

Maximiser les légumineuses dans des rotations en grandes cultures biologiques

Quels potentiels et quelles limites ?

pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr



PILOTÉ PAR

PARTENAIRES

FINANCEURS



PRÉSENTATION DE L'ESSAI ROTALEG

Rotaleg – Thorigné

Depuis 2011

2,3 ha (15 parcelles)

5 systèmes de cultures

Caractéristiques de l'essai :

- Sol : Limon-sableux, hydromorphe, très séchant l'été
- pH : 6.1
- %MO 1,8
- Aucun apport organique depuis 2008*
- Parcelle de 18m x 80m
- 3 répétitions



PRÉSENTATION DE L'ESSAI ROTALEG

Rotaleg – Thorigné

Depuis 2011

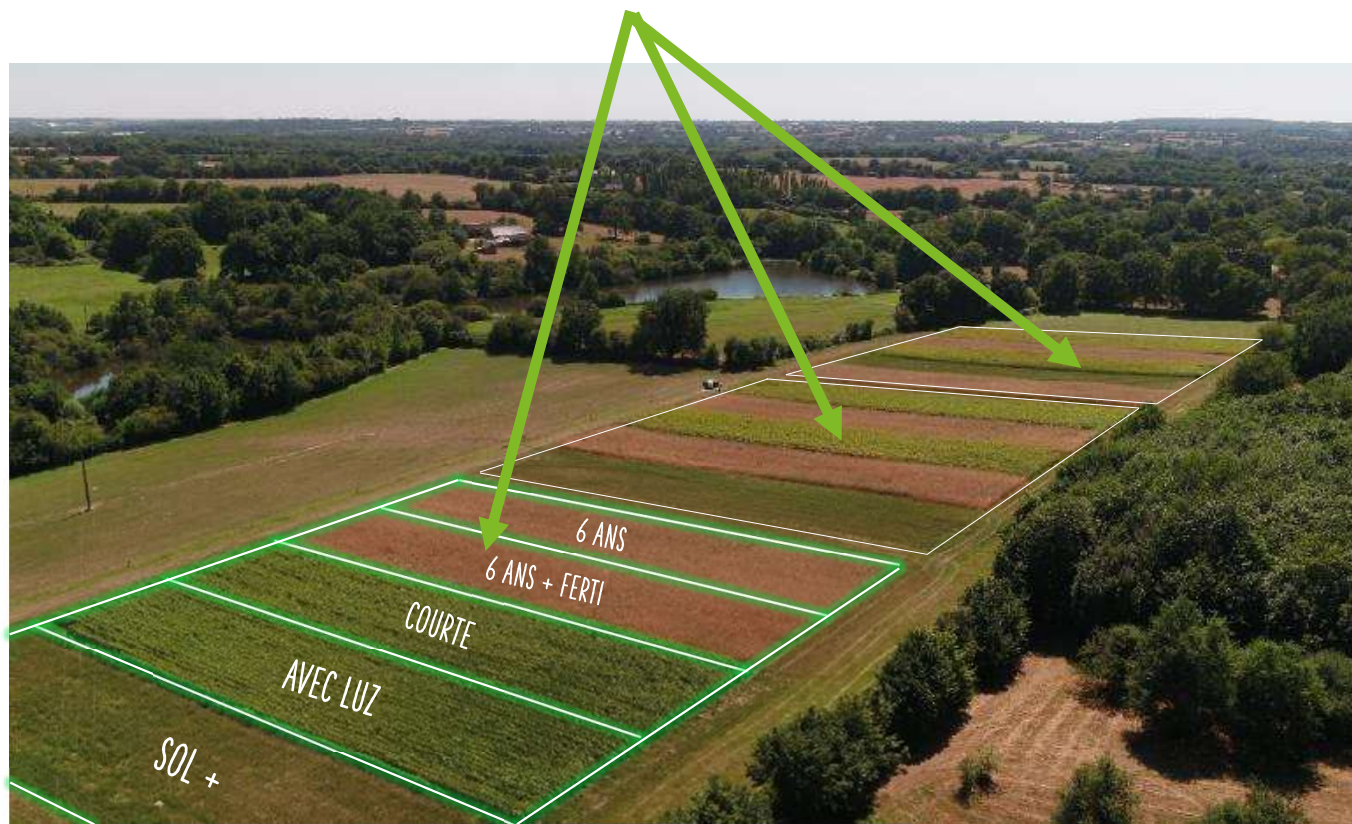
2,3 ha (15 parcelles)

5 systèmes de cultures

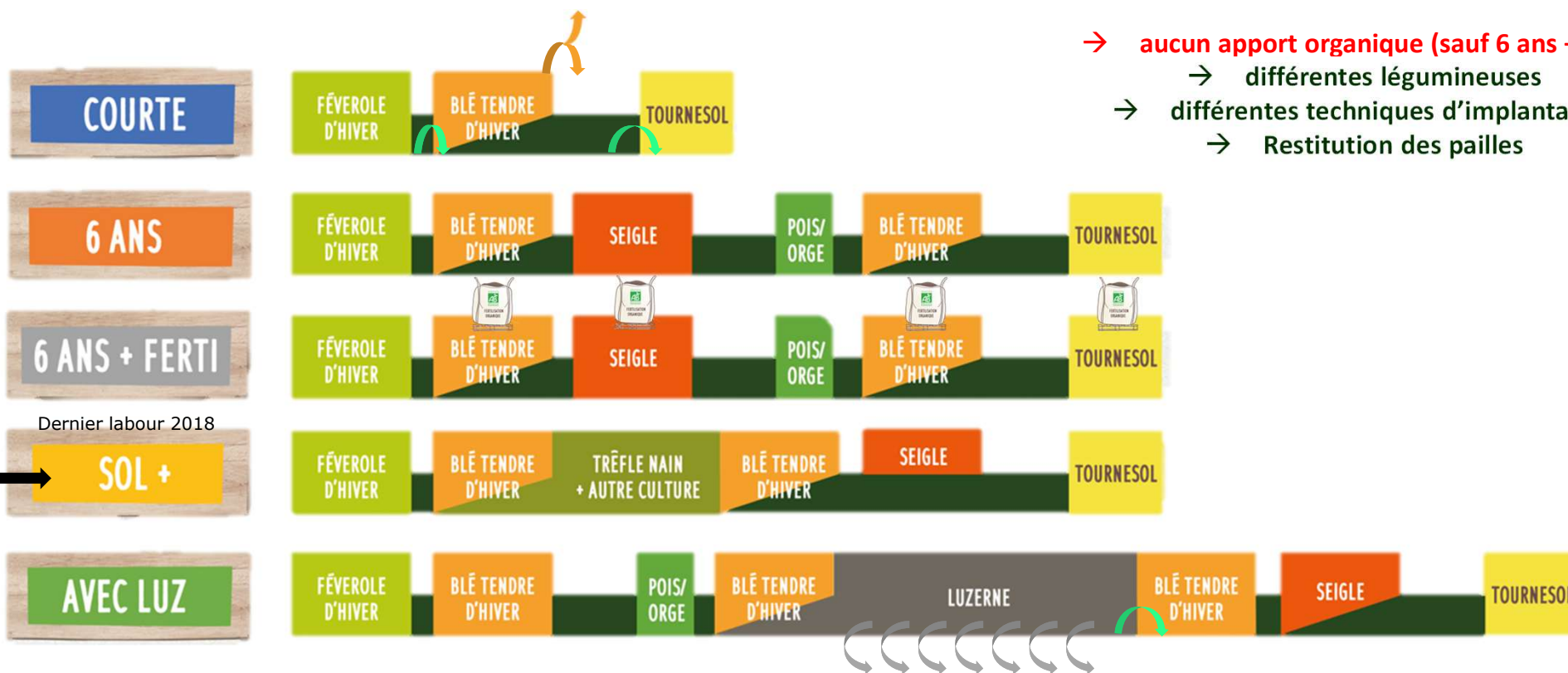
Caractéristiques de l'essai :

- Sol : Limon-sableux, hydromorphe, très séchant l'été
- pH : 6.1
- %MO 1,8
- Aucun apport organique depuis 2008*
- Parcelle de 18m x 80m
- 3 répétitions

Répétition spatiale



PRÉSENTATION DE L'ESSAI ROTALEG



- aucun apport organique (sauf 6 ans + Ferti)
- différentes légumineuses
- différentes techniques d'implantation
- Restitution des pailles

Les indicateurs

Fertilité et ressources du sol

- ☐ Analyse chimique simple
- ☐ Analyse oligoéléments
- ☐ Analyses biologiques
- ☐ Reliquats EH, SH, PR
- ☐ Profil cultural
- ☐ Test bêche et pop. Lombricienne
- ☐ Litter bag

Performances des cultures

- ☐ Densité de levée
- ☐ Biomasse aérienne totale et hauteur : au reliquat, Floraison, Destruction
- ☐ Taux de fixation de l'azote atmosphérique
- ☐ Rendement et qualité GRAIN
- ☐ Rendement FOURRAGE
- ☐ Rendement PAILLE

Impact des bio-ravageurs

- ☐ Biomasse ADVENTICES
- ☐ Densité spécifique adventices
- ☐ Evaluation impact annuel maladies/ravageurs
- ☐ Notation maladies aériennes féverole
- ☐ Notation maladies racinaires féverole

RÉSULTATS PRÉSENTÉS

5° Multi-performances



3° Performance des cultures



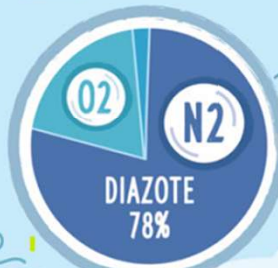
1° Performance des légumineuses



4° Evolution des bio-agresseurs



2° Fertilité des sols



1° Performances des légumineuses

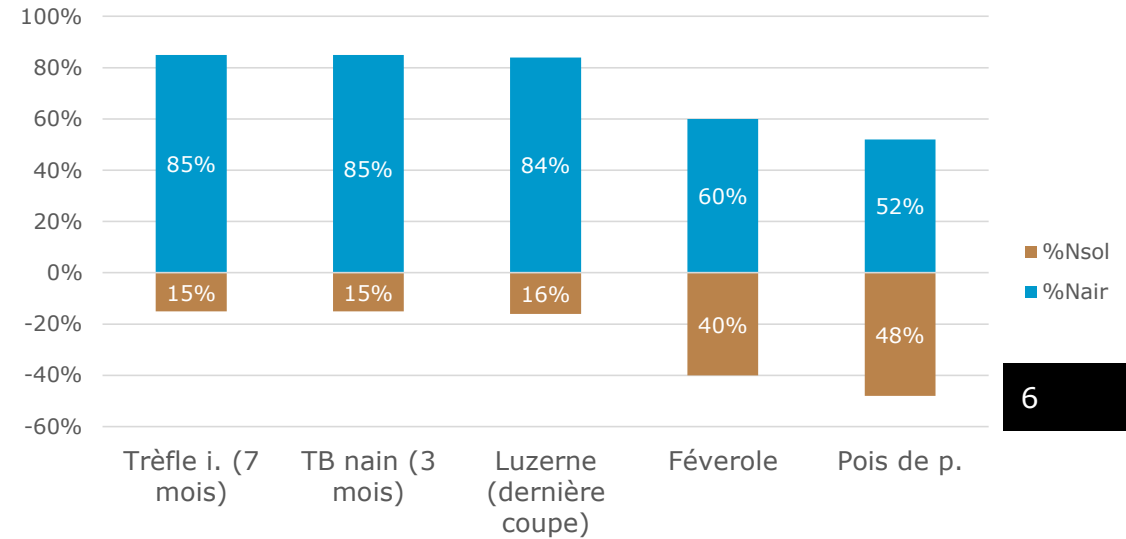


Trèfle blanc en interculture courte (implanté en n-1)

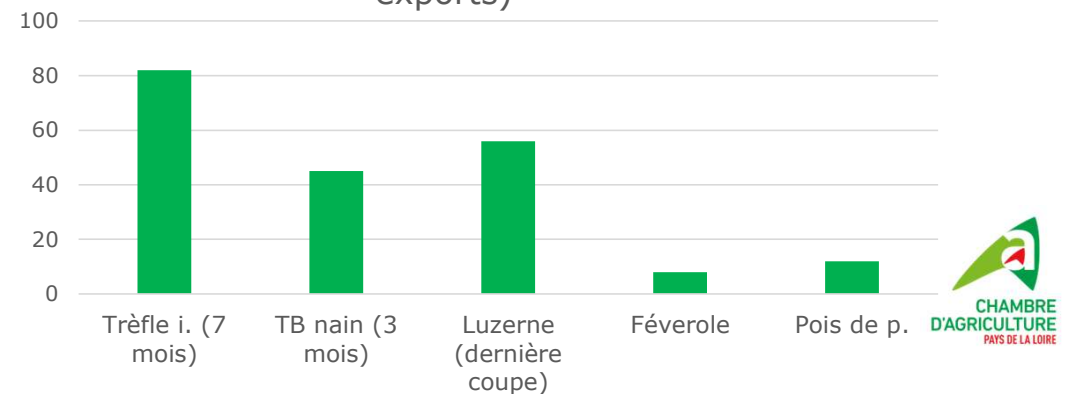


Estimation racinaire via la méthode MERCI.
Part d'azote atmosphérique estimée.
Selon les résultats de 2 années.

Séquence de ROTALEG mobilisée :



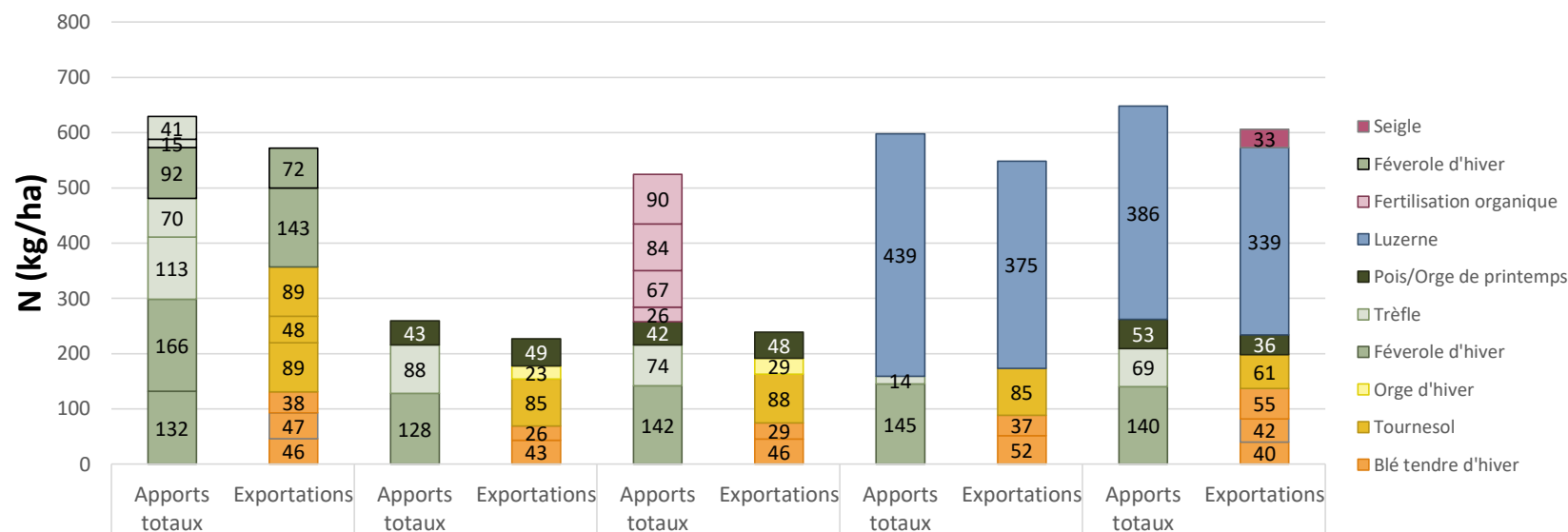
Bénéfice légumineuse (apports Nair - exports)



1° Performances des légumineuses



Apports totaux en azote atmosphérique et réelles exportations en azote des cultures



SNUE

(soil nitrogen use efficiency)

$$= \frac{\sum \text{exports N}}{\sum \text{apports N}}$$

$$= \frac{629}{572} = 0,9$$

$$= \frac{227}{259} = 0,88$$

$$= \frac{239}{525} = 0,48$$

$$= \frac{548}{598} = 0,91$$

$$= \frac{606}{684} = 0,89$$

SNUE



Consommation du stock du sol

1 Valorisation de tout l'N apporté

Tout l'N n'est pas valorisé

7

RÉSULTATS PRÉSENTÉS

5° Multi-performances



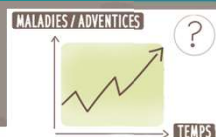
3° Performance des cultures



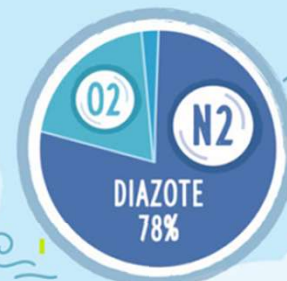
1° Performance des légumineuses



4° Evolution des bio-agresseurs

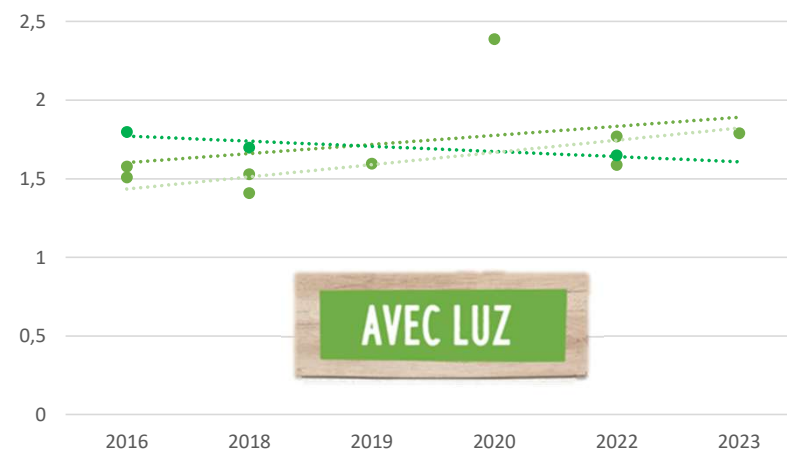
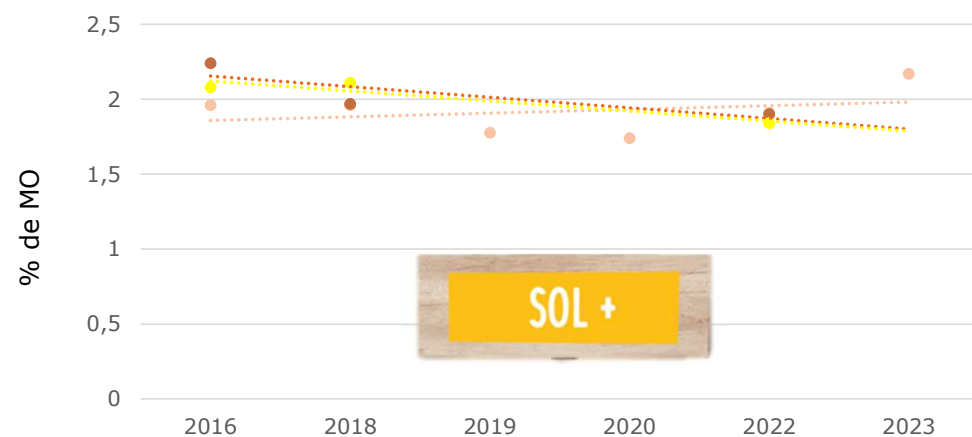
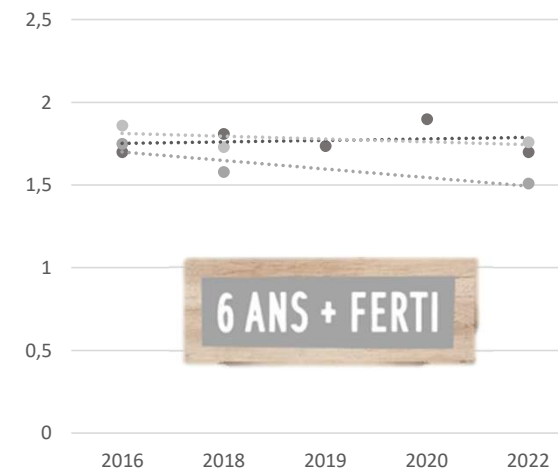
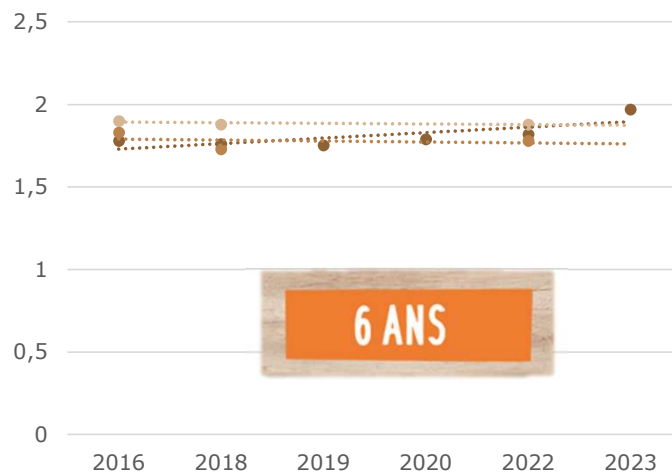
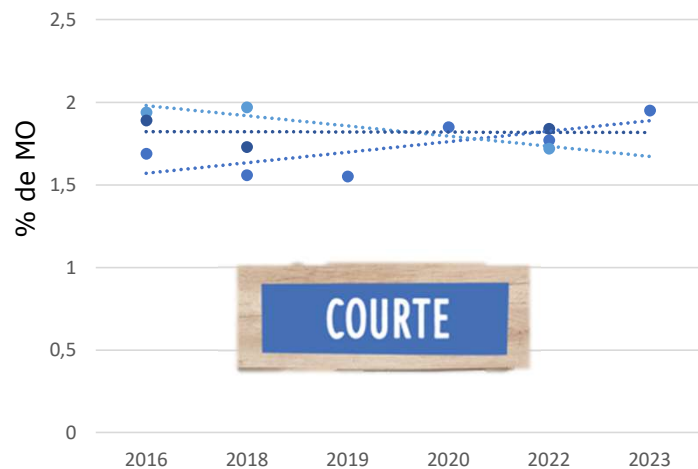


2° Fertilité des sols

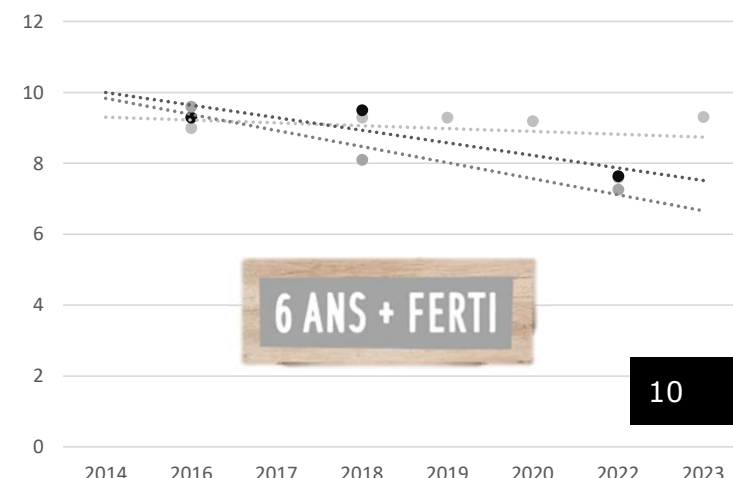
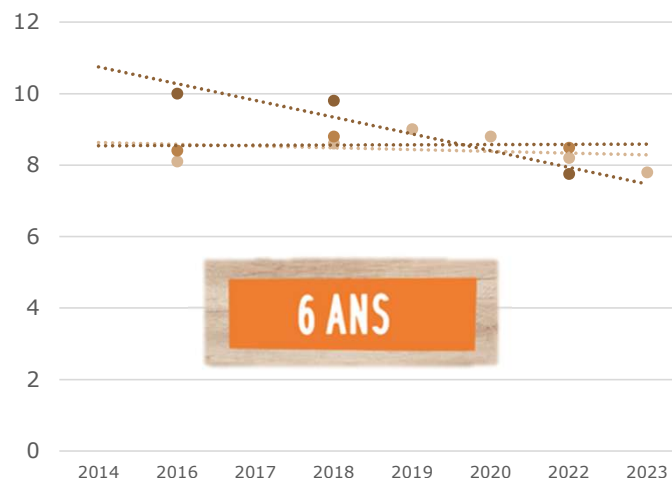
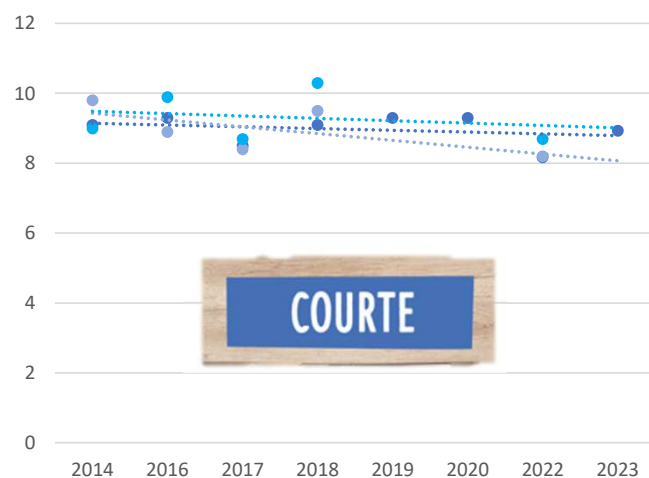




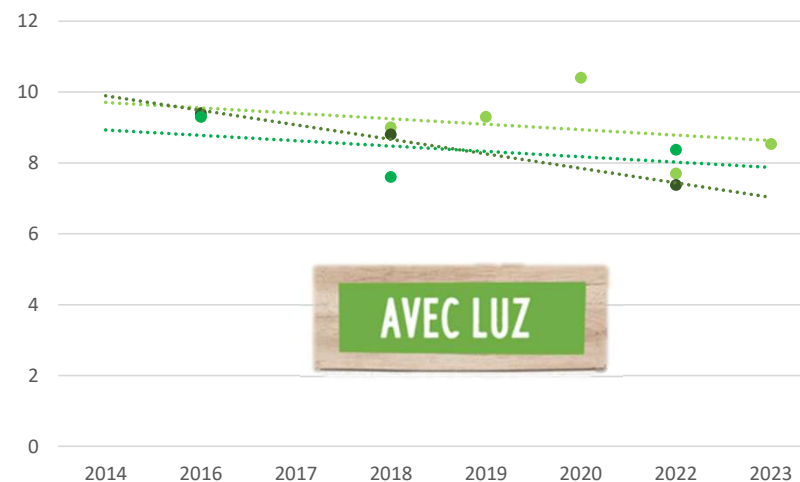
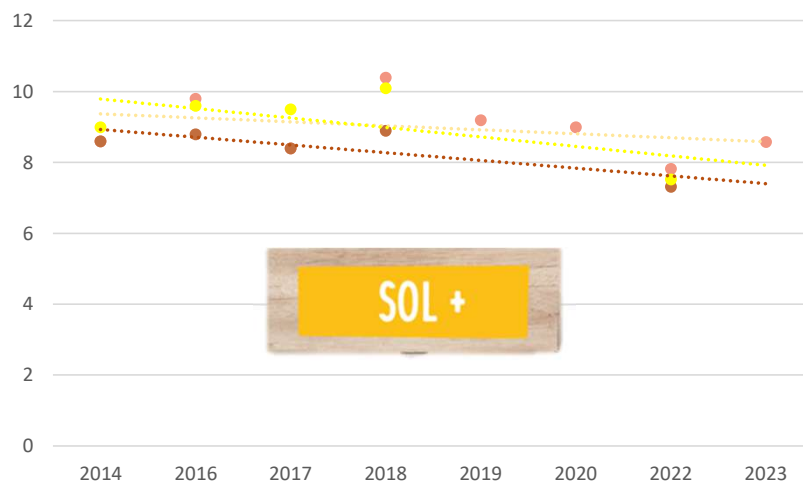
Evolution de la matière organique



Evolution du C/N



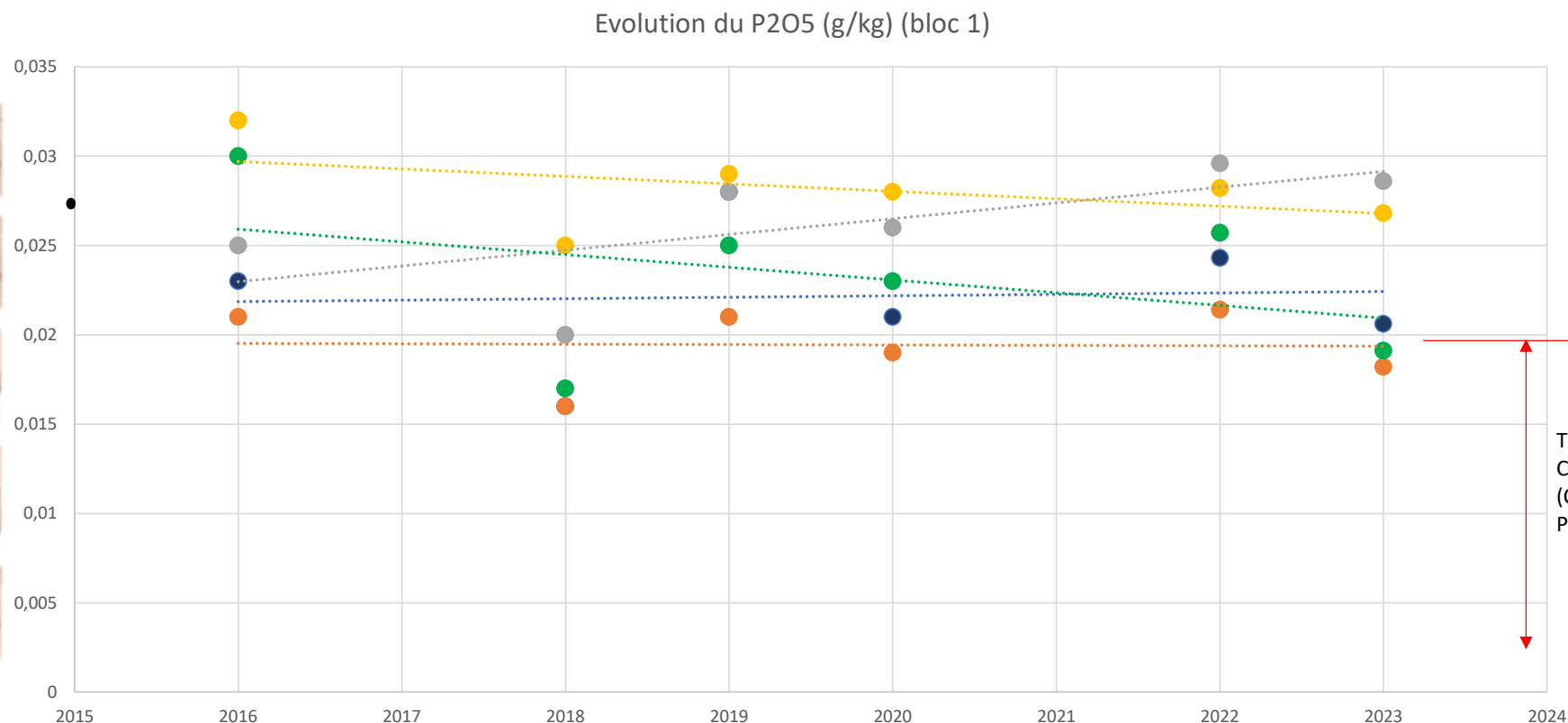
10



Evolution du Phosphore

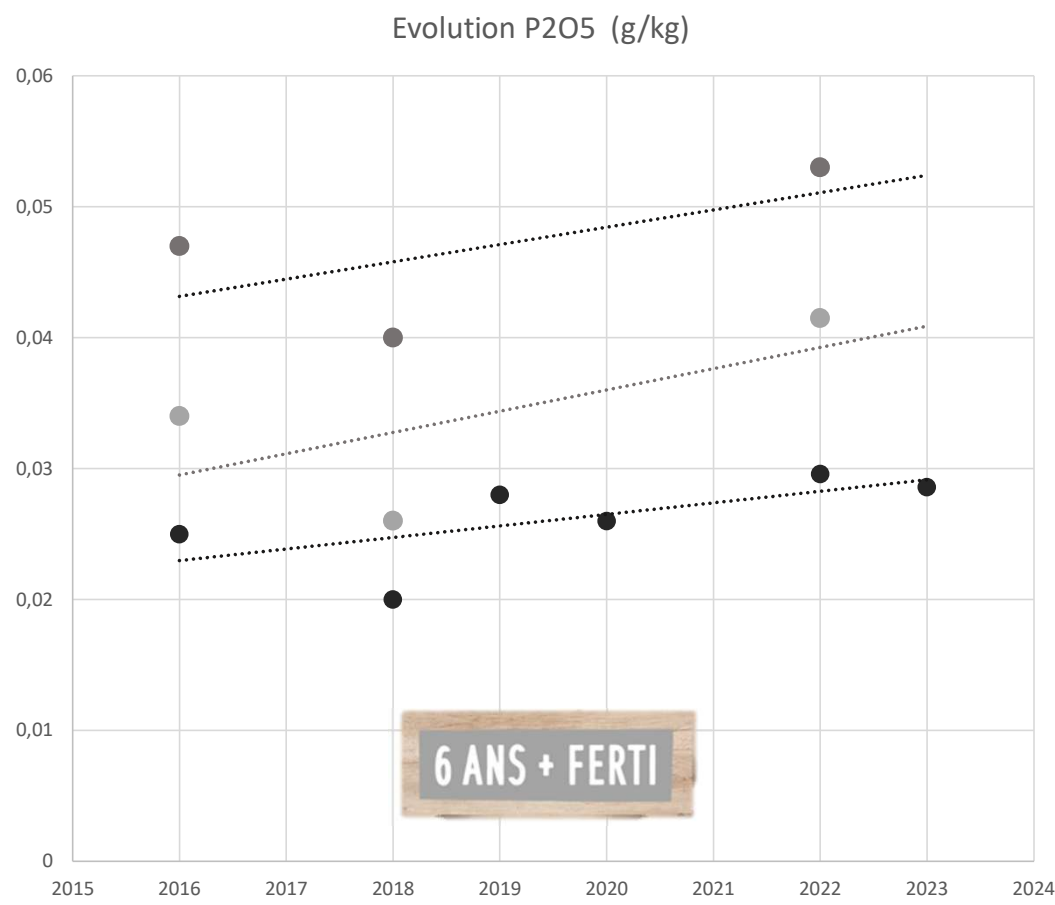


- COURTE
- 6 ANS
- 5 ANS + FERTI
- SOL +
- AVEC LUZ



T renforcé
 Cultures peu exigeantes
 (Comifer)
 P2O5 Olsen

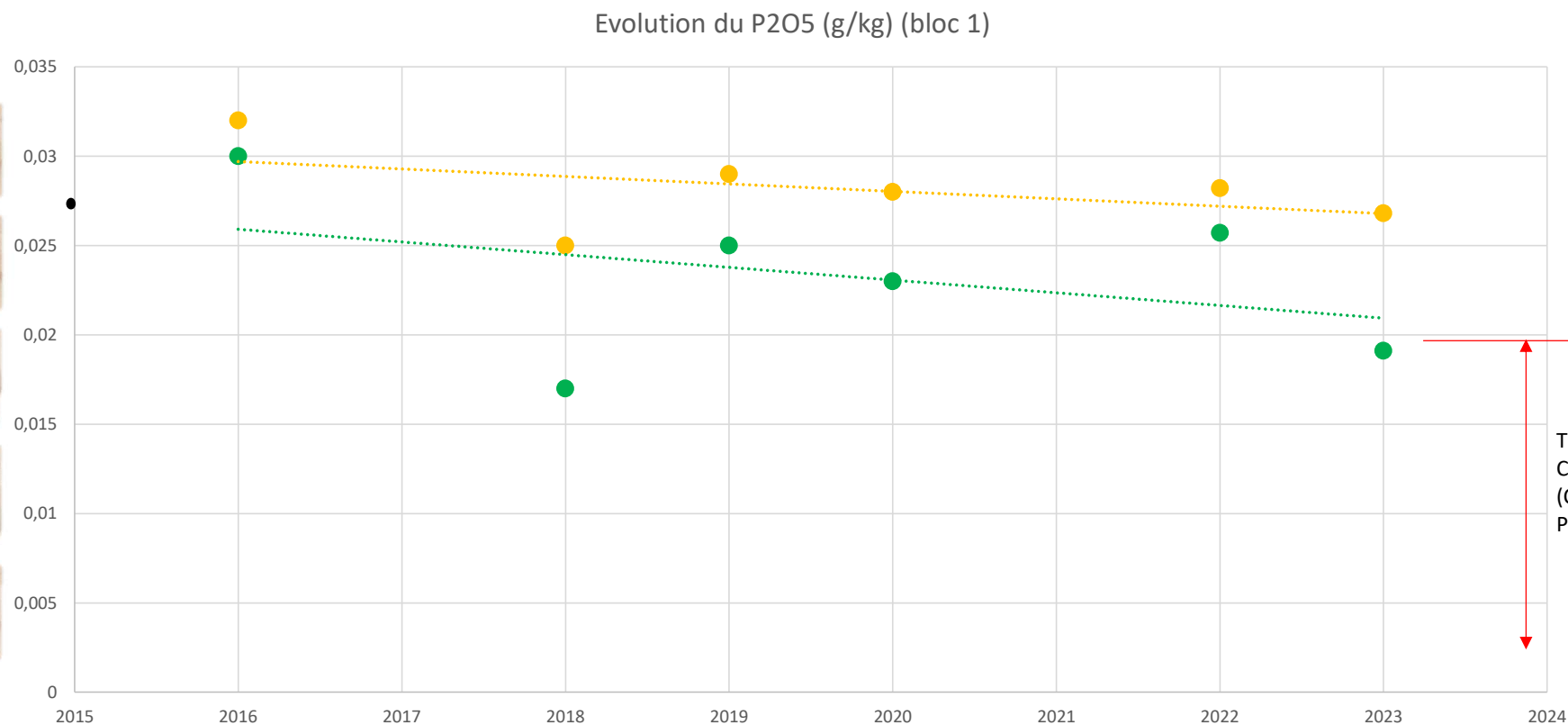
Evolution du Phosphore



Evolution du Phosphore



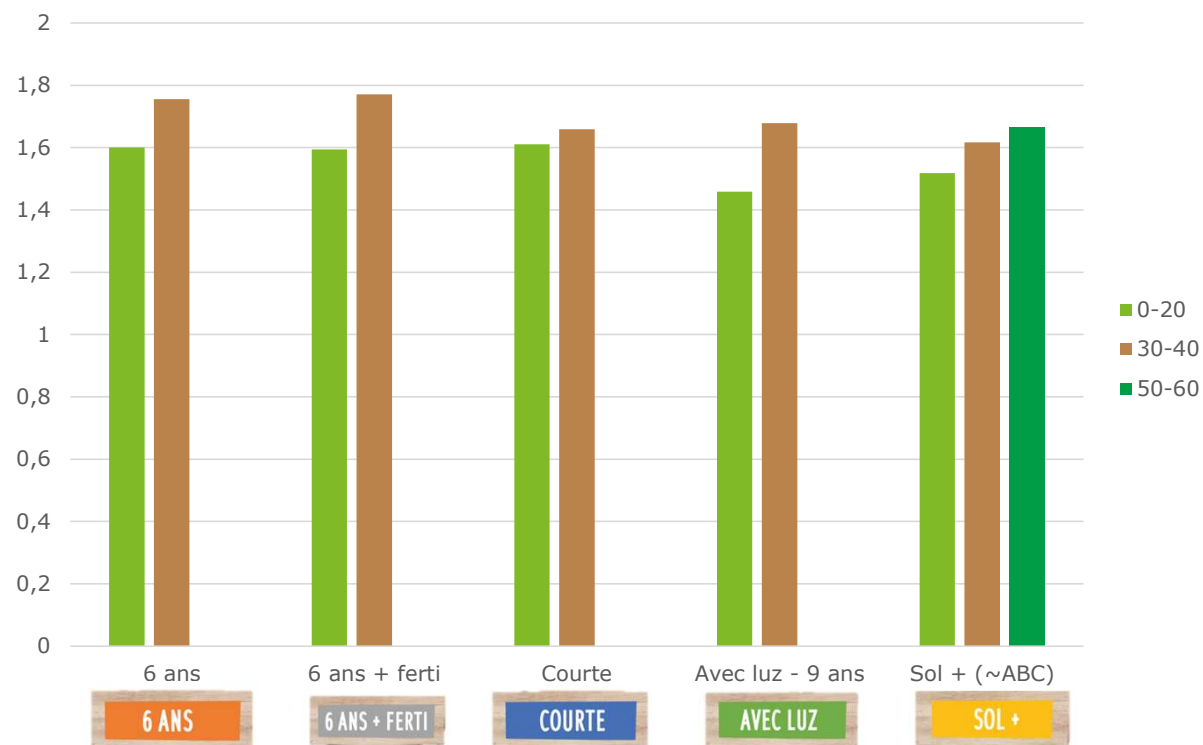
- COURTE
- 6 ANS
- 5 ANS + FERTI
- SOL +
- AVEC LUZ



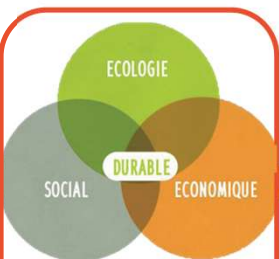
T renforcé
Cultures peu exigeantes
(Comifer)
P2O5 Olsen

Etat structural du sol

Densités apparentes en g/cm³ (mai 2024)



RÉSULTATS PRÉSENTÉS



5° Multi-performances

3° Performance des cultures



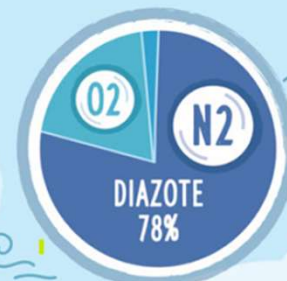
1° Performance des légumineuses



4° Evolution des bio-agresseurs



2° Fertilité des sols



Performances des cultures



Satisfait-on les objectifs de rendement dans les rotations testées ?

Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Feverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha

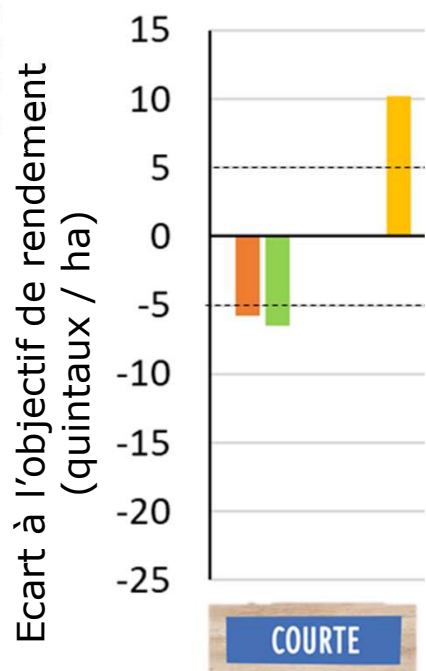
Performances des cultures



Satisfait-on les objectifs de rendement dans les rotations testées ?

Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Féverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha

Ecarts à l'objectif de rendement de la culture selon la rotation



- Blé tendre d'hiver
- Féverole
- Orge d'hiver
- Orge P - Pois P
- Seigle
- Tournesol

17

Performances des cultures



Satisfait-on les objectifs de rendement dans les rotations testées ?

Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Féverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha

Ecart à l'objectif de rendement de la culture selon la rotation



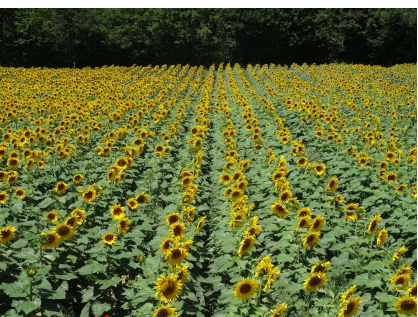
18

Performances des cultures



Satisfait-on les objectifs de rendement dans les rotations testées ?

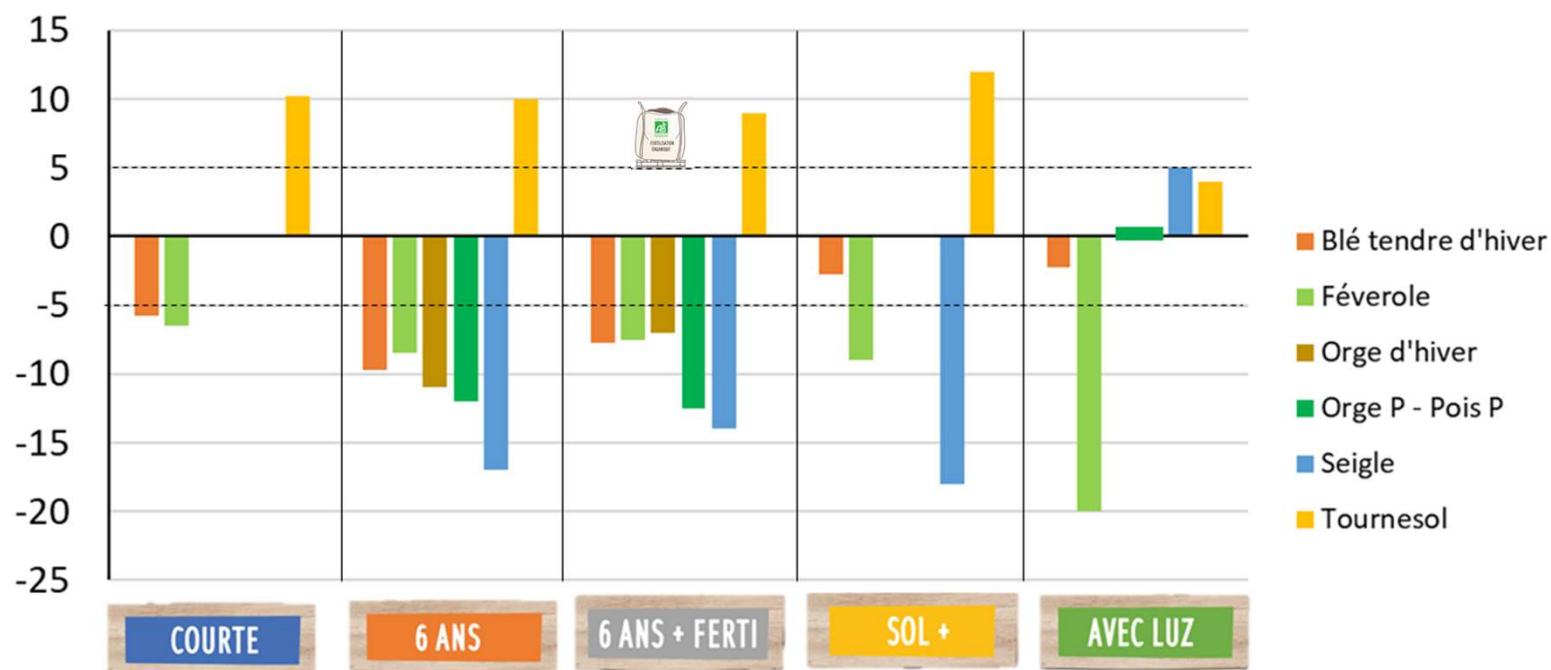
Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Féverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha



Tournesol - juillet 2017

Ecart à l'objectif de rendement
(quintaux / ha)

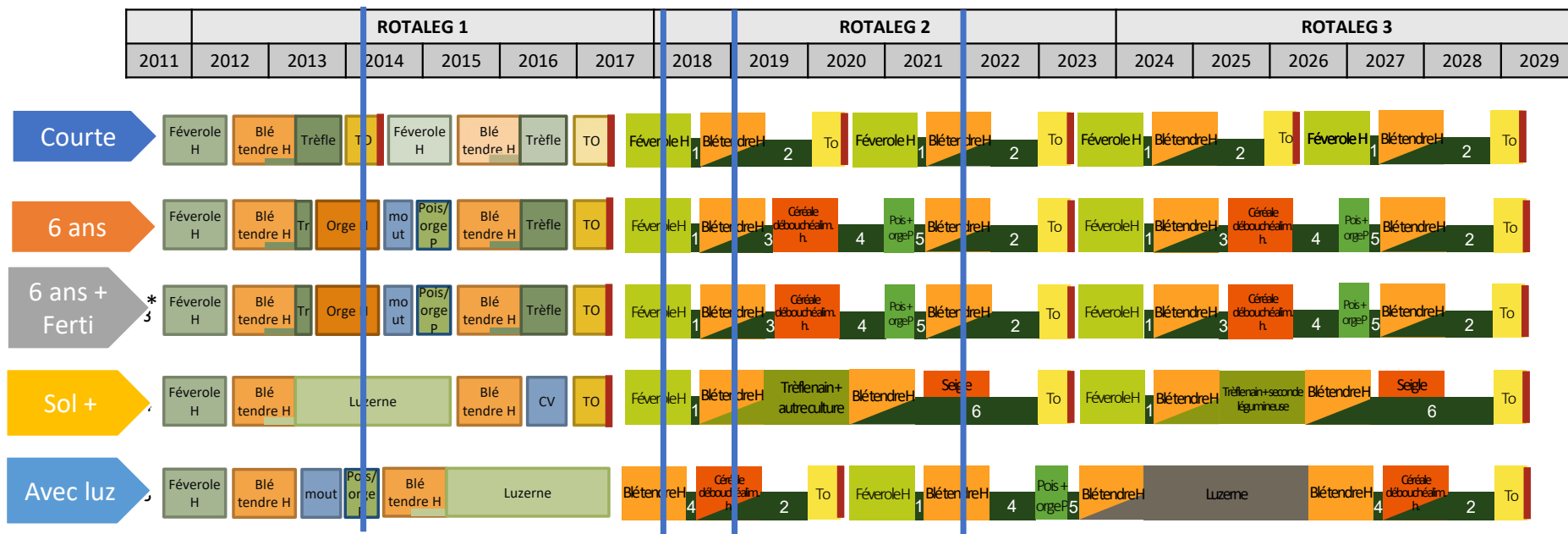
Ecarts à l'objectif de rendement de la culture selon la rotation



19



LES ROTATIONS TESTÉES



* : La rotation 3 est la seule rotation qui reçoit des engrais organiques. Elle est fertilisée si le bilan azote de la culture met en avant un besoin.
 Les trèfles et la luzerne sont semés sous couvert des céréales, au semis ou en sortie d'hiver
 H : hiver, P : printemps, TO : tournesol, CV : couvert végétal (radis, phacélie et trèfle incarnat), mout : moutarde

Piloté par :



Partenaires :



Financiers



- 1 : Repousses de féveroles + semis d'autre(s) légumineuse(s) si nécessaire pour obtenir la biomasse la plus développée possible avant le blé suivant.
- 2 : Association simultanée de trèfle blanc nain et de la céréale. Si le trèfle ne se développe pas, ou trop peu : semis d'un trèfle incarnat à la récolte.
- 3 : Association simultanée du trèfle blanc nain et du blé tendre d'hiver. Si le trèfle ne se développe pas, ou trop peu : semis de légumineuse(s) au développement rapide après la récolte du blé tendre.
- 4 : Couvert plurispécifiques contenant au moins une légumineuse.
- 5 : Couvert avec légumineuse(s) au développement rapide.
- 6 : Association simultanée du trèfle blanc nain et du blé tendre d'hiver. Si le trèfle ne se développe pas, ou trop peu : semis de légumineuse(s) au développement rapide après la récolte de la céréale. Puis semis du seigle sous couvert du trèfle.



Performances des cultures

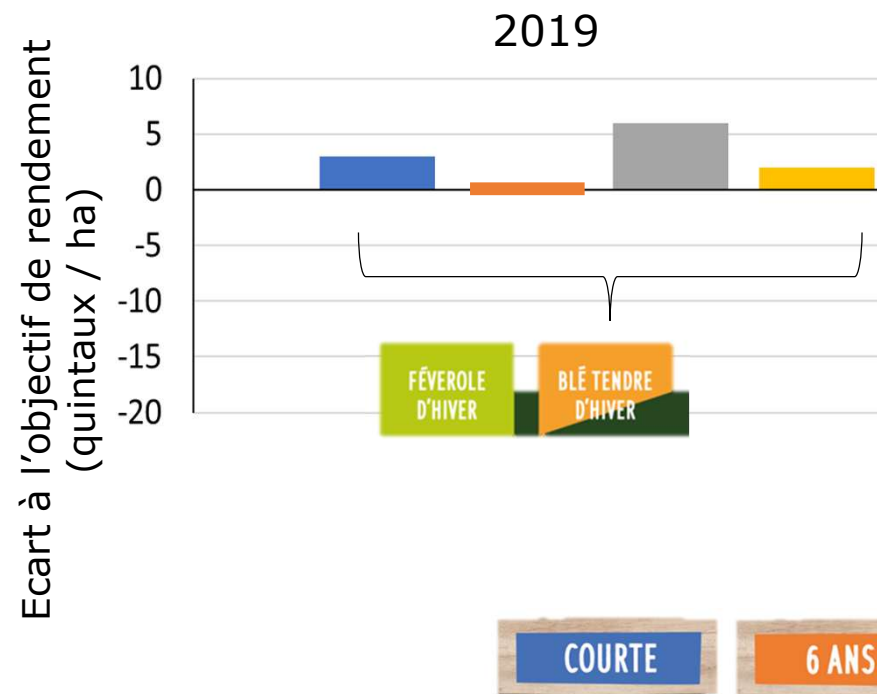


Satisfait-on les exigences de rendement dans les rotations testées ?

Ble tendre d'hiver

30 qtx / ha

Ecarts à l'objectif de rendement des blés



21



Performances des cultures



Satisfait-on les exigences de rendement dans les rotations testées ?

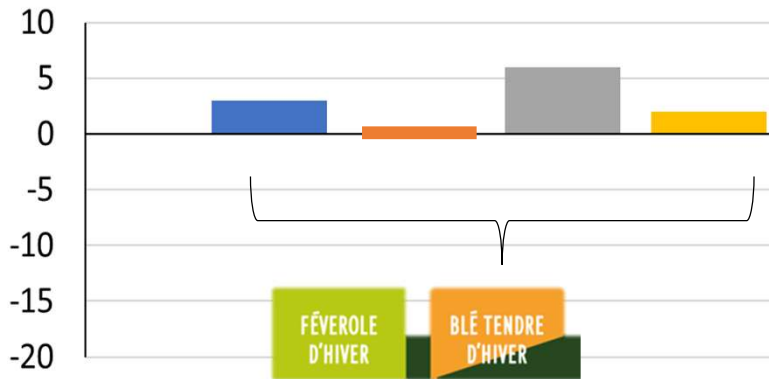
Ble tendre d'hiver

30 qtx / ha

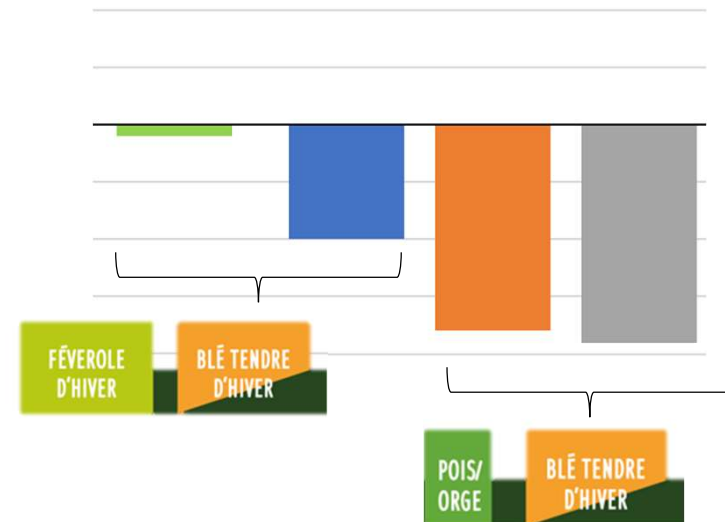
Ecarts à l'objectif de rendement des blés

Écart à l'objectif de rendement
(quintaux / ha)

2019



2022



COURTE

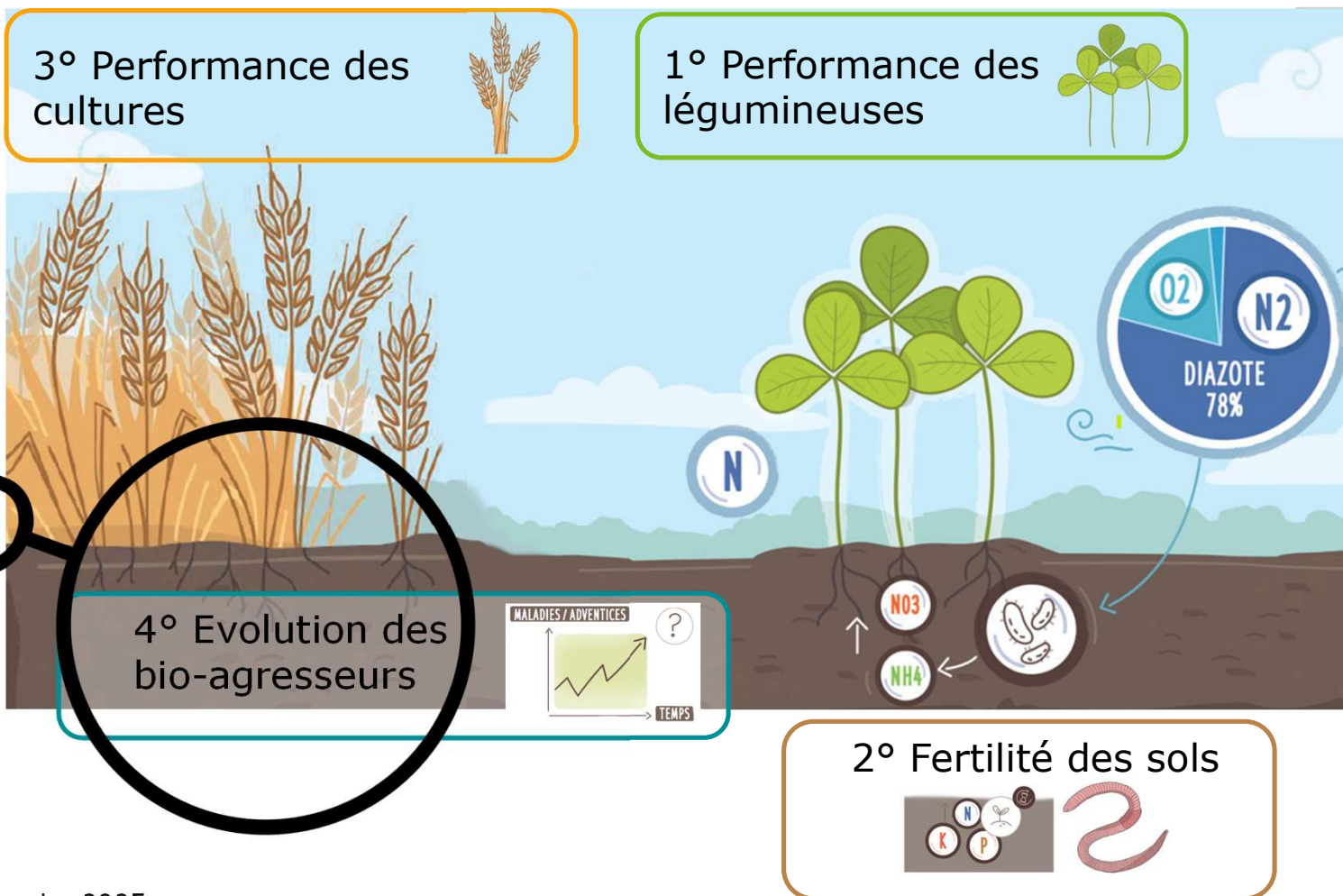
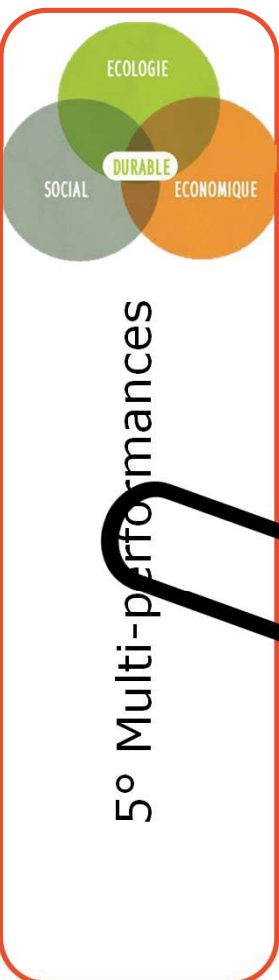
6 ANS

6 ANS + FERTI

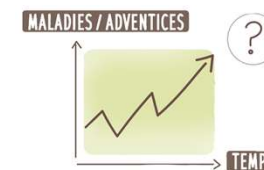
SOL +

AVEC LUZ

RÉSULTATS PRÉSENTÉS



Evolution des bio-agresseurs

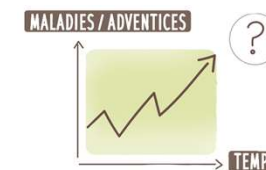


❖ Pression adventice



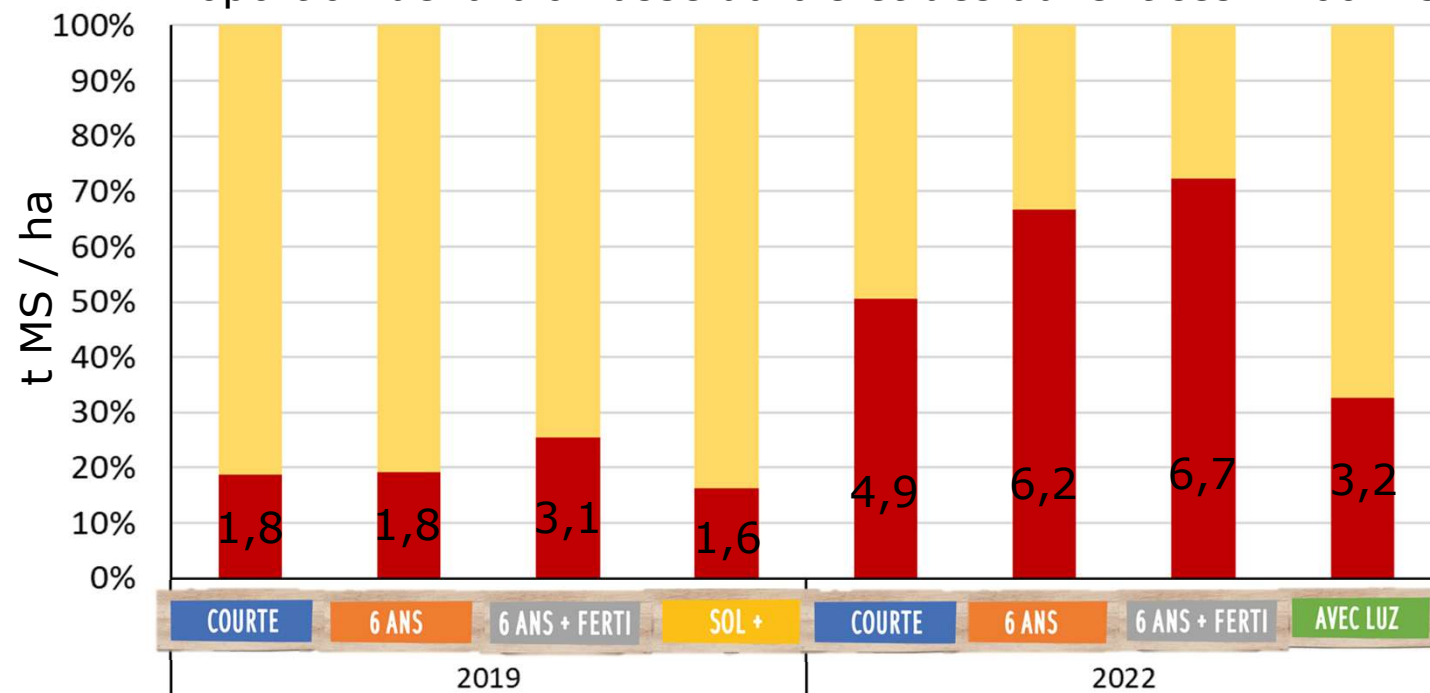
Les rotations testées permettent-elles de maîtriser/limiter la pression adventices ?

Evolution des bio-agresseurs



❖ Pression adventice : rapport de la biomasse des adventices et de la culture

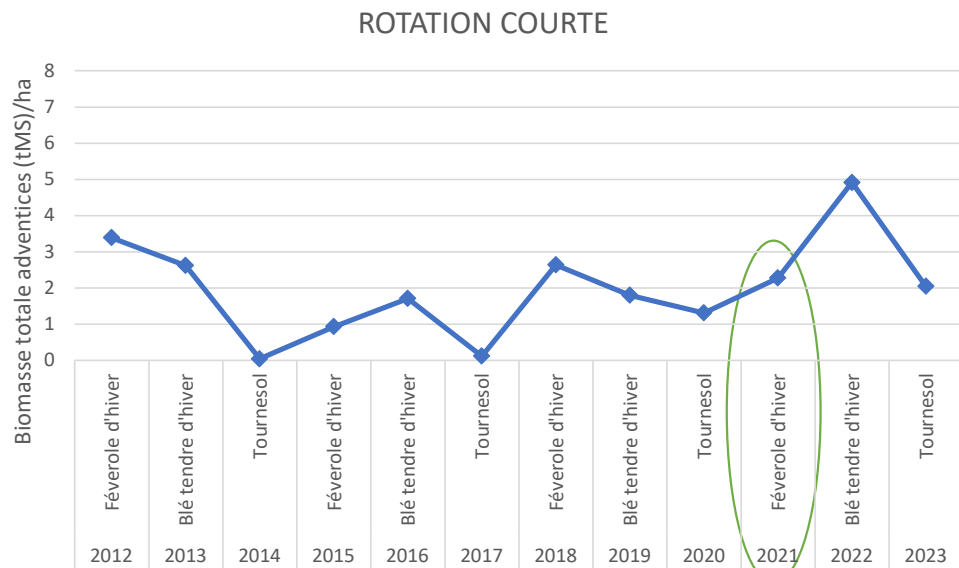
Proportion de la biomasse du blé et des adventices : Zoom sur 2019 et 2022



Rotation 6 ans + Ferti
Juillet 2022

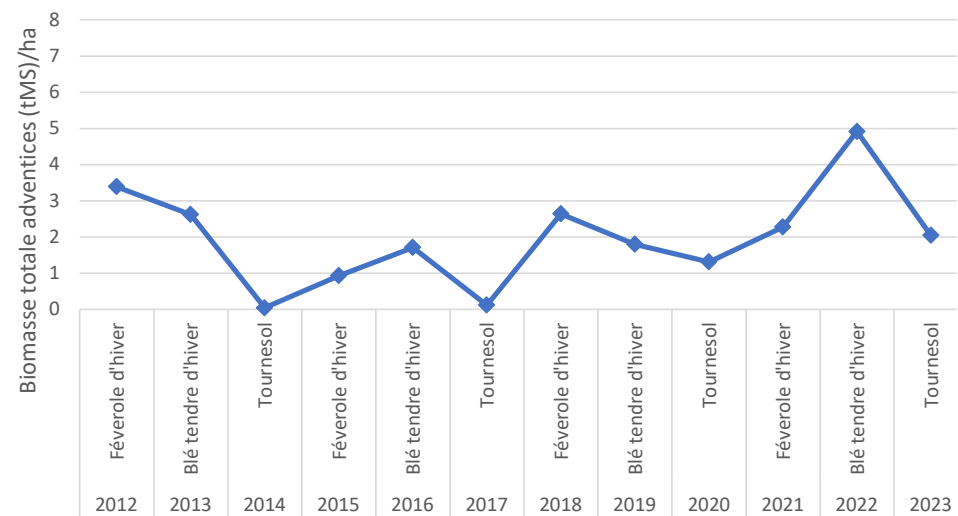
25

- Biomasse moyenne de la culture
- Biomasse moyenne des adventices

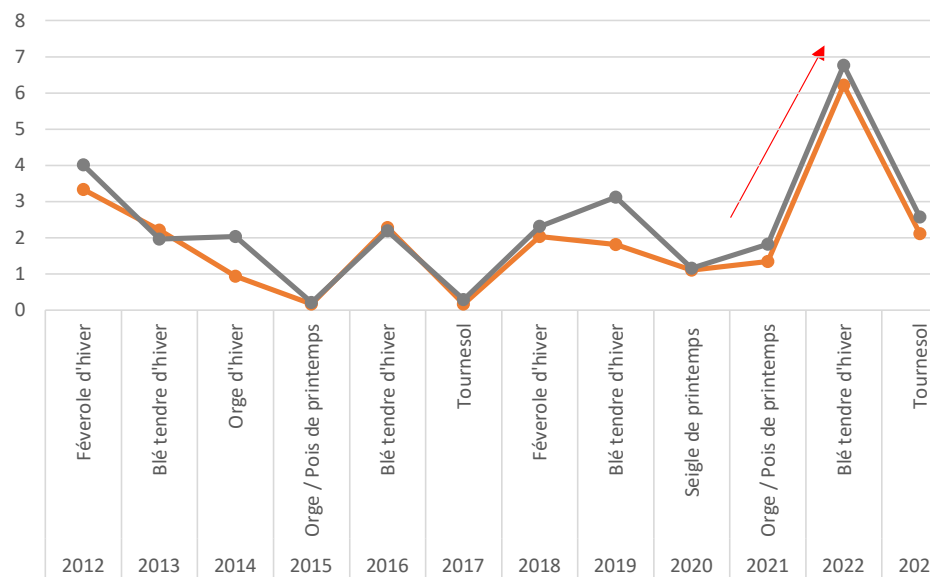


Bloc 1 : Matricaire camomille (Féverole)
04/07/2012

ROTATION COURTE

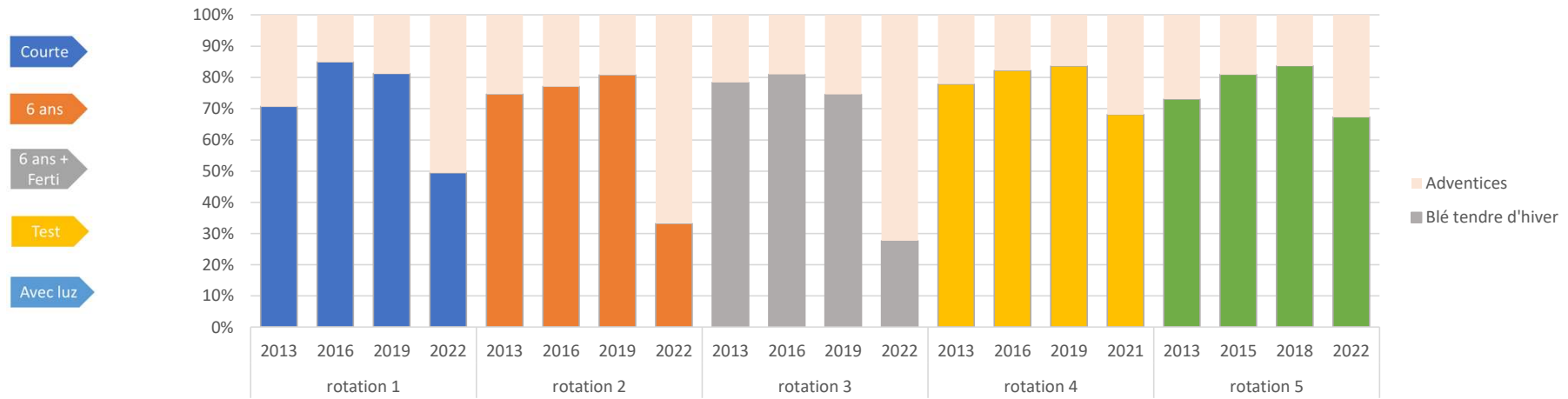


ROTATION 6ANS ET 6 ANS + FERTI



Rotation 6 ans + FERTI
bloc 1 (2022)

Part de la biomasse adventices sur la biomasse du blé

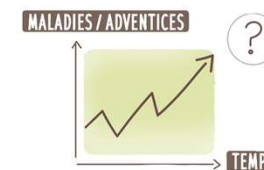


Rotation 6 ans + Ferti - bloc 1 (2022)



Rotation Avec luz bloc 2 (2022)

Evolution des bio-agresseurs



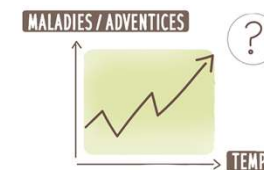
❖ Pression adventice



Les rotations testées permettent-elles de maîtriser/limiter la pression adventices ?

- ✓ Les rotations allongées permettent de limiter la pression adventices, surtout dans les mauvaises années

Evolution des bio-agresseurs



❖ Maladies des légumineuses



Le retour fréquent des légumineuses dans les rotations en culture pure, en association et dans des couverts entraîne-t-il un développement des maladies ?



Pas d'effet rotation mis en évidence



Maladies aériennes

2018 et 2021:
botrytis/Féverole Hiver

Principale maladie aérienne
inoculum non limitant



2021 : viroses/Féverole Hiver et
Pois Protéagineux

Transmission par les pucerons

2023 : absence de maladie/Pois
protéagineux (conditions
climatiques non favorables)

30

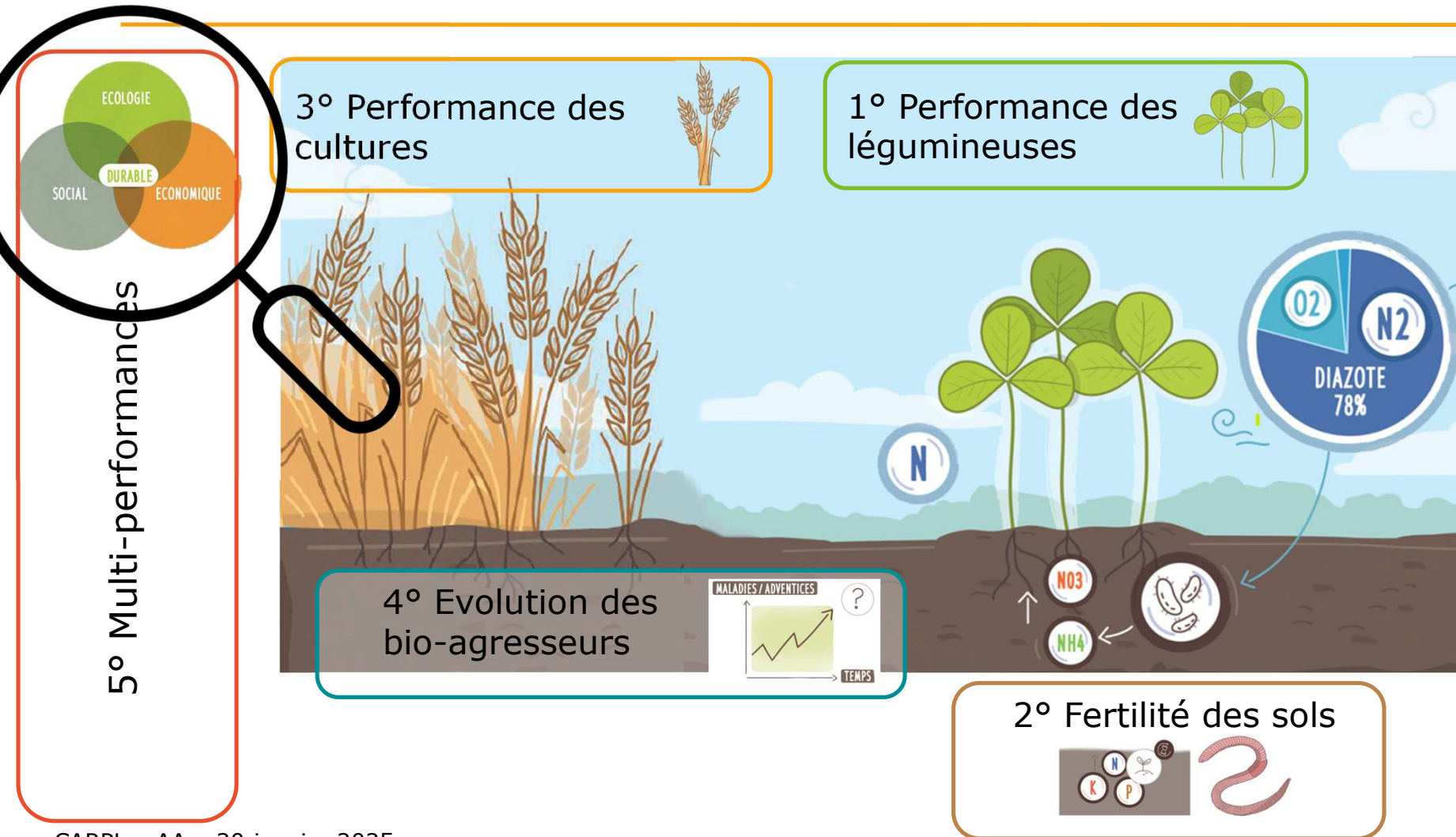


Maladies racinaires

Conditions climatiques peu favorables lors des années de suivi

Risques : plusieurs agents pathogènes (Fusarium spp, Pythium spp...) →
attention aux fréquences de retour des légumineuses

RÉSULTATS PRÉSENTÉS



Analyse multicritères



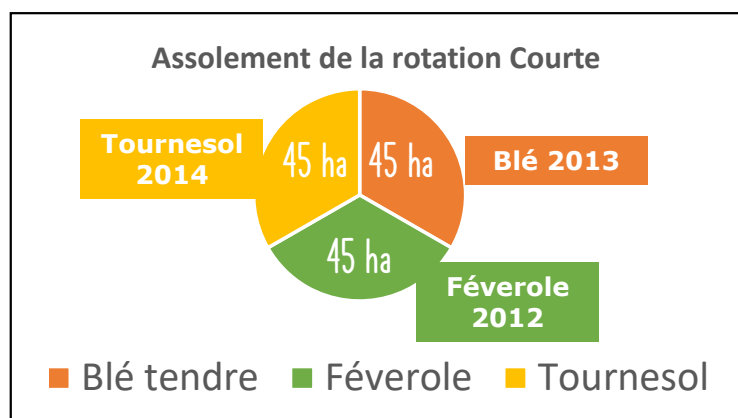
❖ 5 systèmes simulés

Un certain nombre d'hypothèses posées pour simuler les 5 exploitations

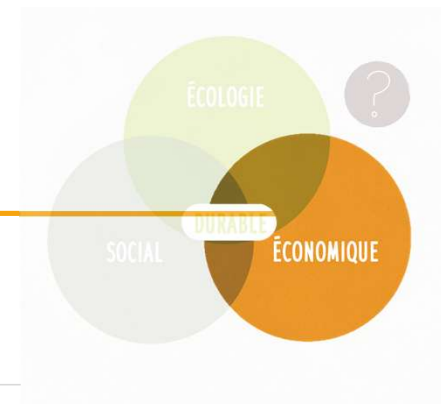
-  Ferme de 135 ha
-  1 exploitant + 0,3 UTH salariée
-  1 parc matériel adapté
-  Scénario de prix : Des tarifs de ventes des cultures moyens (hors années exceptionnelles)

32

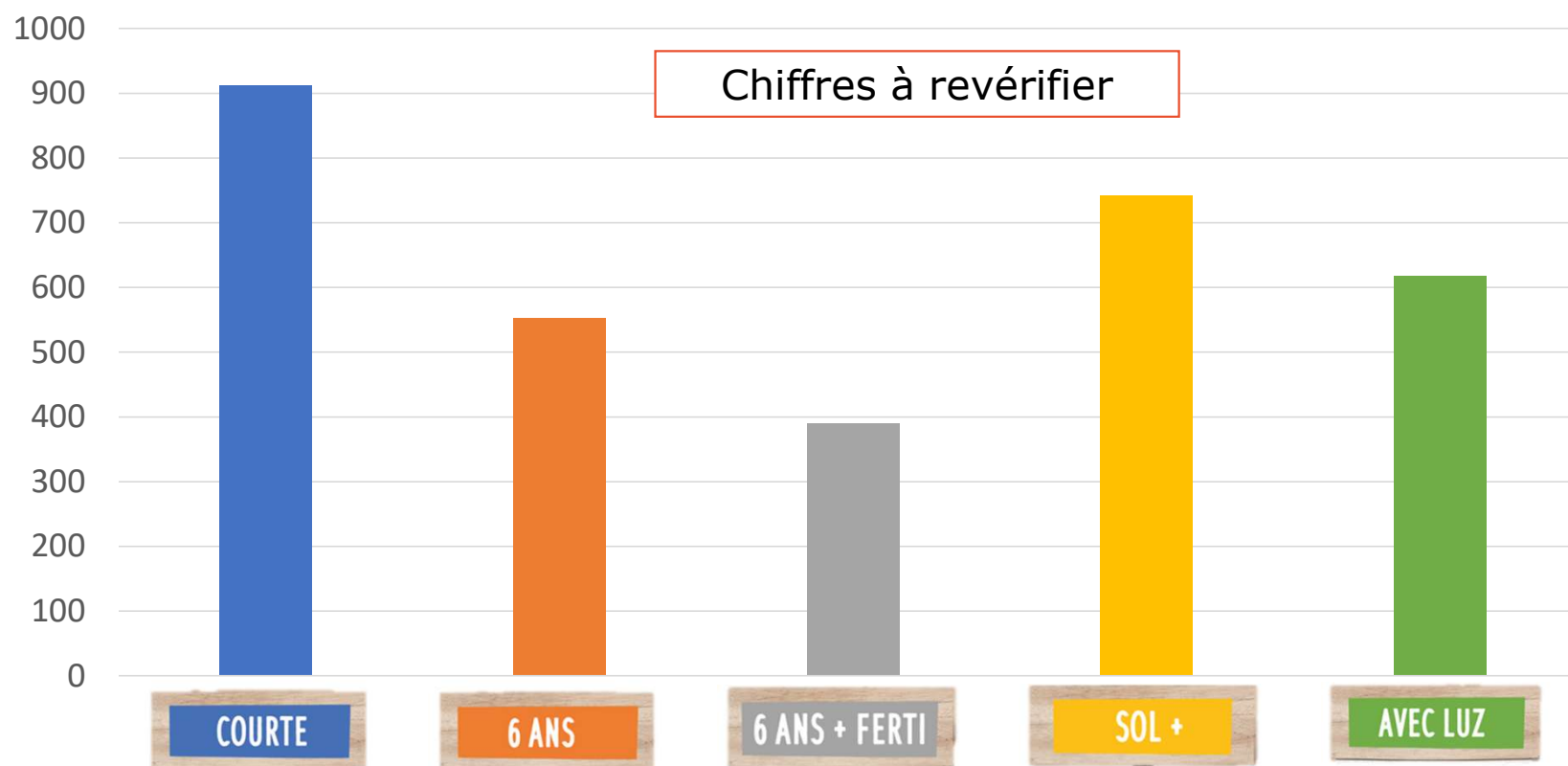
Exemple :



Analyse multicritères

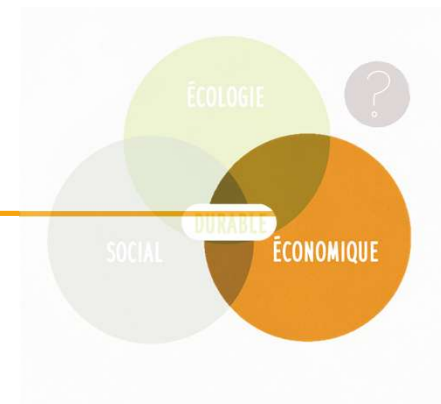


❖ Marge nette avec aide (€/ha)

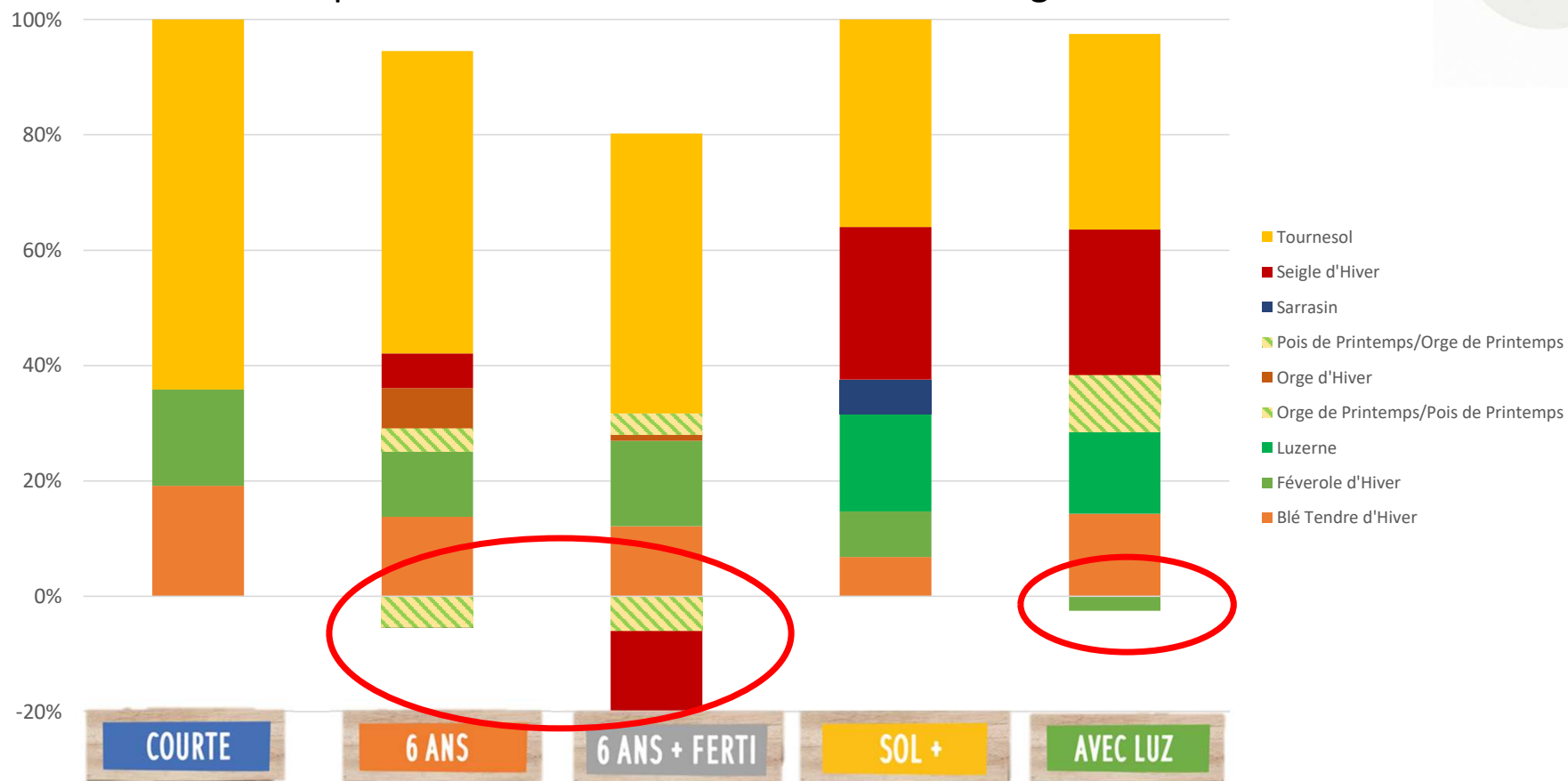


33

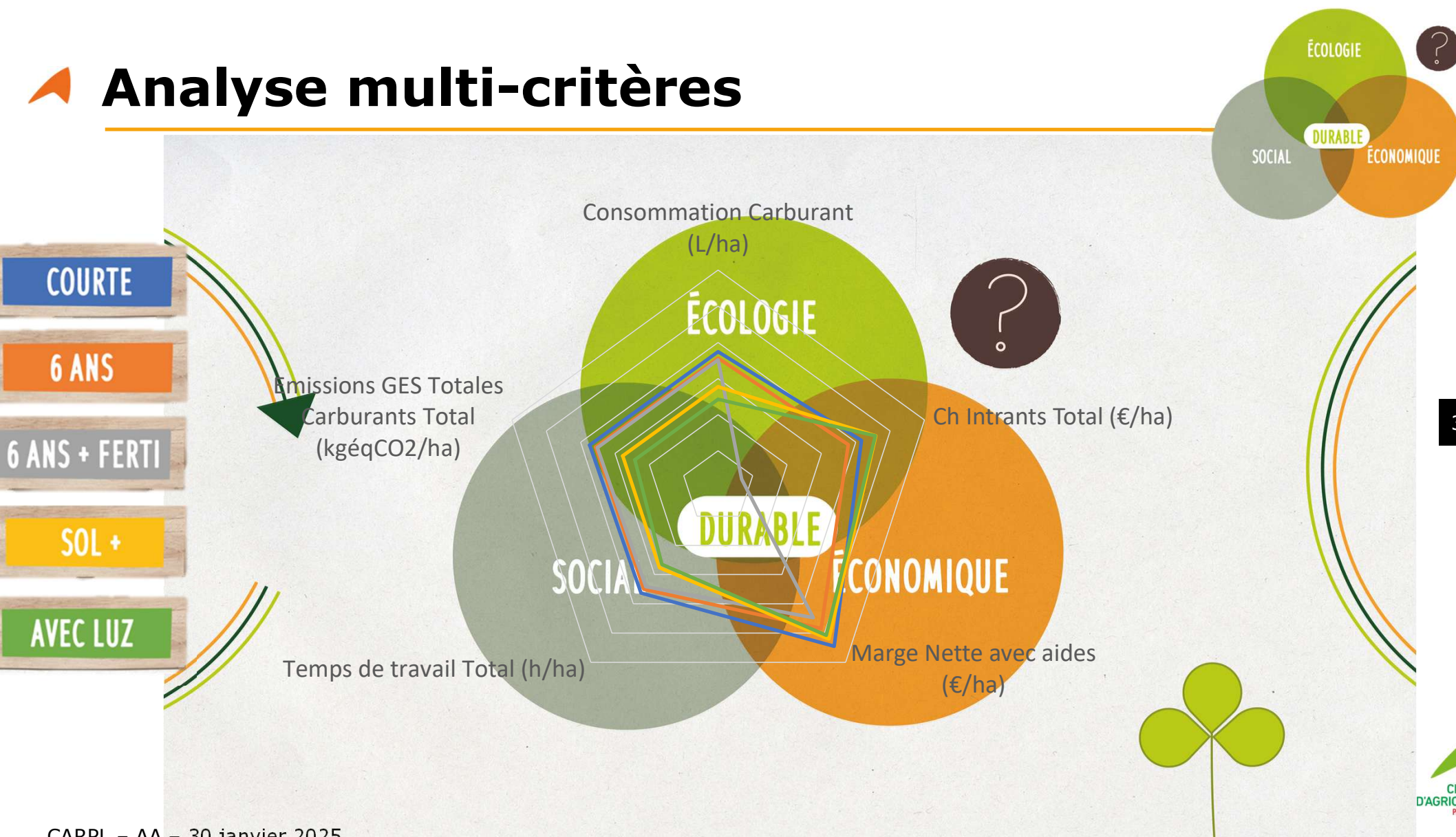
Analyse multicritères



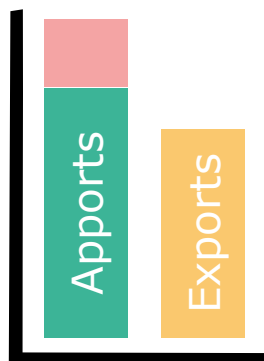
❖ Part de chaque culture dans la contribution de la marge nette avec aide



Analyse multi-critères



Conclusion... pour aujourd'hui

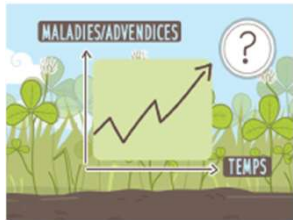
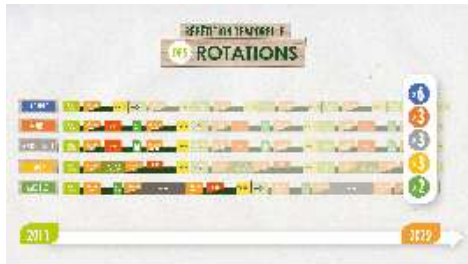


C/N



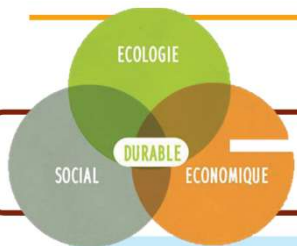
- Des légumineuses qui permettent de dépasser les exports en **AZOTE** sur les rotations
- Une fertilisation supplémentaire ne semble pas profiter aux rendements mais peut apporter plus de qualité notamment sur blé tendre
- Des ressources du sol qui ne se dégradent pas ou peu voire semblent s'améliorer
- Des conditions pédoclimatiques qui ne nous permettent pas de désherber mécaniquement l'hiver → difficile sans le levier culture pluriannuelle
- Des processus de temps long...

Perspectives

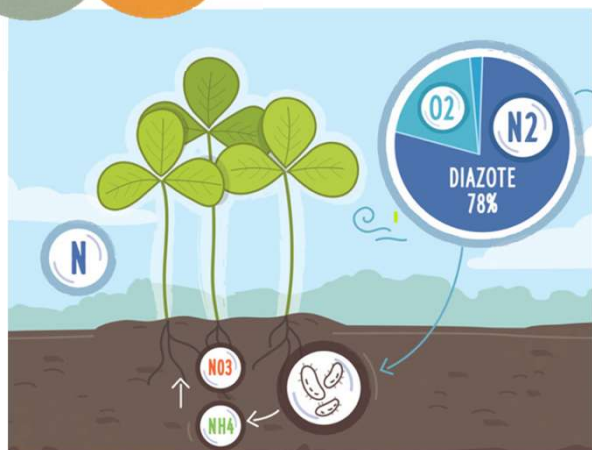


- Poursuite des cycles sur 18 ans sans aucun apport organique
- Aménagement des rotations en réflexion : associations, couverts carbonés
- De nouveaux leviers à activer pour la baisse de la pression adventices (priorité)
- Surveillance des maladies racinaires
- Approche économique selon des scénarios de prix et par séquence
- Aller plus loin sur le sol : analyses biologiques, structure ...
- ...

➤ Rotaleg 3 (déposé, en attente...)



Action 5 – Caractérisation de la multi-performance des systèmes



Action 2 – Evaluation de la fertilité du sol et du cycle de l'N



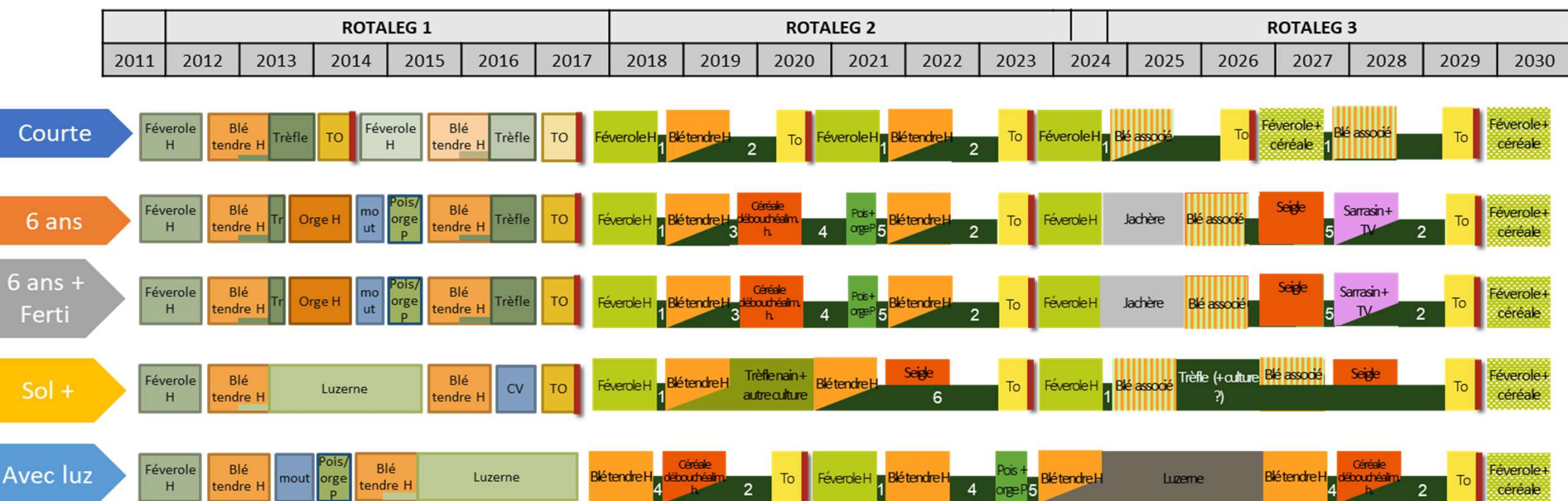
Action 3 – Evaluation de la flore adventice



Action 4 – Evaluation de la capacité des systèmes à assurer une rentabilité économique

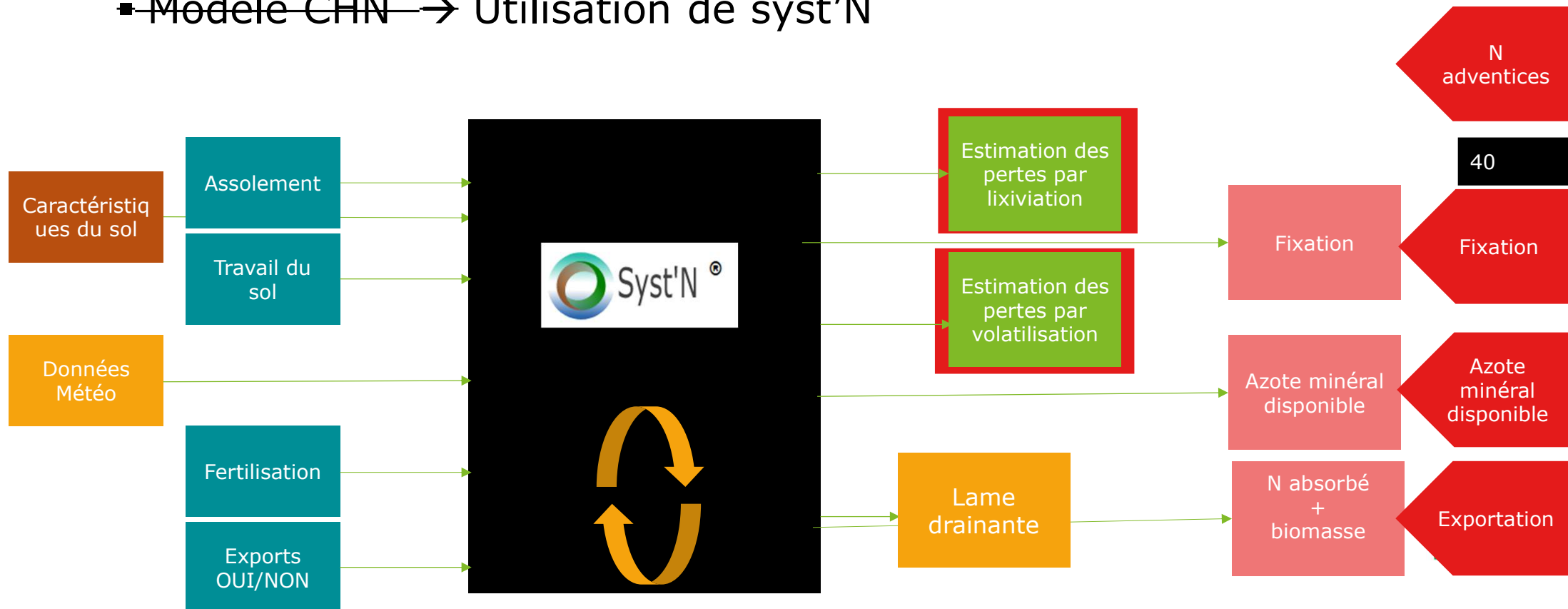
Action 1 – Mise en place et pilotage de 5 systèmes grandes cultures bio

Rotaleg 3 (déposé, en attente...)



Dynamique de l'azote

- Où part l'azote : étudier la dynamique de l'azote et les flux
- ~~Modèle CHN~~ → Utilisation de syst'N



Piloter un essai système

Intérêts et difficultés...

pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr



Intérêts d'un essai système

Essai factoriel

Comparer plusieurs modalités d'une technique afin de comprendre l'effet de cette technique appelée «facteur" sur une ou plusieurs variables.

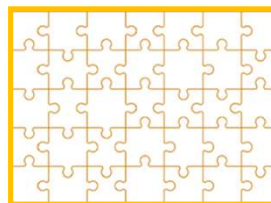
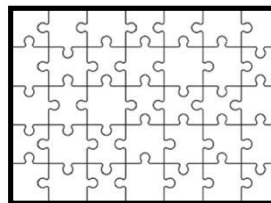


Intérêts d'un essai système

Essai factoriel	Expérimentation système
Comparer plusieurs modalités d'une technique afin de comprendre l'effet de cette technique appelée «facteur" sur une ou plusieurs variables.	Evaluer la capacité d'un SdC (ou d'un itinéraire technique) à atteindre les objectifs qui lui sont assignés



Vision globale d'un système expérimenté



Objectif principal : tester la faisabilité d'un nouveau système de culture : un système en grandes cultures biologiques sans élevage et sans apports fertilisants*

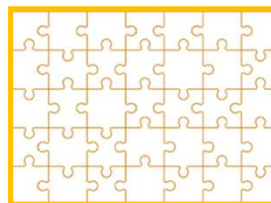
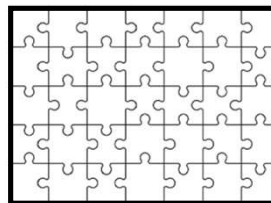
- Durée rotation
- Espèces cultivées
- Sans apports
- ...

Intérêt d'un essai système

Essai factoriel	Expérimentation système
Comparer plusieurs modalités d'une technique afin de comprendre l'effet de cette technique appelée «facteur" sur une ou plusieurs variables.	Evaluer la capacité d'un SdC (ou d'un itinéraire technique) à atteindre les objectifs qui lui sont assignés



Vision globale d'un système expérimenté



Objectif principal : tester la faisabilité d'un nouveau système de culture : un système en grandes cultures biologiques sans élevage et sans apports fertilisants*

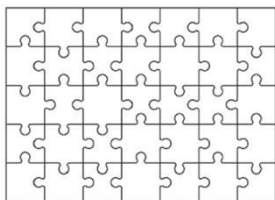
- Durée rotation
- Espèces cultivées
- Sans apports
- ...

Nos indicateurs :

- Fertilité et ressources du sol
- Performances des cultures et des couverts
- Impacts bio-agresseurs (maladies, adventices..)
- Performances économiques et environnementales

Intérêts d'un essai système

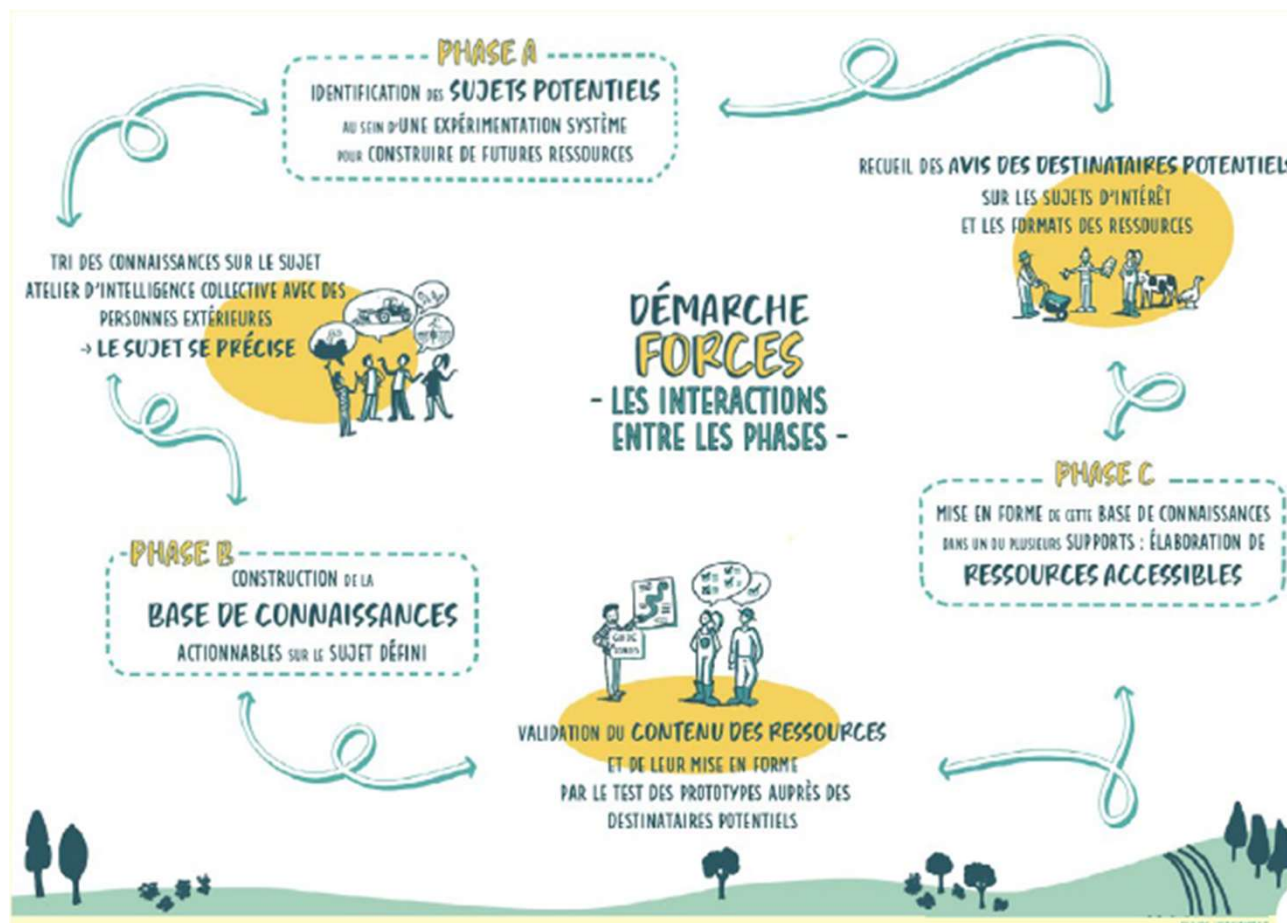
Vision globale d'un système expérimenté



Autres projets avec question spécifique :

- PHOSPHOBIO
- MADE IN AB
- QUALISOLS BIO
POSIFLO
- LIEN DU SOL
- ...

Valorisation d'un essai système





MAXIMISER LES LÉGUMINEUSES

DANS UNE ROTATION EN GRANDES CULTURES BIO

MERCI DE VOTRE ATTENTION PLACE AUX QUESTIONS !

PILOTÉ PAR

PARTENAIRES

FINANCEURS





PILOTÉ PAR

PARTENAIRES

FINANCEURS



- DIAPO SUPPLEMENTAIRES

1° Performances des légumineuses



Trèfle blanc en interculture courte (implanté en n-1)

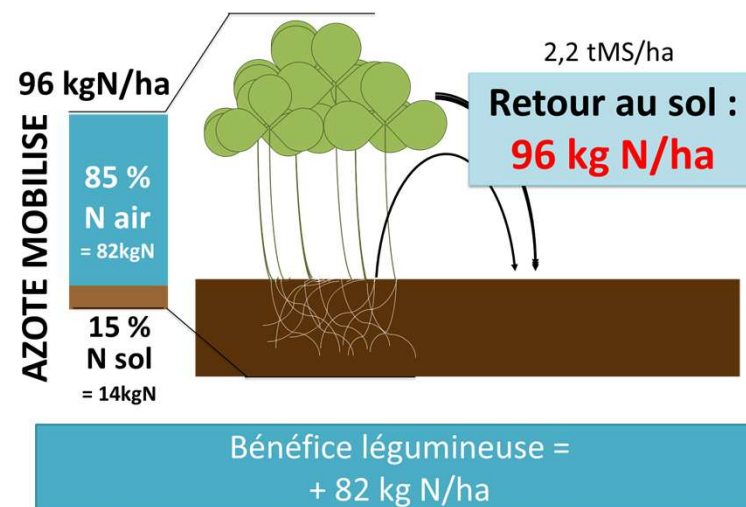


Estimation racinaire via la méthode MERCI.
Part d'azote atmosphérique estimée.
Selon les résultats de 2 années.

Séquence de ROTALEG mobilisée :



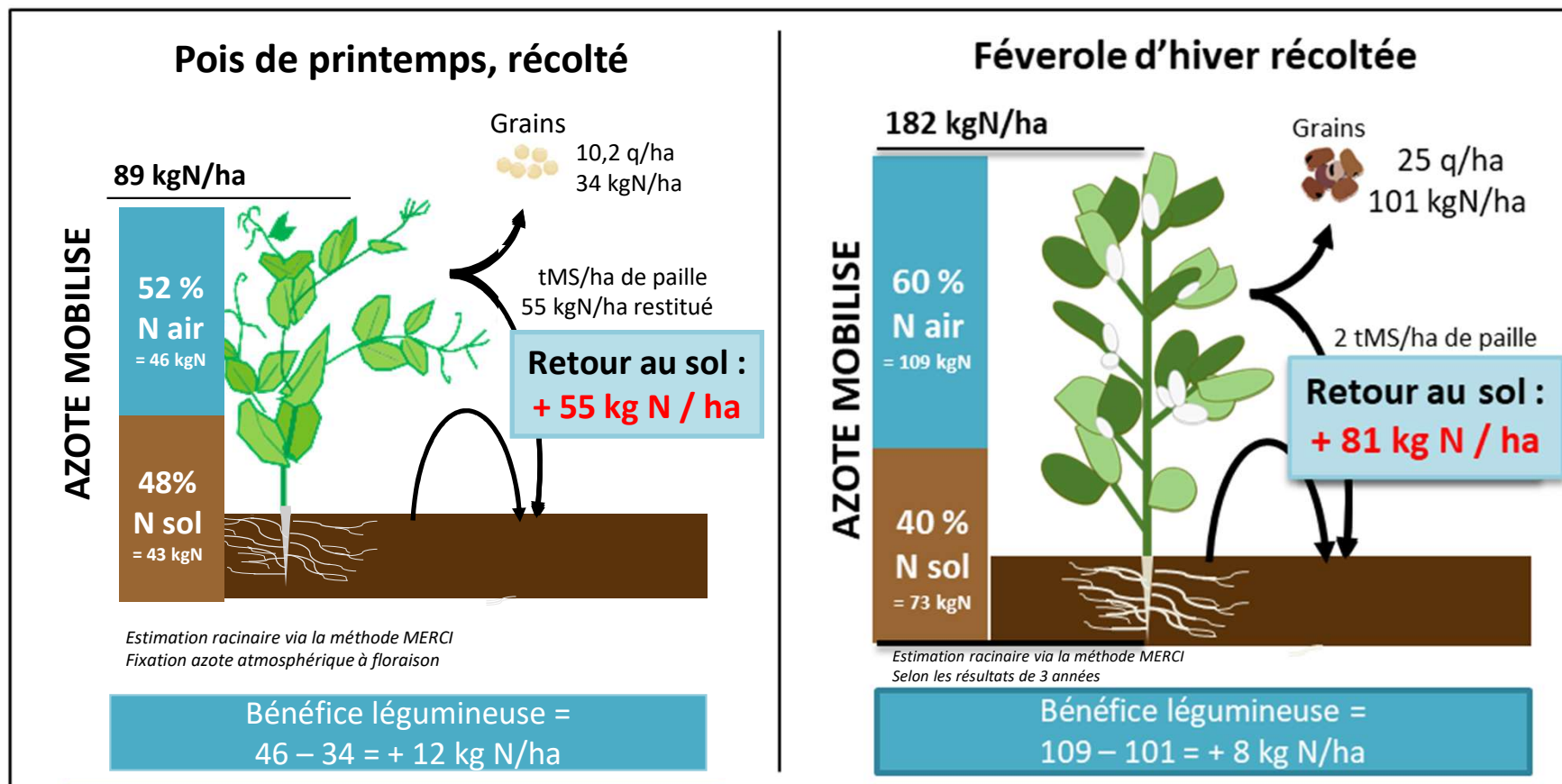
Trèfle en interculture longue enfoui (7 mois environ)



Estimation racinaire via la méthode MERCI
Selon les résultats de 3 années



1° Performances des légumineuses

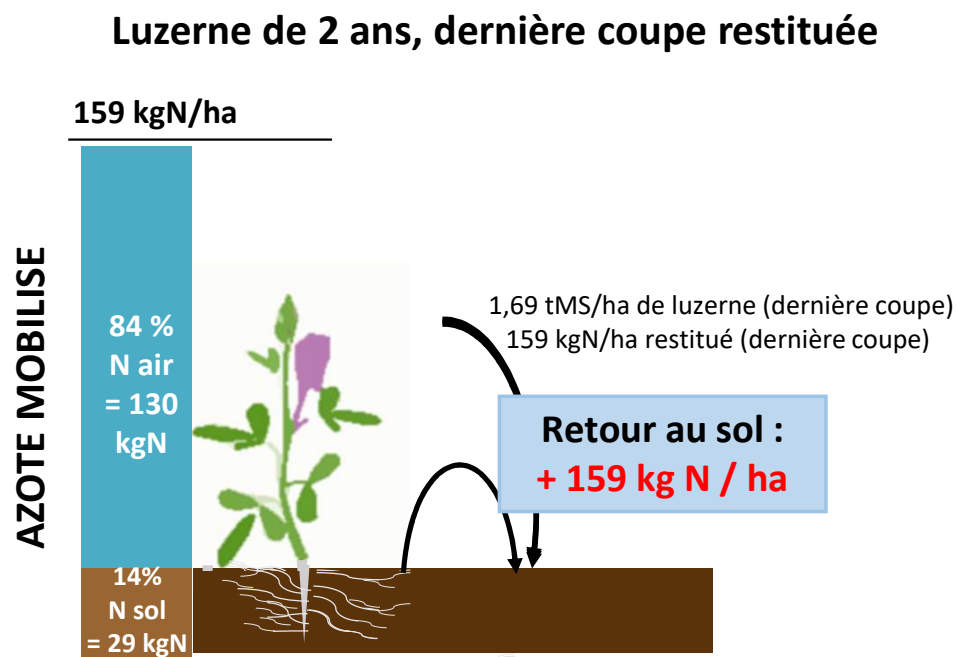


51

Séquence de ROTALEG mobilisée :



1° Performances des légumineuses



Estimation biomasse racinaire 1,3 fois la plante au bout de 2 ans
Selon les résultats de 2 années.

Entre 3 et 4 fauches /an



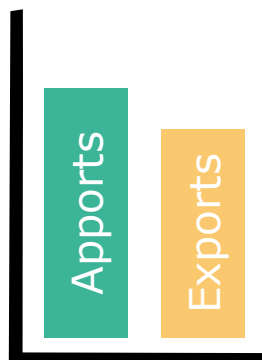
11 tMs/ha
357 kgN/ha

Bénéfice légumineuse =
412 (fixé sur les 2 ans) - 357 (exporté en
7 fauches) = + 56 kg N/ha

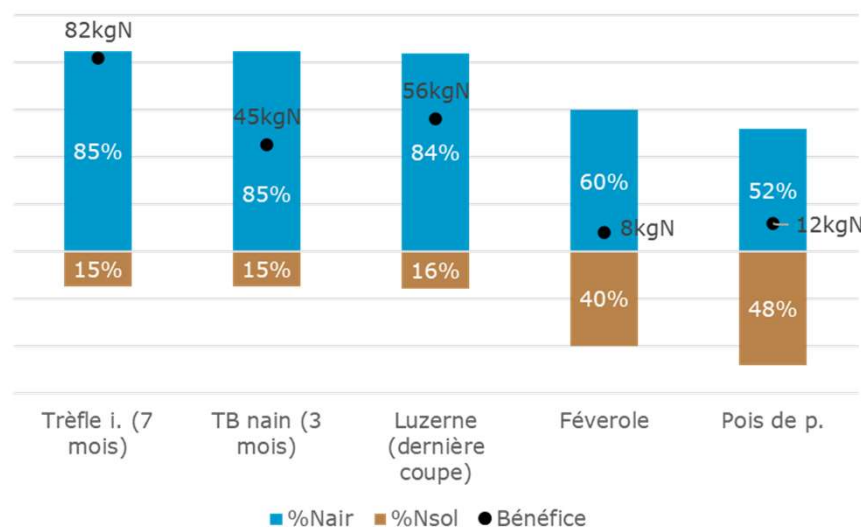
Séquence de ROTALEG mobilisée :



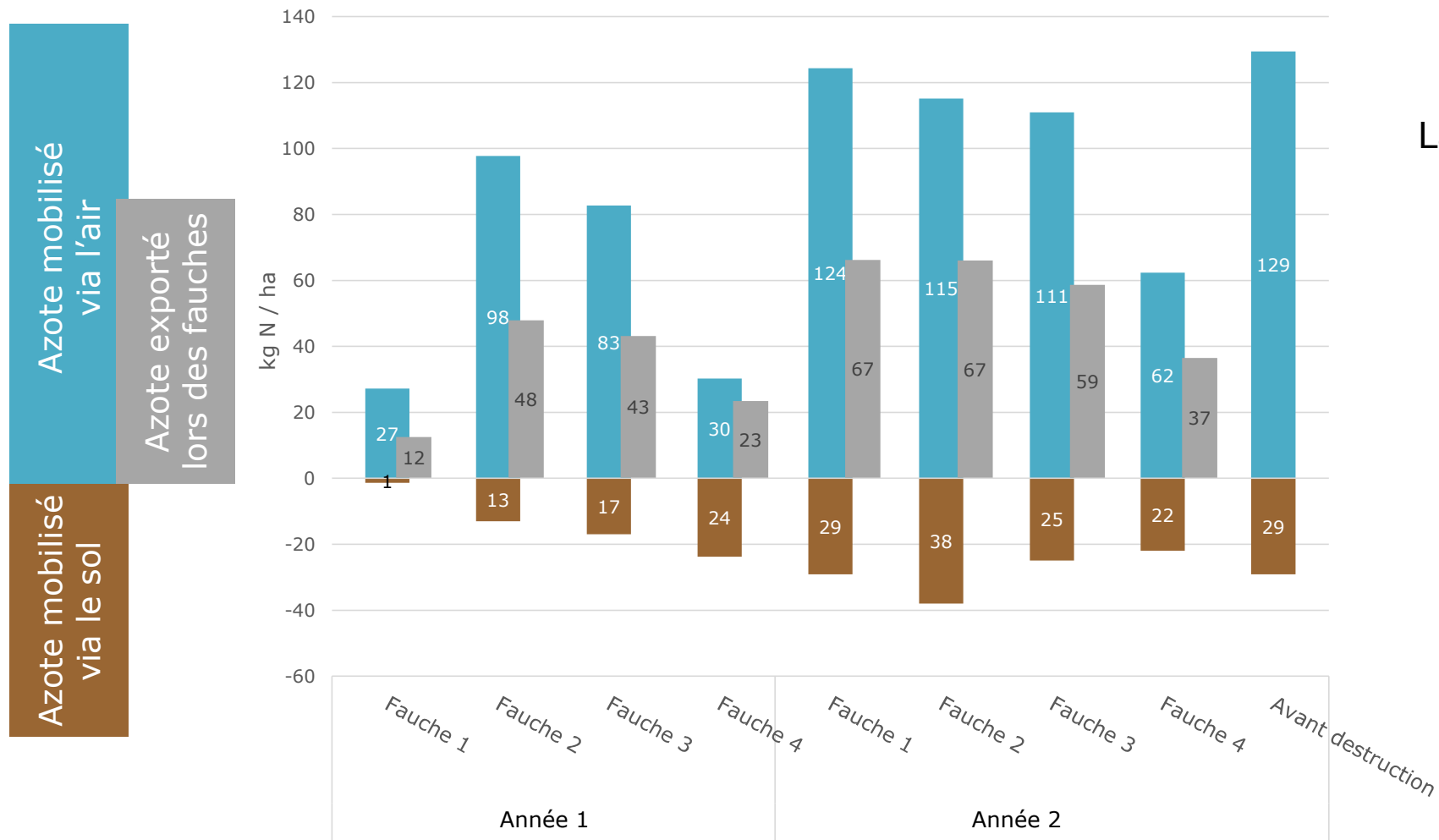
Conclusion... pour aujourd'hui

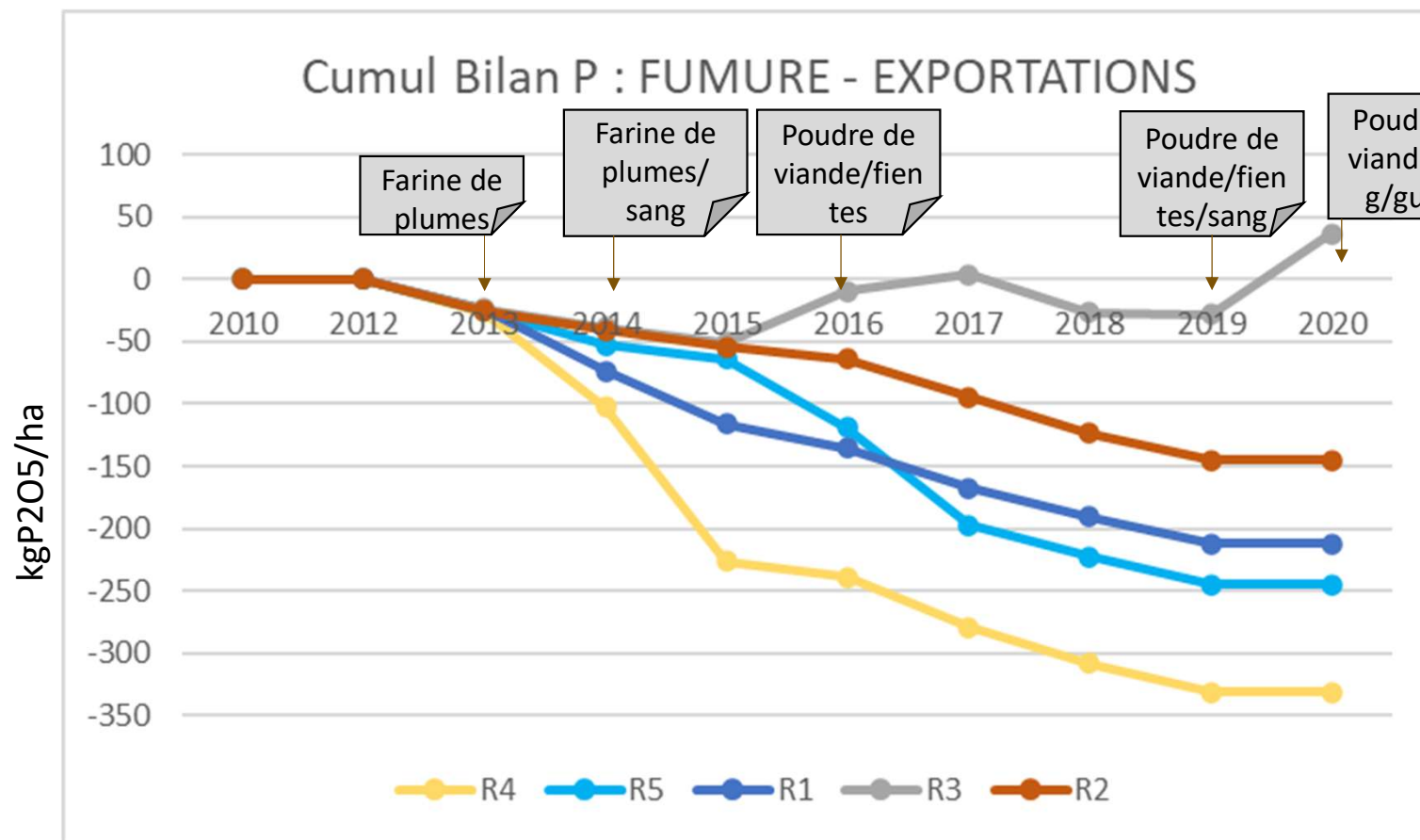
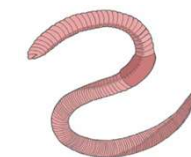


- Des légumineuses qui permettent de dépasser les exports en **AZOTE** sur les rotations



Performance des légumineuses



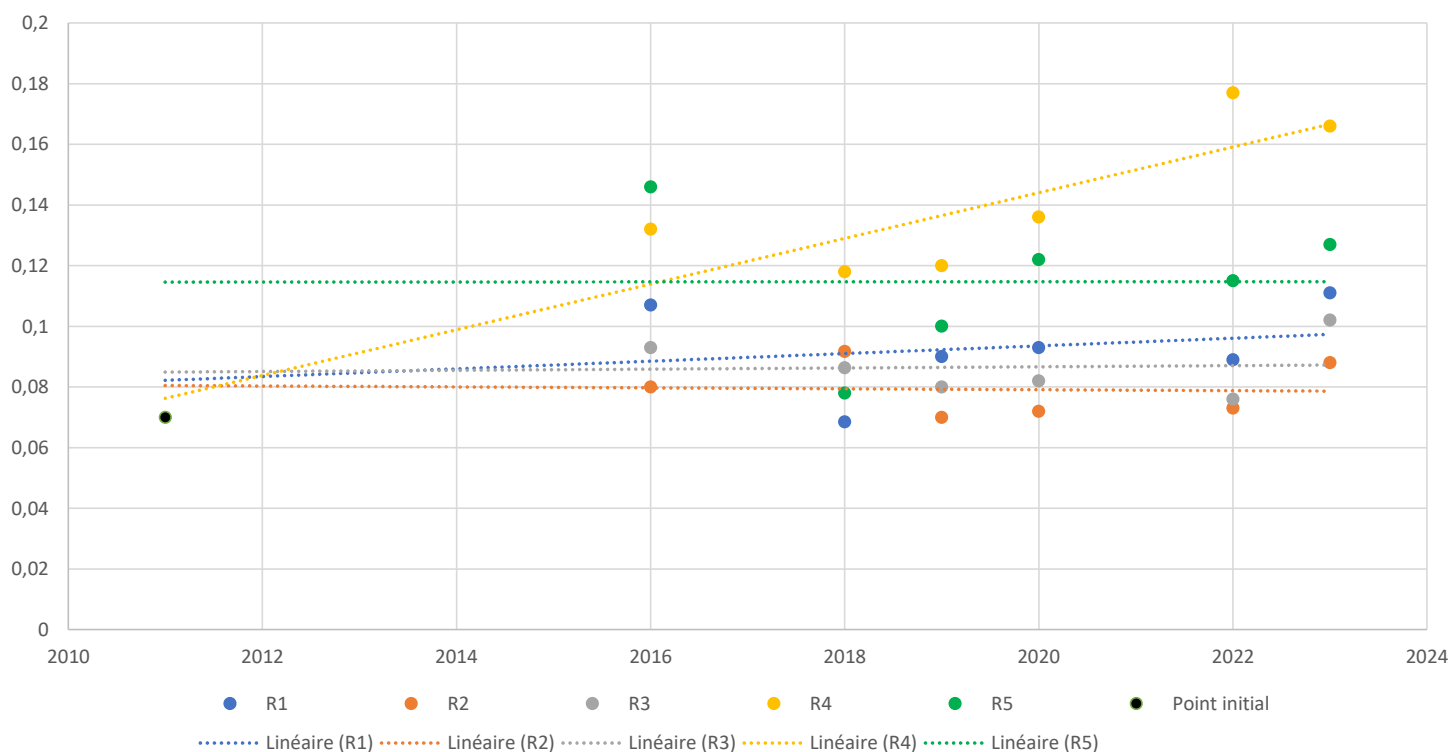


Suivi des apports sur
Rotation 3

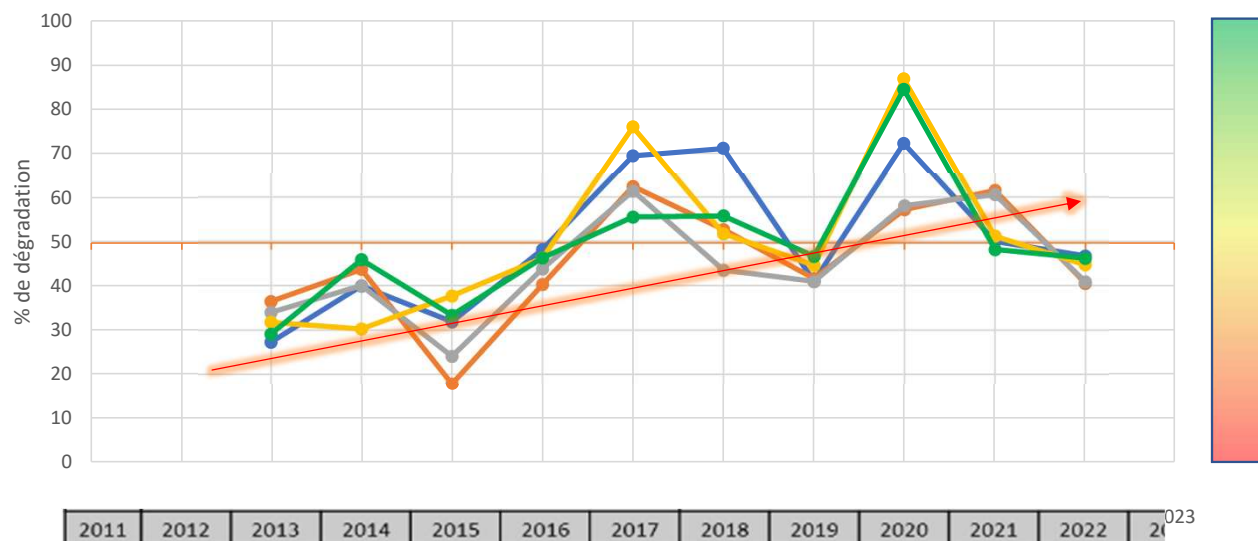
Evolution du Potassium



Evolution de K₂O (g/kg) (bloc 1)

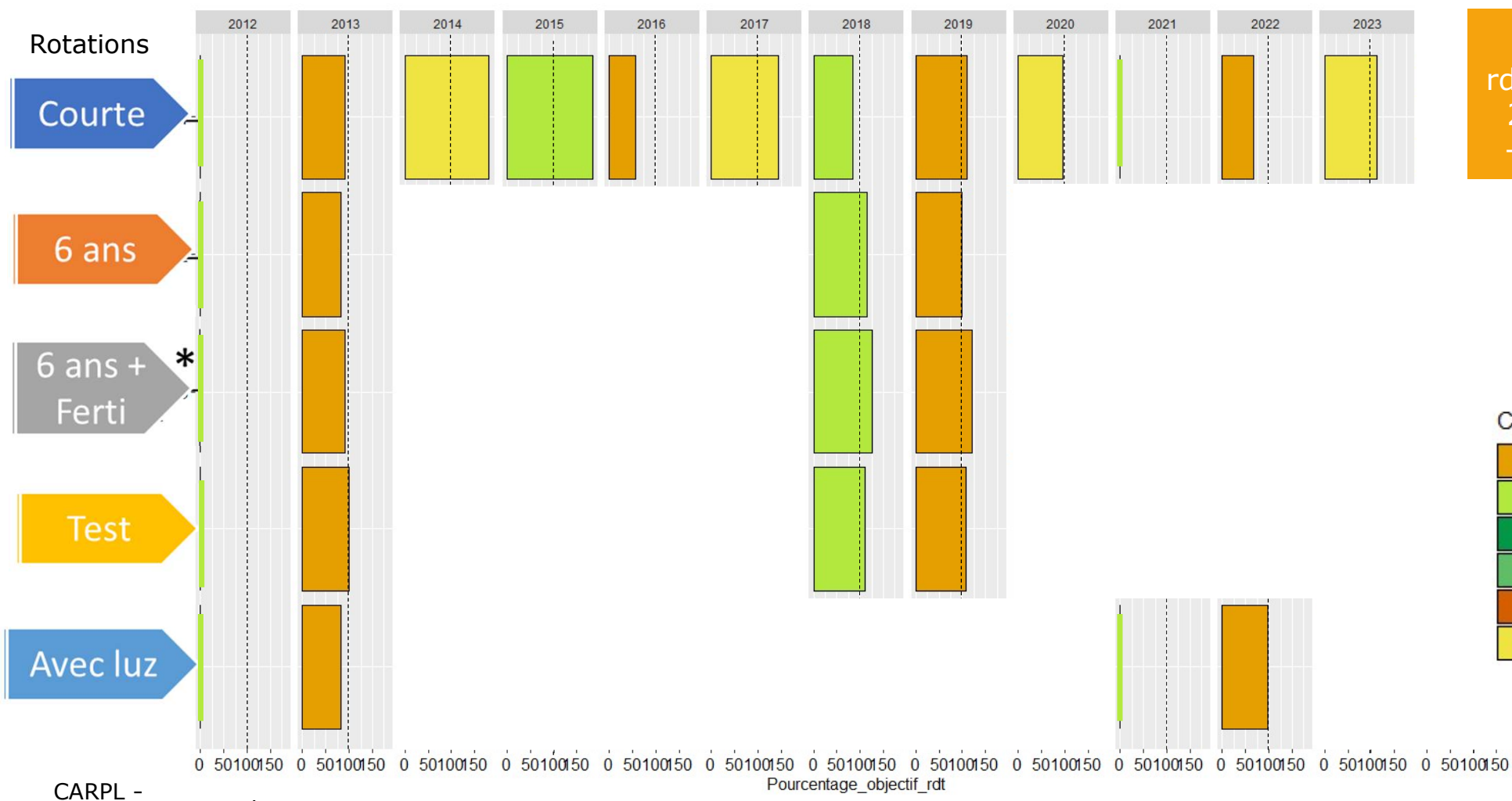


Activité biologique



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
COURTE	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO	
6 ANS	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	Orge H	mout	Pois/orge p	Blé tendre H	Trèfle	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO
6 ANS + FERTI	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	Orge H	mout	Pois/orge p	Blé tendre H	Trèfle	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO
SOL +	Féverole H	Blé tendre H	Luzerne	Blé tendre H	CV	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	Blé tendre H	Seigle	TO	
AVEC LUZ	Féverole H	Blé tendre H	mout	Pois/orge p	Blé tendre H	Luzerne	Blé tendre H	Trèfle	TO	Féverole H	Blé tendre H	Trèfle	TO

Culture		
	Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
	Feverole	20 qtx / ha
	Orge d'hiver	30 qtx / ha
	Orge P - Pois P	20 qtx / ha
	Seigle	30 qtx / ha
	Tournesol	25 qtx / ha



Blé :
rdt moyen =
24 qtx/ha
- 6 qtx/ha

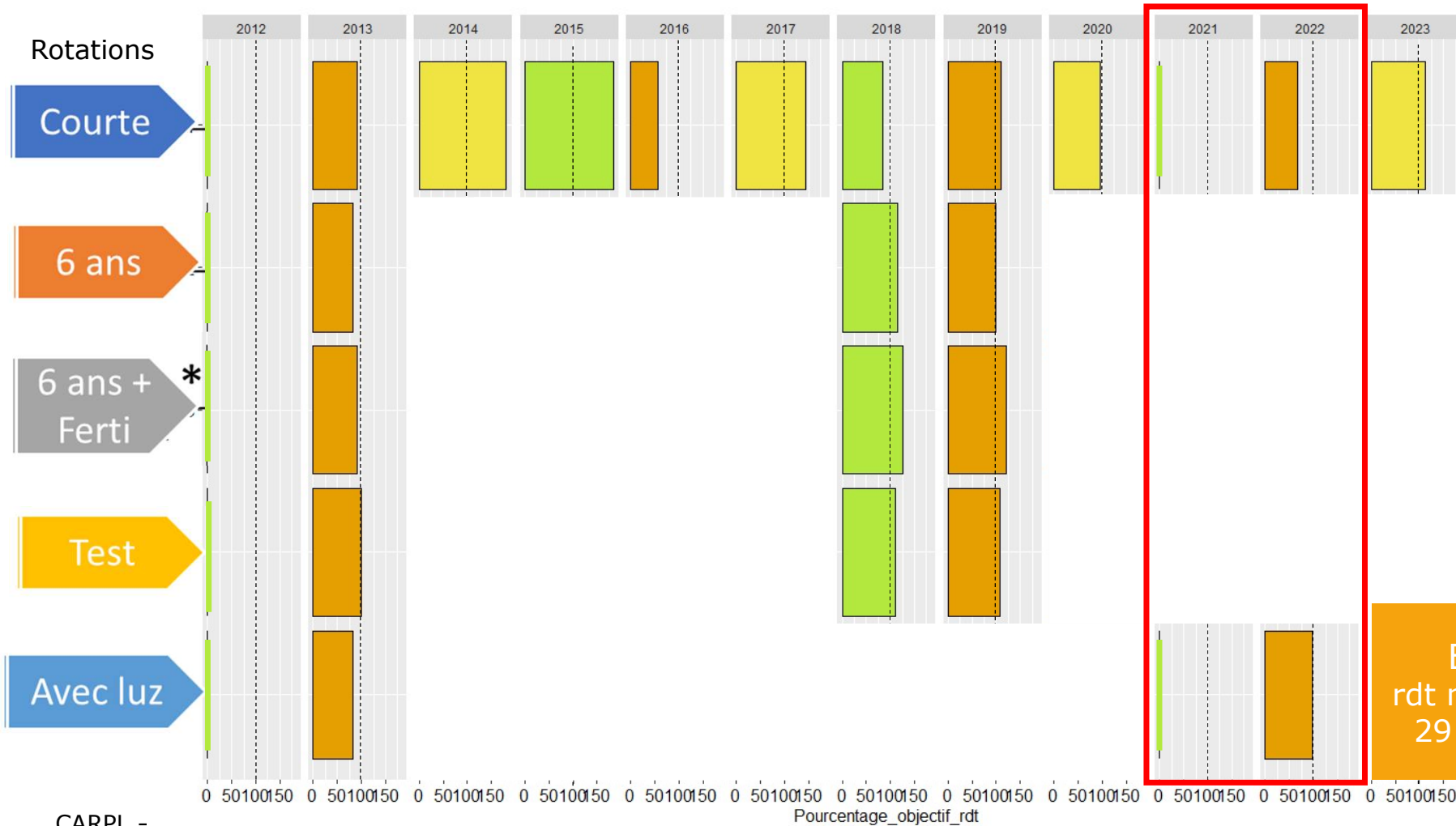
58

Culture

- Ble tendre d'hiver
- Feverole
- Orge d'hiver
- Orge P - Pois P
- Seigle
- Tournesol

Performances des cultures

Culture	
Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Feverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha



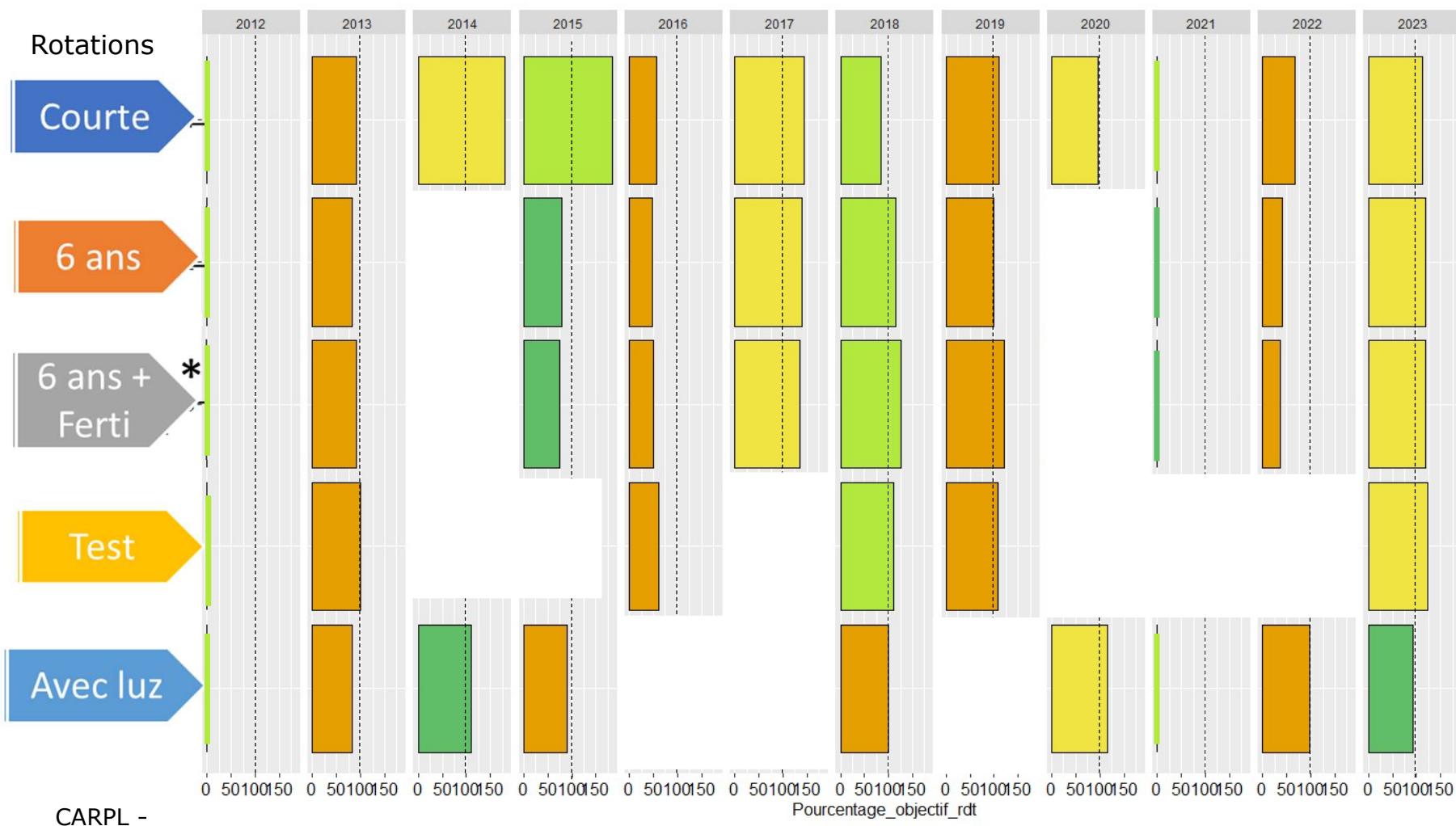
59

Culture	
Ble tendre d'hiver	
Feverole	
Orge d'hiver	
Orge P - Pois P	
Seigle	
Tournesol	

Blé :
rdt moyen =
29 qtx/ha

Performances des cultures

Culture	
Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Feverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha

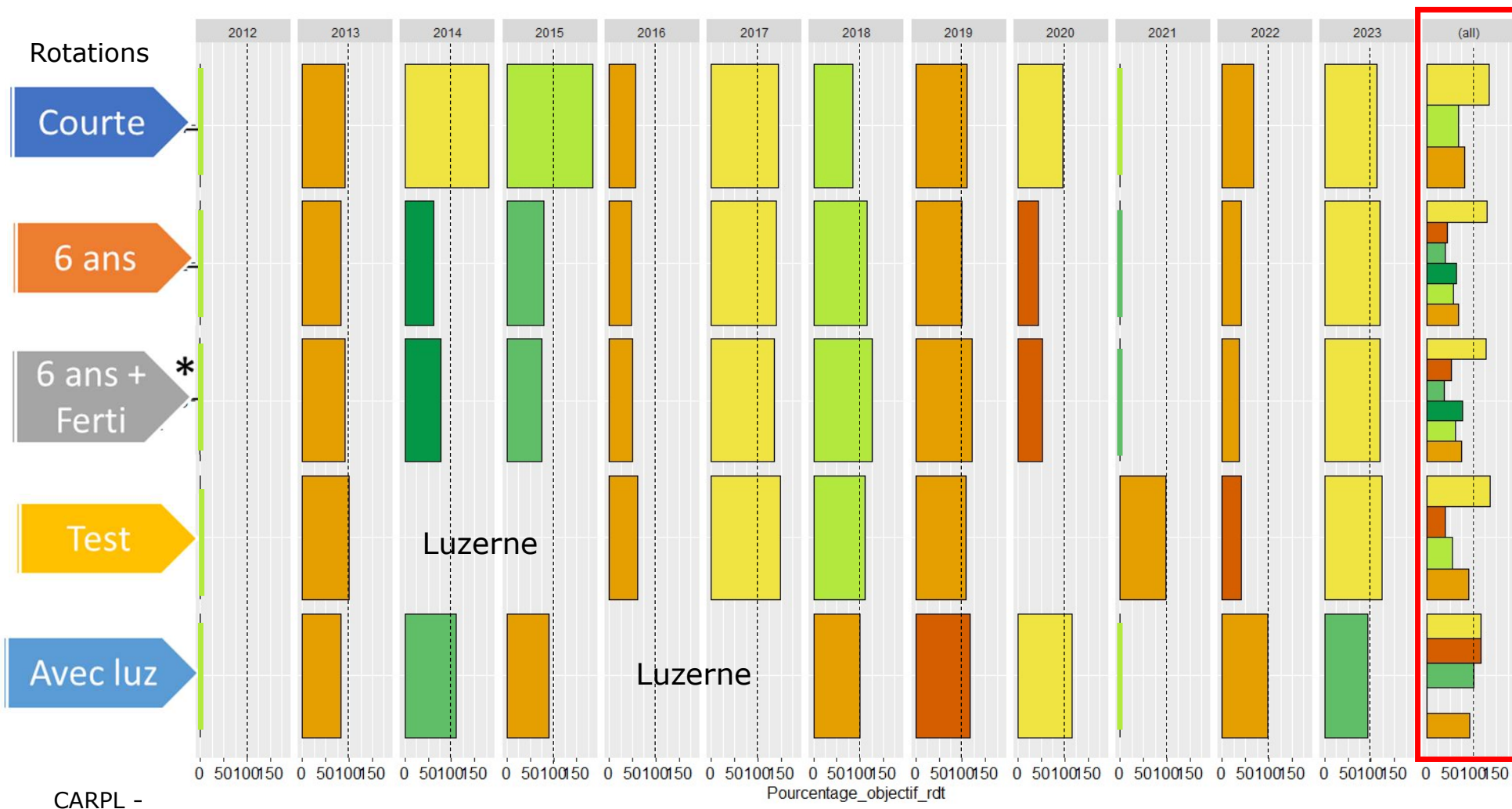


60

Culture	
Ble tendre d'hiver	
Feverole	
Orge d'hiver	
Orge P - Pois P	
Seigle	
Tournesol	

Performances des cultures

Culture	
Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Feverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha



61

Culture	
Ble tendre d'hiver	
Feverole	
Orge d'hiver	
Orge P - Pois P	
Seigle	
Tournesol	



Performances des cultures



Satisfait-on les exigences de rendement dans les rotations testées ?

Rotations :

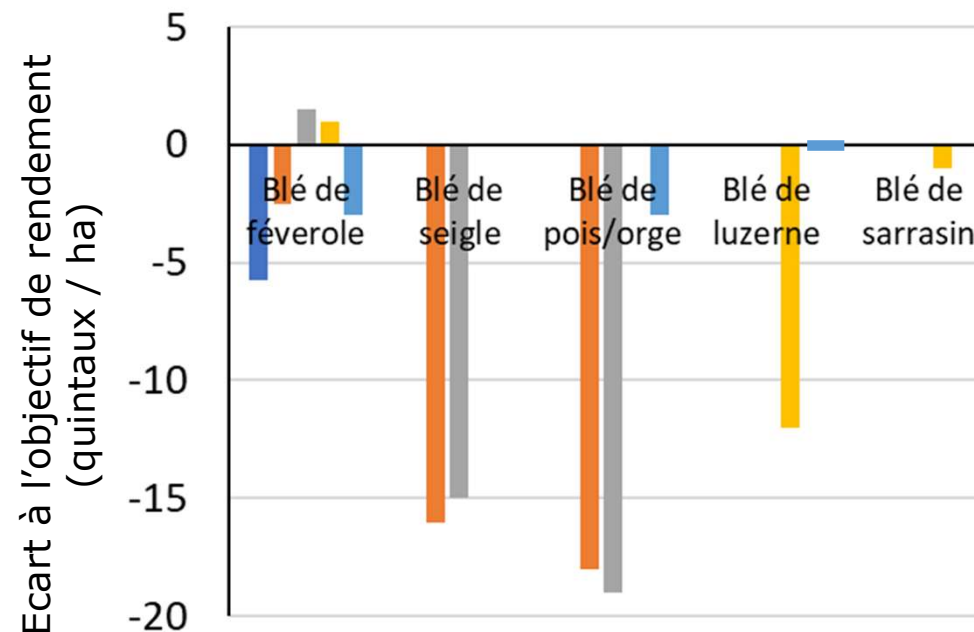


Objectifs de rendement

Ble tendre d'hiver	30 qtx / ha
Feverole	20 qtx / ha
Orge d'hiver	30 qtx / ha
Orge P - Pois P	20 qtx / ha
Seigle	30 qtx / ha
Tournesol	25 qtx / ha

CARPL – AA – 30 janvier 2025

Ecarts à l'objectif de rendement du blé selon la rotation et le type de précédent du blé



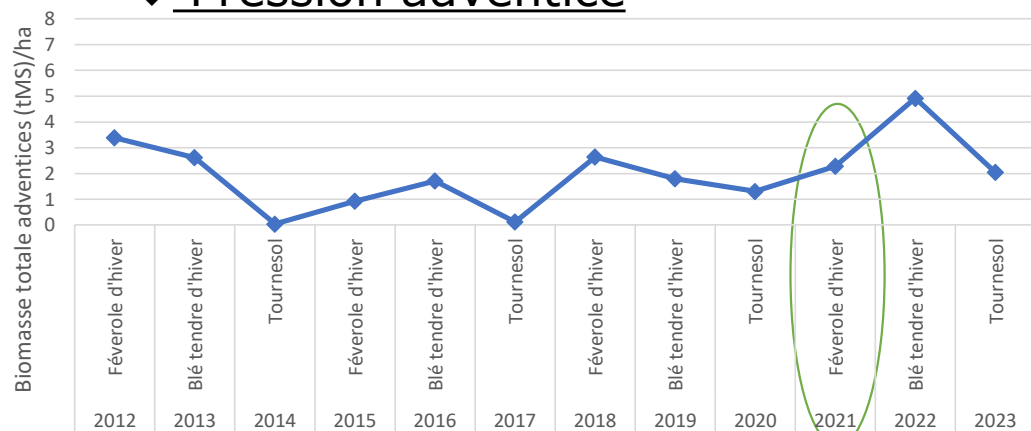


Evolution des bio-agresseurs

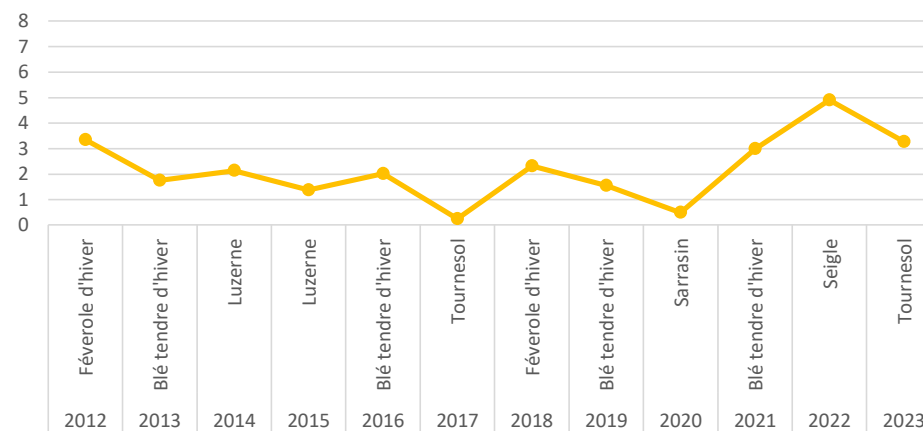


❖ Pression adventice

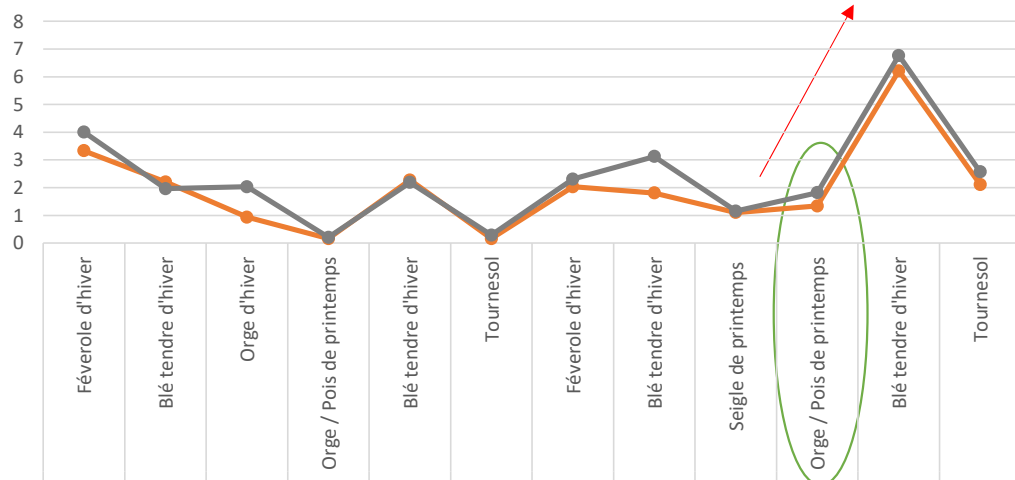
ROTATION COURTE



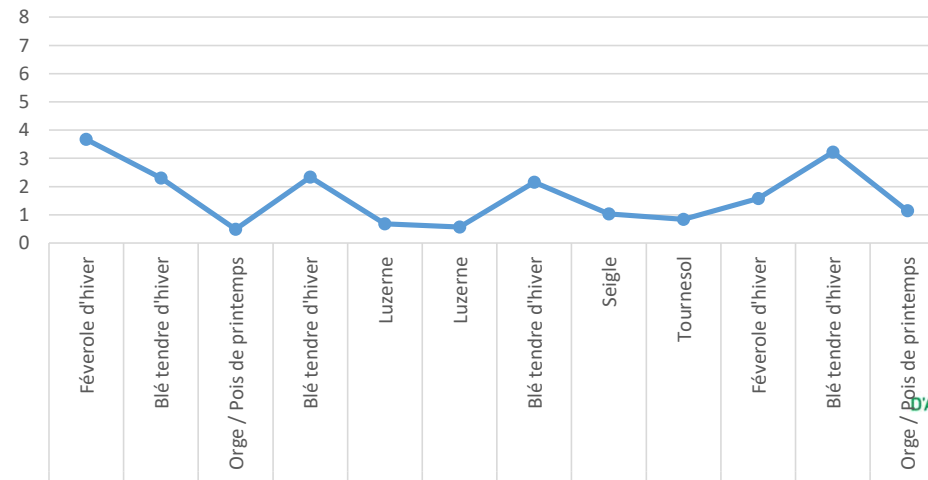
ROTATION TEST



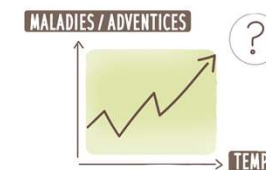
ROTATIONS 6 ANS ET 6 ANS + FERTI



ROTATION AVEC LUZ

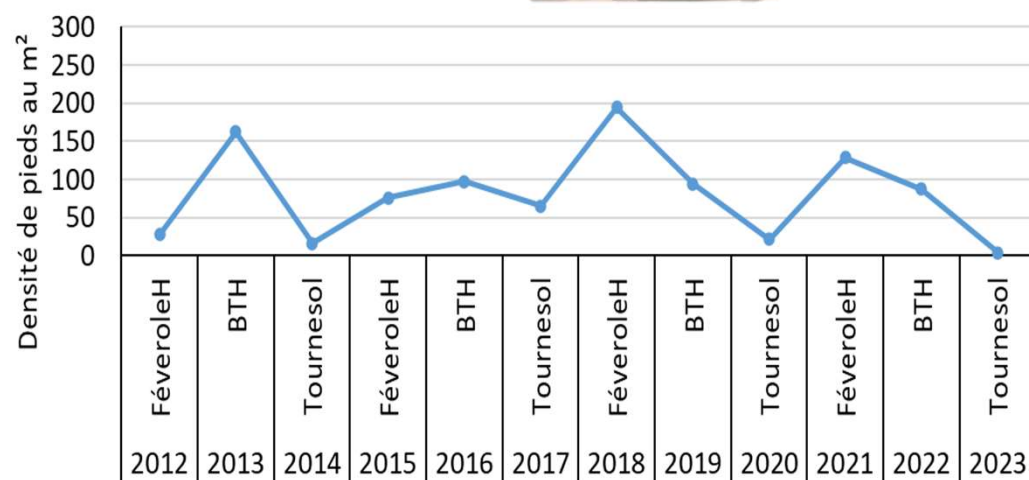


Evolution des bio-agresseurs

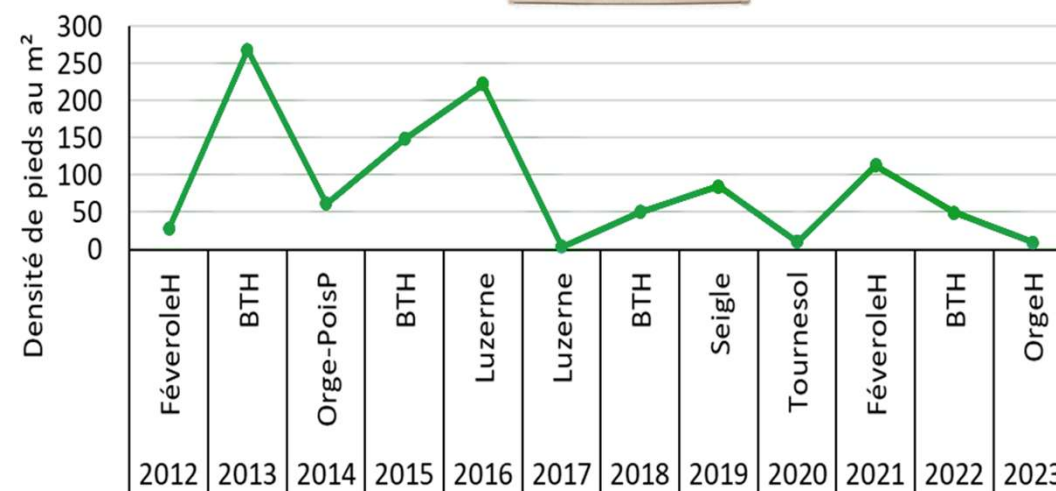


❖ Pression adventice : évolution de la Matricaire

COURTE

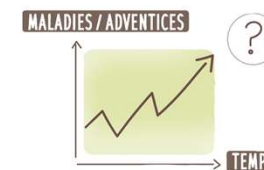


AVEC LUZ

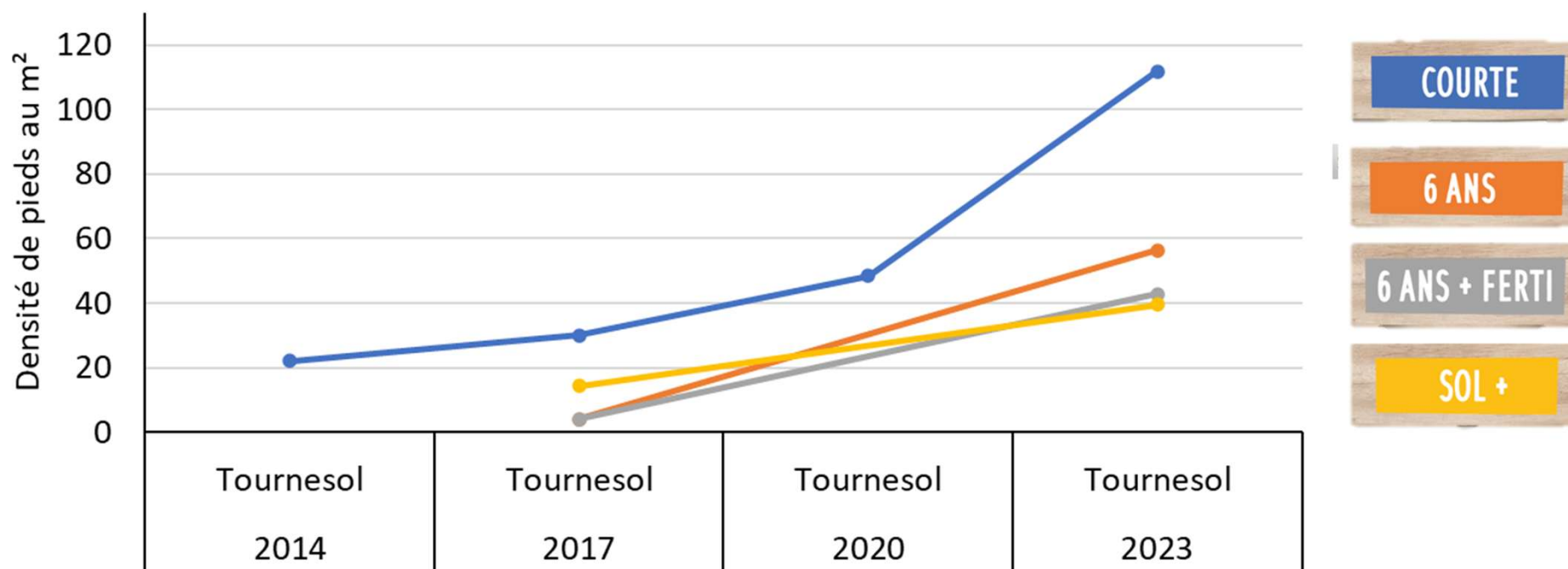


Bloc 1 - juillet 2012

Evolution des bio-agresseurs

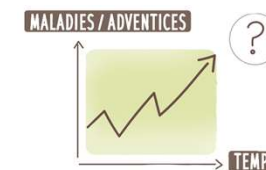


❖ Pression adventice : évolution du chénopode blanc dans les cultures de printemps



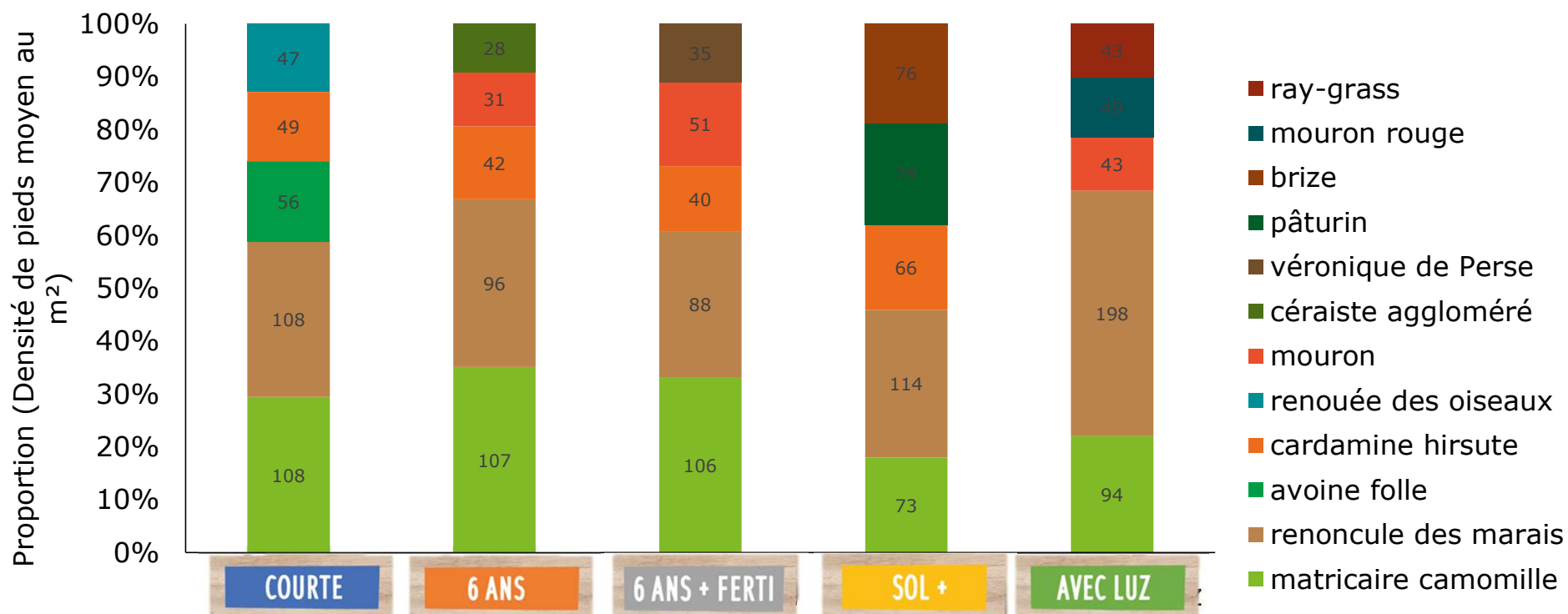
65

Evolution des bio-agresseurs



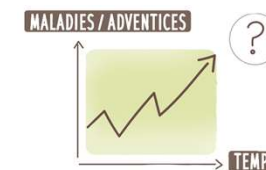
❖ Pression adventice

Proportion d'abondance des 5 espèces majoritaires dans les cultures d'hiver



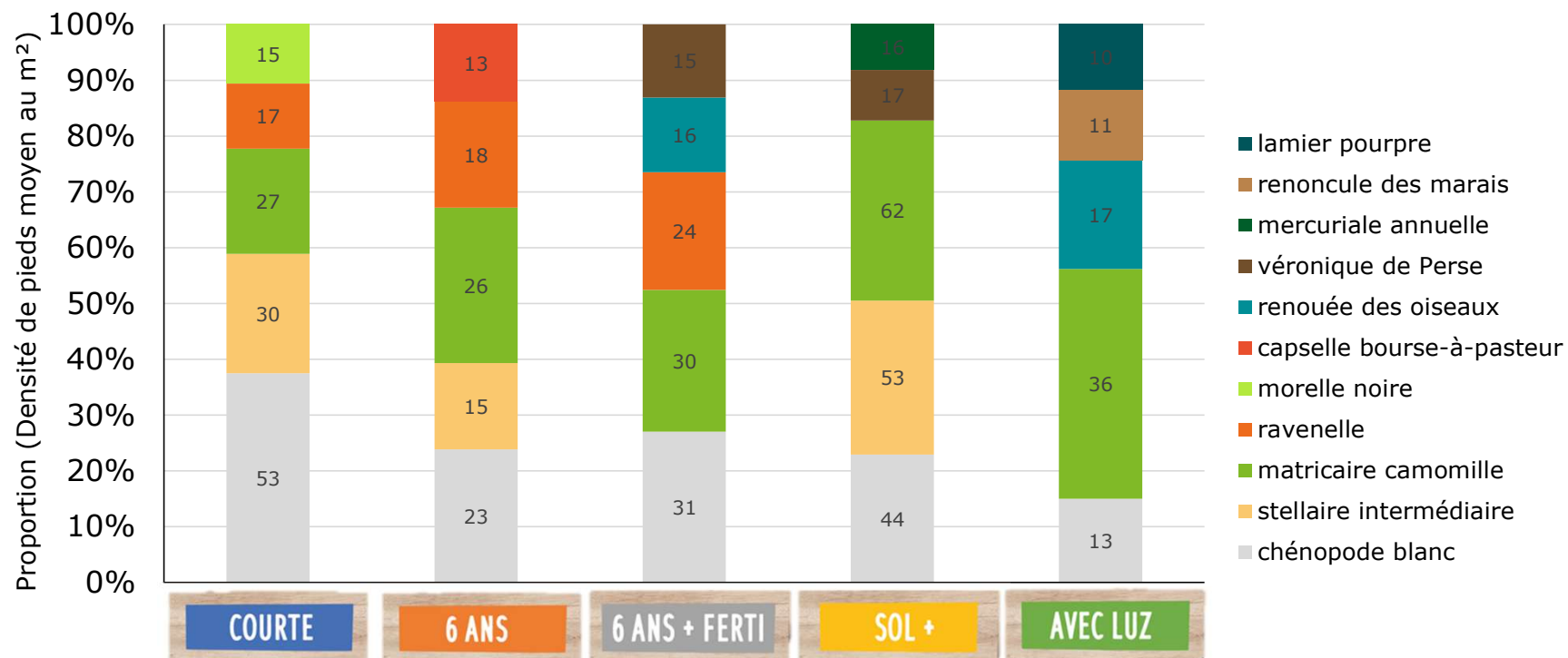
66

Evolution des bio-agresseurs



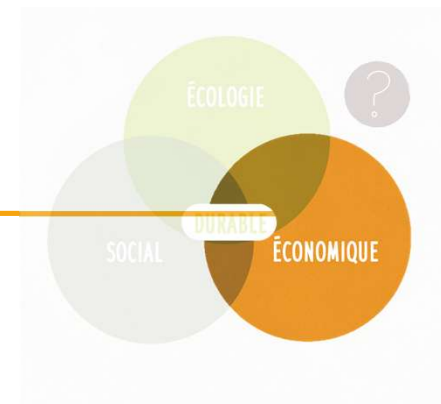
❖ Pression adventice

Proportion d'abondance des 5 espèces majoritaires dans les cultures de printemps

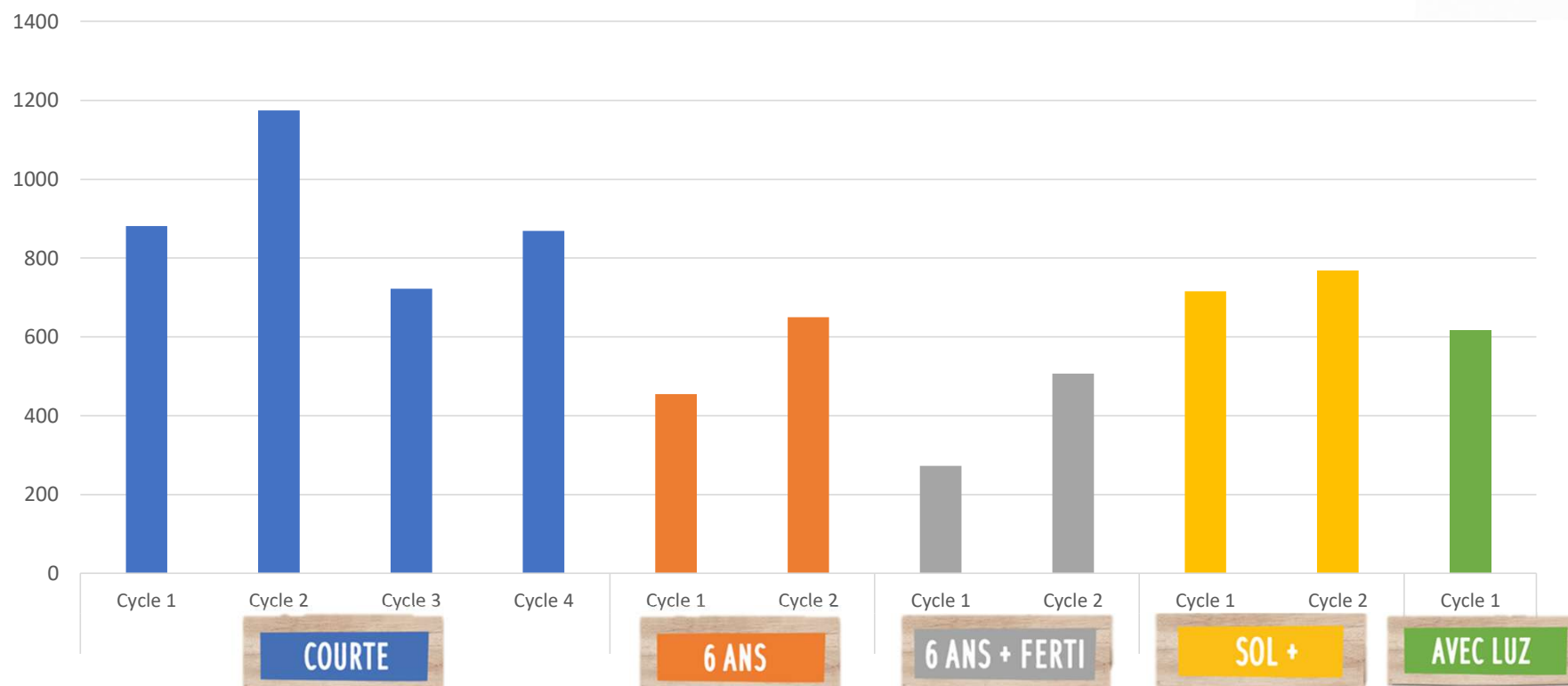


67

Analyse multicritères

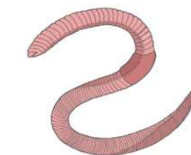


❖ Marge nette avec aide (€/ha)

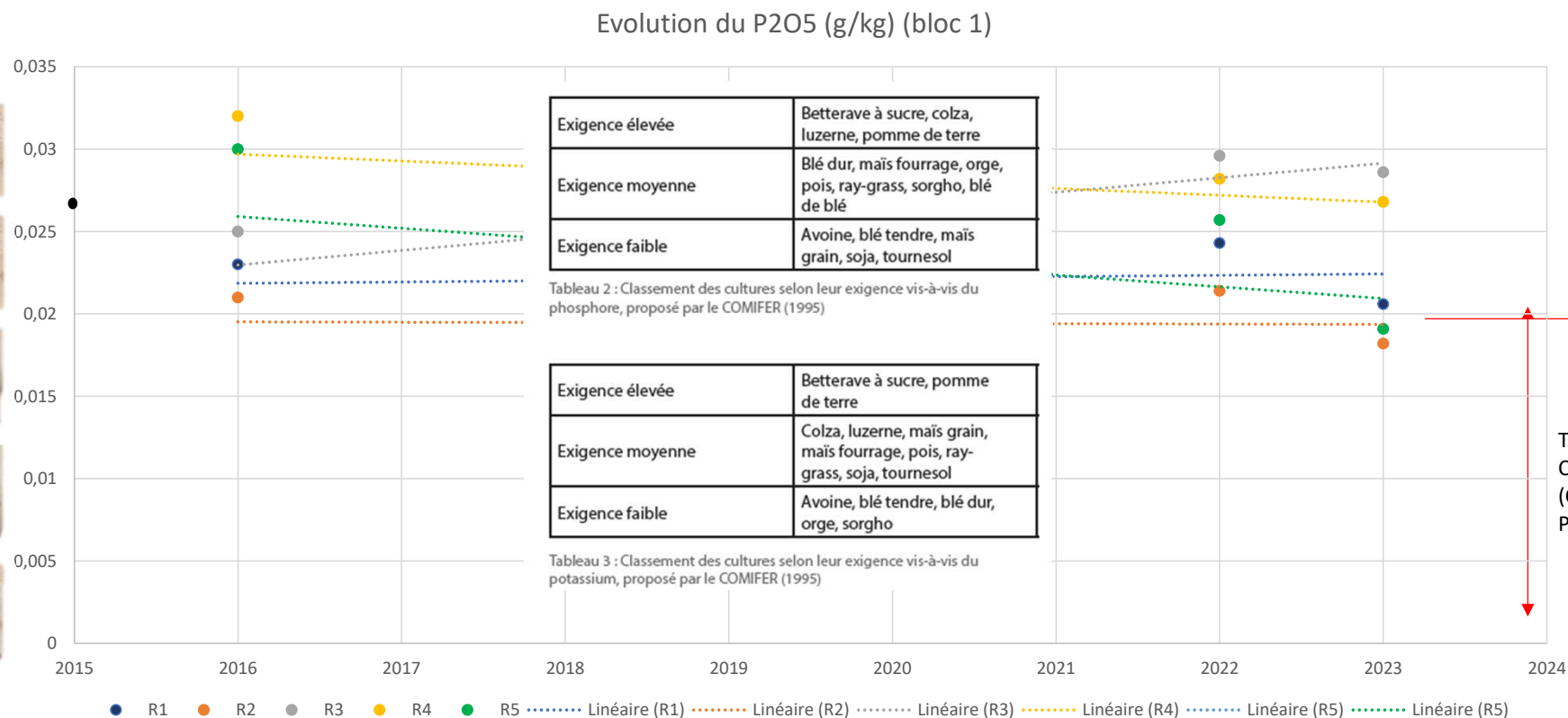


68

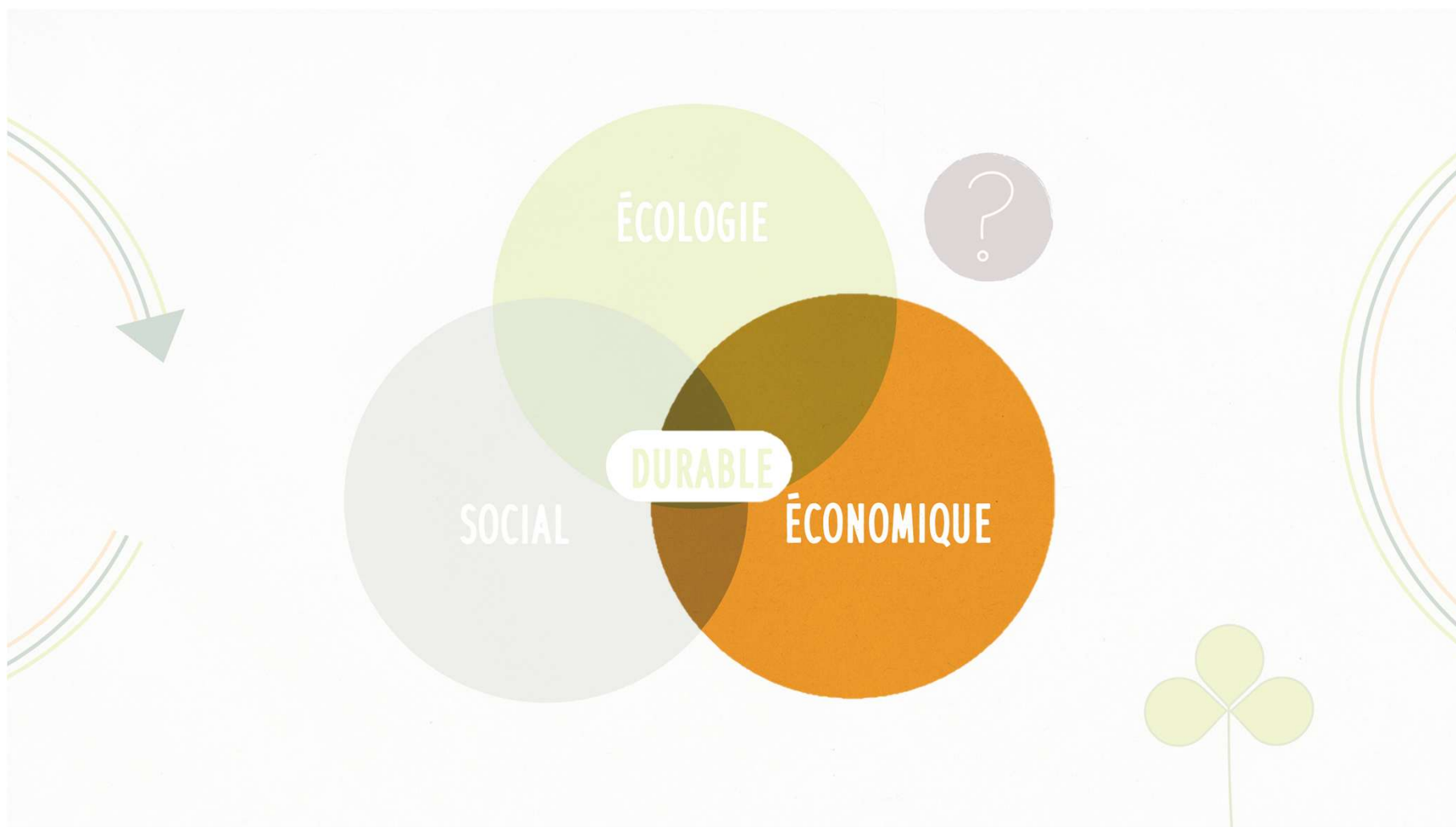
Evolution du Phosphore



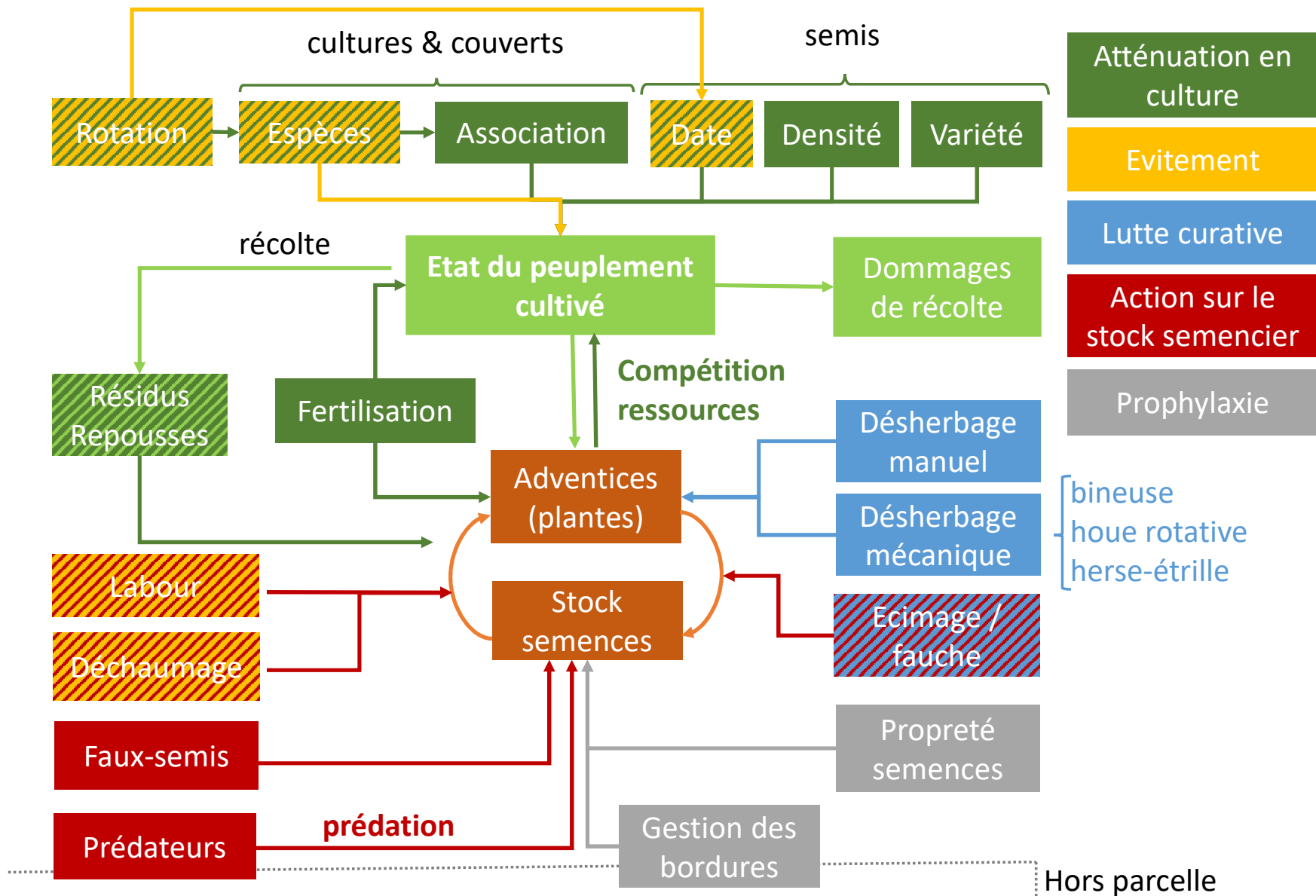
COURTE
6 ANS
5 ANS + FERTI
SOL +
AVEC LUZ



T renforcé
Cultures peu exigeantes
(Comifer)
P2O5 Olsen



Marge nette = Produit brut (ventes) - Charges op (achats) – charges méca – Salaires – MSA – fermage – charges div (assurances, élec...)





**Objectif**
Limiter la compétition des adventices avec les cultures

**Indicateurs**

- Maintien une récolte propre, sans impuretés
- Pas de montée à graines des adventices
- Contenir le développement des adventices

problématiques sur le site : matricaire et ravenelle

**Principales adventices à gérer**
Les plus problématiques : matricaire camomille et ravenelle
Majorité de dictotylédones : renoncule des marais, stellaire intermédiaire, véronique de Perse, céraiste aggloméré, chénopode blanc
Peu de graminées : pâturin commun, jonc des crapauds
Vivaces : rumex

Rotation 1

