



3^{èmes} rencontres
des grandes cultures **BIO**
7 novembre 2023 - Paris 3^e

Les couverts végétaux : une solution agroécologique face aux défis de la production

Coordination : Enguerrand BUREL



itab

l'Institut de l'agriculture
et de l'alimentation biologiques

Les couverts végétaux : une solution agroécologique face aux défis de la production

**Michaël
GELOEN**
Terres Inovia

Quelle place pour les couverts végétaux dans les systèmes en AB?

**Mathieu
MARGUERIE**
Arvalis

Quelle faisabilité des couverts, demain, dans le cadre du changement climatique ?

**Hélène
TRIBOUILLOIS**
Terres Inovia

Comment optimiser les services rendus par les couverts?



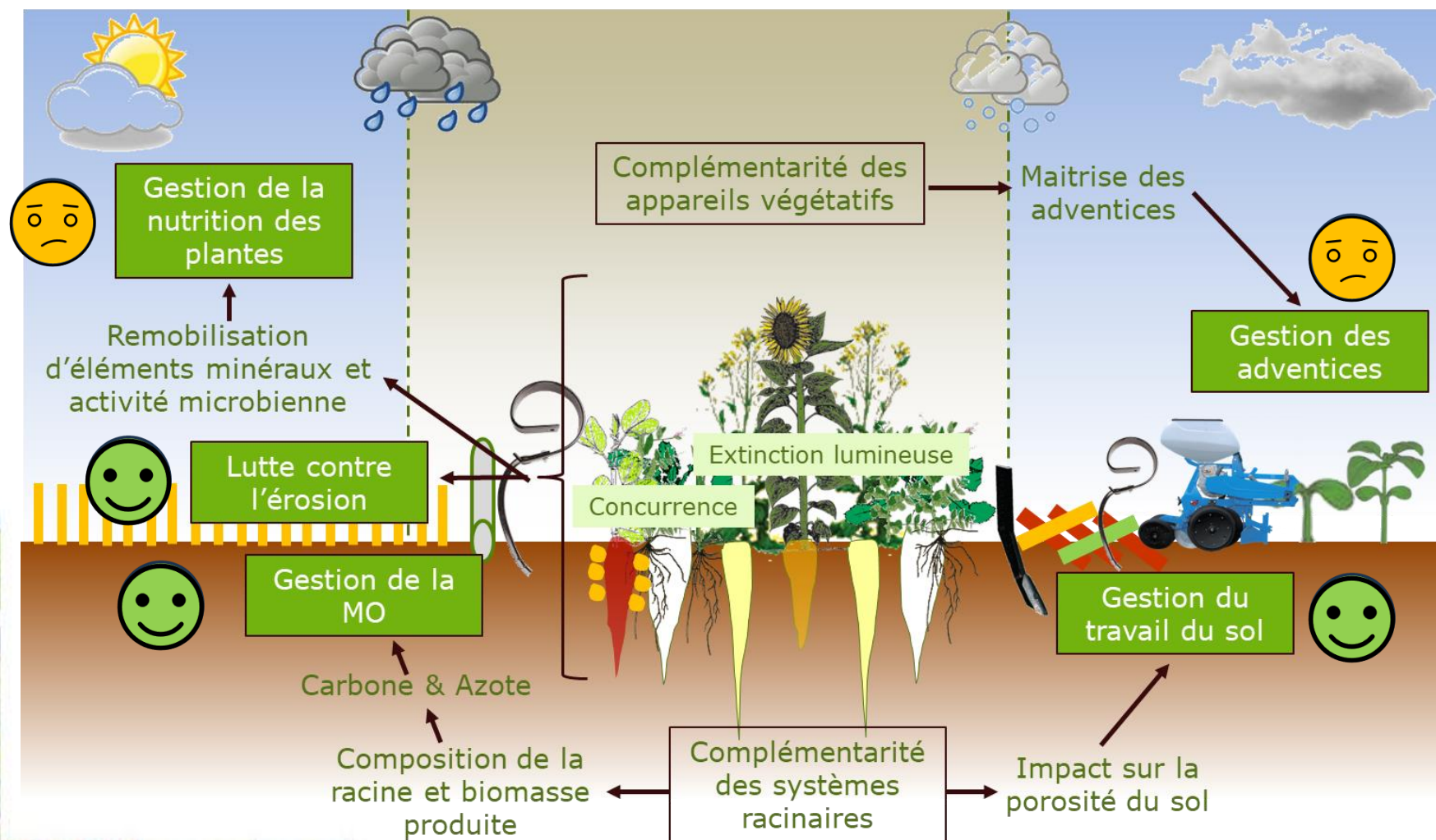


3^{èmes} rencontres
des grandes cultures **BIO**
7 novembre 2023 - Paris 3^e

Quelle place des couverts végétaux dans les systèmes en AB ?

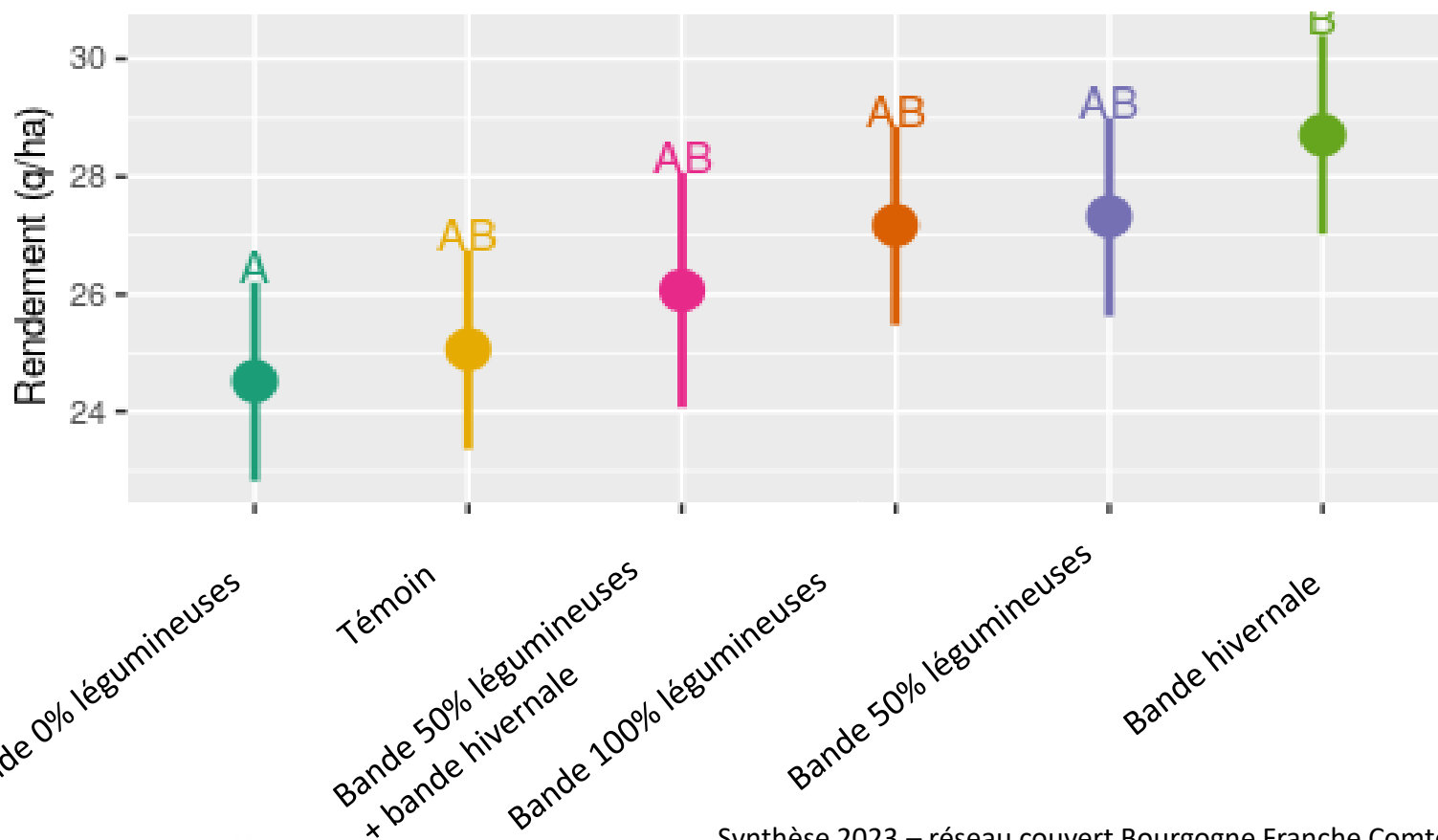
Michael GELOEN & Benjamin DELHAYE

Démarche globale des couverts en AB



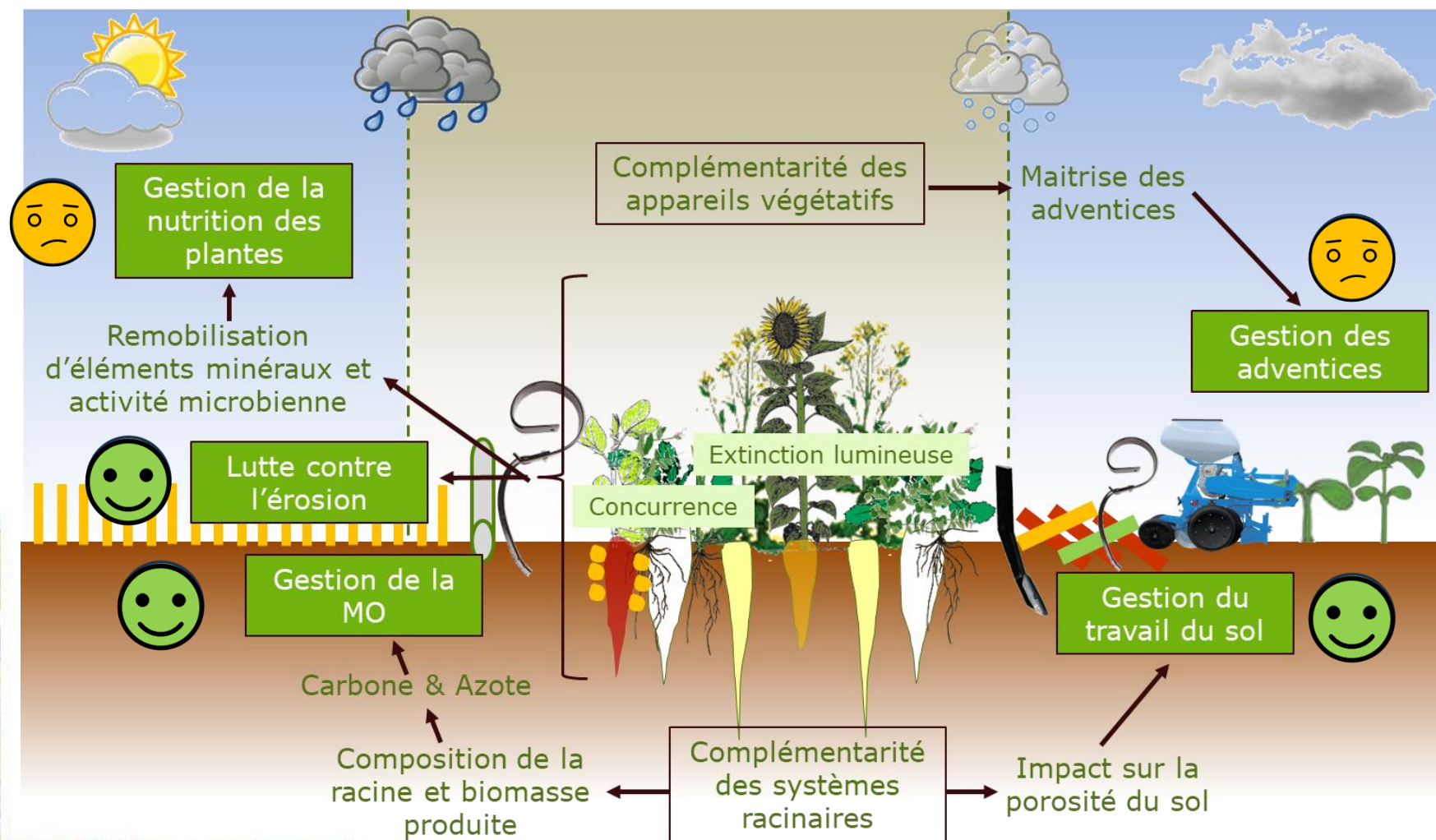
Démarche globale des couverts

Des effets sur le rendement du tournesol pas toujours visibles (gain de 10%)



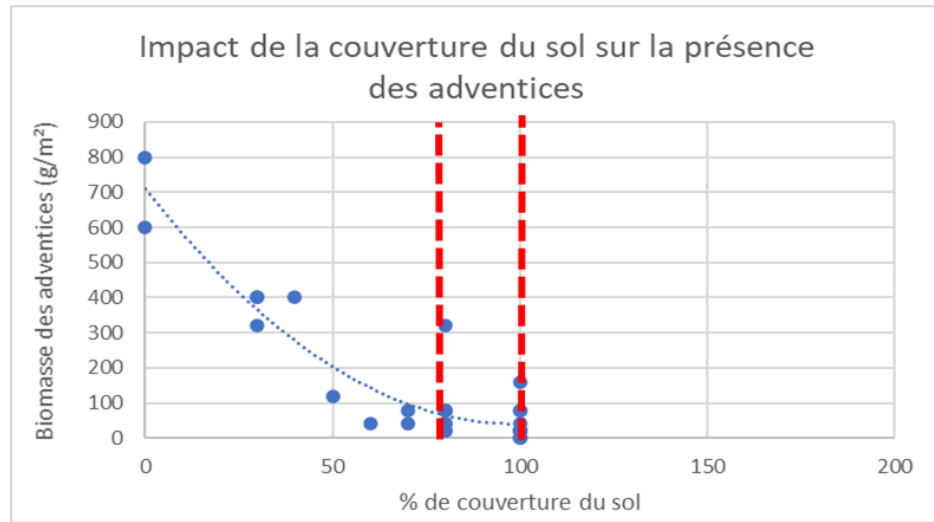
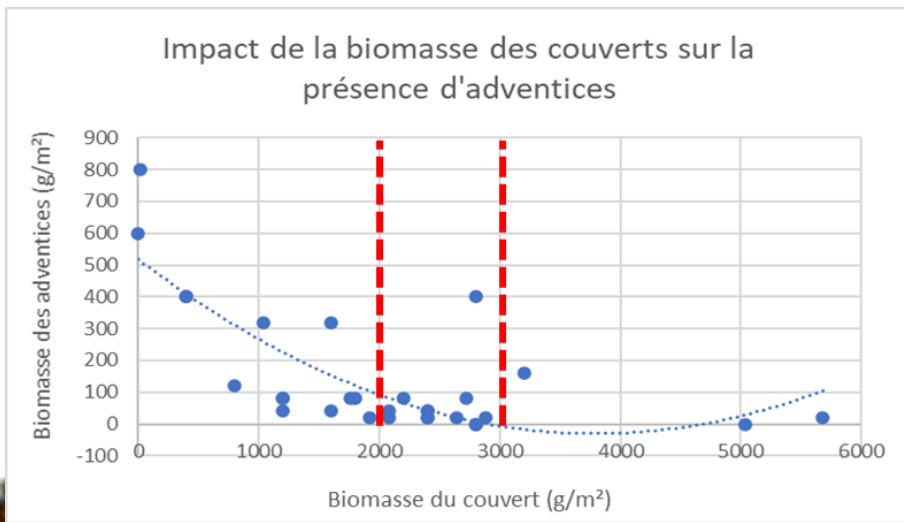
Synthèse 2023 – réseau couvert Bourgogne Franche Comté

Démarche globale des couverts en AB



Démarche globale des couverts

Des effets sur la gestion des adventices non garantie !



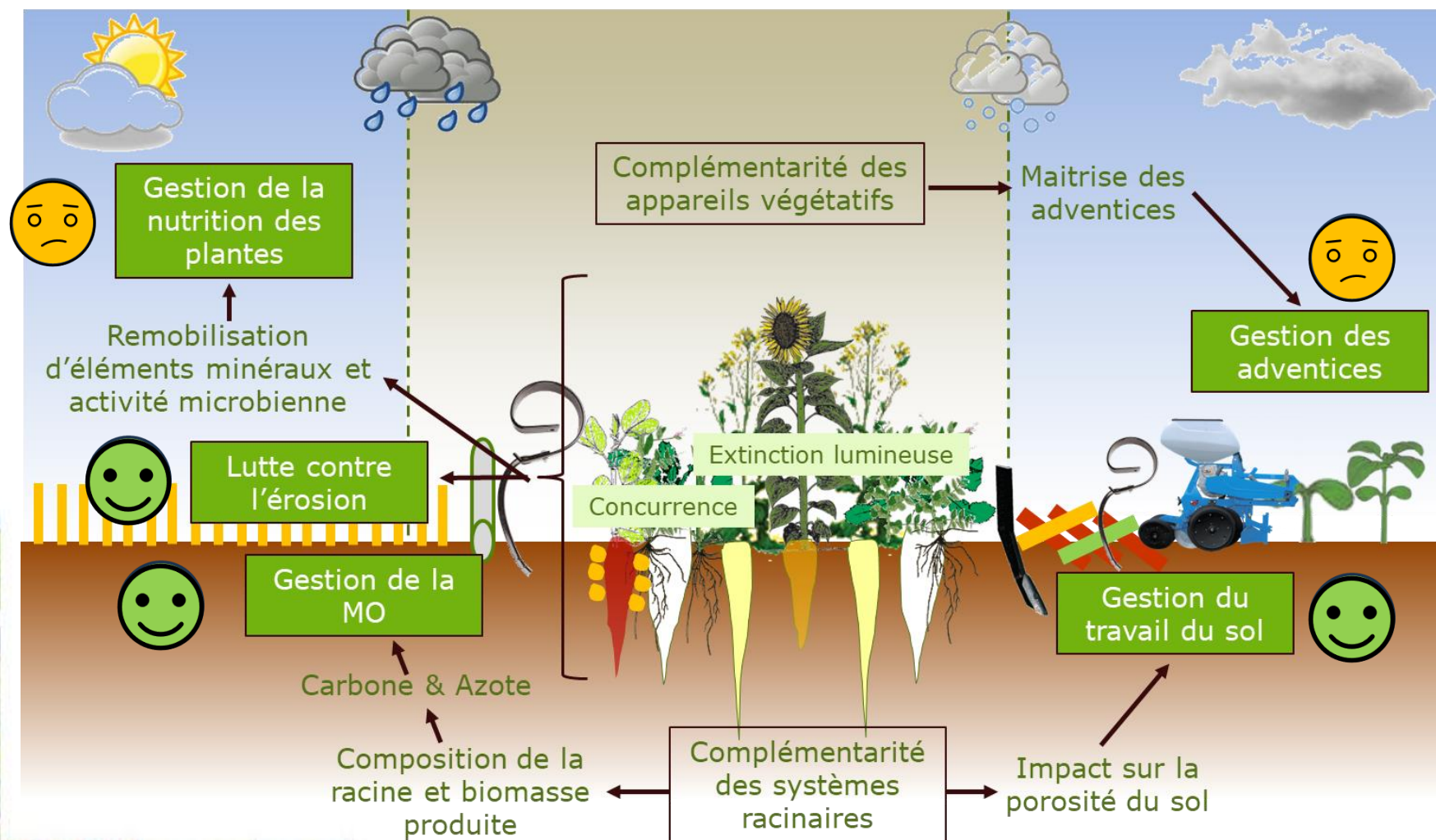
Source : Terres Inovia / GIEE Magellan

Viser un minimum de biomasse de 3 T MS/ha et/ou 85% de couverture en interculture pour avoir un effet sur la concurrence vis-à-vis des adventices.

Peu d'effet sur des adventices vivaces (chardon, rumex) ou des adventices avec des époques de levées postérieure à la destruction du couvert (automnale / printanière).

Dans les parcelles avec des problématiques adventices, privilégier le travail du sol en interculture pour limiter le stock semencier.

Démarche globale des couverts en AB



Démarche globale des couverts

EFFETS SUR LE SOL

Semis direct

Sol nu



Avec couvert
annuel



Avec couvert
annuel + relai



TCS



Démarche globale des couverts

EFFETS SUR LE SOL

Sol nu

Avec couvert
annuel

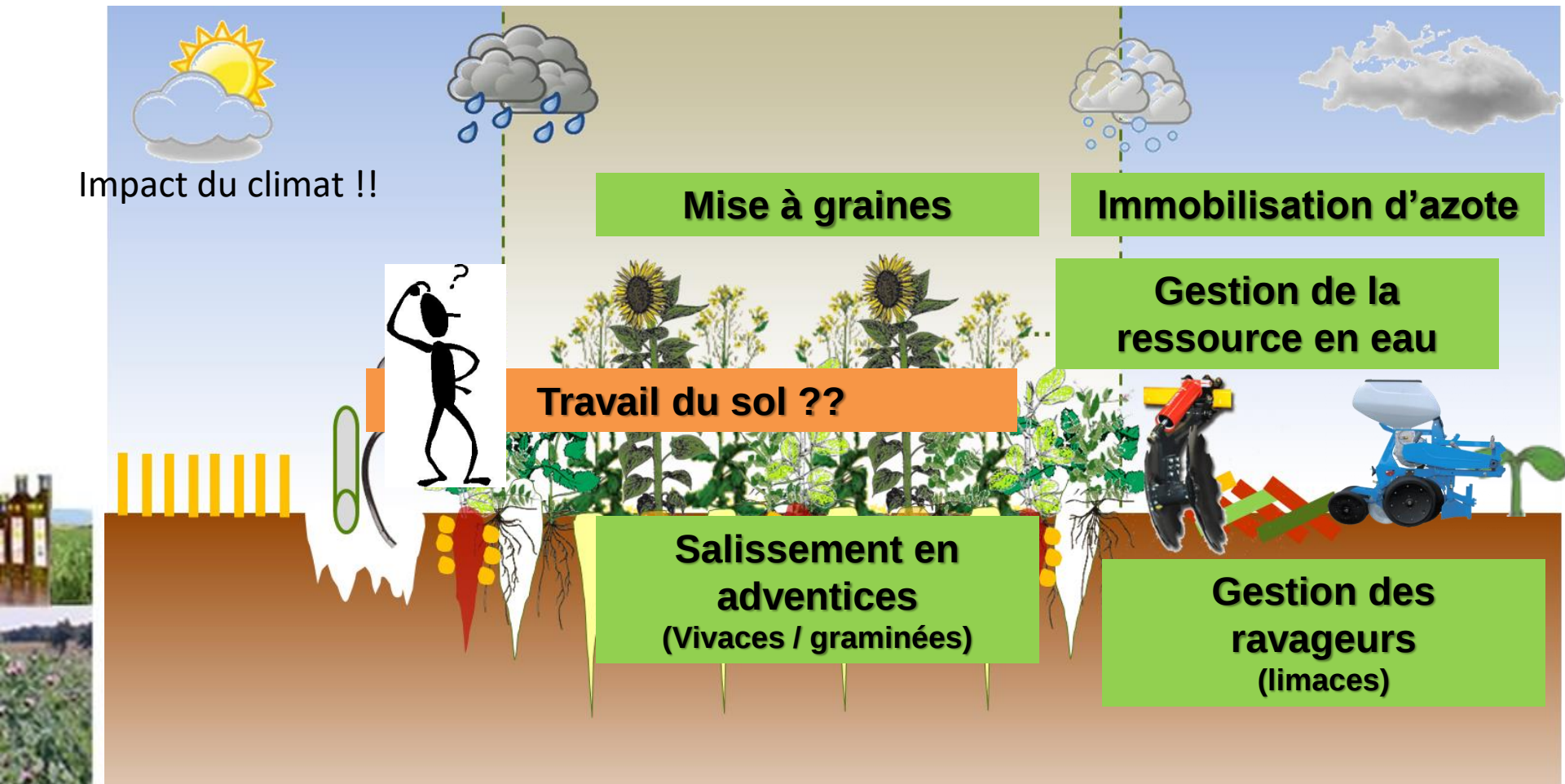
Avec couvert
annuel + relai

Semis direct

TCS



Les points de vigilance



RDD intégration des couverts

Ma parcelle est propre

NON

Cultures de printemps tardives
(soja, tournesol, sarrasin, ...)

Cultures de printemps
précoces (pois, féverole,
orge, ...)

OUI

Couvert précoce

Couvert tardif

**Pas de couvert
conseillé**

*Gestion mécanique
de l'interculture*

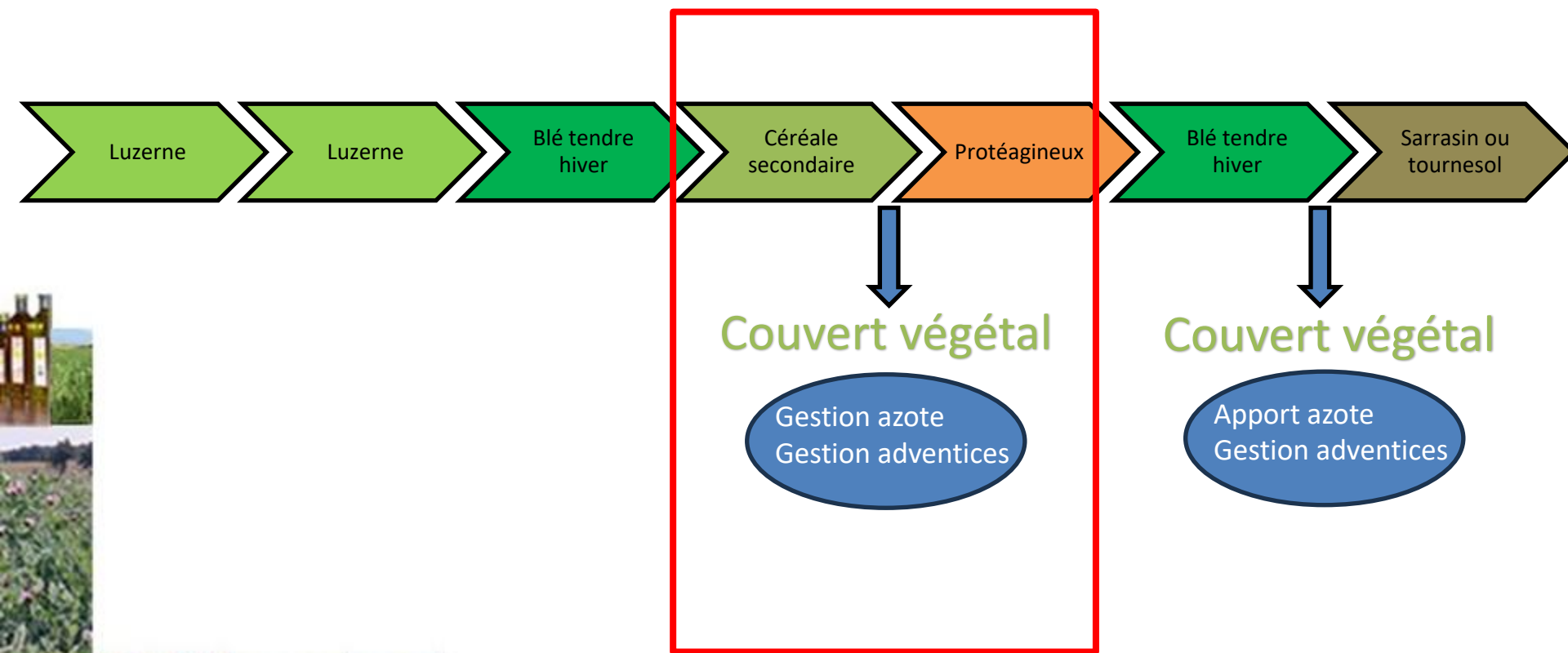
*Gestion mécanique
de l'interculture*

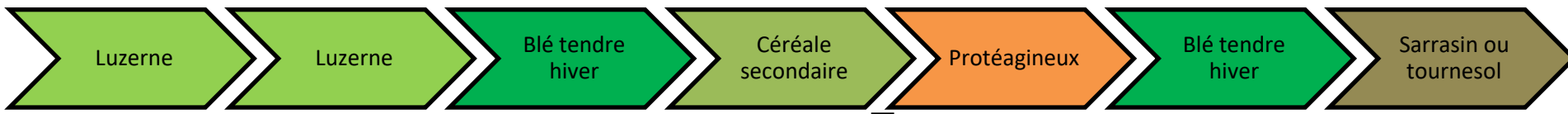


Intégration dans une rotation

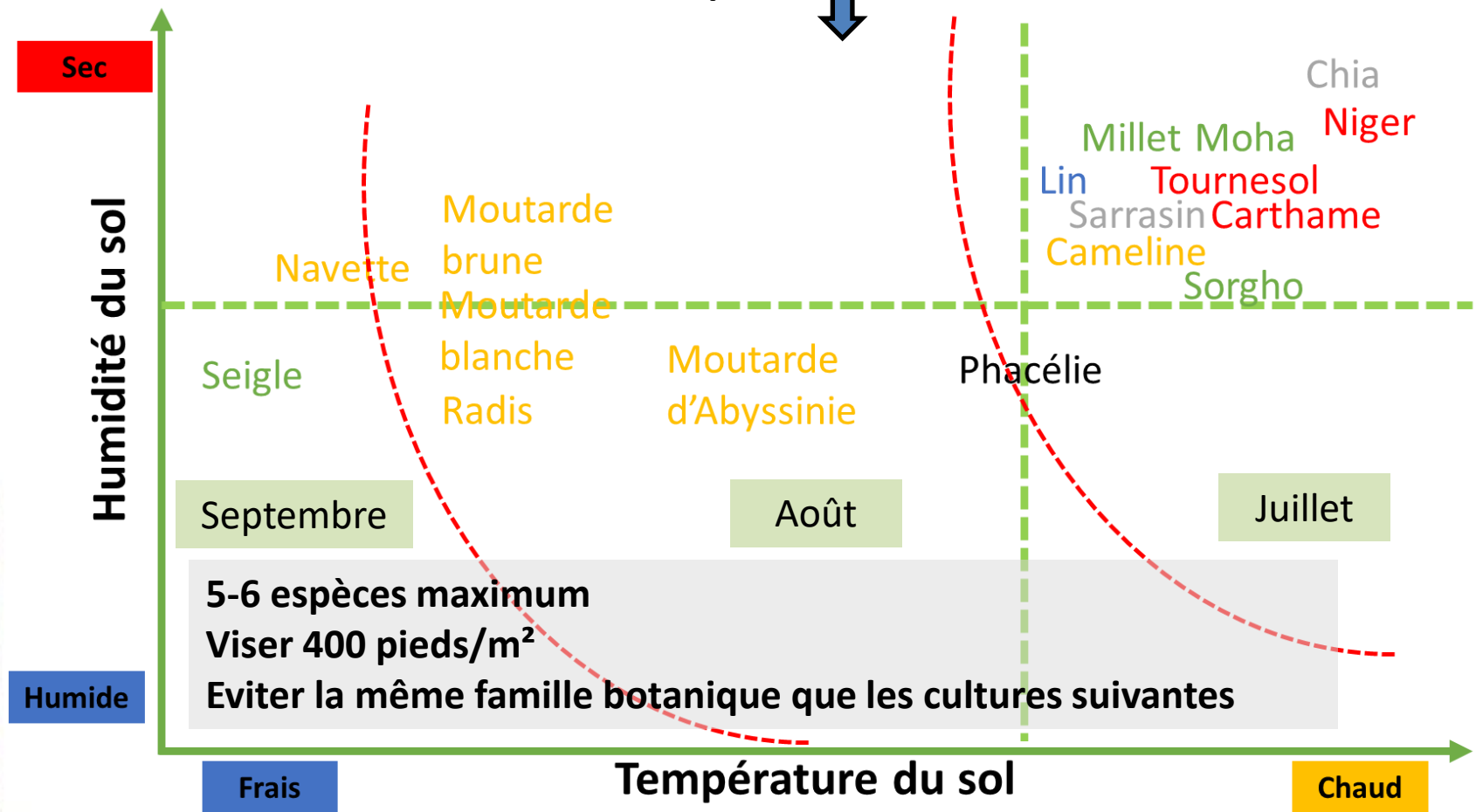
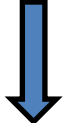
Un couvert réussi = un couvert qui réponds aux attentes de l'agriculteur !

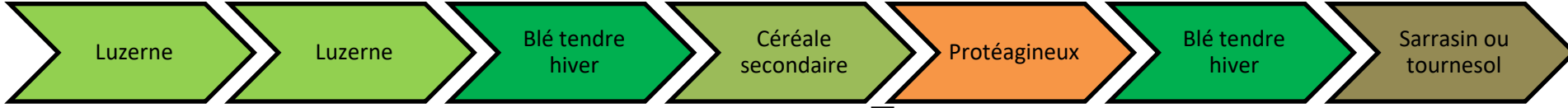
Exemple d'une rotation en grandes cultures en Bourgogne Franche Comté





Choix des espèces





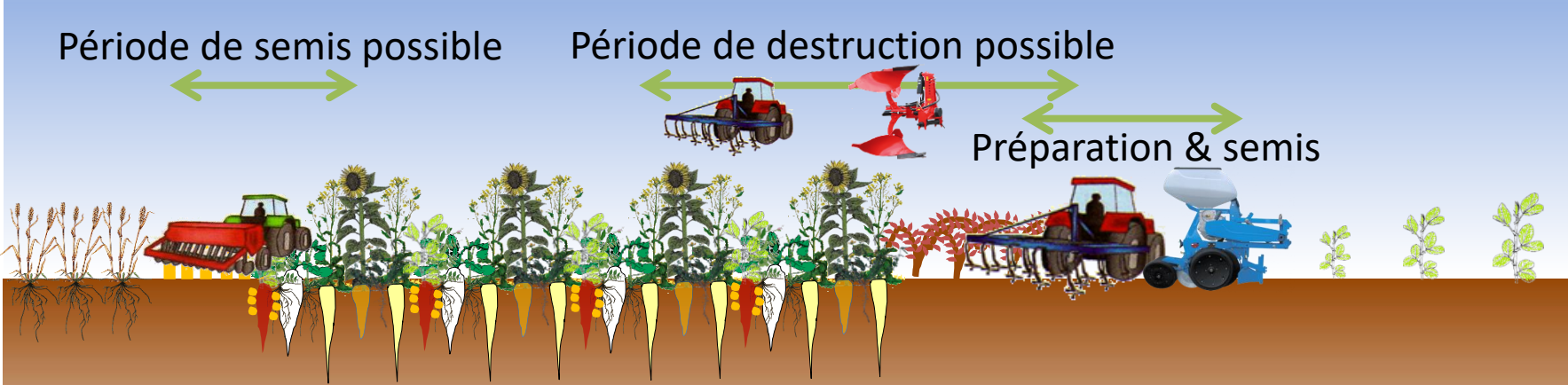
Semis du couvert



Culture de printemps : précoce (pois, féverole)

Niveau de salissement de la parcelle : faible 😊

Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
------	---------	------	-----------	---------	----------	----------	---------	---------	------	-------	-----

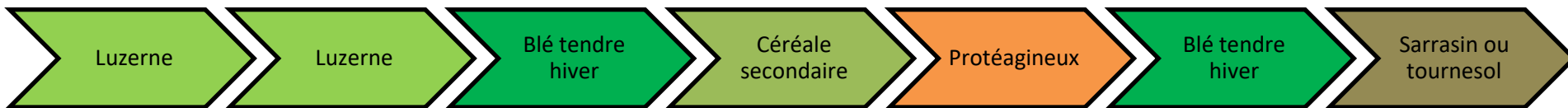


Destruction avant la mise à fleurs -> limite l'effet immobilisation (adapter la date de semis à la précocité du couvert : attention au sarrasin !!).

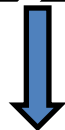
Destruction 2 mois avant l'implantation de la culture suivante (moins de gène au semis + gestion des ravageurs).



Terres Inovia
l'agronomie en mouvement

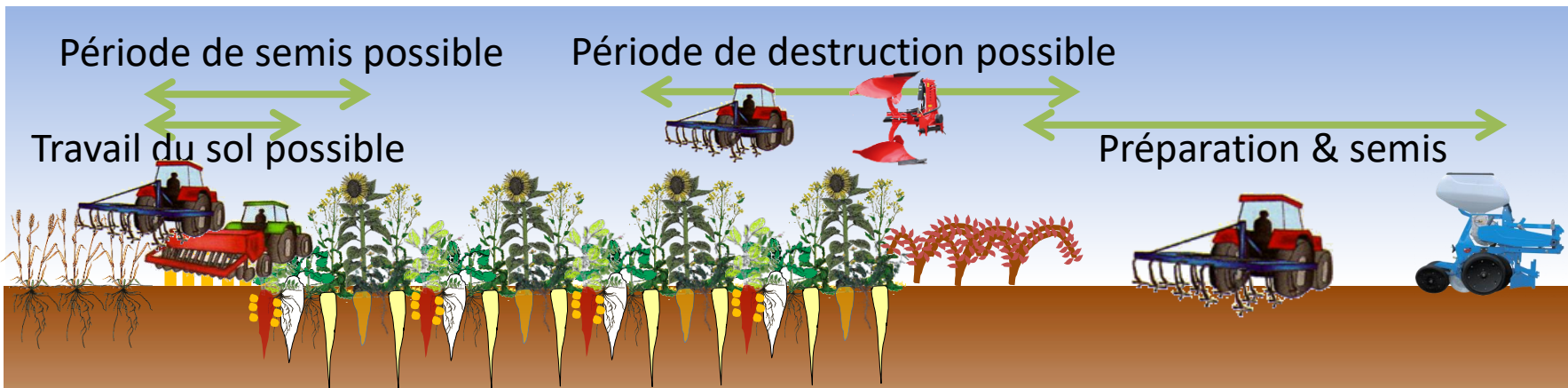


Semis du couvert



Culture de printemps : tardif (soja)

Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
------	---------	------	-----------	---------	----------	----------	---------	---------	------	-------	-----



Semer le couvert le plus tard possible (août / septembre) :

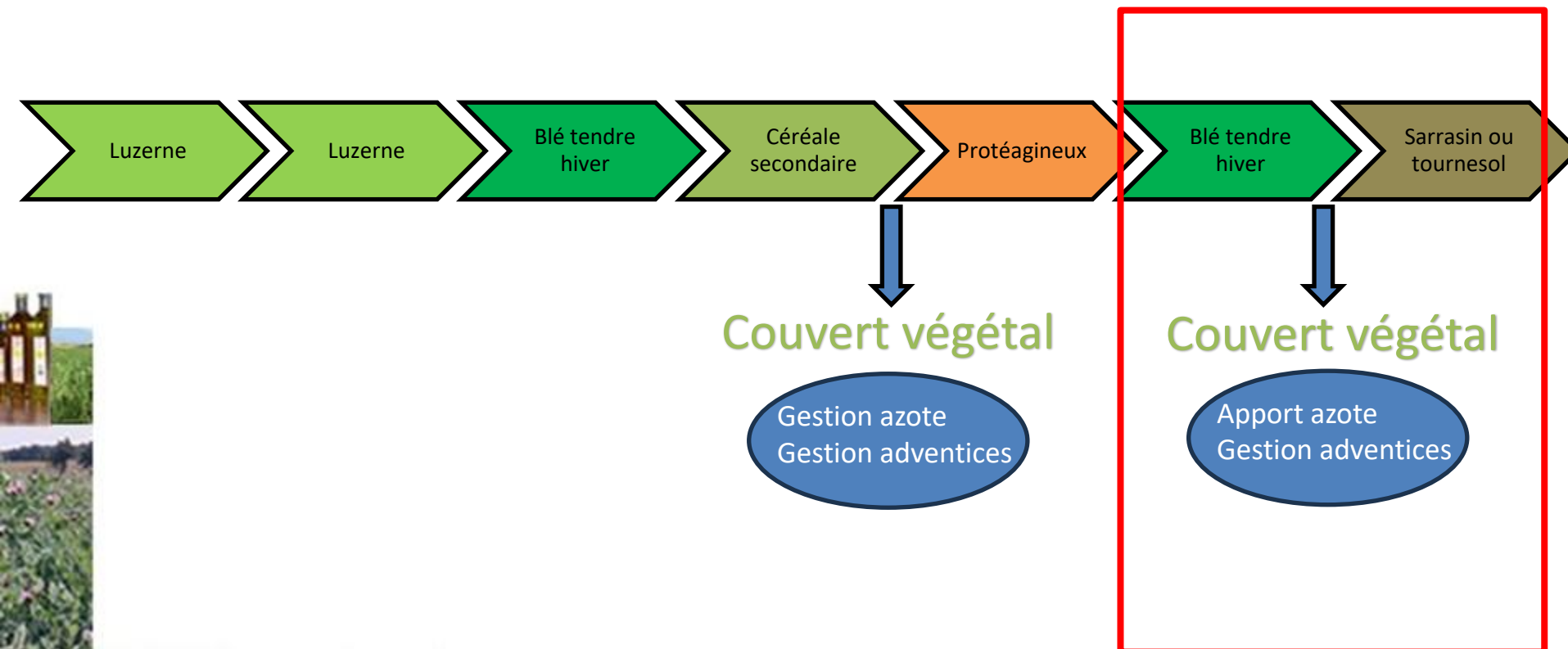
- semis au retour de conditions plus favorables ? (humidité et température)
- travail du sol possible en interculture pour gérer les adventices (vivaces),
- conserver des couverts à C/N bas : limite l'immobilisation au détriment de la culture

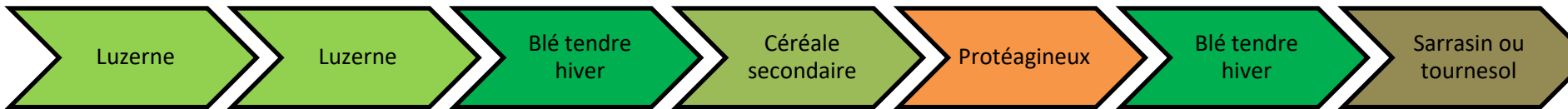
suivante

Intégration dans une rotation

Un couvert réussi = un couvert qui réponds aux attentes de l'agriculteur !

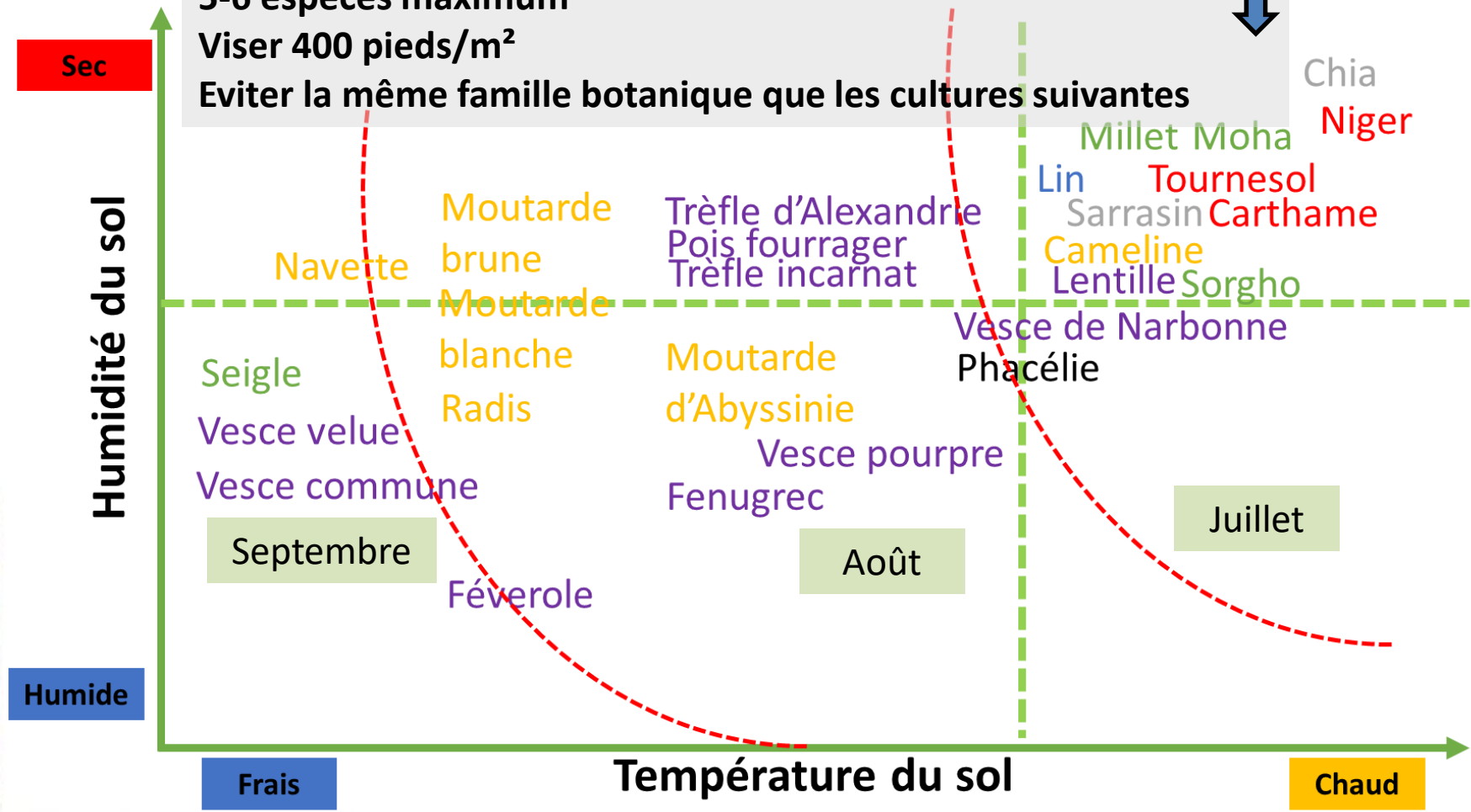
Exemple d'une rotation en grandes cultures en Bourgogne Franche Comté

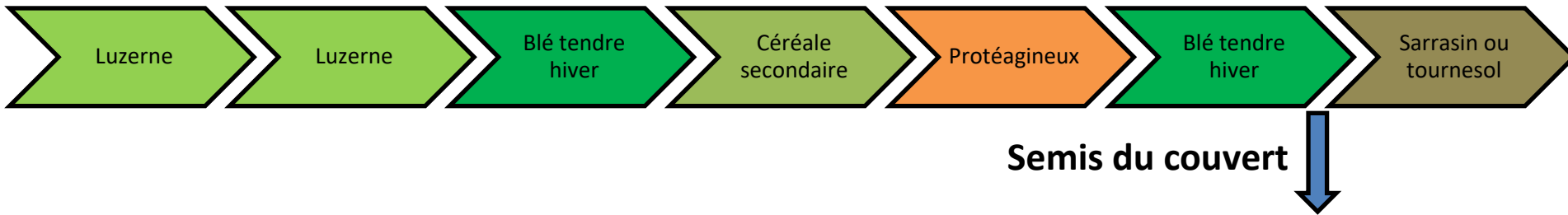




Choix des espèces

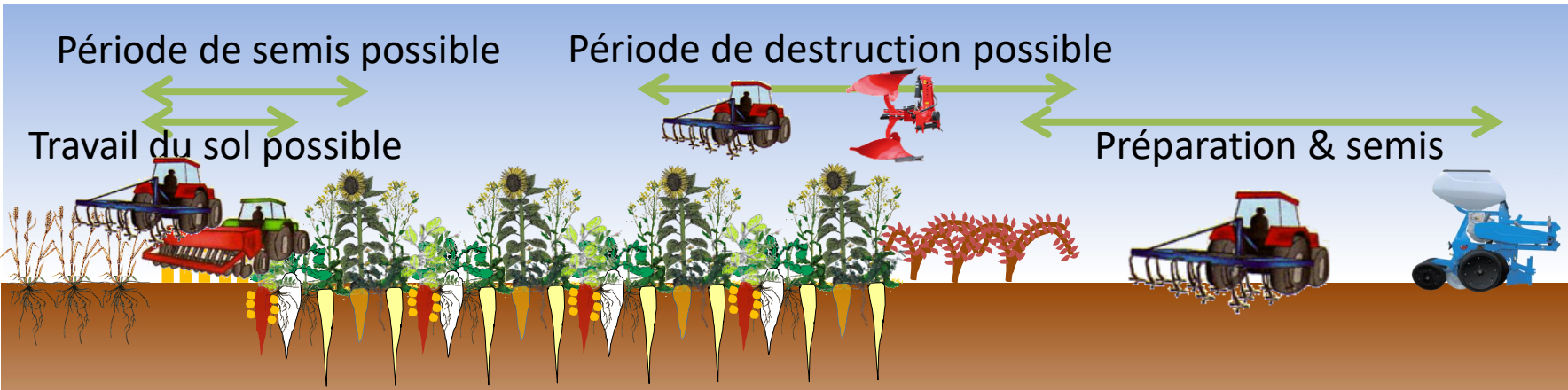
5-6 espèces maximum
Viser 400 pieds/m²
Eviter la même famille botanique que les cultures suivantes





Culture de printemps : tardif (Sarrasin ou tournesol)

Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
------	---------	------	-----------	---------	----------	----------	---------	---------	------	-------	-----

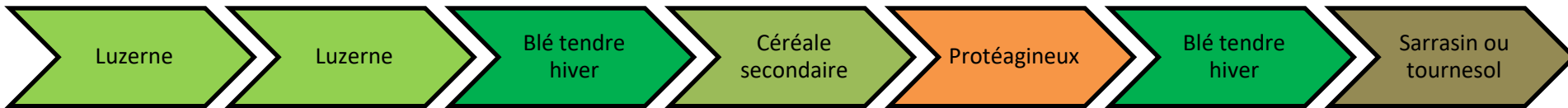


Semer le couvert le plus tard possible (août / septembre) :

- semis au retour de conditions plus favorables ? (humidité et température)
- travail du sol possible en interculture pour gérer les adventices (vivaces),
- conserver des couverts à C/N bas : limite l'immobilisation au détriment de la culture

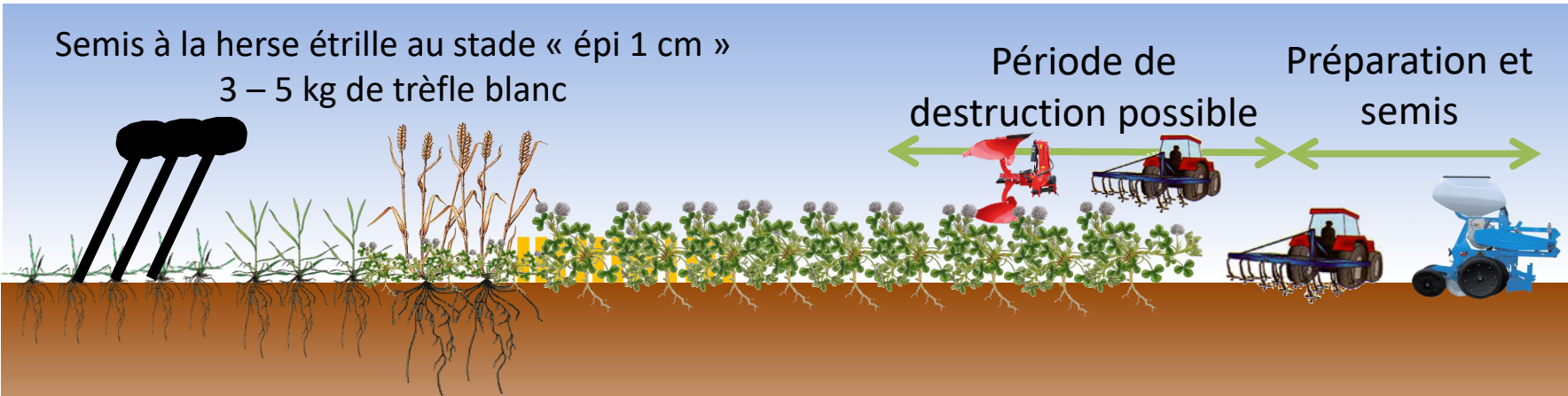
suivante





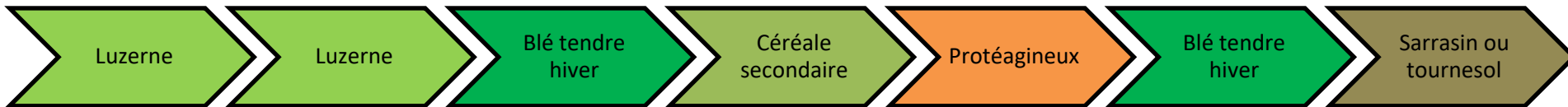
Semis du couvert de légumineuses fourragères
Exemple : trèfle blanc

Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre - février	Mars	Avril	Mai
------	-------	-----	------	---------	------	-----------	-------------------	------	-------	-----



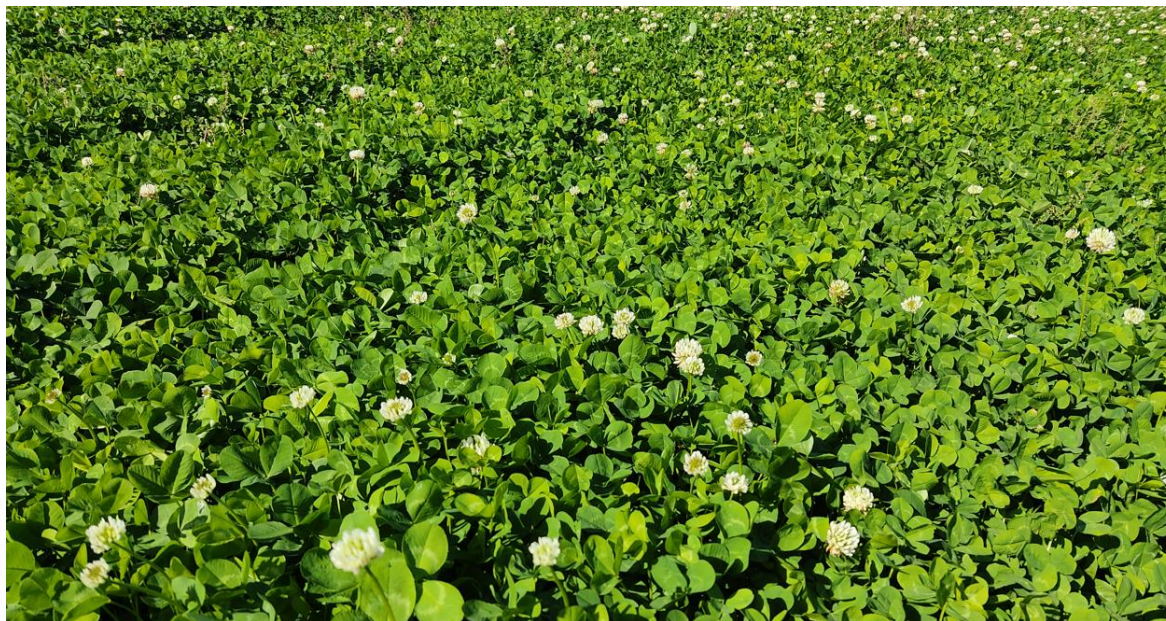
- Dynamique de libération de l'azote mieux valorisée en cultures de printemps qu'en culture d'hiver (céréales) -> 50 à 80 uN/ha selon la biomasse de la légumineuse,
- Bon effet étouffement des adventices en interculture





Semis du couvert de légumineuses fourragères

Exemple : trèfle blanc



Essai couvert permanent en AB (Terres Inovia & GIEE Magellan).

Bonne couverture du trèfle blanc (implantation N-1 / photo en octobre). Trèfle de 15 à 20 cm de hauteur.

Bon effet sur le maintien de la structure du sol.

Conclusion

- L'intégration des couverts végétaux est possible en AB et offre de nombreux bénéfices notamment sur le sol,
- Mais il convient de bien les intégrer au regard des facteurs limitants de la parcelle, notamment la gestion des adventices.
- Les cultures de printemps tardives offrent l'avantage de pouvoir travailler le sol en interculture et implanter un couvert plus tardif.



Merci pour votre attention



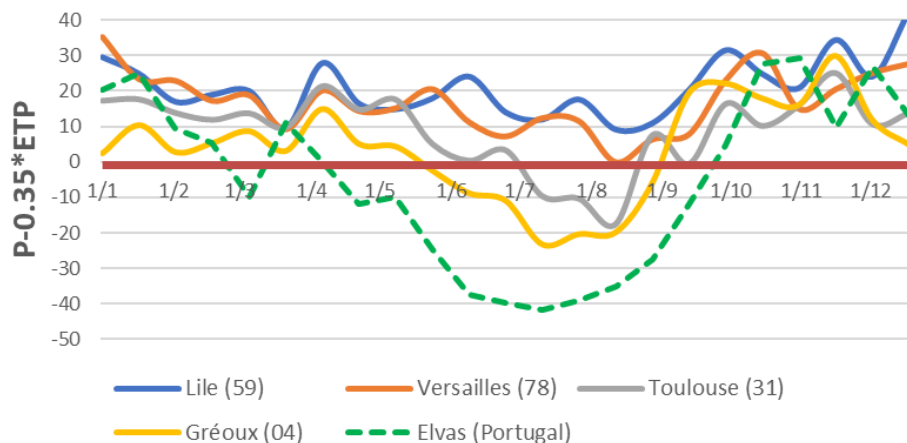


Quelle faisabilité des couverts, demain,
dans le cadre du changement climatique ?

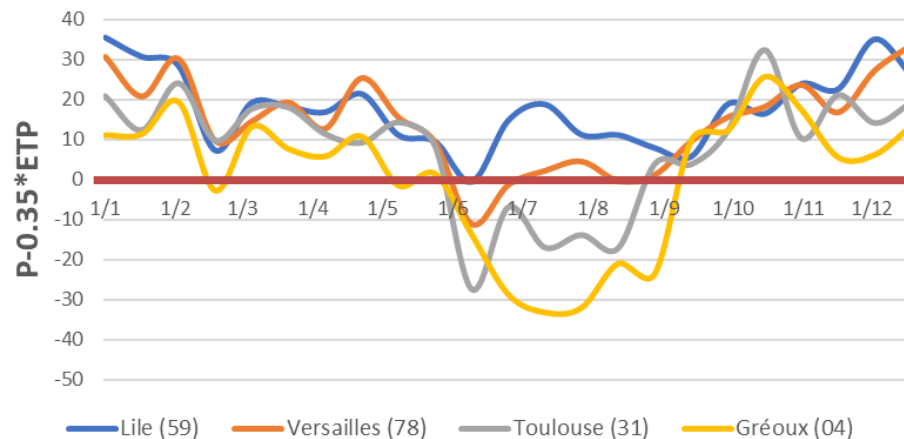


Des créneaux « classiques » d'implantation des couverts en passe d'être dépassés ?

Cumul de pluies efficaces ($P-0.35*ETP$)
1985-2005 modèle Aladain



Cumul de pluies efficaces ($P-0.35*ETP$)
2040-2060 modèle Aladain (scénario 4.5)



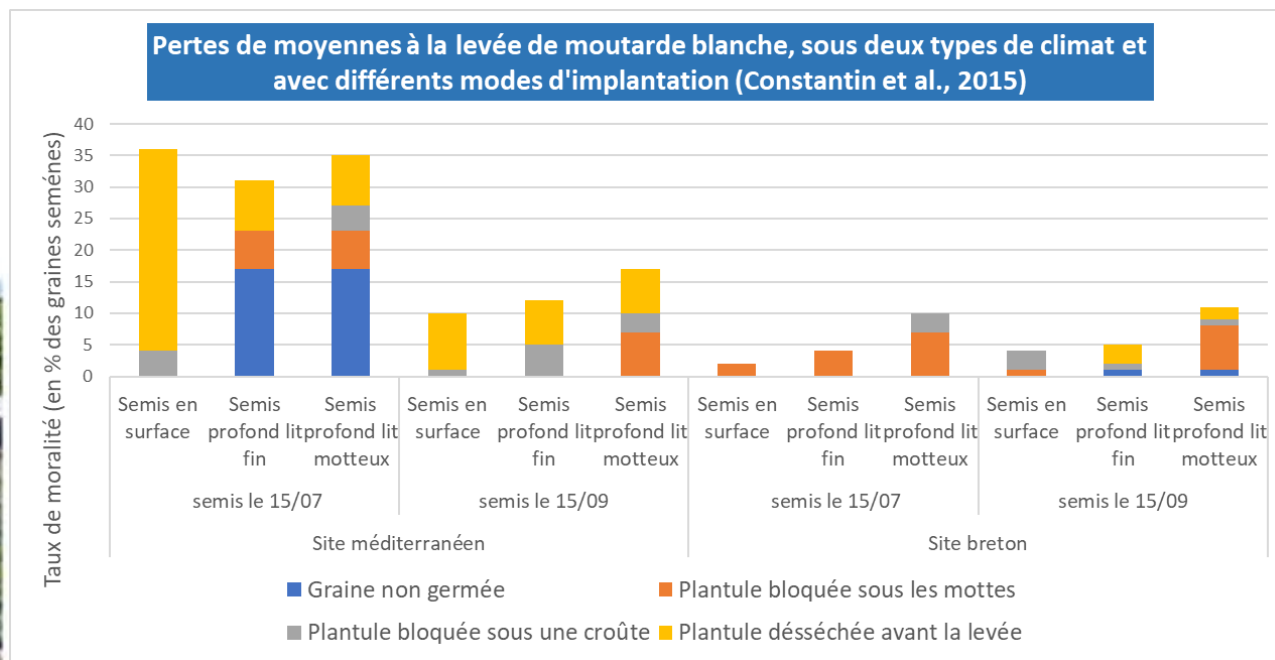
Sol RU 100 mm

- Vers de très grandes difficultés à semer des couverts estivaux :
 - Extension et aggravation des périodes de stress hydriques estivales.
 - Forte augmentation des risques dans la moitié nord.



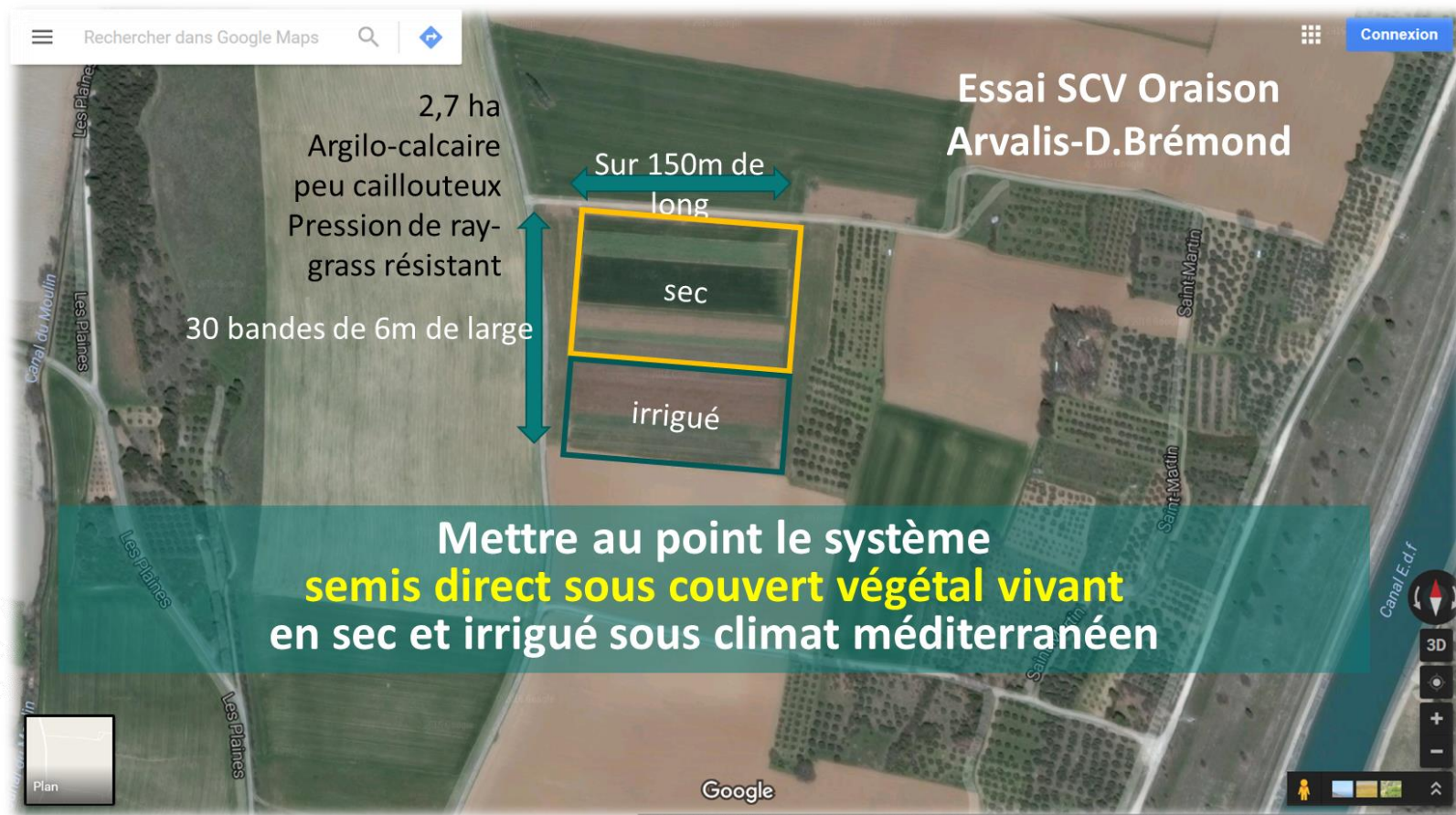
S'adapter aux aléas climatiques pour réussir les semis de couverts

- Techniques et profondeur de semis.
- Choix des espèces, des variétés et du type de graine.
- Créneaux d'implantation des couverts.



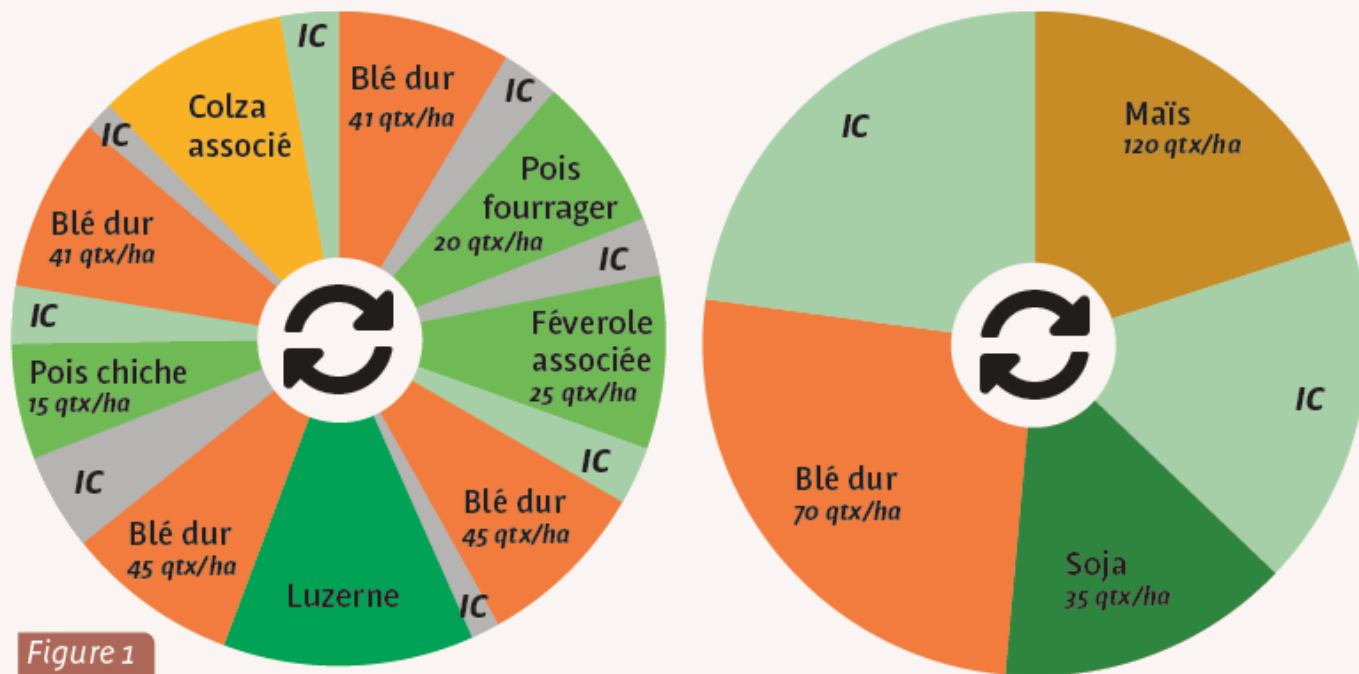
Pertes moyennes simulées sur 20 ans avec le modèle SIMPLE

Explorer de nouveaux créneaux d'implantation des couverts ?



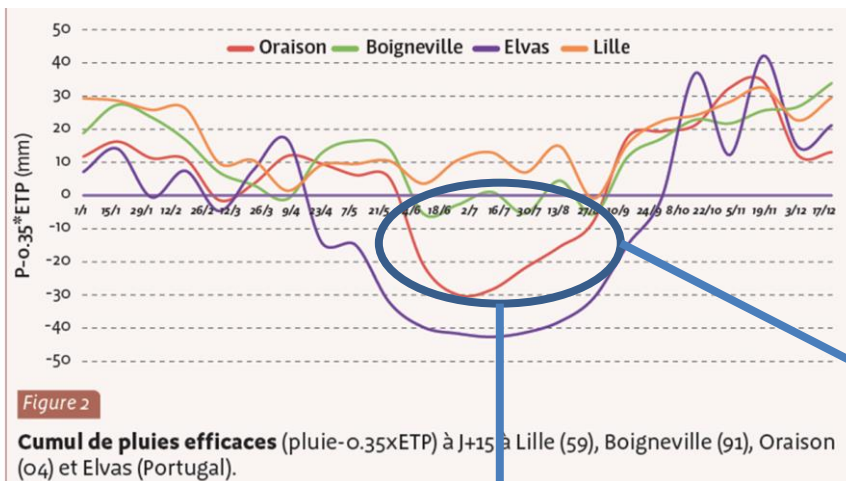
Explorer de nouveaux créneaux d'implantation des couverts ?

ESSAI ACS : une plateforme et 2 types de rotation



Exemple de rotations et rendements moyens dans l'essai, sans irrigation (à gauche) et avec irrigation (à droite). IC : interculture (fond vert=avec couvert, fond gris=sans couvert).

La piste des couverts semi-permanents



Couverts semi-permanents : un des seuls moyens de couvrir le sol en plein été dans le sud-est (sans irrigation) ?



Plateforme SCV Oraison (04): sans irrigation ;
photo du 26/08/2022
Arvalis – D.Brémont

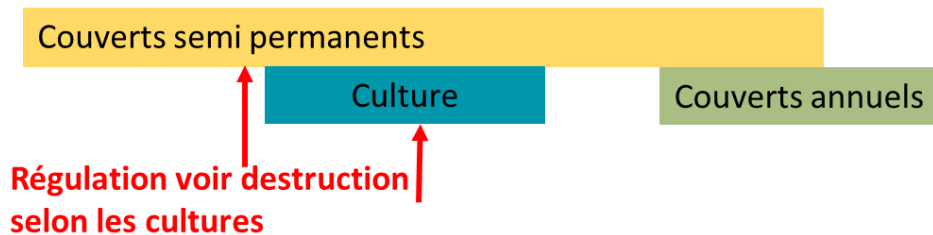
La piste des couverts semi-permanents

- Incertitude de réussite des couverts annuels et des créneaux classiques de semis.
- Saisir tous les créneaux climatiques favorables :
 - Saisir les créneaux climatiquement favorables pour semer les couverts en préservant la fréquence d'implantation des cultures de vente.
 - Couverts semi-permanents = implantation possible avec la culture, sous couvert de bonne gestion, et moyen de faire de la biomasse à des moments où cela est impossible avec des couverts annuels.
 - Cycles longs et persistance des couverts après récolte de la culture de vente.
 - Implantation dans des cultures qui laissent passer la lumière (à des moments où elles sont peu développées).
 - Par contre : gestion de la concurrence (hydrique et azotée) ou adaptation du mode de récolte.
 - Complémentaire des couverts annuels



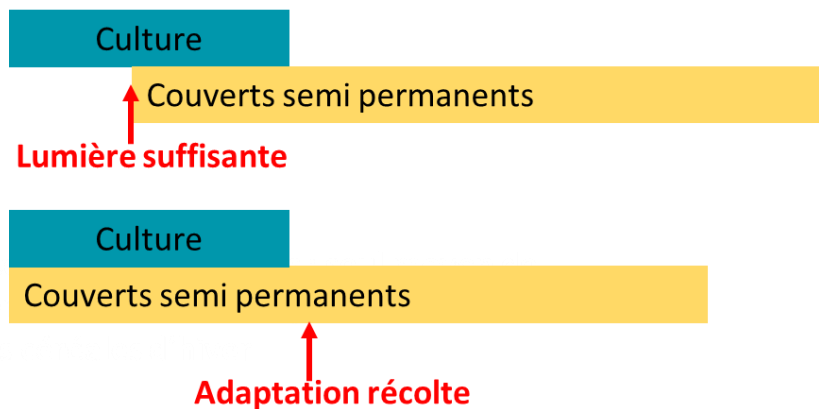
Explorer de nouveaux créneaux d'implantation des couverts ?

Culture implantée dans un couvert



*Blé dans luzerne, trèfle ou sainfoin => **attention concurrence***

Couvert implanté dans une culture



Luzerne, trèfle dans blé

*Colza-couverts
Féverole - couverts*

Pas applicable pour toutes les cultures (sensibilité concurrence, moyens de récolte...)



Explorer de nouveaux créneaux d'implantation des couverts

ACS : une couverture quasi-permanente

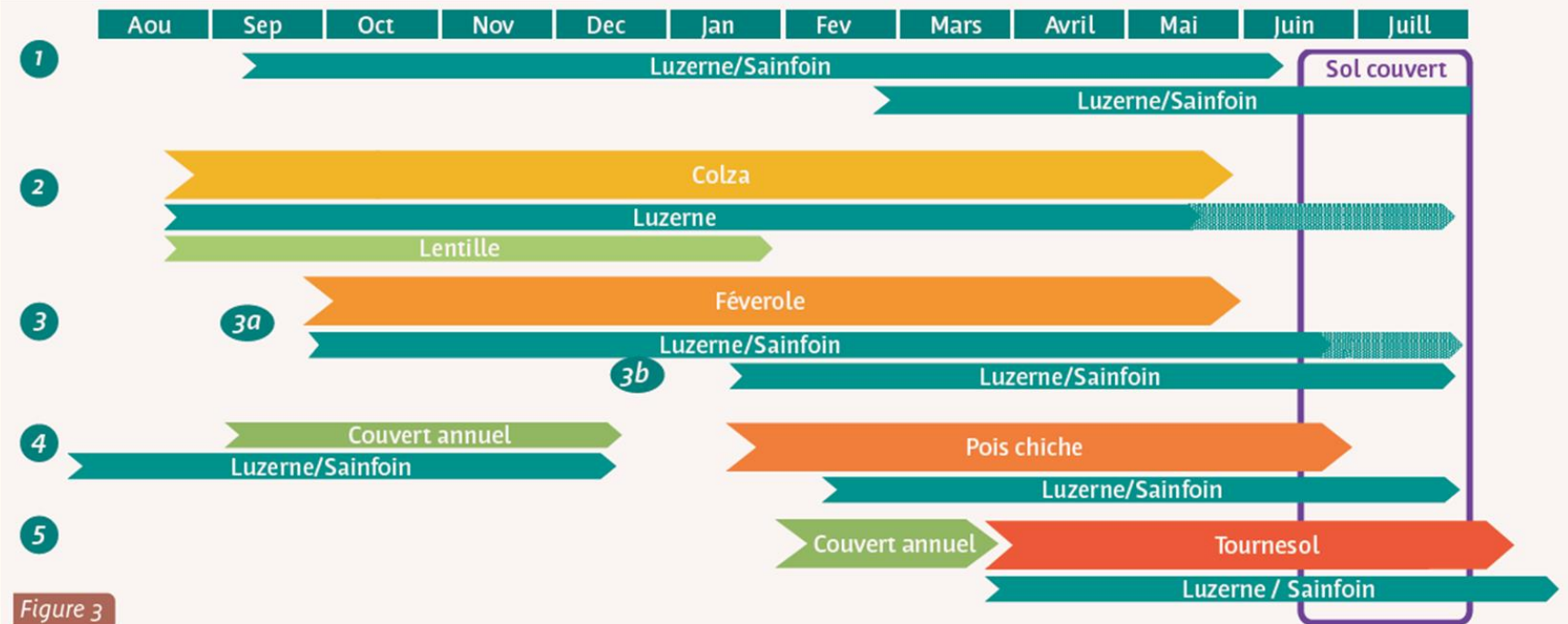


Figure 3

Conditions de réussite d'implantation et de gestion des couverts semi-permanents.

Explorer de nouveaux créneaux d'implantation des couverts

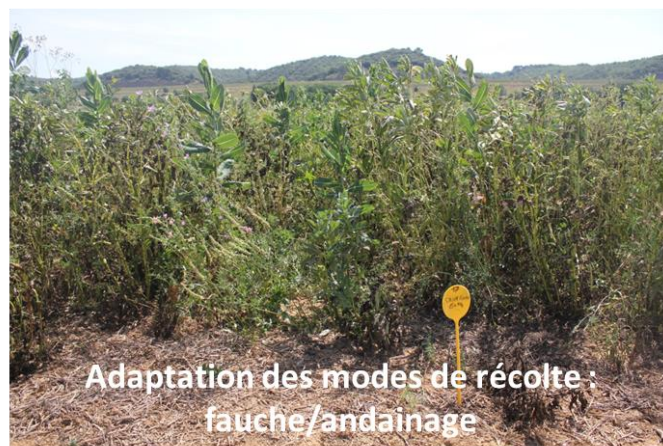
Quoi	comment	quand	implantation	pérennité	Facilité de gestion dans la culture	Application en Bio
Luzerne, trèfle, sainfoin	seule fourrage	août	4	4	2	5
Luzerne	seule porte-graine	août	4	4	3	3
Luzerne, trèfle	dans colza	août	4	4	4	3
Luzerne, trèfle ou sainfoin	Sous mulch maïs	septembre	3	3	5	4
Sainfoin ou luzerne	avant blé	septembre	4	2	2	1
Sainfoin	avec féverole d'hiver	septembre ou octobre	3	4	2	4
Luzerne	avec féverole d'hiver	septembre ou octobre	2	4	2	4
Sainfoin, trèfle ou luzerne	avec blé	octobre	4	1	1	1
Sainfoin, trèfle ou luzerne	sous blé	mars	4	3	4	4
Sainfoin ou luzerne	sous pois chiche	mars	3	4	3	4
Sainfoin ou luzerne	avec tournesol	mars	3	4	3	5
Luzerne	dans maïs au printemps	avril	4	1	2	1
Sainfoin ou luzerne	dans pois fourrager	mars/avril	4	1	2	1

1	2	3	4	5
Complicé				Facile



Féverole – luzerne

féverole
Luzerne
Azurra



Adaptation des modes de récolte :
fauche/andainage



Féverole – luzerne

Couverture assurée pour l'été



Plateforme SCV Oraison (04): sans irrigation ;
photo du 26/08/2022
Post récolte féverole

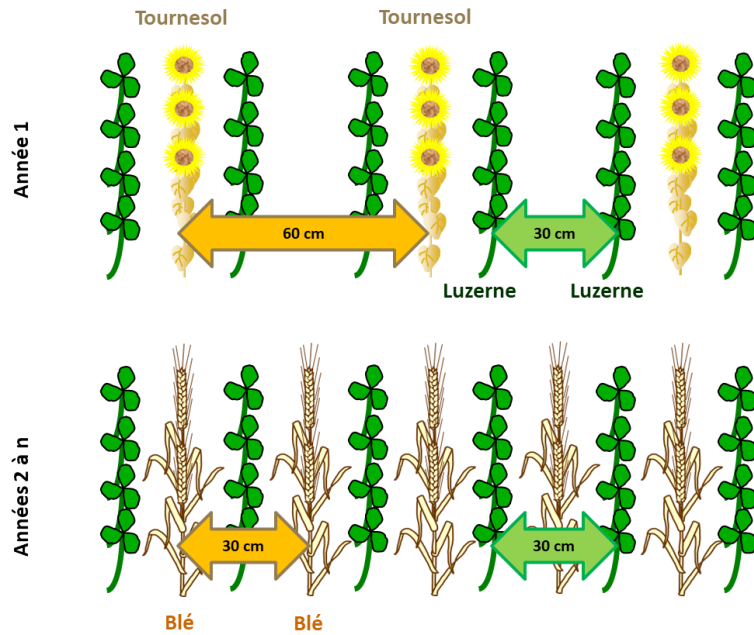
Redensification du couvert dès le retour
des pluies (avoine de printemps) pour
culture de printemps par la suite



Semis céréale



Agroécologie & agriculture de précision pour mieux gérer les couverts semi-permanents



- Projet CASDAR « GRAAL »
- Gestion du couvert semi-permanent par fauche de l'inter-rang.
- Mise au point de la technique et évaluation des bénéfices.

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION**
Liberté
Égalité
Fraternité

Evaluation des génétiques de couverts semi-permanents pour association



Essai luzerne & blé, station Arvalis Gréoux les Bains

- Projet CASDAR « BBSocoul »
- Evaluation des génétiques de luzerne et de blé en situation d'association.



En conclusion

- Les couverts semi-permanents, un outil pour sécuriser la couverture des sols, en plus des annuels.
- Identifier les séquences cultures-couverts propres à chaque contexte de production (climat, sol, rotations).
- Identifier les moyens de gérer ces couverts, et trouver les bons compromis (agronomie, économie, impact systèmes et cultures de vente).



Merci pour votre attention





**3^{èmes} rencontres
des grandes cultures **BIO****
7 novembre 2023 - Paris 3^e

Place à vos questions





3^{èmes} rencontres
des grandes cultures **BIO**
7 novembre 2023 - Paris 3^e

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Hélène TRIBOUILLOIS

Plan de la présentation

- 1 - Contexte : azote en interculture
- 2 – Potentiels des CI et valorisation des ressources
- 3 - Performances des mélanges pour gérer l'azote
- 4 - Conclusion

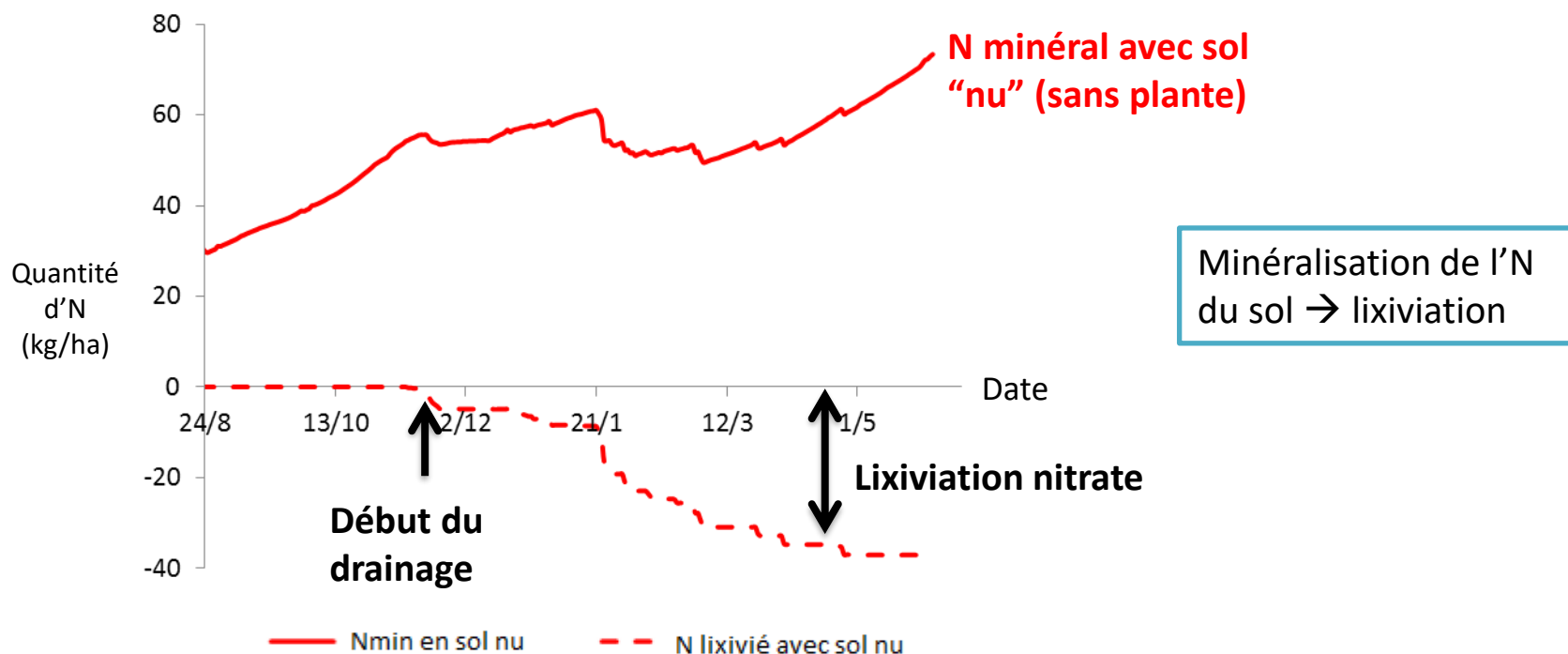


Comment optimiser les services
rendus par les couverts?



1 - Contexte : l'azote en interculture

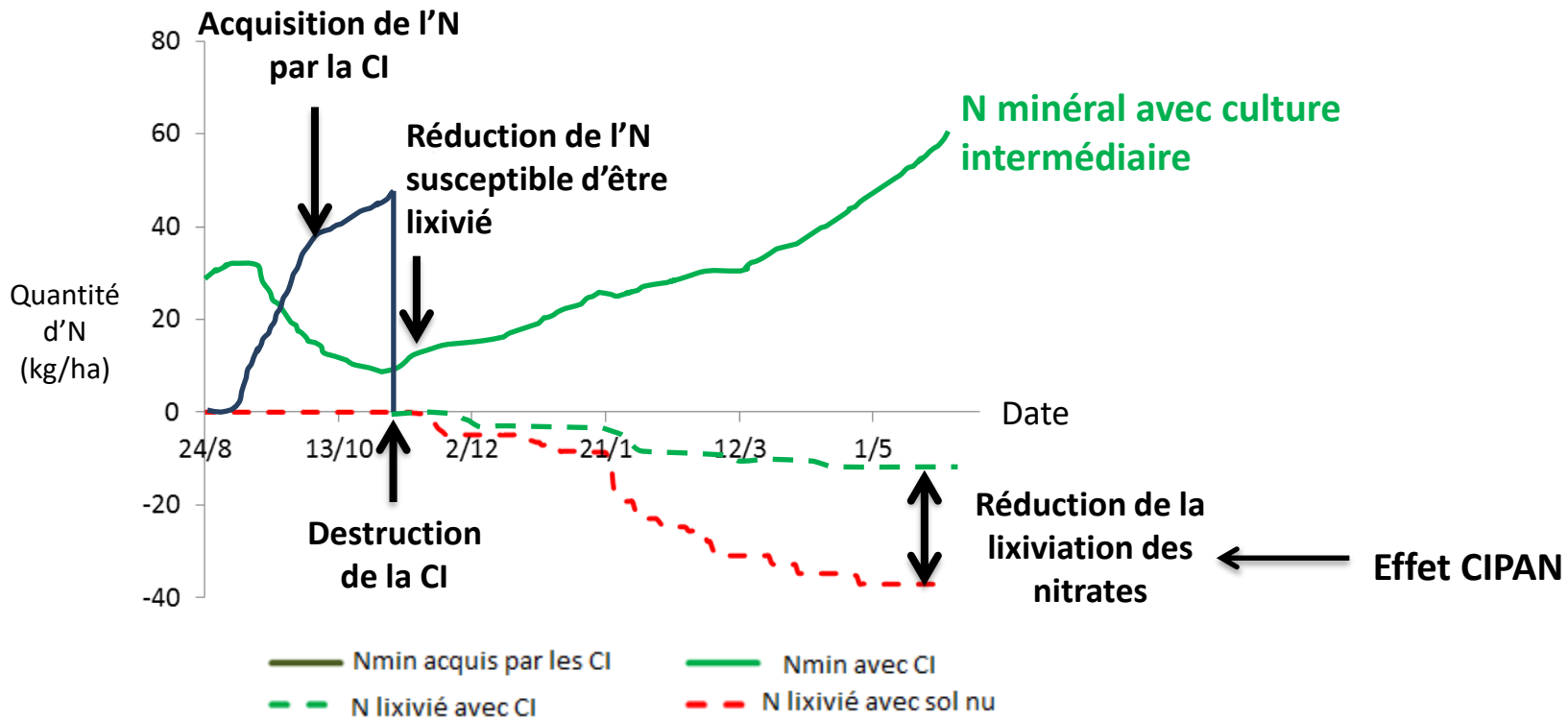
Exemple : rotation blé-tournesol (9 mois sans culture principale)



Ex: Meisinger et al. 1991; Thorup-Kristensen et al. 2003; Tonitto et al. 2006

Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

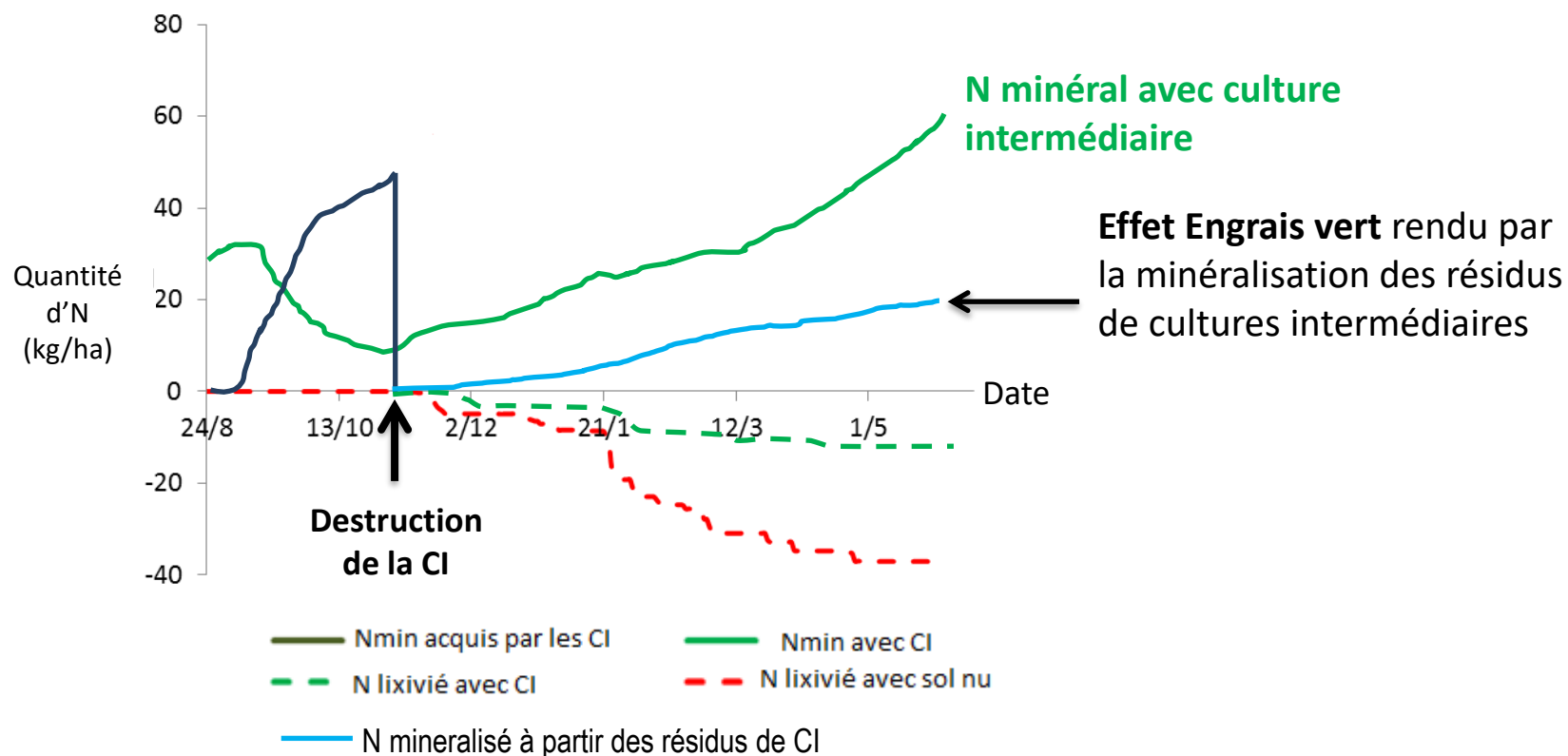
L'effet « CIPAN » : dynamique des processus



Ex: Thorup-Kristensen et al. 2003; Tonitto et al. 2006

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

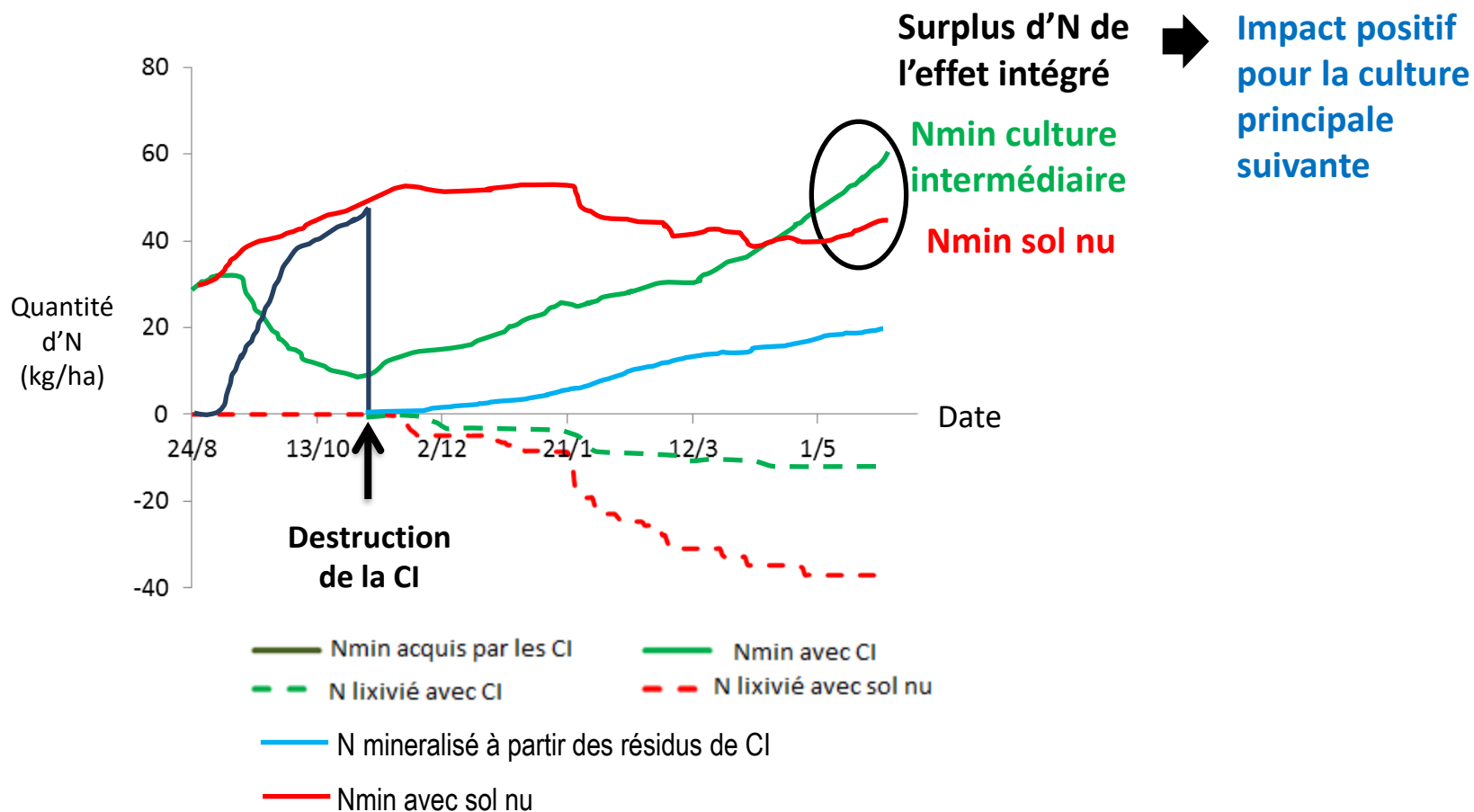
L'effet « Engrais vert »: dynamique des processus



Ex: Thorup-Kristensen et al. 2003; Justes et al. 2009

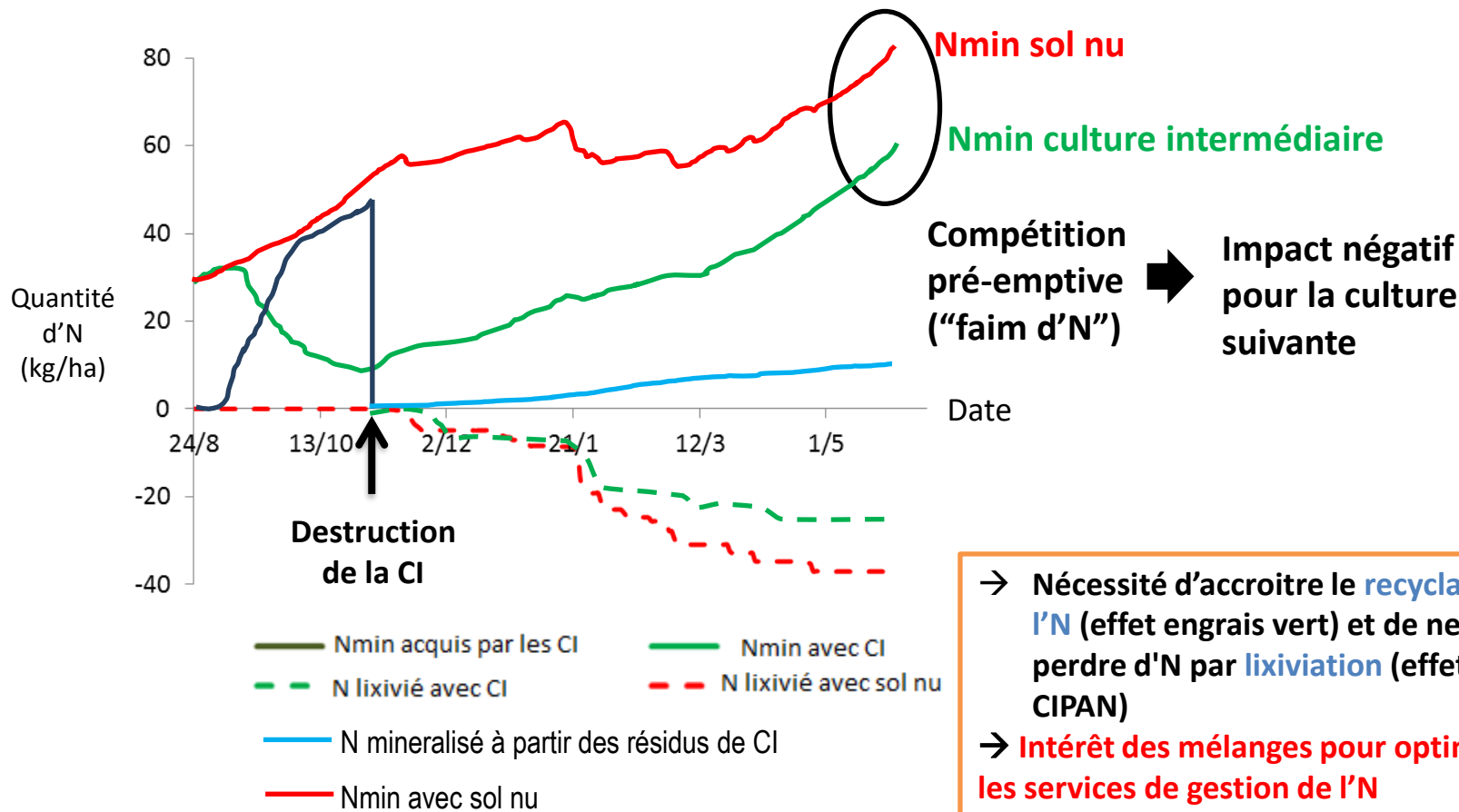
Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

Effet intégré : dynamique des processus



Ex: Quemada & Cabrera 1995; Thorup-Kristensen et al. 2003; Tejada et al 2008

Comment optimiser les services rendus par les couverts?



→ Nécessité d'accroître le **recyclage de l'N** (effet engrais vert) et de ne pas perdre d'N par **lixiviation** (effet CIPAN)

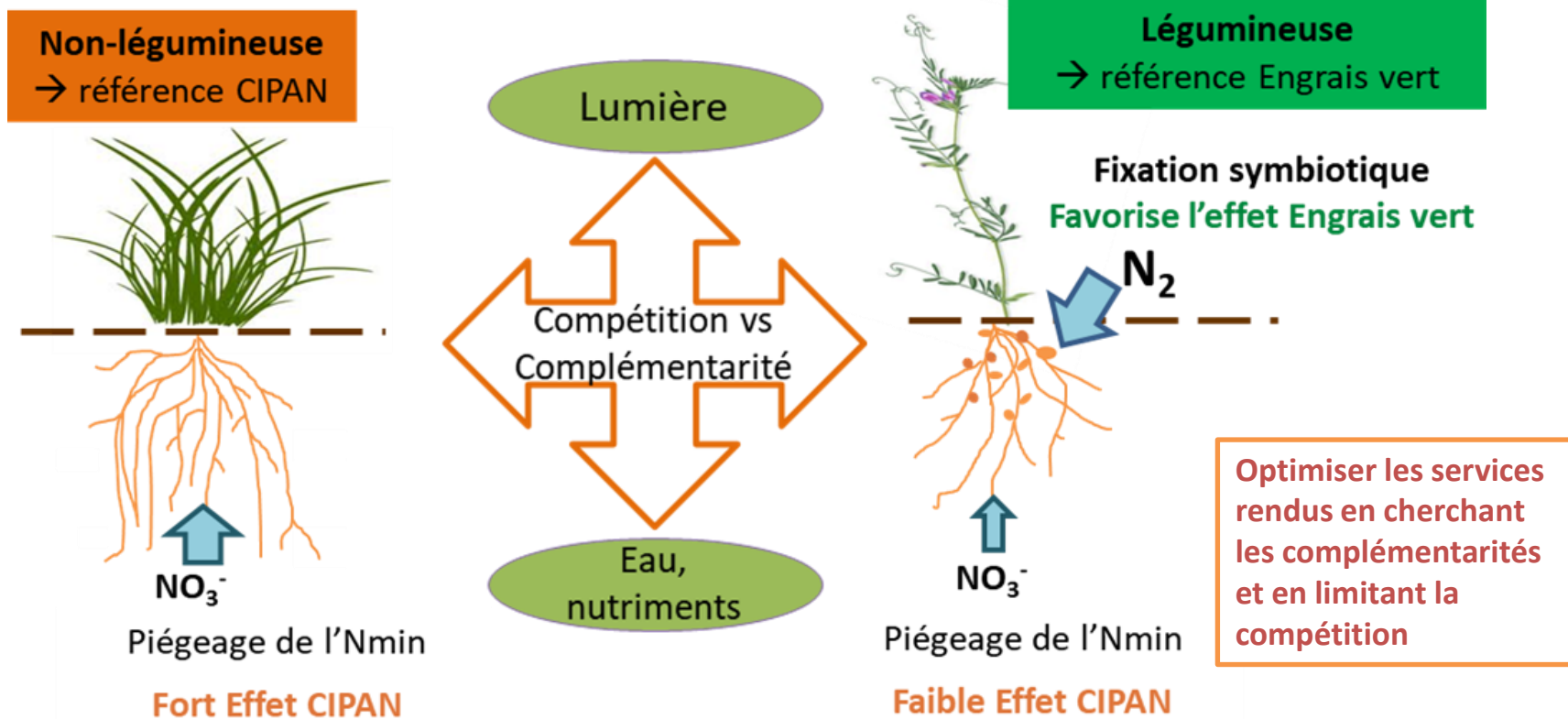
→ **Intérêt des mélanges pour optimiser les services de gestion de l'N**

Ex: Francis et al 1998; Thorup-Kristensen et al. 2003

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Pourquoi des mélanges de cultures intermédiaires?

Objectif : Cumuler les effets des espèces pour maximiser la production de services écosystémiques



Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Objectifs de l'étude (thèse 2011-2014, INRAE UMR AGIR)

1) Caractériser une large gamme d'espèces disponibles (36 géotypes)

- Légumineuses
- Non-légumineuses: Crucifères, Graminées, Hydrophylacées, Astéracées, Polygonacées

→ Différentes dynamiques de croissances, d'architectures, de capacités de germination, de sensibilités au gel...

2) Suivi des interactions interspécifiques dans les mélanges (bispécifique)

3) Analyse des performances des mélanges leg/non-leg

2 années d'essais expérimentaux
3 sites contrastés en France



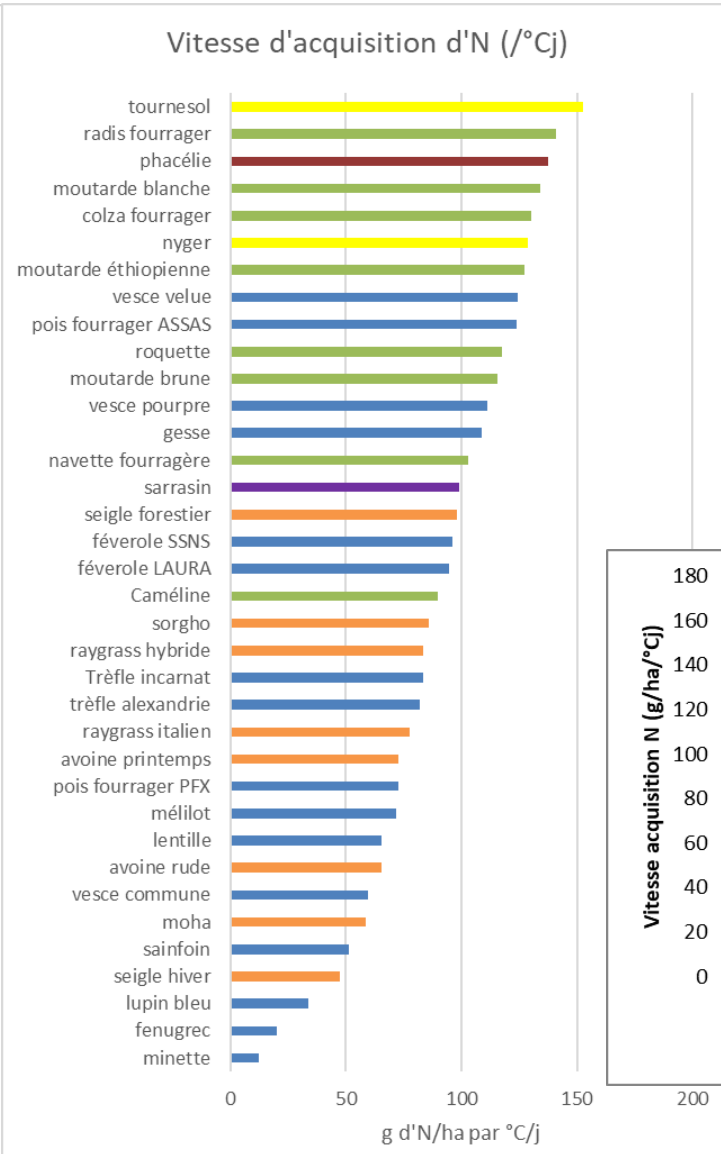
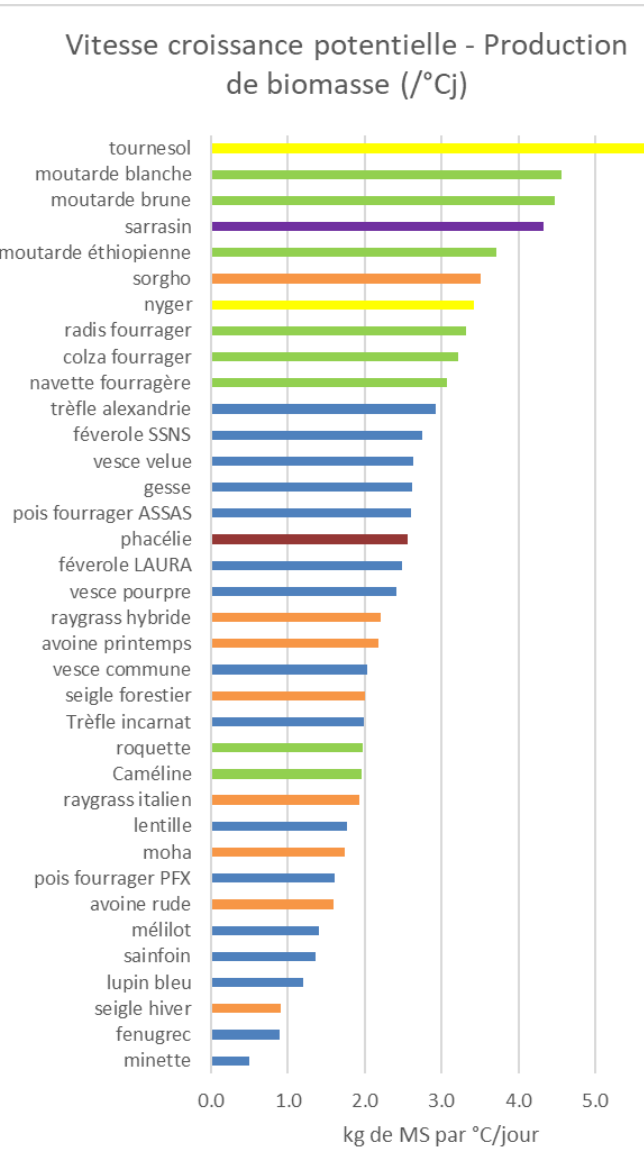
Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

2 – Potentiels des CI et valorisation des ressources

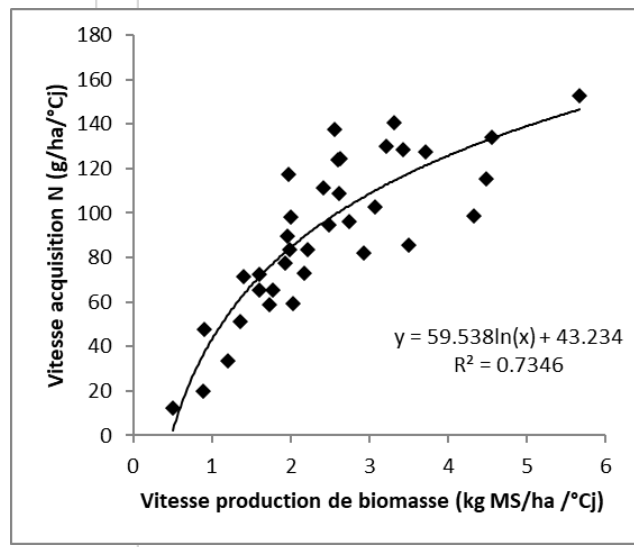


Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

Comparaison des aptitudes potentielles

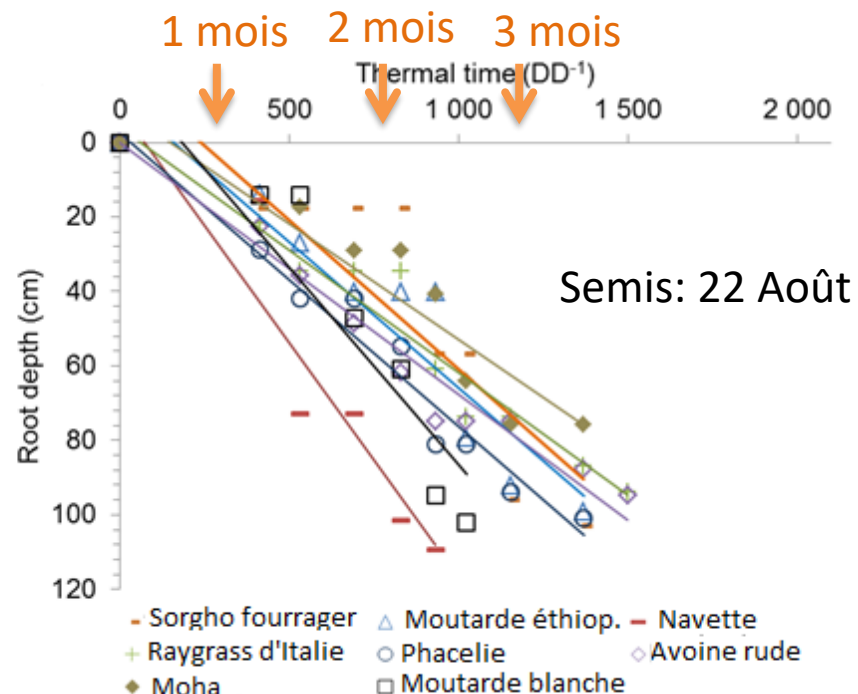
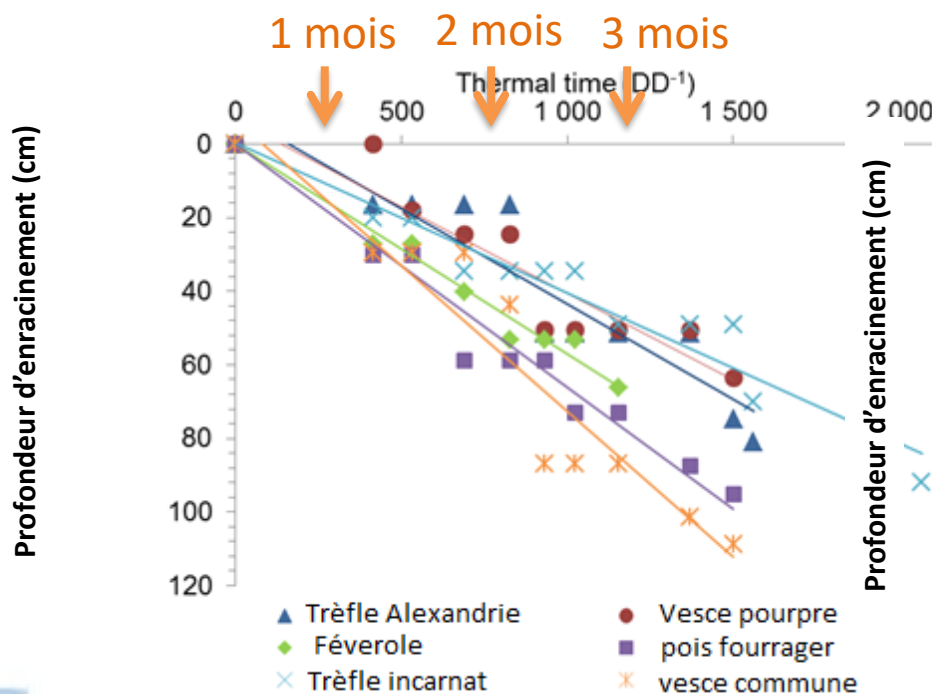


- Conditions potentielles (non-limitantes eau et N)
- Semis en août
- Moyenne 2 sites (INRAE Auzeville + Agroscope)



rendus par les couverts?

Les dynamiques d'enracinement



Des différences entre familles et entre espèces

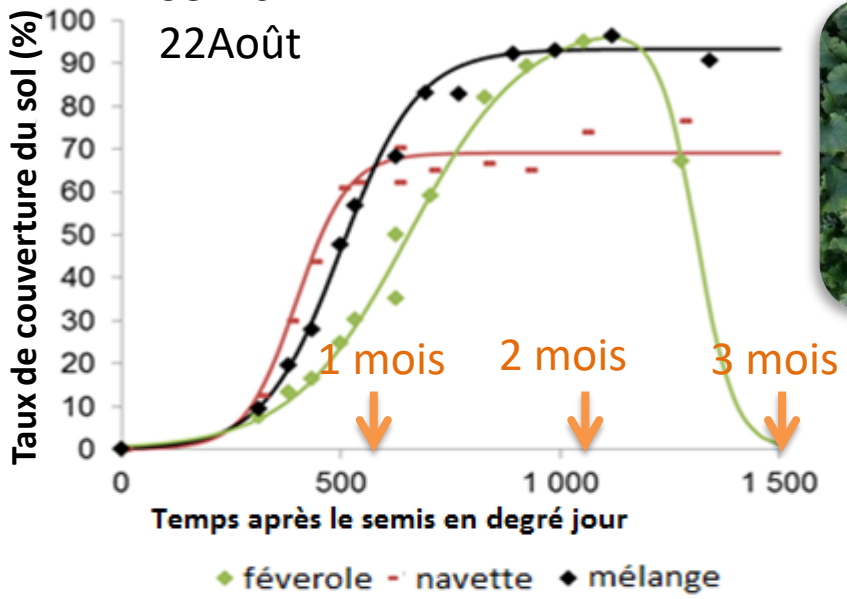
- Précoces et profondes : Pois / Vesce commune; Crucifères / Phacélie
- Intermédiaires : Féverole / Vesce pourpre
- Superficielles : Trèfles; Graminées C4

→ Explorations racinaires différentes pour une complémentarité de niche pour l'accès aux ressources du sol

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

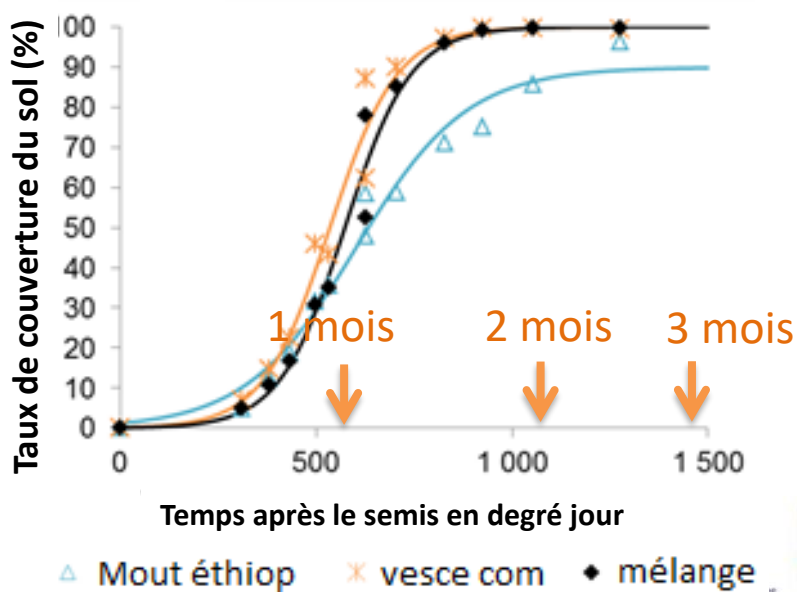
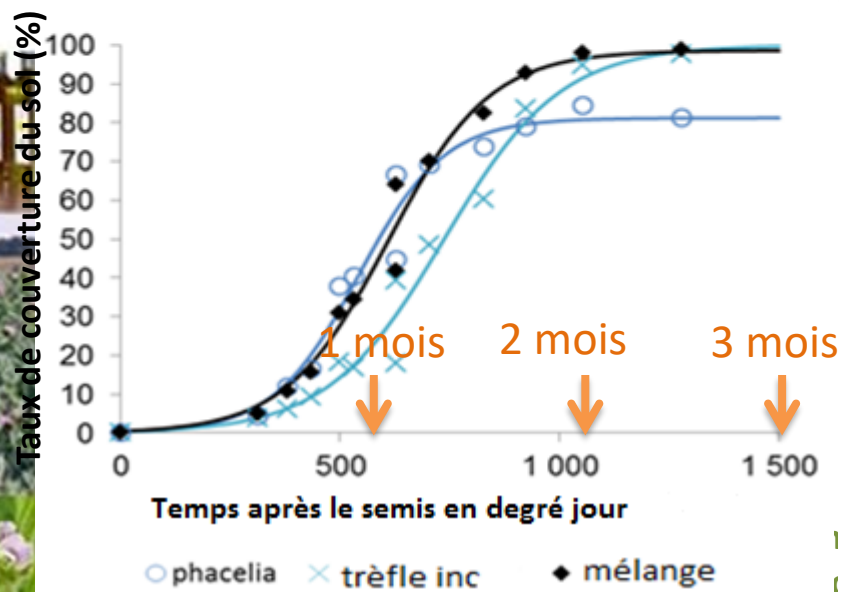
Les dynamiques de recouvrement du sol

Semis:
22Août

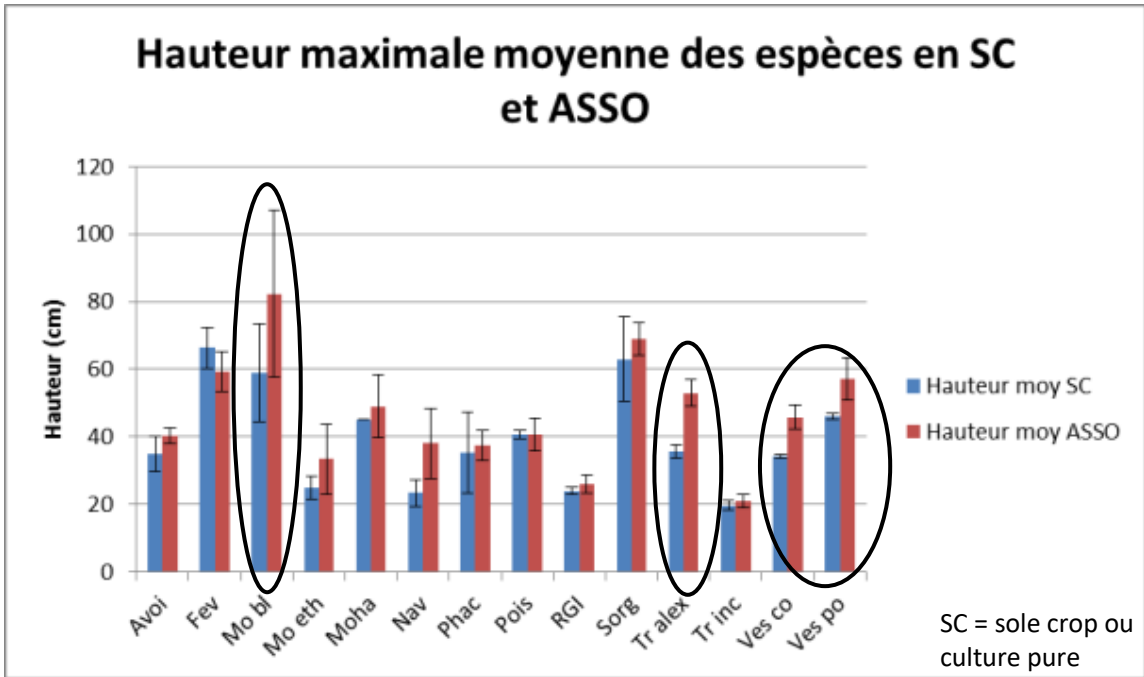


Meilleure couverture du sol par les associations (ou autant que l'espèce la plus couvrante)

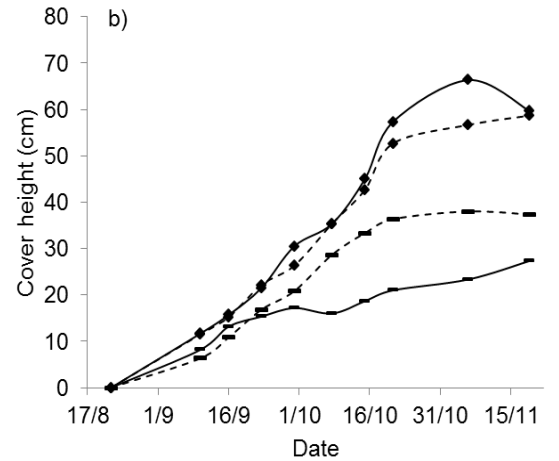
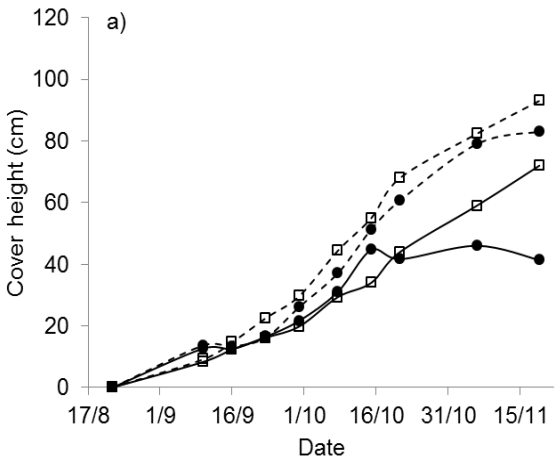
- Optimisation de la ressource lumineuse
- Protection du sol contre l'érosion
- Lutte contre adventices



L'accès à la lumière – hauteurs



Tendance: hauteur en mélanges > cultures pures (SC)
→ compétition pour l'accès à la lumière et effet tuteur



Commer rendus par les couverts?



Mélanges avec une crucifère : attention à l'allélopathie

Vesce pourpre avec différentes crucifères

(photos prises à la même date, même essai)



Allélopathie = effet négatif d'une plante sur une autre en raison d'une émission de molécules chimiques

Effet allélopathique des crucifères sur les légumineuses par l'émission de glucosinolates (exsudats racinaires) → peut inhiber la croissance de la légumineuse

- Limiter ces phénomènes en choisissant les crucifères les moins riches en glucosinolates
- Explorer l'effet du pédoclimat et l'effet variétal
- Effet parfois recherché pour limiter les adventices ou nématocides



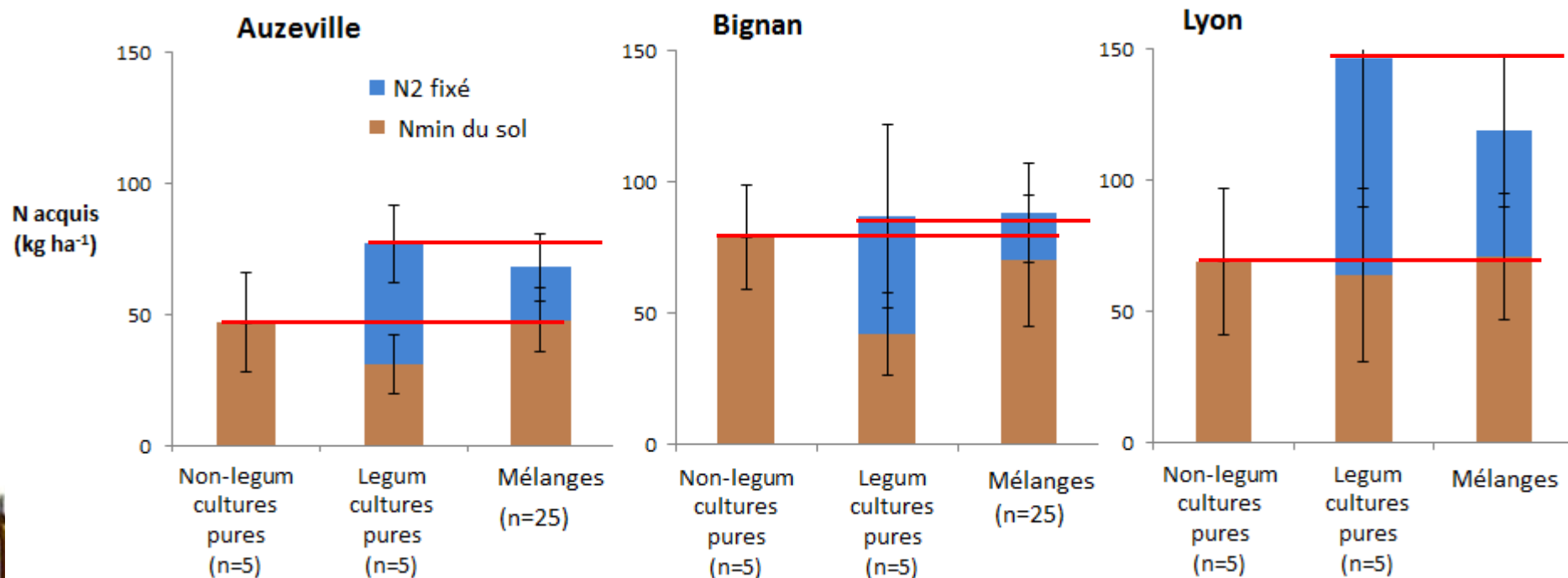
Comment optimiser les services rendus par les couverts?

3 – Performances des mélanges pour gérer l'azote



Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

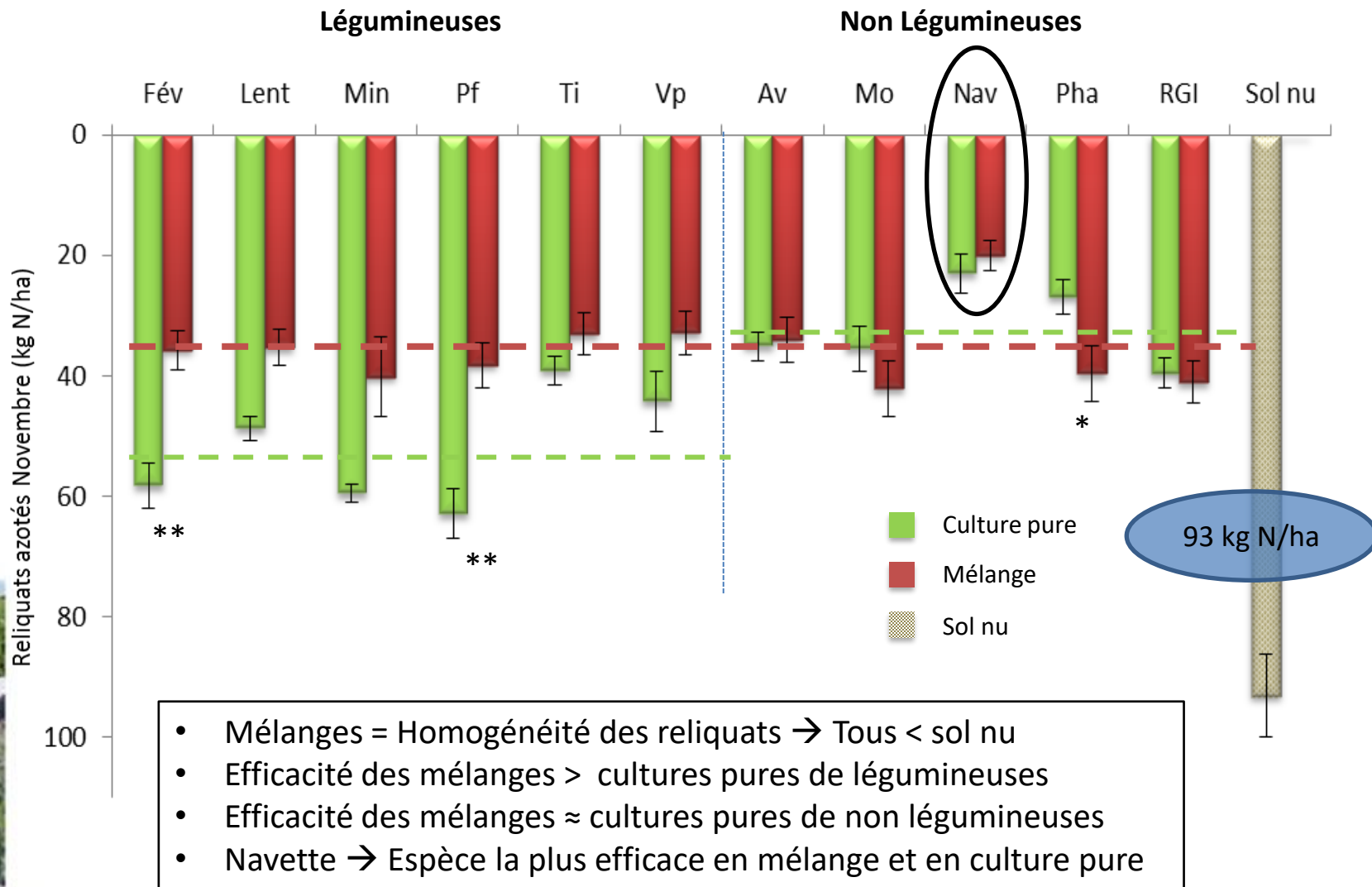
Acquisition d'azote par les mélanges vs cultures pures



- Quantité d'N minéral piégé par les mélanges ≈ cultures pures de non-légumineuses
- Les légumineuses sont aussi capables de piéger l'azote du sol (~40-50%)
- L'N total accumulé dans les mélanges ≤ cultures pures de légumineuses

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

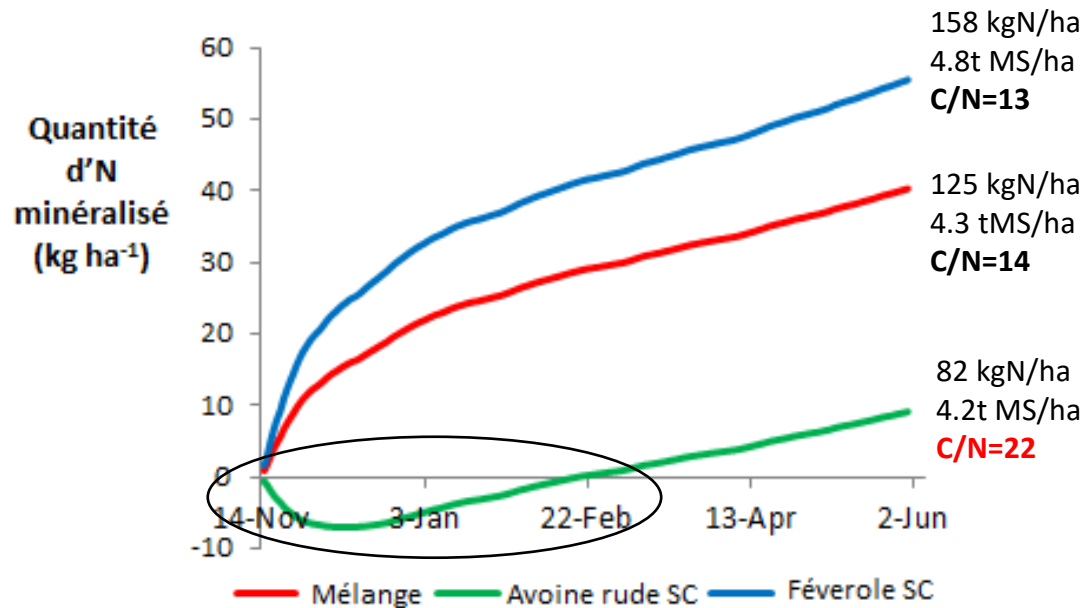
Piégeage de l'azote minéral du sol



Tribouillois et al, 2016b, Plant & Soil

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Cinétique de minéralisation de l'N à partir des résidus de CI

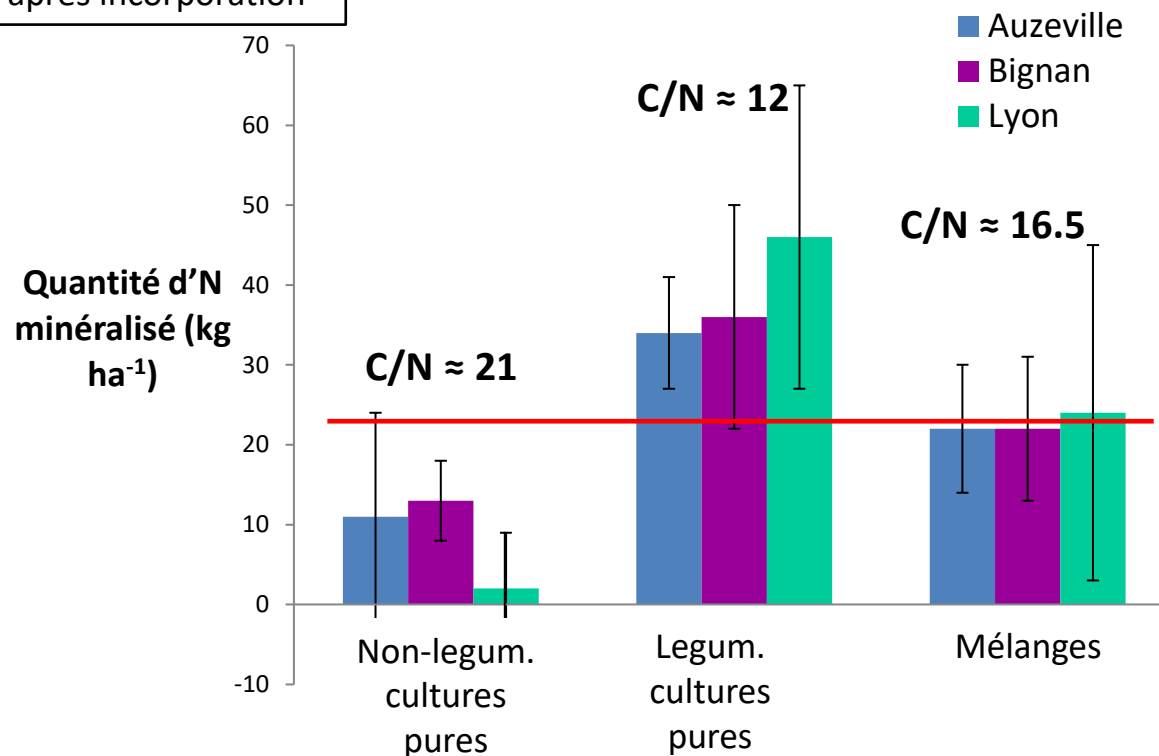


- Certains mélanges peuvent limiter l'immobilisation de l'N et ainsi augmenter la disponibilité de l'N pour la culture suivante

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

L'azote minéralisé à partir des résidus incorporés de CI

6 mois après incorporation



- ▶ N minéralisé à partir des résidus : **Non-leg** en cultures pures < **Mélanges** < **Leg** cultures pures
- ▶ Ratio C/N : **Leg** en cultures pures < **Mélanges** < **Non-leg** en cultures pures

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Tribouillois et al, 2016b, Plant & Soil

Exemples de mélanges performants : destruction automnale

Taux d'atteinte des services par rapport aux cultures pures :

(non-légumineuses pour effet CIPAN, légumineuses pour effet Engrais vert)

Auzeville			Bignan			Lyon		
Mélanges	CIPAN effet	Engrais vert effet	Mélanges	CIPAN effet	Engrais vert effet	Mélanges	CIPAN effet	Engrais vert effet
Meilleur CIPAN			Meilleur CIPAN			Meilleur CIPAN		
navette_féverole	260%	33%	moha_vesce pourpre	118%	66%	moha_lentille	155%	-27%
navette_trèfle incarnat	258%	9%	navette_lentille	128%	54%	phacelia_trèfle incarnat	130%	7%
Meilleur Engrais vert			Meilleur Engrais vert			Meilleur Engrais vert		
phacelie_pois fourrager	52%	104%	avoine rude_féverole	74%	111%	avoine rude_pois fourrager	23%	115%
phacelie_vesce pourpre	74%	108%	navette_féverole	78%	135%	raygrass_pois fourrager	26%	143%
Mutualisation des 2 services			Mutualisation des 2 services			Mutualisation des 2 services		
avoine rude_lentille	93%	70%	phacelie_féverole	97%	80%	navette_trèfle incarnat	62%	68%
raygrass_vesce pourpre	81%	87%	raygrass_féverole	84%	92%	phacelie_féverole	85%	58%

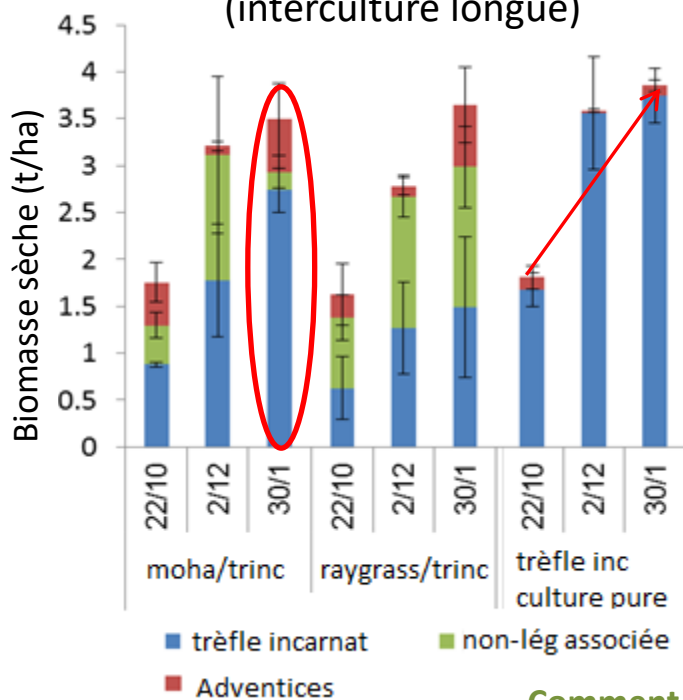
- Certains mélanges favorisent l'effet CIPAN, d'autres l'effet Engrais vert et d'autres permettent une production simultanée des 2 services → **bonne complémentarité**
 - Pas de mutualisation à hauteur de 100% des 2 services
- **Compromis à adapter en fonction de la situation de l'interculture (risque lixiviation ou effet préemptif) et donc du service privilégié**

Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

Complémentarité temporelle pour des services en "relais"

- **Développement rapide des non-légumineuses**
 - Détruites par les 1^{ères} gelées (-1°C)
 - Effet CIPAN précoce
 - Moha, sarrasin, sorgho et nyger
- **Développement de la légumineuse pendant l'hiver**
 - Résistante au froid (trèfle incarnat)
 - Maintien de la couverture du sol
 - Effet engrais vert

Cas d'une destruction en sortie d'hiver (interculture longue)



→ Effet CIPAN précoce
puis Effet engrais
vert/couverture du sol
en « relais »



Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

Conclusion

La conception des mélanges est une étape essentielle pour optimiser les services rendus, à adapter selon:

- **Les complémentarités entre espèces** : potentiel de croissance, architecture, profil racinaire, effet allélopathie, sensibilité au gel...
- **Les objectifs de services visés** : réduction des intrants, protection du sol (érosion), lutte adventices...
- **Les conditions pédo-climatiques** : variabilités de performances

Cas n°1 Nmin faible et faible drainage	Cas n°2 Nmin élevé et sol perméable
Faible risque de lixiviation Risque élevé de compétition préemptive	Risque fort de lixiviation Risque faible de compétition pr-emptive
Mélange favorisant l'effet engrais vert avec une destruction mi-automnale	Mélange favorisant l'effet CIPAN pendant l'hiver avec destruction en sortie d'hiver
Les mélanges les plus performants ne sont pas les mêmes en fonction du contexte pédoclimatique	

- Augmenter le nombre d'espèce n'augmente pas forcément les services rendus mais limite les risques
- La date de destruction est un levier à bien réfléchir...
- Quels effets sur les bioagresseurs et autres élément (P, K...) ?

Comment optimiser les services rendus par les couverts?

Merci pour votre attention!

Résultats issus de la thèse « *Caractérisation fonctionnelle d'espèces utilisées en cultures intermédiaires et analyse de leurs performances en mélanges bispécifiques pour produire des services écosystémiques de gestion de l'azoté* », H. Tribouillois 2014, financements Arvalis et Région Midi-Pyrénées, Unité de recherche UMR AGIR INRA.

Comment optimiser les services
rendus par les couverts?

