

Point d'avancement du projet MisEauVert

Champhol – 4 juin 2025

LOT 1 : PRODUCTION DE MISCANTHUS DANS L'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

Emilie Skowron (Novabiom) nous a présenté la mise en place du site expérimental choisi pour le suivi de la qualité de l'eau sous une parcelle de miscanthus. La parcelle est située à 3.5 km de l'aire d'alimentation de captage (AAC) de Mérobert à St-Georges-sur-Eure dans le département de l'Eure (figure 1). Il est composé de deux parcelles drainées séparées par un fossé de drainage. Ces parcelles sont représentatives de l'AAC puisqu'elles présentent des unités cartographiques de sols proches, avec des sols limoneux à limoneux argileux, moyennement épais, sur altérites à silex.

L'AAC de Mérobert présente une superficie de 3670 hectares et a été classée AAC prioritaire depuis 2010 en raison de problématiques nitrates et pesticides. Le maître d'ouvrage est Chartres Métropole. Une des deux parcelles a été implantées avec du miscanthus (*M. x giganteus*) le 8 avril 2025 à une densité de 20 000 rhizomes/ha. La levée est en cours.

L'autre parcelle est cultivée selon une rotation de cultures colza/blé/orge et servira de parcelle témoin.

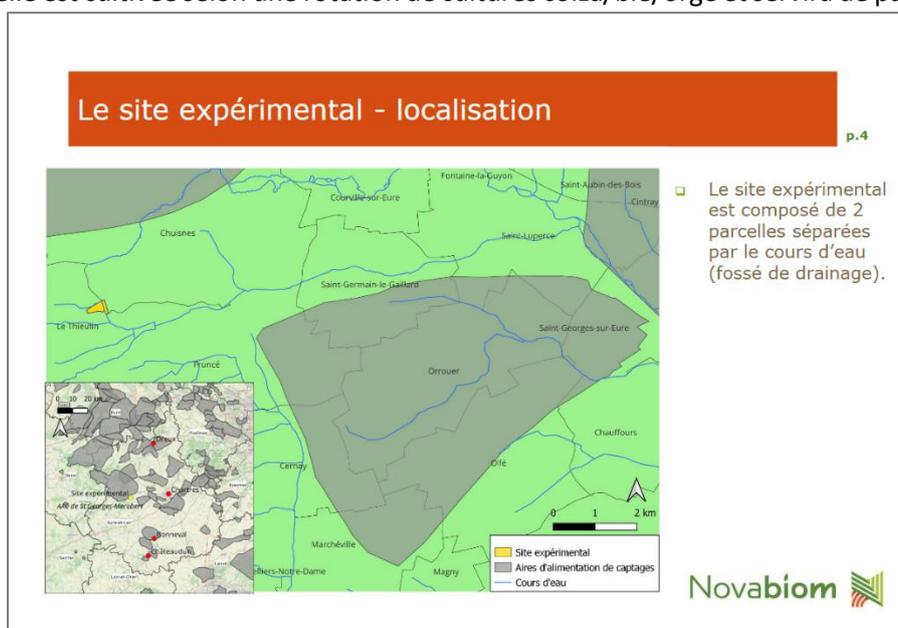


Figure 1 : Localisation de l'Aire d'Alimentation de Captage de Mérobert à St-Georges-sur-Eure dans le département de l'Eure.

LOT 2 : PROTECTION DU SOL ET DE L'EAU DANS L'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

1. Instrumentation des parcelles suivies dans l'AAC Mérobert et premiers résultats

Cédric Chaumont (INRAE HYCAR) a présenté les instruments qui ont été installés sur les deux parcelles, miscanthus et témoin, et les résultats obtenus suite aux premières séries de mesures. Sur chacune des parcelles, une centrale d'acquisition de mesure et de contrôle de type CR1000X a été installée de façon à mesurer la qualité de l'eau à la sortie des drains (figure 2). Les mesures ont révélé une bonne réactivité du système de drainage des parcelles ; les drains vont donc permettre le suivi de la qualité de l'eau sous les deux parcelles dans le cadre de la future thèse.

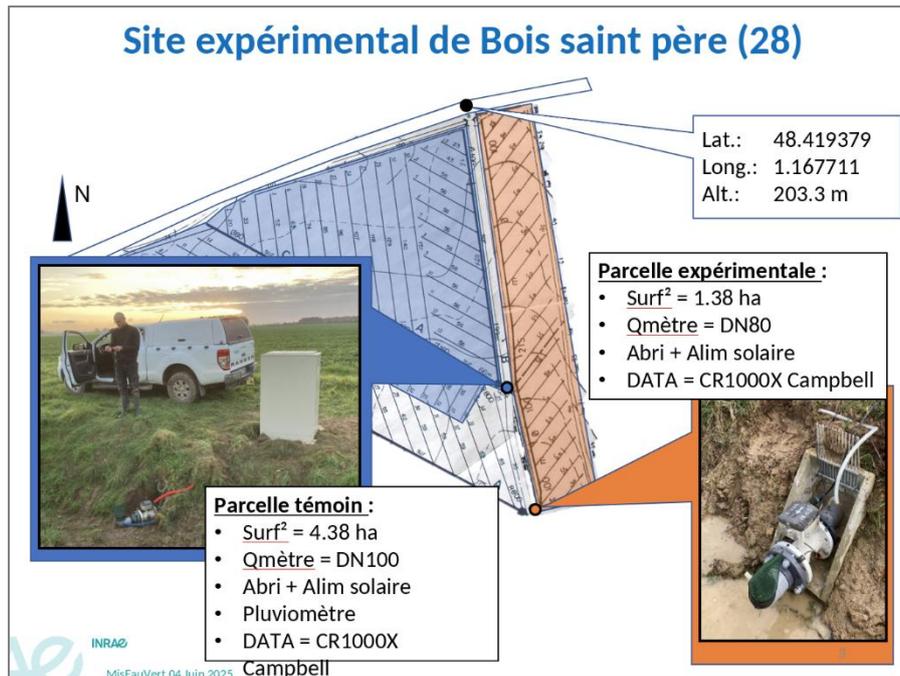


Figure 2 : Instrumentation des parcelles (miscanthus à droite) et témoin (à gauche) pour le suivi de la qualité de l'eau en sortie des drains.

2. Présentation du sujet de thèse sur la résilience vis-à-vis des pesticides d'un sol en culture de miscanthus et ses conséquences pour la qualité de la recharge de nappe

Valérie Pot (INRAE ECOSYS) nous a présenté le sujet de la thèse qui va se dérouler dans le cadre du lot 2 et qui s'intitule « Résilience vis-à-vis des pesticides d'un sol en culture de miscanthus : conséquence pour la qualité de la recharge de nappe » ([offre de these inrae ecosys hycar.pdf](#)). Elle sera co-encadrée par Julien Tournebize (INRAE HYCAR), Valérie Pot et Pierre Benoit (INRAE ECOSYS). Le recrutement est en cours (figure 3).

Thèse sur la résilience d'un sol en culture de miscanthus vis-à-vis des pesticides : conséquence pour la qualité de la recharge de nappe

© Palaiseau

← RETOUR À LA LISTE DES RÉSULTATS

Présentation INRAE

L'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) est un établissement public de recherche rassemblant une communauté de travail de 12 000 personnes, avec 272 unités de recherche, de service et expérimentales, implantées dans 18 centres sur toute la France. INRAE se positionne parmi les tout premiers leaders mondiaux en sciences agricoles et alimentaires, en sciences du végétal et de l'animal. Ses recherches visent à construire des solutions pour des agricultures multi-performantes, une alimentation de qualité et une gestion durable des ressources et des écosystèmes.

Environnement de travail, missions et activités

La thèse a pour objectif général d'évaluer l'impact de la culture de miscanthus sur la résilience d'un sol agricole drainé vis-à-vis de la pollution aux pesticides afin de déterminer la pertinence de l'implantation de cette culture dans les sols agricoles d'AAC.

OFFRE_DE_THESE_INRAE_ECOSYS...
pdf - 103.45 KB

RÉFÉRENCE DE L'OFFRE

- **Contrat :** Thèse
- **Durée :** 36 mois
- **Début du contrat :** 01/10/2025
- **N° de l'offre :** OT-250984
- **Date limite :** 08/07/2025

LE CENTRE
Ile-de-France - Versailles-Saclay

ECOSYS

Figure 3 : Sujet de la thèse sur la résilience vis-à-vis des pesticides d'un sol en culture de miscanthus.

3. Caractéristiques de l'AAC en vue de la modélisation STICS

Emilie Skowron (Novabiom) a fait une restitution sur l'acquisition des données de caractérisation de l'AAC de Mérobert qui vont être nécessaires pour la modélisation STICS. Elles concernent les assolements, les propriétés des sols de l'AAC, les itinéraires techniques moyens sur les cultures de l'AAC (semis, récolte, travail du sol, fertilisation azotée, irrigation, gestion des résidus de culture) et les reliquats azotés.

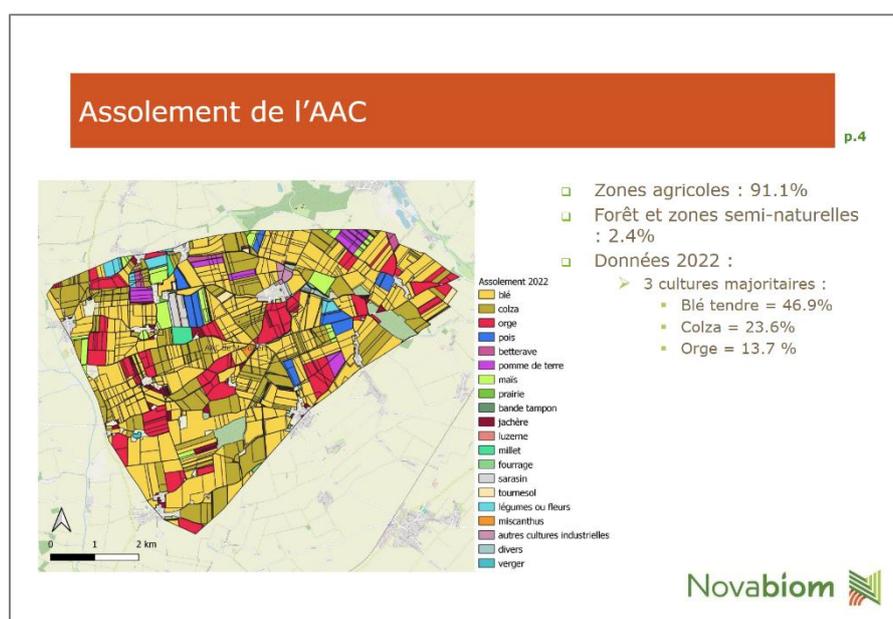


Figure 4 : Reconstitution de la carte des parcelles élémentaires constituant l'AAC Mérobert déterminées à l'aide du Registre Parcellaire Graphique (RPG).

Parmi les principales caractérisations, une carte des parcelles élémentaires constituant l'AAC Mérobert a été déterminée par intersection des cartes du Registre Parcellaire Graphique (RPG) de 2015 à 2023. Trois cultures sont majoritaires au niveau de l'AAC : en 2022, le blé tendre d'hiver représente près de la moitié de l'assolement, le colza près d'un quart et l'orge près d'un huitième (figure 4).

4. Evaluation du modèle STICS à reproduire les pratiques agricoles menées sur l'AAC

Loïc Strullu (expert STICS) a réactualisé avec de nouvelles données le paramétrage du modèle de culture STICS pour le miscanthus. Cette réactualisation ainsi que la stratégie adoptée pour la réalisation des simulations et la calibration du modèle a permis de simuler correctement les rendements des cultures à l'échelle de l'AAC (figure 5). La cohérence des données simulées avec les données observées montre que les pratiques des agriculteurs à l'échelle de l'AAC en termes de fertilisation et d'irrigation des différentes cultures ont été correctement reproduites *via* la modélisation (données non montrées).

Résultats : Rendements simulés

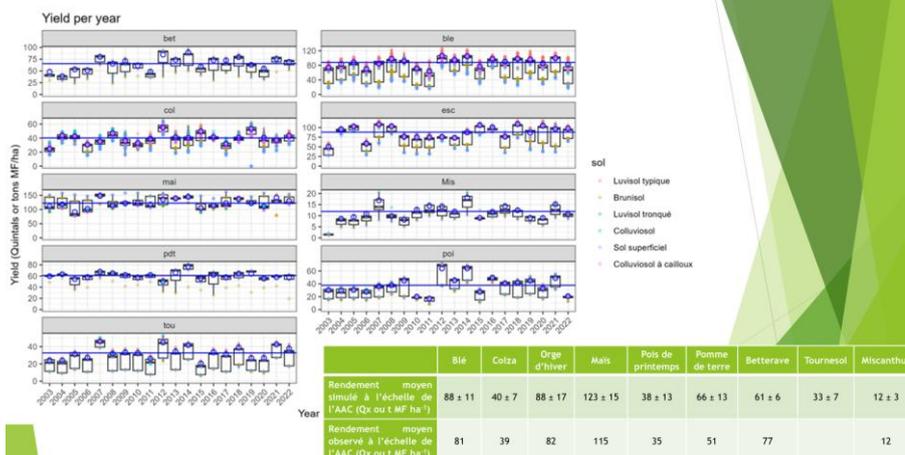


Figure 5 : Evaluation de la capacité du modèle STICS à reproduire les rendements des différentes cultures à l'échelle de l'AAC sur la période 2003-2022. Boîtes à moustaches : les bords du rectangle représentent le 1^{er} et le 3^{ème} quartile, la valeur centrale la médiane et les extrémités 1.5 fois l'intervalle interquartile ; les ronds bleus ouverts correspondent à la moyenne pondérée en fonction des rotations et des sols ; la ligne bleue horizontale correspond à la moyenne pondérée calculée sur 20 ans. Les points pleins de couleur différente représentent les différents types de sols.

La concentration en nitrates des eaux de drainage a été simulée avec le modèle STICS pour les différentes rotations qui ont été déterminées sur la base du RPG à l'échelle de l'AAC pour la période 2003-2023 ou pour certains scénarios alternatifs « bas niveau d'intrants ». Le drainage moyen simulé par le modèle à l'échelle de l'AAC sous grandes cultures est de 167 ± 75 mm, et la quantité d'azote lixiviée est de 14 ± 8 kg N ha⁻¹. La concentration en nitrates moyenne simulée sur 20 ans par le modèle à l'échelle de l'AAC est de 35.9 ± 14 mg L⁻¹. Il est important de noter ici que cette concentration ne correspond pas à une estimation de la concentration en nitrates de l'eau de la nappe, mais à une moyenne de la concentration en nitrates au niveau sous racinaire. Un effet significatif des rotations a été observé, ce qui a permis de définir différents groupes de moyennes (tableau 1).

Résultats : Simulations à l'échelle de l'AAC Concentration en nitrate et rotation

rotation	Concentration en nitrate moyenne par rotation (mg L ⁻¹)	Groupe
Miscanthus ³ - 69 %	20.2	a
RotCB	45.5	b
RotCBTO ¹ - 39 %	46.2	b
RotCBBBeCBPaB	49.4	b
RotCBMB	55.6	c
RotCBBCB	57.3	c
RotCBO	55.8	cd
RotCBTBO ² - 22 %	58.2	cd
RotCBBCBO	60.5	cde
RotCBB ³	65.1	def
RotCBPB	63.3	ef
RotCBOBO	64.4	ef
RotCBOPB	63.1	efg
RotCBMBB	66.0	efg
RotCBBO ¹	67.6	efg
RotCBPB	71.5	fgh
RotCBMBB	72.2	gh
RotCBBBO ²	75.0	h

Tableau 1 : Effet des rotations sur la concentration en nitrates de l'eau de drainage (mg L⁻¹). Valeurs calculées sur 20 années pour tous les sols confondus à partir du drainage et de la lixiviation sans pondération. B = Blé tendre ou Blé dur d'hiver, Be = Betterave à sucre, C = Colza d'hiver, M = Maïs, O = Orge d'hiver, P = Pois de printemps, Pa = Pomme de terre de consommation, T = tournesol.

On peut constater que la concentration en nitrates de l'eau de drainage augmente avec la fréquence des céréales d'hiver (notamment le blé d'hiver) ou avec la présence du pois de printemps dans les rotations. Au contraire, l'augmentation de la fréquence du colza d'hiver dans les rotations ou la présence de cultures de printemps (maïs, betterave ou pomme de terre) précédées de CIPAN tend à diminuer la concentration en nitrates de l'eau de drainage.- La concentration la plus faible est simulée sous miscanthus.

Ces résultats montrent que certaines rotations sont à risque en termes de concentration en nitrates et que l'insertion de cultures « bas niveau d'intrants » (BNI) peut engendrer des baisses importantes de la concentration en nitrates dans les eaux drainées. Ainsi, remplacer la rotation Colza-Blé-Blé par du miscanthus permettrait une réduction de la concentration en nitrates de 69 %. Remplacer la rotation Colza-Blé-Blé-Blé-Orge par une rotation Colza-Blé-Tournesol-Blé-Orge la réduirait de 22 % et remplacer la rotation Colza-Blé-Blé-Orge par une rotation Colza-Blé-Tournesol-Orge la réduirait de 39 %.

LOT 3 : VALORISATION EN CASCADE EN LITIÈRE ANIMALE PUIS AMENDEMENT ORGANIQUE

1. Etude des pratiques d'utilisation des litières miscanthus en élevage

Emilie Skowron a présenté l'objectif général du lot qui est d'évaluer l'intérêt du miscanthus en litière animale, à la fois du point de vue de la qualité de la litière pour l'élevage et de la qualité du fumier pour son retour au sol. Une première partie du lot concerne l'identification et la caractérisation des pratiques d'utilisation du miscanthus en litière. Ce travail se réalise sur la base d'enquêtes réalisées auprès de fermes contacts couvrant différents types d'élevages (bovins, volailles et porcins).

Objectif – identifier et caractériser les pratiques d'utilisation du miscanthus en litière p.5

- Le miscanthus est utilisé en litière en remplacement de la paille.
- Généralement, en système de litière compostées et malaxées.
- En fonction des productions, des pratiques plus ou moins bien connues :
 - Quelques fiches techniques en bovin lait et volaille (poulet de chair et dinde)
 - Très peu de retours en bovin allaitant, canard, caprin, porc, ovin.



Novabiom 

Illustration 1 : Présentation du premier objectif du lot 3 concernant l'identification et la caractérisation des pratiques d'utilisation du miscanthus en litière.

2. Qualité du fumier de miscanthus - objectifs et inventaire des échantillons prélevés

Parallèlement, une vingtaine d'échantillons en provenance de différents types d'élevages (porcins, bovins et volailles) sera analysée par un laboratoire prestataire pour mimer en conditions contrôlées la minéralisation du carbone et de l'azote organique. Une estimation de la valeur fertilisante et amendante pourra alors être réalisée.

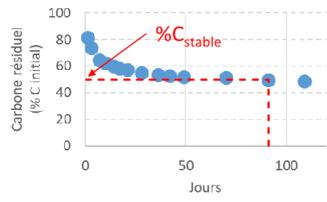
Florent Levavasseur (INRAE ECOSYS) a précisé que ces valeurs permettront de paramétrer l'outil PROLEG en vue de simuler les effets de plusieurs scénarios de retour au sol du fumier de miscanthus.

3.2 Evaluation of the fertilizing and amending values of miscanthus manure (EcoSys)

- Prélèvement d'une vingtaine d'échantillons de fumier à base de miscanthus, dans différents types d'élevage (bovin, volaille...)
- Analyses en laboratoire (sous-traitance LDAR) :
 - MS, teneurs en nutriments...
 - Incubations en conditions contrôlées pour étudier la minéralisation du C et du N organique (91 jours à 28°C ≈ 1 an au champ)



Mélange sol+PRO en bocal pour incubation



- Estimation de la valeur fertilisante N et amendante (contribution C sol)
- Comparaison aux valeurs de la littérature pour les fumiers plus classiques

Illustration 2 : Présentation du deuxième objectif du lot 3 concernant l'estimation de la valeur fertilisante et amendante de fumier à base de miscanthus.

LOT 4 : DEVELOPPEMENT D'OUTILS ET DE GENITEURS POUR ELARGIR L'OFFRE VARIETALE DU MISCANTHUS

1. Adaptation des schémas de sélection variétale classique aux spécificités biologiques et génétiques du miscanthus

Conclusion

Adapter les schémas de la culture modèle maïs au miscanthus? Pas vraiment

- L'histoire de la sélection du miscanthus est très récente par rapport aux autres cultures
 - Il s'agit de monter la filière
 - Appréhender des nouveaux traits complexes (qualité de l'eau, mobilisation de l'azote, esthétique, etc.)
 - Tester les modèles existants
- Son système de reproduction est similaire à la vigne et au pommier
 - Réduire la longueur des cycles
 - Explorer la diversité
 - S'adapter aux trois classes alléliques
 - Ne pas se conformer aux schémas conventionnels
- Beaucoup de potentiel agronomique et génétique, une jolie histoire à poursuivre...





04/06/2025 - Séverine MONNOT

p. 14

Illustration 3 : Adaptation des schémas de sélection aux spécificités biologiques et génétiques du miscanthus

Séverine Monnot (postdoctorante INRAE BioEcoAgro) a présenté l'adaptation des schémas de sélection classiquement utilisés en amélioration des plantes aux spécificités biologiques et génétiques du miscanthus.

L'espèce cultivée en France est *Miscanthus x giganteus*, issue du croisement interspécifique naturel entre *Miscanthus sacchariflorus* et *Miscanthus sinensis*. Cette espèce est triploïde (c'est-à-dire

comportant trois versions de chaque chromosome), ce qui lui confère une stérilité. Combinée à la présence de rhizomes non traçants, cette stérilité garantit le caractère non invasif de la culture. Contrairement à des espèces comme le maïs ou le blé, l'histoire de l'amélioration variétale du miscanthus en est encore à ses débuts, et ce groupe d'espèces n'est pas encore considéré comme domestiqué.

L'amélioration variétale est la science qui formalise les principes de sélection naturelle afin d'orienter efficacement le progrès génétique. En raison de son cycle biologique et de sa diversité génétique, le miscanthus s'écarte des schémas de sélection et des modèles statistiques conventionnels, qu'il convient donc d'adapter. On peut, par exemple, s'inspirer d'espèces pérennes clonables à rendement annuel, telles que les arbres fruitiers.

Actuellement, l'équipe INRAE débute la sélection à proprement parler en se concentrant sur *M. sinensis*, un des deux parents de *giganteus*, et en :

- Identifiant les caractères d'intérêt en fonction des besoins des acteurs de la filière ;
- Créant des descendances biparentales, appelées populations ;
- Caractérisant ces populations afin d'établir l'héritabilité des caractères favorables ;
- Réduisant les cycles de sélection grâce à la prédiction génomique.

2. Résultats préliminaires sur la sélection génomique du miscanthus

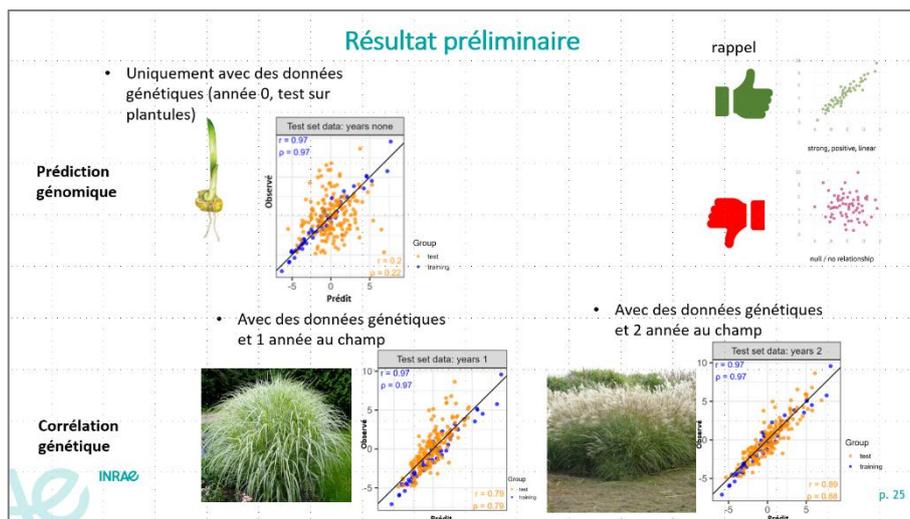


Figure 6 : Premiers résultats sur la sélection génomique de *Miscanthus sinensis*.

Manuel Derrien a rejoint l'équipe BioEcoAgro en décembre 2024 pour effectuer sa thèse sur la sélection génomique de *Miscanthus sinensis*. La sélection génomique est une méthode statistique permettant de prédire les valeurs agronomiques de nouveaux individus à partir de leurs données génétiques. Ces modèles sont entraînés à partir de données historiques de phénotypage (caractérisation) et génotypage (combinaison d'allèles), et reposent sur le principe de la validation croisée : la majorité des données de la population est utilisée pour ajuster le modèle (population d'entraînement), tandis que le reste sert à évaluer sa qualité prédictive (population de validation).

Les premiers essais de sélection génomique ont été réalisés sur la population "pleins frères" appelée "SiA", issue du croisement entre les variétés Malepartus et Silberspinne. La campagne de phénotypage s'est déroulée sur cinq ans et deux sites, selon un plan d'expérience échelonné permettant de dissocier l'effet de l'âge de celui de l'année. A ce stade, les analyses préliminaires ont permis de mettre en évidence :

1. Une augmentation de l'héritabilité avec l'âge pour des caractères tels que la hauteur. En d'autres termes, les individus deviennent plus stables à l'âge de quatre ans qu'à l'âge d'un an, et/ou les différences entre individus sont plus marquées à cet âge.
2. D'excellentes capacités de prédiction des valeurs agronomiques adultes dès lors que les données d'âge d'un an sont incluses dans la population d'entraînement. En revanche, les modèles reposant uniquement sur les données de génotypage ne sont pour l'instant pas concluants.

Ces résultats préliminaires sont encourageants et laissent entrevoir une réduction significative du cycle de sélection, passant de 4 à 1 an de phénotypage.

LOT 5 : COORDINATION, VALEUR AJOUTEE ET IMPACT

En matière de communication (exposés, posters ou publications), Maryse Hulmel rappelle de ne pas oublier de mentionner le financement ANR de notre projet. Dans les futures publications, il est notamment important de préciser le référencement ANR du projet (ANR-23-CE03-0009-01).

Elle rappelle que le projet a été prolongé d'une année pour le lot 2, ce qui porte son échéance au 31/12/2028 avec une remise du rapport final au 30/06/2029, mais que l'échéance du 31/12/2027 a été maintenue pour les autres lots avec une remise du rapport final correspondant au 30/06/2028.

Enfin, le site internet va être mis à jour dans les prochains mois. Pensez à transmettre à BioEcoAgro (Maryse ou Séverine) toute information utile pour la réactualisation de vos lots (texte, photos ou illustrations).