

Séminaire final du projet MisTigation

Synthèse des exposés

Maryse BRANCOURT-HULMEL

INRAE Estrées-Mons - Unité mixte de recherche transfrontalière BioEcoAgro

Des livrables à plusieurs niveaux pour la culture de miscanthus

Services écosystémiques et territoire

- 1 Identification des services écosystémiques pour miscanthus et cartographie des zones préférentielles d'implantation en Hauts-de-France
Emilie Skowron (Novabiom)
- 2 Création d'un guide à destination des collectivités territoriales
Alexandra Dutay, Emilie Skowron, Caroline Wathy (Novabiom)

Service écosystémique « maintien de la qualité de l'eau » et azote

- 3 Mise en évidence de géotypes absorbant beaucoup d'azote pour diminuer les excès de nitrates dans les sols issus des précédents culturaux
Shehyar Iqbal (thèse), Marion Zapater, Marie Heumez et Maryse Brancourt-Hulmel (BioEcoAgro Inrae)

Approches méthodologiques

- 4 Avancées méthodologiques sur le suivi du devenir de l'azote issu de la plante
Antoine André et Marion Zapater (BioEcoAgro Inrae)
- 5 Prédiction des caractères de gestion de l'azote par des variables plus faciles à mesurer
Shehyar Iqbal, Marion Zapater, Marie Heumez et Maryse Brancourt-Hulmel (BioEcoAgro Inrae)
- 6 Prédiction par spectrométrie proche infra-rouge et perspectives en sélection
Yves Griveau (IJPB), Séverine Monnot (postdoctorat) et Maryse Brancourt-Hulmel (BioEcoAgro Inrae)

Effet du changement climatique

Impact des effets des changements climatiques en Hauts-de-France :

- 7 Par simulation avec STICS pour trois localités
Anaëlle Mazingarbe et Hélène Desmyttère (BioEcoAgro Junia)
- 8 Par expérimentation en écotron simulant le climat actuel et le climat futur pour un cas d'étude
Antoine André (thèse) et Marion Zapater (BioEcoAgro Inrae)

Services écosystémiques et zones préférentielles d'implantation du miscanthus en Hauts-de-France

Emilie SKOWRON

Plante pérenne, rustique et à très bas niveau d'intrant



Services écosystémiques d'une parcelle de miscanthus
Classification CICES V5.1



Production de biomasse et rhizomes

Services de régulation

- Maintien de la qualité de l'eau
- Maintien et l'amélioration de la qualité des sols
- Prévention de l'érosion
- Brise vent
- Biorémédiation phytostabilisation
- Préservation de la qualité de l'air
- Abri pour la biodiversité
- Gestion des bioagresseurs et des maladies
- Régulation du climat

Services immatériels



Les collectivités territoriales

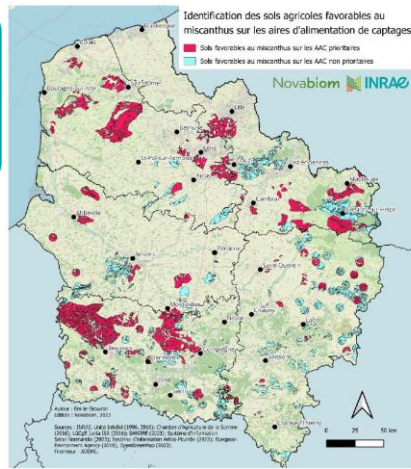
Enjeux et compétences

- Protection de la qualité de l'eau (aires alim. captage prioritaires AAC)
- Energie : stratégie neutralité carbone, remplacement des chaufferies fioul, autonomie énergétique
- Gestion de l'érosion et des coulées de boues
- Aménagement du territoire
- Développement territorial

Revue bibliographique scientifique en cours
S Monnot et E Skowron

Cultiver du miscanthus sur les zones à enjeux du territoire et le valoriser pour la collectivité en paillage horticole et/ou biomasse combustible

Identification des zones préférentielles à fort enjeu (aires alim. captage prioritaires)

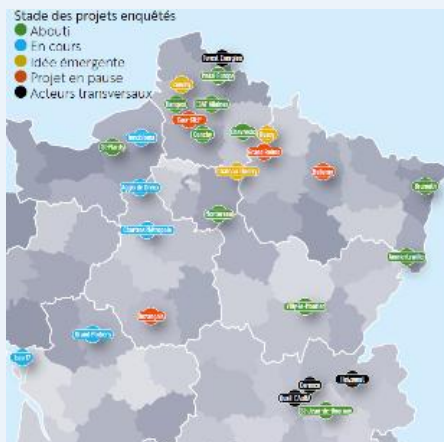


Surface des AAC prioritaires favorables au miscanthus :

217 378 ha ; soit 58 % de leur surface.

Surface des AAC prioritaires et non prioritaires favorables au miscanthus :

387 619 ha, soit 47 % de la surface des AAC.



Retours d'expériences

Quelles sont les conditions de réussite de la mise en place de projets entre collectivités et producteurs de miscanthus ?

39 entretiens :
23 projets et 7 types d'acteurs

**Chaudières miscanthus
à haute valeur environnementale**
une énergie durable à impact positif
pour vos enjeux de territoire



Éléments clefs

- Identification claire des **enjeux du territoire**
- Construction d'un **partenariat** entre collectivité et agriculteurs
- Importance de l'**accompagnement technique**
- Projet **cohérent** sur le territoire : surface et localisation des parcelles, localisation de la chaufferie
- Une **contractualisation** entre producteurs et collectivité, en amont de la plantation
- Construction d'un **prix de rachat juste**.



Shehyar IQBAL (thèse), Marion ZAPATER, Marie HEUMEZ et Maryse BRANCOURT-HULMEL

Certains génotypes sont fortement productifs, avec un **recyclage efficace de l'azote** et des **pertes d'azote plus faibles**

La majorité des génotypes sont fortement productifs et se caractérisent par une **forte acquisition de l'azote**, associée à un **recyclage efficace** mais à des **pertes d'azote élevées**

[illegible]

Remobilisation printanière

Fév

Juil

Fév

Remobilisation automnale

Absorption de l'azote

Per

Le publié dans GCB Bioenergy lqbal et
accessibles : <https://doi.org/10.57745/CEDLW2>

Caractérisation de l'absorption de l'azote et du recyclage (remobilisations printanière et automnale) dans les conditions limitantes en azote

Article publié dans **GCB Bioenergy Iqbal et al 2025**
Données accessibles : <https://doi.org/10.57745/CEDLW2>

Remobilisation printanière

Absorption de l'azote

Remobilisation automnale

Caractérisation de l'absorption de l'azote et du recyclage (remobilisations printanière et automnale) dans les conditions limitantes en azote

Une analyse en composantes principale suivie d'une et la classification hiérarchique sur ces composantes montrent des géotypes contrastés pour leur gestion de l'azote

4 Suivi du devenir de l'azote issu de la plante sur une saison de végétation : méthodes testées voire adaptées pour mesurer le devenir de l'azote chez miscanthus

Antoine ANDRE (thèse) et Marion ZAPATER

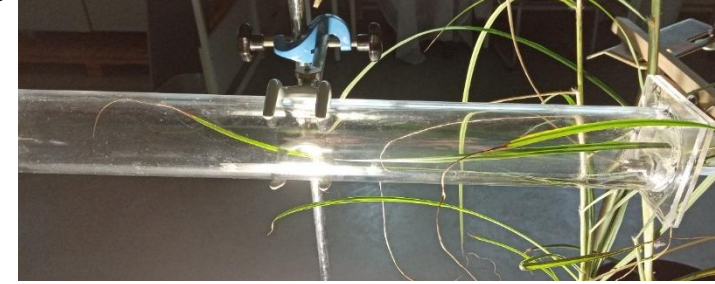
Emissions gazeuses



Etude de l'émission de N_2O par les plantes

Création d'une chambre de mesure pour les feuilles de miscanthus

avec ou sans feuilles : mêmes émissions

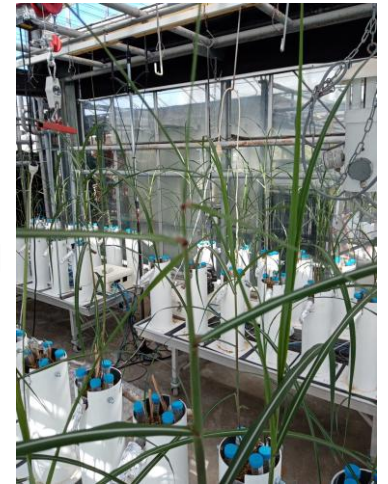


Libération de composés azotés par les racines par rhizodéposition

Marquage des plantes à l'azote 15

hors MisTigation manip en cours

Quelle quantité d'azote rhizodéposée ?
Quel est le devenir de cet azote dans le sol
(peut il être une ressource d'N temporaire pour la plante ?)



Récolte des exsudats racinaires (proxy de la rhizodéposition) et analyse des profils métabolomiques

Incubation de sol avec et sans racines et mesure des émissions de N_2O

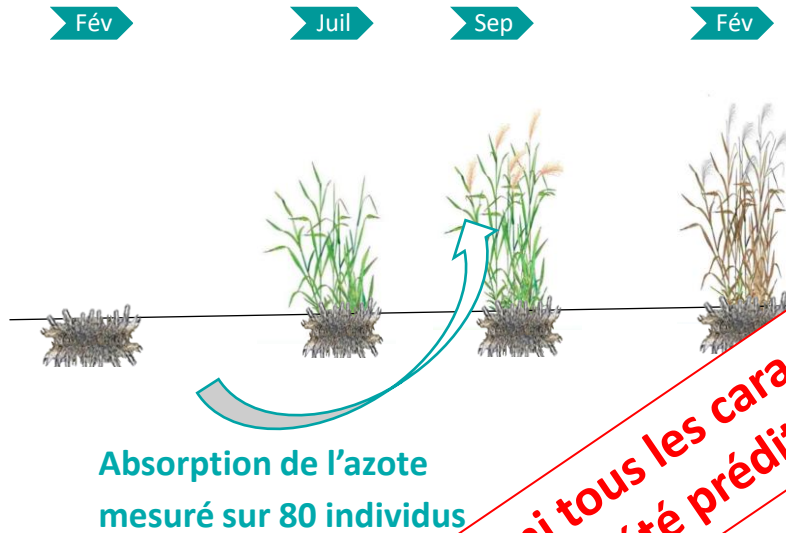
Rhizodépôts / Exsudats comme source de N_2O ?

résultats en cours



5 Mise en évidence de proxys pour prédire l'absorption de l'azote par la plante

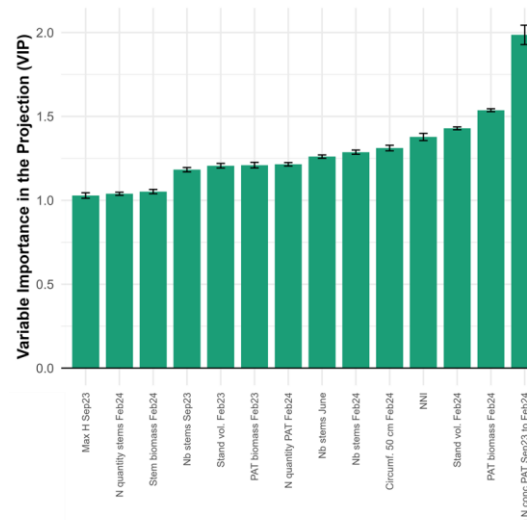
Shehyar IQBAL (thèse), Marion ZAPATER, Marie HEUMEZ et Maryse BRANCOURT-HULMEL



Parmi tous les caractères de gestion de l'azote par la plante qui ont été prédits, l'absorption de l'azote est le plus abouti

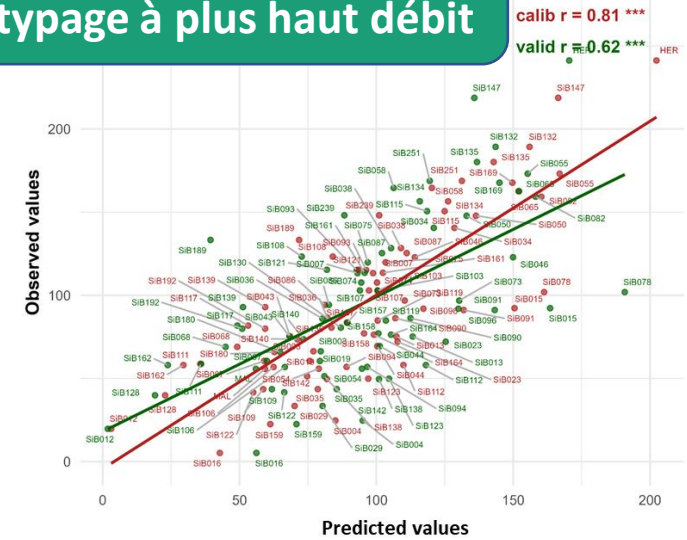
35 autres variables mesurées sur ces mêmes 80 individus

- Architecture de la plante
- Structure de la canopée
- Phénologie
- Statut azoté
- Concentration en azote
- Pool azoté



Régression PLS :
sélection des variables les plus contributives (VIP)

Cette calibration va permettre
du phénotypage à plus haut débit



Les variables retenues sont :

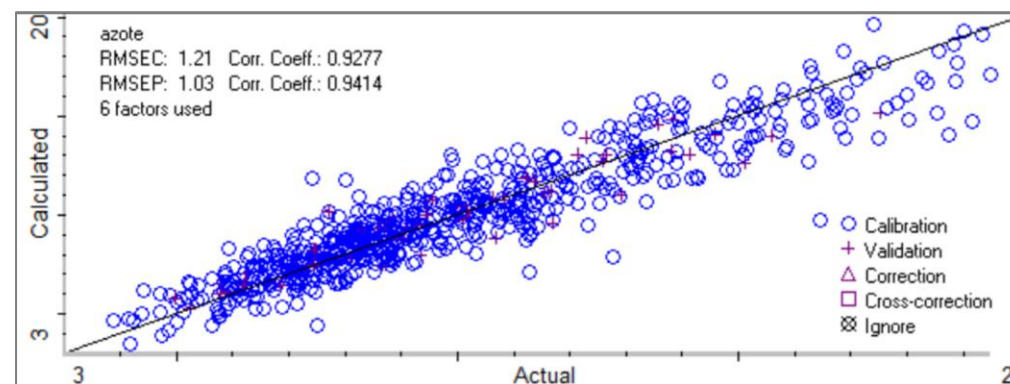
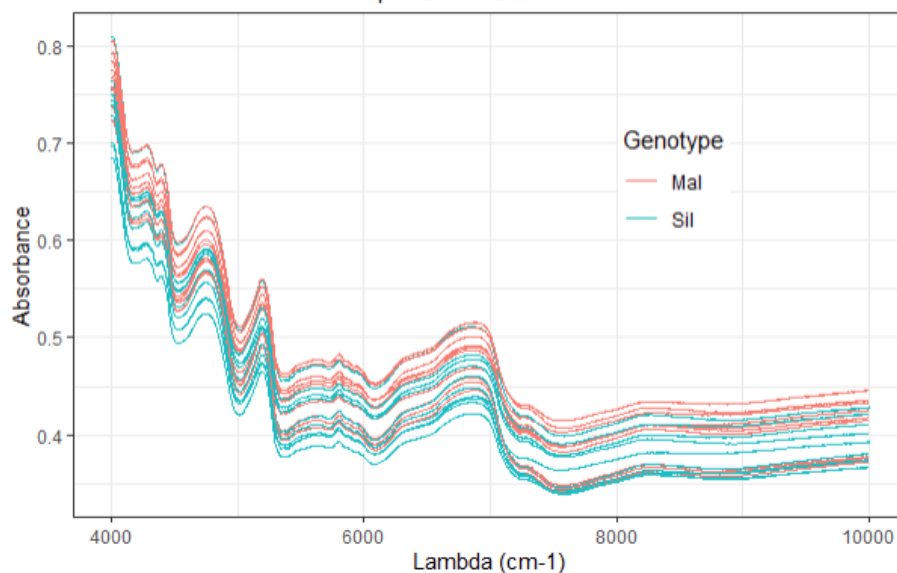
- assez simples (sans observation de rhizome)
- prédictives (r cal 0.81 - val 0.62)

A partir des spectres d'absorbance dans le proche infra-rouge :

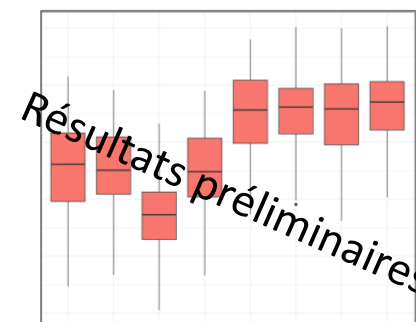
1) prédire la concentration en azote des plantes

Exemple of spectra variation within & inter genotype (each 10 spectra)

PopA - 2019 - Estrées-Mons



2) prédire des phénotypes plus complexes comme la production de biomasse ou les caractères de gestion de l'azote par la plante



7 Quels impacts des changements climatiques sur la culture du miscanthus ?

Simulation avec STICS pour 3 localités en région Hauts-de-France

Anaëlle MAZINGARBE (mémoire) et Hélène DESMYTTERE

Entrées



3 localités théoriques
Avec gradient Nord-Sud



Miscanthus* × *giganteus
Itinéraires techniques = 0



Un seul type de sol



Scénario RCP 8.5 (IPCC, AR6)
Modèle RACMO22E–EC-Earth



3 périodes climatiques

- Passé proche
- Futur proche
- Futur lointain



2 approches de simulation

1. Cycle de 5 ans (rendement max) démarrant chaque année
2. Deux cycles de 20 ans

Sorties

Biomasse exploitable
Biomasse et profondeur racinaire
Stress hydriques
Stress azoté
Quantité d'azote perdu par lixiviation
Bilan gaz effets de serre

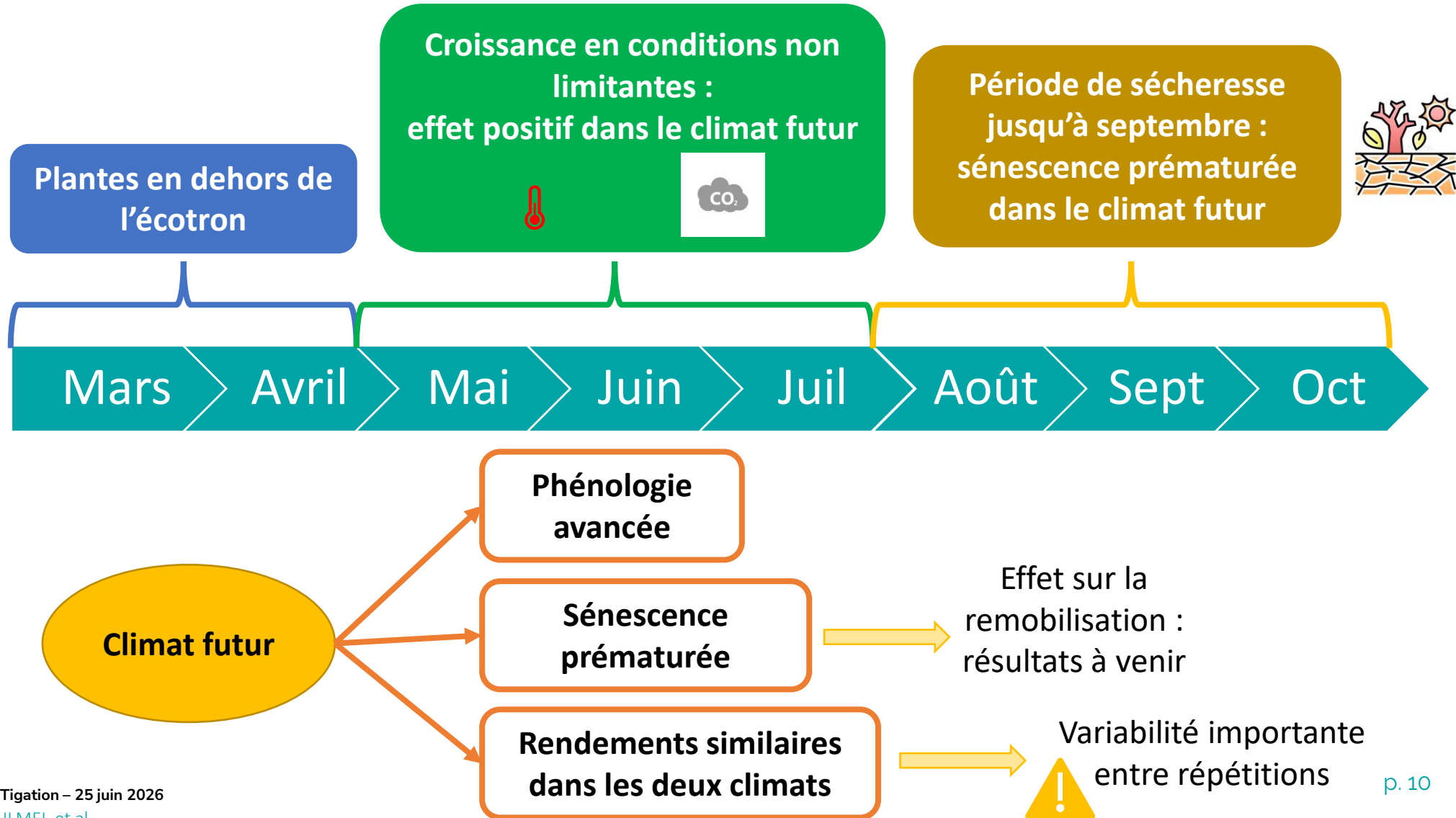
➤ **Rendements et services** globalement **peu impactés** par le changement climatique pour les 3 localités mais avec **variation interannuelle plus importante**

➤ **Sous-estimation du stress hydrique**

→ Simulations à réaliser en conditions de sols plus limitants

8 Expérimentation en écotron : effet du climat sur la croissance et le développement

Antoine ANDRE (thèse) et Marion ZAPATER



Des connaissances et des perspectives

- Pour les collectivités locales

- Revue, cartographie et guide : constituent une aide pour les collectivités
⇒ Quels autres leviers mobiliser ?

- Pour la culture

- Service de régulation de l'eau : existence de variabilité génétique pour les caractères d'absorption
⇒ Exploitation de cette riche variabilité en sélection

- Pour la prise en compte de l'effet du climat

- Simulation :
 - Assez peu d'effet en moyenne mais augmentation des variations interannuelles
⇒ Besoin accru en variétés plus stables
- Expérimentation en écotron :
 - Avancement de la phénologie, senescence prématurée et rendements similaires mais plus variables
⇒ La simulation et l'écotron donnent-ils des résultats convergents ?

- De nouveaux outils pour le phénotypage et la sélection

- Calibrations encourageantes par PLS de variables complexes de gestion de l'azote par la plante (surtout absorption, et remobilisation automnale dans une moindre mesure)
 - ⇒ Permettent un phénotypage à plus haut-débit
 - ⇒ Peut-on prédire par génomique ou phénomique de tels caractères complexes ?
 - Spectres NIRs et utilisation de ces spectres en sélection phénomique
 - Intérêt pour calibrer la teneur en azote
 - Une même série de spectres peut servir à calibrer plusieurs variables : la teneur en azote s'ajoute aux variables de composition de la paroi
 - Résultats et perspectives encourageants de la sélection phénomique
- ⇒ Test de tous ces nouveaux outils sur une nouvelle descendance stérile

Merci pour votre attention !

Pour en savoir plus :

Site internet :

<https://mistigation.hub.inrae.fr>

Thèse de Shehyar IQBAL :

<https://mistigation.hub.inrae.fr/content/download/242/2702?version=1>

Synthèse du projet publiée sur le site de l'ADEME :

<https://recherche.ademe.fr/mistigation-miscanthus-et-services-ecosystemiques-pour-les-collectivites-locales>