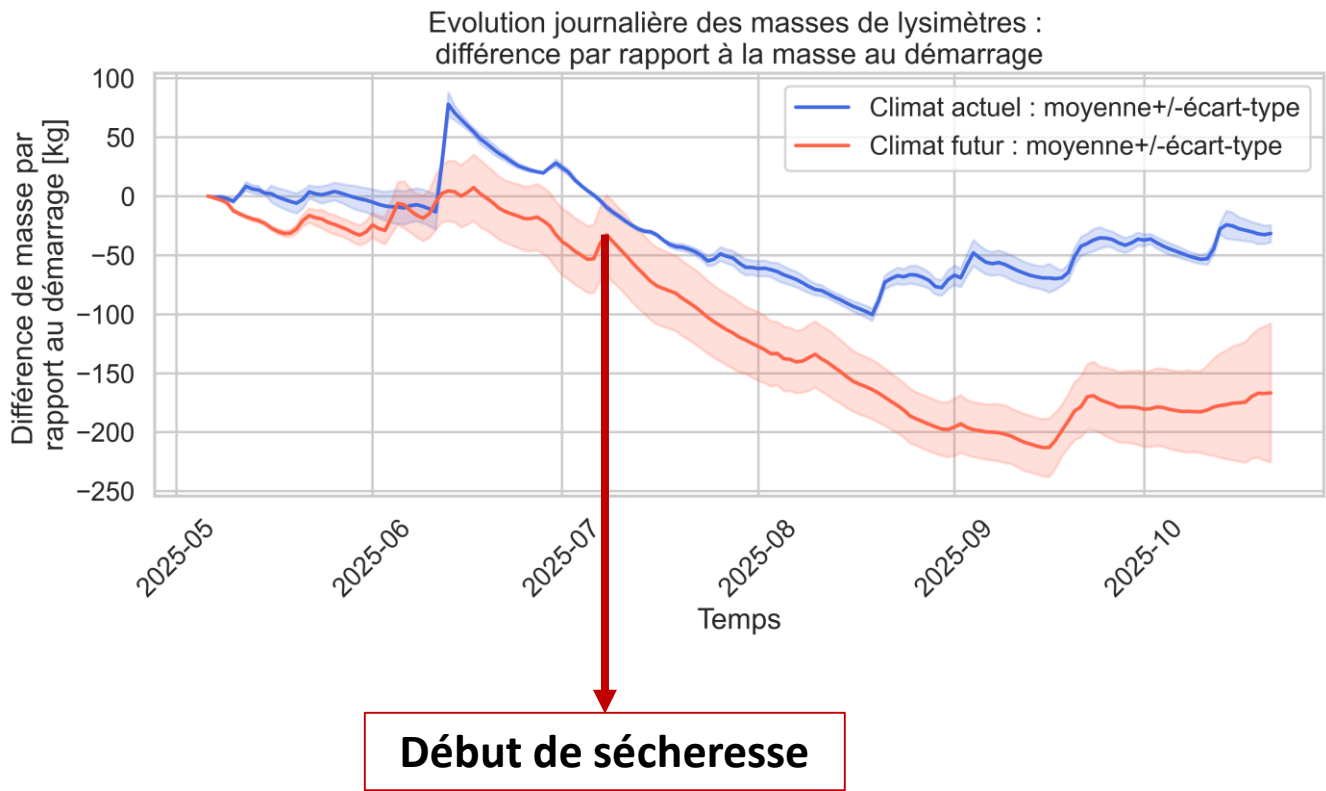
⇒ Nous n'avons pas trouvé d'approche comme on souhaite la mener : croissance de plante sous plusieurs climats qui simulent le changement climatique

# Production de biomasse aérienne

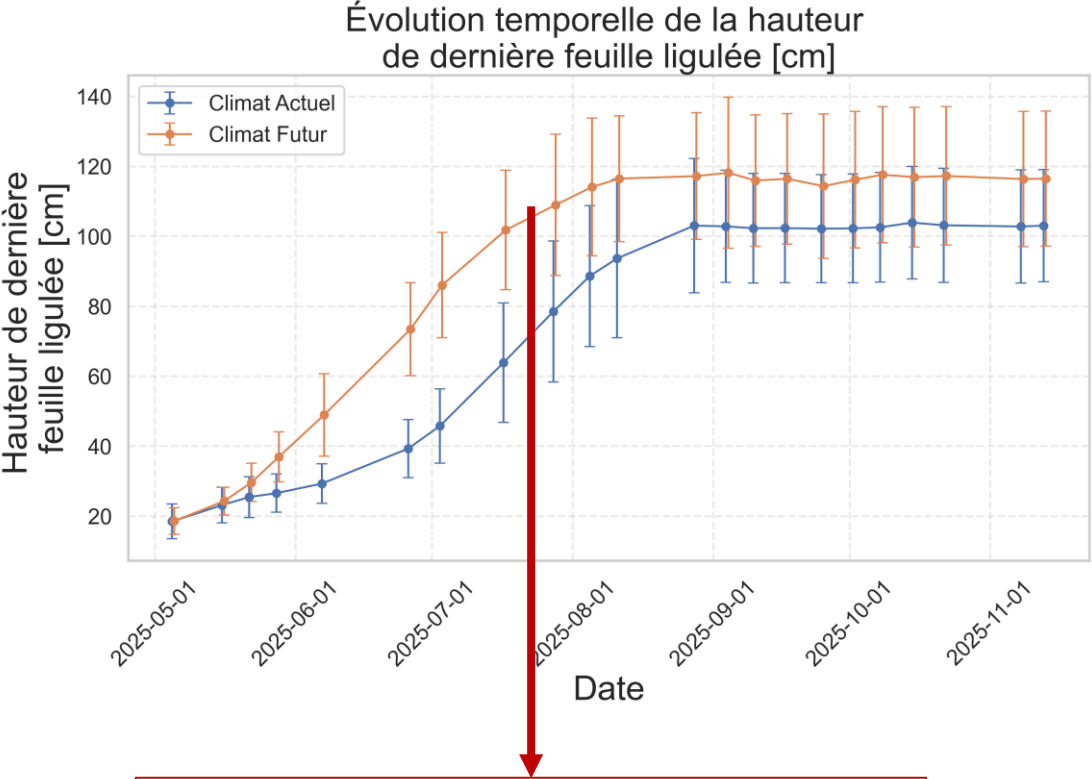


Pas de différence significative  
entre les deux climats

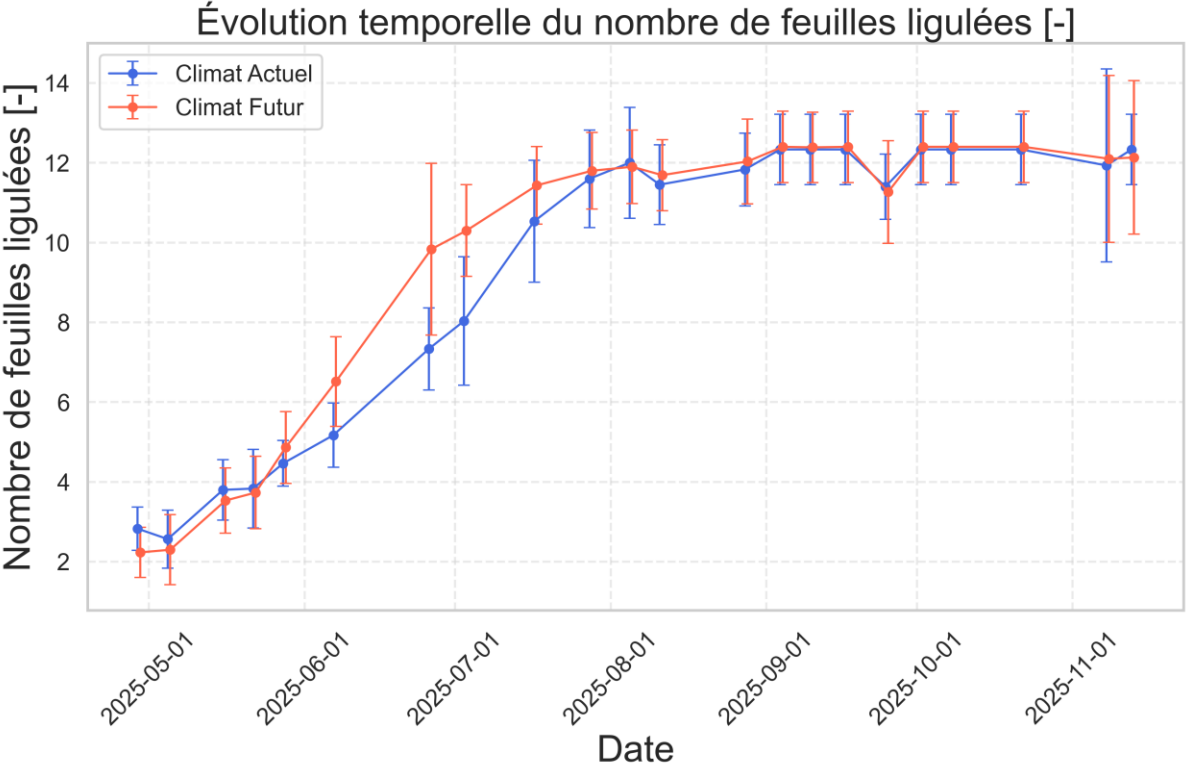
# Sécheresse et impact sur les plantes



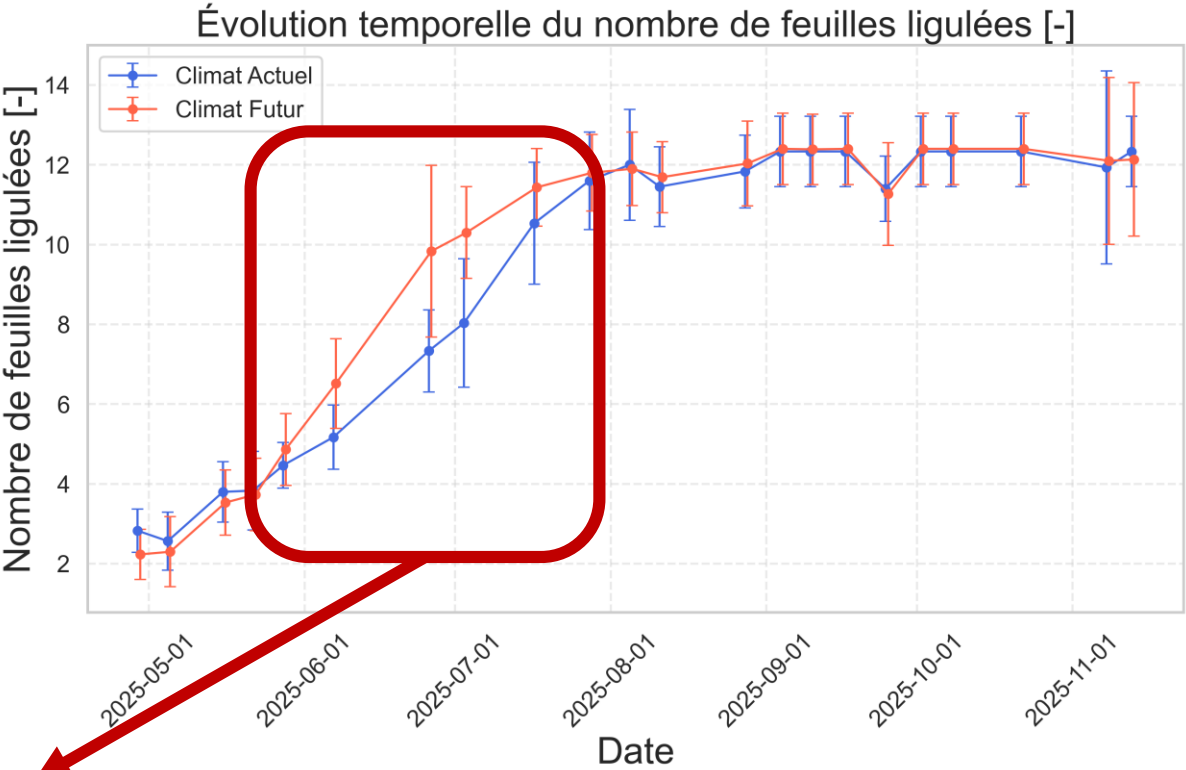
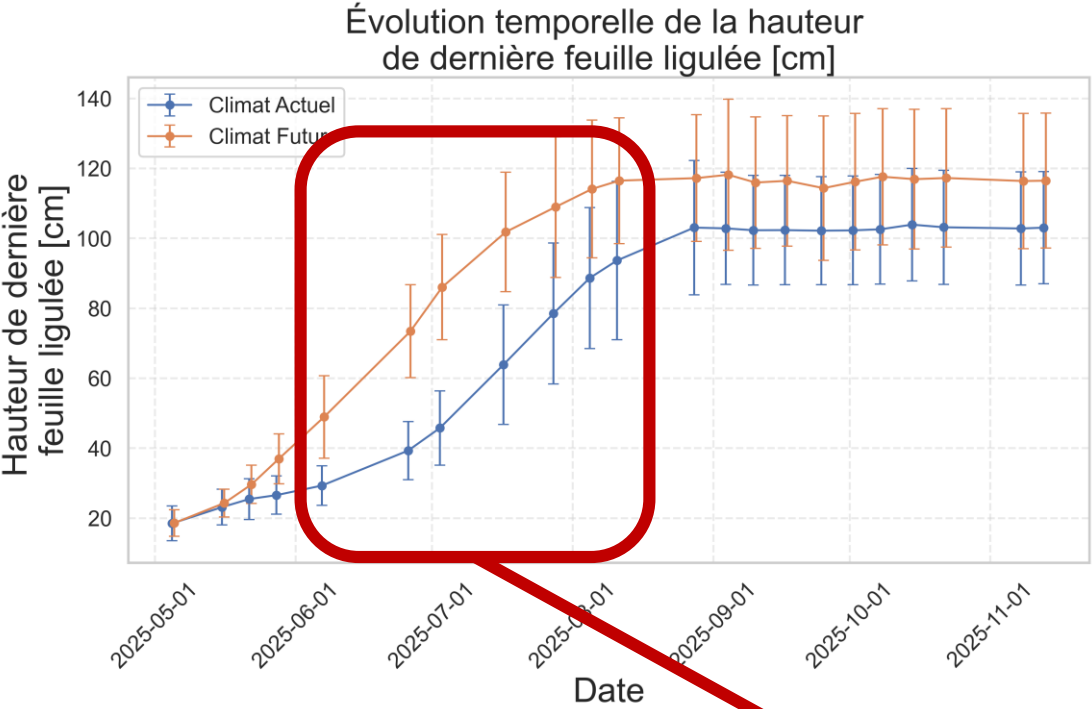
# Evolution de la hauteur et du nombre de feuilles



**Période à laquelle les plantes commencent à ressentir la sécheresse**



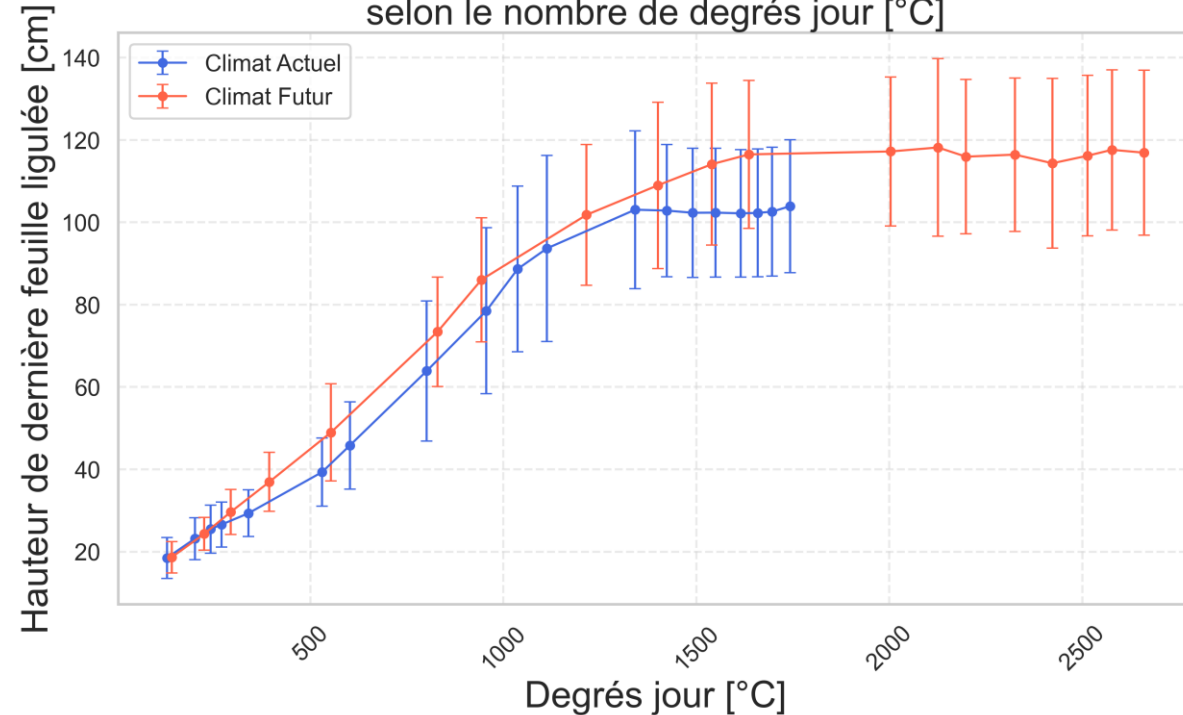
# Evolution de la hauteur et du nombre de feuilles



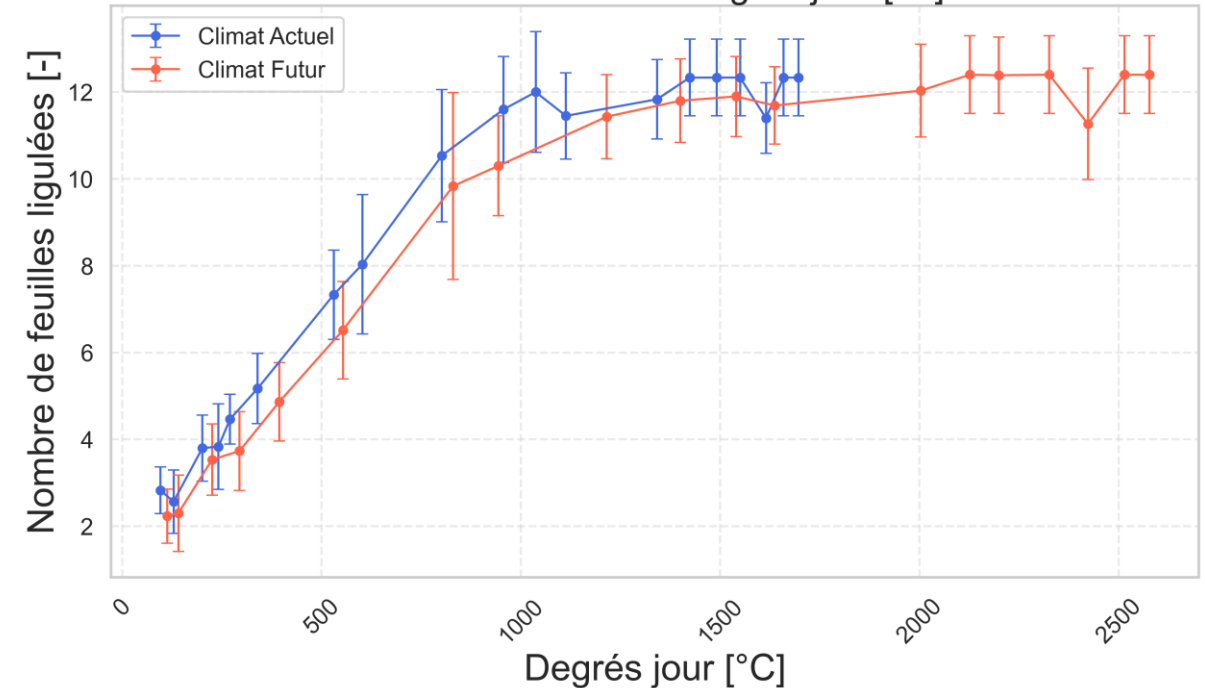
Les plantes du climat futur sont en avance sur le climat actuel  
=> La sécheresse les impacte à un moment où elles ont déjà atteint la taille qu'atteindront celle du climat actuel

# Effet de la température sur l'avance du climat futur

Évolution de la hauteur de dernière feuille ligulée [cm]  
selon le nombre de degrés jour [°C]



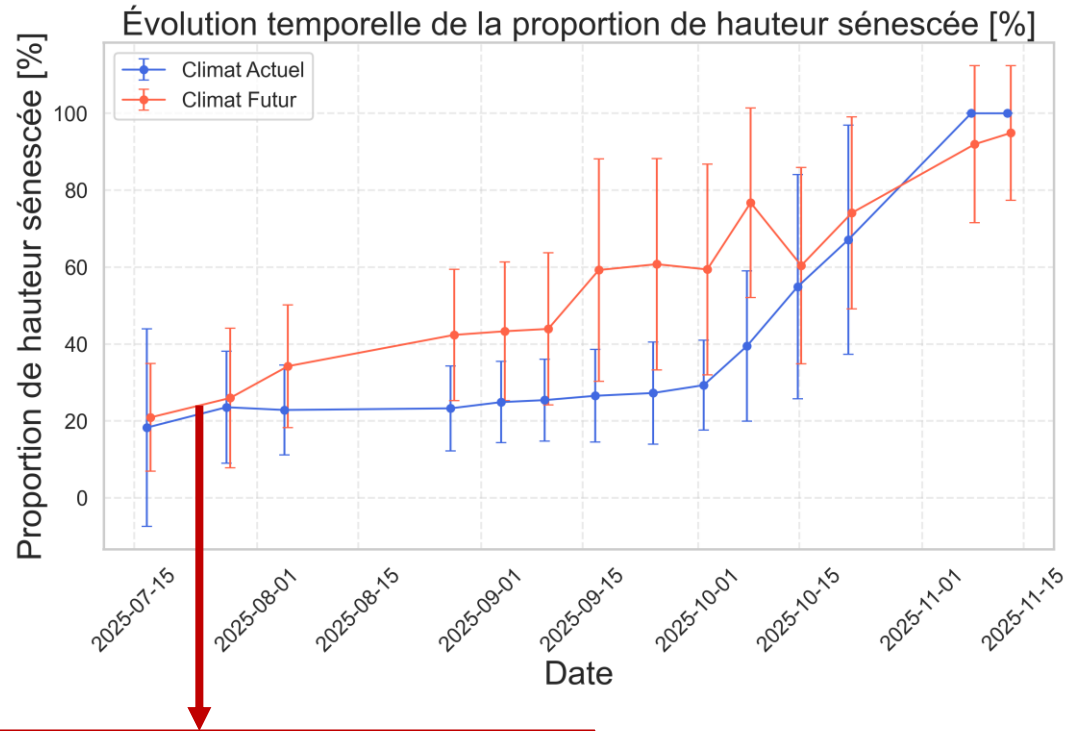
Évolution du nombre de feuilles ligulées  
selon le nombre de degrés jour [°C]



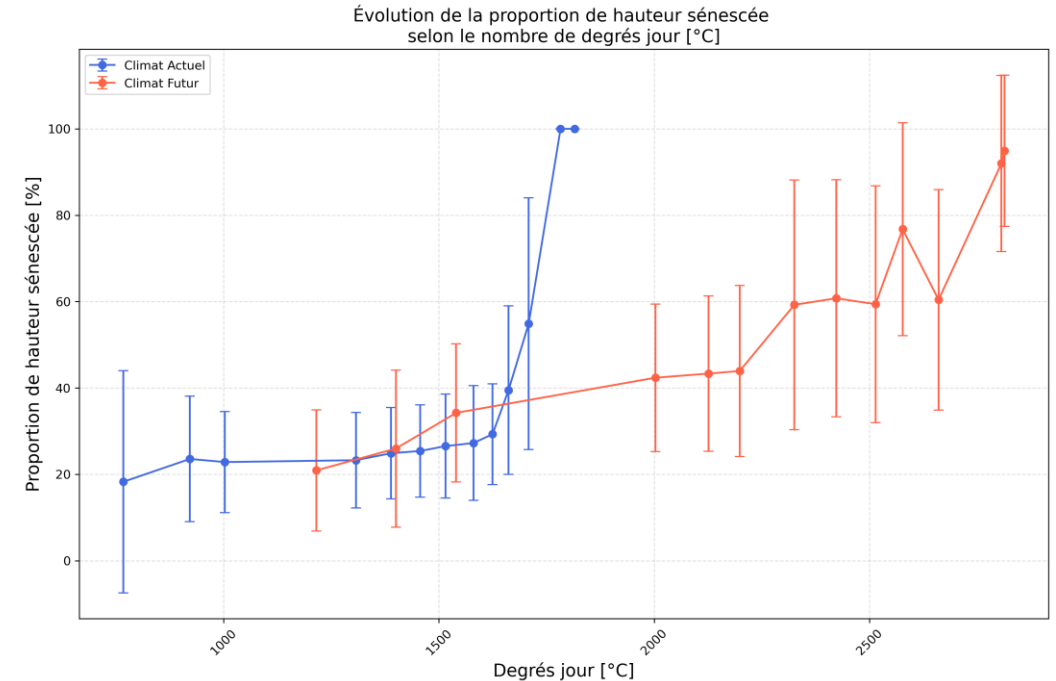
Dans les deux climats, les variables de croissance évoluent de manière similaire avec le nombre de degrés jour.

Ce qui explique l'avance du climat futur dans la saison, c'est qu'il y a fait plus chaud.

# Senescence prématurée



**Période à laquelle les plantes commencent à ressentir la sécheresse**

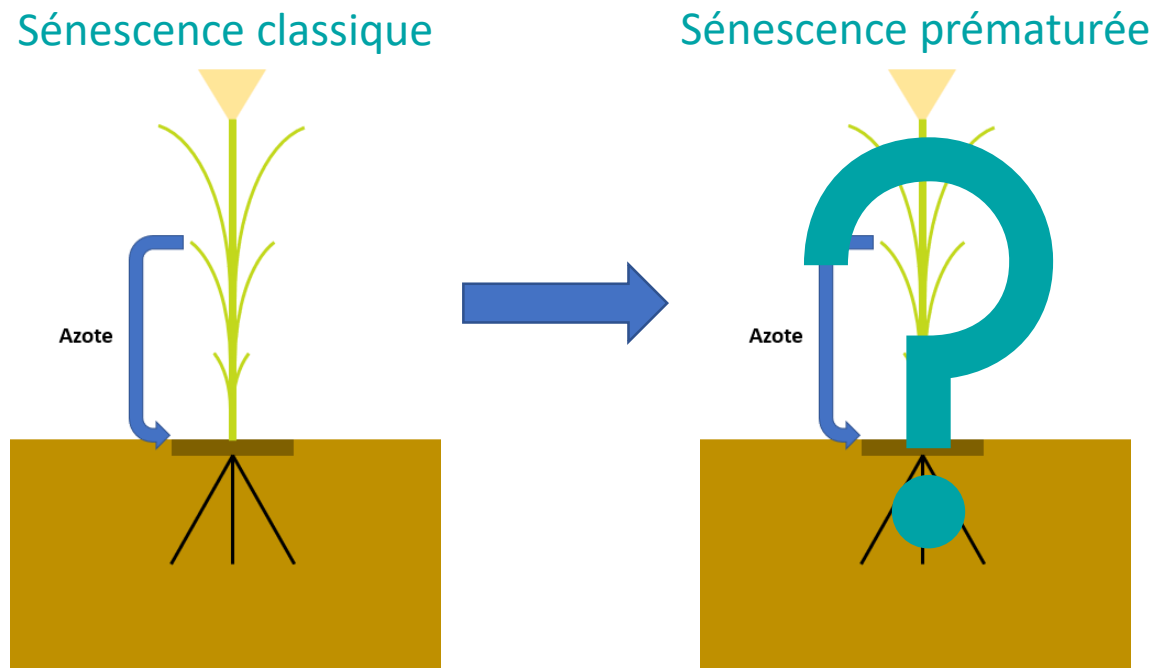


Le climat futur commence sa sénescence plus tôt. Ce n'est pas une accumulation de degrés jour qui explique l'apparition de la sénescence.

L'apparition de cette sénescence précoce est *a priori* due à la sécheresse.

# Senescence prématurée

- On ne sait pas encore l'effet qu'a eu la sénescence prématurée sur la mise en réserve
  - => Si le processus de mise en réserve a été perturbé, cela peut avoir des conséquences sur les exportations et les réserves de la plante (notamment azotées)



Nous attendons les  
résultats d'analyse des  
contenus en azote pour  
en savoir plus

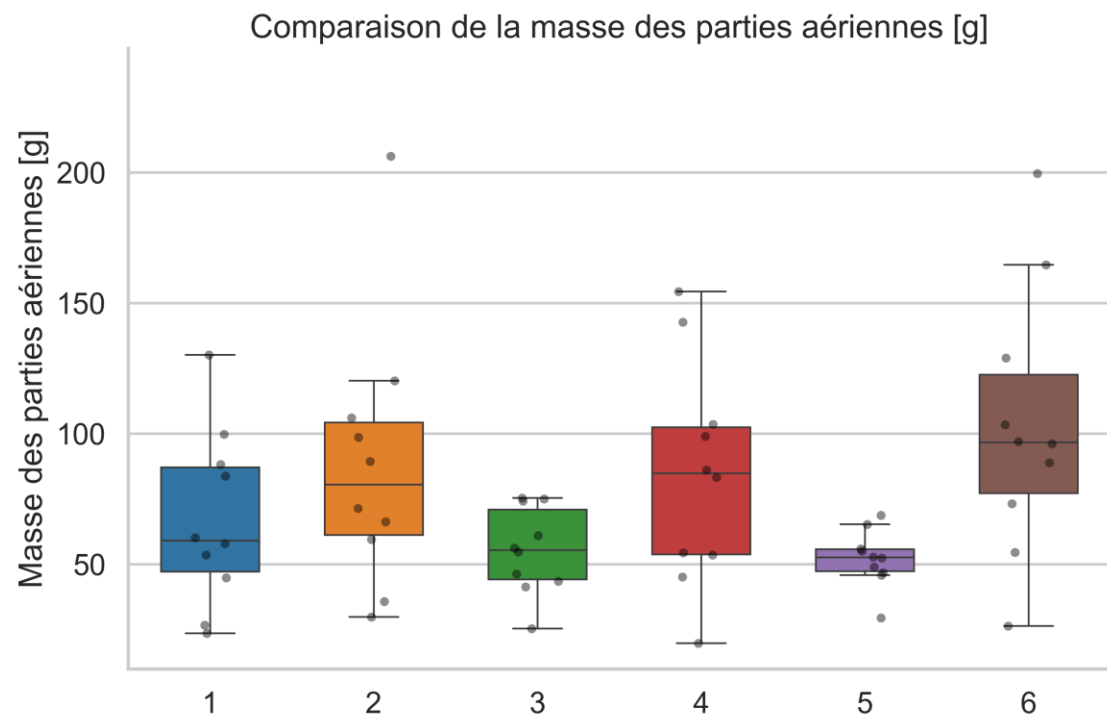
# Densité racinaire

| Profondeur [cm] | Lys 1 | Lys 2 | Lys 3 | Lys 4 | Lys 5 | Lys 6 |  | Actuel | Futur |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--------|-------|
| 2               | 0.31  | Data  | Data  | Data  | Data  | 0.89  |  | 0.31   | 0.89  |
| 4               | 0.88  | Data  | Data  | Data  | Data  | 0.83  |  | 0.88   | 0.83  |
| 6               | 0.85  | 0.96  | 0.88  | Data  | Data  | 0.71  |  | 0.90   | 0.71  |
| 8               | 0.86  | 0.97  | 0.74  | Data  | Data  | 0.69  |  | 0.86   | 0.69  |
| 10              | 0.67  | 0.83  | 0.78  | 0.88  | 0.42  | 0.66  |  | 0.76   | 0.65  |
| 12              | 0.61  | 0.65  | 0.62  | 0.93  | 0.44  | 0.54  |  | 0.63   | 0.64  |
| 14              | 0.57  | 0.46  | 0.46  | 0.90  | 0.64  | 0.39  |  | 0.50   | 0.64  |
| 16              | 0.49  | 0.28  | 0.26  | 0.94  | 0.52  | 0.36  |  | 0.34   | 0.61  |
| 18              | 0.41  | 0.31  | 0.26  | 0.75  | 0.36  | 0.42  |  | 0.33   | 0.51  |
| 20              | 0.26  | 0.37  | 0.19  | 0.62  | 0.33  | 0.42  |  | 0.28   | 0.46  |
| 22              | 0.19  | 0.26  | 0.15  | 0.55  | 0.26  | 0.49  |  | 0.20   | 0.44  |
| 24              | 0.26  | 0.29  | 0.14  | 0.49  | 0.20  | 0.37  |  | 0.23   | 0.35  |
| 26              | 0.03  | 0.29  | 0.12  | 0.38  | 0.02  | 0.34  |  | 0.15   | 0.25  |
| 28              | 0.08  | 0.25  | 0.12  | 0.36  | 0.06  | 0.23  |  | 0.15   | 0.22  |
| 30              | 0.01  | 0.10  | 0.14  | 0.34  | 0.06  | 0.25  |  | 0.08   | 0.21  |
| 32              | 0.03  | 0.15  | 0.02  | 0.35  | 0.03  | 0.34  |  | 0.07   | 0.24  |
| 34              | 0.01  | 0.11  | 0.01  | 0.39  | 0.00  | 0.19  |  | 0.04   | 0.19  |
| 36              | 0.00  | 0.09  | 0.01  | 0.31  | 0.00  | 0.13  |  | 0.03   | 0.15  |
| 38              | 0.01  | 0.17  | 0.01  | 0.27  | 0.01  | 0.15  |  | 0.06   | 0.15  |
| 40              | 0.00  | 0.04  | 0.02  | 0.26  | 0.02  | 0.11  |  | 0.02   | 0.13  |
| 42              | 0.00  | 0.02  | 0.05  | 0.19  | 0.03  | 0.02  |  | 0.02   | 0.08  |
| 44              | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.03  |  | 0.00   | 0.01  |
| 46              | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.00  | 0.01  | 0.00  |  | 0.00   | 0.00  |
| 48              | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.00  |  | 0.01   | 0.01  |
| 50              | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.02  | 0.01  | 0.00  |  | 0.01   | 0.01  |
| 52              | 0.01  | 0.02  | 0.00  | 0.03  | 0.01  | 0.00  |  | 0.01   | 0.01  |
| 54              | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.04  | 0.01  | 0.01  |  | 0.01   | 0.02  |
| 56              | 0.00  | 0.03  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |  | 0.01   | 0.01  |
| 58              | 0.03  | 0.04  | 0.02  | 0.03  | 0.01  | 0.01  |  | 0.03   | 0.01  |
| 60              | 0.00  | 0.05  | 0.01  | 0.03  | 0.01  | 0.02  |  | 0.02   | 0.02  |
| 62              | 0.00  | 0.05  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.02  |  | 0.02   | 0.01  |
| 64              | 0.02  | 0.05  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.02  |  | 0.02   | 0.01  |
| 66              | 0.02  | 0.02  | 0.01  | 0.01  | 0.02  | 0.02  |  | 0.02   | 0.02  |
| 68              | 0.02  | 0.02  | 0.00  | 0.02  | 0.02  | 0.00  |  | 0.01   | 0.01  |
| 70              | 0.03  | 0.01  | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  |  | 0.01   | 0.01  |

L'effet du climat est visible sur l'enracinement mais, sans dynamique, il n'est pas possible d'affirmer si c'est dû à la sécheresse.

Nombre d'impacts racinaires par unité de surface [cm<sup>2</sup>]

# Variabilité entre les répétitions



Chapelle 5



Chapelle 6



**Variabilité importante entre les chapelles, surtout dans le climat futur.  
Cette variabilité n'a pas d'explication évidente jusqu'ici.**

Merci pour votre attention !