




# Résultats expérimentations couvert végétaux

Campagne 2023



# Sommaire

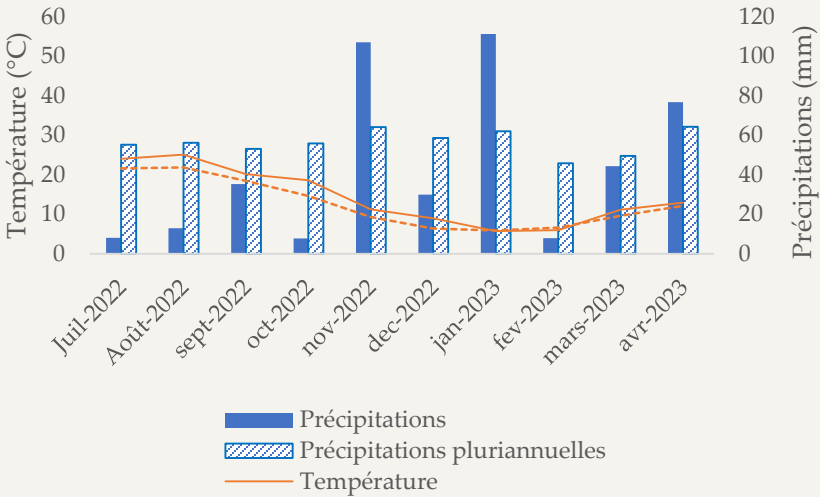
1. Contexte pédoclimatique de l'année 2023 sur le territoire
  2. Choix des espèces et des variétés de couvert
  3. Gestion de l'eau
  4. Suivi de 75 couverts en Occitanie
  5. Analyse des teneurs en carbone et azote de couverts végétaux et comparaison à la méthode MERCI
  6. Impasse d'engrais azoté sur tournesol derrière un couvert de féverole. Mise en application de la méthode MERCI
- 

# 1. Contexte pédoclimatique de l'année 2023 sur le territoire



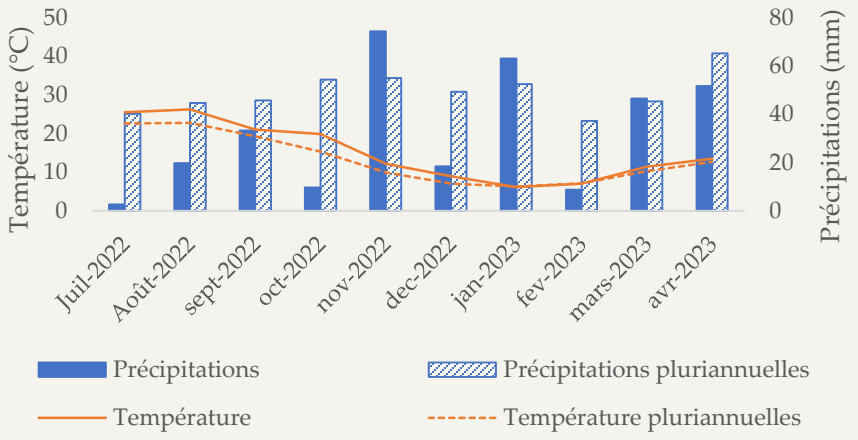
# Contexte de l'exploitation et climatique de l'année 2023 sur le territoire

Auch



Dates clés	C° min	C° max
11 dec	-7	
21-24 dec		20
21-25 jan	-5	
6-17 fev	-6	
15-21 fev		20
1 mars	-6	

Toulouse



Dates clés	C° min	C° max
11 dec	-6	
21-24 dec		20
21-25 jan	-3	
9-11 fev	-3	
18-20 fev		19
1 mars	-4	

- L'été et l'automne ont été exceptionnellement chaud et sec, avec des précipitations largement inférieures aux normales et des températures importantes.
- Les reliquats d'azote étaient importants à l'automne (100 U/ha au lycée agricole d'Auzeville) car les blés n'ont pas valorisé les apports d'azote à cause de la sécheresse au printemps 2022. Les quantités importantes d'azote dans les sols ont favorisé le développement des crucifères (famille nitrophile)
- Plusieurs épisodes de gel sur plusieurs jours consécutifs ont détruit certains couverts

## 2.Choix des espèces et des variétés de couverts



# Intérêts et principe de l'association crucifère et légumineuses

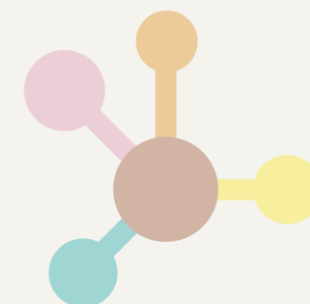
En Occitanie , les agriculteurs implantent majoritairement des couverts végétaux à base de féverole pour des raisons agronomiques et technico-économiques (implantation et destruction facile et rapide, semences fermières peu chères..). Dans les systèmes de cultures du territoire (blé dur/tournesol, monoculture de maïs semence/ensilage/grain et systèmes AB), la fréquence d'implantation de la féverole est importante. On observe depuis quelques années une augmentation de la pression en maladies (**Ascochytose, botrytis, rouille...**) ce qui limite la production de biomasse de la féverole et donc les intérêts agronomiques du couvert. Comme pour les cultures de rente, il est nécessaire de diversifier les couverts afin de maintenir une production de biomasse suffisante (réduire la pression en maladie à l'échelle de la rotation).

Parmi les différentes possibilités, l'association crucifères/ légumineuses est intéressante d'un point de vue techno-économique et agronomique. Le principe de cette association est d'avoir un développement rapide des crucifères en entrée hiver afin de protéger rapidement le sol de l'érosion, piéger l'azote minéral et produire de la biomasse. En sortie hiver avec la durée des jours qui s'allonge et la température qui augmente, les légumineuses prennent le relais pour augmenter la production de biomasse et réduire l'éventuel effet dépressifs des crucifères (faim d'azote).

Depuis quelques années LIA-GIP OCCITANIE travaille sur le choix des espèces et des variétés afin de proposer aux agriculteurs/techniciens d'Occitanie des solutions de diversification de couverts alternatifs à la féverole adaptées au contexte pédoclimatique local (aux contextes pédoclimatiques locaux). Les références techniques de cette année 2023 s'ajoutent aux références des années précédentes.

# Essai 1 : Screening association moutarde blanche tardive avec une légumineuse

Essai en microparcelle



# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive

## Objectifs :

Dans la continuité des essais variétaux d'espèces pures de crucifères et de légumineuses de 2022 (voir synthèse couvert 2022), il a été effectué un essai variétal de légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive.

L'objectif de cet essai est d'observer le comportement de différentes espèces et variétés de légumineuses en association avec une moutarde blanche. Il a été choisi d'associer les légumineuses à une moutarde blanche tardive (Variété simplex) afin de supprimer le risque de grenaison et laisser le temps aux légumineuses de se développer en sortie hiver.

**Localisation :** Lycée agricole d'Auzeville

**Précédent :** Blé tendre hiver avec reliquat d'azote minéral élevé dans le sol (100 U/ha) en raison des faibles rendements du BTH (sécheresse). Parcelle avec pression importante RG résistant

**Date de semis :** 7 septembre

**Dispositif :** micro parcelle avec une

- répétition irriguée au semis pour simuler une année « normale » (30 mm)
- répétition non irriguée (conditions très sèches)

## Densité de semis des associations légumineuses/ moutarde blanche

Légumineuse	Dose (kg/ha)	Crucifère	Dose (kg/ha)
<b>Goliath</b> (Vesce velue)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Latigo</b> (Vesce velue)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Titane</b> (Vesce pourpre)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Violine</b> (Vesce pourpre)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Mariana</b> (Vesce commune printemps)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Catarina</b> (Vesce commune printemps)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Melissa</b> (Vesce commune printemps)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Carelie</b> (Vesce commune hiver)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Libia</b> (Vesce commune hiver)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Barvicos</b> (Vesce commune hiver)	15	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Frosty</b> (Trèfle Alexandrie)	10	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Tabor</b> (Trèfle Alexandrie)	10	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Inkara</b> (Trèfle incarnat)	10	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4
<b>Bolsena</b> (Trèfle incarnat)	10	<b>Simplex</b> (Moutarde Blanche)	4



# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanchetardive

Les associations moutardes/légumineuses ont été répétées 3 fois. La moitié des modalités a été irriguée (30mm) à cause des conditions sèches en été/automne afin d'observer le potentiel de production des espèces et variétés en conditions non limitantes.

## Zone Irriguée

Développement agressif des moutardes en entrée hiver qui valorisent l'irrigation au semis et les reliquats d'azote minéral élevés dans le sol.

➡ Forte concurrence aérienne de la moutarde blanche sur les légumineuses.

Malgré la concurrence de la moutarde blanche, les vesces pourpres se sont développées en entrée hiver en se portant à hauteur des moutardes. Les vesces pourpres peuvent être intéressantes pour augmenter la production de biomasse, le recouvrement du sol et le stockage de N en entrée hiver dans des stratégies de destructions précoces de couverts (labour pour gérer le RG, roulage de la moutarde dans le gel, couvert réglementaire...).



## Non irriguée

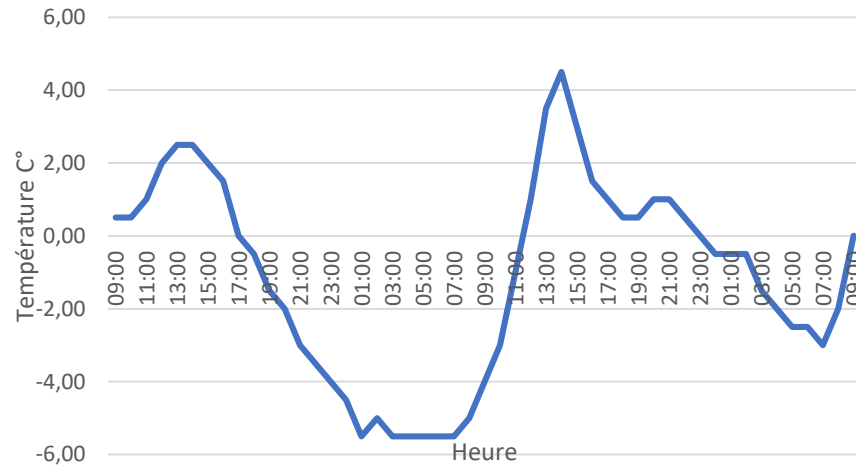
Très faible développement de la moutarde et des légumineuses en raisons du manque de précipitation.

Plus de 2 mois après le semis, on observe des levées échelonnées des moutardes avec peu de légumineuses levées dans la zone non irriguée



Zone non irriguée en 1<sup>er</sup> plan et zone irriguée en 2<sup>ème</sup> plan

# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive



**11/12 décembre : 2 nuits (et jours) consécutives de gel jusqu'à -5°**

- Zone irriguée → destruction par le gel d'une partie de la moutarde blanche et de certaines légumineuses.
- Zone non irriguée → les moutardes étaient dans un stade moins sensibles au gel (faible développement) , il y a eu moins de perte.



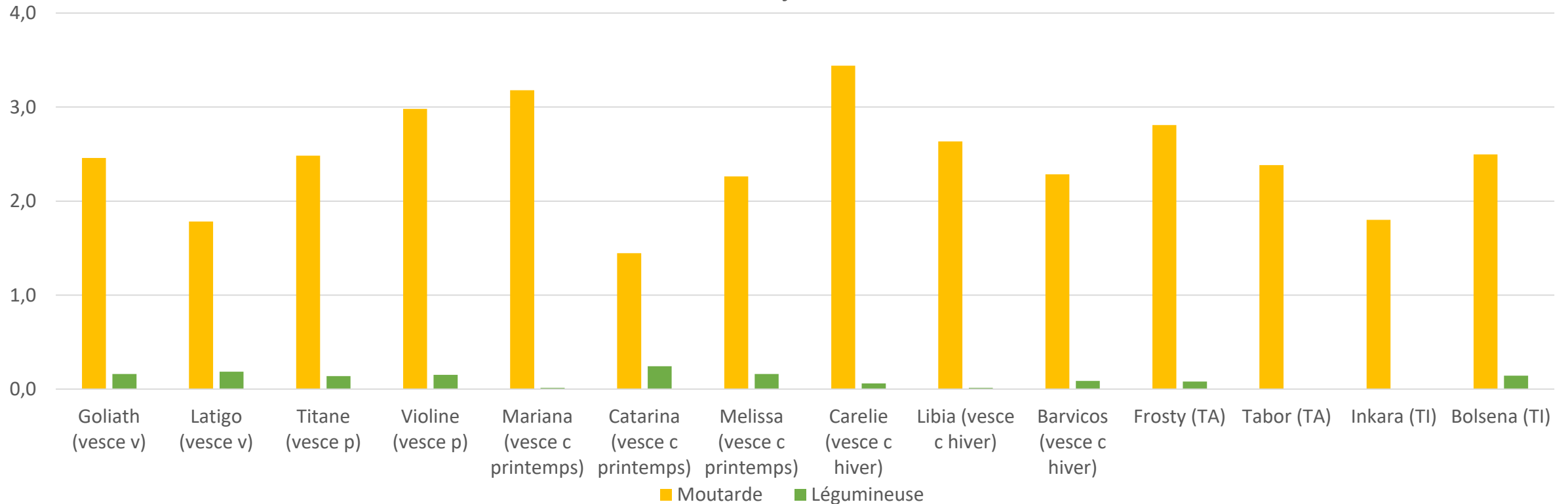
Moutarde après le gel dans la zone irriguée  
(13 décembre)



Evolution de la moutarde après le gel dans la zone irriguée (3 janvier)

# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive

Biomasse en tonne de MS/ha au 3 janvier 2023 dans la ZONE IRRIGUEE



## Zone irriguée

- Avec une production moyenne de 2,4 tonnes de MS/ha, la moutarde blanche a rempli ses objectifs en piégeant l'azote minéral du sol (réduction lixiviation), couvrant rapidement le sol (protection érosion) et produisant une biomasse importante en entrée hiver. **La production de biomasse totale de moutarde blanche est sous estimée car elles ont commencé à se décomposer après le gel de décembre.**
- Dans l'ensemble nous observons une faible production de biomasse des légumineuses qui s'explique en partie par une forte concurrence de la moutarde. Le gel a aussi ralenti voir détruit une grande partie des légumineuses

## Zone non irriguée

- Aucun prélèvement n'a été effectué dans la zone non irriguée car la biomasse de la moutarde blanches et des légumineuses était est très faible.

# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive

Février : 10 nuits de gel dont 5 nuits consécutives jusqu'à  $-5,5\text{ °C}$  ❄️

24 février 2023

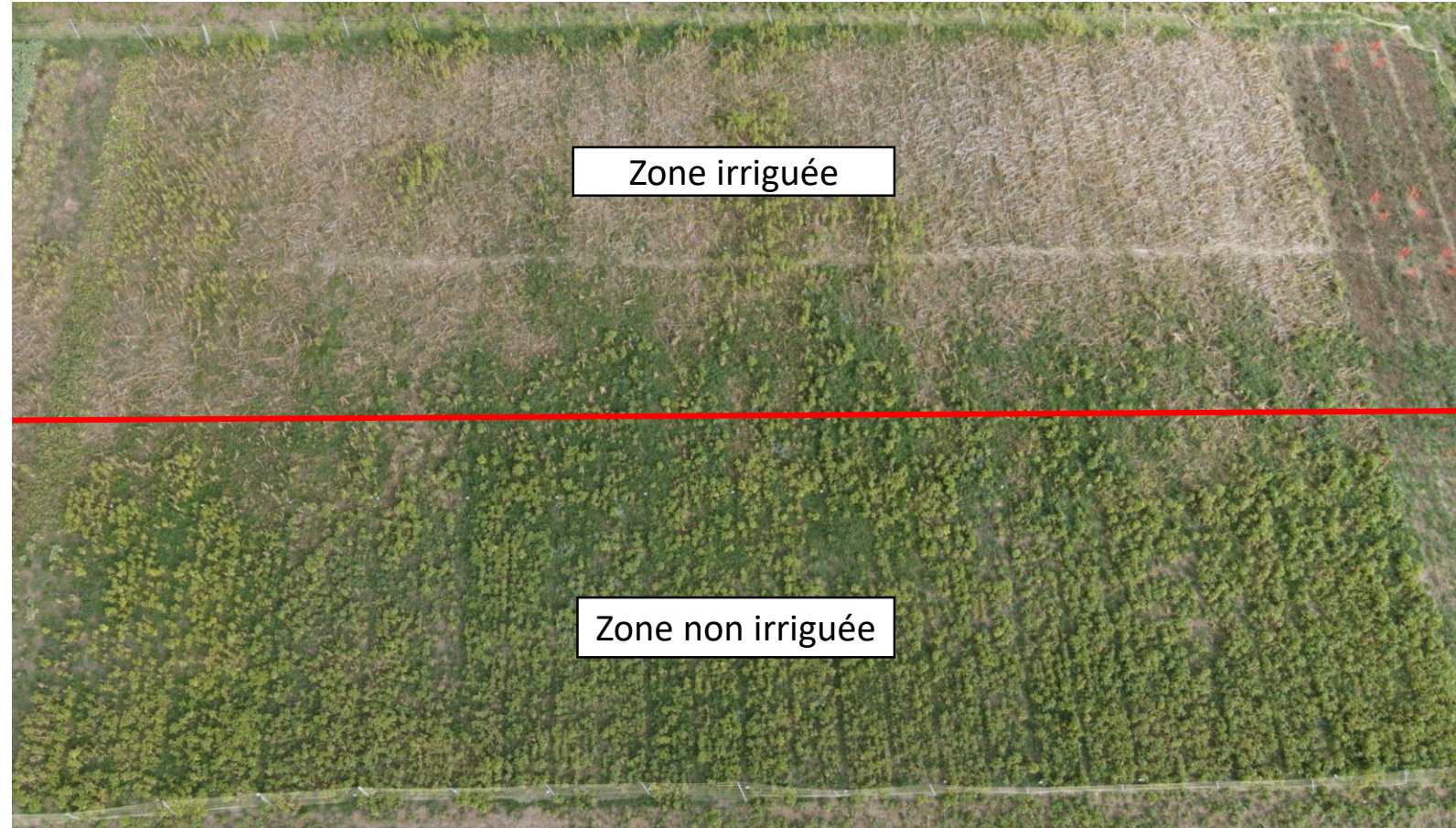
## Zone irriguée :

- La moutarde blanche et une grande partie des légumineuses ont été complètement détruit par le gel
- Très faible développement des légumineuses

## Zone non irriguée:

- La moutarde blanche a résisté au gel car elle était à un stade moins sensible
- Très faible développement des légumineuses

Ces observations confirment une nouvelle fois que la sensibilité au gel des espèces dépend beaucoup de leur stade de développement

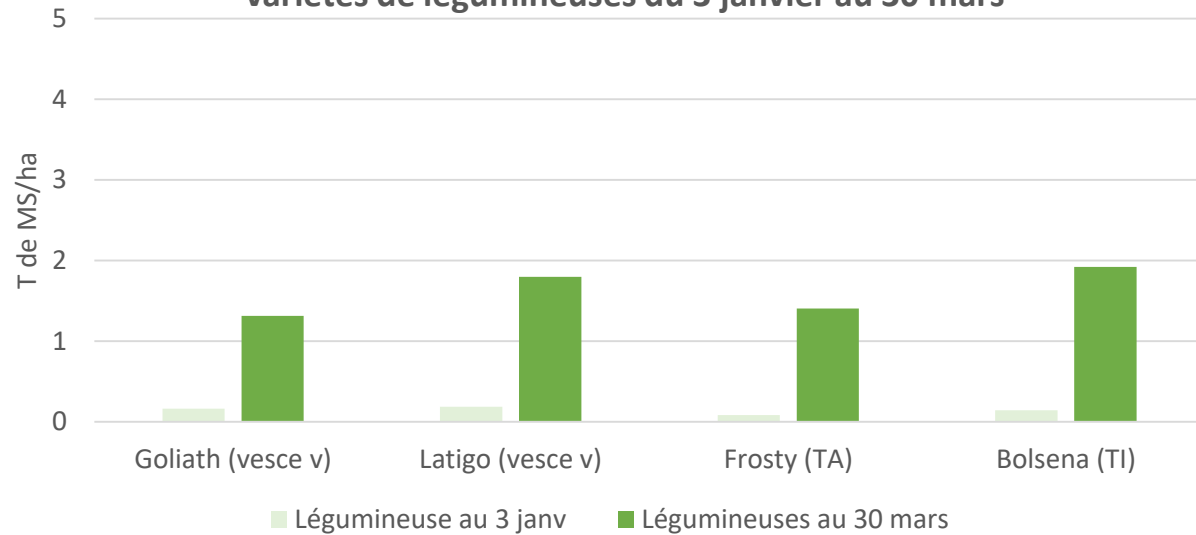


Dans la zone irriguée, le développement agressif de la moutarde B. a limité le développement du Ray Grass avec une concurrence aérienne (lumière) et racinaire (disponibilité en N).  
A l'inverse dans la zone non irriguée, le développement lent de la moutarde B. en raison du manque d'eau a laissé la place au Ray grass (zone en vert foncé) pour se développer durant l'hiver.

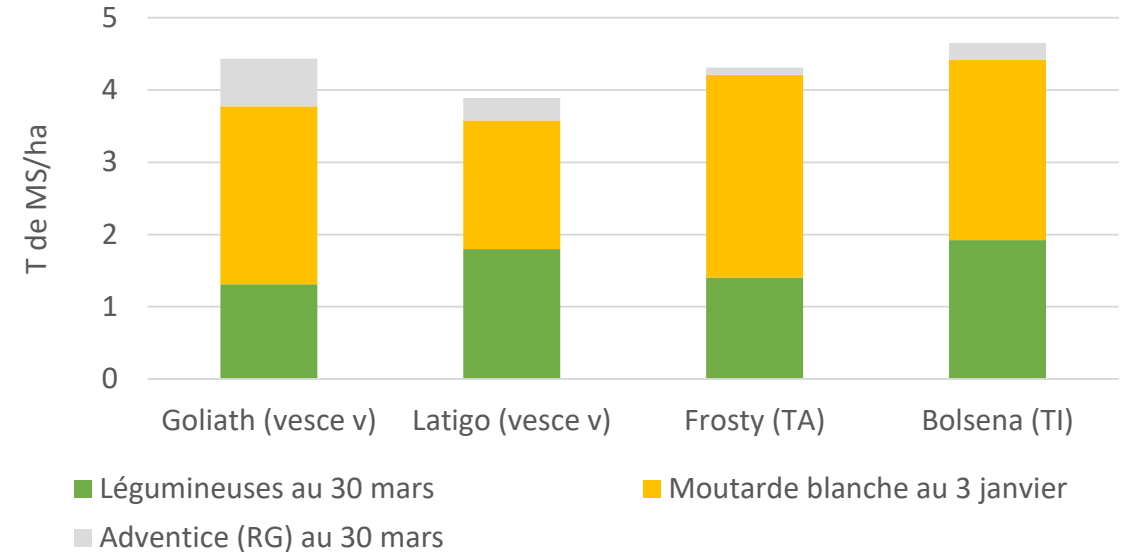
# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive

## ZONE IRRIGUEE

Evolution de la production de biomasse en tonnes de matière sèche/ha de 4 variétés de légumineuses du 3 janvier au 30 mars



Production totale de biomasse en tonne de MS/ha de 4 modalités d'associations



- Nous observons que 4 variétés de légumineuses ont pris le relais de la moutarde B en sortie hiver et produisent une biomasse conséquente. Les mesures de biomasse n'ont pas été effectuées sur les autres variétés car elles étaient trop peu développées.
- **Vesce velue, vesce pourpre et vesce commune** : Ce sont les vesces velues qui ont produit le plus de biomasse. Avec les conditions de l'année et l'irrigation au semis, les vesces velus ont été moins sensibles au gel que les autres espèces de vesce. Ces résultats sont en adéquation avec ceux observés par la station d'Amélioration des Plantes de l'Institut National de la Recherche Agronomique qui avait constaté en 1960 que la vesce velue était l'espèce la plus résistante au froid parmi l'ensemble des espèces de vesce.
- **Trèfle Alexandrie (TA) et Trèfle incarnat (TI)** : La variété Frosty (TA) confirme sa régularité de production, nous l'observons dans nos essais depuis plusieurs années. La variété Bolsena (TI) a produit une biomasse importante (variété précoce).

La production entrée hiver de la moutarde B suivi de la production de légumineuses en sortie hiver permet de produire un total de **4 T de MS/ha**. Les objectifs du couvert sont atteints : protection érosion , augmentation MO, concurrence adventice, potentiel de restitutions d'azote élevé ect....

*Photo du 30 mars*



**Goliath (Vesce velue) :**

- Développement homogène
- Bon Recouvrement
- Stade végétatif
- 15,7 % de MS



**Latigo (Vesce velue) :**

- Développement homogène
- Bon recouvrement
- Début floraison
- 15 % de MS

Plus belle variété  
visuellement



*Photos du 30 mars*



**Bolsena (Trèfle Incarnat)**

- Développement homogène
- Port étalé qui recouvre le sol



**Frosty (Trèfle Alexandrie)**

- Développement homogène
- Port dressé





Très faible développement des autres espèces/varétés de légumineuses. Plantes chétives et développement hétérogène :

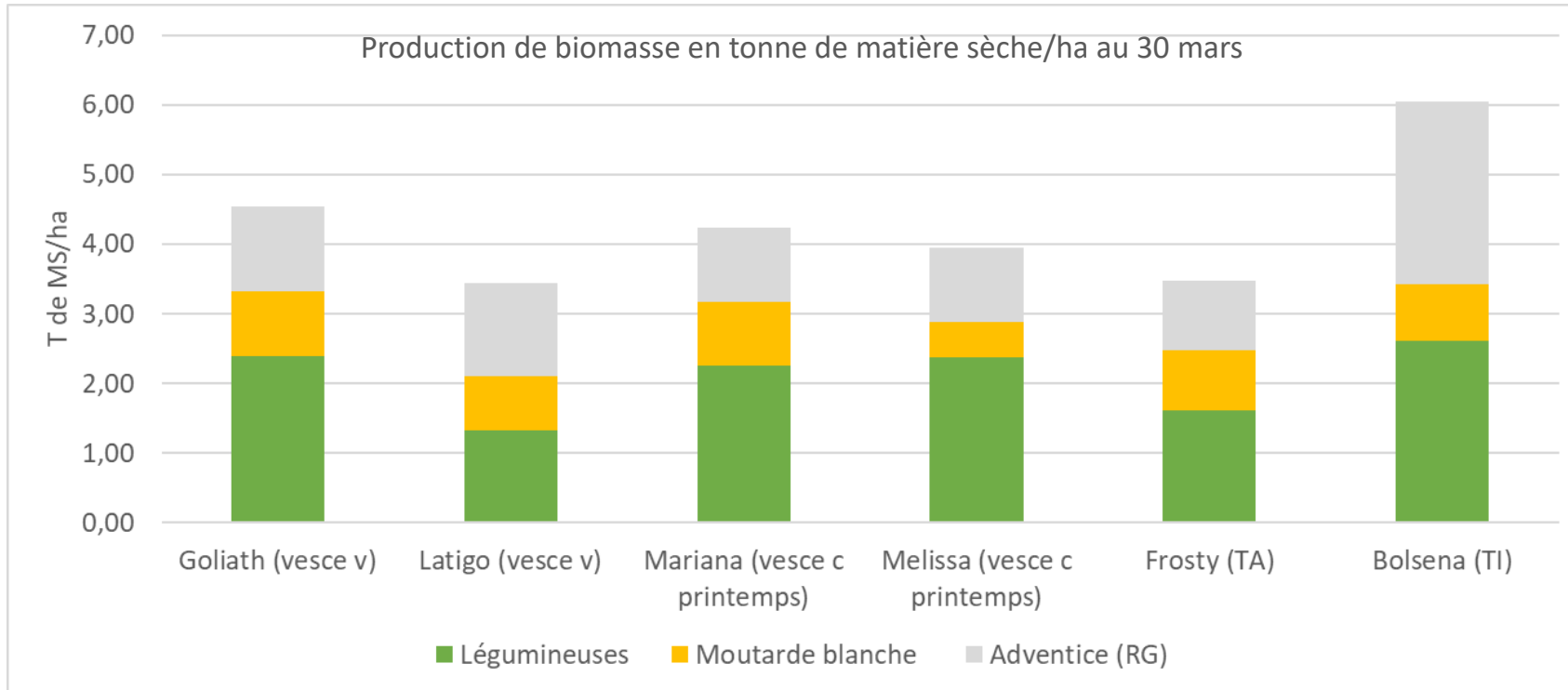
Principales hypothèses :

- Sensibilité au gel
- Forte concurrence de la moutarde
- Manque précipitation à l'automne



# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive

## ZONE NON IRRIGUEE



### Biomasse moyenne

- Moutarde blanche : 0,80 T de MS/ha (biomasse sous-estimé car moutarde en fin de cycle et gel à répétition)
- **! Adventices : 1,38 T de MS/ha !**

Malgré des levées échelonnées, la moutarde et les légumineuses ont produit de la biomasse à la sortie l'hiver dans la zone non irriguée

- **Les 2 vesces de printemps ont mieux exprimé leur potentiel sans irrigation** ce qui a permis de produire une biomasse importante (plus de 2 T de MS/ha). Nous émettons l'hypothèse que les vesces de printemps ont levé en novembre avec les premières pluies. Les vesces de printemps devaient être à une stade peu sensible lors des épisodes de gel. Ensuite, la précocité des vesces de printemps avec leur cycle court, a permis de produire de la biomasse rapidement en sortie hiver.
- Les mêmes variétés de vesces velues, de Trèfle Alexandrie et de Trèfle Incarnat ressortent bien dans la zone non irriguée avec une production de biomasse intéressante.
- La pression adventice notamment en RG est importante (1,38 T/ha) car la moutarde B. a peu concurrencé en entrée hiver. Le développement du RG rend la destruction plus complexe avec un chevelu racinaire qui entraîne la formation de mottes.

➔ Malgré les conditions sèches à l'automne, la production de biomasse des couverts est satisfaisante (supérieur à 2 T de MS/ha). Par contre, la gestion des adventices n'est pas satisfaisante avec la pression importante de RG qui complexifie la destruction.

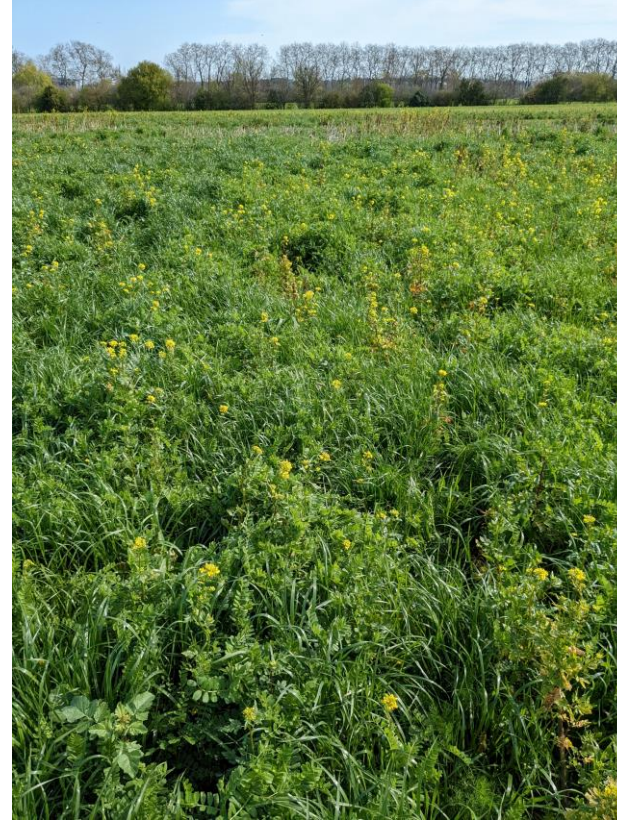
Photos du 30 mars



Goliath (Vesce velu)



Latigo (Vesce Velu)



Mélissa Vesce (commune de printemps)



Marianna (Vesce commune de printemps)

**Forte pression en RG car la moutarde B n'a pas concurrencé le RG durant l'hiver (non satisfaisant)**

La moutarde B. est en pleine floraison au 30 mars mais la variété simplex est tardive. Les siliques ne sont pas formées, Il y a aucun risque d'égrenage

**Les vesces sont concurrencées par le RG mais produisent quand même de la biomasse**

*Photos du 30 mars*

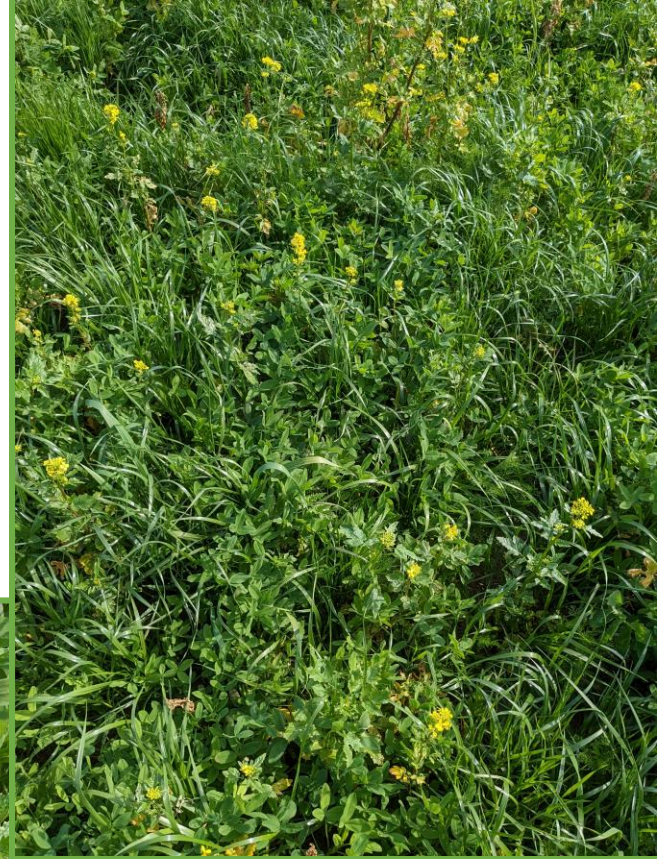
Le trèfle Incarnat Bolsena et le trèfle Alexandrie Frosty ont une production de biomasse importante malgré la forte concurrence du RG. Ces variétés semblent intéressantes en association avec des graminées pour de la production fourragère



Bolsena (Trèfle Incarnat)

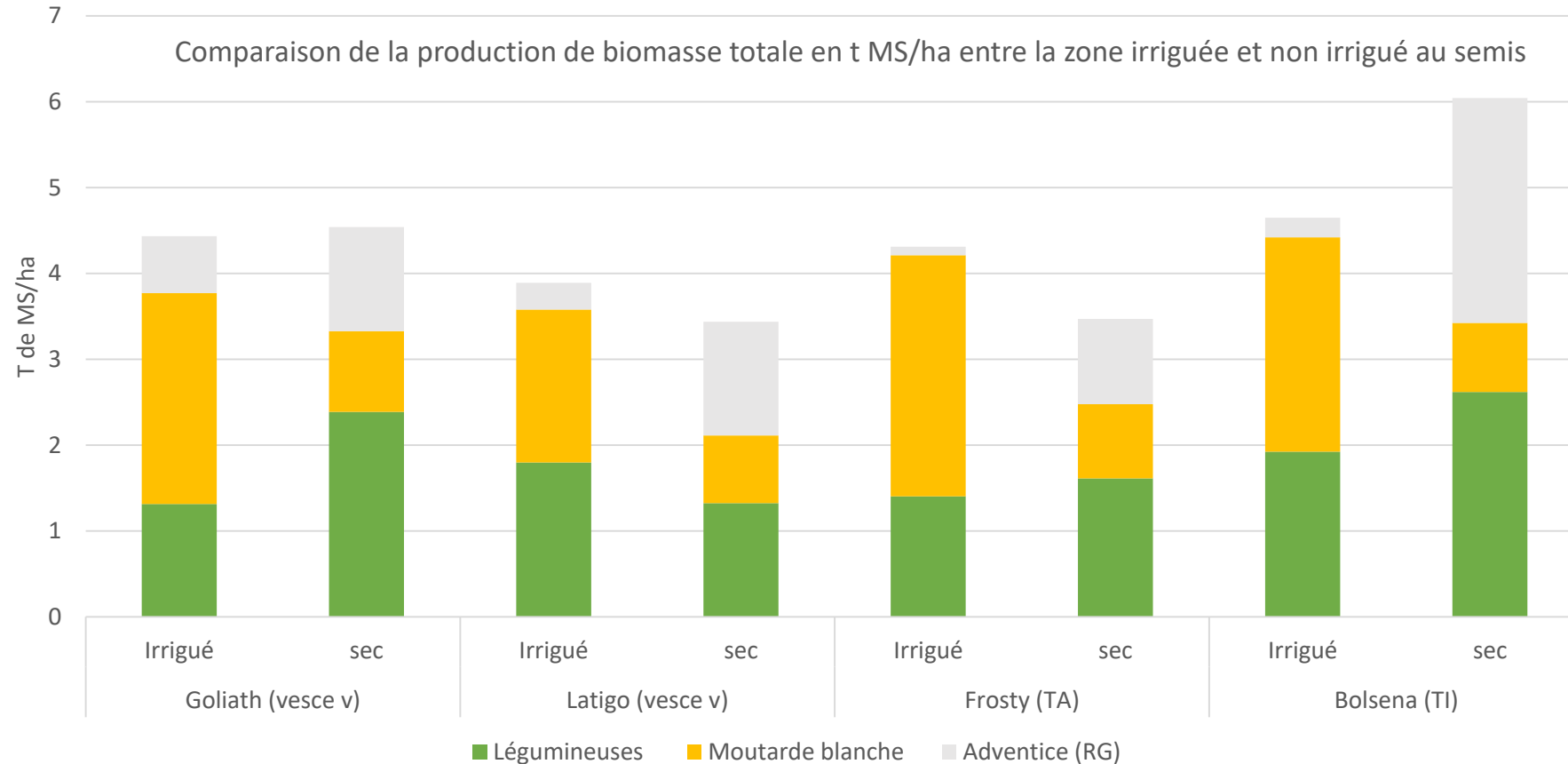


(Frosty) Trèfles Alexandrie



# Screening légumineuses en association avec une moutarde blanche tardive (Simplex)

## Comparaison des associations moutardes/légumineuses entre la zone irriguée et non irriguée au semis



Dans l'ensemble, la production de biomasse des légumineuses est équivalente entre la zone irriguée et non irriguée

A l'inverse, l'irrigation au semis a augmenté significativement la production de biomasse des moutardes



### Effets de la moutarde B sur la pression en RG

Dans la zone irriguée, la moutarde a eu un développement agressif en entrée hiver grâce à l'irrigation et aux reliquats élevés d'azote minéral. La moutarde a effectué une concurrence aérienne et racinaire (disponibilité azote) sur le RG ce qui a limité son développement.

A l'inverse dans la zone non irriguée, la moutarde n'a pas concurrencé le RG en raison de son faible développement. Le RG a profité de la lumière et de l'azote (espèce nitrophile) pour se développer. Le développement du RG rend la destruction du couvert et la préparation du sol difficile pour la culture suivante, en entraînant la formation de grosses mottes du fait de son chevelu racinaire dense.



Trèfle Incarnat, Bolsena



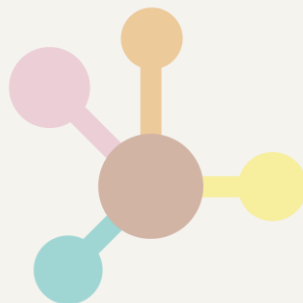
Trèfle Alexandrie, Frosty

Dans la zone irriguée, les variétés de trèfles n'étaient pas en concurrence avec la moutarde qui a gelé et le RG peu développé.

Dans la zone en sec, les variétés de trèfles étaient en compétition avec le RG pour la lumière. Les trèfles se sont allongés pour avoir accès à la lumière. Nous pouvons voir sur les photos ci-dessus que les trèfles de la zone non irriguée sont quasiment 2 fois plus grands que ceux de la zone irriguée, en raison de la concurrence lumineuse générée par le RG. Ces variétés de trèfles (Bolsena et Frosty) semblent adaptées pour la production de fourrage en association avec des graminées, car leur production de biomasse ne semble pas affectée par la concurrence exercée par RG.

# Essai 2 : Association crucifères/légumineuses à 2 espèces

Essai grandes bandes mené par les étudiants du BTS APV d'Auzeville



# Protocole et itinéraire technique

L'objectif est d'implanter un couvert « simple » (2 à 3 espèces) et ne dépassant pas un coût de 50 €/ha

Modalité	Espèce 1	Variété 1	Dose 1 (kg/ha)	Espèce 2	Variété 2	Dose 2 (kg/ha)	Espèce 3	Dose 3 (kg/ha)
M1	Moutarde blanche	Simplex	4	Tréfle alexandrie	Frosty	5	x	x
M2	Moutarde blanche	Sibelius	4	Tréfle alexandrie	Frosty	5	x	x
M3	Moutarde blanche	Simplex	4	Vesce bengale	Barloo	10	x	x
M4	Moutarde blanche	Sibelius	4	Vesce bengale	Barloo	10	x	x
M5	Moutarde blanche	Sibelius	4	Vesce bengale	Barloo	10	Phacélie	2
M6	Moutarde blanche	Sibelius	4	Tréfle alexandrie	Frosty	5	Phacélie	2
M7	Radis fourrager	Triangel	6	Tréfle alexandrie	Frosty	5	x	x
M8	Radis fourrager	Triangel	6	Vesce bengale	Barloo	10	x	x

Localisation: Lycée Agricole Auzeville

Précédent : Blé tendre hiver

Travail du sol : Déchaumage 7 juillet et 19 août + herse rotative le 6 septembre

Date de semis : 4 octobre (semis en combiné vibroculteur, avec un semoir à céréales volumétrique )

Coût semences : Entre 40 et 50 €/ha

Date destruction : 28 mars au broyeur

Culture suivante : Tournesol

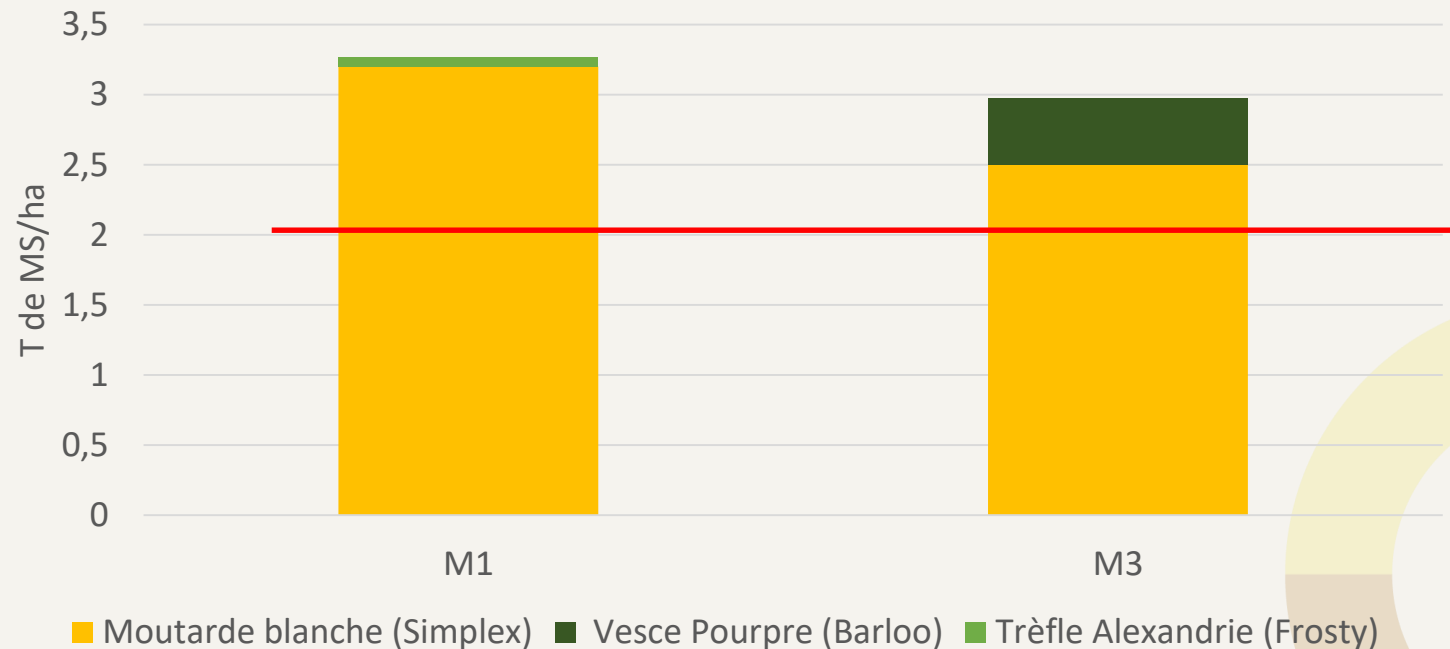




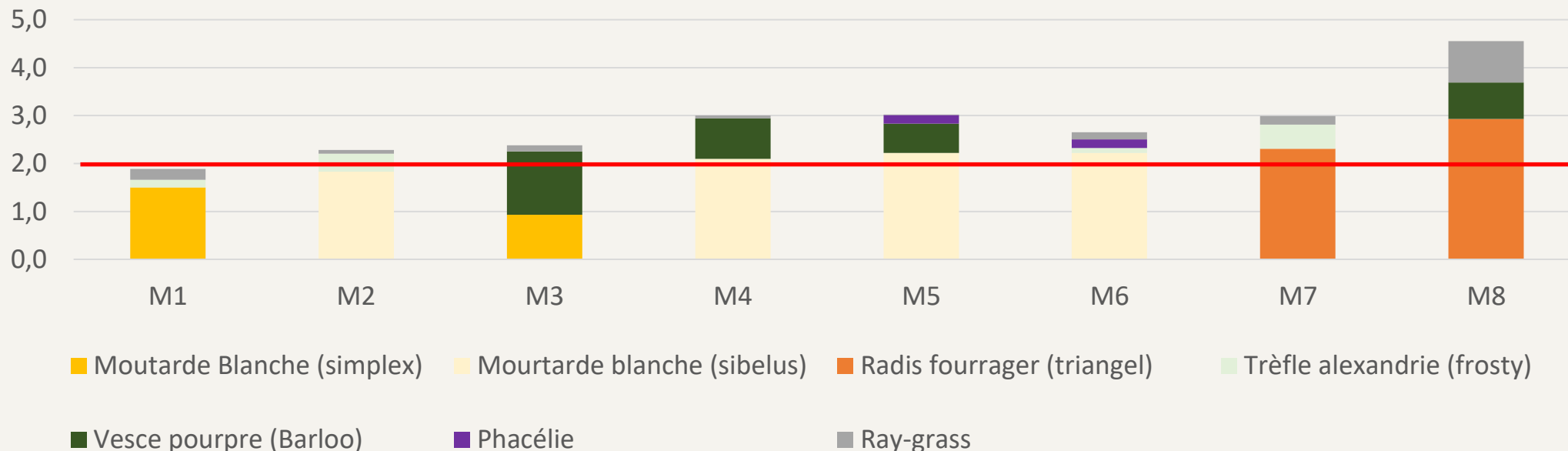
## Observations de l'essai au 13 février 2023

- On observe :
  - Une bonne implantation et un développement agressif des moutardes blanches (Sibelius et Simplex), des radis chinois et fourrager, en entrée hiver.
  - Une mauvaise implantation du trèfle d'Alexandrie qui peut s'expliquer par les conditions sèches après le semis, à l'automne.
  - Une bonne implantation de la vesce pourpre. Cette différence peut s'expliquer par une taille supérieure de la graine de vesce pourpre par rapport à celle du trèfle d'Alexandrie. La vesce pourpre a probablement plus de réserve pour résister au manque d'eau. La mauvaise implantation du trèfle d'Alexandrie impacte la production de biomasse. Elle est de 0,1 TMS /ha pour le Trèfle d'Alexandrie et de 0,5 T/ha pour la vesce pourpre qui c'est mieux implantée.
- Pour M1 et M3, la biomasse produite par la moutarde blanche (Simplex) est supérieure à 2,5 TMS/ha. **Cette biomasse est sous estimée car la moutarde a été en partie détruite par les épisodes de gel de décembre.**

### Biomasse en tonne de MS/ha de M1 et M3 au 13 février



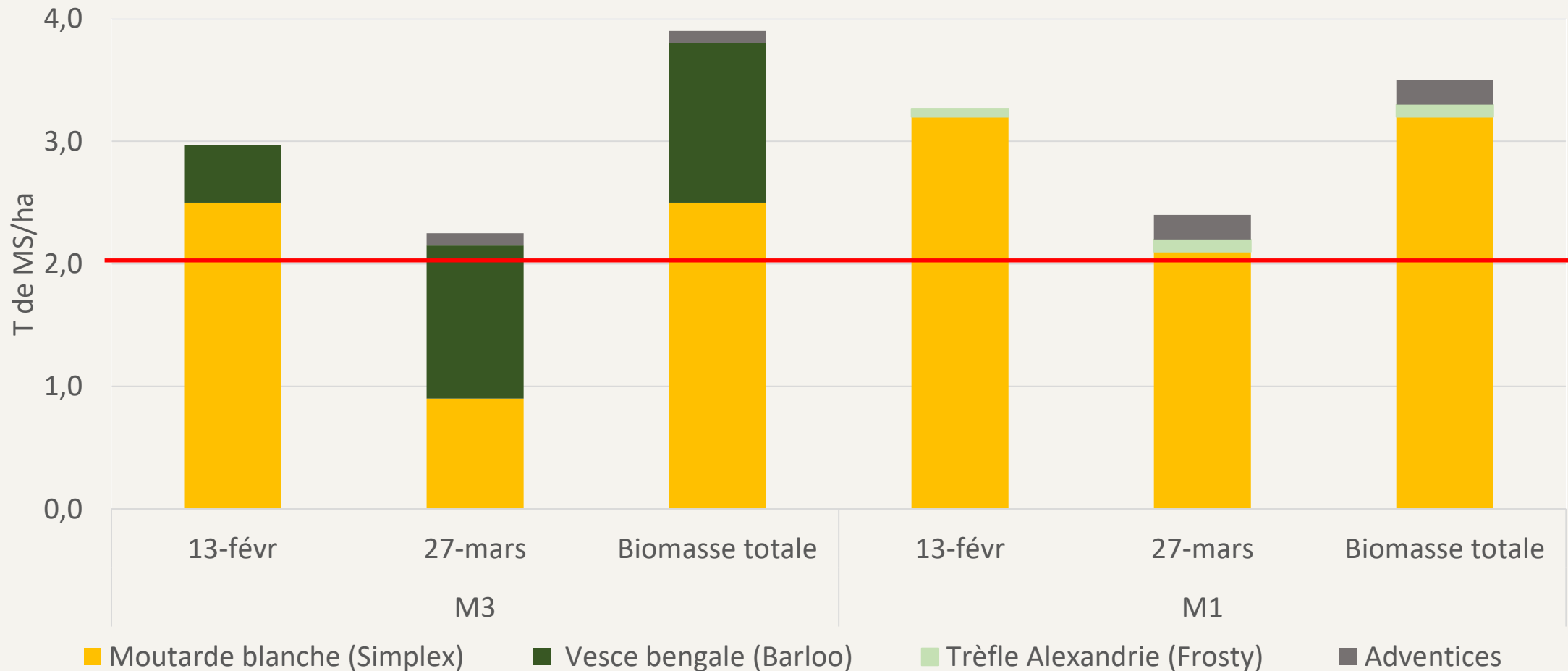
# Biomasse en T de MS/ha au 27 mars 2023



Au 27 mars 2023, on note :

- Moutardes blanches : Une biomasse sous-estimée à cause des épisodes de gel (début de minéralisation des plantes au sol)
- Radis fourrager : Une production de biomasse importante (<2 T de MS/ha). *NB : seule la biomasse aérienne est prise en considération, la biomasse racinaire n'est pas prise en compte*
- Trèfle d'Alexandrie : Une mauvaise implantation du trèfle à l'automne qui n'a pas été compensée par un développement plus important du trèfle en sortie hiver. Il n'a pas rempli son rôle de relais à la moutarde en sortie hiver, avec une faible production de biomasse (< 0,5 T de MS/ha)
- Vesce Pourpre : Une production de biomasse plus importante (>0,5 à 1 T de MS/ha) que le trèfle d'Alexandrie (< 0,5 T de MS/ha)
- Adventices : Un fort développement du RG à partir de la fin du mois de février. Après les épisodes de gel, la moutarde a commencé à se nécroser en laissant de la lumière au RG.

# Evolution de la biomasse en T de MS/ha de M1 et M3 du 13 février au 27 mars



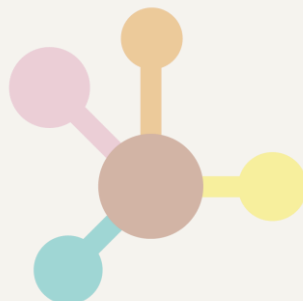
La production de biomasse est satisfaisante avec plus de 2 T de MS/ha sur les deux modalités. On note cependant pour les Fabacées une production de biomasse plus importante pour la Vesce Bengale que pour Trèfle d'Alexandrie.

# Essai 3 : Association de plus de 2 espèces avec deux dates de semis

Essai grandes bandes mené par les étudiants du BTS APV d'Auzeville

2 dates de semis avec une adaptation dans le choix des espèces en fonction de la date de semis.

- Semis « précoce » retardé au 10 octobre (semis retardé en raison du manque de précipitation)
- Semis tardif au 18 octobre



# Protocole et itinéraire technique pour l'essai semis « précoce »

Modalité	Espèce 1	Variété 1	Dose 1 (kg/ha)	Espèce 2	Variété 2	Dose 2 (kg/ha)	Espèce 3	Variété 3	Dose 3 (kg/ha)	Espèce 4	Variété 4	Dose 4 (kg/ha)
M1 (témoin)	Moutarde blanche	Simplex	4	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	x	x	x
M2	Moutarde Blanche	Simplex	4	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	Moutarde abyssinie	Uranus	4
M3	Moutarde abyssinie	Uranus	4	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	Radis fourrager	Triangel	6
M4	Moutarde blanche	Verte	6	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	Vesce pourpre	Titane	8
M5	Moutarde blanche	Simplex	6	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	Vesce Commune	Barvicos	8
M6	Moutarde blanche	EVA	6	Trèfle Alexandrie	akenaton	4	Trèfle incarnat	Blaza	6	Vesce pourpre	Titane	8

Localisation : Lycée Agricole d'Auzeville

Précédent : Blé tendre hiver

Travail du sol : déchaumage (19 aout) + scalpeur (1 sept) + déchaumage (27 sept) + vibroculteur (5 oct)

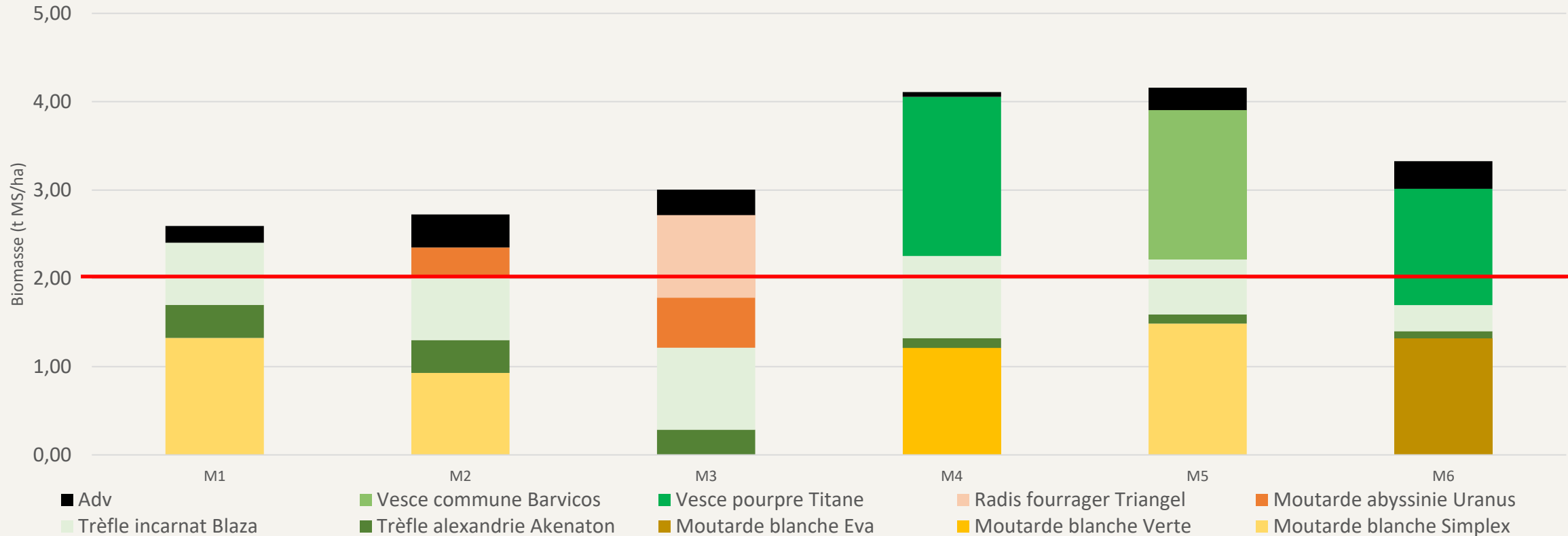
Date de semis : 10 octobre (semis en combiné vibroculteur, avec un semoir à céréales volumétrique + roulage)

**Irrigation: 30 mm le 15 octobre** pour observer le potentiel des espèces et variétés en condition non limitante en eau

Date destruction : 20 avril

Culture suivante : Sorgho

# Biomasse en T de MS/ha au 27 mars pour l'essai semis « précoce »



L'ensemble des couverts a une production de biomasse satisfaisante qui dépasse les 2 T de MS/ha. Les couverts ont bien concurrencé les adventices

**Crucifères :** La biomasse des moutardes blanches est d'environ 1 T de MS/ha. Cette biomasse est sous estimée car les moutardes blanches ont gelé et étaient en fin de cycle. Sur cet essai aussi, la production de biomasse de la Moutarde Blanche est sous-estimée du fait du gel de plante durant l'hiver. Les moutardes blanches ont une biomasse supérieure à la moutarde Abyssinie. Cette différence s'explique par le fait que la moutarde d'Abyssinie a un développement plus tardif. Comme dans les autres essais, le radis fourrager produit une biomasse importante.

**Légumineuses:** Les vesces communes et pourpres ont une production de biomasse importante de 1T à 1,5 T de MS/ha ce qui permet aux modalités M4 et M5 d'atteindre 4 T de MS/ha. Les trèfles Incarnat et Alexandrie ont une production de biomasse inférieure aux vesces. On observe que le trèfle incarnat a une meilleure production de biomasse de le trèfle d'Alexandrie. Dans la littérature scientifique et dans nos anciens essais, c'est habituellement le trèfle Alexandrie qui produit plus de biomasse que le trèfle incarnat

### Modalité M5

Moutarde blanche tardive Trèfle Alexandrie, trèfle incarnat et vesce commune hiver



### Modalité M6

Moutarde blanche précoce, Trèfle Alexandrie, trèfle incarnat et vesce pourpre



Photos du 17 mars

- Au 17 mars 2023, la moutarde tardive (M5) n'est pas arrivée au stade floraison, tandis que la moutarde précoce (M6) est en pleine floraison. La moutarde précoce a une production de biomasse plus élevée et semble plus riche en lignine en raison de son stade plus avancé, ce qui peut complexifier la destruction du couvert.
- 15 jours avant le prélèvement (17 mars), on observe que le trèfle Alexandrie/incarnat et les vesces communes/pourpres sont bien implantées sous la moutarde. Du 17 mars au 30 mars, les légumineuses ont explosé ce qui a permis d'augmenter la biomasse et limiter l'éventuelle dépressif de la moutarde sur la culture suivante.

Comparaison de % matière sèche entre les deux moutardes

Moutarde tardive, Simplex	Moutarde précoce, Eva
18,40%	22,80%

# Protocole et itinéraire technique pour l'essai semis « tardif »

Modalité	Espèce 1	Variété 1	Dose 1 (kg/ha)	Espèce 2	Variété 2	Dose 2 (kg/ha)	Espèce 3	Variété 3	Dose 3 (kg/ha)	Espèce 4	Variété 4	Dose 4 (kg/ha)
M7	Fèverole		100	Phacélie	Maja	4	Vesce	Barvicos	15			
M8	Fèverole		100	Phacélie	Maja	4	Trèfle incarnat	Inkara	10			
M9	Fèverole		150	Phacélie	Stalla	4	Trèfle incarnat	blaza + bolsena	10			
M10	Fèverole		200	Phacélie	Stalla	4						
M11	Féverole		200	Phacélie	Stalla	4	Moutarde blanche	Verte	5			
M12	Féverole		200	Phacélie	Stalla	4	Radis Chinois	Daikon CS	4	Moutarde blanche	Verte	4

Précédent : Blé tendre hiver

Travail du sol : Déchaumage (19 aout) + scalpeur (1 sept) + déchaumage (27 sept) + vibroculteur (5 oct)

Date de semis : 18 octobre (semis en combiné vibroculteur, avec un semoir à céréales volumétrique + roulage)

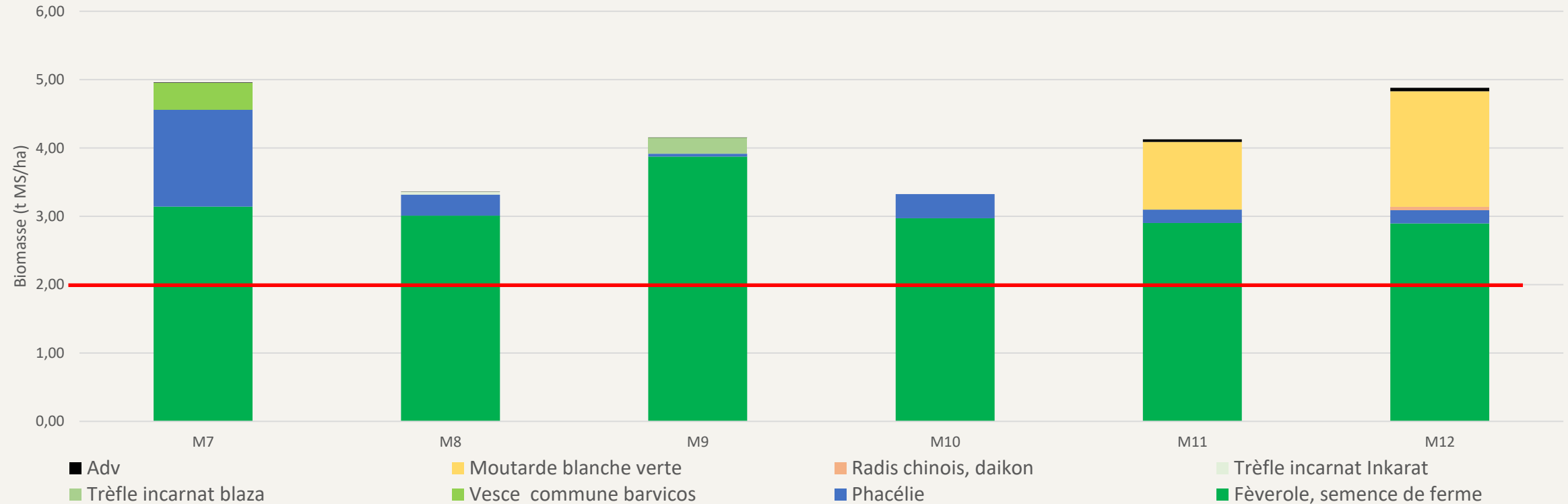
**Irrigation: 30 mm le 15 octobre** pour observer le potentiel des espèces et variétés en condition non limitante en eau

Date destruction : 20 avril

Culture suivante : Sorgho



# Biomasse en T de MS/ha au 27 mars 2023



L'ensemble des couverts a une production de biomasse satisfaisante qui dépasse les 2 T de MS/ha. Les couverts ont bien concurrencé les adventices.

La biomasse produite provient principalement de la féverole (3 T de MS). Dans les modalités M11 et M12, on observe que la moutarde blanche permet d'augmenter la biomasse totale du couvert. L'intérêt de la moutarde blanche est aussi de couvrir rapidement le sol en entrée hiver pour protéger le sol de l'érosion et limiter le développement des adventices à l'implantation. La production de biomasse de la phacélie est aléatoire selon les modalités.

Le trèfle incarnat, la vesce commune et le radis chinois ont produit peu de biomasse (<0,4 T de MS/ha). Cela peut s'expliquer par une concurrence de la féverole vis-à-vis des autres espèces. La date de semis tardive est défavorable au bon développement du trèfle incarnat.

**Modalité M10**  
Féverole phacélie



**Modalité M11**  
Féverole phacélie et moutarde blanche



La moutarde blanche permet de boucher les trous entre les féveroles. La moutarde est à floraison mais les siliques ne sont pas formées (aucun risque de grenaison)

# Essai 4 : Effet des couverts sur la pression en adventices en AB (projet COVERAGE)

Essai système (3 ans)

## Objectif du projet COVERAGE :

La pression en chardon ne cesse d'augmenter dans les systèmes de culture AB (et conventionnels). L'intégration de prairies temporaires dans la rotation semble être le levier le plus efficace pour limiter la pression du chardon en AB. L'implantation de prairies temporaires possède de nombreux avantages agronomiques : gestion du salissement, augmentation de la fertilité du sol, amélioration de la structure du sol, reliquats azotés pour la culture suivante ... Néanmoins, l'inconvénient est de bloquer les terres pendant 2/3 ans avec une valorisation limitée de la prairie temporaire.

L'objectif du projet COVERAGE est de mobiliser un ensemble de leviers agronomiques sur plusieurs années (travail du sol, rotation, couverts végétaux) pour tenter de limiter la pression en chardons en AB. Ce projet est coordonné par la chambre d'agriculture régionale d'Occitanie.



## Protocole expérimental pour la campagne 2023

L'expérimentation est située sur une parcelle AB du lycée agricole d'Auzeville avec une très forte pression en chardons. L'expérimentation a débuté 11 juillet 2022 après la récolte d'un blé. Plusieurs leviers agronomiques ont été mobilisés pour cette campagne 2023 :

- Travail du sol estival après le blé pour épuiser les chardons
- Implantation de 7 couverts végétaux différents pour observer leur « éventuel » effet sur le chardon (voir composition couvert dans le tableau)
- Implantation d'un sarrasin afin d'avoir le temps d'effectuer plusieurs passages de travail du sol pour épuiser le chardon avant le semis (semis 31 mai). Le sarrasin est aussi implanté, car c'est une culture dite « nettoyante ».

Modalité	Espèce 1	Variété 1	Dose 1 (kg/ha)	Espèce 2	Variété 2	Dose 2 (kg/ha)	Espèce 3	Variété 3	Dose 3 (kg/ha)	Espèce 4	Variété 4	Dose 4 (kg/ha)
M1	Seigle fourrager	Bonfire	100									
M2	Moutarde Blanche	Eva	5	Radis chinois	Daikon	8	Vecse C.	Marianna	10	Trèfle alexandrie	Frosty	4
M3	Moutarde Blanche	Freestyle	5	Radis chinois	Daikon	8	Vecse C.	Marianna	10	Trèfle Alexandrie	Frosty	4
M4	Moutarde Brune	Etamine	5	Navette Fourragère	Malwira	8	Vesce V.	Goliath	10			
M5	Moutarde brune	vitasso	5	Radis chinois	Daikon	8	Vecse C.	Marianna	12			
M6	Moutarde brune	Vitasso	5	Radis fourrager	Triangel	5	Vecse C.	Marianna	12			
M7	Moutarde brune	Vitasso	5	Radis fourrager	Triangel	5	Vesce V.	Goliath	12			

### ITK couvert

Travail du sol avant le couvert : Déchaumage le 11 juillet et 26 septembre pour épuiser les chardons

Date de semis couverts : 4 octobre 2023 avec semoir à céréale combiné au vibroculteur

Date destruction couvert : - 8 mars 2023 pour M2 (broyage + rotative)  
- 17 avril 2023 pour les autres modalités (broyage + scalpeur)

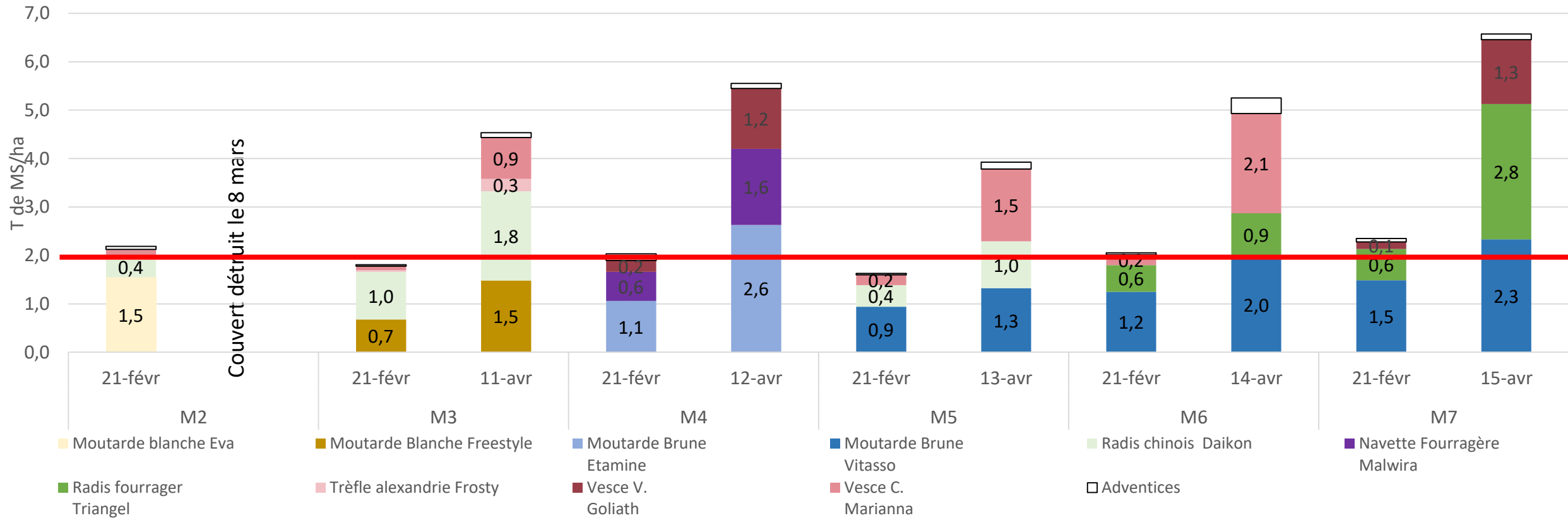
### ITK Sarrasin

Travail du sol avant sarrasin : 25 mai (scalpeur) et 29 mai (vibroculteur)

Date de semis sarrasin : 31 mai 2023 avec semoir à céréale combiné au vibroculteur

Date de récolte : 5/10/2023

# Production et évolution de la biomasse sèche des couverts en T de MS/ha du 21 février au 11 avril



Malgré un semis dans des conditions sèches avec beaucoup de résidus de pailles, les couverts se sont très bien développés (sauf dans les ronds de chardons). Au 21 février, la biomasse des couverts était déjà satisfaisante avec une production autour des 2 T de MS/ha. Au 11 avril, le couvert a explosé avec une production supérieure à 5T de MS/ha pour la modalité M4, M6 et M7. Comme pour les autres essais, on observe une meilleure production de biomasse pour les vesces que pour les trèfles, pour la campagne 2023.

La moutarde brune est une espèce avec un développement lent (plus lent que la moutarde blanche) . La destruction tardive a permis aux moutardes brunes d'exprimer leur potentiel de production. Toutefois, la moutarde brune a un C/N élevé (20 pour la moutarde brune contre 15 pour la moutarde blanche). Il est conseillé de la détruire tôt pour limiter la fin d'azote sur la culture suivante.

La modalité M2 a été détruite le 8 mars pour observer l'effet d'une destruction plus précoce sur la pression en chardon. La biomasse n'a donc pas été mesurée le 11 avril.

\*La modalité M1 n'a pas été mesurée car il y a eu une mauvaise implantation

# Impact du chardon sur la production de biomasse des couverts

11 Novembre 2022

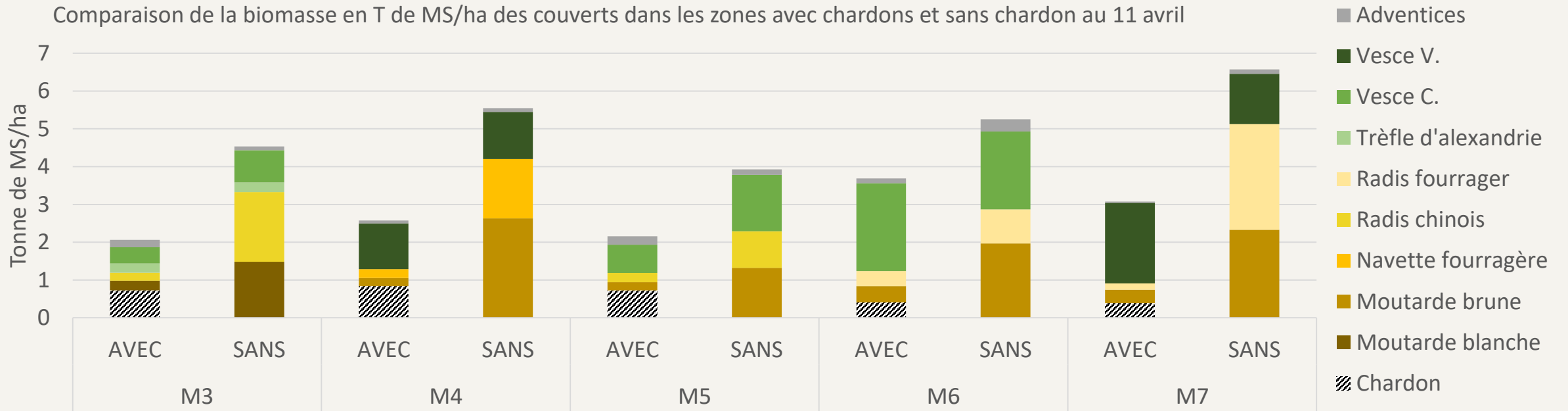
17 Avril 2023



Parcelle AB avec une pression forte en chardon. Les ronds de chardons se sont développés avant les couverts au 11 novembre 2022.

On observe au 17 avril 2023 les mêmes ronds de chardons qui étaient déjà présents au 11 novembre 2022.

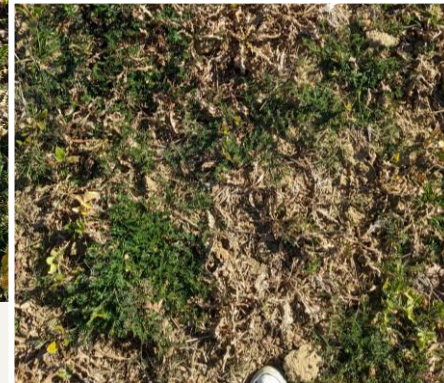
# Impact du chardon sur la production de biomasse des couverts



La production de biomasse des couverts a été comparée pour chaque modalité entre les zones AVEC des ronds de chardons et des zones SANS rond de chardon. Sans surprise, on observe une diminution de 40 à 70 % de la production de biomasse de couvert dans les zones AVEC chardons par rapport au zone SANS chardon. Seules les vesces velues et communes semblent résister à la concurrence des chardons avec une production de biomasse intéressante. Les autres espèces ne sont pas développées du fait de la concurrence exercée par les chardons.

Dans les ronds de chardons des modalités M6 et M7, on observe que la vesce commune et velue ont une production de biomasse supérieure à 2 T de MS/ha . On observe que la biomasse des chardons dans ces modalités (M6 et M7), est inférieure à la biomasse des chardons dans les autres modalités (50% de moins). Les vesces velues et communes ont peut être effectué une concurrence aérienne sur le chardon limitant ainsi son développement (compétition lumière). **Ces observations sont à prendre avec beaucoup de précautions. La différence de biomasse des chardons entre modalité pourrait également s'expliquer du fait que ce ne sont pas les « mêmes ronds de chardons ». Sur les modalités M2 et M3 les chardons sembleraient plus vigoureux. A ce jour nous ne pouvons conclure que la vesce permet de réduire le développement du chardon sur les modalités M6 et M7.**

# Impact du chardon sur la production de biomasse des couverts



Sur chaque modalité de couvert, des ronds de chardons sont suivis pour observer leur évolution. Sur la M7 au 21 février, la partie aérienne des chardons a gelé. On observe que les chardons ont exercé une pression sur l'ensemble des crucifères à l'automne, limitant leur développement. Il y a seulement quelques pieds de vesces velues. Au 17 avril, on observe que les vesces ont réussi à passer au dessus des chardons.



# Effet des couverts sur la pression en adventices (hors chardons)

Notation Barralis effectué le 13 avril 2023 par Alain Rodriguez (Malherbologiste, ACTA)

Hors chardon, on observe que la pression en adventice est faible dans les couverts. Il y a très peu d'adventices au stade grenaison. De plus, la pression en graminées est très faible ce qui limite la formation de mottes lors de la reprise du travail du sol. Ainsi les adventices présentes dans le couvert n'impactent pas la culture suivante (hors chardon).

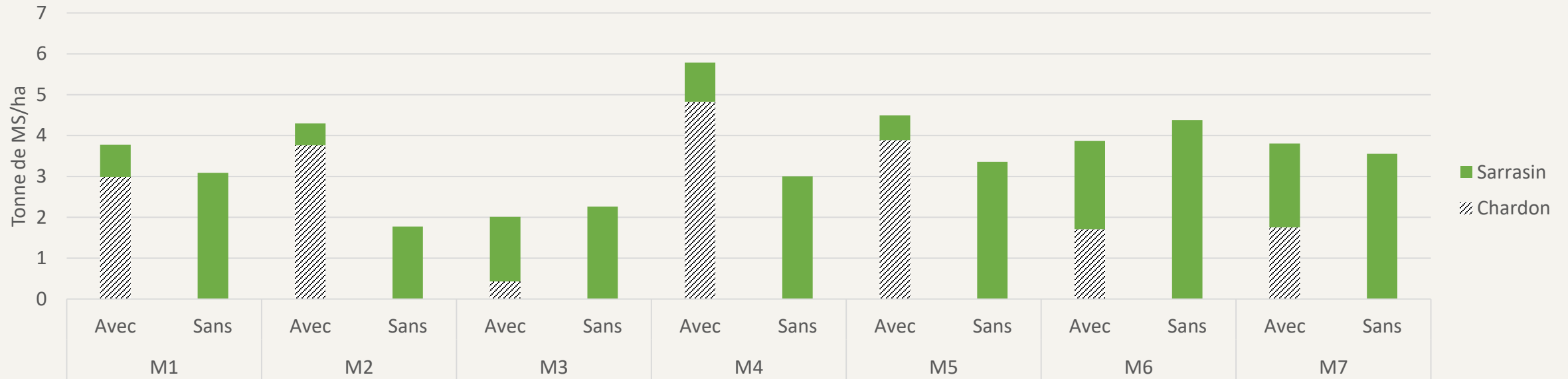
## Relevé de flore adventice dans les couverts au 13 avril 2023 (notation barralis)

<b>Espèce</b>	<b>Stade</b>	<b>densité (pieds/m2)</b>
Pâturin annuel	épiaison	6,5
Ray-grass d'Italie	fin tallage/début montaison	0,5
Folle avoine	fin tallage/début montaison	0,5
Rumex crépu	3 à 6 feuilles	0,5
Anthémis cotule	3 à 6 feuilles	0,5
Renoncule des marais	3 à 6 feuilles	0,5



# Impact du chardon sur la culture de sarrasin

Biomasse en T de MS/ha du sarrasin dans les zones avec chardons et les zones sans chardon le 31 juillet



Les biomasses du sarrasin et des chardons ont été effectués dans les zones AVEC et SANS chardon le 31 juillet

On observe une réduction de 30 à 80 % de la biomasse du sarrasin dans les ronds de chardons. Le sarrasin des modalités M1, M2, M4 et M5 est complètement concurrencé par le chardon avec une biomasse inférieure à 1 T de MS/ha et donc un potentiel de rendement très faible.

Pour M2 et M3, le rond de chardons suivi est à cheval entre les deux modalités. M2 a été détruite le 8 mars tandis que M3 a été détruite le 17 avril. On observe que la biomasse de chardon est nettement inférieure dans M3 par rapport à M2. Nous pouvons faire les hypothèses suivantes : le chardon présent dans la modalité M2 détruit le 8 mars était au stade plantule, il n'avait pas encore commencé à puiser dans ses réserves. A l'inverse le chardon présent dans la modalité M3 était à un stade plus développé lors de la destruction le 18 avril. Il avait sûrement commencé à puiser dans ses réserves, ce qui pourrait expliquer un redémarrage moins important du chardon dans modalité M3 que le chardon présent dans la modalité M2. **Ces observations sont à prendre avec beaucoup de précautions car nous observons que la biomasse du chardon est très importante sur les modalités M4 et M5 malgré une date de destruction identique à M3. De plus, les chardons présents dans la modalité M3 ont eu une croissance plus importante en fin de cycle que ceux présents sur la modalité M2 (voir photo suivante).**

# Impact du chardon sur la culture de sarrasin

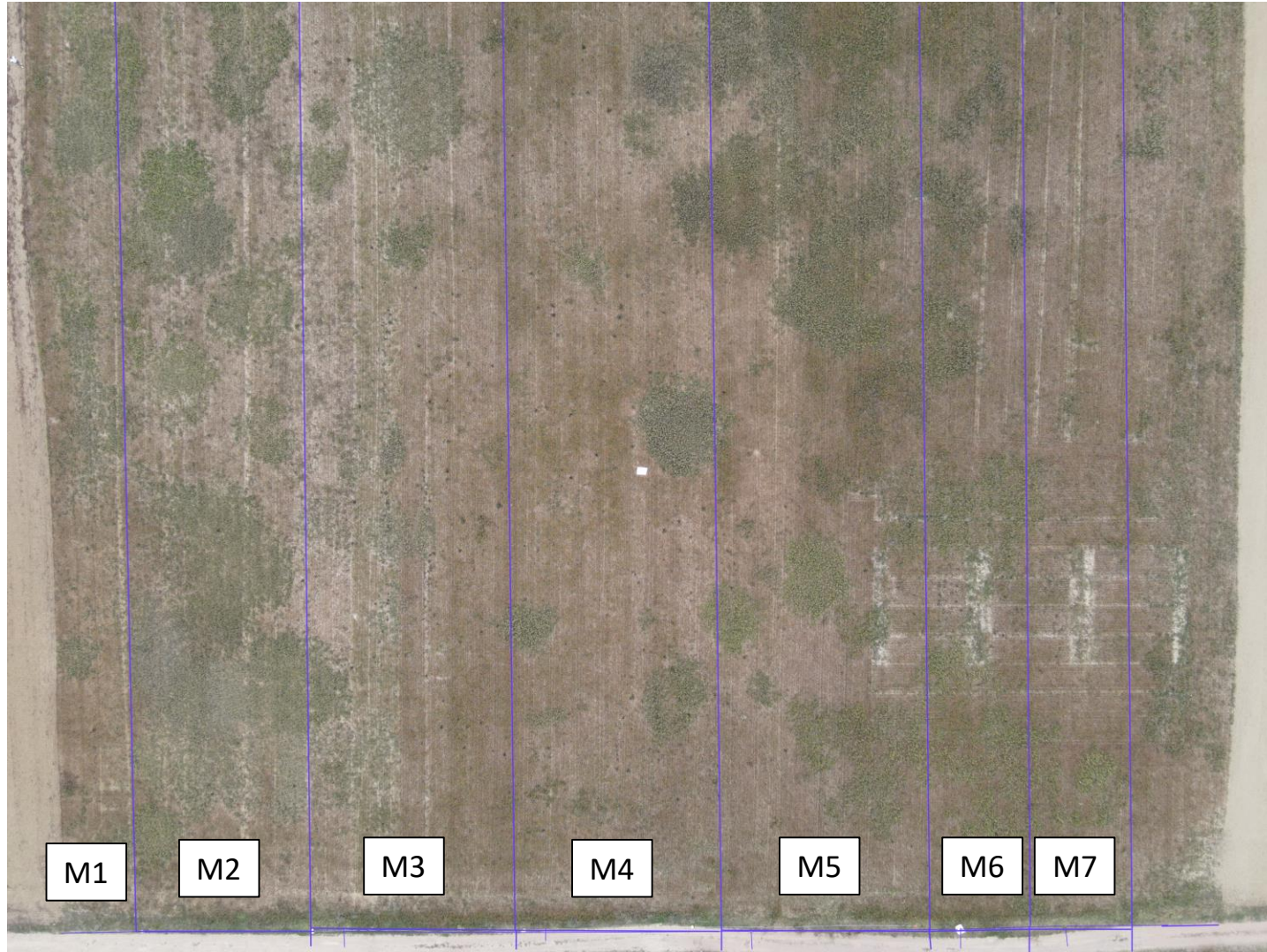
8 Août 2023



# Impact du chardon sur la culture de sarrasin

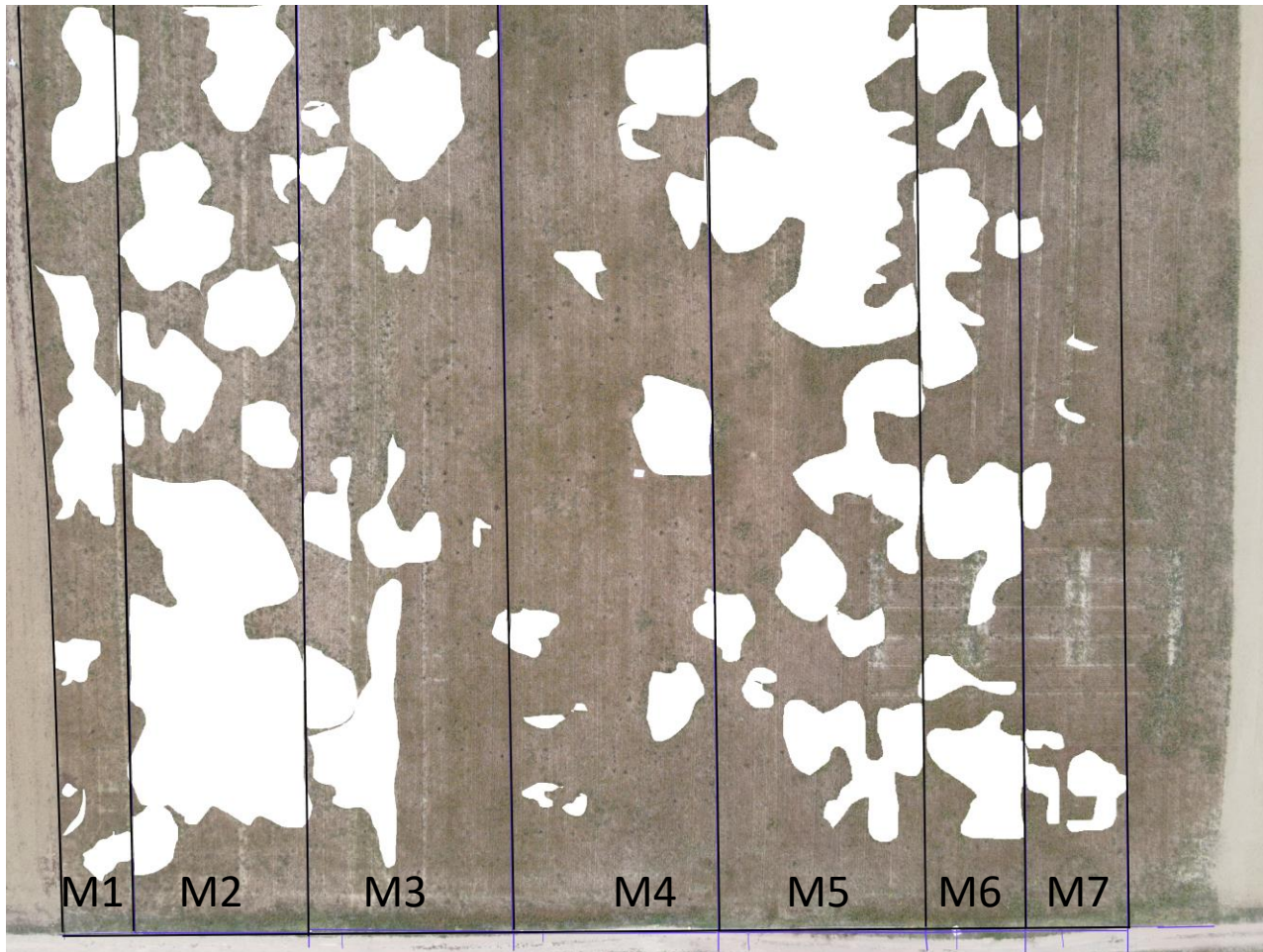
Photo aérienne de la parcelle, le 3 octobre (2 jours avant la récolte du sarrasin)

Les ronds de chardons se sont développés durant l'été. La pression en chardon est importante à la récolte. L'impact du chardon sur le rendement est conséquent.



# Impact du chardon sur la culture de sarrasin

La surface de chaque rond de chardons (représenté sur la photo ci-dessous en blanc) a été calculée à partir d'une image aérienne. Les modalités (M1 à M7) n'ont pas la même superficie. Pour chacune des modalités, la surface couverte par les chardons a été estimée. Cette méthode de calcul n'est pas très précise (+ ou - 1m<sup>2</sup>) mais elle permet de donner un ordre d'idée de la superficie des ronds de chardons et de suivre leurs évolutions dans le temps.



Modalité	Surface rond de chardons (m2)	Surface sans chardon (m2)	Surface totale analysée par modalité (m2)	Proportion rond de chardons par modalité (%)
M1	302	695	997	30
M2	1199	950	2149	56
M3	550	1907	2457	22
M4	310	2201	2511	12
M5	1125	1387	2512	45
M6	530	680	1211	44
M7	109	1116	1225	9

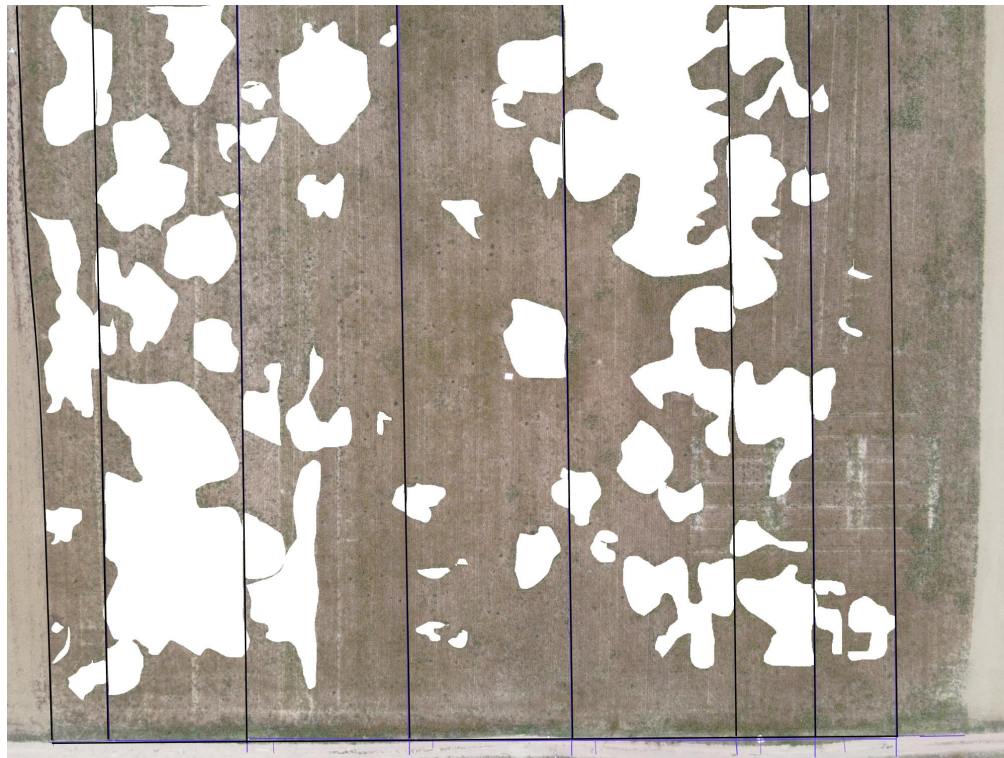
La pression en chardon est la plus élevée sur M2, M5 et M6. Cette forte pression est certainement liée à l'historique de la parcelle.

# Rendement du sarrasin

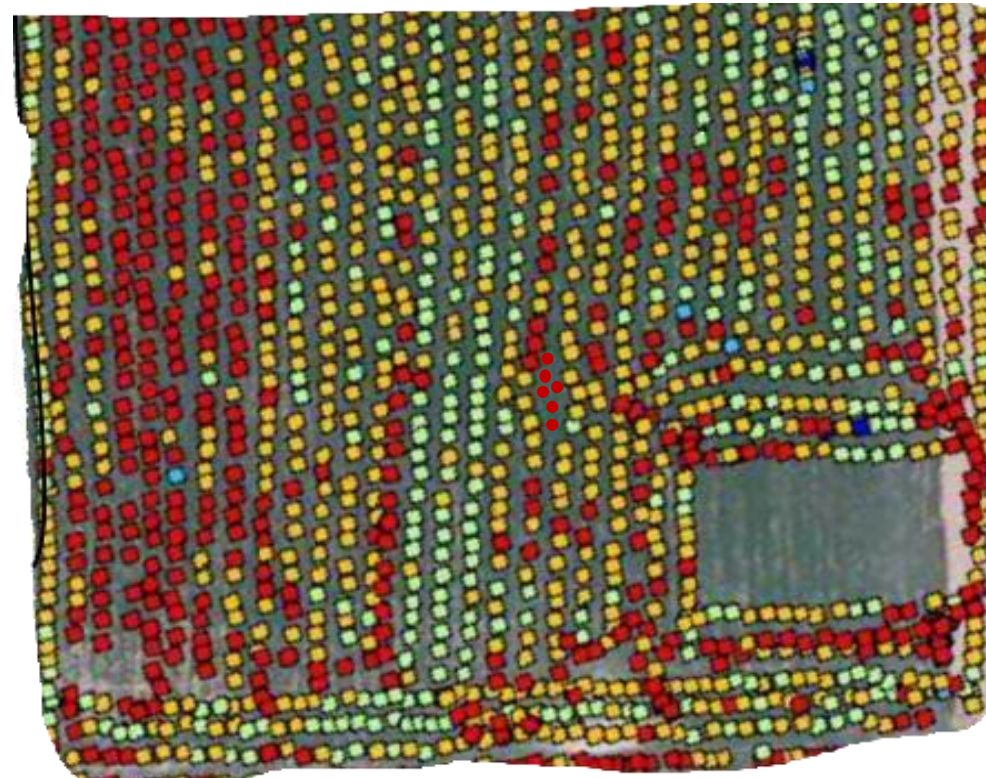
Le rendement du sarrasin est faible avec 2,6q/ha en moyenne . Les pluies de fin août et début septembre ont fait repartir le sarrasin entrainant une récolte plus tardive. De nombreux grains sont tombés au sol avant la récolte (du fait de leur maturité). Ce phénomène couplé à la forte pression en chardon a impacté considérablement le rendement.

Le sarrasin a été récolté avec une moissonneuse batteuse équipée d'une carte de rendement. Les zones en rouge correspondent à des zone avec de faibles rendements (proche de 0 q/ha). Les zones en bleu correspondent à des zones au rendement élevée. On observe que dans les ronds de chardons, le rendement est très faible voir quasiment nul (0 à 0,3 q/ha). À l'inverse dans les rares zones sans chardons, on observe que le rendement est plus satisfaisant (5,9 à 10 q/ha).

La pression chardon a considérablement diminué le rendement du sarrasin.



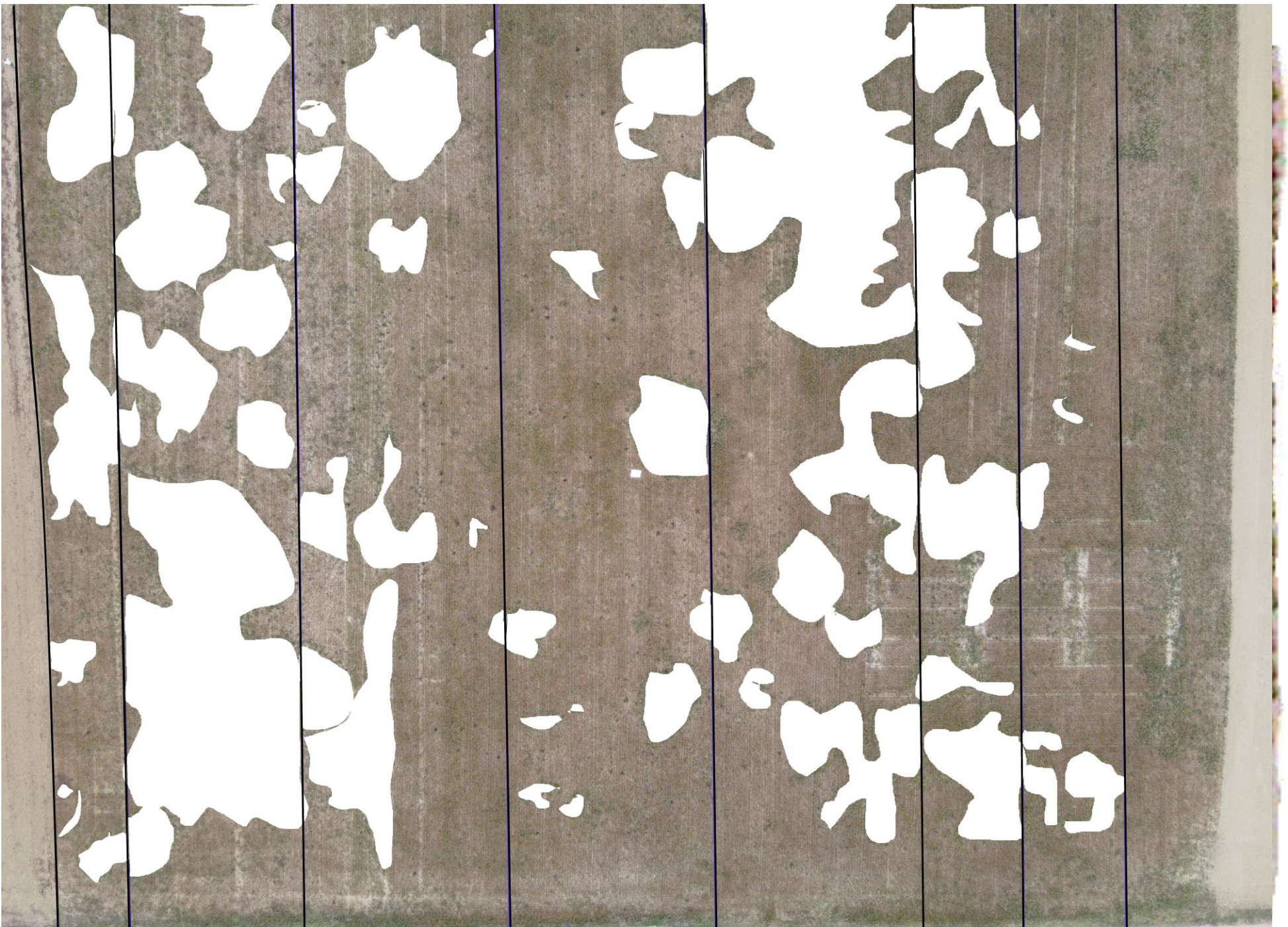
*Photo satellite des ronds de chardons*

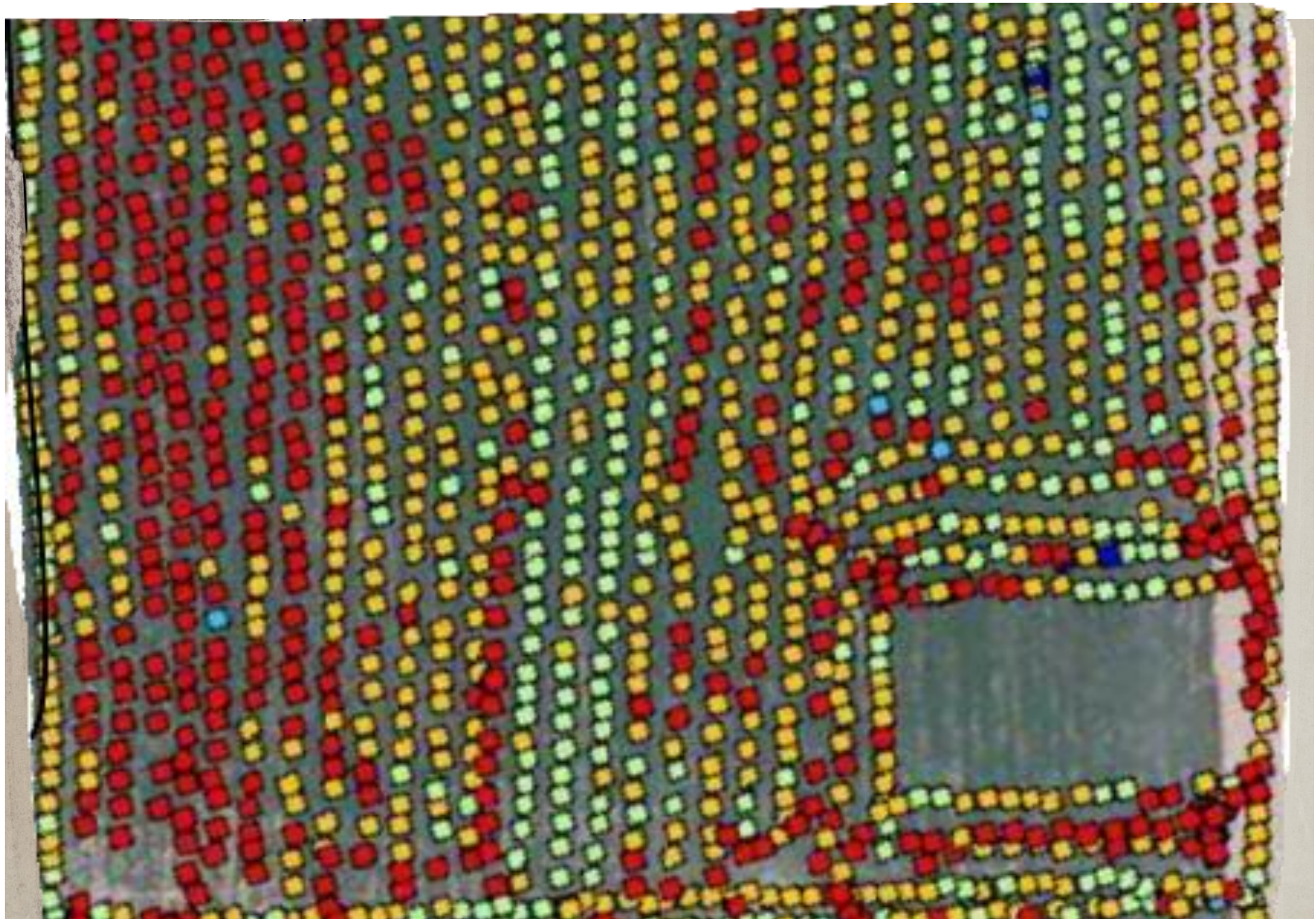


Rendement en T/ha

- 0,01 à 0,034
- 0,34 à 0,59
- 0,59 à 1,06
- 1,06 à 1,96
- 1,96 à 3,82

*Carte de rendement*





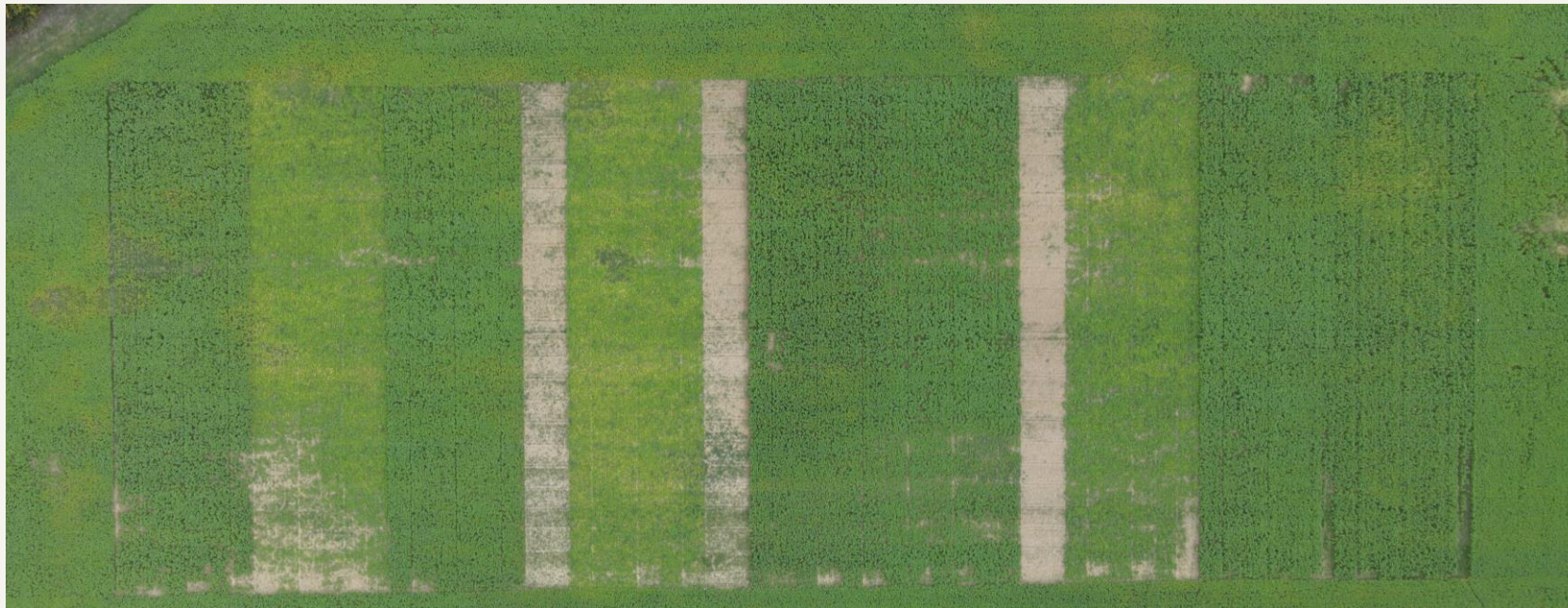


# Quelques conclusions pour la campagne 2023

- Très bonne implantation des couverts avec une production de biomasse importante malgré des conditions très sèches avant et après le semis.
- Les vesces velues et communes sont les seules espèces qui ont résisté à la concurrence du chardon.
- Gestion non satisfaisante des chardons.

# Essai 5 : Maximiser le stockage du carbone par les couverts végétaux avant maïs popcorn (Projet naturellement popcorn)

Essai en en grandes bandes avec 3 répétitions

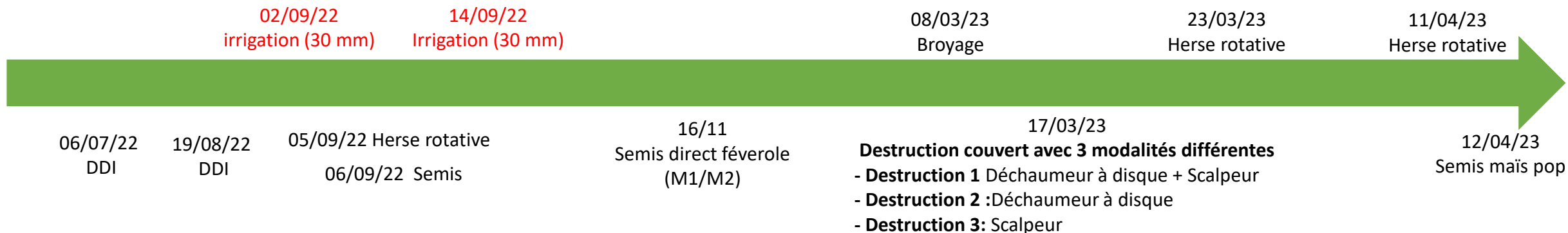


## Objectif principal : Stocker du carbone (production biomasse)

Modalité	Espèce 1	Variété 1	Dose 1 (kg/ha)	Espèce 2	Variété 2	Dose 2 (kg/ha)	Espèce 3	Variété 3	Dose 3 (kg/ha)	Espèce 4	Variété 4	Dose 4 (kg/ha)
M1	Moutarde blanche	Eva	4	Trèfle alexandrie	Frosty	5	Phacelie	Maja	1	Feverole	Irena	160
M2	Radis chinois	Daikon	6	Trèfle alexandrie	Frosty	5	Phacelie	Maja	1	Feverole	Irena	160
M3	Moutarde blanche	Simplex	4	Trèfle alexandrie	Frosty	5	Phacélie	Maja	1	Vesce commune	Spido	10
M4	Sol nu											

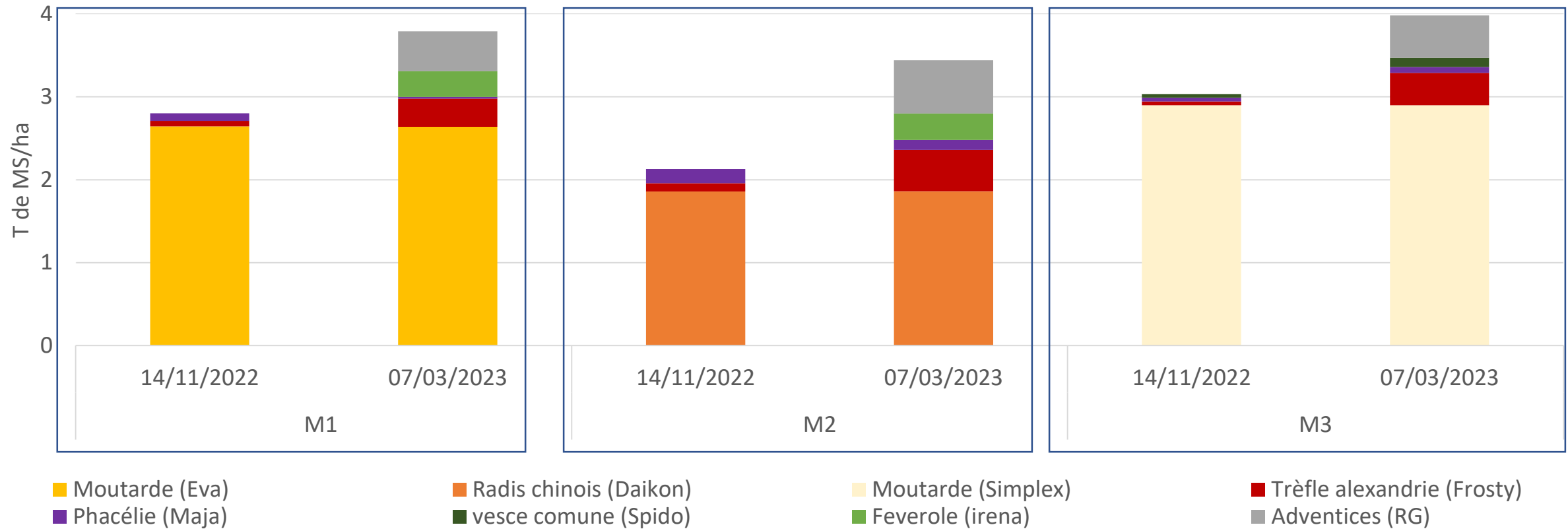
Les couverts M1 et M2 ont été semés en deux fois à 2 dates différentes. Les crucifères, les trèfles et les phacélies ont été semés le 6 septembre. La féverole a été semée le 16 novembre en semis direct dans le couvert pour faire un relais. Pour M3 tout a été semé le 6 septembre.

Précédent : BTH



\* Les couverts ont été irrigués pour observer le potentiel de production en année normale

Production de biomasse aérienne en tonne de matière sèche/ha au 14 novembre 2022 (avant semis féverole) et au 7 mars 2023 (avant destruction)



Les crucifères ont eu un développement agressif entrée hiver en produisant une biomasse aérienne de 2 à 3 T de MS/ha au 14 novembre. La production de biomasse est statistiquement identique entre la moutarde blanche précoce *Eva* (M1) et la moutarde blanche tardive *Simplex* (M3). Par contre, nous observons bien une différence de stade avec la moutarde précoce qui était en pleine floraison et la moutarde tardive qui n'avait pas débuté sa floraison au 14 novembre. Pour le radis chinois Daikon, nous observons que la biomasse aérienne est inférieure aux moutardes blanches. Ce résultat s'explique par le fait que les radis chinois effectuent la majorité de la biomasse dans les racines. La biomasse racinaire a été mesurée pour le radis chinois, elle est en moyenne de 3,75 T de MS/ha ce qui augmente considérablement la production de biomasse totale, soit 5,6 T de MS/ha pour le radis chinois. Pour la vesce commune, le trèfle d'Alexandrie et la phacélie la production de biomasse est faible au 14 novembre. Ces espèces ont été concurrencées par le développement agressif des crucifères. Au 14 novembre, les rays Grass avaient levé.

Durant l'hiver, les crucifères ont été détruites par le semis direct de féverole (M1 et M2) et par les épisodes de gel successifs. Le trèfle d'Alexandrie, la vesce commune et la phacélie n'ont pas pris le relais des crucifères car elles se sont mal implantées. La féverole ne s'est pas bien développée car elle a été semée tard et détruite tôt (semis précoce de maïs popcorn). On observe alors au 7 mars que la production des légumineuses est très faible. Par conséquent, le Ray Grass n'a pas été concurrencé. Il s'est alors développé et a tallé, complexifiant la reprise du travail du sol.

Mesure effectuée par de l'unité AGIR de INRAE

## Semis direct féverole sur M1 et M2 le 16/11/2022



Au 16 novembre, on observe que les crucifères recouvrent et protègent le sol de l'érosion. Elles ont rempli leur rôle de piège à nitrate permettant de fournir de l'azote pour la culture suivante.

On observe en 1<sup>er</sup> plan que la moutarde blanche tardive n'est pas en floraison tandis que la moutarde blanche précoce est en floraison.

## 7 avril avant destruction

M1



M2



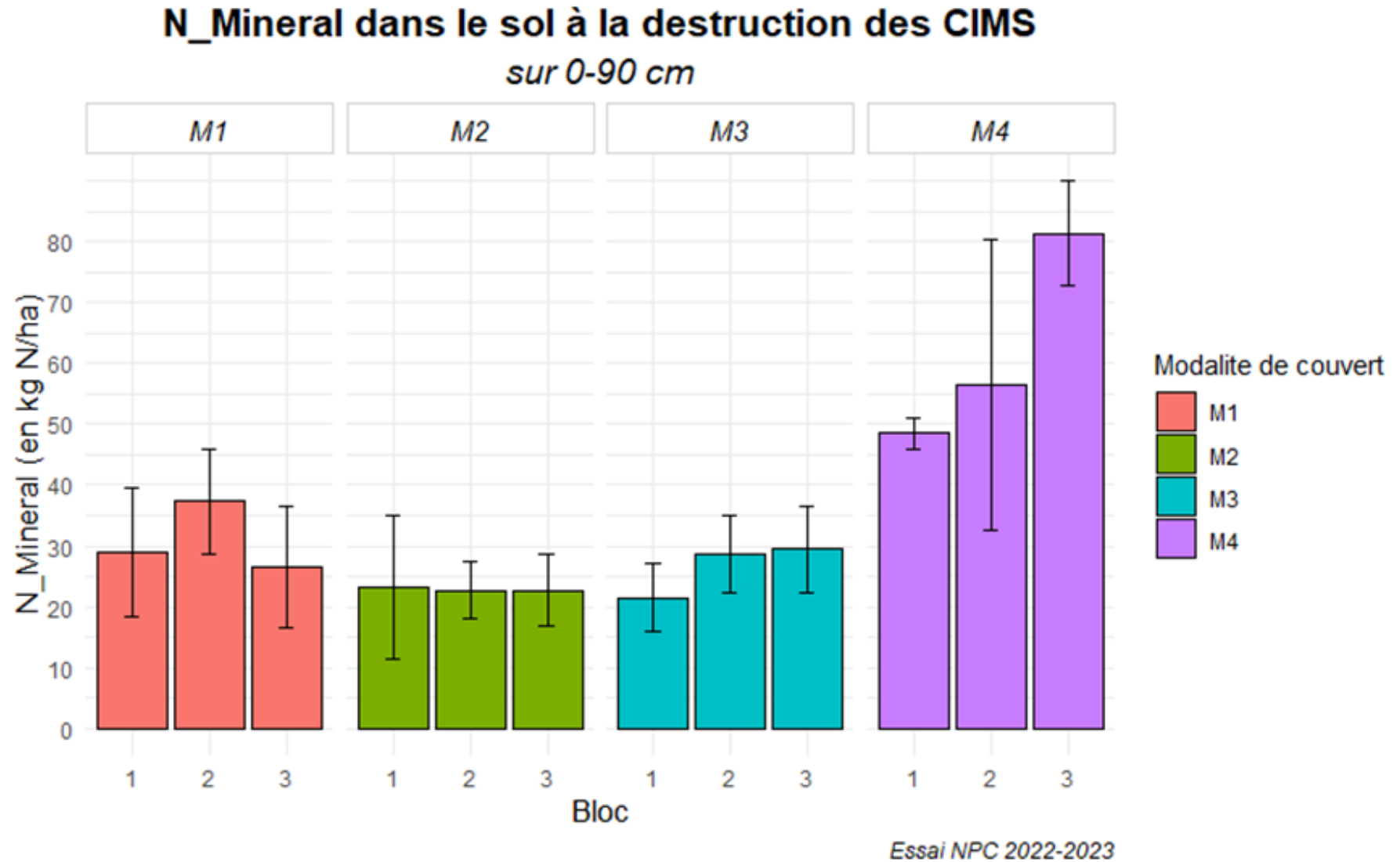
M3



On observe que les crucifères ont été détruites par le disque du semoir de semis direct sur M1 et M2 et le gel. Pour M3, la moutarde blanche est toujours sur pied mais elle commence à se nécroser avec le gel. Les légumineuses ne sont pas développées laissant la place au RG.

Au 14 novembre, la production de biomasse était satisfaisante. Au vu de la pression en RG, un labour agronomique aurait été opportun afin de sécuriser la production de la culture suivante.

# Reliquats azotés à la destruction des couverts (8 mars)



# Quelques conclusions

- Développement agressif entrée hiver des crucifères qui valorisent l'eau et les reliquats azotés.
- Développement faible des légumineuses (semis trop tardif pour la féverole).
- Pression importante en RG.
- Le Semis direct de féverole a détruit le radis chinois et moutarde blanche (M1 et M2) ce qui a favorisé le développement du RG. Sur M3 le RG s'est développé plus tardivement.
- Pas de différence significative entre les modalités de destruction. Le passage de la herse rotative (au 23 mars) après le scalpage du couvert a été réalisé trop rapidement, ce qui a limité la destruction du RG (reprise du RG après le passage de rotative).



# 3. Gestion de l'eau



# Bilan des anciennes expérimentations couverts en lien avec l'eau

L'eau est un enjeu majeur en agriculture. Il devient aujourd'hui indispensable d'adapter sa stratégie de couverts végétaux en prenant en compte la disponibilité de la ressource en eau (choix des espèces, date de semis, date de destruction et mode de semis).

## Les couverts d'automne sont plus adaptés que les couverts d'été en Occitanie

En Occitanie, la réussite des couverts d'été post-moisson est difficile avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses/canicules estivales (changement climatique). Lors de printemps/été pluvieux, les couverts d'été peuvent être semés de manière opportuniste avec du sorgho piper (seule espèce adaptée) et en semis direct pour limiter l'évaporation du sol.

Des semis de couverts en février/mars dans une culture de céréale en place (au stade tallage) peuvent être aussi réalisés pour limiter le stress hydrique lors de l'implantation du « couvert ». Néanmoins, la réussite de ces implantations est très aléatoire. Les semis se réalisent à la volée ou avec une herse étrille équipée d'un système de distribution de graines. Le choix des espèces implantées est limité, ce sont principalement des trèfles et lotiers. Le trèfle violet est la variété qui est la plus utilisée. Pour les autres espèces et variétés les résultats sont à ce jour pas satisfaisants.

En revanche, l'implantation des couverts d'automne (semis de septembre à fin octobre) est nettement plus sécurisée avec le retour des pluies et des températures encore douces à l'automne.

## Les couverts végétaux peuvent à la fois augmenter ou/et réduire l'eau disponible pour la culture suivante

Durant l'hiver, les couverts végétaux limitent l'érosion et donc améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol. Les couverts végétaux améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol et réduisent son ruissellement. Le stockage de l'eau dans le sol durant l'hiver qui pourra être mobilisé pour la culture suivante.

Par contre, en sortie hiver avec l'allongement de la durée du jour et l'augmentation des températures, les couverts végétaux puisent l'eau du sol pour produire de la biomasse et transpirent davantage. Les couverts peuvent alors assécher le sol et limiter la quantité d'eau disponible pour la culture suivante.

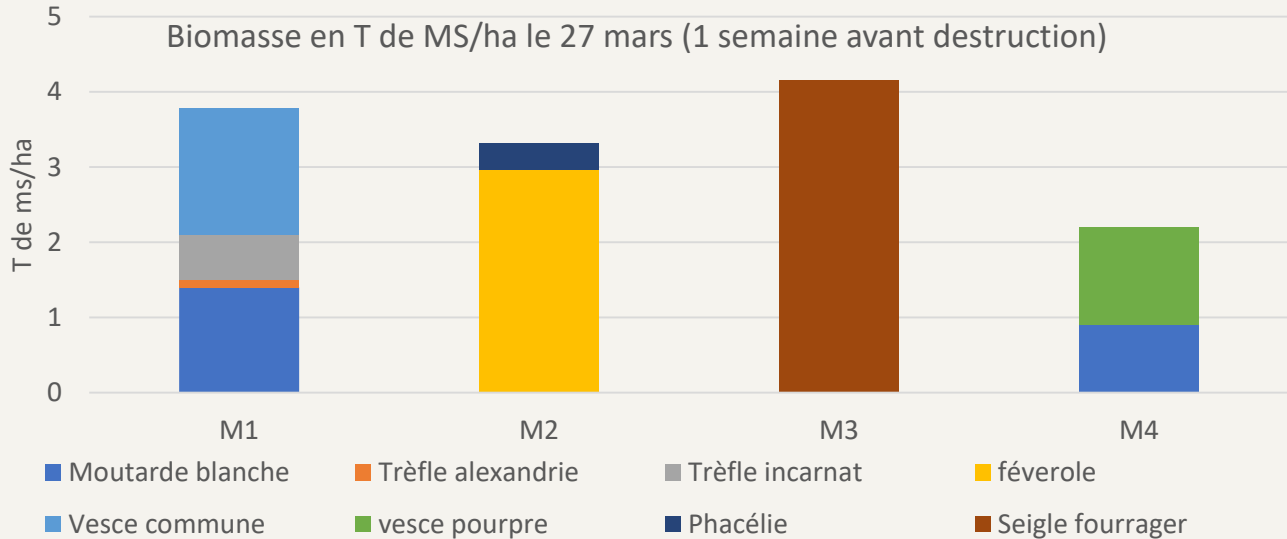
Il est important de détruire le couvert au bon moment pour ne pas pénaliser l'alimentation hydrique la culture suivante. Aujourd'hui il existe peu de règles de décision concernant la date de destruction des couverts pour conserver de l'eau dans le sol pour la culture suivante. Le choix de la date de destruction peut être un vrai « casse tête ». Il s'agit d'un compromis pour laisser à la fois le temps au couvert de produire suffisamment de biomasse mais sans que celui-ci pénalise la quantité d'eau disponible pour la culture suivante (et anticiper la préparation du travail du sol). Depuis 2 ans, des expérimentations sont menées pour caractériser la dynamique de l'eau dans le sol, en fonction des espèces présentes dans le couvert, de leurs stades de développement afin d'arriver à établir des règles de décisions pour détruire au moment opportun le couvert.

# Essai 1 : Caractérisation de l'absorption de l'eau de différents couverts en sortie hiver (2023)

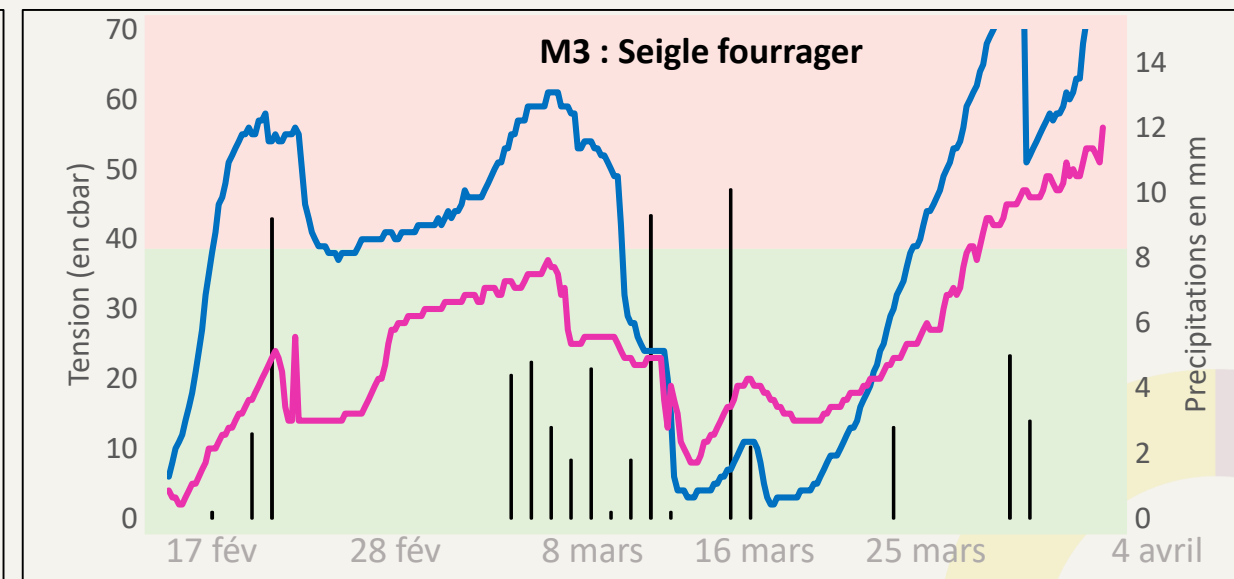
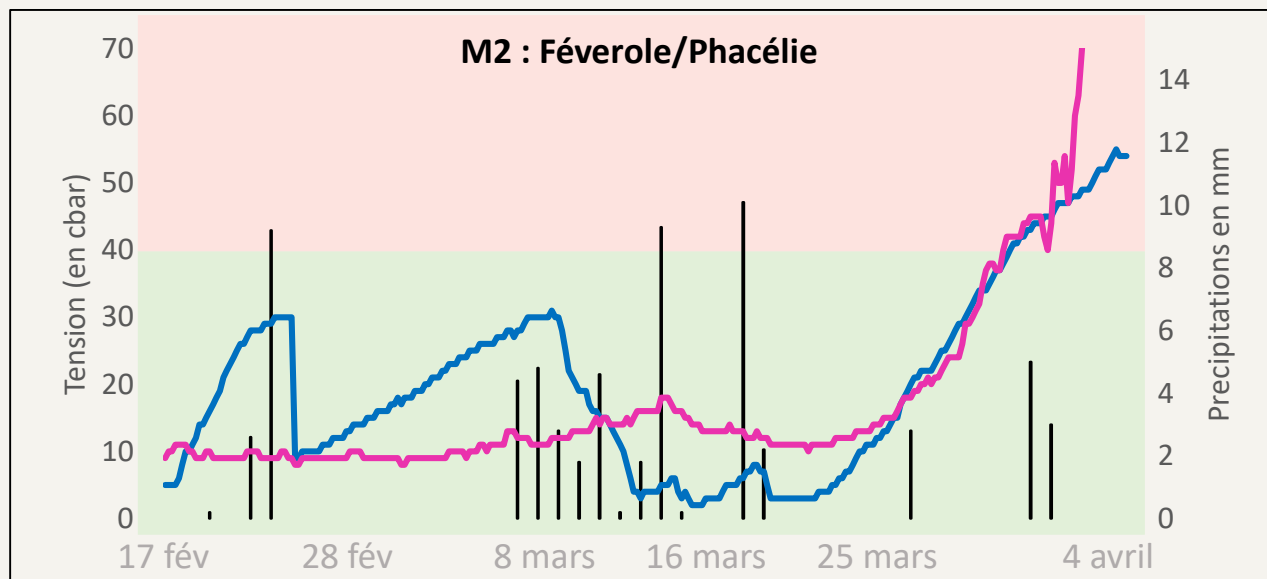
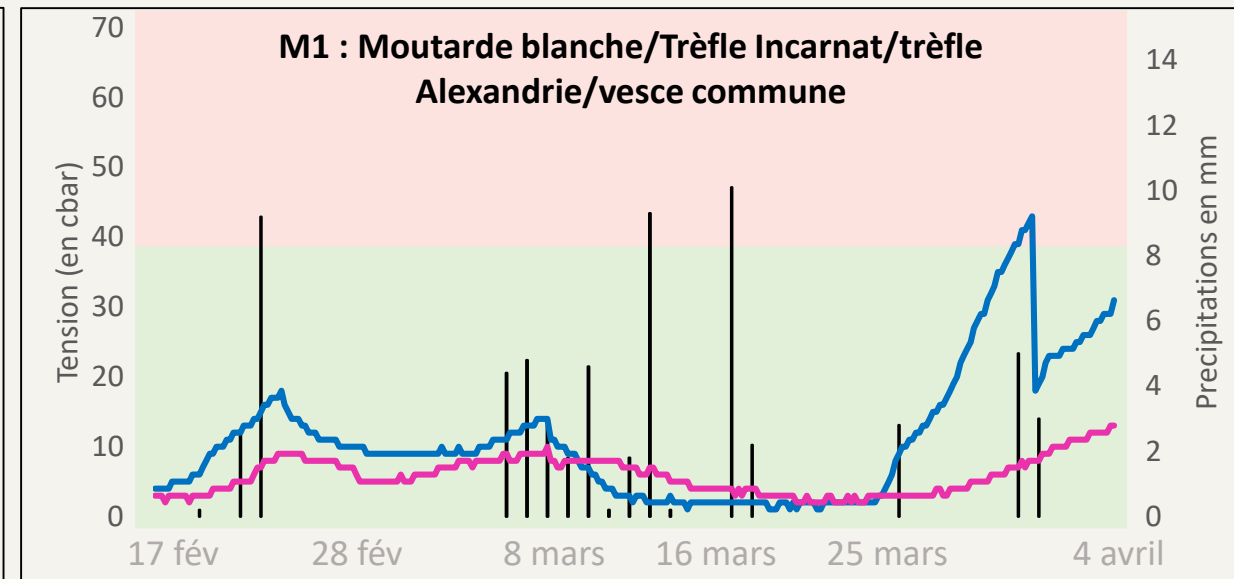
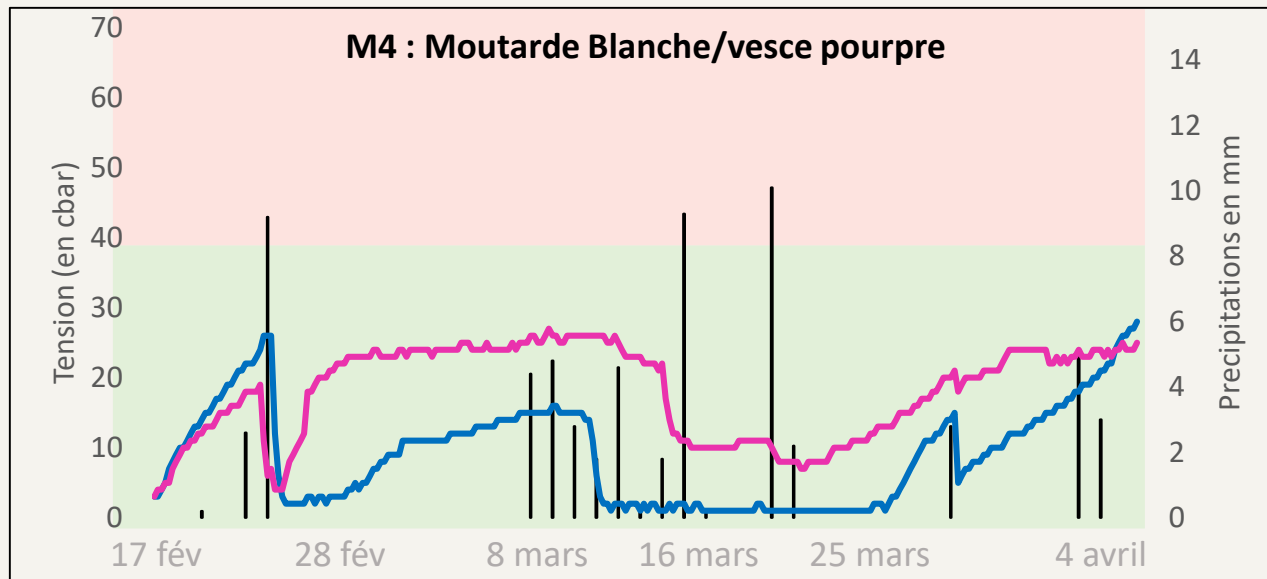
L'objectif est d'observer la dynamique d'absorption de l'eau en fonction des espèces de couvert. Des sondes tensiométriques ont été posées sur 4 couverts différents du 27 février jusqu'à leur destruction (4 avril). Les sondes mesurent la force/la tension dans le sol exercée par les racines du couvert pour extraire l'eau du sol. Les sondes sont posées à 30 cm et 60 cm de profondeur. L'unité est le centibar. Plus la force/la tension est élevée, moins il y a d'eau disponible dans le sol pour la culture / le couvert. Ainsi, lorsque que la tension est inférieure à 40 centibars, l'eau est facilement disponible pour les plantes. A l'inverse, lorsque la tension est supérieure 40 centibars, l'eau est peu disponible pour les plantes.

**Date de semis et composition des couverts**

	Couvert	Espèce, variété et dose 1	Espèce, variété et dose 2	Espèce, variété et dose 3	Espèce, variété et dose 4	Date de semis
M1	Moutarde blanche/trèfle incarnat/trèfle Alexandrie/vesce commune	Moutarde blanche 4 kg/ha (simplex)	Trèfle incarnat 6 kg/ha (blaza)	Trèfle Alexandrie 4 kg/ha (akenaton)	Vesce commune 8 kg/ha (barvicos)	10-oct
M2	Féverole/phacélie	féverole 200 kg/ha (fermière)	Phacélie 4 kg/ha (stalla)			18-oct
M3	Seigle fourrager	Seigle fourrager 110 kg/ha (bonfire)				10-oct
M4	Moutarde /vesce pourpre	Moutarde blanche 4 kg/ha (simplex)	Vesce pourpre 10 kg/ha (barloo)			04-oct



# Suivi de l'état hydrique du sol du 27 février au 4 avril en fonction des couverts végétaux



■ Précipitations    — Sondes 30cm    — Sondes 60cm

La zone en vert dans le graphique indique qu'il y a de l'eau disponible pour les plantes (<40 cbar).  
La zone en rouge dans le graphique indique que l'eau est peu pour les plantes (>40 cbar).

# Interprétation des résultats

## Seigle fourrager (M2)

Le seigle fourrager (M2) est le couvert qui assèche le plus le sol. On observe que dès le 17 février, le seigle fourrager assèche le sol en superficiel jusqu'au 8 mars. Le 25 mars après les épisodes pluvieux (40 mm), le seigle assèche de manière importante le sol en superficiel et en profondeur malgré les précipitations de 8 mm le 1 et 2 avril. L'eau n'entre plus dans le sol, elle est absorbée directement par le seigle. Ces résultats s'expliquent par le développement en profondeur des racinaires fasciculées et le développement agressif précoce en sortie hiver. Ainsi le couvert de seigle laisse peu d'eau disponible en superficiel et profondeur pour la culture suivante.

## Féverole/Phacélie (M3)

Le couvert féverole/phacélie (M3) assèche le sol plus tard que le seigle fourrager (M2). Le sol n'est pas asséché avant le 27 mars. Ce résultat s'explique par le fait que la féverole a une reprise de végétation plus tardive que le seigle fourrager. La féverole (légumineuse) a besoin de plus de chaleur et de lumière que le seigle fourrager pour repartir sortie hiver. Néanmoins, on observe qu'à partir du 20 mars jusqu'à la destruction, la féverole absorbe beaucoup d'eau. La féverole assèche en superficelle et en profondeur avec son système profond.

## Moutarde/Vesce pourpre (M1) et moutarde blanche/trèfle incarnat/trèfle Alexandrie/vesce pourpre (M4)

Les deux couverts à base de moutarde blanche (M1 et M4) sont les deux couverts qui assèchent le moins le sol en superficiel et profondeur. La tension de l'eau ne dépasse pas le seuil de 35 cb qui correspond à un début d'assèchement du sol. Plusieurs éléments expliquent ces résultats. Tout d'abord la moutarde blanche effectue son cycle à l'automne/début hiver. Elle absorbe de l'eau à l'automne/début hiver puis elle rentre en fin de cycle février/mars. Elle ne consomme plus d'eau en sortie hiver. De plus, la moutarde blanche a un développement racinaire peu profond (30 à 40 cm) ce qui permet de ne pas assécher le sol en profondeur. Finalement en sortie hiver, sur les couverts M1 et M4, il y a uniquement les vesces et les trèfles qui se développent et qui absorbent de l'eau.

## Comparaison de M3 par rapport à M1/M4

On observe que les couverts M1 et M4 assèchent moins le sol que le couvert de féverole/phacélie (M3). Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'au 4 avril, il y a plus de biomasse de plantes qui se développent dans le couvert M3 féverole/phacélie (3,2 T de MS) que dans les couverts M4 et M1 où il y a uniquement les vesces et les trèfles qui se développent : M4 (1,3 T de MS/ha pour la vesce pourpre) M1 (2,3 T de MS pour la vesce commune et les trèfles). Pour M1 et M4, la production de biomasse entrée hiver avec la moutarde puis un relais avec les légumineuses en sortie hiver limite la consommation d'eau par rapport à la féverole/phacélie où la biomasse est produite essentiellement en sortie hiver.

## Essai 2 : Effet de la date de destruction sur la disponibilité en eau pour la culture suivante (2023)

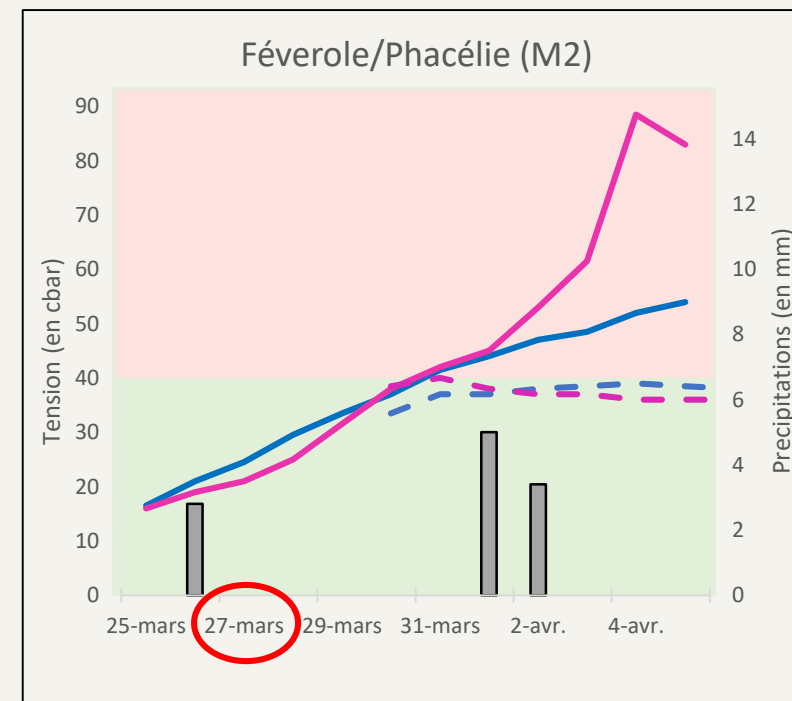
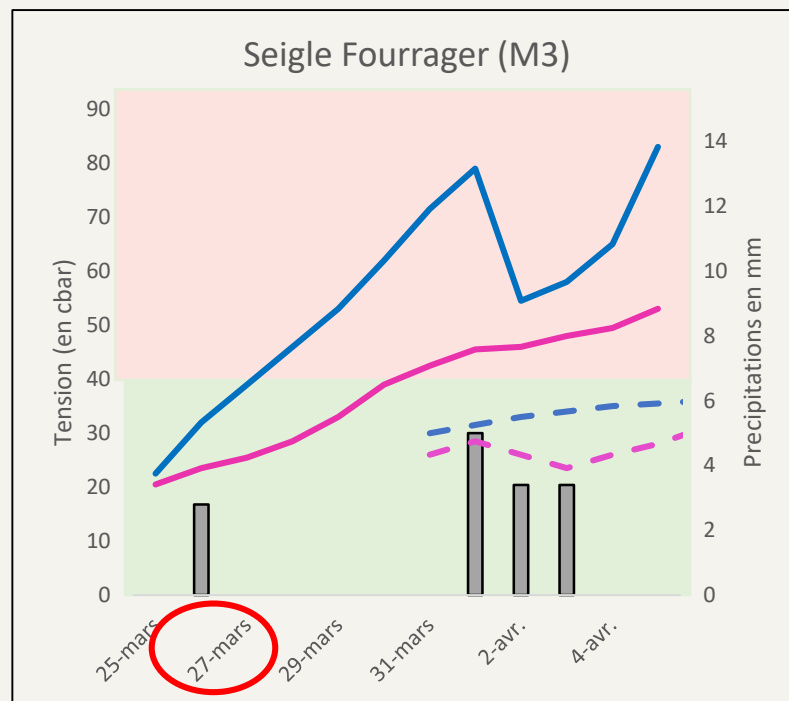
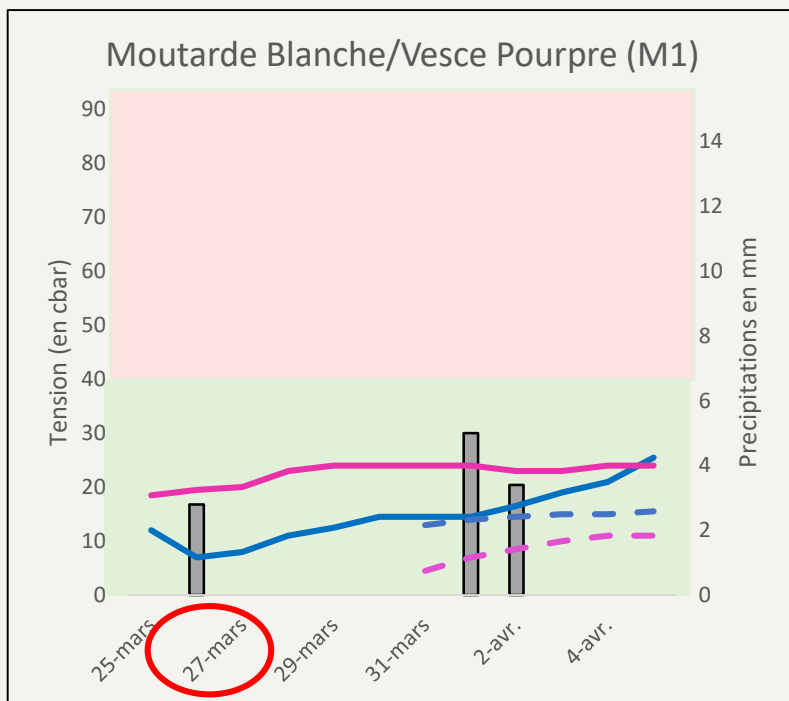
Sur le même dispositif expérimental, les couverts M2, M3 et M4 ont été détruit à deux dates différentes pour observer l'effet de la date de destruction sur la disponibilité en eau. Une partie des couverts a été détruite le 27 mars et le 7 avril. Des sondes tensiométriques ont été posées dans les couverts détruits et non détruits pour comparer la disponibilité en eau

### Date de semis/destruction et composition des couverts

	Couvert	Espèce, variété et dose 1	Espèce, variété et dose 2	Date de semis	Date de destruction
M2	Féverole/phacélie	féverole 200 kg/ha (fermière)	Phacélie 4 kg/ha (stalla)	18-oct	27 mars et 7 avril
M3	Seigle fourrager	Seigle fourrager 110 kg/ha (bonfire)		10-oct	
M4	Moutarde /vesce pourpre	Moutarde blanche 4 kg/ha (simplex)	Vesce pourpre 10 kg/ha (barloo)	04-oct	



# Interprétation des résultats



■ Précipitations

— Sondes 30cm

— Sondes 60cm

- - Sondes 30cm CVdétruit

- - Sondes 60cm CVdétruit

○ Date destruction

## Féverole/Phacélie (M2) et Seigle fourrager (M3)

Après la destruction du 27 mars, on observe pour M2 et M3 que l'humidité du sol est maintenue dans la partie des couverts détruits. L'eau reste dans le sol. A l'inverse pour les couverts non détruits, les couverts ont continué à assécher le sol pour se développer. La destruction plus précoce des couverts a donc permis de maintenir une humidité satisfaisante pour la culture suivante.

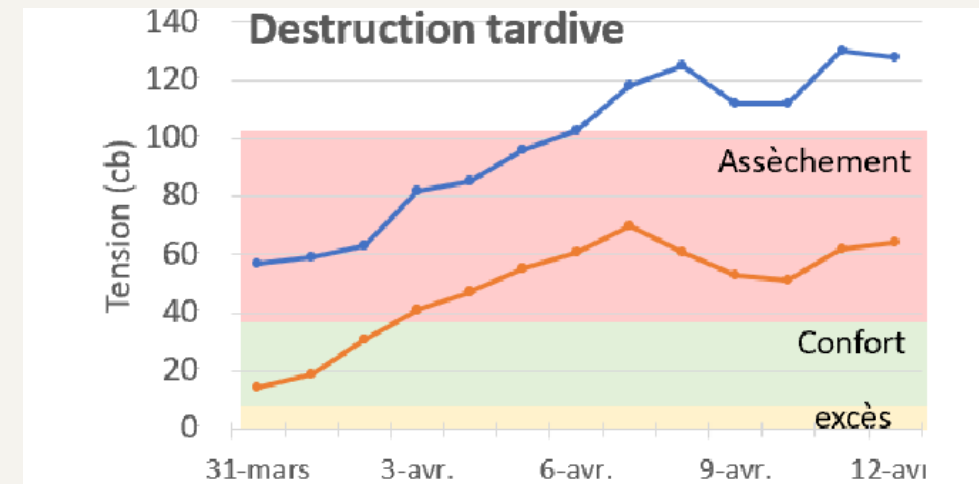
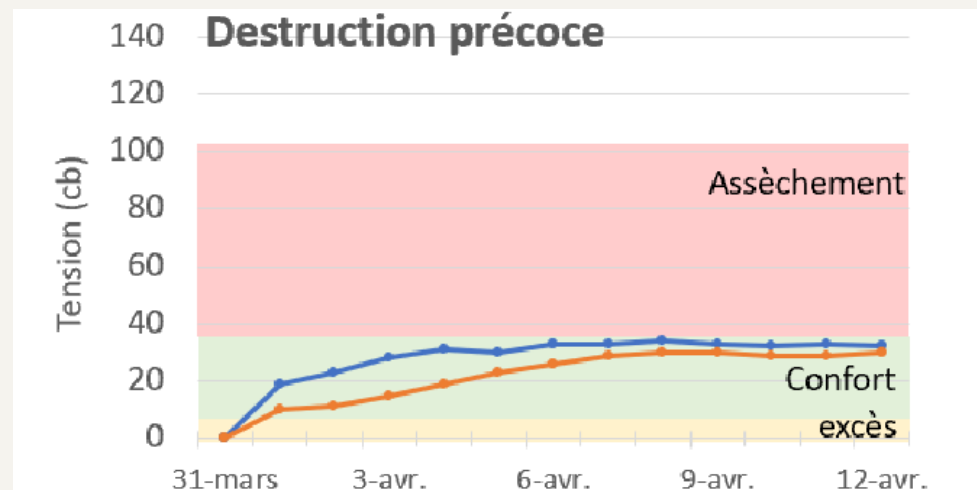
## Moutarde Blanche/Vesce pourpre (M1)

Pour ce couvert, on observe que la date de destruction a peu d'effet sur la disponibilité en eau. Ce résultat peu s'expliquer par le fait que la vesce pourpre n'a pas explosé sortie hiver. Le couvert non détruit n'a pas absorbé beaucoup d'eau début avril.

# Essai 2 : Effet de la date de destruction sur la disponibilité en eau pour la culture suivante (2022)

Cet essai avait déjà été effectué en 2022 sur un autre couvert (voir tableau ci-dessous) avec une partie du couvert détruit le 31 mars et une partie non détruite. Les résultats étaient similaires avec un maintien de l'humidité dans le sol pour la destruction plus précoce.

	Couvert	Espèce, variété et dose 1	Espèce, variété et dose 2	Espèce, variété et dose 3	Espèce, variété et dose 4	Date destruction
M1	Radis fourrager/vesce commune/féverole/phacélie	Radis fourrager 4 kg/ha (Mercator)	Vesce commune 8 kg/ha (Carélie)	Féverole 60 kg/ha	Phacélie 3 kg/ha (natra)	31 mars 2022





# Conclusion

Le choix des espèces et la date de destruction impactent la disponibilité en eau pour la culture suivante. Il semblerait que les crucifères qui ont un développement en entrée hiver consomment moins d'eau en sortie hiver que les graminées et légumineuses.



# 4. Suivi de 75 couverts en Occitanie en 2023



75 couverts d'agriculteurs ont été suivis en Occitanie en partenariat avec le GABB 32 , Bio Ariège Garonne, le conseil départemental et Biophy conseil.  
**L'objectif est d'observer le comportement des espèces et des variétés dans différents contextes pédoclimatiques d'Occitanie afin d'identifier des facteurs clés influençant leur développement.**

**Données collectées et mesurées** : biomasse sèche avant destruction , salissement, ITK, homogénéité, suivi de la culture suivante pour quelques couverts

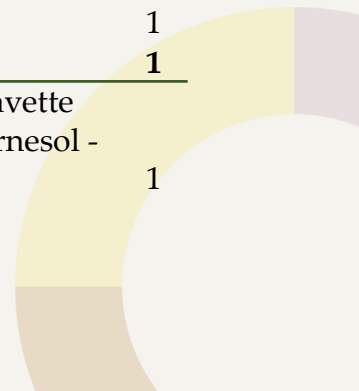
### Répartition des parcelles suivies



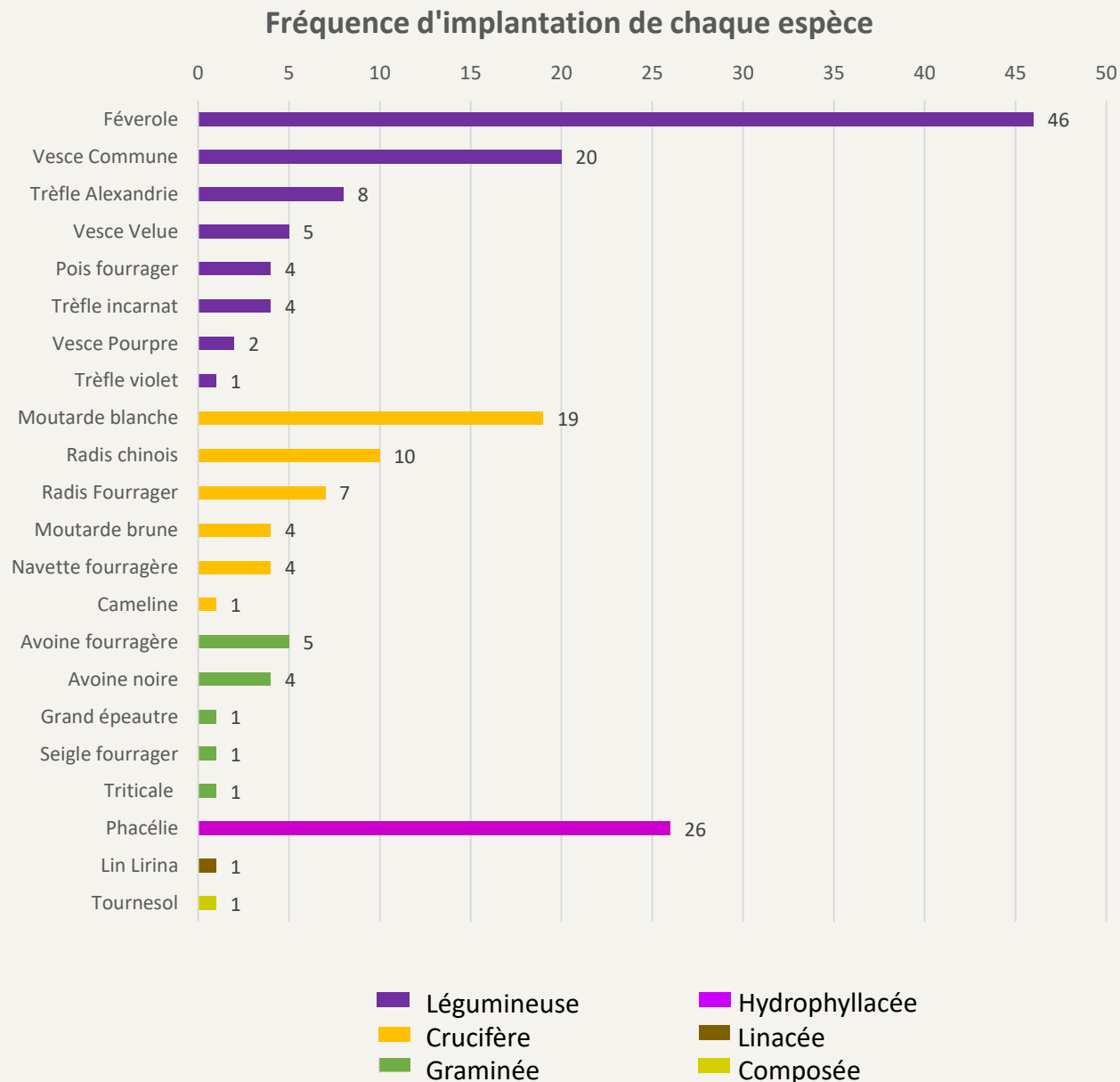
# Diversité et fréquence d'implantation des couverts classés par nombre d'espèces

Espèce	Fréquence
<b>1</b>	<b>23</b>
Féverole	16
Vesce Commune	4
Grand épeautre	1
Phacélie	1
Seigle fourrager	1
<b>2</b>	<b>24</b>
Avoine fourragère - Féverole	4
Avoine fourragère - Pois fourrager	1
Avoine noire - Féverole	2
Féverole - Moutarde blanche	2
Féverole - Phacélie	9
Féverole - Pois fourrager	1
Féverole - Radis chinois	1
Moutarde blanche - Phacélie	1
Moutarde blanche - Trèfle Alexandrie	2
Moutarde blanche - Vesce Pourpre	1
<b>3</b>	<b>19</b>
Blé + seigle - Féverole - Pois fourrager	1
Féverole - Moutarde blanche - Phacélie	1
Féverole - Phacélie - Vesce Commune	3
Féverole - Radis chinois - Trèfle Alexandrie	1
Moutarde blanche - Phacélie - Trèfle Alexandrie	1
Moutarde blanche - Phacélie - Vesce Commune	1
Moutarde blanche - Trèfle incarnat - Vesce Commune	1
Moutarde blanche - Trèfle incarnat - Vesce Pourpre	1
Moutarde brune - Navette fourragère - Vesce Velue	2
Moutarde brune - Radis chinois - Vesce Commune	2
Moutarde brune - Radis Fourrager - Vesce Commune	2
Moutarde brune - Radis Fourrager - Vesce Velue	2
Phacélie - Radis chinois - Trèfles Alexandrie	1

<b>4</b>	<b>11</b>
Avoine noire - Féverole - Phacélie - Radis Fourrager	1
Féverole - Moutarde blanche - Phacélie - Vesce Commune	1
Féverole - Navette fourragère - Phacélie - Vesce Velue	2
Moutarde blanche - Phacélie - Radis Fourrager - Trèfle incarnat	1
Moutarde blanche - Radis chinois - Radis Fourrager - Vesce Commune	1
Moutarde blanche - Radis chinois - Trèfle Alexandrie - Vesce Commune	3
Moutarde blanche - Trèfle Alexandrie - Vesce Commune - Vesce Velue	1
Phacélie - Radis chinois - Trèfle violet + alexandrie - Vesce Commune	1
<b>5</b>	<b>1</b>
Avoine noire - Moutarde blanche - Radis chinois - Radis Fourrager - Vesce Commune	1
<b>6</b>	<b>1</b>
Féverole - Phacélie - Pois fourrager - Radis Fourrager - Triticale - Vesce Commune	1
<b>11</b>	<b>1</b>
Cameline - Féverole - Lin Lirina - Moutarde blanche - Navette fourragère - Phacélie - Pois fourrager - Radis chinois - Tournesol - Trèfle incarnat - Vesce Commune	1



# Diversité et fréquence d'implantation des couverts classé par nombre d'espèces



Une partie des couverts ont été suivi chez des groupes d'agriculteurs AB (GIEE) qui travaillent depuis quelques années sur les couverts. Ces agriculteurs sont dans une démarche de substitution de la féverole afin de limiter la pression en maladies.

On observe tout de même que la féverole est l'espèce la plus implantée. Elle est présente dans plus de la moitié des couverts. On retrouve aussi la phacélie présente dans 25 couverts sur 75 qui est implantée généralement en complément de la féverole pour boucher les trous.

# Date de semis, date de destruction et durée d'implantation

## Date de semis

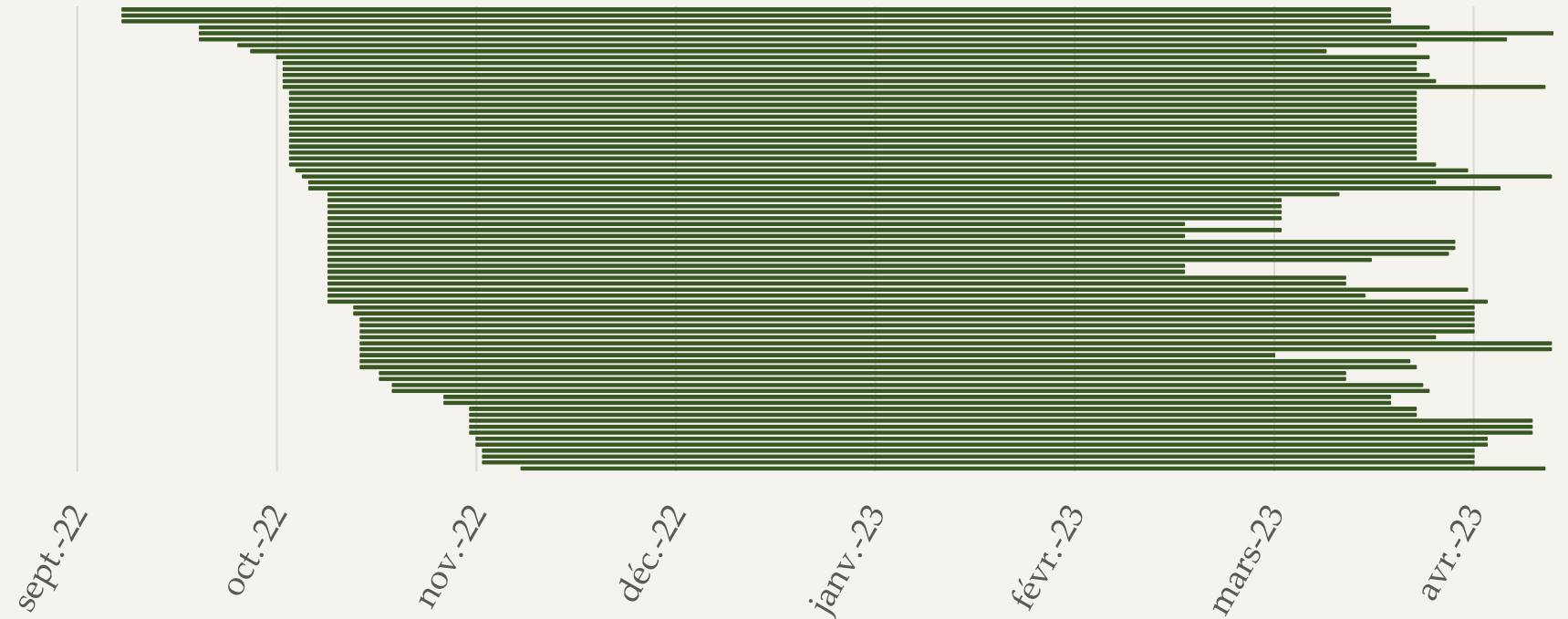
- Min : 9 septembre 2022
- Moyen : 11 octobre 2022
- Max : 9 novembre 22

## Date de destruction

- Min : 20 février 2023
- Moyen : 27 mars 2023
- Max : 20 avril 2023

## Durée de croissance

- Min : 142 jours
- Moyen : 172 jours
- Max : 212 jours



**Date de semis :** Les couverts ont été implantés entre le 9 septembre et le 9 novembre. Une partie des agriculteurs ont décidé de semer leur couvert début septembre afin de respecter les dates de semis adaptées à leurs espèces (moutarde, vesce, trèfle etc...) en espérant qu'il pleuvent courant septembre. La majorité ont décalé au maximum leur semis en octobre car il n'a pas beaucoup plus en septembre/octobre (CF diagramme diapo 4). Les couverts ont donc été semés principalement à la mi octobre (11 octobre en moyenne). Cette concentration de couvert s'explique aussi par le fait que plus de la moitié des couverts sont composés de féverole et qu'il est conseillé de semer la féverole autour du 15 octobre pour limiter la pression en maladie.

**Date de destruction:** A la suite de la sécheresse de l'été et automne 2022, les faibles précipitations de février ont poussé certains agriculteurs à détruire précocement leurs couverts par peur de manquer d'eau pour la culture suivante (15 février). A l'inverse, mars et avril ont été marqués par de nombreux orages avec des précipitations importantes. Certains agriculteurs ont choisi de retarder au maximum la destruction de leur couvert afin de tirer partie des pluies et des températures douces qui ont favorisé une évolution rapide de la biomasse des couverts (destruction mi avril). La majorité des agriculteurs ont détruit leur couvert en moyenne au 27 mars en essayant de trouver un compromis entre la disponibilité en eau pour le culture suivante, la production de biomasse et l'anticipation de la préparation du sol pour la culture suivante.

Cette campagne 2023 montre encore une fois qu'il n'est plus possible de parler de « date de semis » et « date de destruction » car il n'y a plus aucune année qui se ressemble avec le changement climatique. Il est indispensable d'adapter son ITK de couverts aux conditions climatique de l'année

# Mode d'implantation et de destruction des couverts

## Mode de semis

La majorité des agriculteurs ont sécurisé leur semis en effectuant une préparation de terre fine. Cette méthode assure un bon contact entre les graines et le sol, favorisant ainsi une germination uniforme et un développement initial optimal. Cependant, elle présente l'inconvénient d'être chronophage, consommatrice de carburant, et elle peut créer des pertes d'humidité en cas de conditions météorologiques défavorables. A l'inverse, certains agriculteurs ont opté pour un semis simplifié à la suite d'un déchaumage (préparation de sol grossière) permettant un gain de temps et de carburant. Le contact sol/graine est en revanche moins étroit et peut affecter la germination et la croissance initiale.

Type de semis	Fréquence
<b>Sécurisé :</b> Préparation terre fine	<b>28</b>
Semoir céréales	22
Hybride (volée + céréale)	6
<b>Simplifié :</b> préparation grossière	<b>19</b>
Semoir céréales	8
A la volée	8
Hybride (volée + céréales)	3
<b>Semis direct</b>	<b>2</b>

La majorité des couverts ont été implantés au semoir à céréales permettant un placement précis des graines et assurant une distribution uniforme. Pour gagner du temps et réduire les coûts de semis, certains agriculteurs ont favorisé un semis à la volée à l'aide d'un épandeur à engrais ou d'un semoir centrifuge de type Delimbe. Ces semis ont été suivis d'un passage d'outil permettant un meilleur contact sol/graines (ex: déchaumeur, herse étrille). Un nombre important d'agriculteurs ont également opté pour un semis hybride, où les plus petites graines telles que la phacélie ont été semées à la volée, tandis que les plus grosses comme la féverole ont été implantées au semoir à céréales. Ce mode d'implantation permet d'adapter la profondeur de semis à chaque espèce, les petites graines étant adaptées à un semis superficiel (profondeur ~1cm), tandis que les plus grosses graines ont besoin d'une profondeur plus importante (~3cm) pour germer correctement. Pour minimiser le nombre de passages, certains agriculteurs ont fabriqué leur propre semoir artisanal, leur permettant de semer les petites graines à la volée et les grosses graines au semoir à céréales sur un même outil.

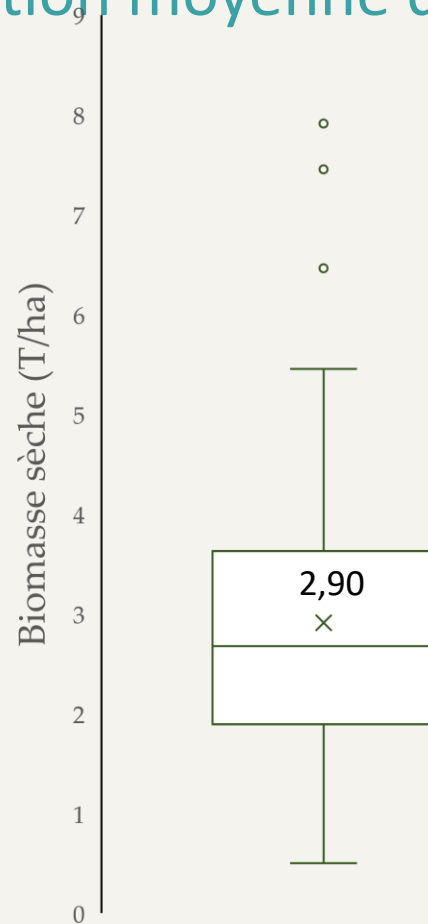
## Mode de destruction

Mode de destruction	Fréquence
Broyeur + déchaumeur	31
Déchaumeur	17
Fraise rotative	2
Broyeur	2
Broyeur + fraise rotative	2

La majorité des couverts (31 couverts) ont été détruits par broyage suivi d'un déchaumage. Ce mode de destruction est lent et consomme du carburant. Cependant, il est efficace même pour les couverts les plus développés. Il permet d'éviter la gêne mécanique des couverts trop denses et améliore la décomposition du couvert ce qui évite de multiplier les passages de déchaumeur.

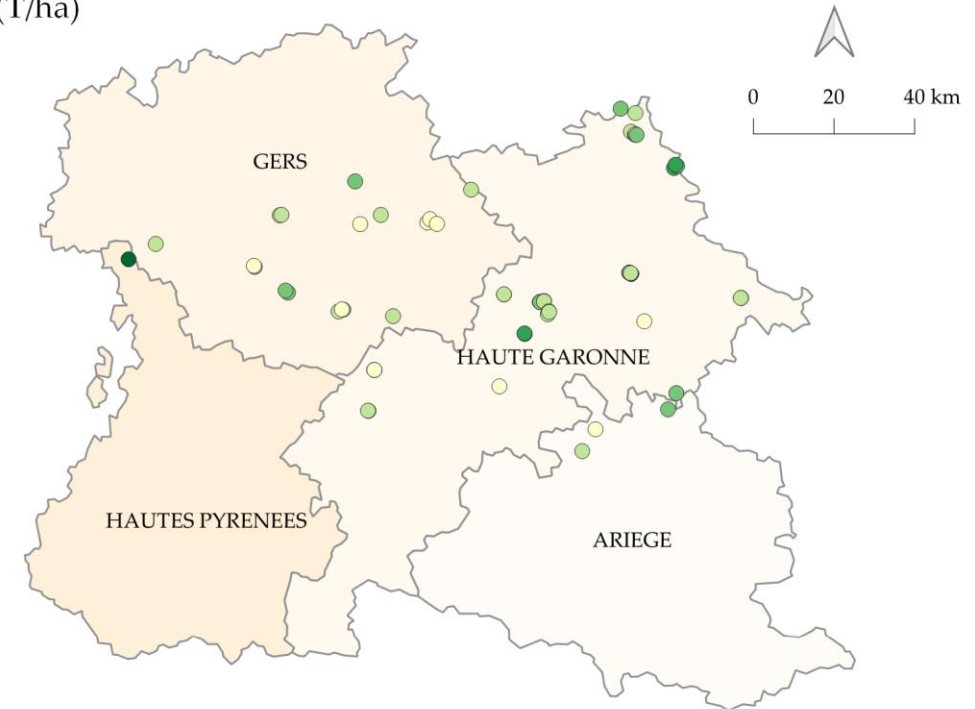
La destruction des couverts comprenant des graminées peut s'avérer compliquée et a nécessité plusieurs passages de déchaumeurs à cause du chevelu racinaire. Certains agriculteurs ont opté pour une fraise rotative permettant une destruction efficace des graminées en un passage.

# Production moyenne de biomasse des couverts en tonne de MS/ha avant destruction



Biomasse sèche (T/ha)

- 0,7 - 2,3
- 2,3 - 3,8
- 3,8 - 5,4
- 5,4 - 7
- 7 - 8,6



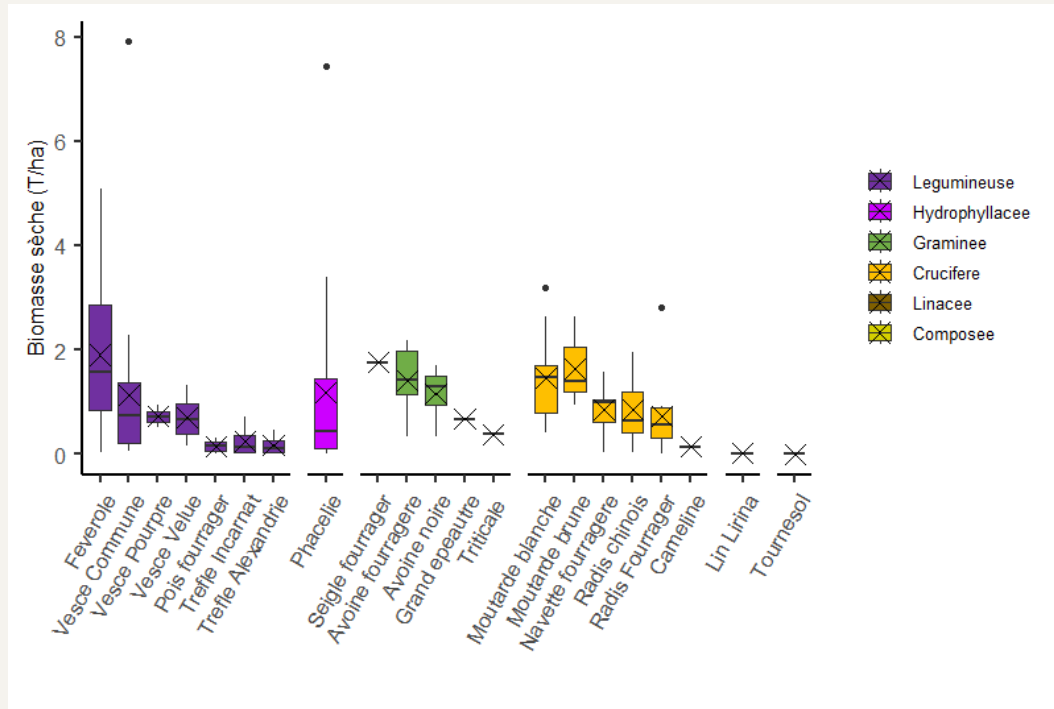
La production de biomasse de MS est en moyenne de 2,90 T de MS/ha avec des biomasses allant de 0,5 à 7,91 T de MS/ha. Il y a 75% des couverts qui ont une biomasse supérieure au seuil de satisfaction de 2 T/ha de matière sèche.

Ces différences de biomasses peuvent s'expliquer par une combinaison de facteurs : choix des espèces, date de destruction, date de semis, mode de production, contexte pédoclimatique, technicité agriculteur etc.



# Les facteurs « explicatifs » de production de biomasse sèche

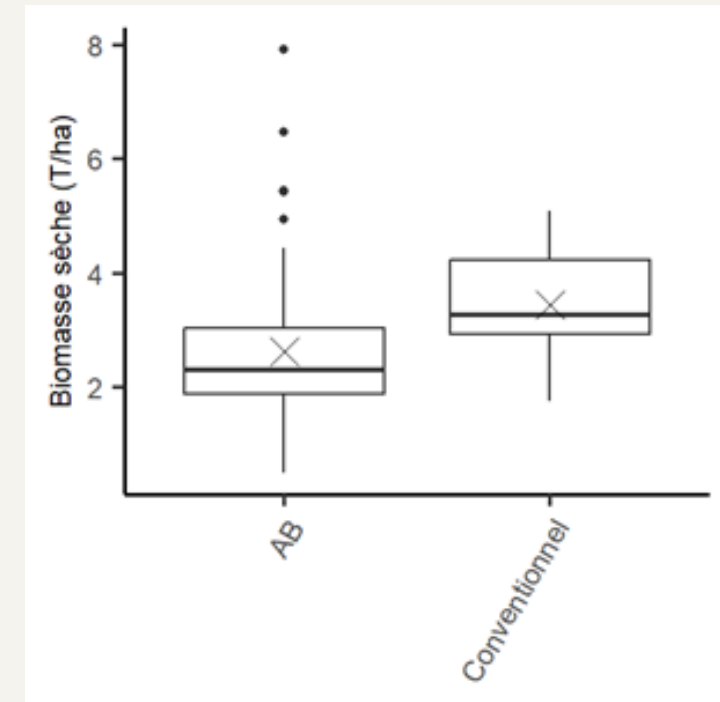
## Production de biomasse par espèce



La production de biomasse sèche varie en fonction des espèces.

La féverole, la moutarde blanche et la moutarde brune ont produit les biomasses les plus importantes avec une moyenne de près de 2T/ha. La production de biomasse de la féverole est la plus variable. Les biomasses de moutardes blanches sont sous estimées car les prélèvements ont été effectués en fin de cycle et les nombreux épisodes de gel ont détruit précocement les moutardes blanches.

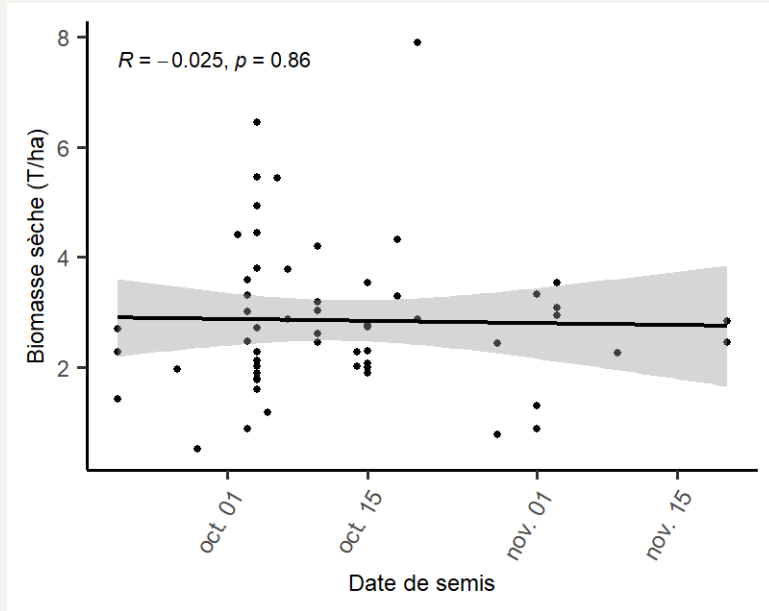
## Production de biomasse en fonction du mode de production



La biomasse sèche moyenne des couverts est significativement plus élevée pour les exploitations en conventionnel que pour celles en AB (Kruskal-Wallis,  $H = 9.22$ ,  $p = 0.002$ ). L'hypothèse est que les reliquats azotés à l'automne plus important en agriculture conventionnelle augmentent la production de biomasse des couverts

# Les facteurs « explicatifs » de production de biomasse sèche

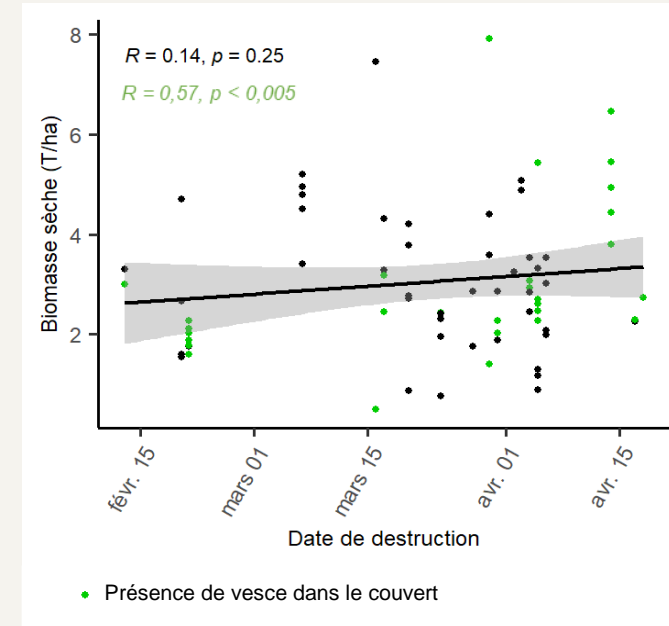
## Production de biomasse en fonction de la date de semis



### Effet de la date semis

Cette année, la date de semis n'a pas eu d'effet sur la production biomasse des couverts ( $R=-0,025$ ). Avec la sécheresse de l'automne 2022, les couverts ont commencé à se développer à partir de novembre avec l'arrivée des pluies ce qui limite l'impact de la date de semis.

## Production de biomasse en fonction de la date de destruction

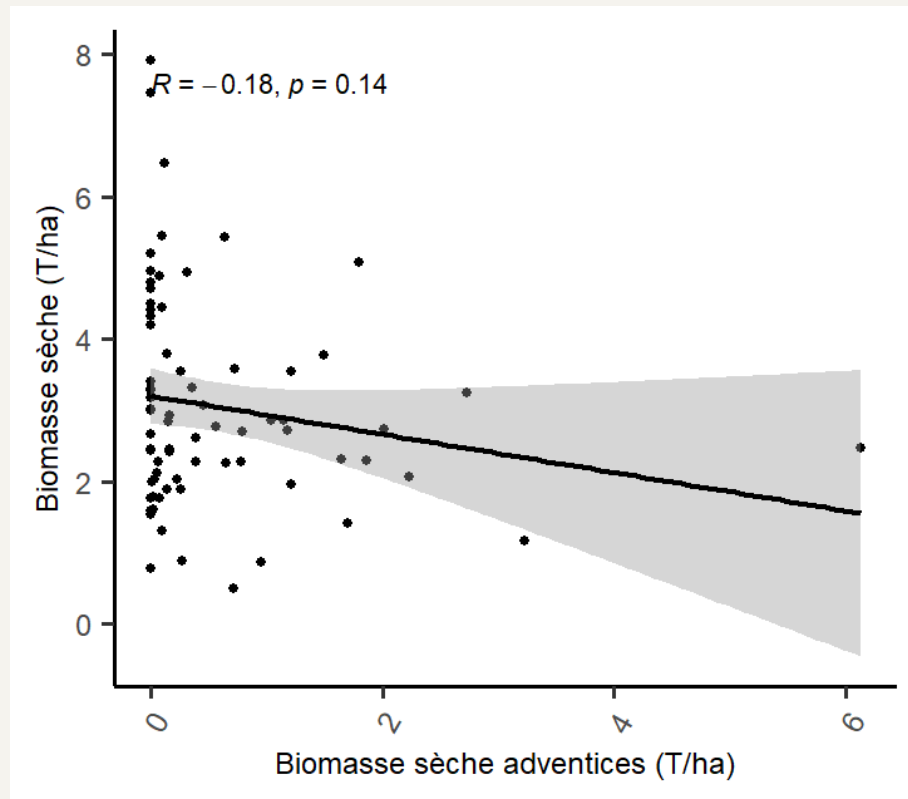


### Effet date de destruction

La date de destruction a eu un effet plus marqué sur la production de biomasse ( $R = 0,14$ ). L'effet est plus ou moins important selon les espèces. L'effet de la date de destruction est le plus important sur les vesces communes et velues ( $R=0,57$ ). Les vesces détruits tardivement ont une production de biomasse plus importante. Pour la féverole, la date de destruction n'a pas eu d'effet sur la production de biomasse ( $R=-0,01$ ) Ces résultats sont en adéquation avec les observation de cette année ou la féverole n'a pas explosé en fin de cycle comme dans le passé.

# Les facteurs «explicatifs» de production de biomasse sèche

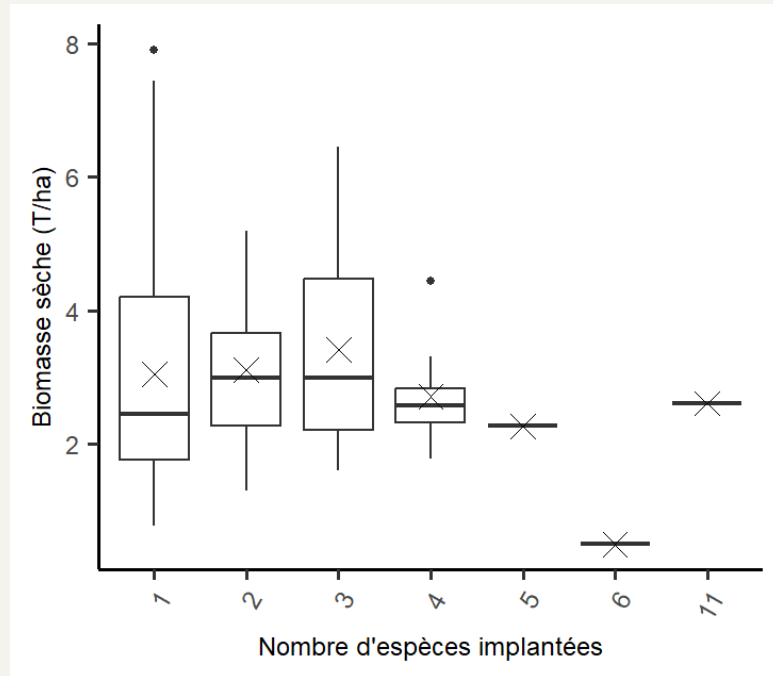
## Production de biomasse en fonction de la pression adventice



On observe une diminution de la biomasse du couvert en fonction de la biomasse des adventices ( $R = -0.18$ ). Certaines parcelles ont atteint des biomasses sèches de ray-grass supérieur à 2T/ha complexifiant la destruction du couvert (chevelu racinaire RG = motte). Dans des situations à très forte pression Ray Grass, il est préférable de se concentrer sur la gestion du RG pour sécuriser l'implantation de la culture suivante.

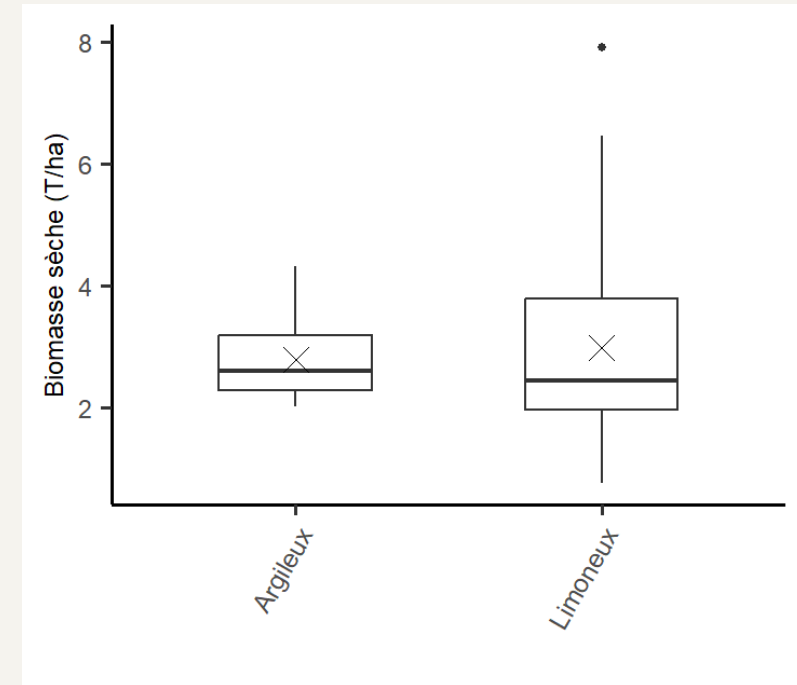
# Les facteurs « explicatifs » de production de biomasse sèche

## Production de biomasse en fonction du nombre d'espèces implantées



Le nombre d'espèces implantées ne semble pas avoir d'impact significatif sur la biomasse totale du couvert. On observe une biomasse légèrement supérieure pour les couverts comprenant un mélange de deux à trois espèces. Cette observation peut s'expliquer par une concurrence positive et des physiologie différentes entre les espèces ce qui initie une augmentation de la production de biomasse.

## Production de biomasse en fonction du type de sol



Cette année, le type de sol n'a pas d'effet sur la production de biomasse.

Les sols argileux sont généralement présentés comme moins propices à la réussite des couverts (excès d'eau, motte ect.). Les conditions sèches de la campagne ont probablement contribué à limiter les écarts entre les deux types de sols

# Illustrations de quelques couverts suivis : couvert 1

**Localisation :** Villemur sur Tarn (31)

**Précédent :** BTH

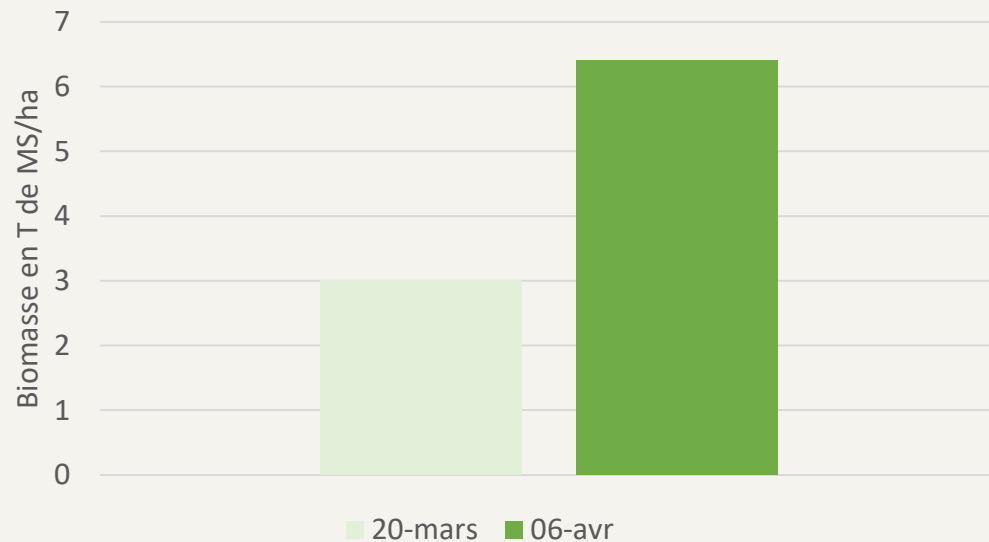
**Semis :** épandeur à la volée féverole à 160 kg/ha + déchaumage début octobre

**Destruction :** déchaumeur à disque le 8 avril (1 mois avant le semis)

**Culture suivante :** Tournesol

**Date semis tournesol :** 6 mai

Evolution de la biomasse du 20 mars au 6 avril



Dans cette situation, la production de féverole a explosé entre le 20 mars et le 6 avril avec un gain de 3 T de MS/ha. L'agriculteur a implanté pour la 1ère année de la féverole sur son exploitation. La pression en maladie était nulle ce qui a permis de produire beaucoup de biomasse (6,3 T de MS/ha)

# Illustrations de quelques couverts suivis : couvert 1

20 mars



Pression maladies et adventices faibles  
sur la féverole

6 avril



Explosion de la féverole en 16 jours

6 juin



Implantation réussie et homogène du tournesol  
avec une destruction du couvert 1 mois avant  
le semis.

Faible pression adventices et une densité de  
60 000 tournesol/ha

# Illustrations de quelques couverts suivis : couvert 2

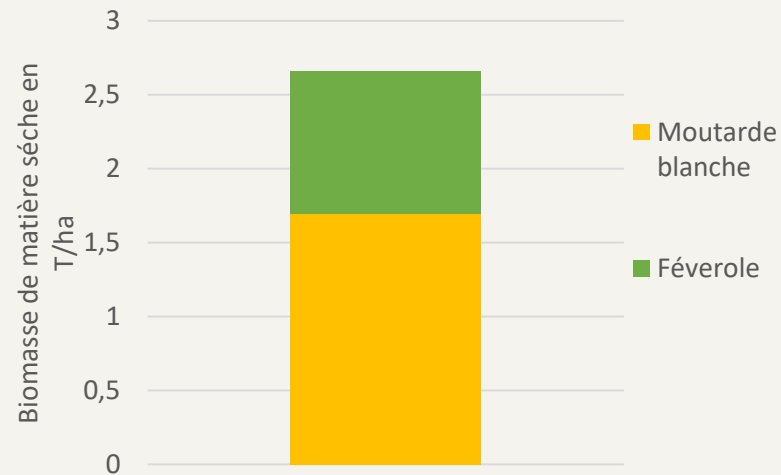
**Localisation :** Tournant (32)

**Mode de production :** Conventionnel

**Couverts:** Féverole/moutarde

**Date de semis :** mi octobre épandeur à la volée féverole à 160 kg/ha + déchaumage début octobre

**Date Destruction :** fin février



L'association de la moutarde blanche à la féverole permet de couvrir rapidement le sol entrée hiver ce qui limite le risque d'érosion. L'agriculteur a détruit précocement le couvert pour conserver de l'eau disponible culture suivante. En cas de destruction plus tardive, la biomasse de la féverole aurait probablement augmenté

# Illustrations de quelques couverts suivis : couvert 3

**Localisation :** Charlas (31)

**Mode de production :** AB

**Précédent :** BTH

**Préparation sol :** déchaumeur à disque

**Semis couvert :** le 29 septembre au semoir céréale

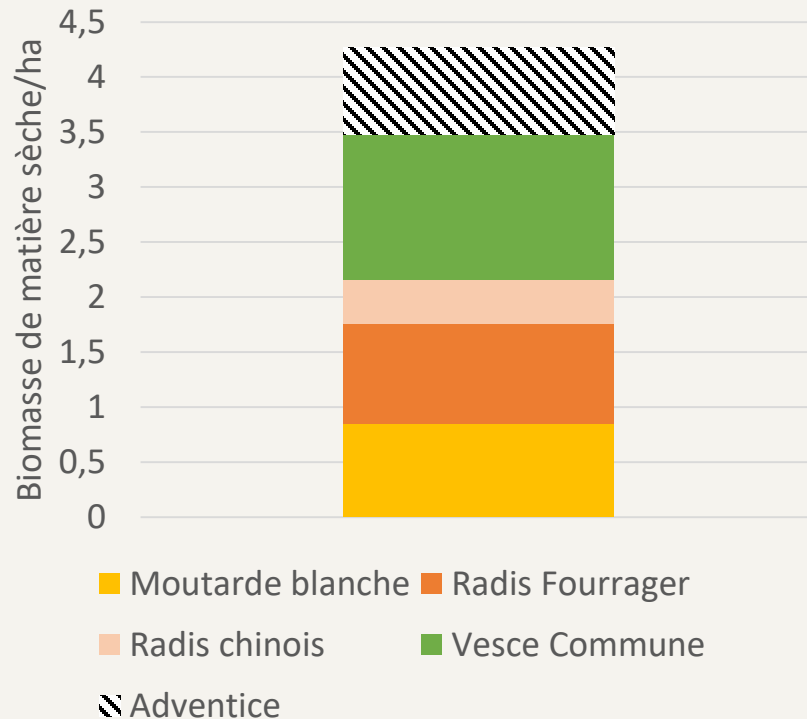
**Destruction :** 11 avril

**Culture suivante :** Soja irrigué

## Composition et densité du couvert

Espèce	Moutarde blanche	Radis Fourrager	Radis chinois	Vesce Commune
Variété	Venice	apoll	daikon	josé
Densité (kg/ha)	4	4	4	15

## Production de biomasse en T de MS/HA au 5 avril



La moutarde Blanche Venice est décrite comme une variété tardive. Dans les conditions pédoclimatiques du sud ouest, cette variété se comporte plutôt comme une variété précoce avec une floraison précoce.



# Illustrations de quelques couverts suivis : couvert 4

**Localisation :** Mirepoix (32)

**Mode de production :** AB

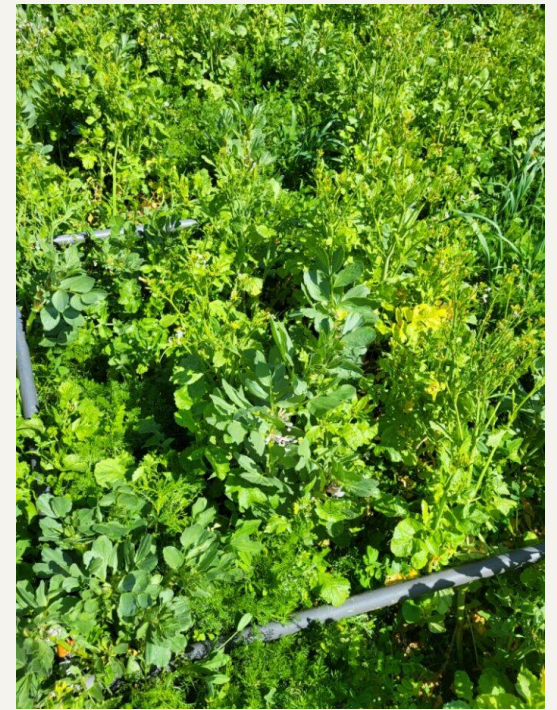
**Précédent :** BTH

**Préparation sol :** déchaumeur à dent + déchaumeur à disque

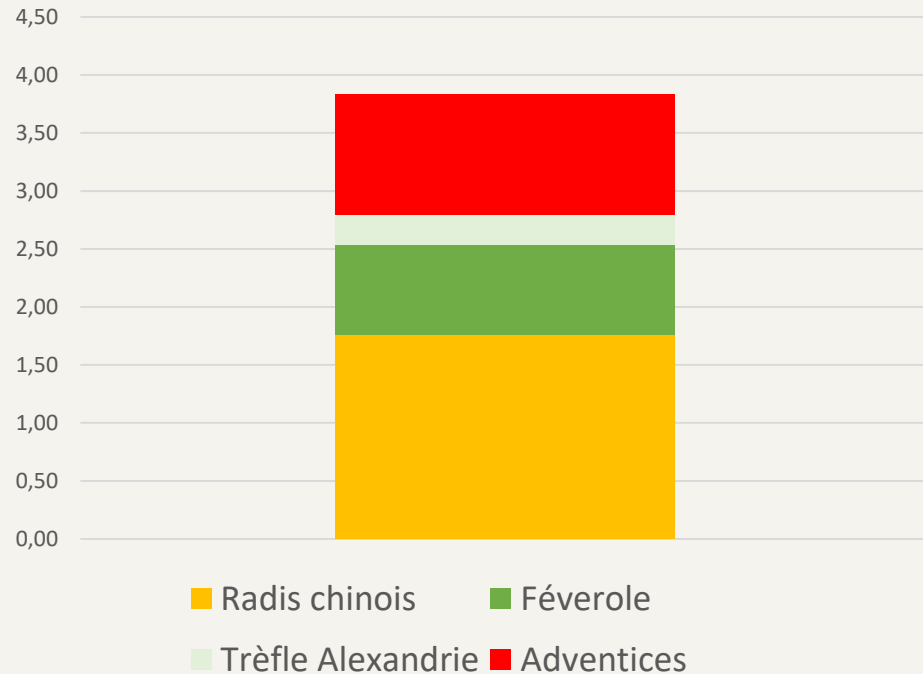
**Semis couvert :** le 20 octobre au semoir à céréales et à la volé

**Destruction :** 29 mars au rouleau hacheur

**Culture suivante :** Soja irrigué



Biomasse en T de MS/ha



**5. Potentiel de stockage du carbone  
et de restitution d'éléments minéraux  
(N, P, K, Mg et Ca)  
par les couverts végétaux**



# Méthode

Les couverts végétaux permettent de piéger l'azote minérale du sol et de fixer l'azote atmosphérique de l'air (légumineuse). Cet azote est ensuite restitué pour la(s) culture(s) suivante(s). Aujourd'hui l'enjeu est de déterminer la quantité d'azote minérale qu'il est possible de réduire sans impacter le rendement.

Les teneur en carbone et azote de 31 espèces seules et 15 mélanges de couverts ont été analysées en laboratoire afin de déterminer le potentiel de restitution des couverts en azote. Les résultats ont été comparés à la méthode MERCI qui est un outils gratuit disponible en ligne qui estime la quantité d'azote fixé et restitué pour la culture suivante ([www.methode-merci.fr](http://www.methode-merci.fr))

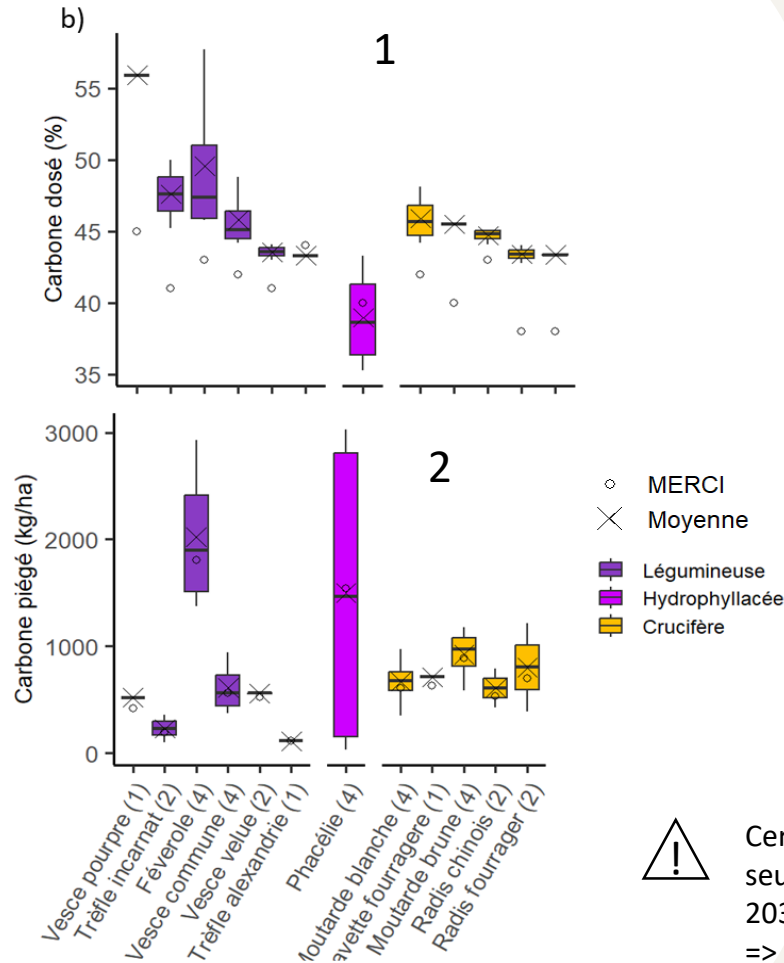
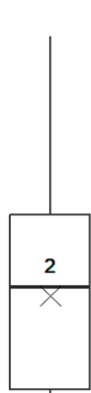
**Tableau** : Composition et biomasse des couverts analysés en laboratoire

Espèces	Nombre de couverts	Biomasse sèche moyenne (T/ha)
Avoine - Fèverole	1	3.78
Fèverole	2	5.63
Fèverole - Moutarde blanche - Phacélie	1	4.32
Fèverole - Navette fourragère - Phacélie - Vesce velue	1	2.73
Fèverole - Phacélie	7	4.30
Fèverole - Phacélie - Vesce commune	2	4.95
Moutarde blanche - Phacélie	2	3.07
Moutarde blanche - Radis chinois - Radis fourrager - Vesce commune	1	3.48
Moutarde blanche - Radis chinois - Trèfle Alexandrie - Vesce commune	1	4.43
Moutarde blanche - Trèfle incarnat - Vesce commune	1	2.45
Moutarde blanche - Trèfle incarnat - Vesce pourpre	1	3.18
Moutarde brune - Navette fourragère - Vesce velue	1	5.44
Moutarde brune - Radis chinois - Vesce commune	1	3.78
Moutarde brune - Radis fourrager - Vesce commune	1	4.93
Moutarde brune - Radis fourrager - Vesce velue	1	6.46
Phacélie - Radis chinois - Trèfle	1	2.32
Phacélie - Radis chinois - Trèfle - Triticale	1	2.41
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>4.24</b>



# Stockage Carbone

a) Carbone piégé total (T/ha)



## Teneur en carbone par espèce (graphique 1)

La teneur en C est en moyenne de 45% toutes espèces confondues. On observe des différences entre les espèces mais dans l'ensemble la teneur en Carbone est homogène entre les espèces.

## Tonne de Carbone/ha piégé par espèce (graphique 2)

La quantité de carbone piégé est en moyenne de 2 T/ha ce qui équivaut à 7,4 tonne de CO<sub>2</sub>. La quantité de carbone à l'hectare varie car elle dépend principalement de la biomasse produite/ha. On observe que la féverole est l'espèce qui stocke le plus de carbone car elle a une forte production de biomasse. La quantité de carbone stocké par les crucifères est sous estimée car elles ont été affectées par le gel. Le stockage de carbone de phacélie est très variable à cause de sa réussite d'implantation aléatoire.

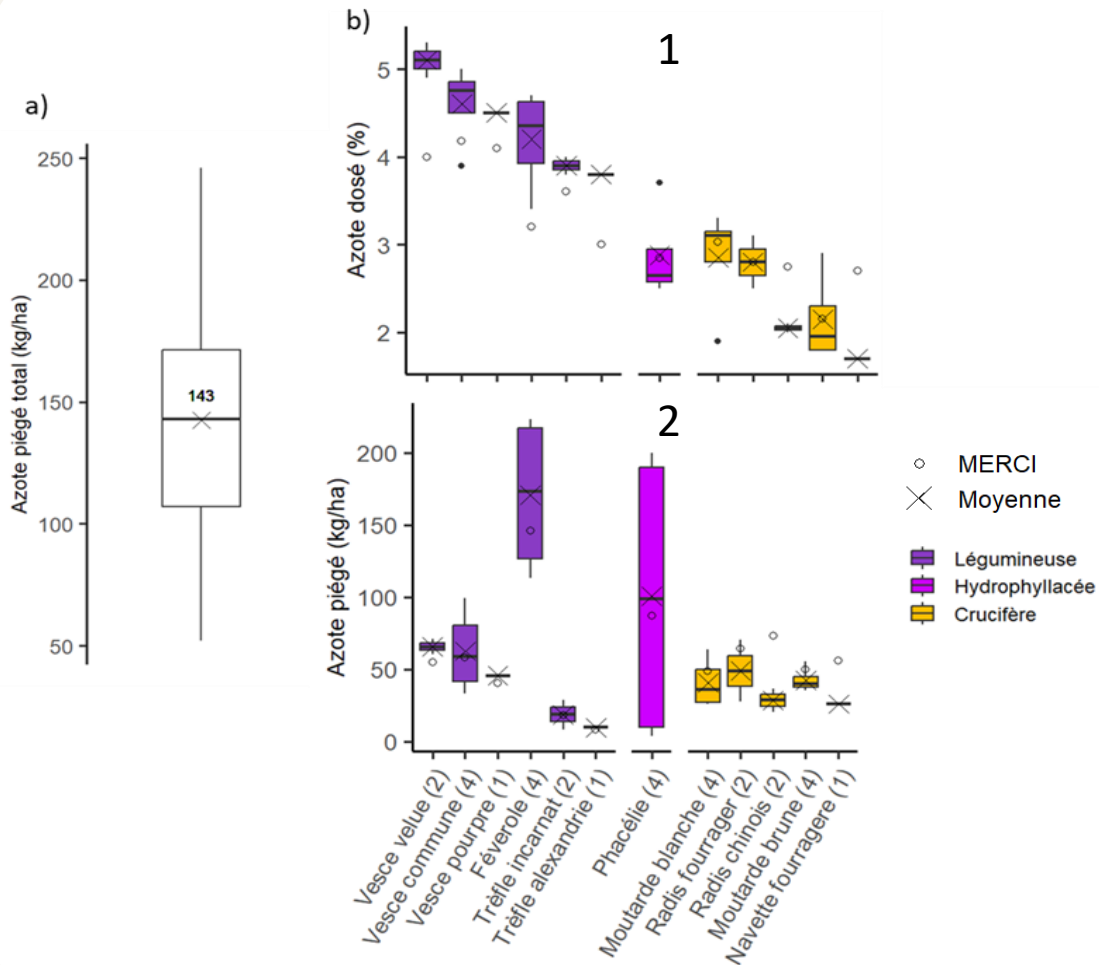
## Comparaison laboratoire et MERCI

La mesure de carbone en laboratoire et le mesure MERCI sont très proches.



Certaines espèces sont représentées ici par 1 échantillon seulement, estimations MERCI définies par une moyenne sur 1 2037 références  
=> il est nécessaire reproduire les dosages sur plusieurs années afin d'agrandir les références

# Stockage Azote



## Teneur en Azote (%) par espèce (graphique 1)

La teneur moyenne en azote est de 3% soit 30 kg d'azote par tonne de matière sèche. Elle est en moyenne de 4,4% pour les légumineuses. On observe que les vesces velues, communes et pourpres sont les espèces avec la concentration plus levée en azote. La vesce velue avec une concentration en azote de 5,1% est l'espèce la plus concentrée en azote. La vesce velue est donc intéressante dans les méteils pour augmenter l'autonomie protéique des élevages. Au niveau des crucifères, on observe une plus grande variation. La moyenne est de 2,4%. On observe que la moutarde blanche est la crucifère avec la teneur la plus élevée en azote (3%).

## Kg d'Azote/ha piégé par espèce (graphique 2)

Les couverts ont stocké en moyenne 143 kg d'azote/ha avec une variation de 52 à 246 kg d'azote/ha.

La féverole est l'espèce qui a stocké le plus d'azote grâce à sa forte production de biomasse.. On observe que l'écart de stockage d'N entre les légumineuses et les crucifères est réduit à l'échelle de la parcelle. La plus faible teneur en azote des crucifères est compensé par une plus forte production de biomasse d'autant plus que la production de biomasse des crucifères est sous-estimée à cause des nombreux épisodes gel

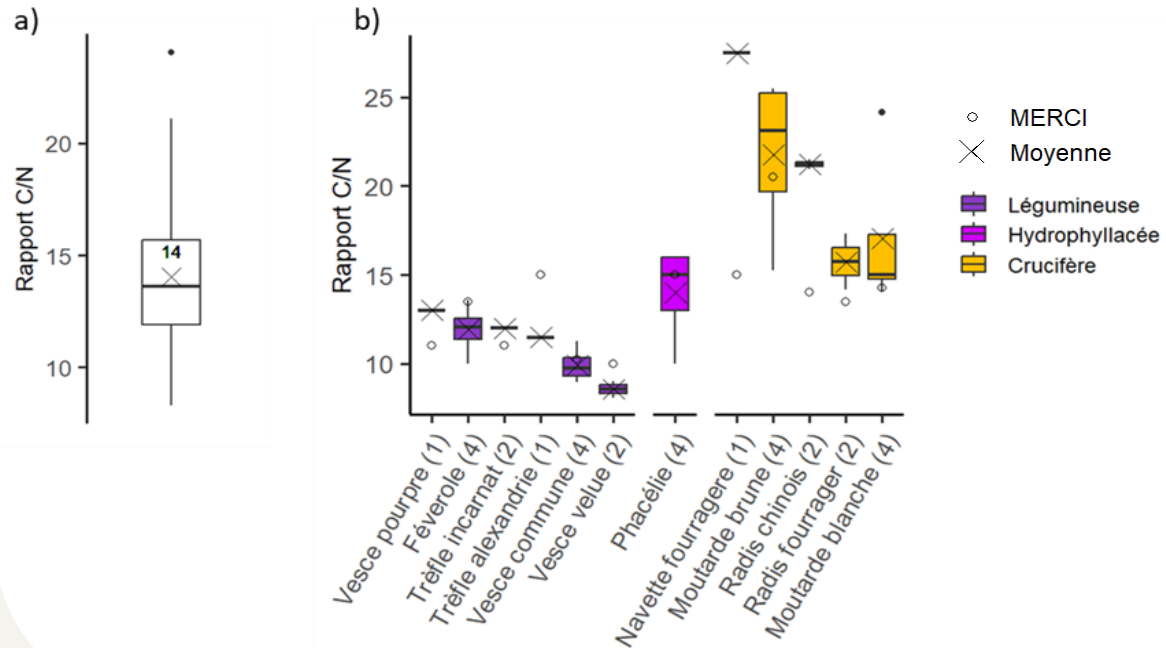
## Estimations MERCI

Les mesures laboratoires et MERCI sont très proches



Certaines espèces sont représentées ici par 1 échantillon seulement, estimations MERCI définies par une moyenne sur 1 2037 références => il est nécessaire reproduire les dosages sur plusieurs années afin d'agrandir les références

# Rapport C/N



Le rapport C/N des espèces est un facteur déterminant pour la vitesse de dégradation et de restitution d'azote pour la culture suivante. Plus le rapport C/N est faible, plus l'azote est rapidement restitué pour la culture suivante.

## Résultats

Le rapport C/N est plus faible pour les légumineuses avec une moyenne de 11. Ces espèces se dégradent et restituent rapidement de l'azote pour la culture suivante. La vesce velue est l'espèce avec le C/N le plus faible (rapidement minéralisable).

Le C/N est plus élevé pour les crucifères avec une moyenne de 20. La dégradation et la minéralisation de l'azote est plus longue pour les crucifères et peut provoquer des faims d'azote. C'est pourquoi, il est conseillé d'associer une crucifère avec une légumineuse afin de limiter la faim d'azote. A l'intérieur des crucifères, on observe des variations. La moutarde blanche a un C/N de 16 tandis que la moutarde brune a un C/N de 22.

## Estimation MERCI

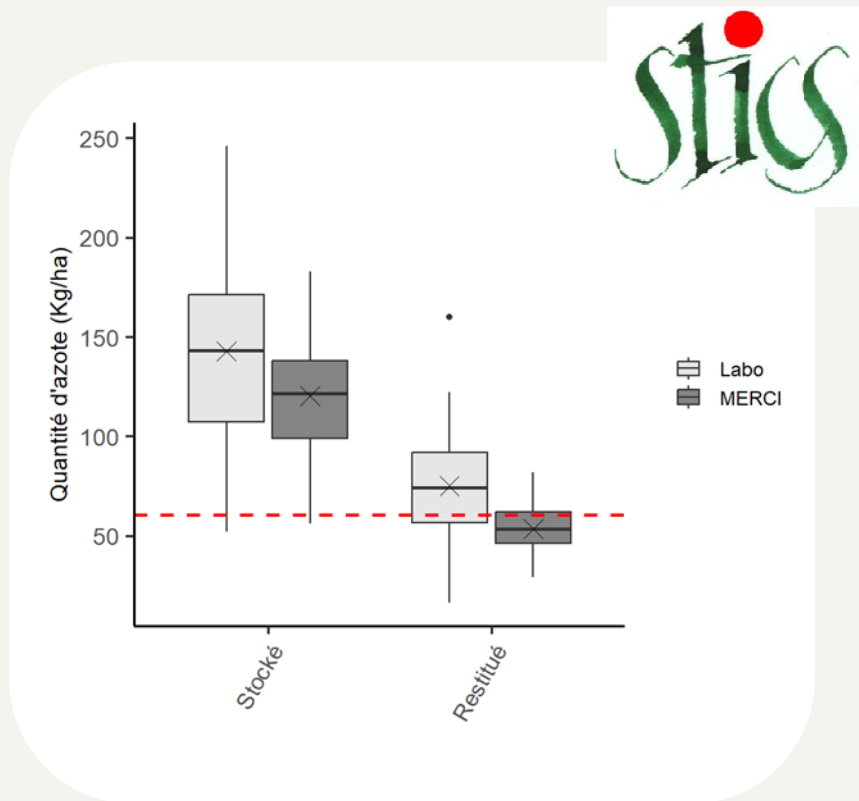
Le C/N est sous estimé pour les crucifères sur la méthode MERCI. L'écart est plus faible pour les légumineuses



Certaines espèces sont représentées ici par 1 échantillon seulement, estimations MERCI défini par une moyenne sur 1 2037 références  
=> il est nécessaire reproduire les dosages sur plusieurs années afin d'agrandir les références

# Estimation de restitutions

Le potentiel de restitution d'azote des couverts a été calculé à partir des données laboratoires et des données MERCI avec le modèle STICS (identique à la méthode MERCI)



## Résultats

Le potentiel de restitution azoté des couverts est entre 15 à 160 kg/ha avec une moyenne de 75 kg/ha. Il y a 70 % des couverts qui ont un potentiel de restitution supérieur à 60 kg/ha.

Il est alors possible de réduire les doses d'azote sur maïs et de faire l'impasse sur tournesol ce qui permet de réduire :

- Charges lié à l'achat et à l'application des engrais
- Emissions de CO2 liées fabrication, le transport et l'épandage d'azote
- Fuites de nitrates

## Comparaison MERCI

On observe que le potentiel de restitution est plus faible pour la méthode MERCI que pour les données laboratoires. Ce résultat s'explique principalement par le fait que l'outil MERCI est programmé pour légèrement sous estimer la restitution d'azote pour la culture suivante afin de sécuriser la réduction d'azote.



Les valeurs d'azoté restitué présentées ici sont basé sur des estimations à partir du rapport C/N (modèle STICS). Or, la vitesse de minéralisation est également impactée par de nombreux facteurs supplémentaires (type de sol, température, humidité, ...). LIA et ses partenaires développent actuellement des expérimentations afin de mesurer au champ les potentiels de restitution de différents couverts.

## 6. Impasse d'engrais azoté sur tournesol après un couvert de féverole





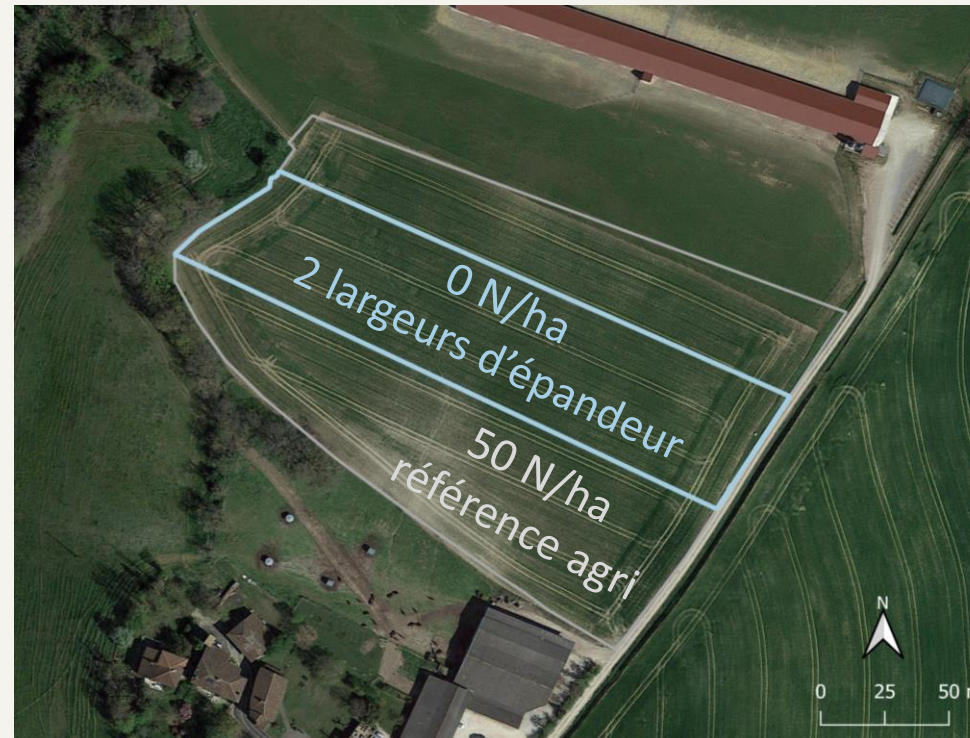
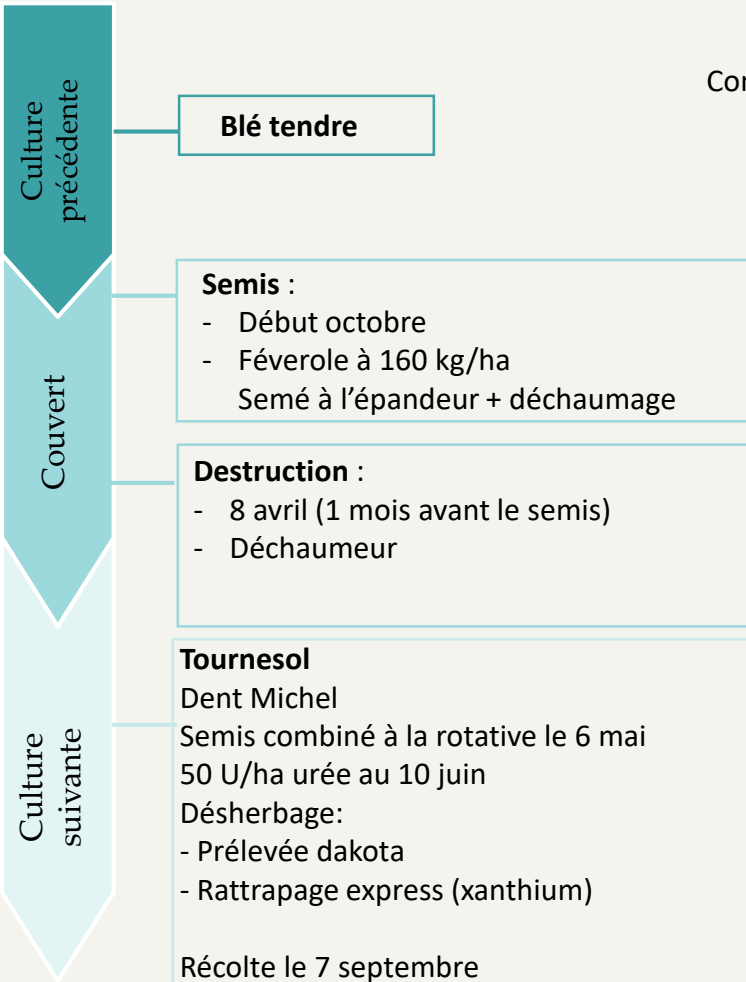
# Expérimentation fertilisation sur Tournesol

## Objectif de l'essai

Observer le potentiel de restitution d'azote d'un couvert de féverole sur une culture de tournesol. L'objectif est de déterminer s'il est possible de faire une impasse de fertilisation azotée sur la culture de tournesol après un couvert de féverole sans pénaliser le rendement de la culture et en réduisant les charges (fertilisation azotée).

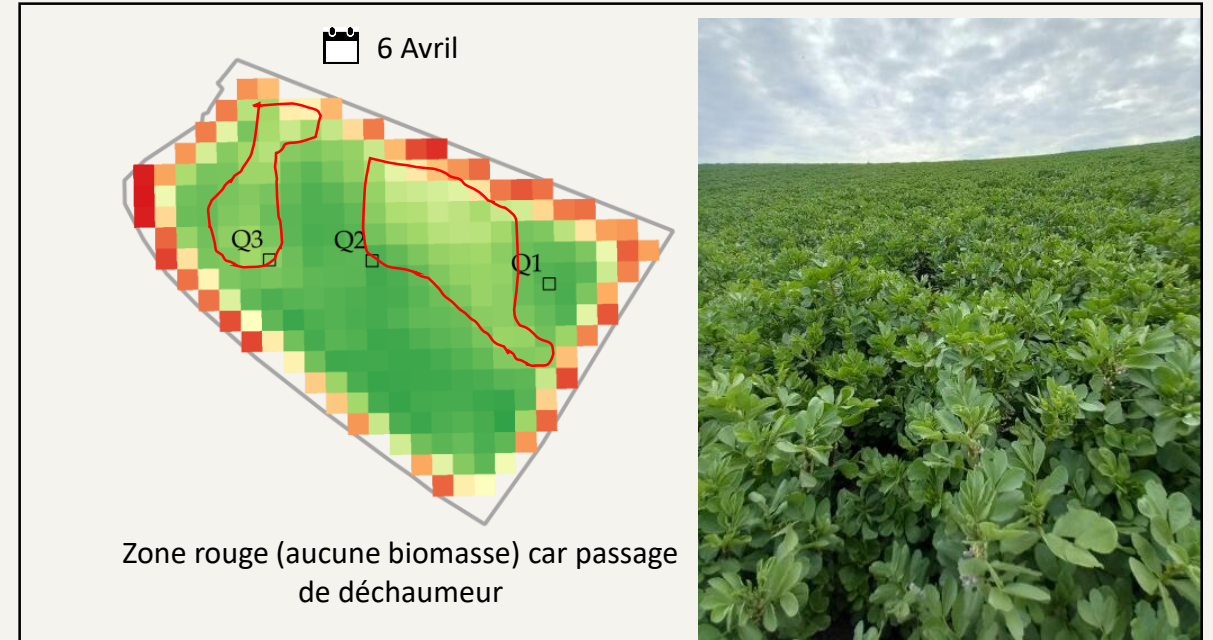
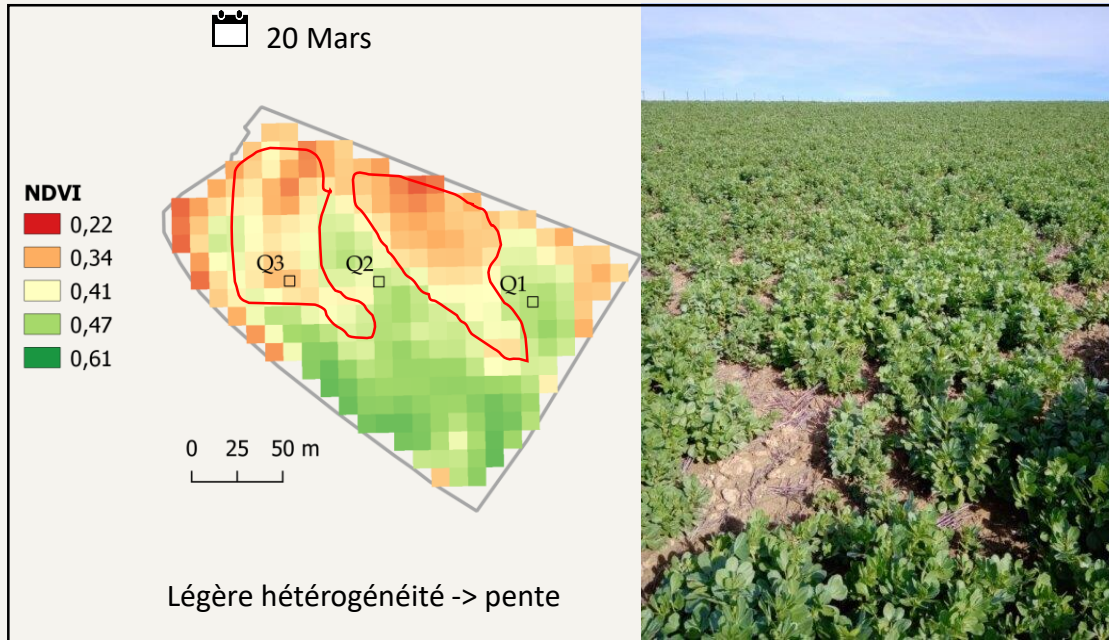
## Dispositif expérimental

Comparaison du développement et du rendement du tournesol entre la modalité 0 N et 50 N

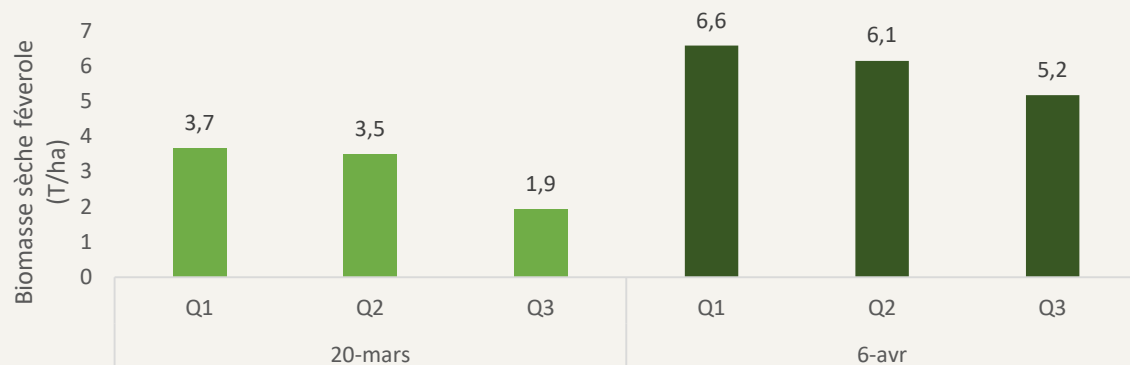


# Suivi du couvert de Féverole

Le développement du couvert de féverole a été suivi par image satellite (carte NDVI) afin d'observer son homogénéité



Production de biomasse au 20 mars et 6 avril en fonction de la localisation de prélèvement (voir carte NDVI)



Les cartes NDVI sont des cartes issues d'images satellites. Le NDVI est un indice de végétation. Il permet de comparer la production de biomasse au sein d'une même parcelle. Les zones en rouge sont des zones avec les plus faibles biomasses. Les zones en vert sont des zones avec les biomasses les plus importantes. Ces cartes permettent d'observer l'hétérogénéité de la parcelle qui est généralement lié à l'hétérogénéité des sols. Sur la parcelle de l'essai, on observe deux zones avec une production de biomasse inférieure. Ces deux zones correspondent à des sols avec un potentiel de production plus faible.

La production moyenne de biomasse du couvert est de **6,4 T de MS/ha**

Une analyse de reliquats azotés a été effectuée au 6 avril. Il y avait **23 kg d'azote minérale/ha** (10 kg entre 0 et 30 cm de profondeur, 13 kg entre 30 et 60 cm de profondeur).

# Suivi du couvert de Féverole

## Stockage de l'azote et des autres éléments minéraux par le couvert de féverole

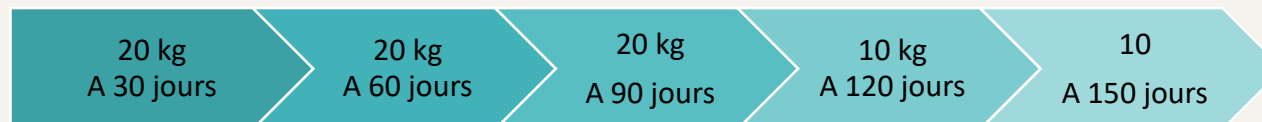
La concentration en carbone, N, P, K, Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> du couvert de féverole a été mesurée en laboratoire. Les résultats ont été comparés à la méthode MERCI

Éléments	Kg/T de matière sèche aérienne	Total piégé (kg/Ha)	
	Dosage laboratoire	MERCI	
<b>C</b>	459	2929	2688
<b>N</b>	33,75	215	183
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	8,37	53	30
<b>K<sub>2</sub>O</b>	19,85	127	220
<b>MgO</b>	3,15	20	20
<b>CaO</b>	17,95	115	
<b>C/N</b>	13,6	15	

La partie aérienne de la féverole a fixé **33 Kg d'azote par tonne de matière sèche**. Ramené à la production totale de matière sèche de la féverole (6,4 T/ha), le couvert a fixé un total de **215 U** d'azote/ha.

Le ratio C/N est faible (13,6) ce qui facilite théoriquement la minéralisation de l'azote pour la culture suivante.

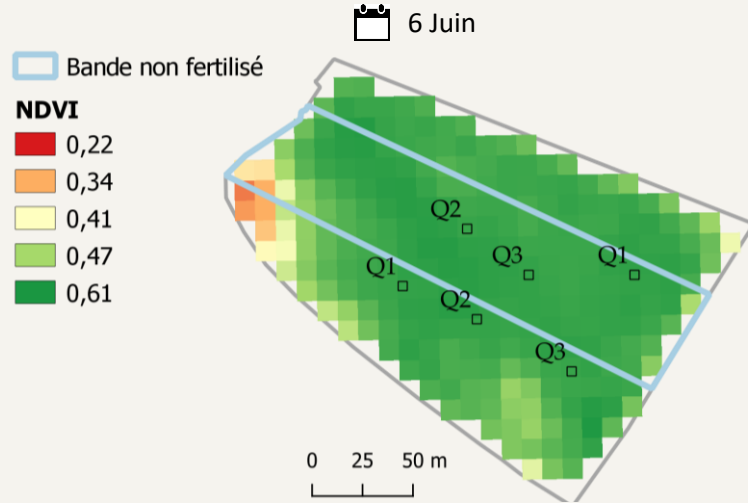
Le potentiel de restitution a été calculé avec la méthode MERCI, il est de **82 kg de N/ha**



# Suivi du Tournesol

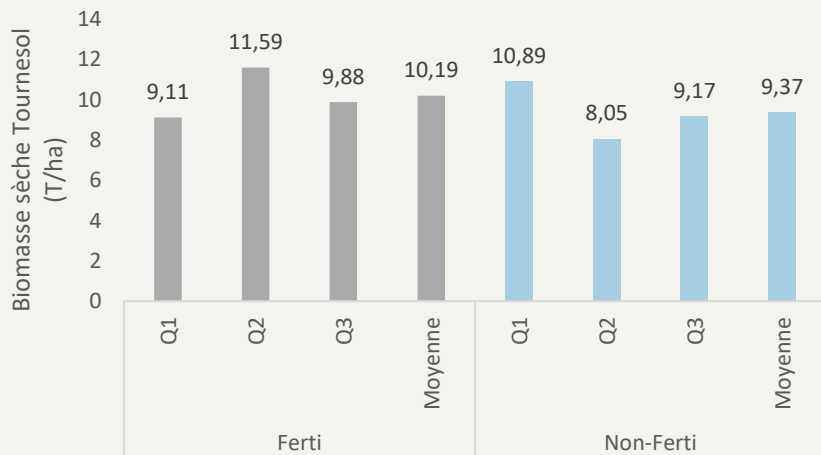
Le développement du tournesol a été suivi par image satellite (carte NDVI) afin d'observer son homogénéité. Un prélèvement de biomasse a également été effectué juste avant floraison (le 6 juin) dans la modalité 0N (bande non fertilisé) et 50 N.

Le tournesol s'est développé avec les pluies du printemps avec une forte production de biomasse. Le tournesol est homogène avec une densité de 60 000 pieds/ha. La pression en adventice est faible.



Au 6 juin, on n'observe pas de différence entre les modalités 0N et 50 N par image satellite.

Comparaison de la production de biomasse du tournesol entre la modalité 0 N et 50N au 6 juin



Au 6 juin, la production de biomasse est quasiment identique entre les 2 modalités

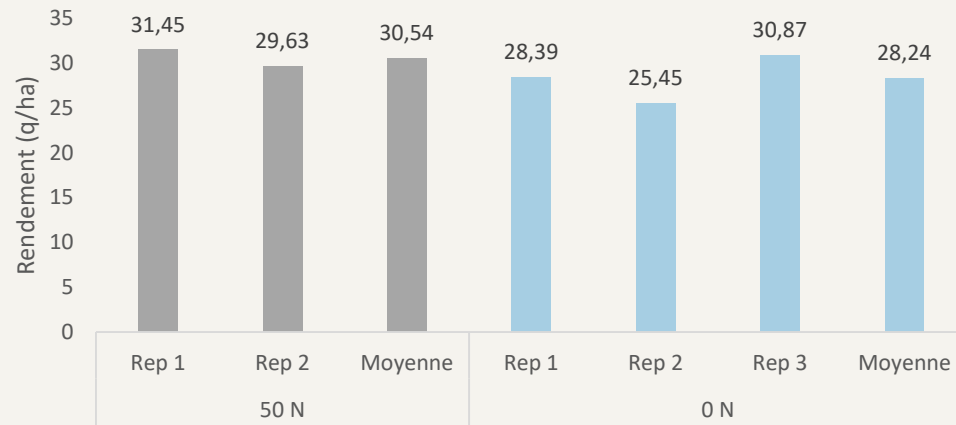
Une analyse de reliquat azoté a été effectuée au 6 juin dans les deux modalités. Il y avait **30 kg d'azote minéral/ha** dans les deux modalités. Ce résultat est surprenant car une modalité a reçu 50 U d'azote et l'autre modalité n'a pas été fertilisée. Volatilisation

# Rendement du Tournesol

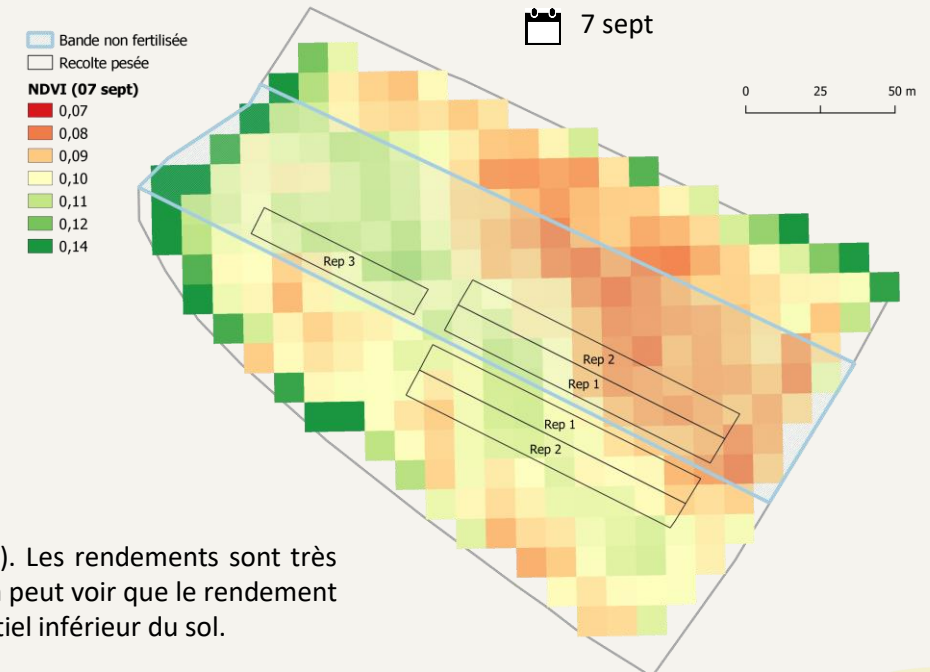
Les rendements du tournesol des deux modalités ont été mesurés à l'aide d'une trémie peseuse. Un effet sol était très visible à « l'œil nu » dans la parcelle, des zones avec des capitules de tailles « normales » et des zones avec de « petits » capitules. Ces différences de développement sont principalement dues à des « effets sols » (voir carte NDVI). Les zones avec des petits capitules correspondent à la zone rouge sur la carte NDVI. Les zones avec des capitules de tailles « normales » correspondent aux zones en vert.

Plusieurs répétitions ont été effectuées dans différentes zones de l'essai afin de mesurer les rendements de chaque modalité sur des sols à potentiels similaires (voir carte) . La rep1 et 2 de la bande fertilisée (50 N) sont situées sur sol avec un potentiel de sol similaire à rep3 de la zone non fertilisée (0 N). La rep 1 et 2 de la zone non fertilisée (0N) sont situées sur un sol avec potentiel inférieur aux autres répétitions.

Comparaison des rendements entre la modalité fertilisé et non fertilisé (q/ha)



Le rendement moyen est de 30,5 q/ha pour la bande fertilisée (50N) et de 28,24 q/ha pour la bande non fertilisée (0N). Les rendements sont très proches entre les deux bandes. La différence de rendement s'explique principalement par l'hétérogénéité de la parcelle. On peut voir que le rendement de rep3 0N est identique à rep1 et 2 de 50N. Le rendement de rep1 et 2 de 0 N est légèrement inférieur en raison du potentiel inférieur du sol.



**Dans le contexte de l'année (pluie au printemps), il était possible de supprimer l'apport d'azote sur tournesol après un couvert de féverole sans impacter le rendement.**

50 U d'azote économisé c'est :

- Environ 50 €/ha d'intrant en moins
- Environ 10€/ha de charge de mécanisation en moins
- Réduction de 200 à 250 kg de CO2/ha (source GIEC)

# Rendement du Tournesol



*Mesure du rendement du tournesol avec une trémie peseuse*

*Tournesol avant la récolte*



On observe au 1<sup>er</sup> plan à droite, des tournesols avec de petits capitules (bande 0 N). A gauche on observe les capitules de tailles « normales » (bande 50 N). En arrière plan non visible sur la photo, la taille des capitules était identique entre les deux modalités.