



Semis sous Couvert Végétal en grandes cultures pour augmenter la fertilité naturelle des sols: trouver l'équilibre

ARVALIS
Institut du végétal

Stéphane Jézéquel et coll.,
s.jezequel@arvalisinstitutduvegetal.fr

Merci aux agriculteurs réseau SCV et CasDar agroécologie CA04



**Implantation
d'une
légumineuse
« sous couvert
de blé » en
mars: technique
ancienne
(bergers),
éprouvée,
économique,
qui a un regain
de faisabilité
avec les
semoirs à
semis direct.**

Mars

Avril

Mai

Juin

Juillet

août



Forces/ Faiblesses

Forces

- Meilleure stabilité structurale
- **Mulch de surface qui limite l'érosion et la levée des adventices**
- **Meilleure décomposition des matières actives**
 - **Stockage de C dans le sol**
 - **Maintien d'humidité sur sols secs**
 - Sol toujours couvert (flux de nitrate)
- **Charges de mécanisation et main d'œuvre**
- Facilité de conduite de parcelles hétérogènes

Faiblesses

- **Baisse des rendements dans certains cas (pas adapté à toutes les cultures et aux sols fréquemment tassés)**
- **Réchauffement ralenti (minéralisation ?)**
 - **Dépendance au glyphosate**
 - **Bio-agresseurs : limaces et mulots**
 - **Risques de fusarioses (blé de maïs)**
 - Forte technicité nécessaire

Changements dans le système

Conduite du couvert

- **Choisir le couvert**
- **Planter: réussir la levée**
- **Gérer la compétition du couvert sur la culture**

Conduite de la culture

- **Semis direct, strip - till**
- **Gérer la fertilisation azotée**
- **Désherber sans tuer le couvert**

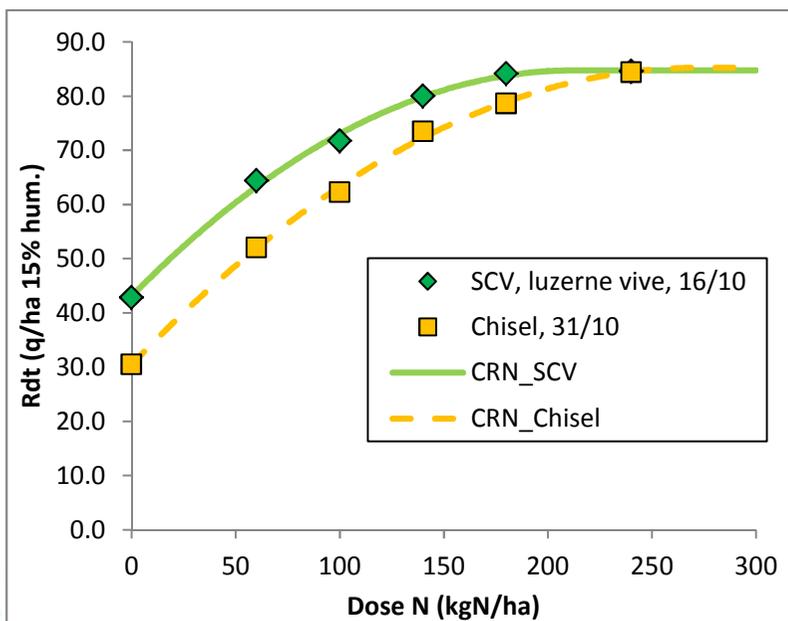


Gains agronomiques possibles

BRIVES (36) 2013

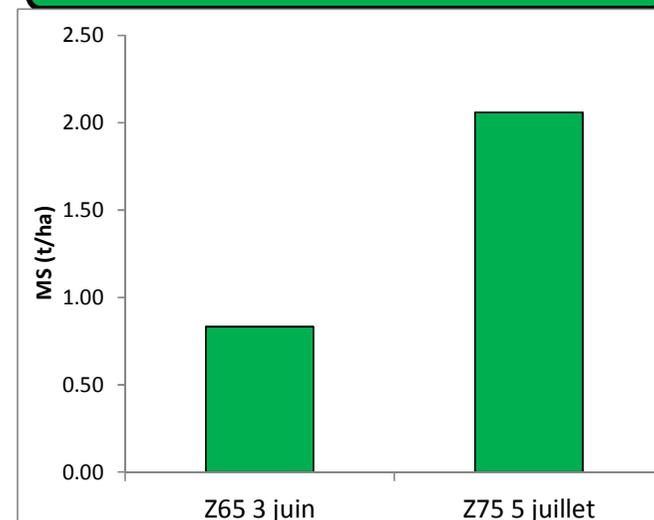
Rdt grain (ETR ANOVA = 1.5 q/ha)

Courbes de réponses



	Chisel 31/10	SCV avec luzerne 16/10
Nopt (kgN/ha)	272	213***
Ropt (q/ha)	85.3	84.7 ^{NS}
ETR (q/ha)	0.9	1.0

Biomasse luzerne



Conclusion rendement:

- Pas de différence de potentiel de rendement (apparemment pas de concurrence néfaste de la luzerne associée). Mais attention au contexte 2013 (pas de stress hydrique donc atténuation de la concurrence luzerne et bon contrôle de la luzerne).
- Différence significative de dose optimale N (60 kgN/ha environ) en faveur du SCV avec luzerne.

Test statistique en comparaison avec la référence Chisel (modèles emboîtés)

*** différence significative à 1%

** différence significative à 5%

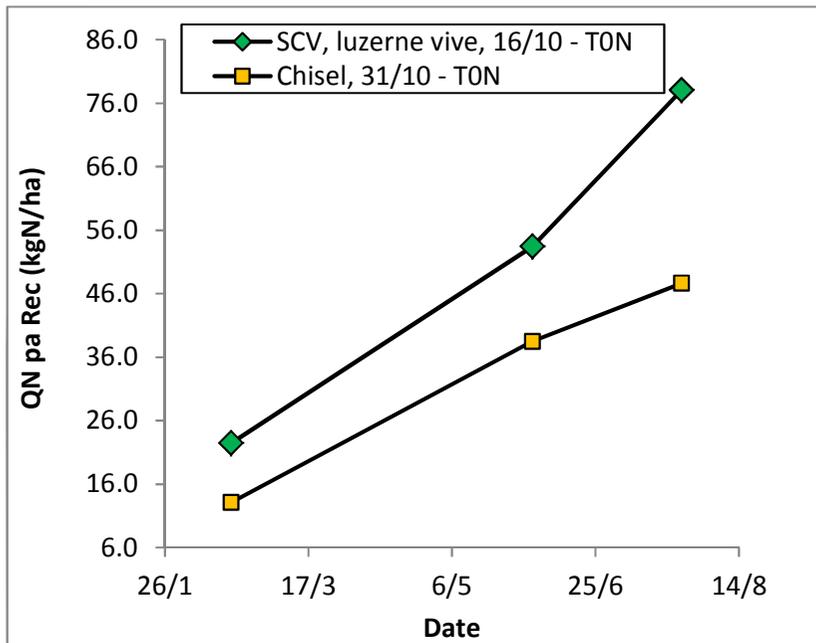
* Différence significative à 10%

NS : Différence Non Significative

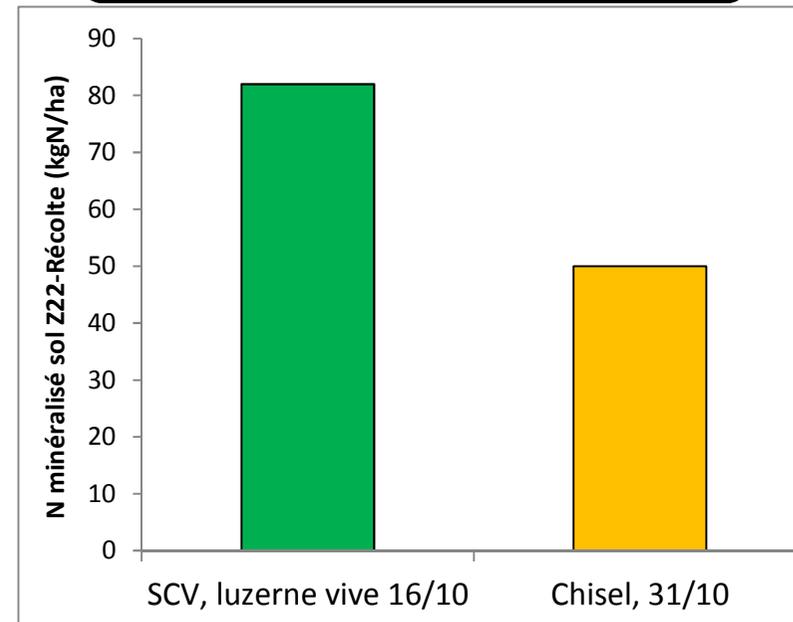
BRIVES (36) 2013

Dynamique de l'azote

Cinétique d'absorption de l'azote dans les parties aériennes du blé sur les TON



Quantité d'azote minéralisé dans le sol cumulée Sortie hiver-Récolte

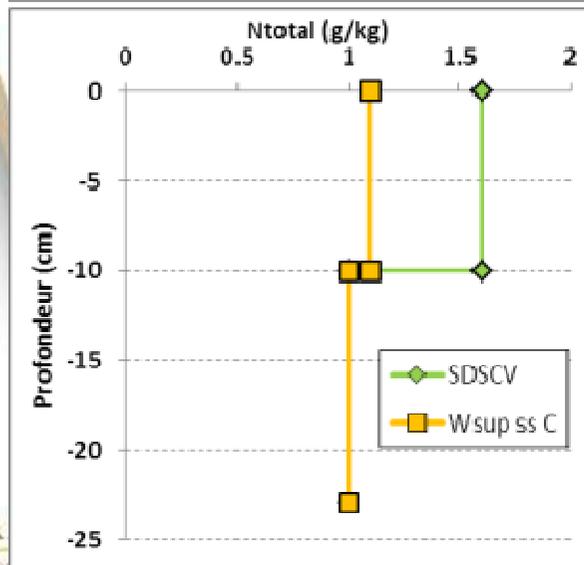
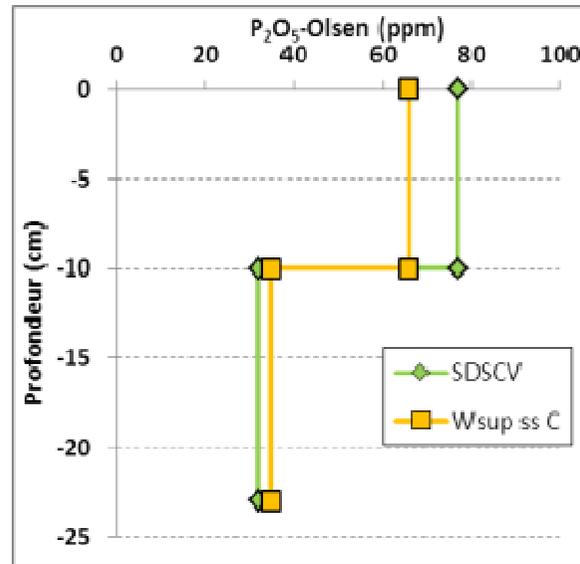
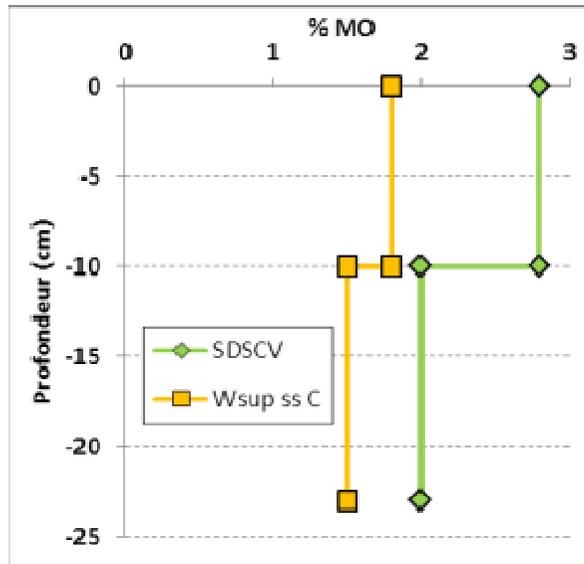


Conclusion dynamique de l'azote :

- Même CAU donc même efficacité d'absorption de l'azote mise à disposition
- Plus d'absorption N en SCV avec luzerne = plus de fournitures N via le sol
- Confirmation par la comparaison des quantités d'azote issu de la minéralisation de la matière organique du sol

BRIVES (36) 2013

Analyses de sol

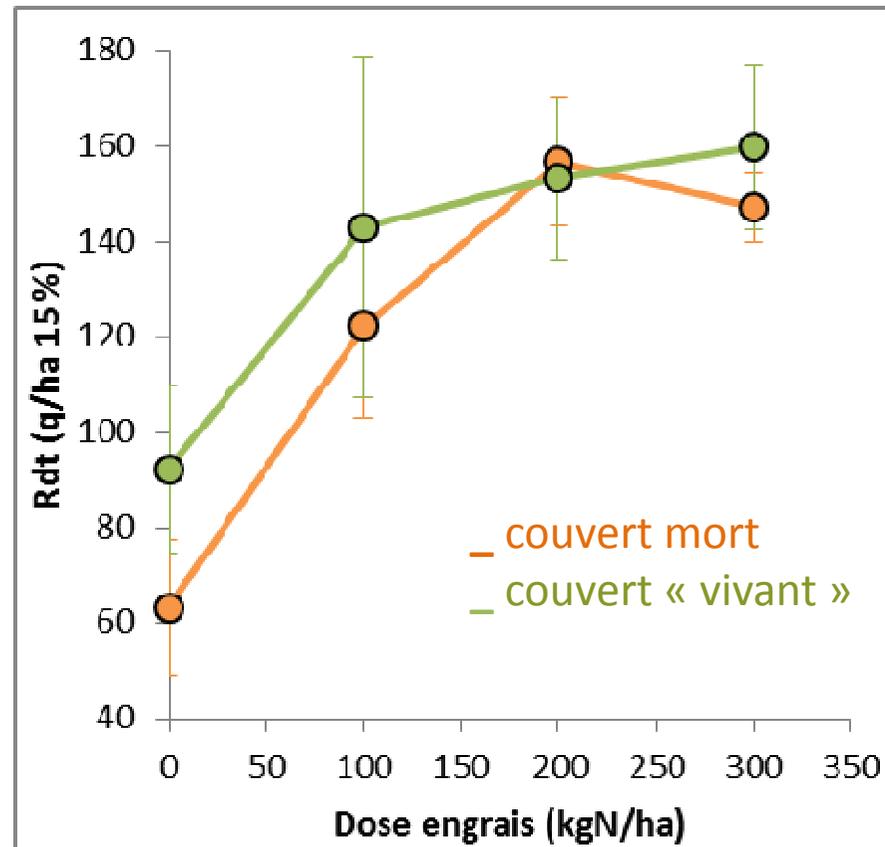


Après 12 années de différenciation :

- Différenciation entre les SdC en surface
- Mise en place de gradients en profondeur

Maïs en SCV, fertilisation azotée et gestion du couvert de sainfoin essai Oraison (04) - 2014

Essais analytiques annuels



+ 15 q/ha (* S) tous traitements confondus pour le couvert « vivant »

Optimum ferti N décalé de 223 à 185u (sur courbes de réponses ajustées) (NS)

Caractérisation fonctionnement du sol

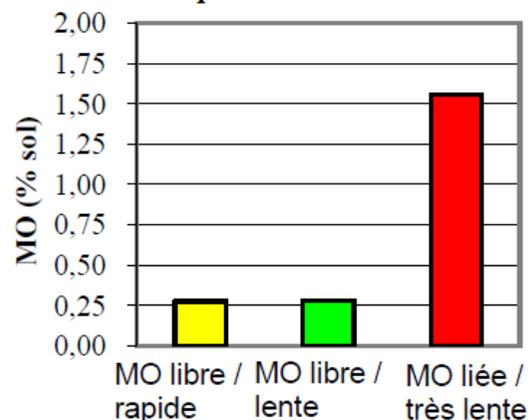
Analyses de sol

(exemple)

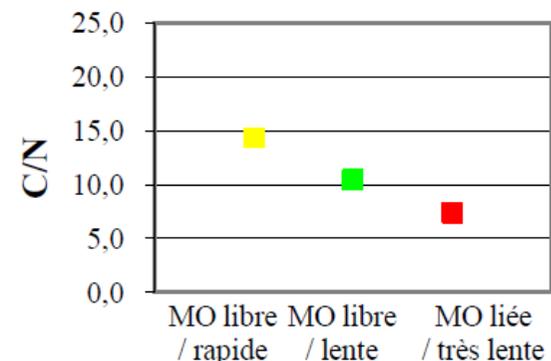
Répartition relative des différentes MO



Teneur du sol dans les différentes qualités de MO



Etat d'humification des différentes fractions de MO



Type de MO / dégradabilité

Carbone	Biomasse Microbienne	Eléments minéraux stockés dans la BM (calculés)					
g/kg terre	mgC/kg terre	en % C	N	P	K	Ca	Mg
12,3 correct	312 correct	2,5 fort	67	52	44	6	6

BILAN DES ELEMENTS MINERALISES

C organique (g/kg TS)	C minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Cm/BM	Ntk (g/kg TS)	N minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Fourniture annuelle N (U)
12,3 correct	407 fort	3,3 fort	47 correct	1,485 correct	24,1 fort	1,6 correct	51

Point méthodologique: La démarche expérimentale

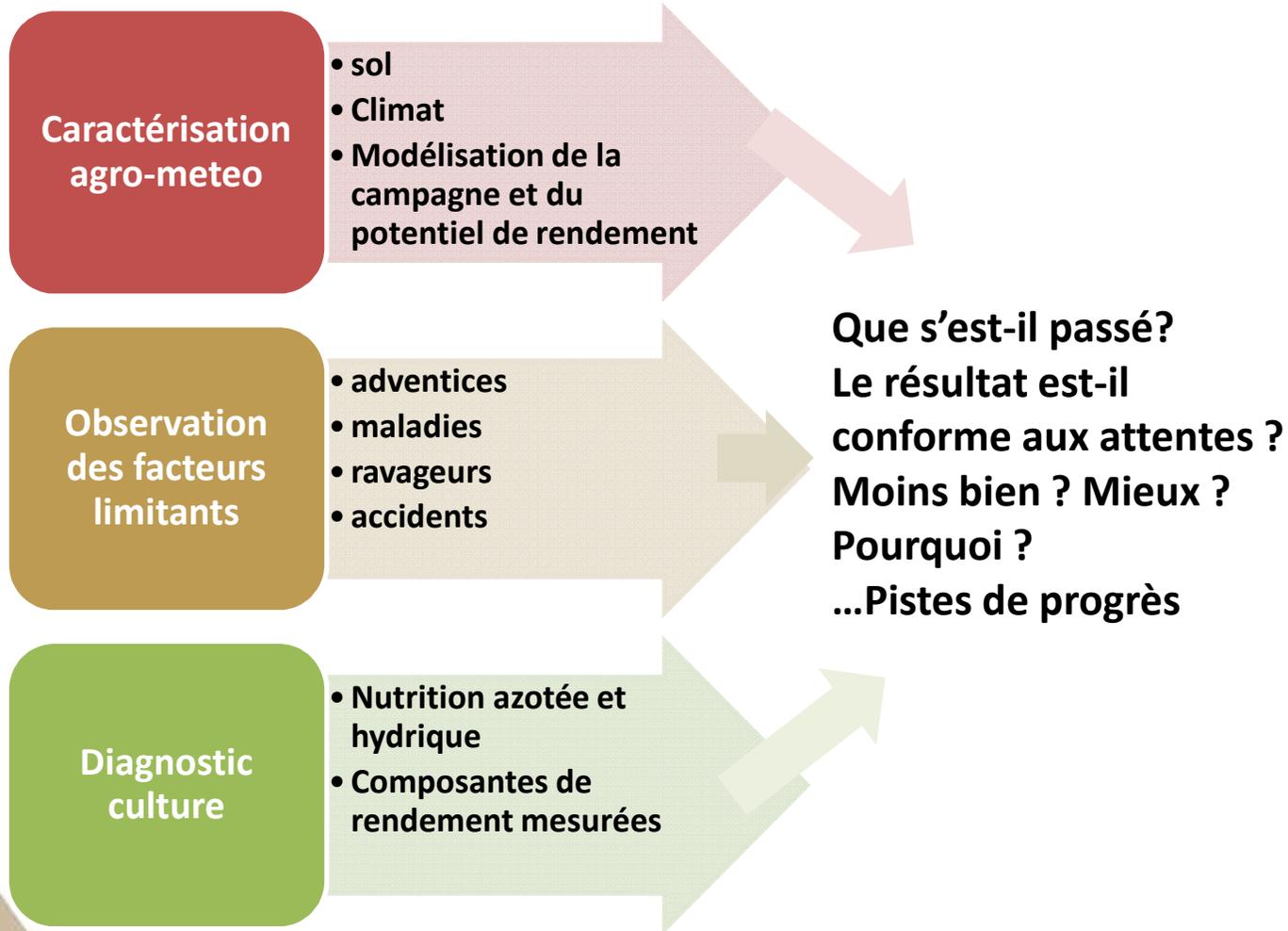


➔ Hypothèse a priori

- Classiquement en expérimentation: (Un ou deux facteurs étudiés): je fais comme hypothèse (H1) que les modalités des variables que je mets en place (des variétés traitées fongicides ou pas, par exemple) **donnent des résultats différents; et je valide ou rejette cette hypothèse au moyen d'un test statistique** que je suis capable de mettre en œuvre grâce à un **dispositif terrain micro-parcelles qui me permet de contrôler les autres facteurs du milieu.**
- En grande parcelle, **je ne contrôle pas le milieu et je ne peux isoler les facteurs** (j'observe d'un coup l'intégralité de ce qu'a fait l'agriculteur). Aussi, **mon hypothèse est que « la culture se comporte comme attendu »** (ce qui voudra dire en général: « j'obtiens le rendement attendu dans ce milieu donné cette année climatique donnée avec les pratiques de l'agriculteur »), **et on va se donner les moyens de quantifier et d'expliquer l'écart à cette hypothèse.**



La méthode imaginée: DiagChamp une démarche diagnostique



15 parcelles en Agriculture de conservation depuis plus de 3 ans

Sur une zone homogène et moyenne de chaque parcelle :

- Visite hebdomadaire :
 - Stade de développement
 - Phytopathogènes
 - Suivi tensiométrique

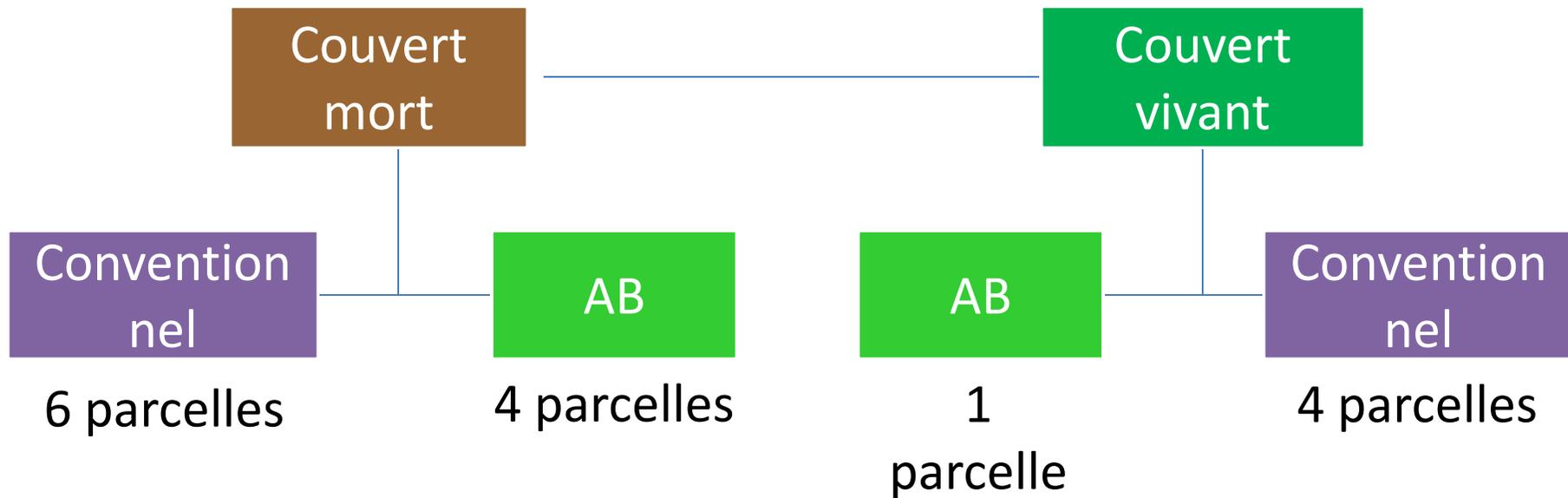
- A floraison :
 - Biomasse aérienne
 - % d'azote
 - Reliquats azotés du sol
 - Adventices

- A maturité :
 - Rendement
 - Composantes de rendement et qualité



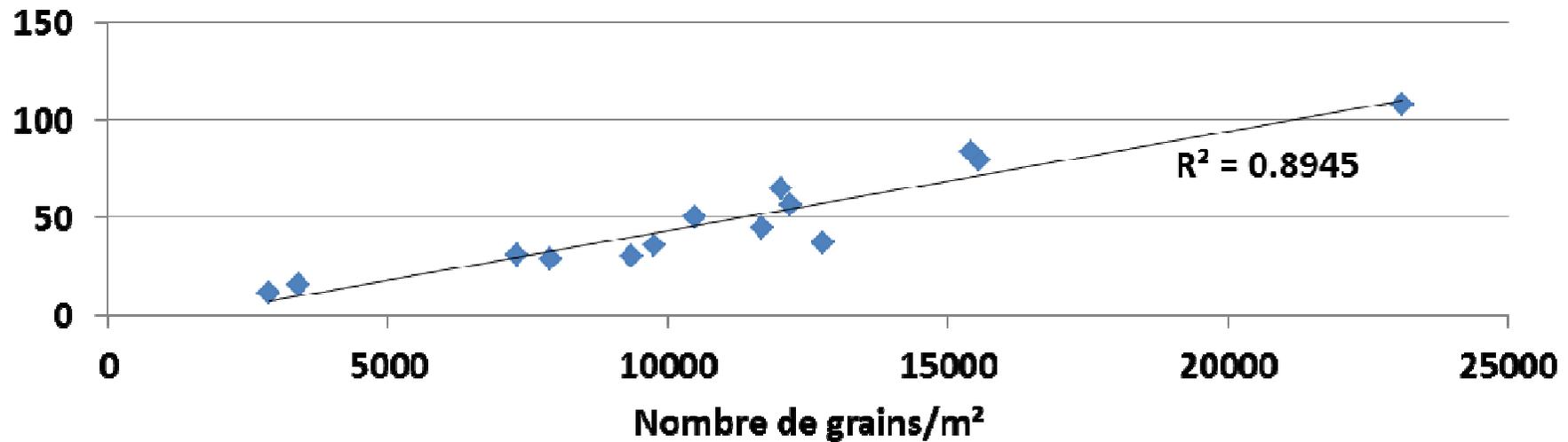


Qui se répartissent selon leurs pratiques:

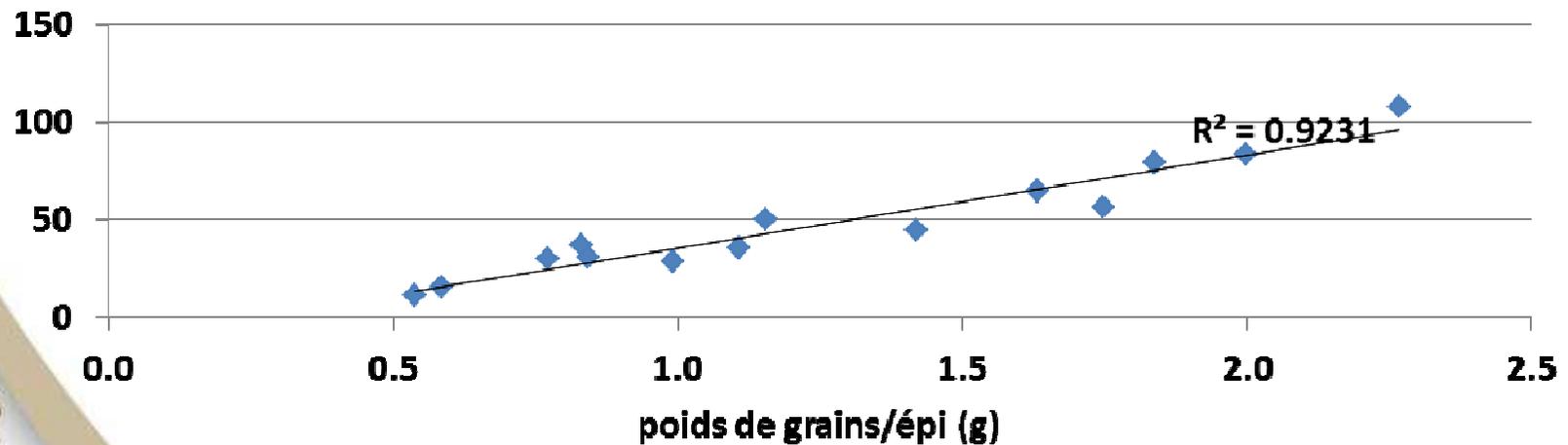


Quelle composante est-elle corrélée aux rendements obtenus ?

rendement (q/ha) = f (nb de grains/m²)



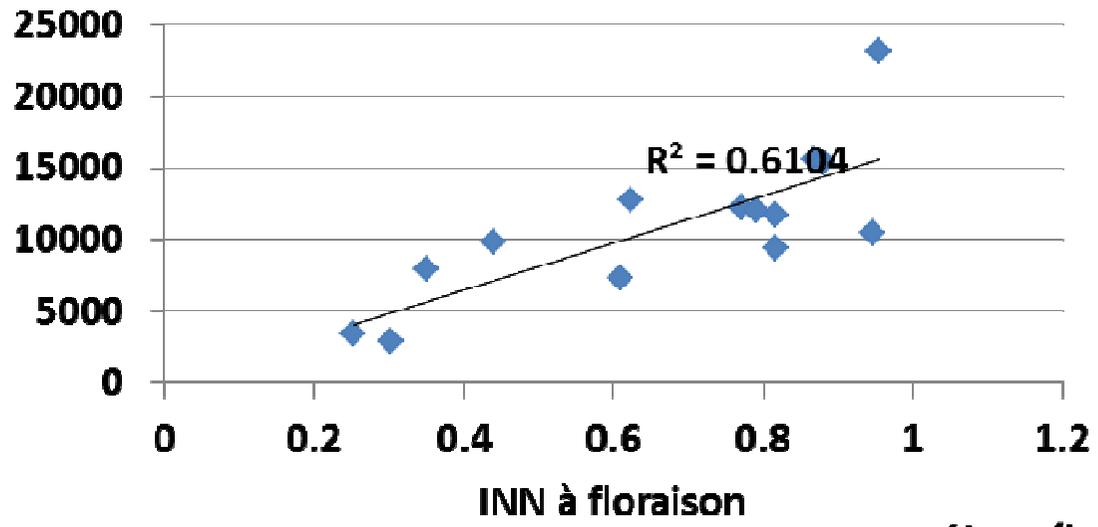
rendement (q/ha) = f (poids de grain par épi)





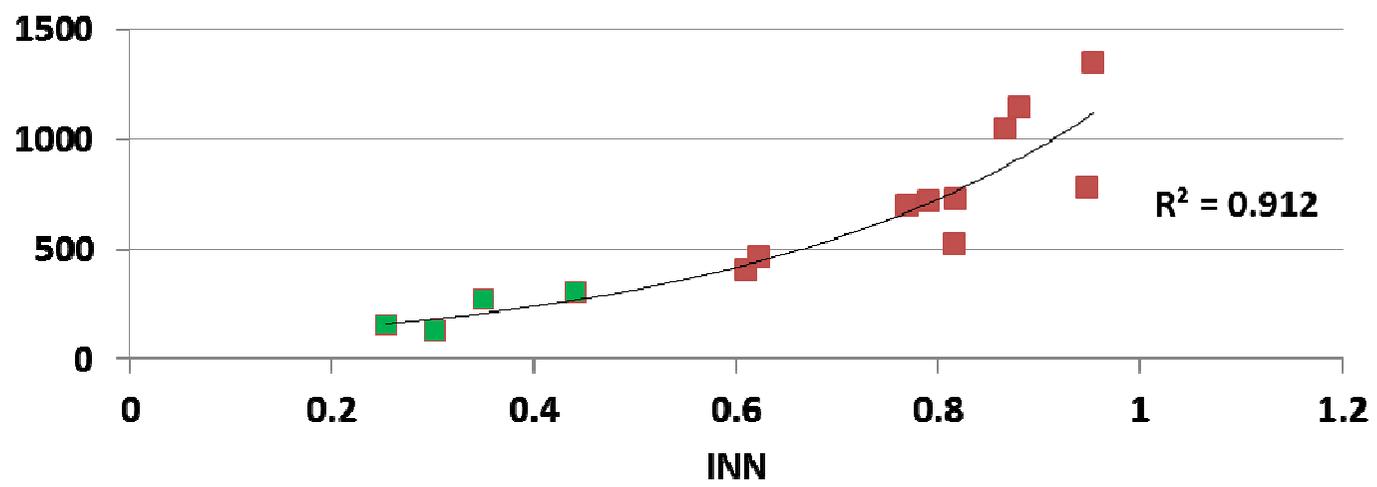
Quel prédicteur du nb de grains/m² ?

grains/m² = f (INN flo)



INN = (Pourcentage d'azote)/(5,35 x biomasse sèche^{-0,442})

protéines/ha = f (INN flo)



Parcelle Valensole (04) - Récolte 2015 blé dur

Caractérisation agro-climatique de l'année :

VALENSOLE

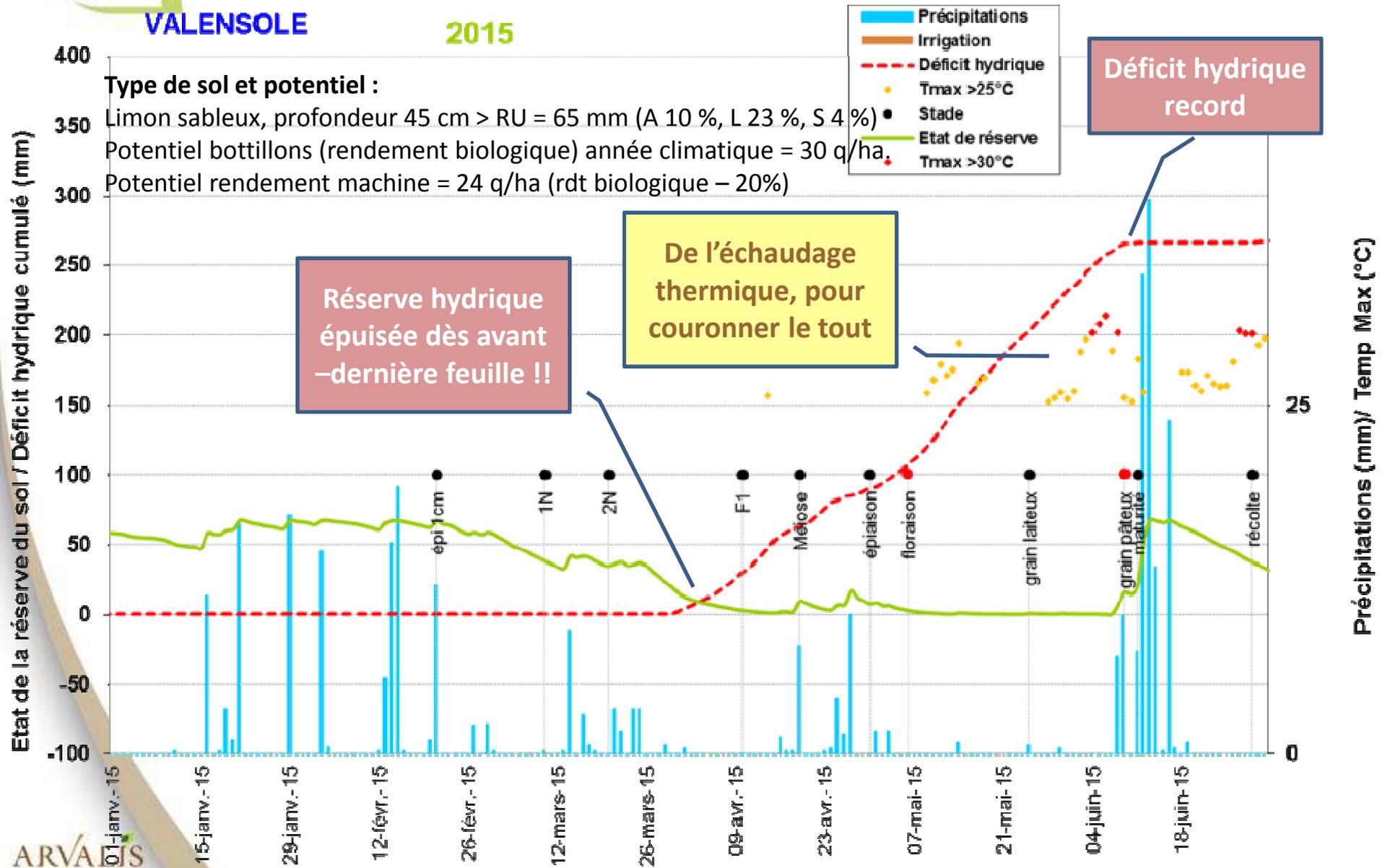
2015

Type de sol et potentiel :

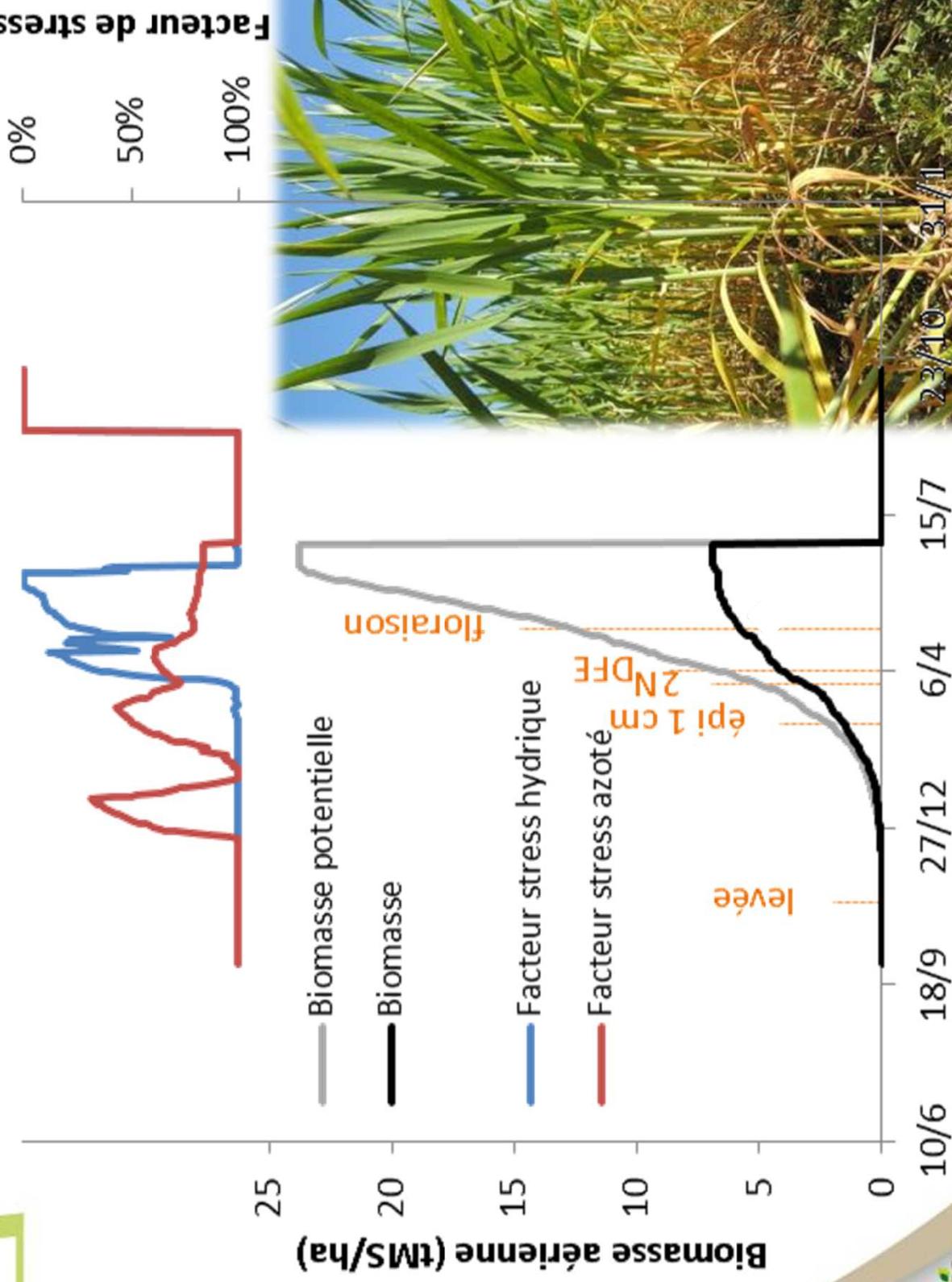
Limon sableux, profondeur 45 cm > RU = 65 mm (A 10 %, L 23 %, S 4 %)

Potential bottillons (rendement biologique) année climatique = 30 q/ha.

Potential rendement machine = 24 q/ha (rdt biologique - 20%)



Cinétique Biomasse





Analyse des composantes de rendement et explication de l'écart au potentiel :

Parcelle	Rendement potentiel (q/ha)	Rendement obtenu (q/ha)	Ecart au potentiel (q/ha)	Pourcentage de l'écart par rapport au potentiel
Valensole BD	Bottillons 29 Machine 23	Bottillons 30 Machine ~30	1 q/ha	105 %

Valensole BD	nombre d'épis/m ²	nombre de grains/épi	PMG (g)	rendement à 15% (q/ha)	taux de protéines (%)
	365	20	42	30	13.2
avis	correct	faible	moyen	bon	correct

- L'énorme stress hydrique a également provoqué un stress azoté important (INN flo = 0.6) ayant impacté le nb de grains /m² (nb de grains/épi); mais pas plus que ce que prévoyait CHN / Garicc
- Grâce au choix variétal et à la date de semis précoce (> pas de « sur-échaudage » thermique), et à la bonne gestion du couvert vivant et des adventices, la culture a donc atteint son potentiel de l'année climatique.

Diagnostic des facteurs limitants



Parcelles du groupe couvert mort conduites en AB

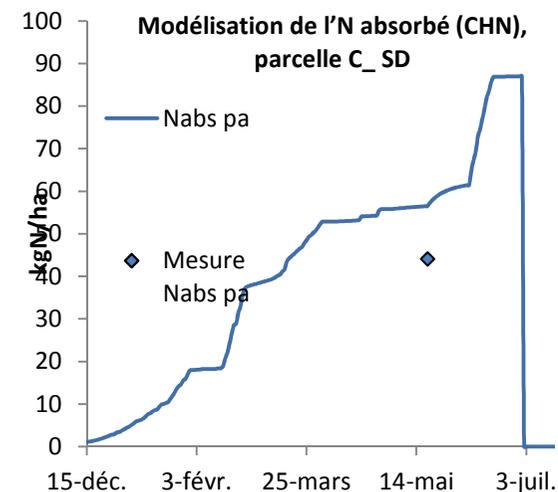
parcelle	A	B	C SD	C TCS
réalisation du potentiel (%)	42	66	41	50

INN à floraison	0.30	0.25	0.35	0.44
-----------------	------	------	------	------

Fertilisation (UN)	0	0	30	30
--------------------	---	---	----	----

Facteurs limitants	Doses d'azote + concurrence adventices	Azote	Azote + concurrence adventices	Azote + concurrence adventices

- Azote limitant sur toutes les parcelles
- Concurrence adventices dans 3 cas sur 4

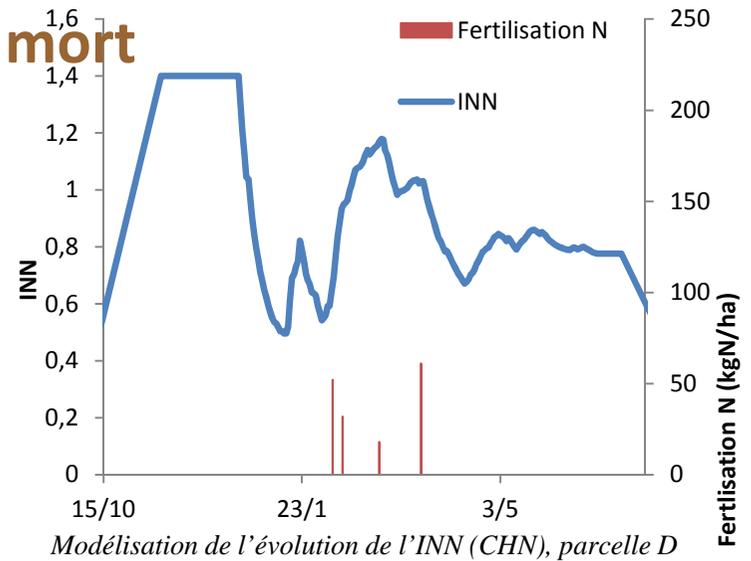


Diagnostic des facteurs limitants



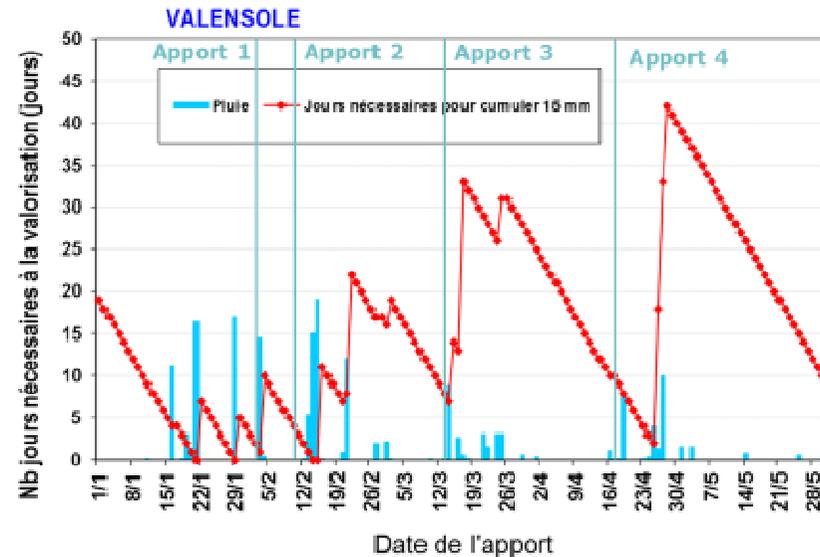
Parcelles du groupe **couvert mort** conduites en **conventionnel**

Parcelle	D	E	F	G	H	I_BT
réalisation du potentiel (%)	83	69	77	54	103	108
INN à floraison	0.87	0.77	0.79	0.95	0.95	0.62
Facteur limitant	Dates et doses d'azote apporté	Doses d'azote + adventices	Mauvaise valorisation du dernier apport	Virose	Atteint le potentiel	



- Azote : différents cas
 - Carence durant la période de tallage
 - Mauvaise valorisation du dernier apport
 - Forte concurrence adventices/désherbage trop tardif

Analyse des conditions de valorisation des apports d'azote



Modélisation AgroBox: Parcelle D

Diagnostic des facteurs limitants

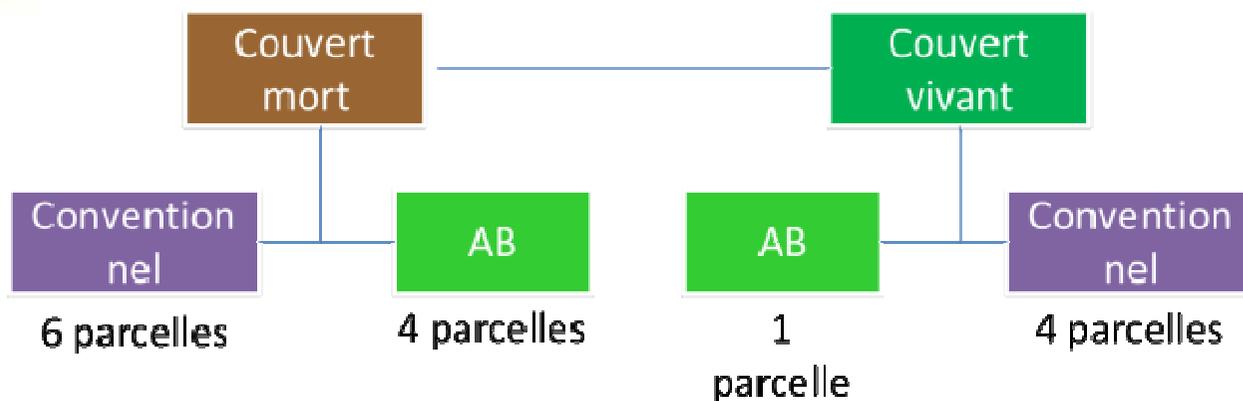


Parcelles du groupe couvert vivant

Conduite	AB	Conventionnelle			
Parcelle	J	K	L	M	N
réalisation du potentiel (%)	0	69	106	100	132
INN à floraison	N.A.	0.82	0.61	0.88	0.82
Facteurs limitants	Adventices + couvert	Adventices + couvert	Optimum		

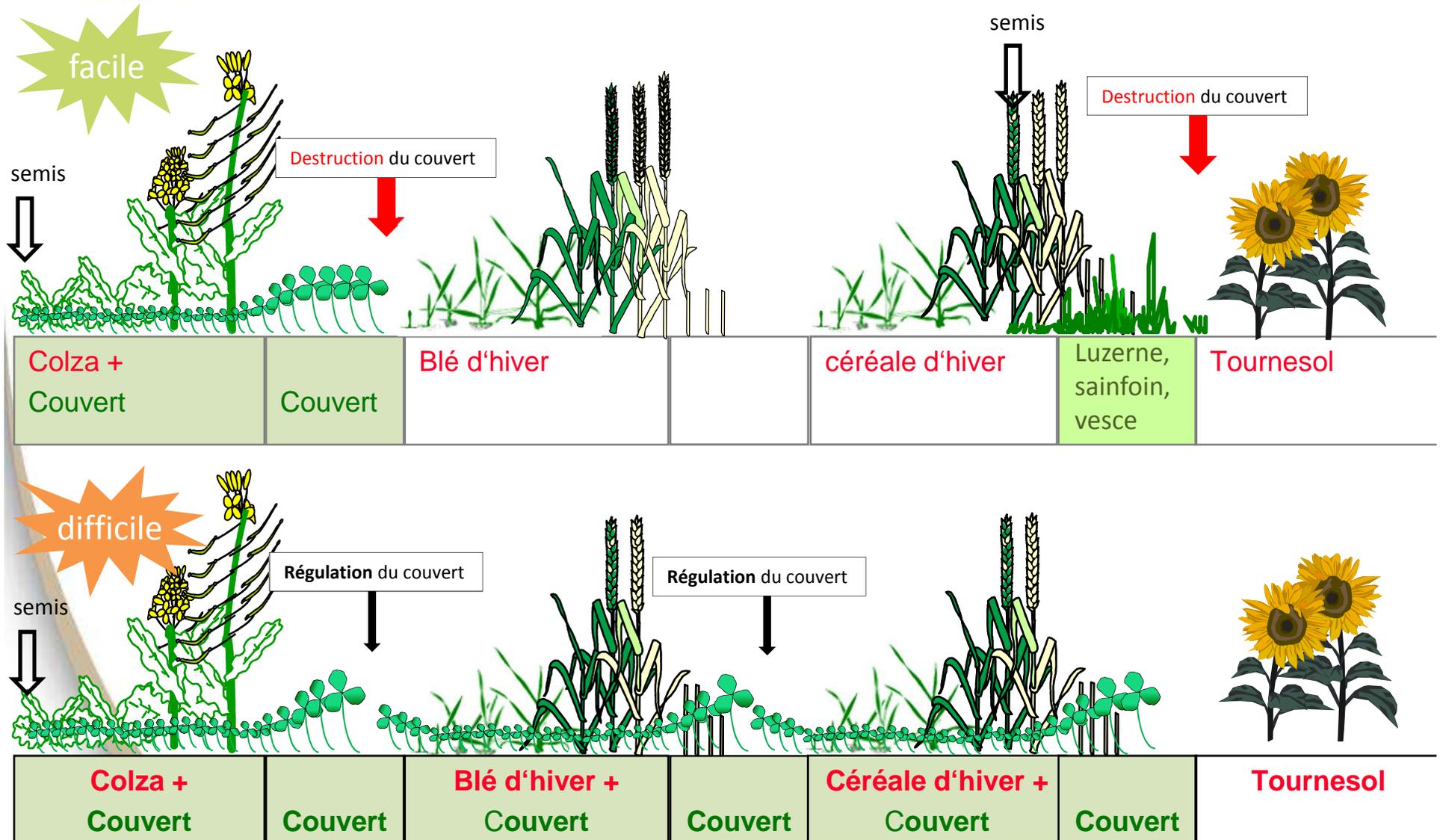
- 2 parcelles n'ont pas atteint leurs potentiels à cause du développement d'adventices et du couvert
- Les 3 parcelles sur 5 ayant maîtrisé leur couvert vivant (2 sainfoin, 1 luzerne) s'en sortent bien: réalisation du potentiel climatique
- CHN atteint ses limites dans ce cas de figure: prise en compte de la minéralisation de la perte de biomasse de couvert « régulée » ou de la consommation de celle qui ne l'est pas ?
- En tout cas confirmation de l'intérêt de cette piste en parcelles agricoles en stress hydrique

Conclusion d'étape – réseau agriculteurs Casdar Provence 2015:



- **Maîtrise des adventices et des couverts sont les principaux facteurs de réussite ou d'échec**
- **Les 3 parcelles sur 5 ayant maîtrisé leur couvert vivant (2 sainfoin, 1 luzerne) s'en sortent bien: réalisation du potentiel climatique**
- **Confirmation de l'intérêt de cette piste en parcelles agricoles en stress hydrique (ce qui n'était pas « évident » à priori)**

Couvert semi-permanent



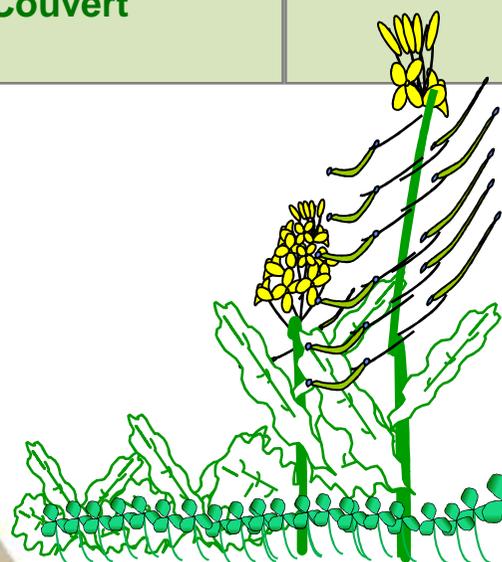
Couverts (semi)permanents



Régulation du couvert



Couvert vivant



Régulation Destruction

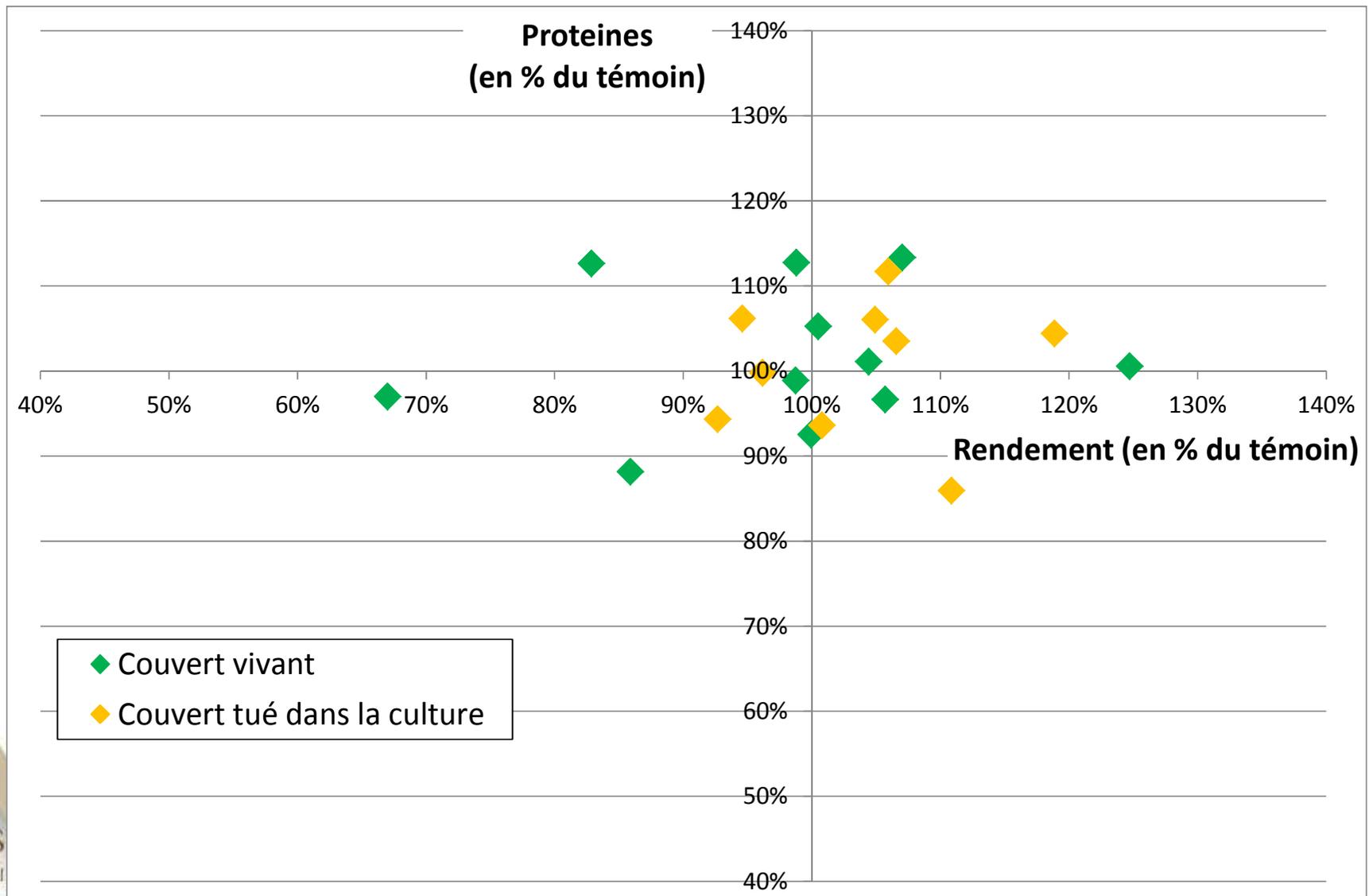


Couvert tué dans la culture





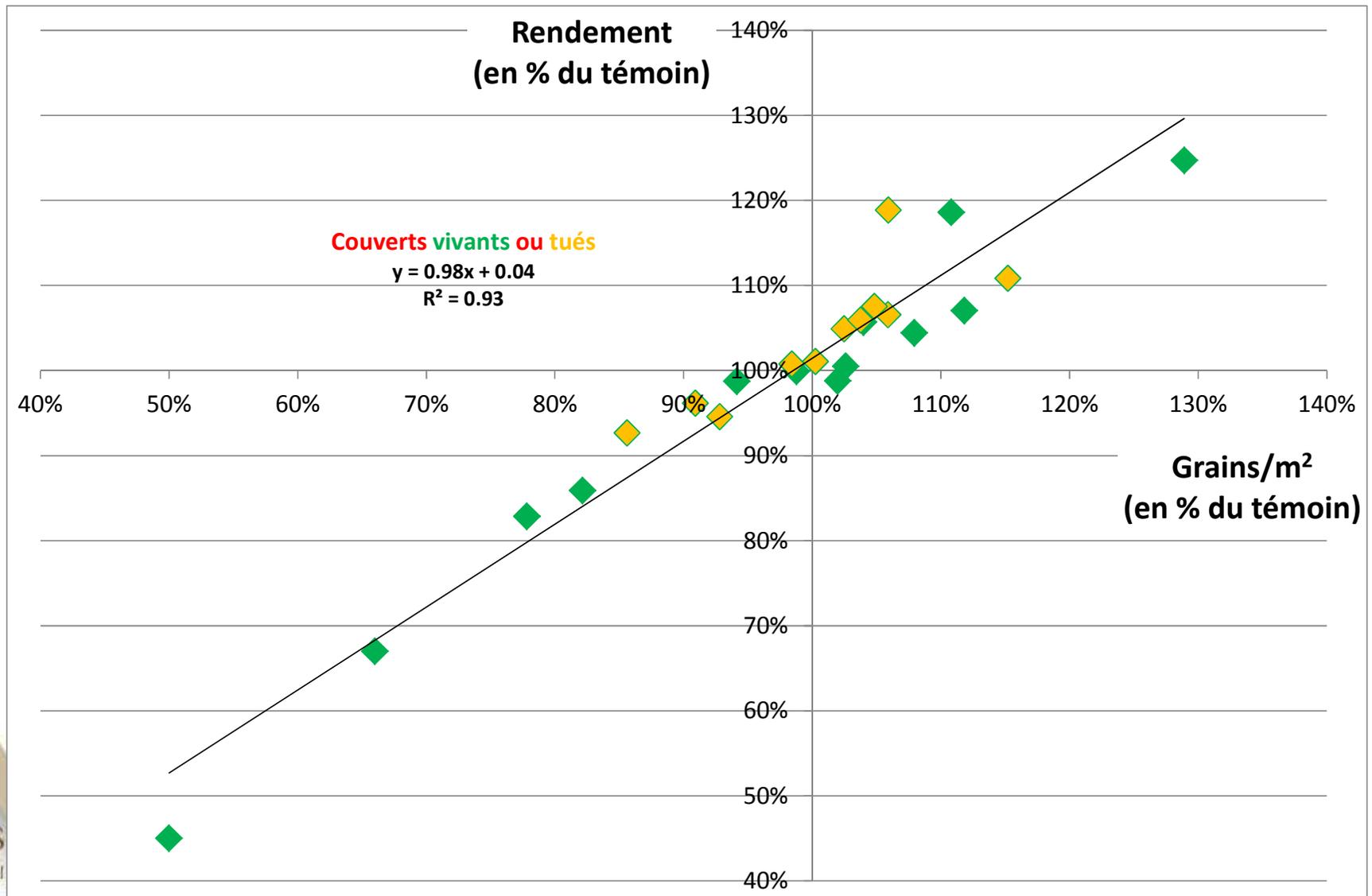
Impact variable du couvert associé sur le rendement et la qualité du blé





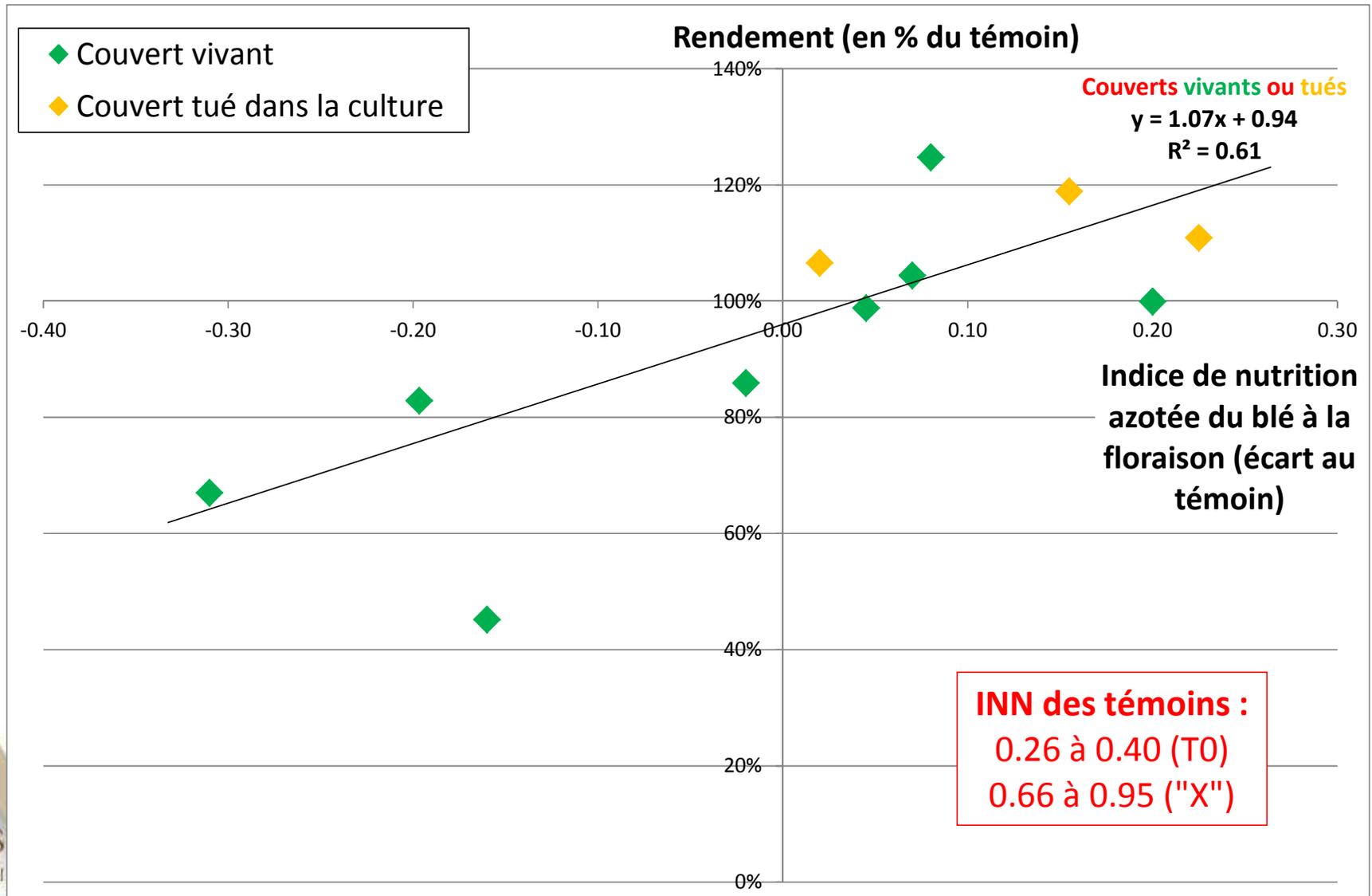
Impact du couvert sur le rendement expliqué par le nb de grains/m²

Compétition précoce (tallage-montaison) = Azote Lumière ? Eau



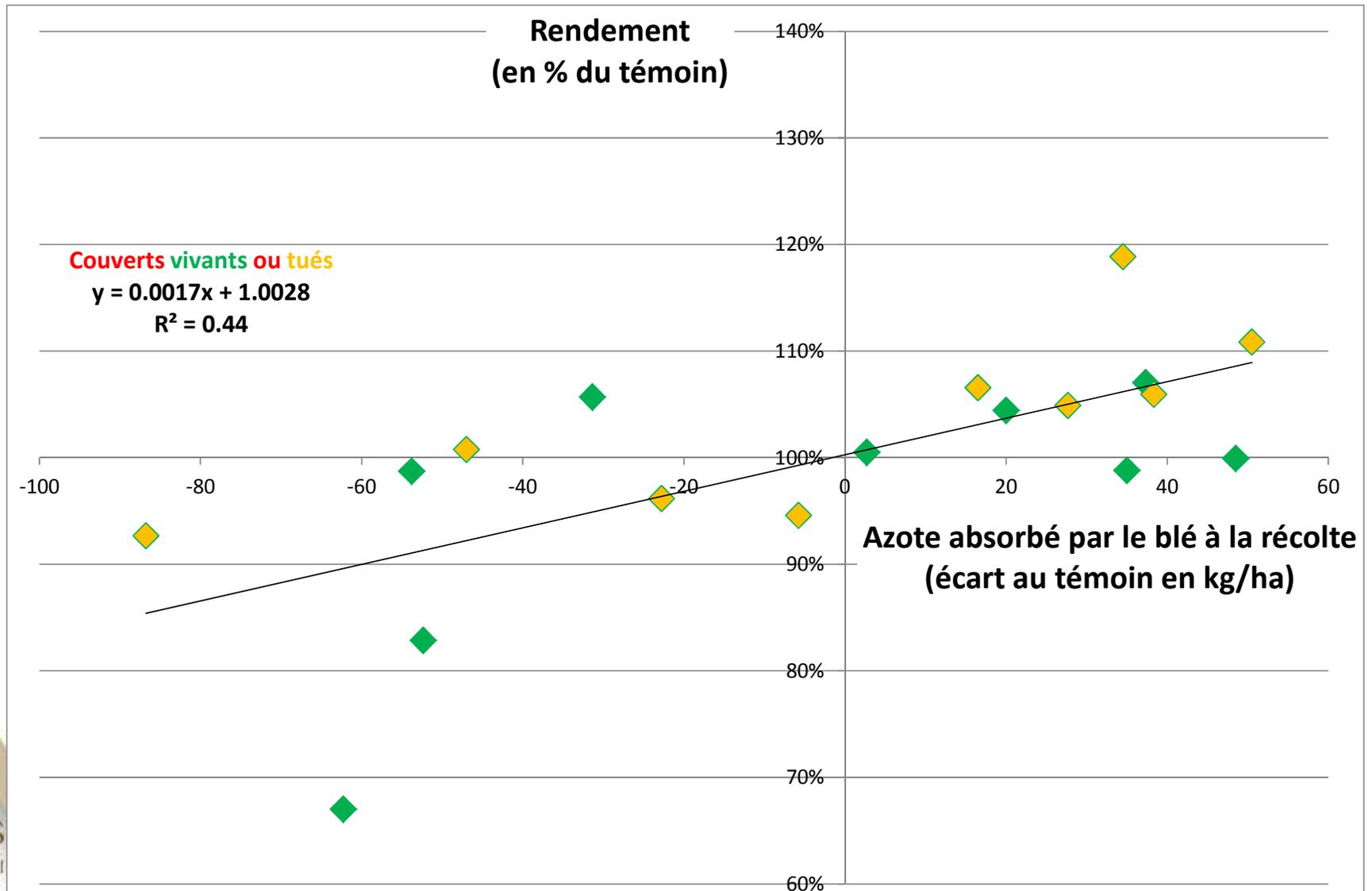


Effet du couvert sur le rendement du blé corrélé à la nutrition azotée





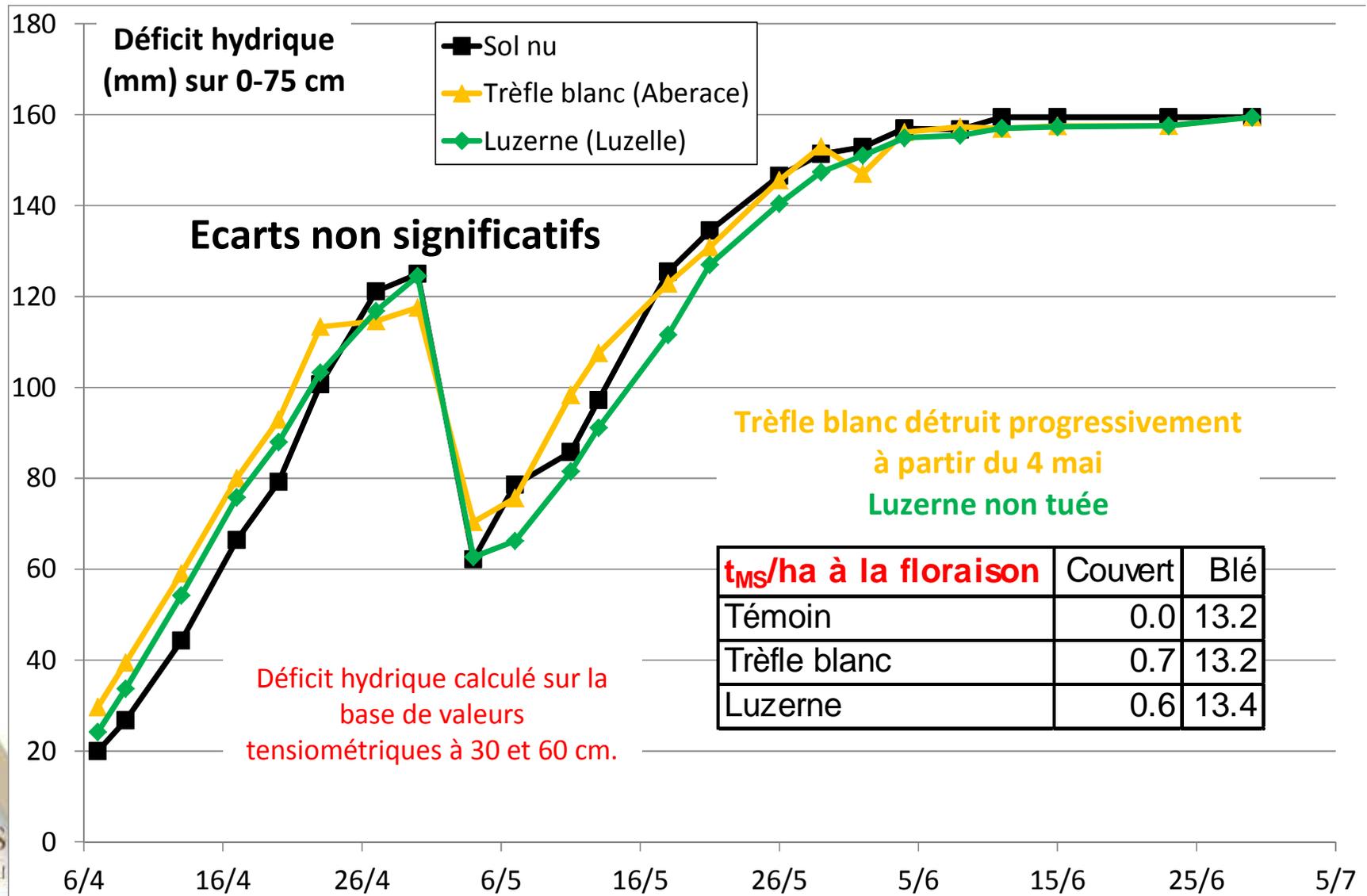
Enjeu azote du couvert : ± 50 kgN/ha





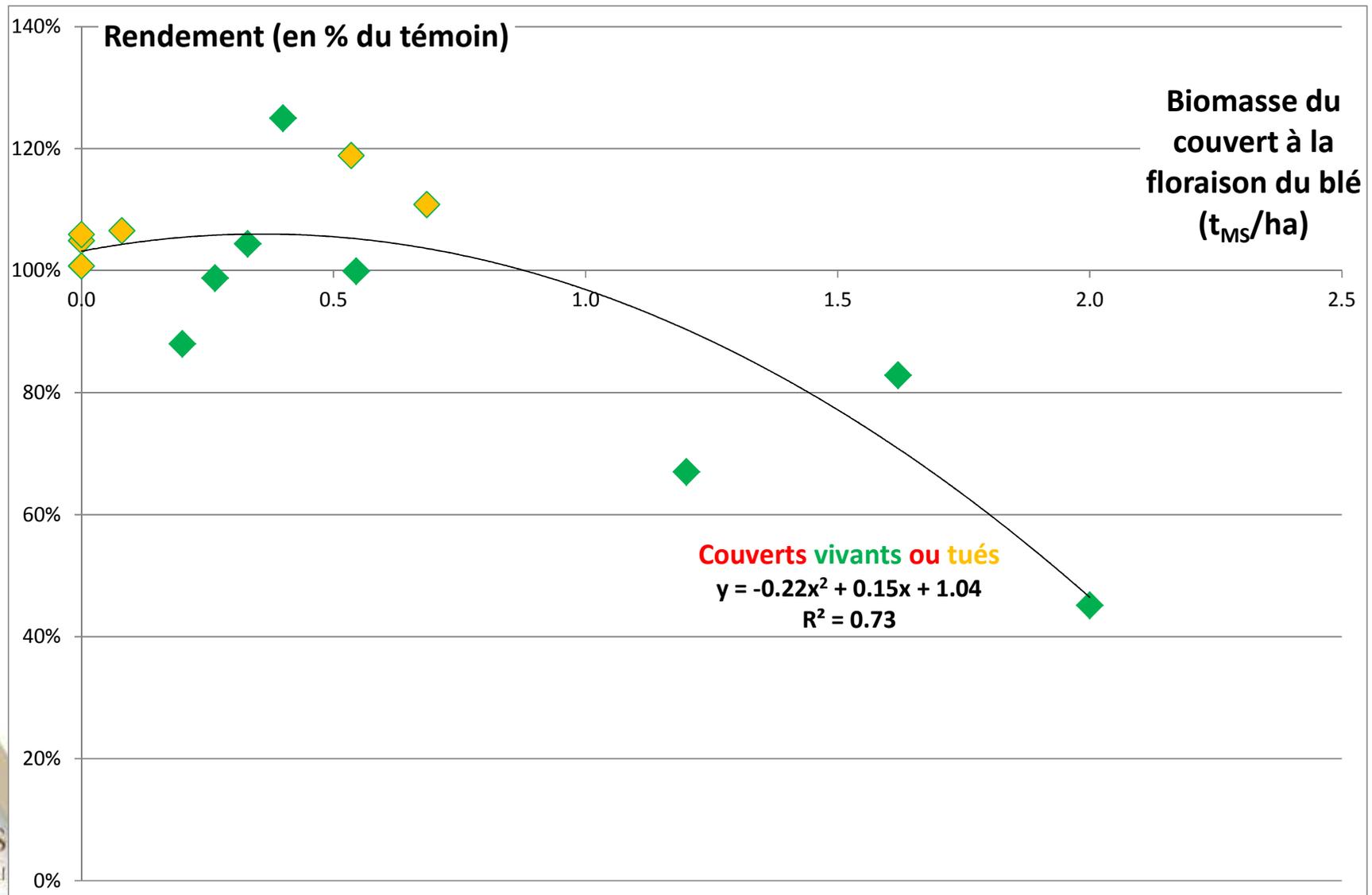
Boigneville 2015 (mai-juin secs) : pas d'effet de couverts bien régulés sur l'eau du sol !

Faible biomasse = faible transpiration ; moins d'évaporation





Un couvert trop développé dans le blé au printemps est préjudiciable





Exemples de couverts trop développés dans le blé au printemps

Trèfle blanc La Jaillière 2015 2.0 tms/ha



Trèfle blanc Boigneville 2014 1.6 tms/ha

Rendement : -17 %



Trèfle incarnat Boigneville 2009 1.8 tms/ha

Rendement : -33 %





Exemples de couverts suffisamment régulés dans le blé au printemps

Luzerne Boigneville 2015 0.6 t_{MS}/ha

Rendement : +0 %



Sainfoin Valensole 2015

Rendement : +5 %



Luzerne Brives 2013 chez H Charpentier 0.3 t_{MS}/ha

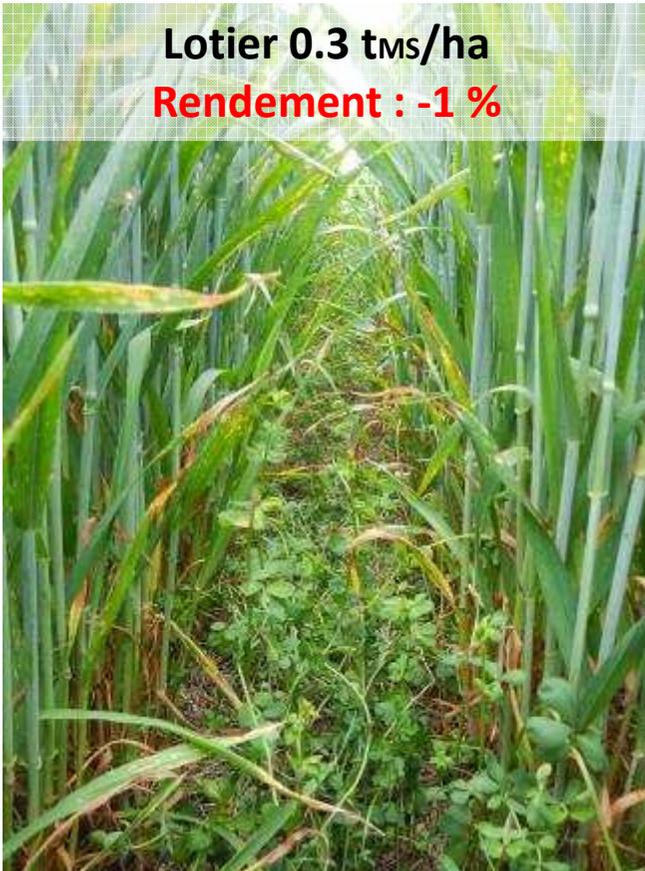
Rendement : +7 % (azote X-60)



Exemples de couverts suffisamment régulés dans le blé au printemps

Lotier 0.3 tms/ha

Rendement : -1 %



Trèfle blanc 0.7 tms/ha (mort par la suite)

Rendement : +11 %



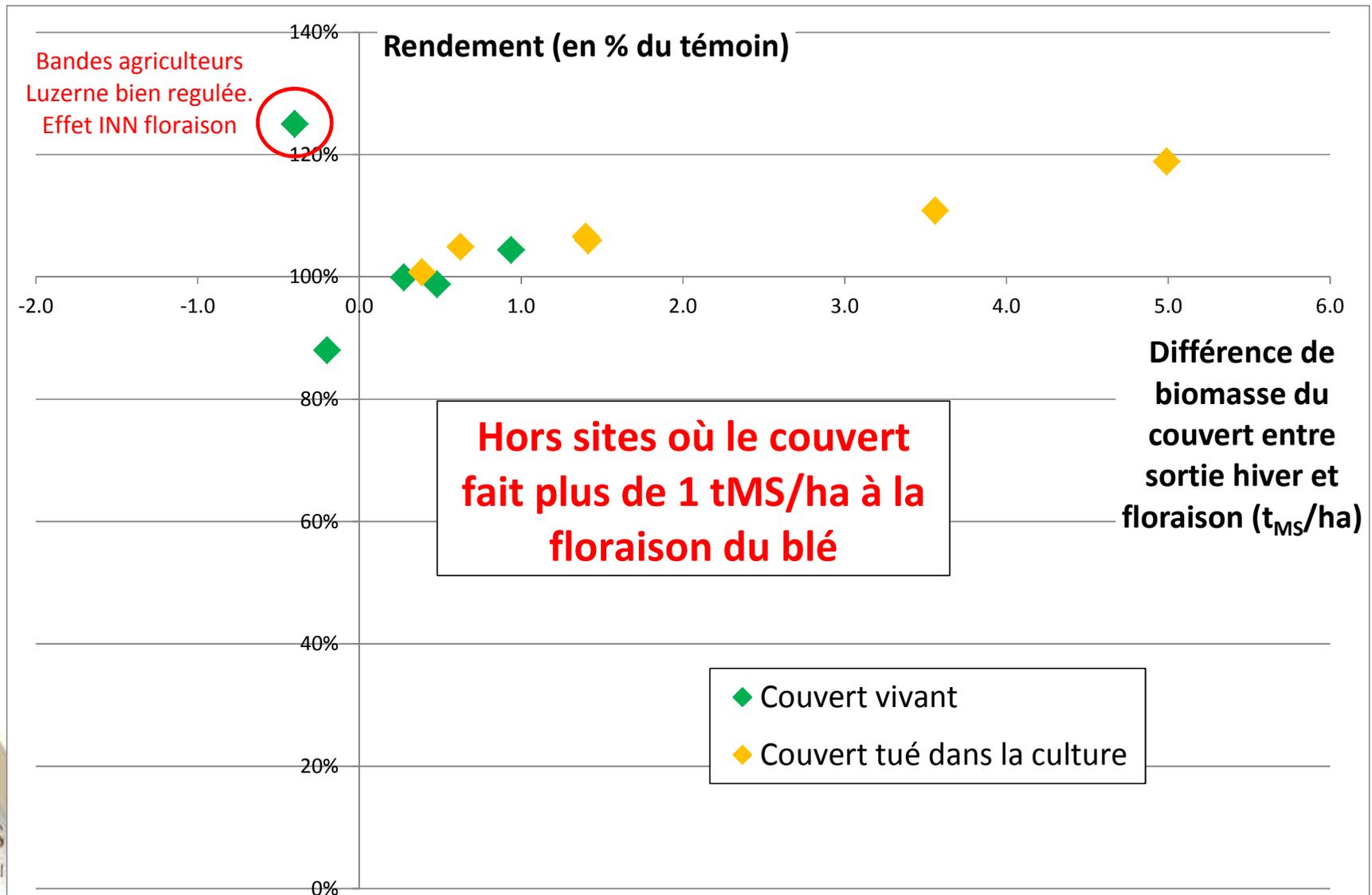
Sainfoin 0.3 tms/ha

Rendement : +4 %





La réduction de biomasse du couvert entre sortie hiver et floraison corrélée au rendement ?



Oraison essai SCV Arvalis-D.Brémond; 6 nov 2015

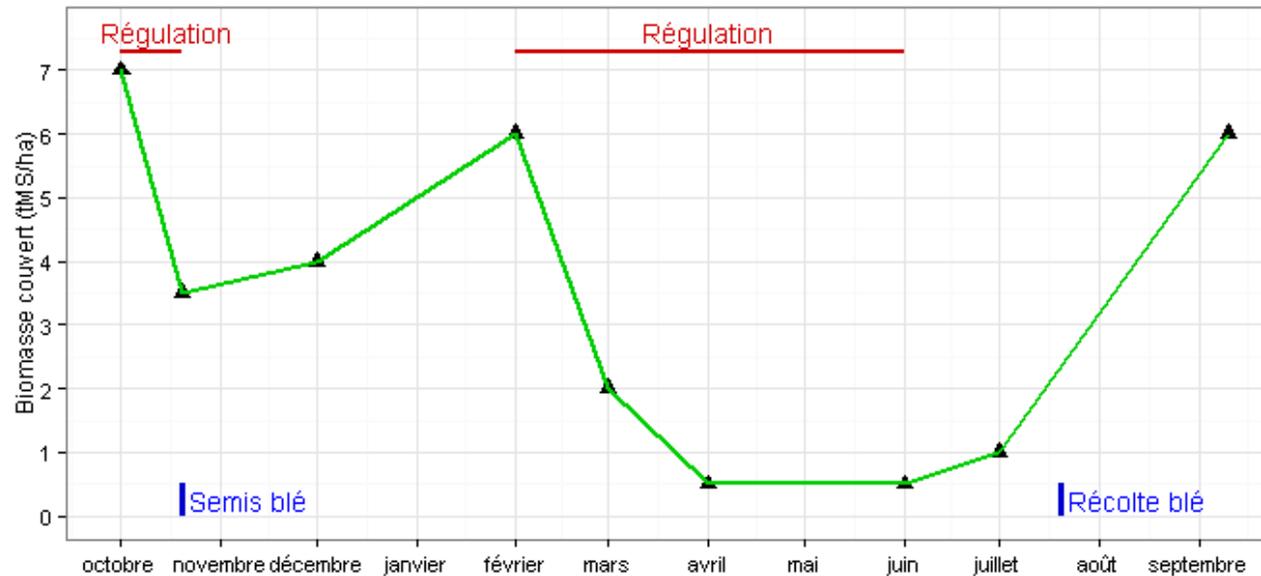


Blé sur sainfoin (**trop?**) vigoureux



Hypothèse à vérifier: Vers l'équilibre idéal ?

Dynamique idéale de développement du couvert



- Minimisation de la compétition du couvert sur la culture : biomasse couvert à la floraison du blé $< 1 \text{ t}_{\text{MS}}/\text{ha}$

- Maximisation des bénéfices du couvert :
 - Maximiser biomasse couvert en sortie d'hiver + minimiser biomasse à la floraison du blé
 - Disparition totale du couvert non nécessaire



Herse rotative comme outil de régulation mécanique





La régulation de la croissance du couvert

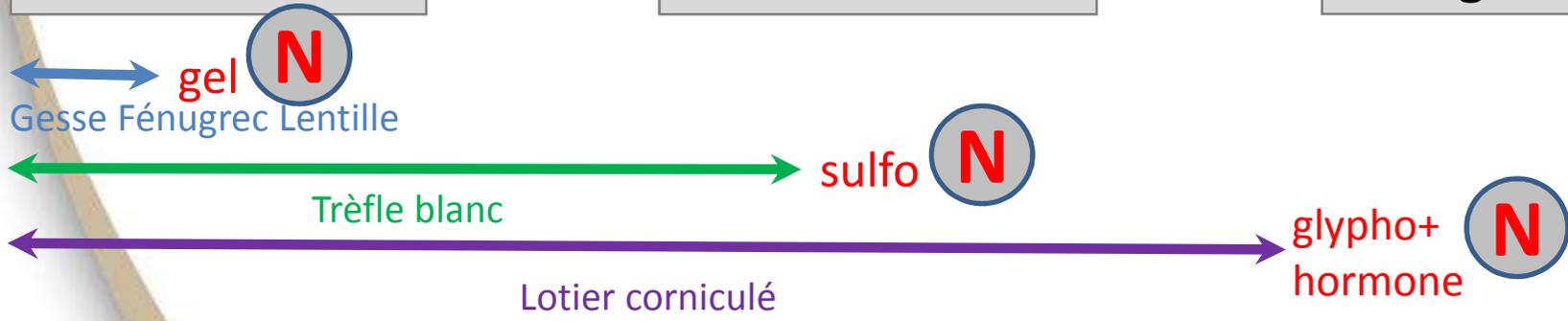
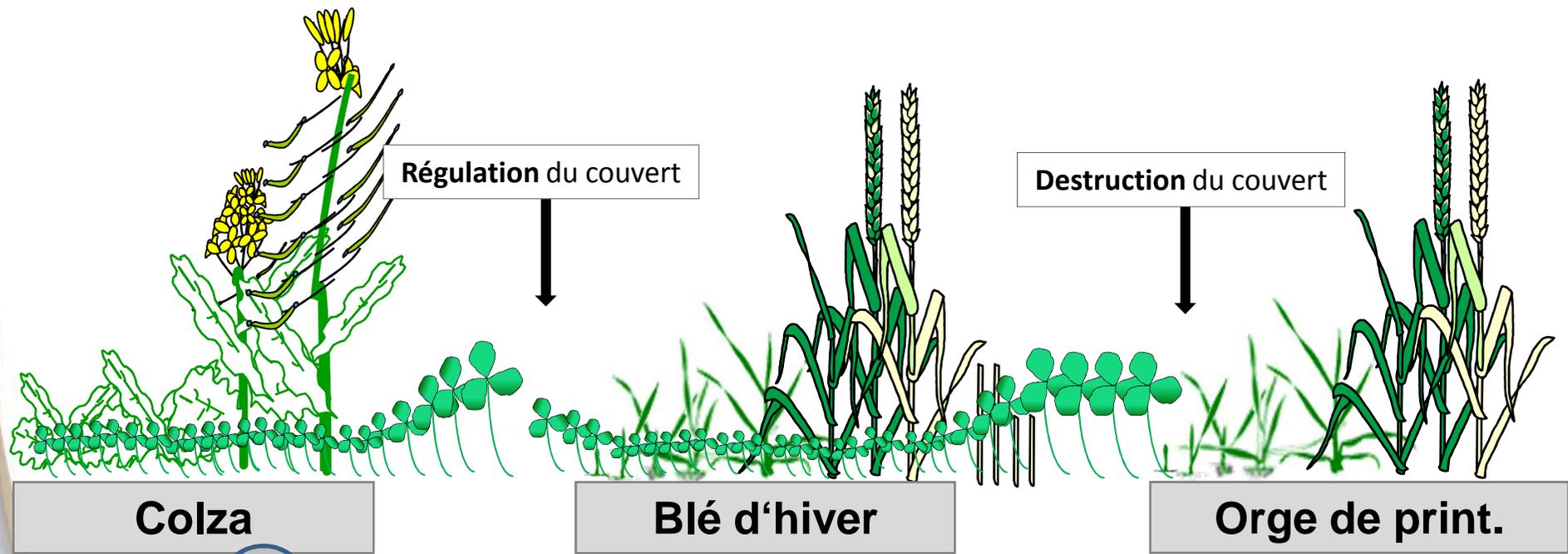
- **Biologique : une culture compétitive**
 - Une culture qui couvre précocement le sol (semis assez précoce, variété précoce, écartements réduits, variété compétitive)
 - Une bonne qualité d'implantation
 - Une fertilisation adaptée (précoce, localisée...)
- **Biologique : un couvert modérément compétitif**
- **Mécanique**
 - En interculture sur céréales
- **Chimique**
 - En utilisant le programme de désherbage adapté



Mélange de couverts

- **Quel intérêt ?**
 - Ne pas miser sur une seule espèce (selon les conditions climatiques : TB si humide ; lotier-luzerne si sec...)
 - Couvrir le sol durablement (saisons, années)
 - Libérer de l'azote plusieurs printemps de suite en optimisant l'itinéraire (couverts annuels ou gélifs, herbicides sur les pérennes...)
 - Intégrer des espèces aux différentes fonctions (mélilot pour les campagnols...)
- **Les limites**
 - Compétition continue du couvert sur la culture
 - Gestion des différentes espèces et des herbicides plus complexe

Concept : mélange de couverts libérant de l'azote sur 3 campagnes





Blé dur avec luzerne implantée dans le maïs précédent





Concept : mélange de couverts libérant de l'azote sur 3 campagnes

Semis en mélange dans la ligne

Gesse, Fénugrec

Colza

Luzerne

Gesse, Fénugrec, Lentille
(semis avec fertilisateurs)

Colza
(semis monograine)

Trèfle blanc,
Lotier corniculé
(semis avec micro-granulateurs, à la volée devant les éléments semeurs)

Boigneville été 2015

Oraison 7 sept 2015



CONCLUSION

- La technique du couvert vivant de légumineuse est prometteuse: lorsqu'elle est bien maîtrisée (couvert bien régulé), elle apporte des gains agronomiques de type « agro-écologiques » mesurables notamment en terme de nutrition azotée
- Grâce aux parcelles menées par des agriculteurs et aux essais, on est aujourd'hui capable de « piloter » cette technique pour éviter les grosse déconvenues
- Cela demande néanmoins une technicité et une réactivité élevée: apanage d'agriculteurs passionnés, technique pas encore « grand public »
- Le travail avec les agriculteurs se poursuit pour démocratiser les facteurs de maîtrise et de réussite, et diminuer la dépendance au glyphosate, nettement réduite avec le concept de couvert maintenu vivant dans les cultures.



26 janvier 2016
Les Mées (04)

**Journée technique Grandes
cultures pour les
agriculteurs**

Matin: pilotage de la campagne en cours
Ap-midi: systèmes agro-écologiques (Bio, SCV, ...)

Merci de votre attention

