



COLZA ASSOCIÉ À DES PLANTES DE SERVICES : COMPARAISON D'ESPÈCES ET D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DANS UN RÉSEAU DE PARCELLES

MURIEL VALANTIN-MORISON ET VALENTIN VERRET
INRA DE GRIGNON – UMR AGRONOMIE
AVEC LA COLLABORATION DES EXPÉRIMENTATEURS DU PROJET ALLIANCE



Du colza associé pour quoi faire et comment faire ?

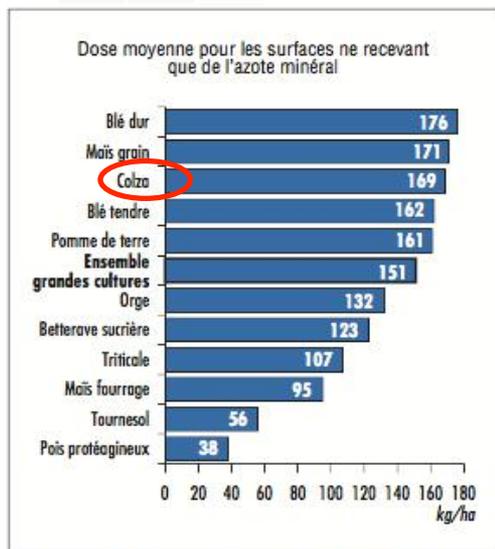
- ❖ Pourquoi associer le colza ? Et quels services sont recherchés ?
- ❖ Quels services sont obtenus ? Et Comment ça marche ?
- ❖ Quelles conduites adoptées ?



La durabilité du colza en question



Fertilisation minérale



Source : Agreste - Enquête sur les pratiques culturales 2011

Protection chimique

	IFT Herbicide			IFT Fongicide			IFT Insecticide			IFT Autre			IFT Total avec traitement semences		
	2011	2014	Évol.	2011	2014	Évol.	2011	2014	Évol.	2011	2014	Évol.	2011	2014	Évol.
Blé tendre	1,3	1,6	↘	1,5	1,7	↘	0,3	0,1	↘	0,4	0,5	↘	4,5	4,9	↘
Blé dur	1,2	1,4	↘	1,1	1,5	↘	0,2	0,1	↘	0,2	0,2	ns	3,7	4,2	↘
Orge	1,4	1,6	↘	1,1	1,1	ns	0,1	0,1	ns	0,4	0,5	↘	4,0	4,2	↘
Triticale	1,1	1,2	↘	0,5	0,6	↘	0,1	0,0	↘	0,1	0,1	ns	2,7	2,7	ns
Colza	1,5	1,8	↘	1,2	1,2	ns	2,2	2,0	ns	0,4	0,6	↘	6,1	6,5	↘
Tournesol	1,3	1,4	↘	nd	0,1	↘	0,1	0,1	ns	0,2	0,3	↘	2,8	2,8	↘
Pois protéagineux	1,2	1,3	↘	0,9	1,1	↘	1,5	1,4	ns	nd	0,0	↘	4,6	4,6	↘
Maïs fourrage	1,4	1,4	ns	nd	nd	↘	0,1	0,1	ns	nd	nd	↘	2,4	2,4	ns
Maïs grain	1,5	1,5	ns	nd	nd	↘	0,3	0,3	ns	0,1	0,1	↘	2,7	2,8	ns
Betterave sucrière	2,8	2,7	ns	1,3	1,4	↘	0,2	0,1	↘	nd	nd	↘	5,2	5,3	ns
Pomme de terre	2,3	2,2	ns	11,7	14,4	↘	1,4	0,9	↘	nd	0,6	↘	16,5	18,9	↘
Canne à sucre	2,2	2,9	↘	nd	nd	↘	nd	nd	↘	1,5	0,8	↘	3,7	3,8	ns

Agreste Les Dossiers n°36.

Sources : SSP - Agreste - Enquête Pratiques culturales en grandes cultures 2011 et Enquête Pratiques phytosanitaires en grandes cultures 2014

Obligation -50% de GES pour utilisation en biodiesel parfois difficile à atteindre

Constat dans les exploitations pour le colza d'hiver pur

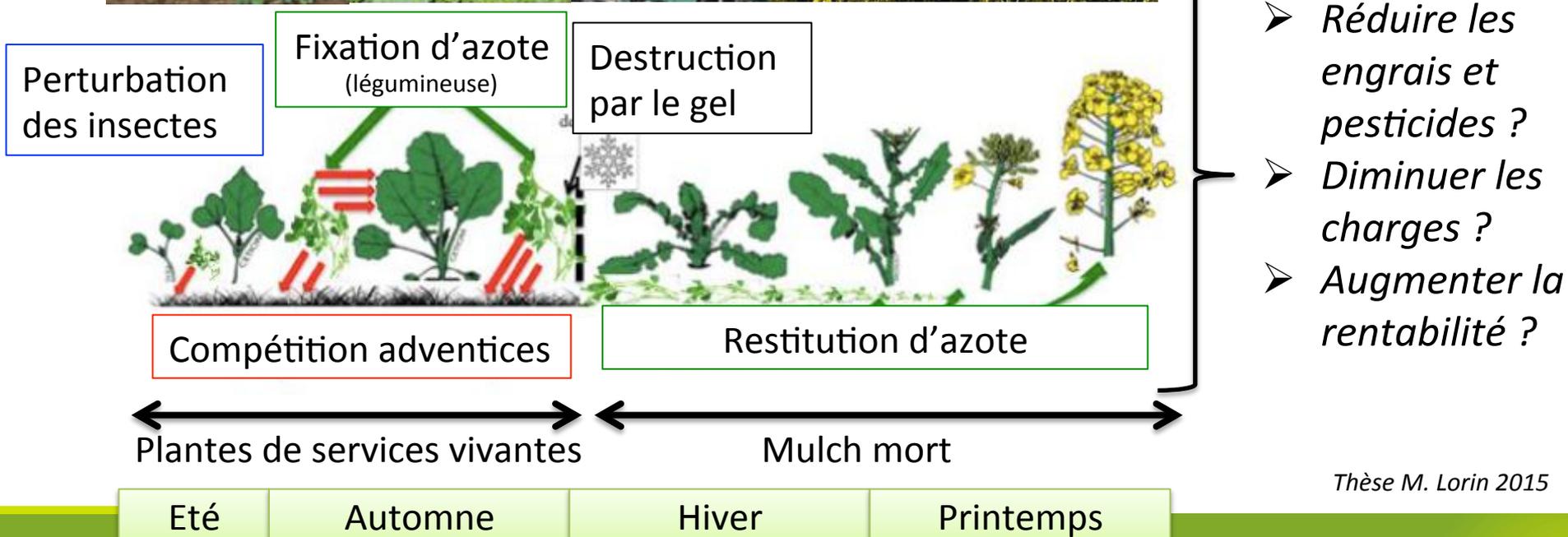
- Investissement important en herbicides à l'automne sans garantie totale d'un bon développement (60-100 euros/ha à l'automne)
- De nombreux ravageurs : « Avec le colza, on est tout le temps sur le pulvé... »
 - Constat d'une « efficacité aléatoire » des insecticides d'automne ?
 - Des molécules moins nombreuses et moins efficaces
 - Des parasites en expansion (Orobanche)

☞ Quelles solutions alternatives aux pesticides ?



Opportunités et solutions

COLZA D'HIVER ASSOCIÉ à des plantes de service :
une innovation des agriculteurs à partir de 2007, étudiée par la recherche et le développement



Thèse M. Lorin 2015



Expérimentations ALLIANCE sur le colza associé

Projet Picoblé 2009-2012

- ❖ Premières références sur beaucoup d'espèces (en pur, non-légumineuses, quelques mélanges) et sur les services (17 essais) → Construction d'une base de données d'essais

Projet Alliance : focus sur l'intérêt de mélanges d'espèces, et sur les conduites

❖ Des essais pour comprendre et quantifier

- 4 essais analytiques : Azote x Désherbage (Thèse Mathieu Lorin 2013-2015, INRA, Agronomie)
- 2 essais « traits fonctionnels » d'espèces (2015-2016, 2 chambres d'agriculture)



❖ Des essais pour quantifier les services

- 13 essais « développement » 2014-2015
Comparaison de différents mélanges



❖ Des essais pour tester des conduites

- 10 essais « développement » 2015-2016
- 8 essais « développement » 2016-2017
« comparaison de conduites techniques »



- Thèse M/ Lorin (4 essais)
- 2014-2015 (13 essais)
- 2015-2016 (12 essais)
- 2016-2017 (8 essais)

➔ 37 Essais en parcelle d'agriculteurs, lycées agricoles et stations expérimentales

Quantifier les services



1^{ère} étape: collecte de données

Essais Alliance



+

Essais hors projet Alliance

Casdar Picoblé 2009-2012
Terres Inovia 2010-2014
Chambres d'agriculture

BANQUE DE DONNEES D'ESSAIS

Mesures au champ en entrée hiver, floraison ou à récolte

Biomasse et quantité d'azote COLZA

Biomasse et quantité d'azote Plantes de services

Biomasse, abondance et quantité d'azote ADVENTICES

Quantité d'azote dans le sol

Rendement machine

ITK

Travail du sol

Densité de semis de colza, de légumineuses

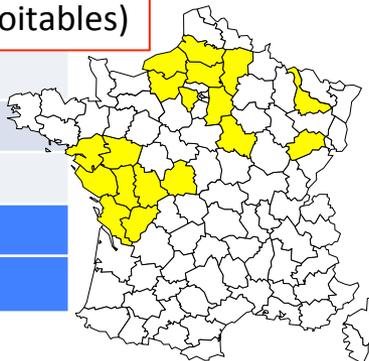
Traitements phyto, Fertilisation

Info Localisation, type et profondeur de Sol

Données météo journalières agrégées sur l'automne

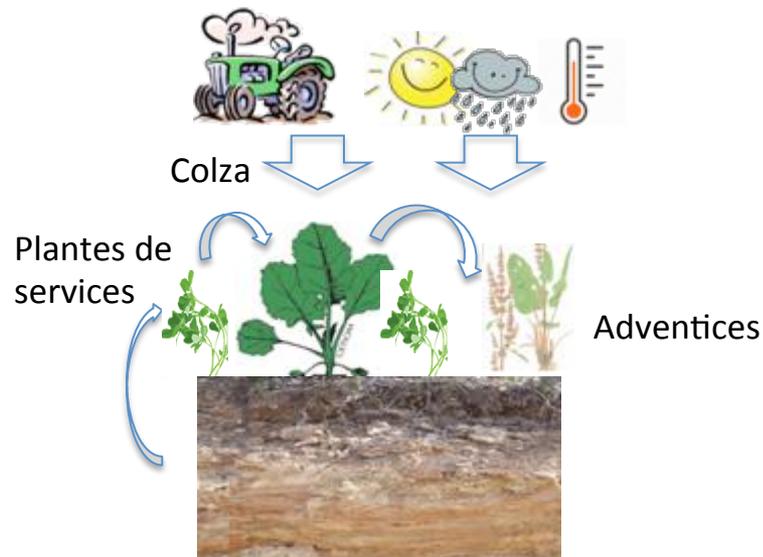
Livrable

98 essais !
(2/3 exploitables)



2^{ème} étape : analyse multilocale

- Quantifier les effets de l'association et les services rendus et expliquer à partir des variables explicatives disponibles :
 - Pratiques culturales
 - Météo
 - Caractéristiques du sol



Evaluation des effets de l'association à différents stades



1. Effets de l'association à l'automne, en entrée hiver

- ☞ Croissance des couverts (*pesée, azote*)
- ☞ Compétition avec le colza (*pesée, azote*)
- ☞ Régulation des adventices (*comptage, pesée*)
- ☞ Perturbation des insectes (*comptage dégâts*)



3. Impact à la récolte

- ☞ Mesure du rendement



2. Effets à floraison

- ☞ Restitution d'azote par le couvert
- ☞ Absorption par le colza (*pesée, azote*)



Du colza associé pour quoi faire et comment faire ?

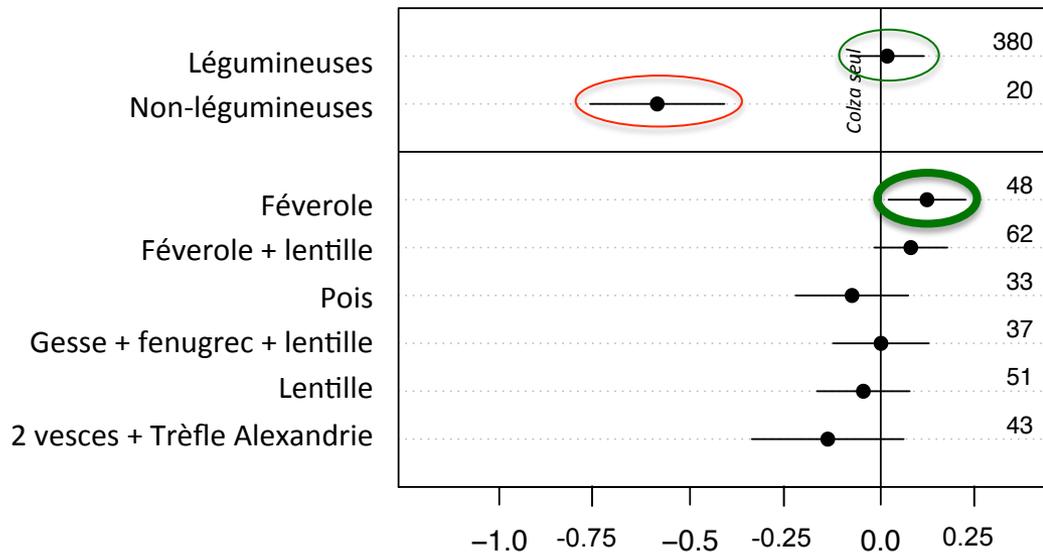
- ❖ **Pourquoi associer le colza ? Et quels services sont recherchés ?**
- ❖ **Quels services sont obtenus ? Et Comment ça marche ?**
- ❖ **Quelles conduites adoptées ?**



Impact sur le rendement du colza



Ecart de rendement, à fertilisation égale (T ha⁻¹)



➔ **Non-légumineuses = perte de 6 qx/ha**

➔ **Maintien du rendement avec les plantes de services légumineuses**

➔ **Gain pour la féverole**

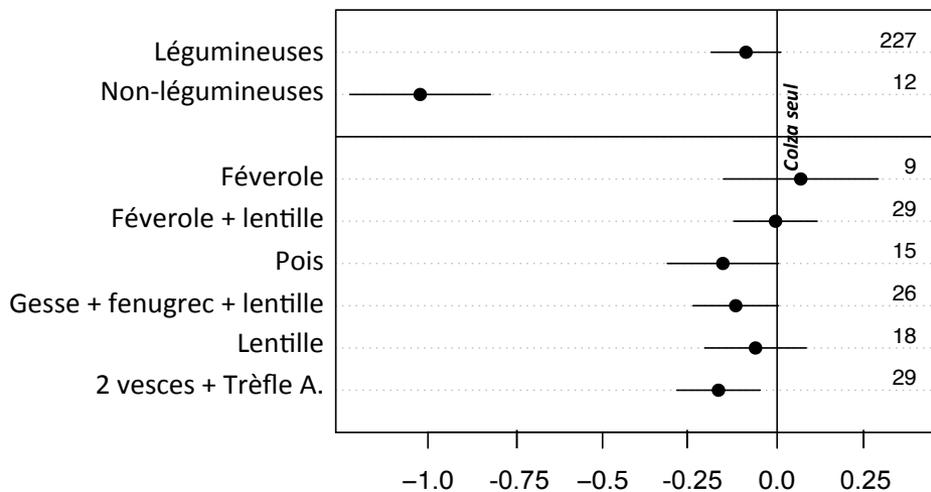
➔ **Autres modalités non significativement différentes du colza seul**

Impact sur le rendement du colza avec une fertilisation réduite



Ecart de rendement ($T\ ha^{-1}$) avec

30/40 UN/ha de moins que le colza seul



➔ Avec -30/-40 U d'azote / ha, rendement :

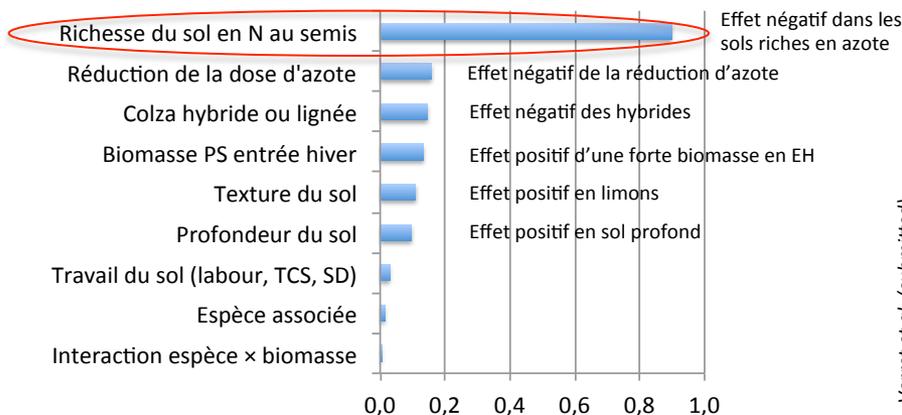
- **maintenu** avec couverts à base de féverole

- **Légèrement diminué** avec

- Gesse + fenugrec + lentille : -1.2 qx/ha
- Pois : -1.5 qx/ha
- 2 vesces + TA : -1.7 qx/ha

Importance relative de différentes variables pour expliquer les écarts de rendement

« Bayesian model averaging »



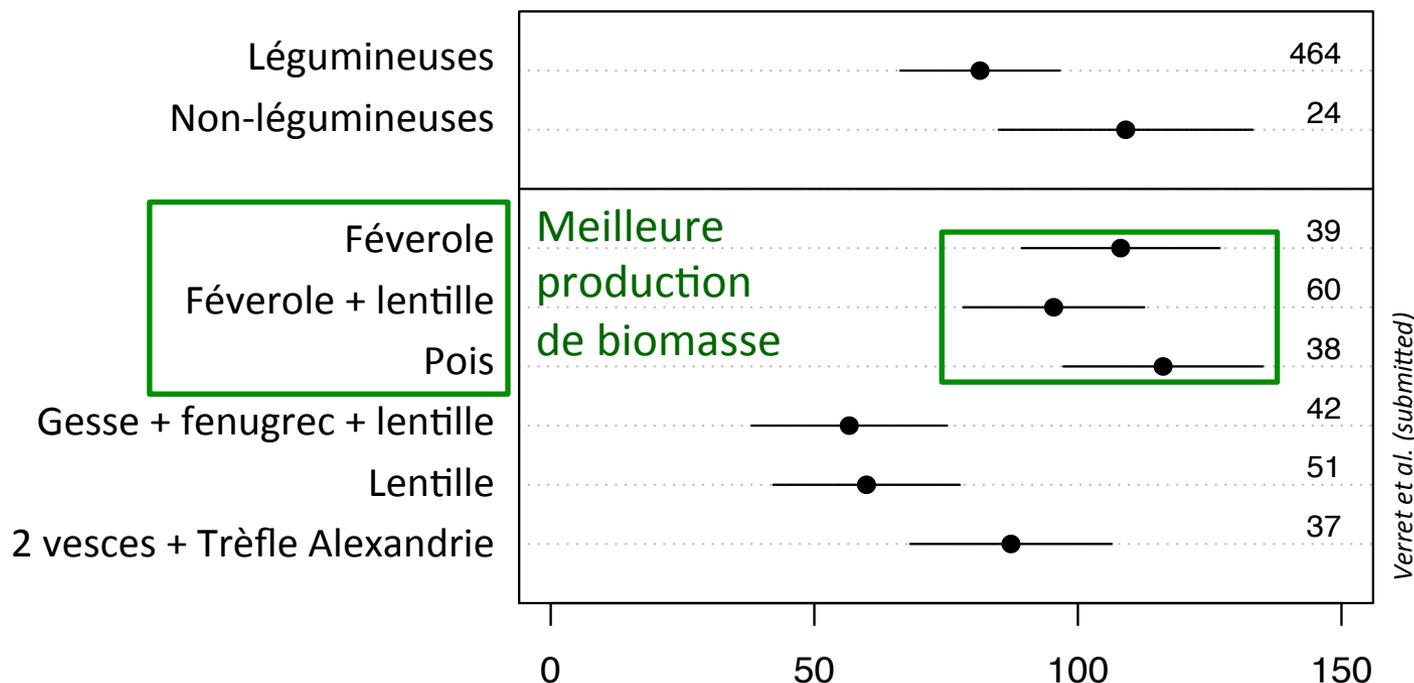
Verret et al. (submitted)

➔ Difficulté à mettre en évidence des facteurs pédoclimatiques qui impactent les performances des couverts = « clés de la réussite »

Biomasse des plantes de service en entrée hiver



Masse sèche de plantes de services (g m⁻²)

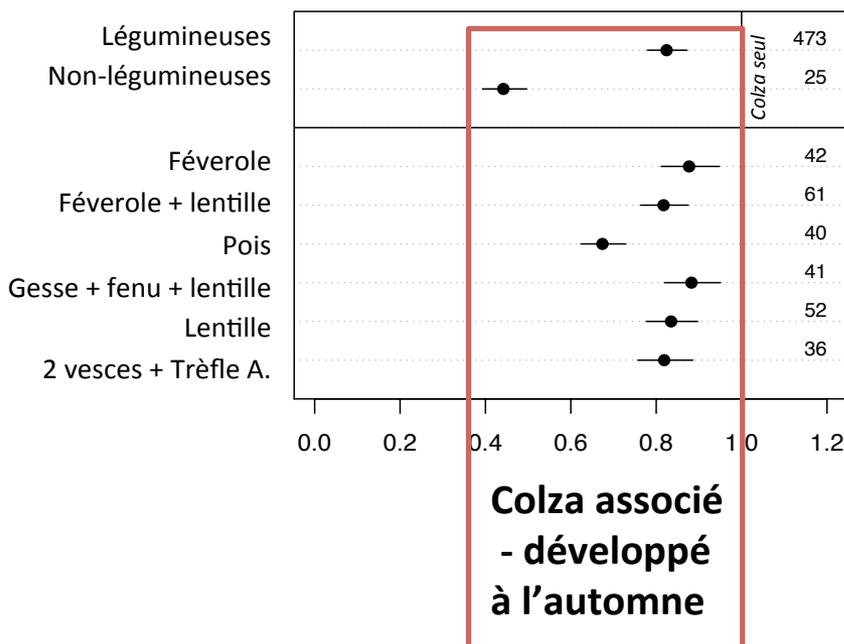


- **5-10** tonnes de matières fraîches / ha produites, en entrée hiver, par les couverts associés
- Entre 10 et 90 kg N /ha absorbés par les plantes de services

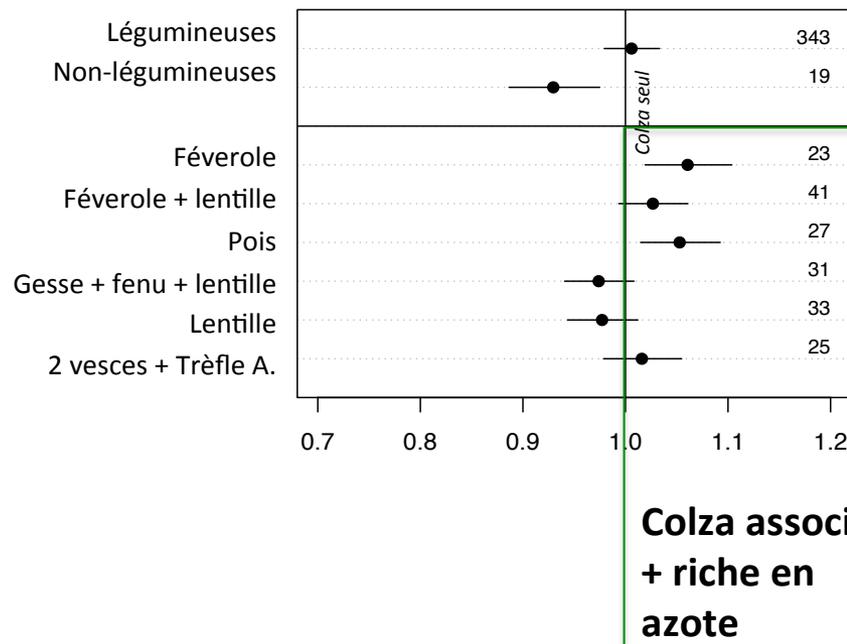
Impact sur la croissance du colza et sa nutrition azotée en hiver



**Biomasse du colza en entrée hiver
(Ratio colza associé/seul)**



**Nutrition azotée du colza en entrée hiver
(ratio d'INN colza associé/seul)**



Verret et al. (submitted)

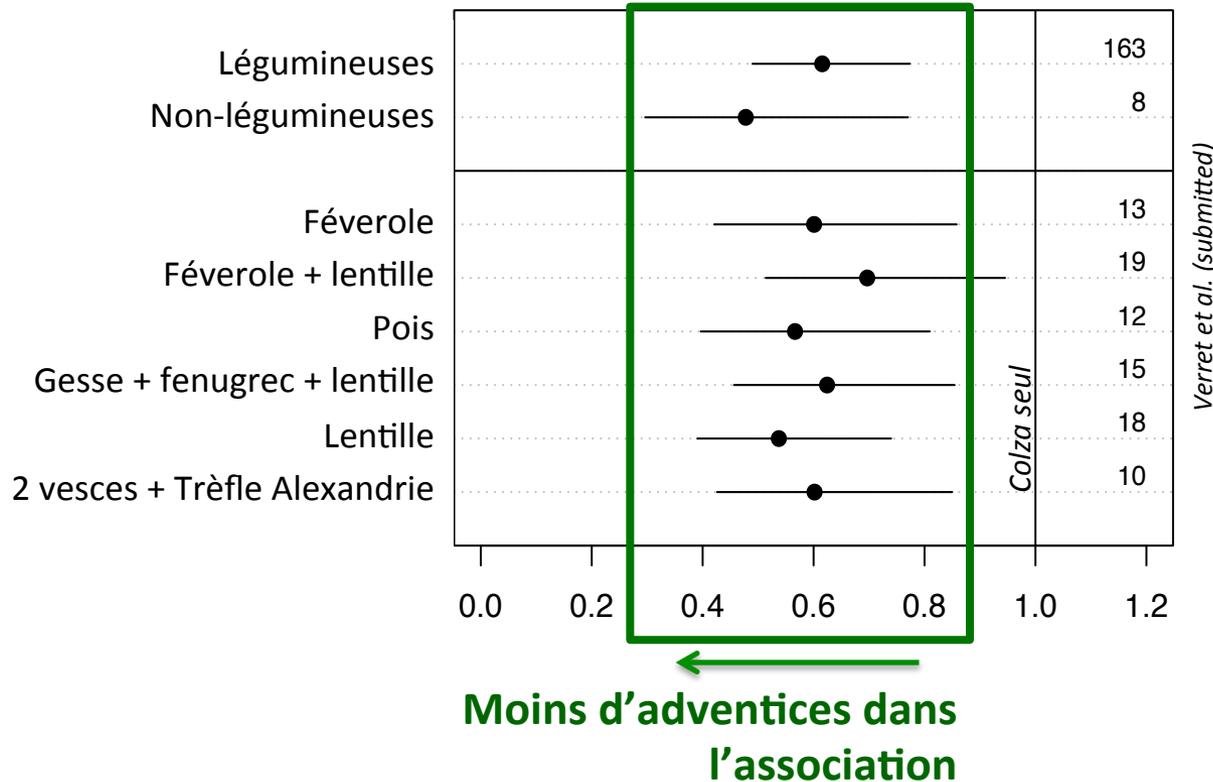
➤ Compétition sensible avec le colza : -18% en association par rapport au colza seul

**Colza plus vert ?
Meilleure absorption d'azote**

Régulation des adventices en entrée hiver



Ratio d'adventices (*colza associé/colza seul*)



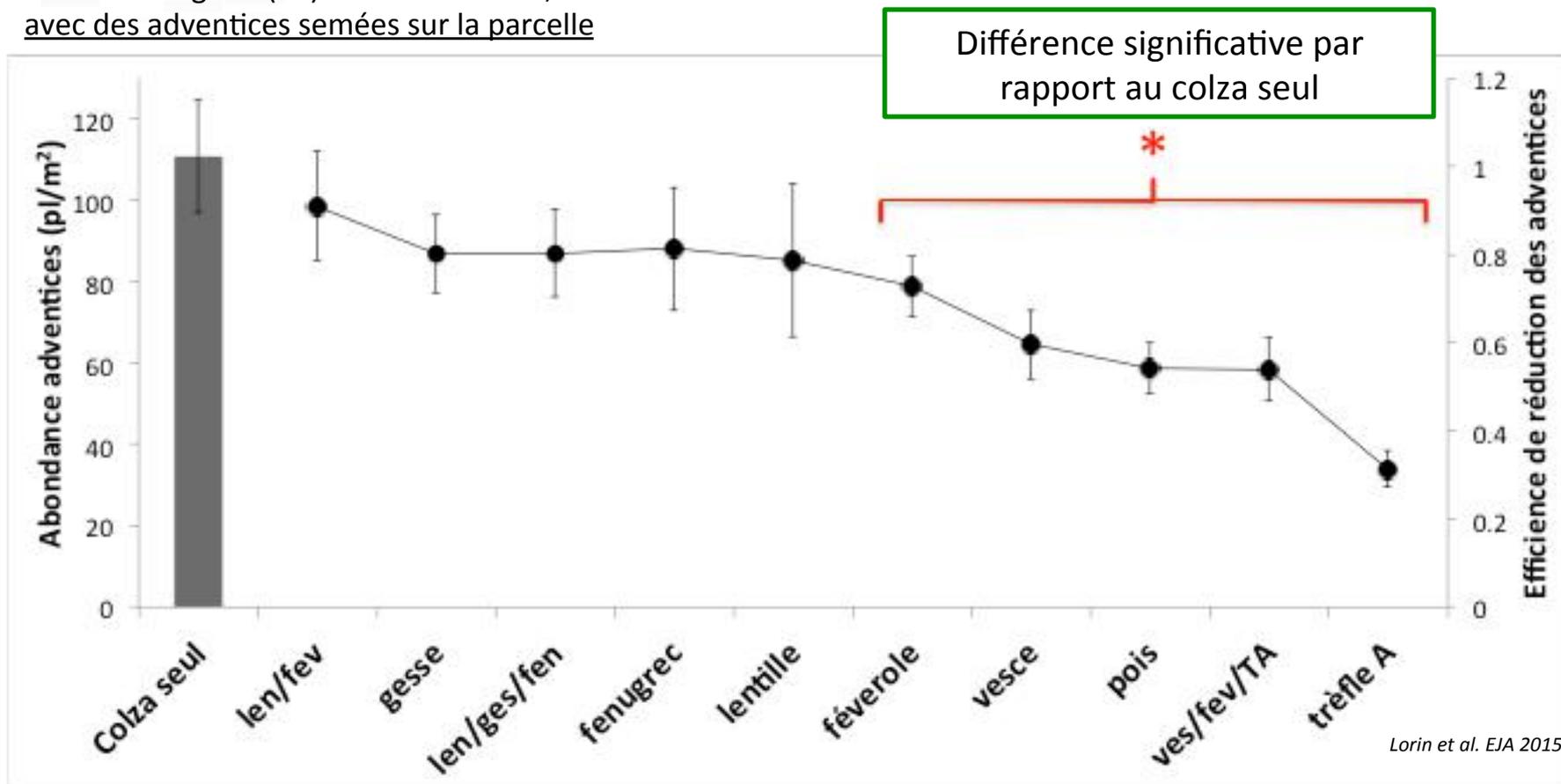
- -38% de biomasse d'adventices
- Pas de différence statistique entre les différentes espèces testées



Régulation des adventices en entrée hiver



Essais de Grignon (78) en 2012 et 2013,
avec des adventices semées sur la parcelle

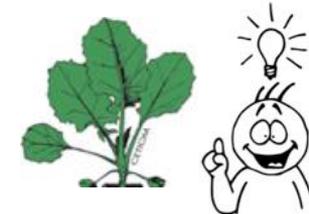


Lorin et al. EJA 2015

➔ Potentiel important de réduction de l'abondance des adventices en entrée hiver

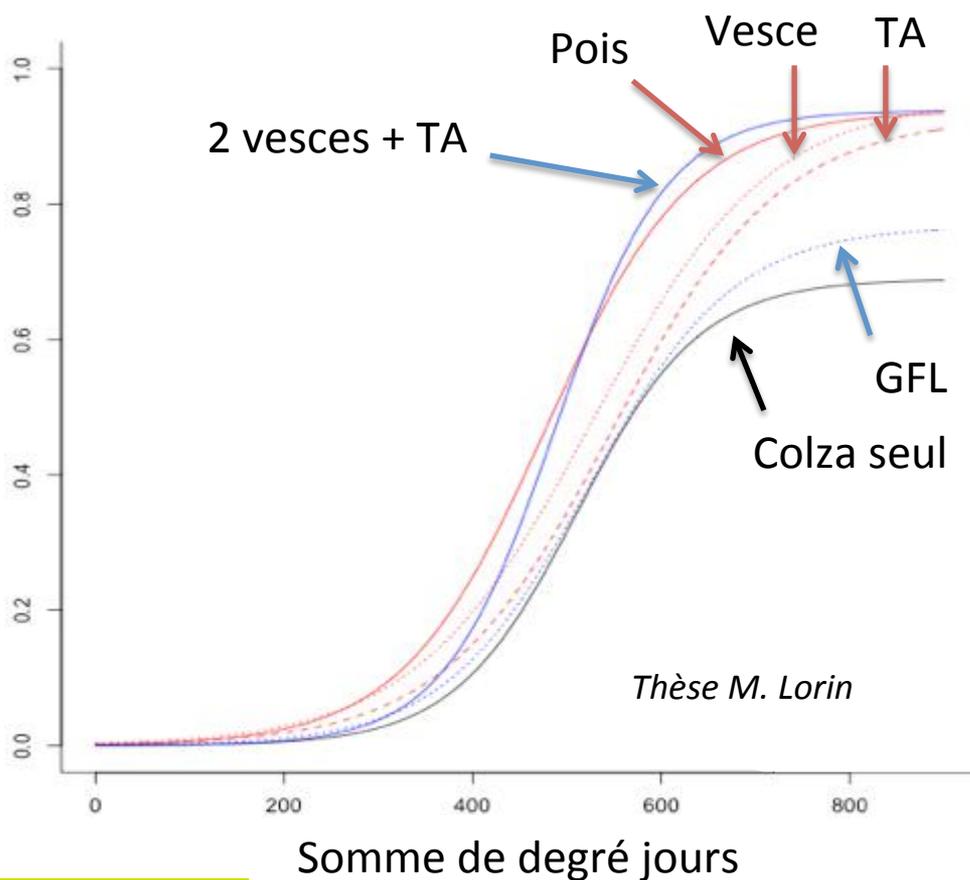


Régulation des adventices en entrée hiver



Efficiéce d'interception du PAR

(rayonnement photosynthétiquement actif)



➔ **Meilleure efficacité d'interception de la lumière en association**

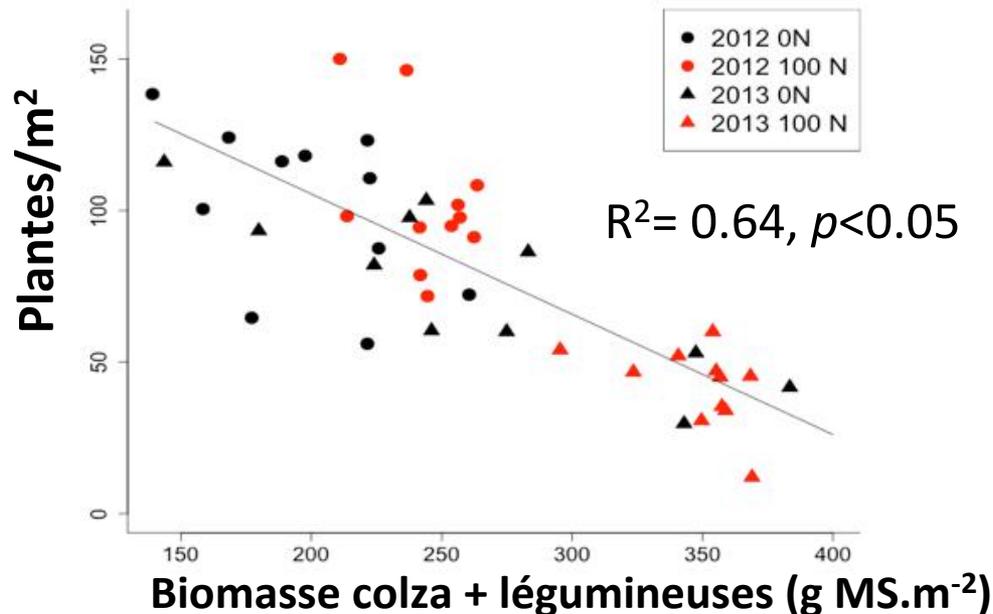
- ✧ Les couverts avec d'espèces associées au colza interceptent plus de lumière
- ✧ Celles qui semblent induire une réduction des adventices semblent aussi celles qui ont une dynamique d'interception lumineuse rapide
 - **Plantes hautes et ramifiées**



Régulation des adventices en entrée hiver



Abondance des adventices en entrée d'hiver



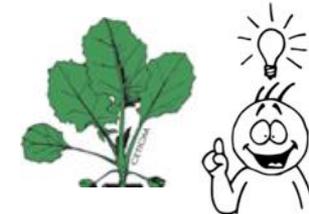
Essais de Grignon (78) en 2012 et 2013,
avec des adventices semées sur la parcelle

MS : matière sèche (gramme / m²)

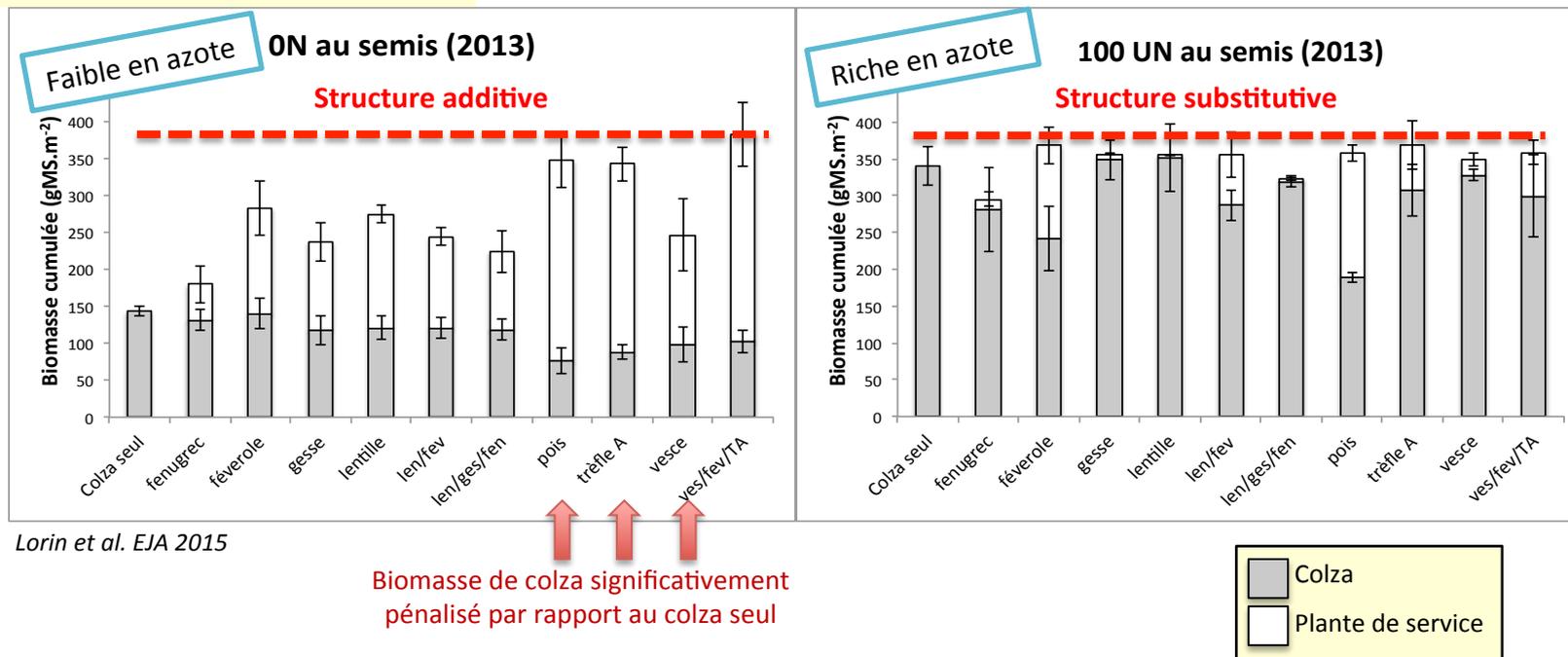
Lorin et al. EJA 2015

- ➔ La biomasse totale du couvert (*colza + plantes de services*) détermine la capacité à réguler les adventices
- ➔ Atteindre une biomasse > **350/400 g MS/m²** semble intéressant pour réguler les adventices

Disponibilité d'azote au semis et la croissance des plantes de services à l'automne



Essai de Grignon (78), 2012 et 2013



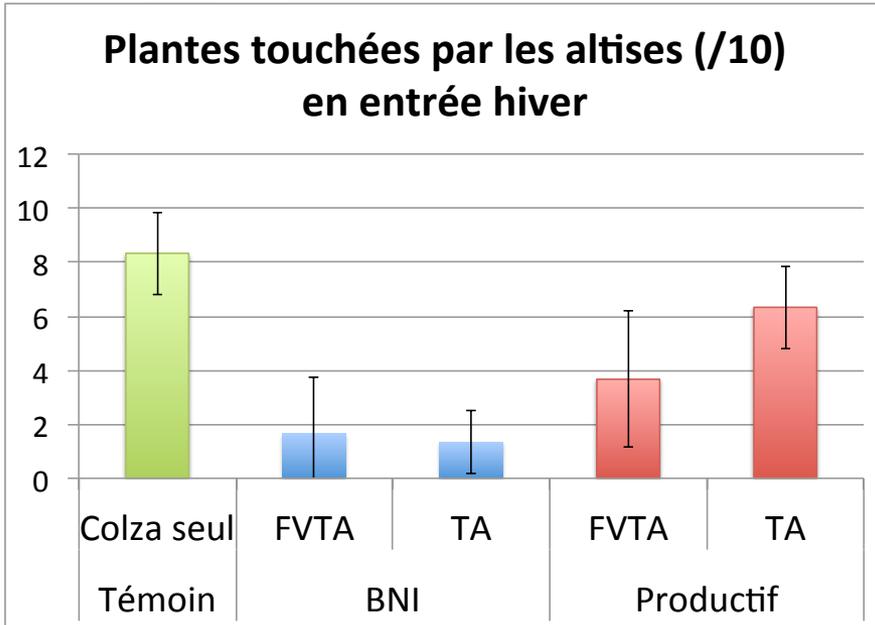
- ➔ En condition faible azote, certaines espèces s'en sortent mieux : FVTA, Pois et TA produisent des biomasses susceptible de réguler les adventices
- ➔ En cas de forte disponibilité d'azote au semis du colza (*précédent légumineuse, compost, effluents d'élevage,...*) le colza à lui seul suffirait à réprimer les adventices mais aussi les plantes associées les moins compétitives ➔ **perte du service lié au couvert ?**



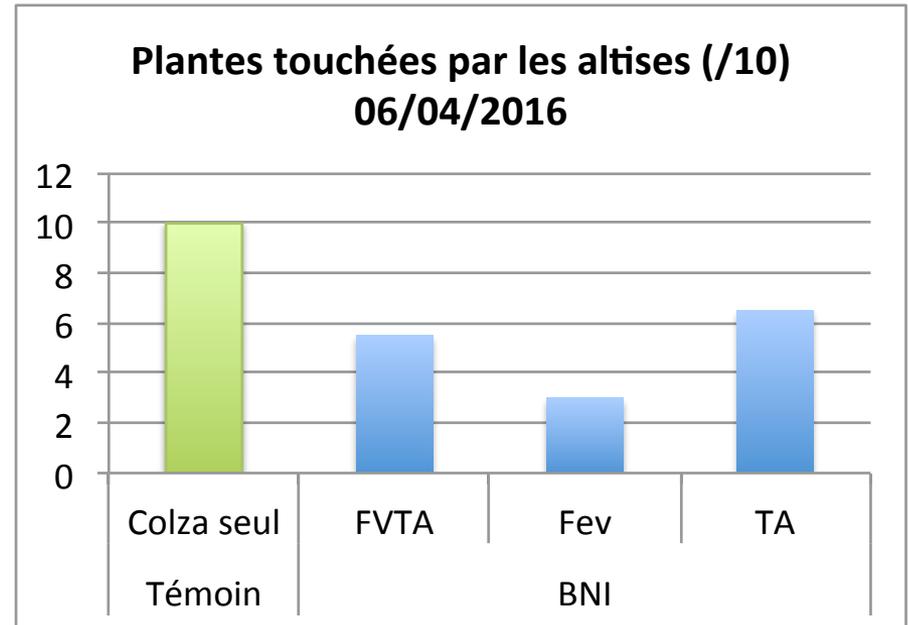
Insectes à l'automne (altises)



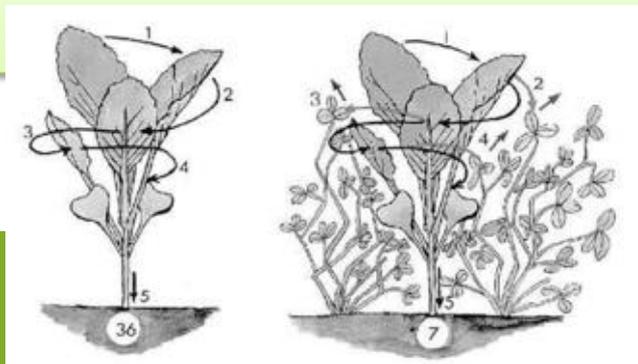
Essai 2015-2016 – CA60



Essai 2015-2016 – CA77



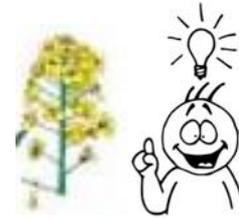
Deux fois moins de dégâts d'altises dans les colzas associés
 ➔ À approfondir et valider !



Finch & Collier 2000

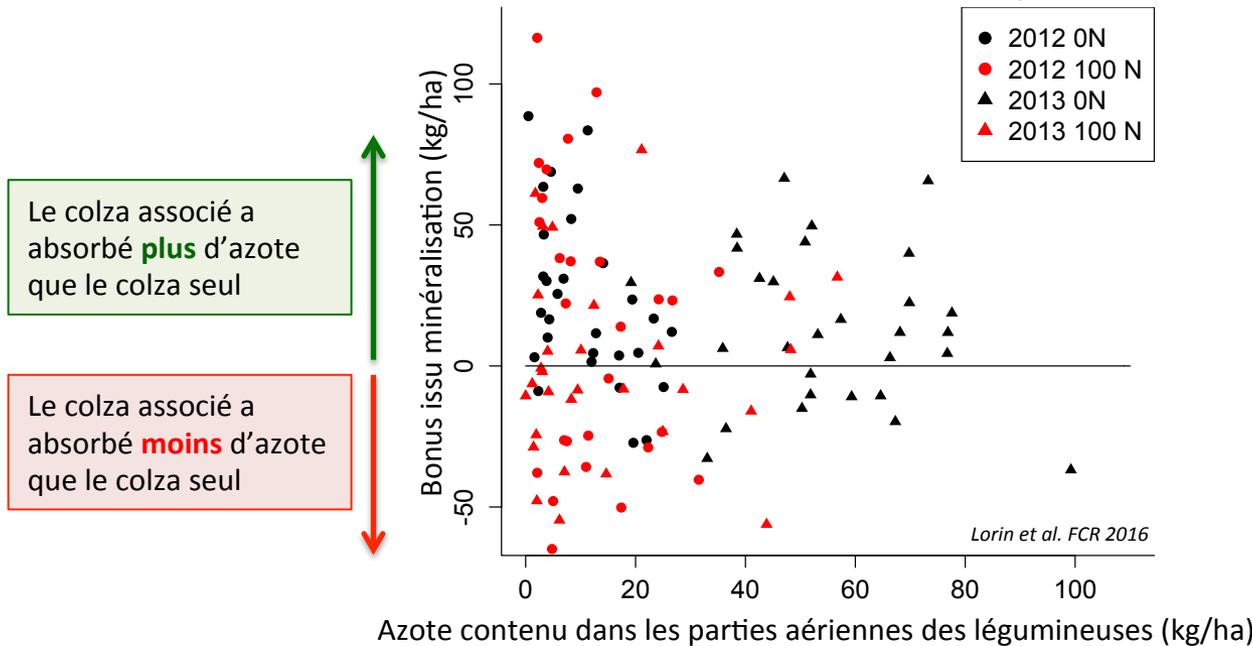


Nutrition azotée du colza à floraison



Différentiel d'absorption d'azote entre un colza associé et un colza seul, à floraison

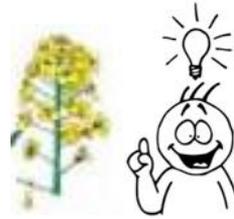
Essai de Grignon (78)
2012 et 2013



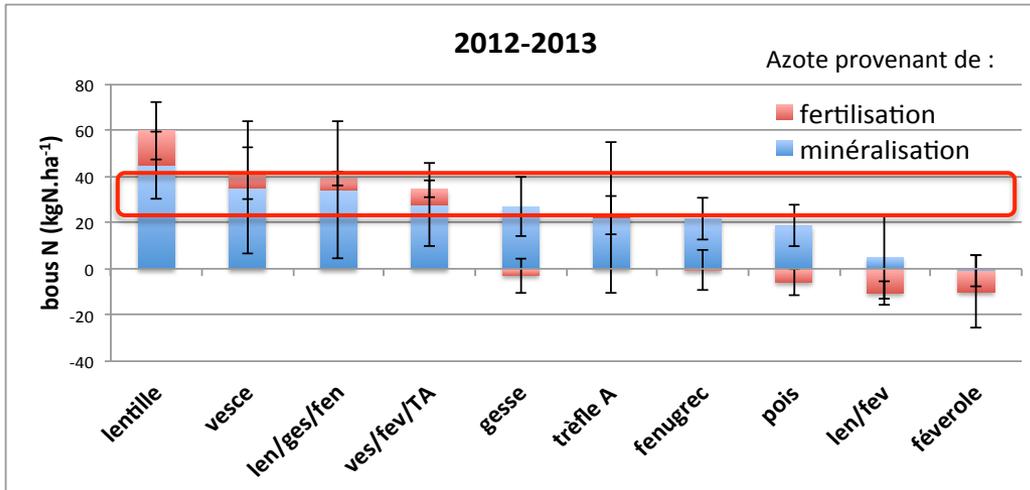
➔ **Pas de relation entre le bonus et la quantité d'N contenu dans les parties aériennes de plantes de services**

L'azote stocké dans les parties aériennes des plantes de service à l'automne, avant leur destruction, ne présage pas du bonus d'absorption du colza au printemps...

Nutrition azotée du colza à floraison



Différentiel d'absorption d'azote entre un colza associé et un colza seul, à floraison



Lorin et al. FCR 2016

- **Bonus d'absorption d'azote de 20 à 40 kgN.ha⁻¹ par rapport au colza seul !!**
- **Malus faible pour la féverole et féverole + lentille = organisation de l'azote**
- ➔ **Pas de relation entre le bonus et la quantité d'N contenu dans les parties aériennes de plantes de services**

Essai de Grignon (78) 2012 et 2013

L'azote apporté pour fertilisation au printemps est marqué à la radioactivité (¹⁵N) pour être suivi.

En rouge : l'azote absorbé en surplus par le colza associé par rapport au colza seul provient d'une meilleure valorisation de la fertilisation minérale.

En bleu : l'azote absorbé en surplus par le colza associé par rapport au colza seul provient d'une minéralisation accrue des matières organiques du sol et/ou des résidus des plantes de services qui se dégradent.

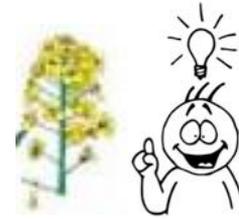


Nodulation sur racines de vesce pourpre avant sa destruction à l'hiver



Trèfle d'Alexandrie

Déterminants de la minéralisation des résidus de légumineuses

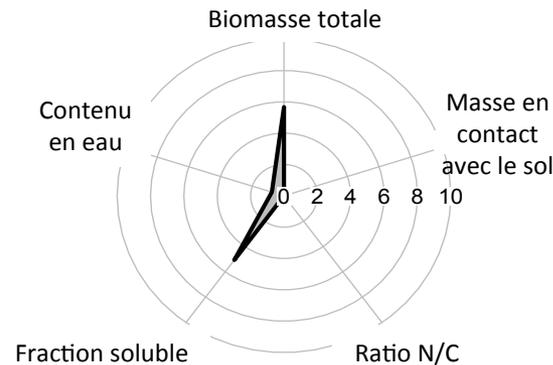


→ Des vitesses de dégradation variables des résidus des plantes de services selon leurs « traits » : port (*dressé, couché*), contenu en eau, fraction soluble, ...

Essai de Grignon (78) 2012 et 2013



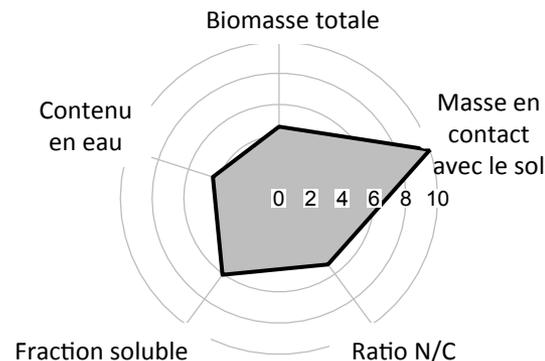
Féverole



Thèse Mathieu Lorin



Vesce commune

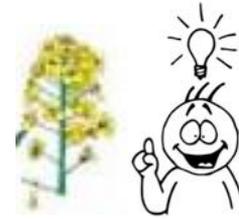


Hypothèse :

- Dégradation plus rapide des résidus de vesce (*par rapport à la féverole*)
- Meilleure disponibilité en azote pour le colza après vesce

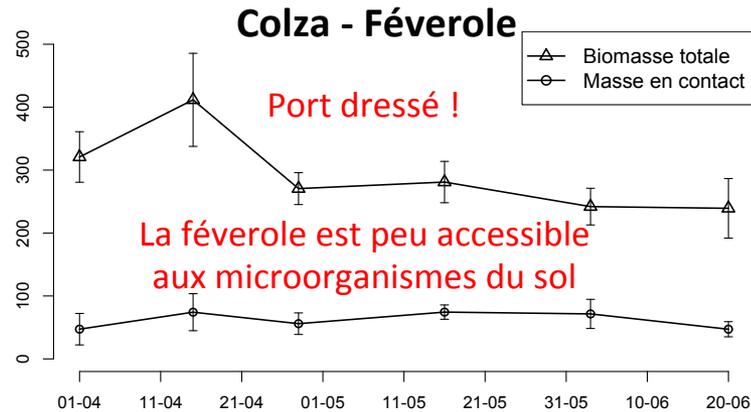


Déterminants de la minéralisation des résidus de légumineuses

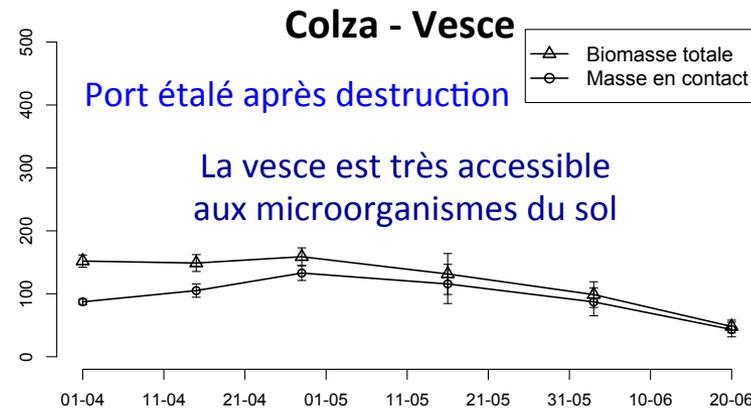


→ Des vitesses de dégradation variables des résidus des plantes de services selon leurs « traits » : port (*dressé, couché*), contenu en eau, fraction soluble, ...

Essai de Grignon (78) 2012 et 2013



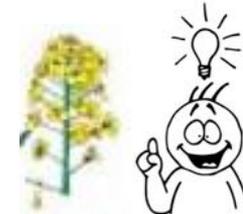
Thèse Mathieu Lorin



Hypothèse :

- Dégradation plus rapide des résidus de vesce (par rapport à la féverole)
- Meilleure disponibilité en azote pour le colza après vesce

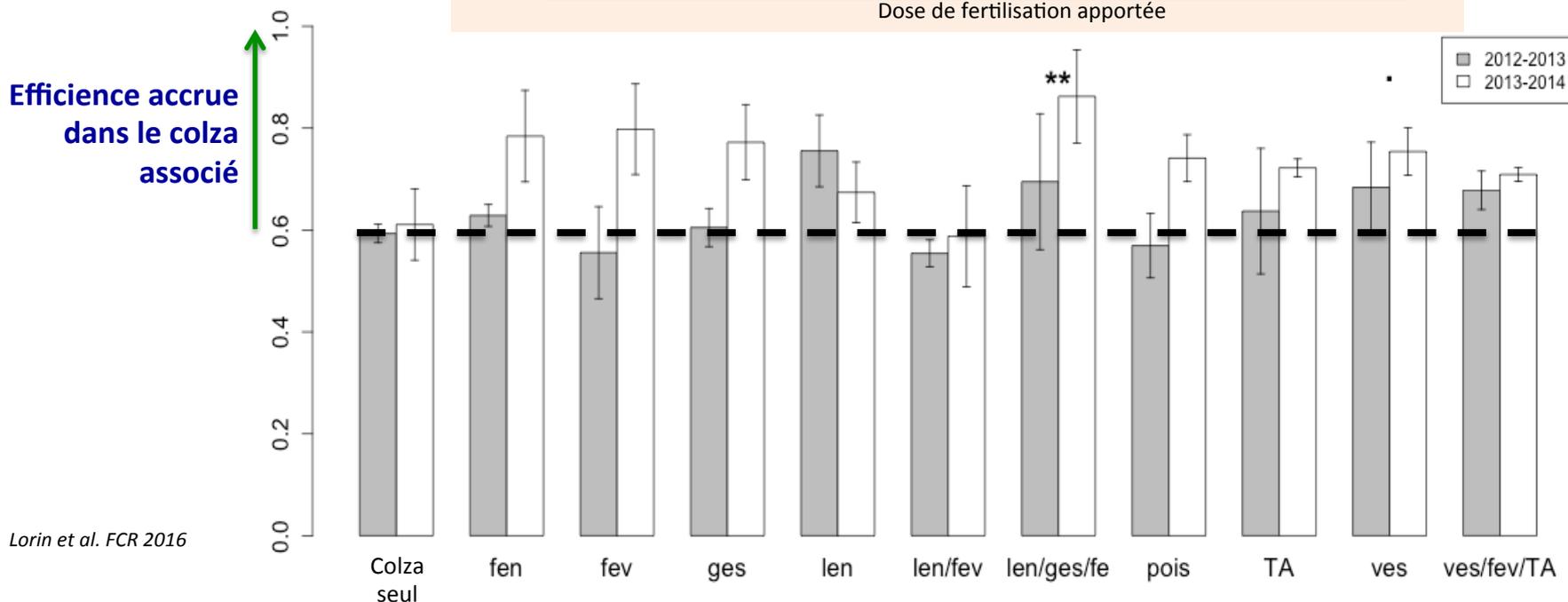
Effet de l'association sur la nutrition azotée du colza à floraison



Essai de Grignon (78) 2012 et 2013

Coefficient utilisation de l'azote (CUA) issu de la fertilisation

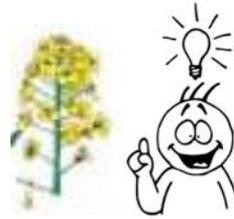
$$\text{CUA} = \frac{\text{Azote absorbé provenant de la fertilisation (feuilles+ tiges + racines + feuilles mortes)}}{\text{Dose de fertilisation apportée}}$$



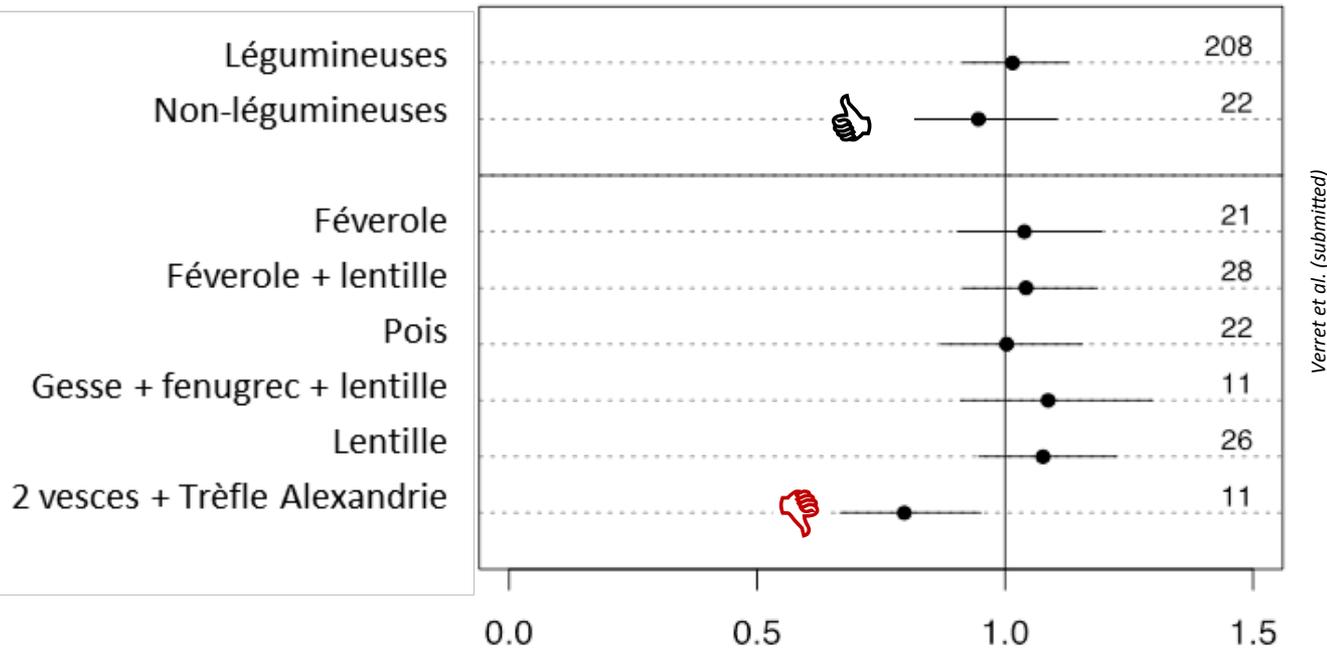
→ Le colza associé absorbe mieux l'azote apporté (*effet facilitation*)

- Hypothèses :
- modification du système racinaire du colza, plus profond et plus efficace
 - meilleure structure du sol en surface
 - ...

Effet de l'association sur la croissance du colza au printemps



Ratio de biomasse du colza à floraison
(colza associé/seul)



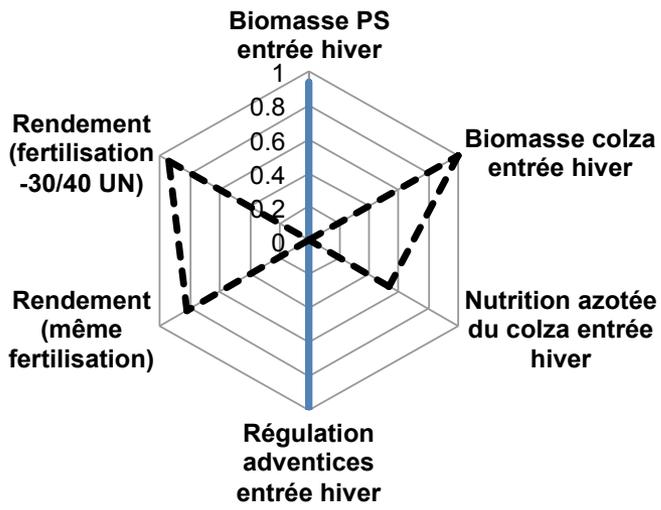
- ➔ Le colza associé a compensé le retard de croissance observé en entrée hiver par rapport à au colza seul
- ➔ « 👍 » en moyenne, les espèces non légumineuses ne pénalisent pas forcément la biomasse du colza à floraison : *ex. cameline, sarrasin* : espèces détruites tôt à automne (*senescence, gel*)
- ➔ « 👎 » : sur certains essais, les vesces n'ont pas gelées et ont pénalisé le colza

Performances agronomiques des familles de plantes de services



1 = le meilleur
 0 = le moins bon
 ----- : Colza seul

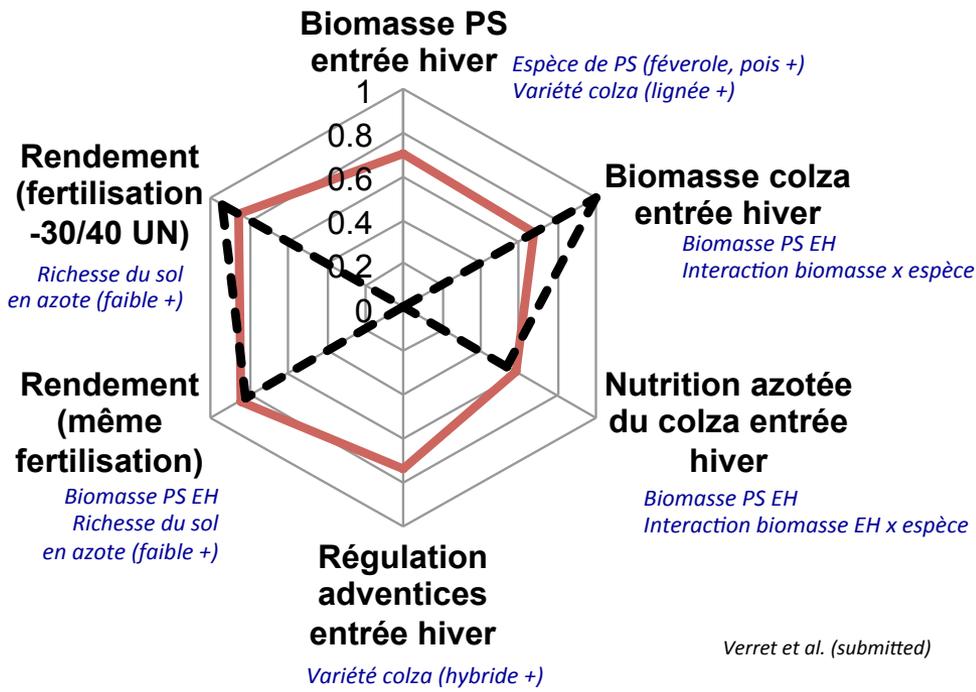
Plantes de service non-légumineuses



- Forte production de biomasse à automne de la plante de service
- Régulation forte des adventices à automne

Mais, pénalisant pour les autres critères !!!

Plantes de service légumineuses



- Amélioration des critères déterminants pour la production du colza

Verret et al. (submitted)

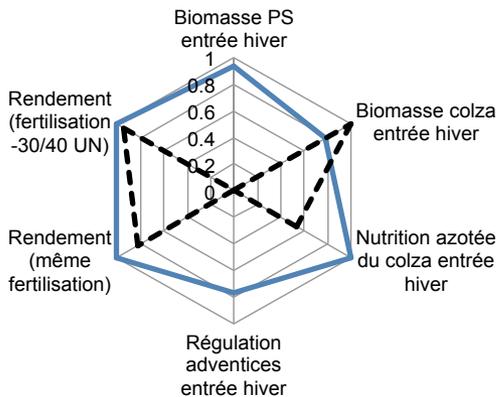


Performances agronomiques des espèces légumineuses et mélanges

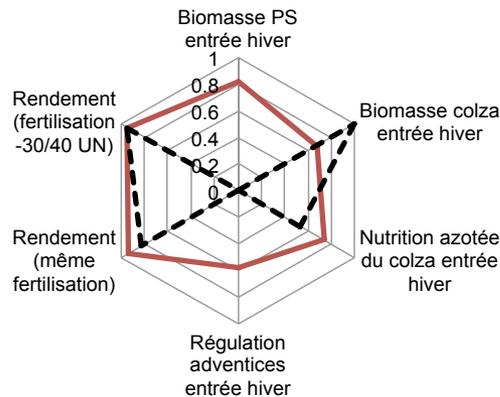


1 = le meilleur
0 = le moins bon
- - - Colza seul

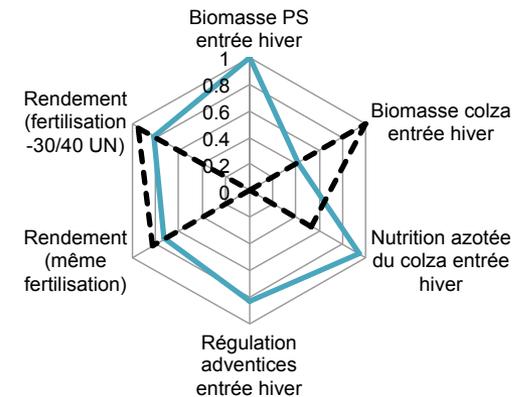
Féverole



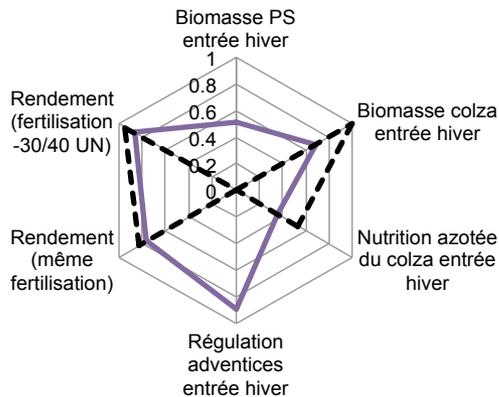
Féverole + lentille



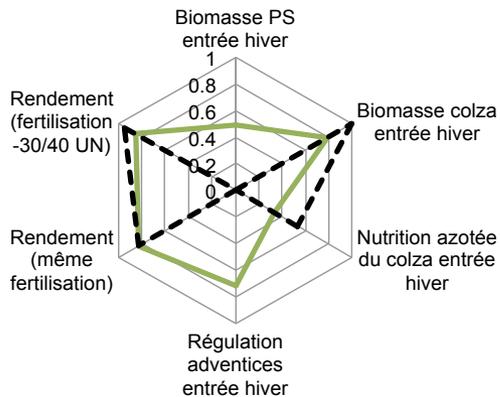
Pois



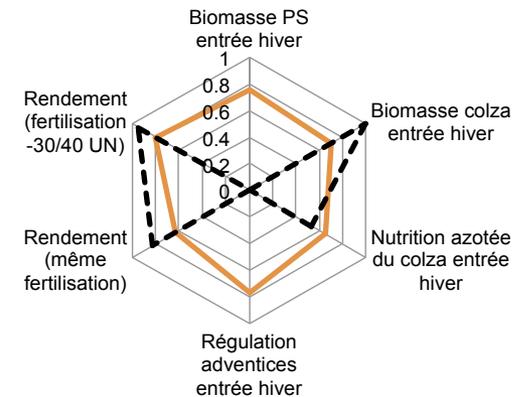
Lentille



Gesse + fenugrec + lentille



Vesce C + vesce P + trèfle d'alexandrie



Conclusions sur le fonctionnement de l'association colza – plantes de services

❖ Bilan à retenir

- ❖ Compétition pour le colza en automne limitée et compensée à la récolte
- ❖ Régulation des adventices **effective** mais **partielle** à l'automne
- ❖ Des colzas « plus verts », moins carencés en azote
- ❖ Une nutrition azotée accrue, pouvant mener à des gains de rendement
 - ✓ La féverole présente un bon profil de performances (ainsi que le trèfle d'Alexandrie, peu testé seul dans les essais passés)
 - ✓ Identification d'un mélange qui présente des performances intéressantes : Féverole + vesce pourpre + trèfle d'Alexandrie
- ❖ **Au delà de l'espèce certains traits d'espèces semblent l'emporter : croissance en hauteur, installation couverture sol, affaissement au sol pdt hiver, fraction soluble**

❖ Questions

- À partir de ces résultats, comment conduire le colza associé pour bénéficier au mieux des services rendus ?
- Est-il possible de réduire les intrants en maintenant les performances agronomiques et économiques ?



Du colza associé pour quoi faire et comment faire ?

- ❖ **Pourquoi associer le colza ? Et quels services sont recherchés ?**
- ❖ **Quels services sont obtenus ? Et Comment ça marche ?**
- ❖ **Quelles conduites adoptées ?**



Et maintenant ? Adapter les conduites...



Concevoir des itinéraires techniques (ITK) pour bénéficier au mieux des services rendus par l'association ?

tests sur la campagne 2015-2016

☞ **Choix de conserver 2 associations dans le « tronc commun »**

- trèfle d'Alexandrie
- mélange : féverole printemps + Vesce pourpre + Trèfle d'Alexandrie

☞ **Trois modalités de conduite testées**

- Colza seul « Conduite Classique »
- Colza associé « Bas Niveau d'Intrant »
- Colza associé « Productif »



Et maintenant ? Adapter les conduites...



Conduites suivies dans le cadre du projet Casdar Alliance

Les recommandations sont régionales, issues des conseils Chambre d'Agriculture et Terres Innovia.

	Colza seul - Référence	Bas Niveau d'Intrants (BNI)	Productif
Objectifs	Conduite classique	Miser sur les services pour limiter les intrants Conserver la marge	Produire « plus » Sans augmenter les intrants
Espèces associées		2 modalités communes : <ul style="list-style-type: none"> Féverole pts (15gr/m²) + Vesce P (14 kg/ha) + T. Alexandrie (4kg/ha) (FVTA) <ul style="list-style-type: none"> T. Alexandrie (6 kg/ha) (TA) + modalités au choix des expérimentateurs 	
Désherbage antiodonts	Stratégie post-semis/pré-levée Colzor trio	Aucun	Stratégie post-levée précoce Demi-dose de Novall ou Alabama
Désherbage antigaminées	Si repousse de céréales ou graminées résistantes (<i>Kerb flo</i>)	Si repousse de céréales ou graminées résistantes (<i>Kerb flo</i>)	Si repousse de céréales ou graminées résistantes (<i>Kerb flo</i>)
Destruction du couvert	-	Gel ou LONTREL en mars	Callisto, Ielo/Yago en décembre <i>(destruction précoce pour favoriser la minéralisation des résidus des plantes de services)</i>
Insecticides automne	Selon recommandations	Max 1 seul à l'automne Selon recommandation au printemps	Selon recommandations
Fongicides	Selon recommandations	1 seul au printemps	Selon recommandations
Azote	Réglette Azote	Réglette azote sur colza associé - 30 à 40 unités d'azote / ha	Réglette azote sur colza associé

Gestion de la fertilisation



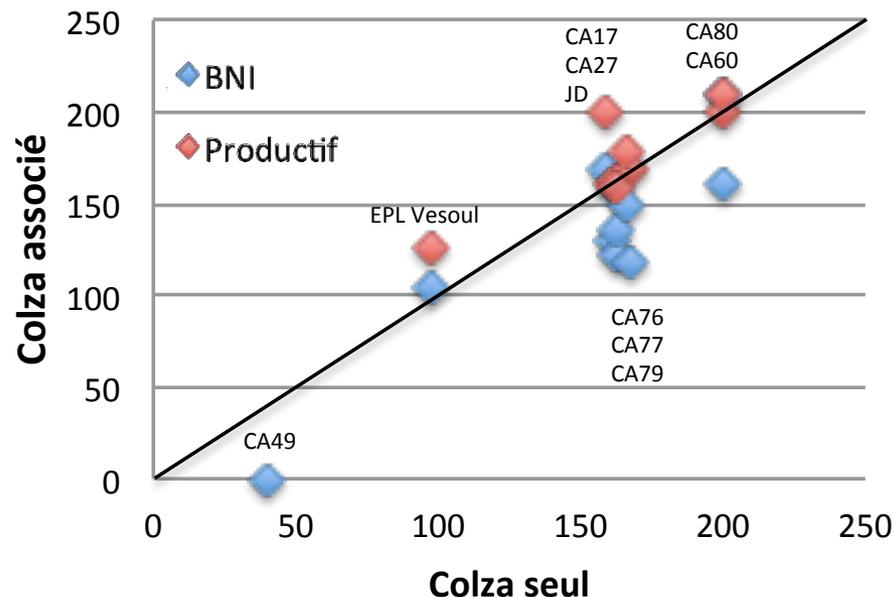
Conduite « Bas Niveaux d’Intrants »

- Calcul de la dose bilan sur la biomasse de colza associé
- Retirer -30 UN
- ➔ En moyenne : **-22 UN**

Conduite « productive »

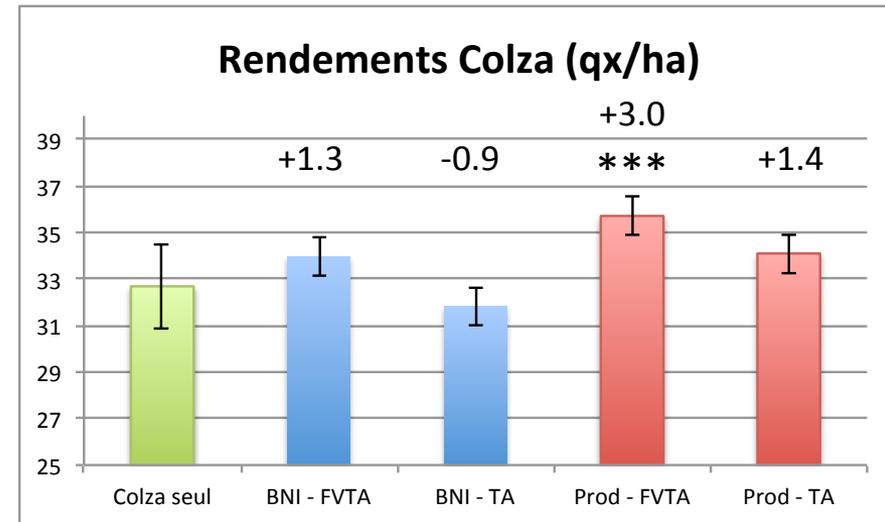
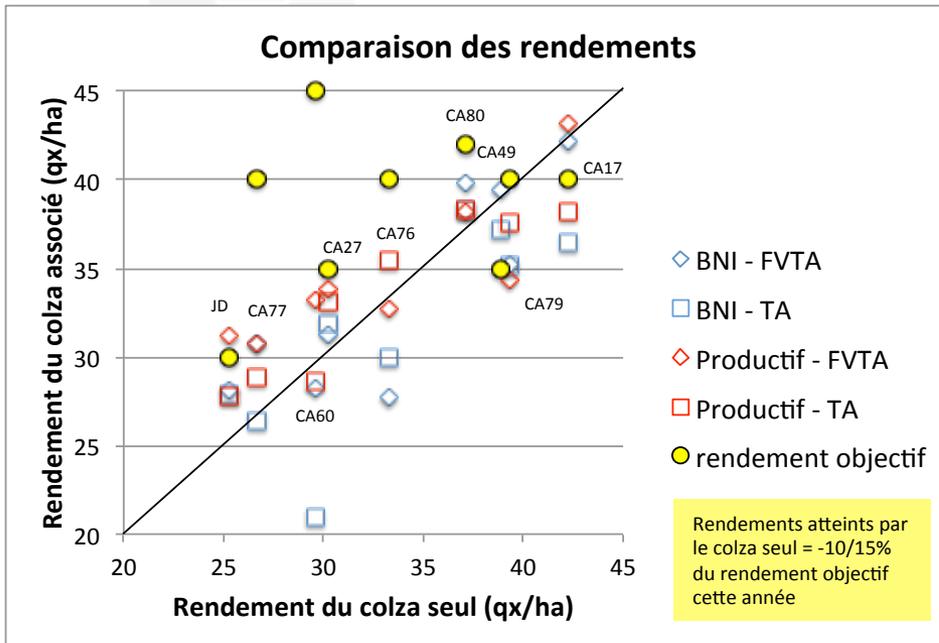
- Calcul de la dose bilan sur la biomasse de colza associé
- Appliquer la dose recommandée
- ➔ En moyenne : **+11 UN**

Azote minéral apporté (kgN/ha)



Sur-dose d’azote en conduite « productive », car l’association a causé une réduction importante de production biomasse du colza en automne

Impact sur le rendement du colza



FVTA = féverole, vesce pourpre, trèfle d'Alexandrie
TA = trèfle d'Alexandrie

- ➔ Conduite « **BNI** » = **maintien** du rendement
- ➔ Conduite « **Productif** » déplaçonne le rendement, surtout avec le mélange FVTA
- ☞ **cohérent avec les résultats de l'analyse multilocale Alliance**

Indicateurs technico-économiques: IFT – produits phyto



Conduite « Bas Niveaux d’Intrants »

- 0 herbicide anti-dicot à l’automne -1
- 1 insecticide maximum à l’automne -1
- Destruction en sortie d’hiver Callisto/Lontrel (*seulement 2 essais /10*) +1/0

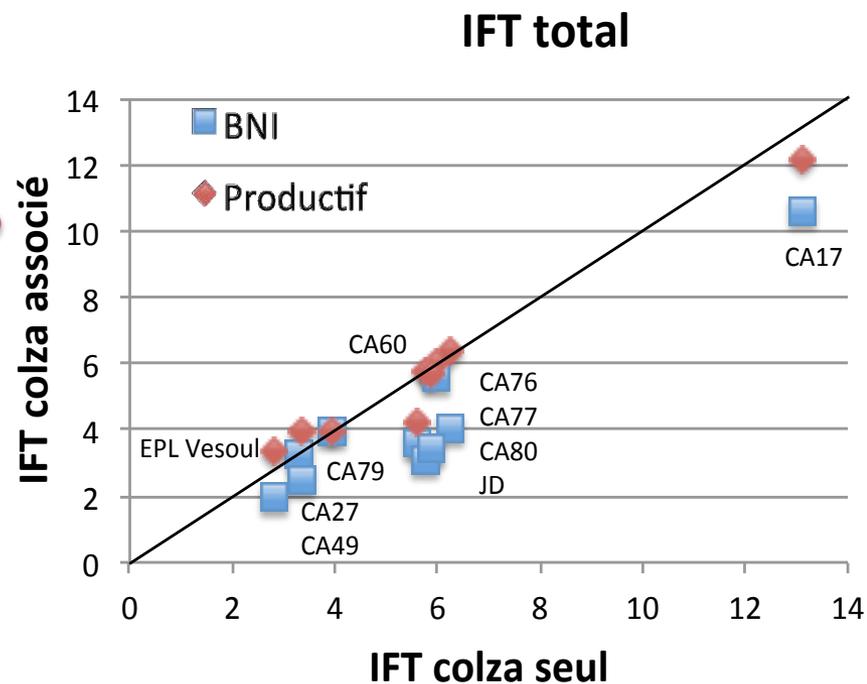
→ En moyenne : **-1.4 (-25%)**

Conduite « productive »

- 1 demi-dose d’anti-dicot en précoce -0.5
- Destruction systématique des légumineuses en entrée hiver +1

(yago, ielo)

→ En moyenne : **-0.1 (-2%)**



(IFT total prend en compte les anti-limaces et traitements de semences, ainsi que l’usage/cible pour établir la dose homologué du produit)

Indicateurs technico-économiques: Marge semi-nette



($MSN = produit \times prix \text{ de vente} - charges \text{ opérationnelles} - charges \text{ de mécanisation}$)

Marge semi-nette	Référence	BNI (écart à la référence)			Productif (écart à la référence)	
		Colza seul	FVTA	TA	FVTA	TA
Site						
CA17	531	+17	-128	+11	-112	
CA27	473	+72	+153	+71	+119	
CA49	916	+9	-41	-	-	
CA60	388	-83	-297	+76	-43	
CA76	408	+57	+204	-219	-87	
CA77	113	+167	+55	+56	+54	
CA79	1006	-207	-157	-271	-102	
CA80	653	+189	+190	-48	+9	
Jouffray-Drillaud	113	+164	+209	+136	+112	
Moyenne	511	+43	+21	-24	-6	
p-value	-	0.380	0.666	0.647	0.903	
(différence de l'écart à 0)						

- **Avantage au BNI** (pas significatif car différences importantes entre sites)
- Les gains ou pertes de MSN ne sont pas sensible aux scénarios de prix
 - **BNI reste positif** quelque soit le prix de vente et coût des intrants
 - **Productif reste négatif**

Scénarios testés :

Azote entre 0,50€ et 1,50€

Gazole entre 0,50€ et 0,80€

Prix de vente colza entre 250€ et 450€

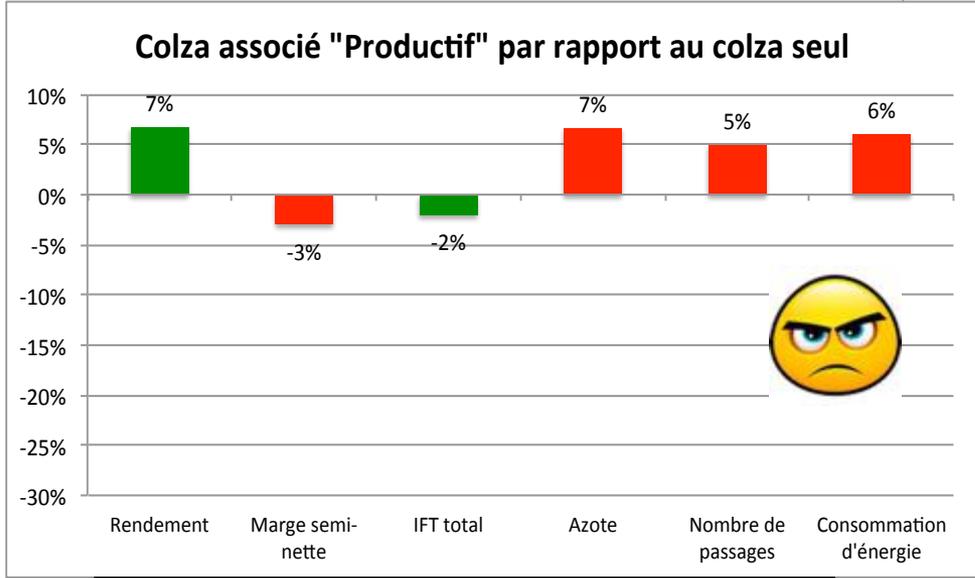
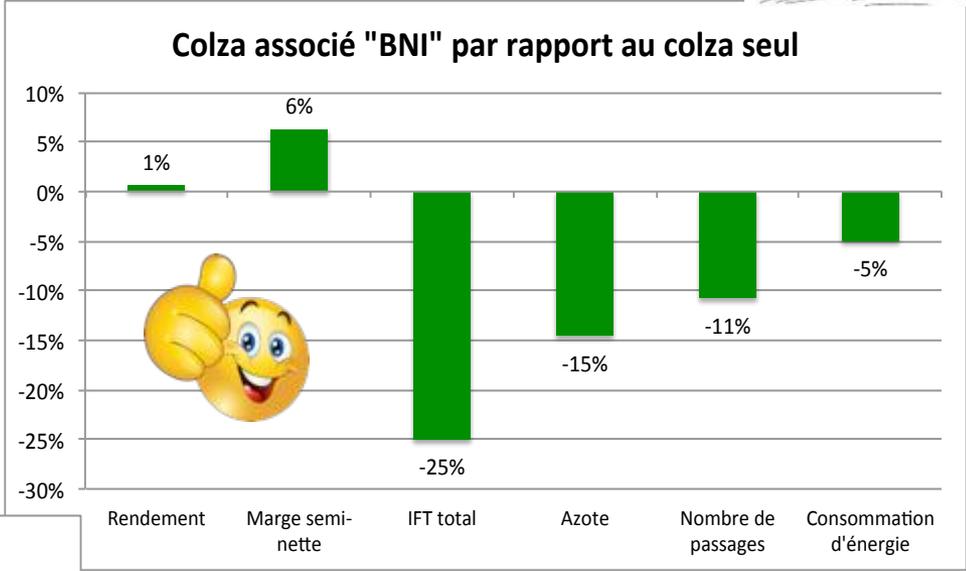
Références utilisées pour le calcul : outil INRA CRITER, références CA.

Evaluation multicritères



Conduite « BNI » = marge augmentée

car : - rendement est pas impacté
- intrants réduits



Conduite « productive »

- Rendement augmenté

Mais : - surcoûts liés aux plantes de services
- intrants pas réduits
- marges finales réduites

Avec des différences entre sites, qui restent difficiles à expliquer !

Références utilisées pour le calcul : outil INRA CRITER, références CA.

Merci de votre attention

- ❖ **Remerciements aux partenaires expérimentateurs**
- ❖ **Remerciements aux contributeurs de la base de données d'essais « colzas associés »**
 - **Terres Inovia**
 - **Chambres d'agriculture non-partenaires du CASDAR Alliance : CA Haute-Saône, Loire-Atlantique, Vienne et Yonne**

- ❖ **Des questions ?**