

Fertilisation Azotobactérienne et doses prévisionnelles d' N_{fert}

Pierre-Philippe CLAUDE, gérant

Polyor SARL

54000 NANCY

... La Fertilisation Azotobactérienne

I **Préambule**

- Modèle économique Polyor SARL
- État des lieux
- Potentiel agronomique d'eAZB et de la FAR
- Données agronomiques eAZB 2011-2015

II **Fertilisation azotobactérienne ... raisonnée (FAR)**

- Calcul de dN (\neq dX)
- $pAZB \neq Mh$ ou Po
- Validation in silico de dN (FAR) versus dX (MdB)

III **iAZB, ou comment obtenir a priori des valeurs de eAZB**

- Agréation d'indices élémentaire (iE) en un seul iAZB
- $eAZB = f(iAZB)$
- $dN = f(eAZB)$

IV **Conclusions et enjeux**

- La FAR permettra de déplaçonner les rendements ?
- Conservation de la MOS (4/1000)
- RAT et cipan non-Fabaceae
- Alternative aux BE2G

Quelques sigles et définitions

- **RDT, RDN** et **RUN** : rendements agronomiques (Qx-grain/ha), protéiques (Qx-protéine/ha) et unitaires (RDN/unité d' N_{fert} , alias « NUE »)
- **RCS** : résidus de culture (pailleux ou cellulosiques) au sol
- **AZB** : azotobactéries du sol capables de diazotrophie (AZB > > > *Azotobacter* spp.)
- ΔN_{AZB} : apport d'azote au à l'origine N_2 attribuable à l'azotobactérisation des RCS
- **FAR** : fertilisation azotobactérienne *raisonnée* → calcul doses prévisionnelles $dN = f(e\text{AZB})$
- **eAZB** : efficacité relative (T/t) de l'*azotobactérisation* (T) des résidus de culture cellulosiques au sol (RCS) par rapport à un témoin (t)
- **iAZB** : indice d'eAZB par agrégation via *analyse multicritère* d'indices élémentaires (iE) d'eAZB
- **iE** : indices élémentaires d'eAZB (eg. iRES, iREC, iDAM, iVAZ, etc.) fonction de l'activité diazotrophe dans la *résidusphère* (cf. PI Polyor, Annexe)
- **AMC** : analyse multicritère comprenant *pondération* et agrégation d'iE (Lairez et al. 2015)

I. Contexte et introduction

... Modèle économique Polyor SARL

- Société de R&D (« inventeur indépendant »)
- Fertilisation NP des grandes cultures
- Modélisation (in silico) (de la molécule au système de culture)
- Holding de PI (FR-Inpi et EP-Oeb ; liste en Annexe ...)
- Licence sectorielle exclusive et universelle

Trois axes de recherches ;

- ❑ **AZB** – *augmentation des populations azotobactériennes dans la résidusphère, y compris par inoculation des RCS*
- **FAR** – *ajustement des doses prévisionnelles NP par analyse multicritère d'indices élémentaires d'eAZB*
- ❑ **pNN** – *suivi et ajustement intra-saisonnier de l'état azoto-nutritionnel (des carences) de cultures azotobactérisées*

... Calcul des doses prévisionnelles N_{fert} (dX) ;

« État de l'art »

La méthode du bilan

$$\text{Dose X} = (\text{Pf} + \text{Rf}) - (\text{Pi} + \text{Ri} + \text{Mh} + \text{Mr} + \text{MrCi} + \text{Mpro} + \text{Mhp} + \text{Nirr} \dots + \text{Fns} (?))$$

L'équation d'efficience

$$\text{Dose X} = (\text{Pf} - \text{Po}) / \text{CAU} \dots - \text{Fns} (?)$$

Ravier et al. 2017

$$I_{\text{meas}} \geq I_{\text{thresh}} ; \text{ cf. } \textit{receiver operating characteristic (ROC) curves} (\dots +/- \text{Fns} ?)$$

La fertilisation azotobactérienne raisonnée (FAR)

$$\text{Dose N} = a \cdot \text{pRDT} - \text{pAZB} (\neq \text{Fns})$$

... Problèmes et limitations de l'état de l'art ;

Méthode du bilan

- Précision (cumul des erreurs de mesures)
- Colinéarité (redondance et bias)
- Vraisemblance (distribution des données non-gaussienne)

Équation d'efficience

- CAU suppose que RDT :: dX est linéaire
- Po est très (trop?) important (conservation de No?)
- Non-transposable géographiquement

Ravier et al. 2017

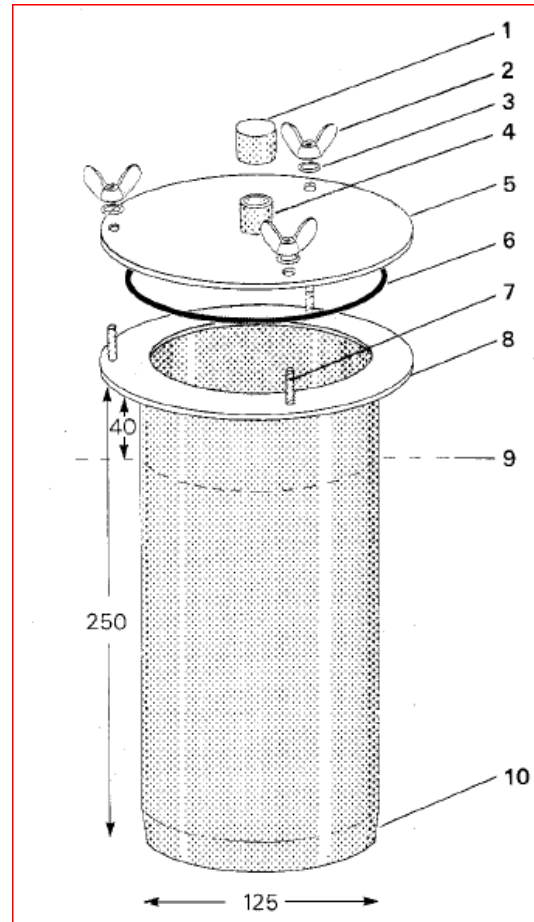
- Abandon de pRDT et $b_{Arvalis}$... dommage,
- Emphase de NNI et normalité des observations (?)
- Surcharge de travail et « risque » (subjectif) pour l'utilisateur

... potentiel agronomique d'AZB / FAR) ?

- 1917 : Soil inoculation with *Azotobacter* / Paul Emerson (*Iowa State College*)
- 1920 : Studies on *Azotobacater chroococcum* Beij. / Augusto Bonazzi (Ohio Agricultural Experiment Station)
- 1931 : Effects of N and P compounds *Azotobacter* and the fixation of N / Leonard Garnett Thompson Jr. (*Iowa State College*)
- 1932 : Winogradsky culture method for determining certain soil deficiencies / Arthur Wesley Young (*Iowa State College*)
- 1937 : Factors influencing the occurrence of *Azotobacter* in Iowa soils / William Paxman Martin (*Iowa State College*)
- 1938 : Some factors influencing nitrogen fixation by *Azotobacter* / John Loraine Sullivan (*Iowa State College*)

... Rappel : Mesure *in situ* de Fns (ARA) ?

- Roper et al. 1983



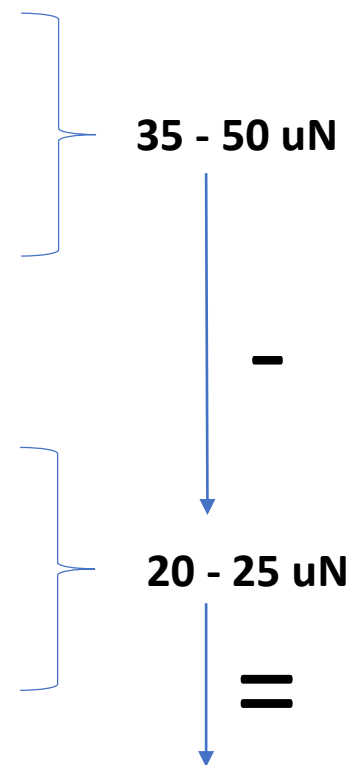
... Potentiel agronomique d'AZB / FAR ?

N_{AZB} azotobactérisation des RCS (eAZB) ;

- Lynch et al. 1983 : $\sim 35 \text{ uN}_{AZB} / 7\text{t-RCS} / \text{année (R-U)}$
- Halsall et al. 1985 : $\sim 20 \text{ mg-N}_{AZB} / \text{g-RCS} / 30 \text{ jours (Australie)}$
- Halsall et al. 1986 : $\sim 30\text{-}50 \text{ uN}_{AZB} / 4\text{t-RCS} / \text{année (Australie)}$

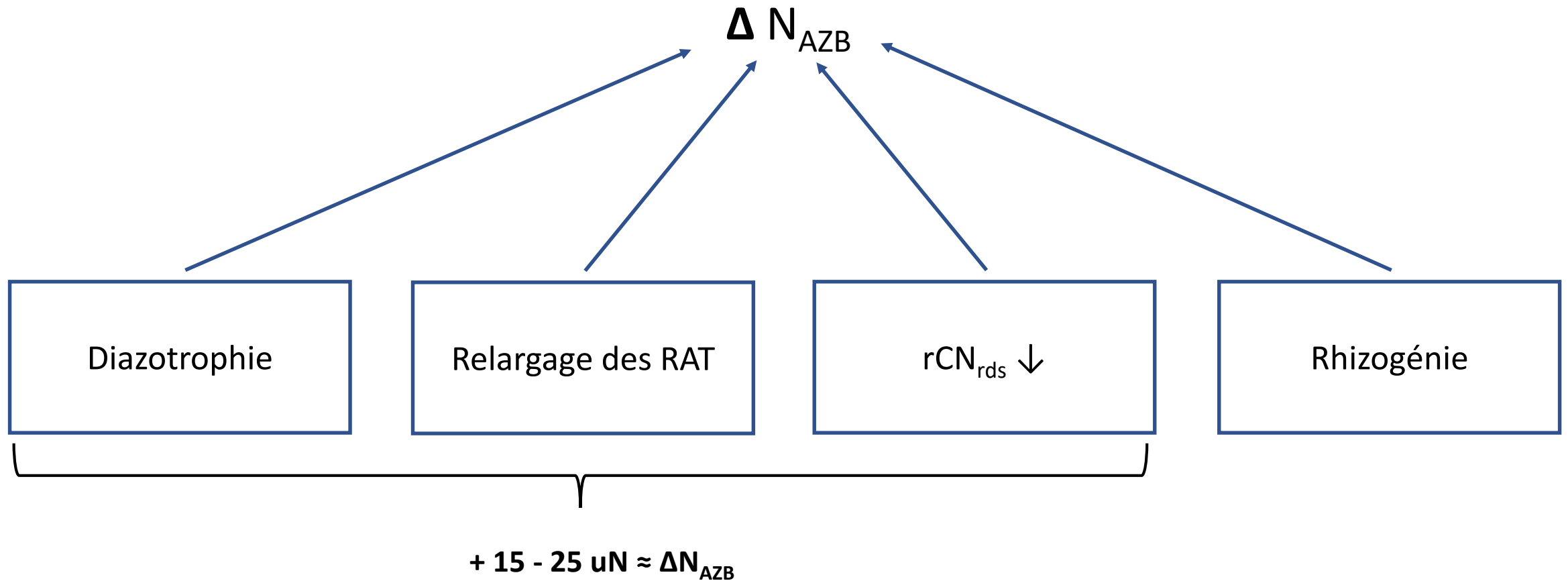
N_{AZB} « indigène » (i.e. RCS sans eAZB)¹ ;

- Roper 1983 : $\sim 12 \text{ à } 15 \text{ uN} / \text{année (Australie)}$
- Gupta et al. 2006 : $\sim 15 \text{ à } 35 \text{ uN} / \text{année (Australie)}$
- **Ladha et al. 2016 : $\sim 12 \text{ à } 25 \text{ uN} / \text{année (15 à 25\% RDN)}$**



¹ Fns (?)

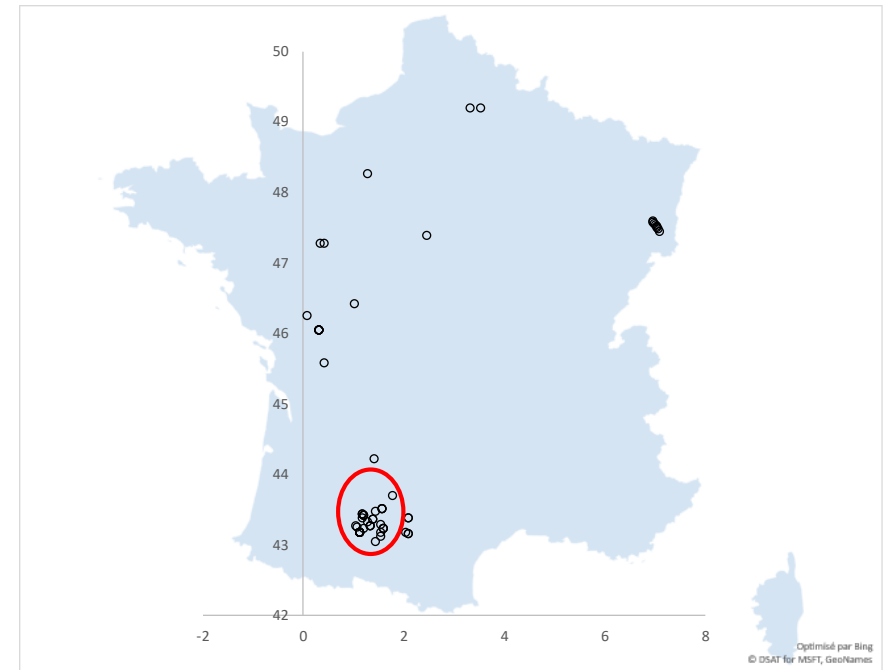
... Potentiel agronomique d'AZB / FAR ?



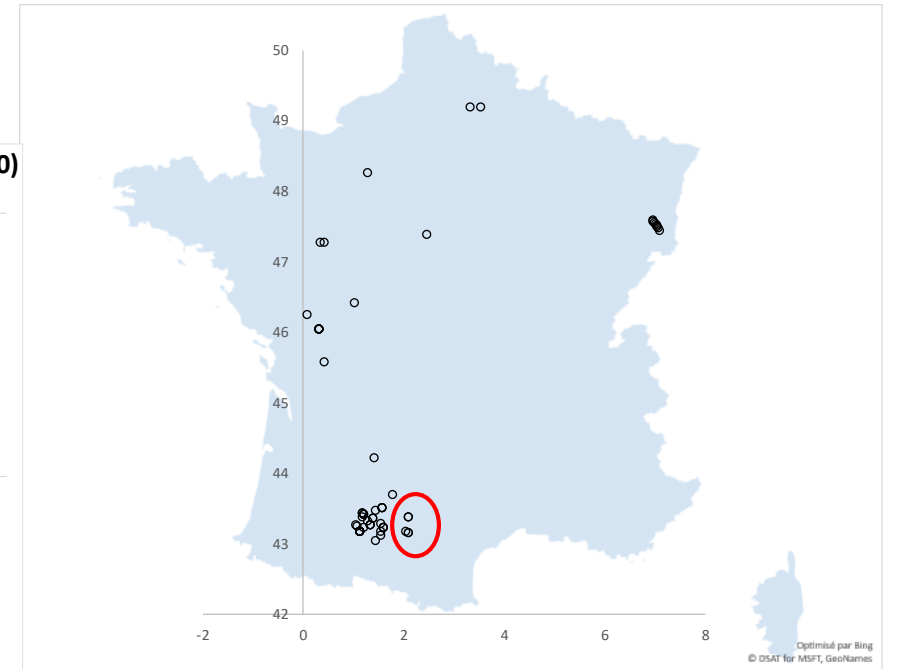
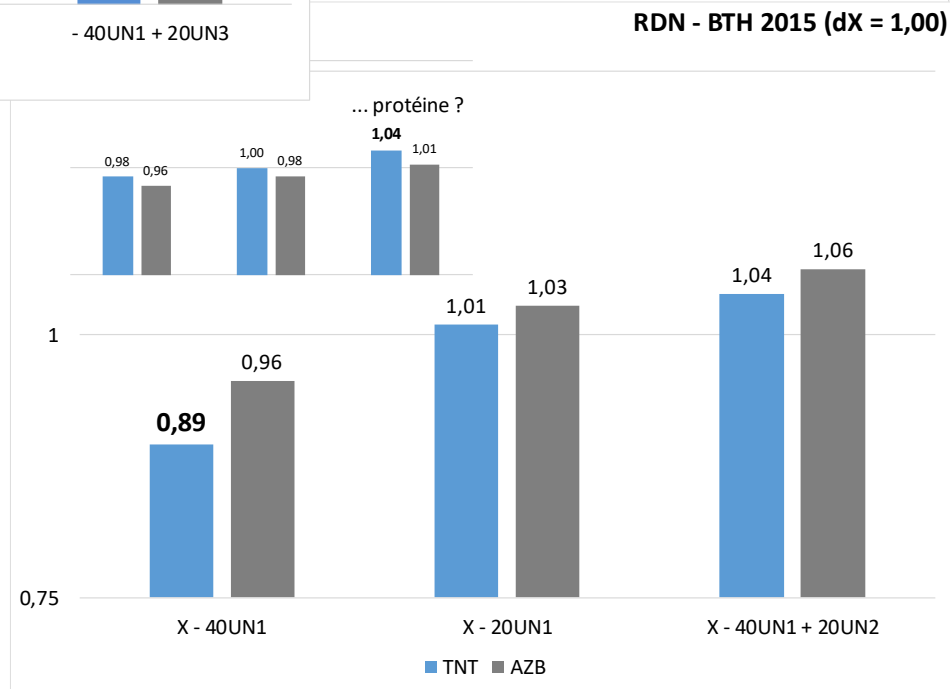
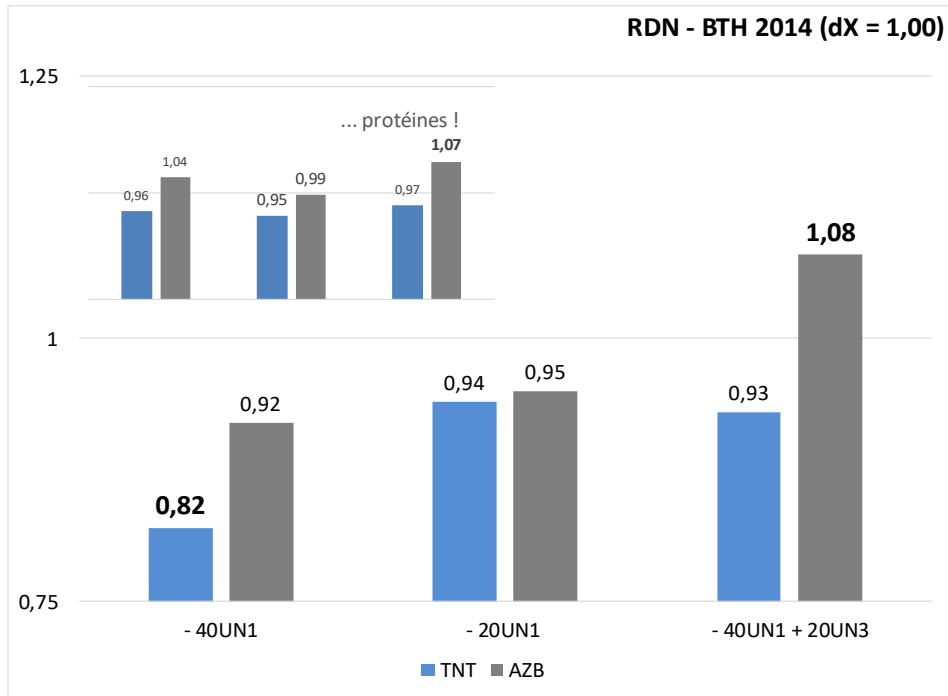
eAZB in situ 2011-2013 ; (agriculteurs)

dX	TNT	AZB	eAZB (AZB/TNT)	tTest		Nbval
TUN (uN)	182	182	1,00	0,50	ns	64
% Humidité	15,5	14,7	0,95	0,00	**	56
% Protéine	12,0	11,9	1,00	0,38	ns	61
RDT (Qx grain/ha)	52,3	56,1	1,07	0,02	*	62
RDN (kg protéine/ha)	628	677	1,08	0,03	*	60
RUN (kg protéine/uN)	4,19	4,53	1,08	0,03	*	60
PS	71,66	73,67	1,03	0,00	**	61
PMG	38,98	41,34	1,06	0,00	**	61

dX - uN	TNT	AZB	eAZB (AZB/TNT)	tTest		nbval
TUN (uN)	193	173	0,89	0,00	**	105
% Humidité	11,8	11,9	1,01	0,35	ns	102
% Protéine	11,8	11,4	0,97	0,04	*	99
RDT (Qx grain/ha)	66,6	69,0	1,04	0,03	*	102
RDN (kg protéine/ha)	776	783	1,01	0,36	ns	99
RUN (kg protéine/uN)	5,01	5,49	1,10	0,00	**	99
PS	76,87	77,05	1,00	0,27	ns	98
PMG	41,03	42,40	1,03	0,02	*	80

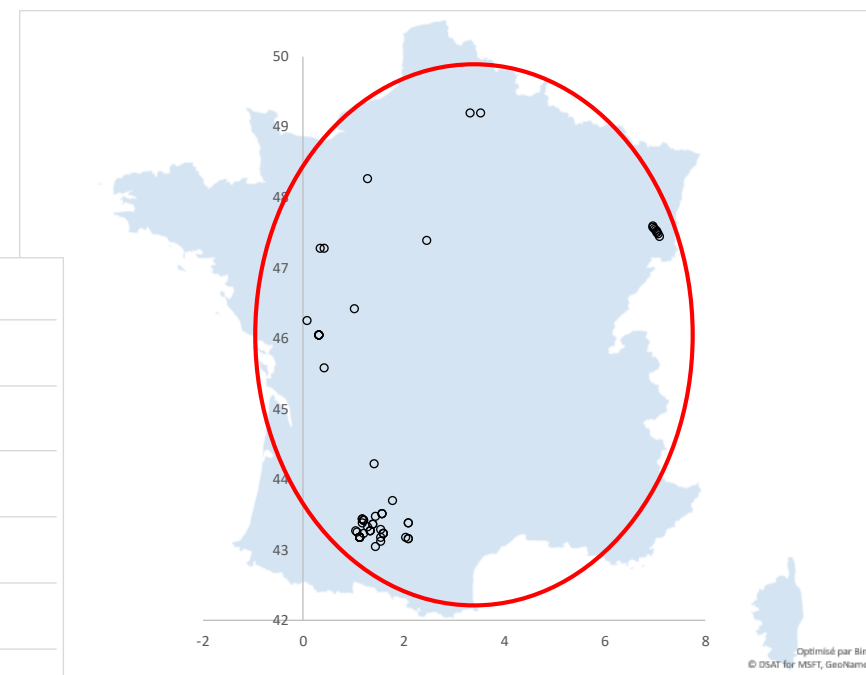
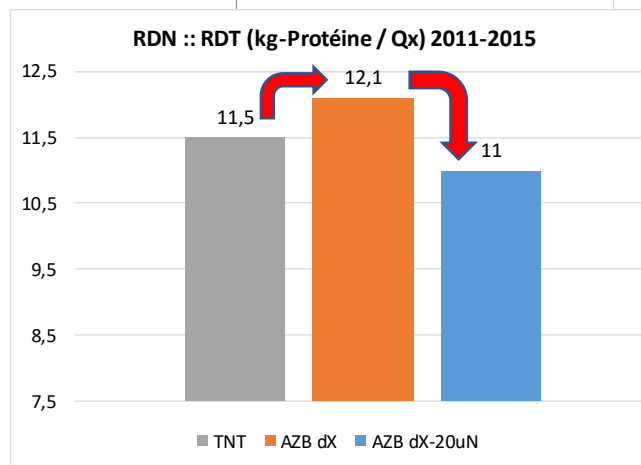
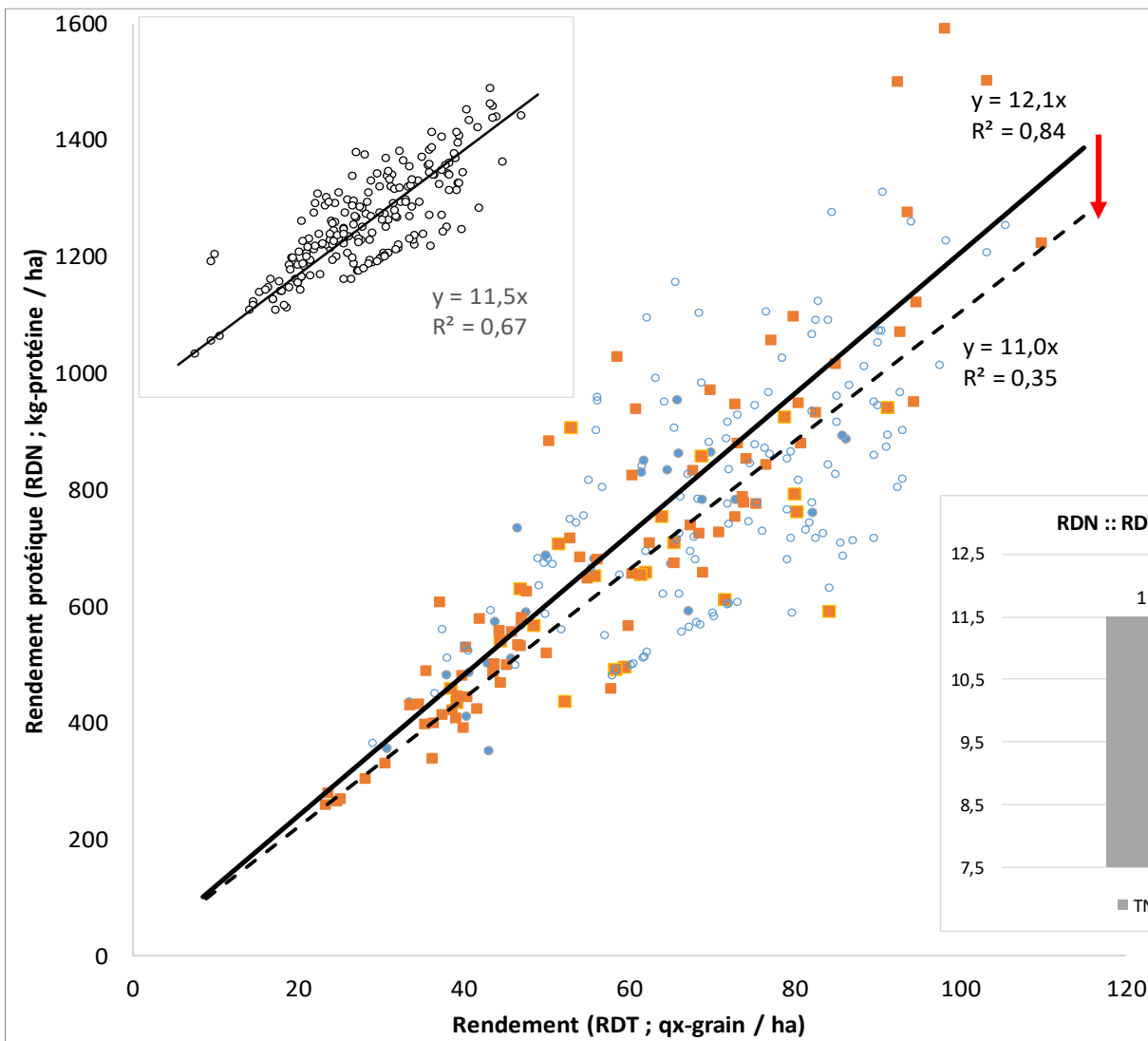


eAZB in situ 2014-2015 ; (plateforme)

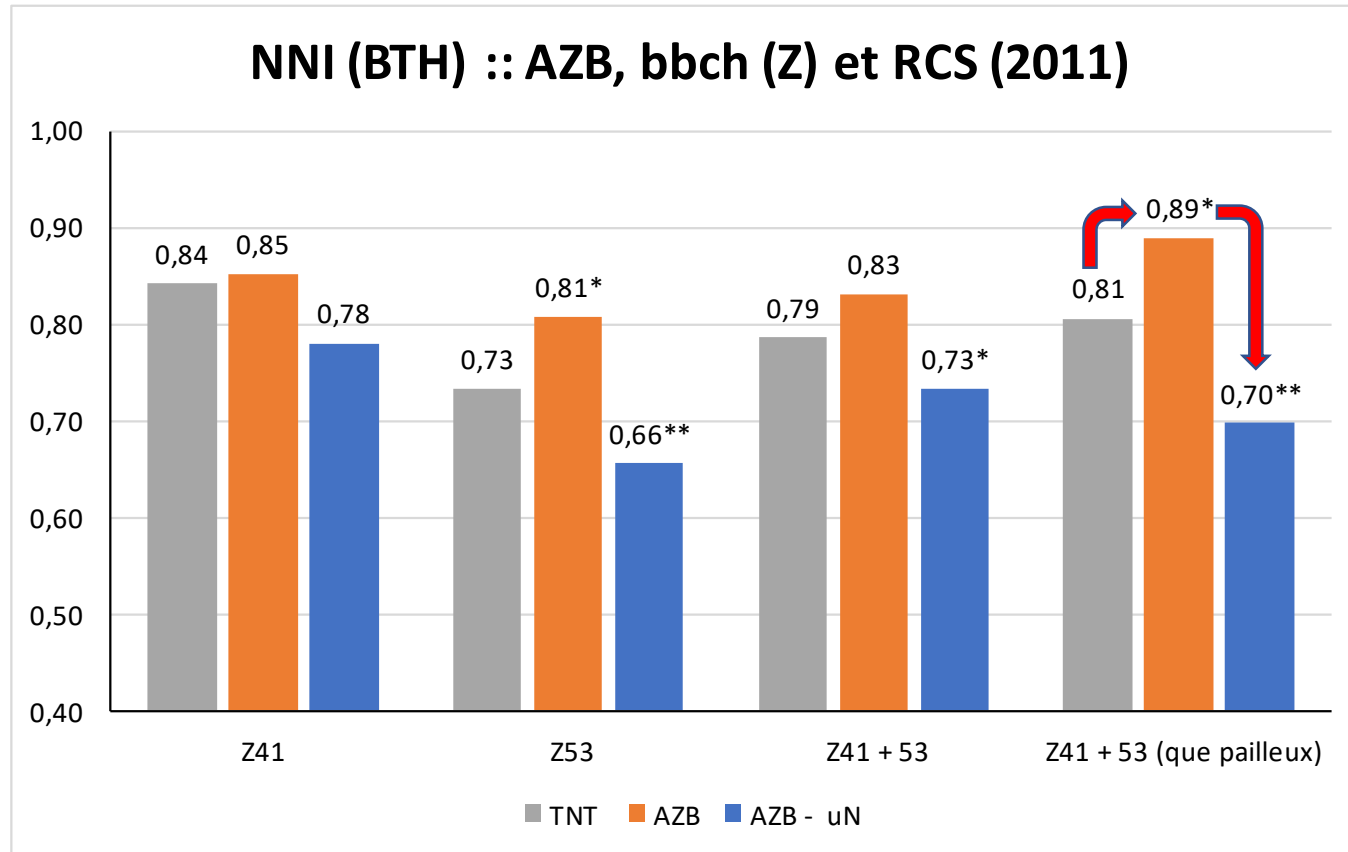


eAZB in situ 2011-2015 ;

(n = 220)



eAZB in situ 2011-2015 ;



Le rationnement (i.e. réduction) systématique de dX lors de l'azotobactérisation des RCS est arbitraire et contreproductif.

Ce rationnement « aveugle » n'est pas synonyme de fertilisation raisonnée

eAZB in situ 2011-2015 ;

! → Sur la base des données eAZB in situ 2011-2015 on constate que ;

1. eAZB :: dX in situ → +5 à 10% selon RDT, RDN ou RUN
2. ΔN_{AZB} de l'ordre d'environ 12 à 18 uN
3. Rationner dX (« escompte » de 20 uN) est le plus souvent contre-productif
4. Moduler de cette ration ($-20uN_1 \rightarrow +20uN_2$) n'est pas *toujours* la solution
5. dX n'est par pour autant nécessairement optimale (rappel : $\Delta N_{AZB} \approx 15$ à 25 uN)

? → Adapter la FR aux AZB en intégrant eAZB. Deux possibilités ;

(i) Indiquer le seuil eAZB justifiant le rationnement/modulation de dX

(ii) **Redéfinir le calcul de dX (« dN ») sur la base de eAZB → « FAR »**

II. Fertilisation azotobactérienne ... raisonnée (FAR)

$$dN = [a \times pRDT] - pAZB^*$$

$$a = [b_{ARVALIS}/eAZB_{RUN}]$$

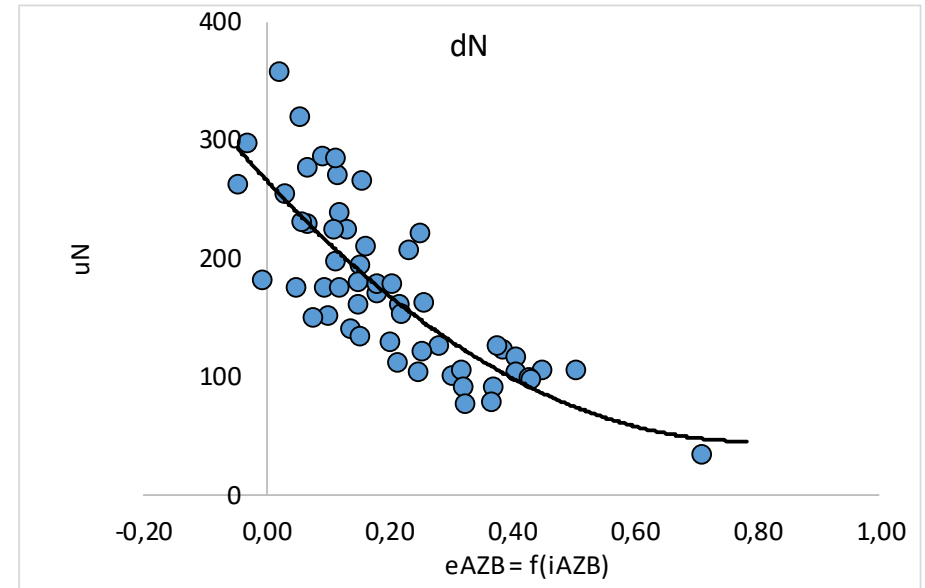
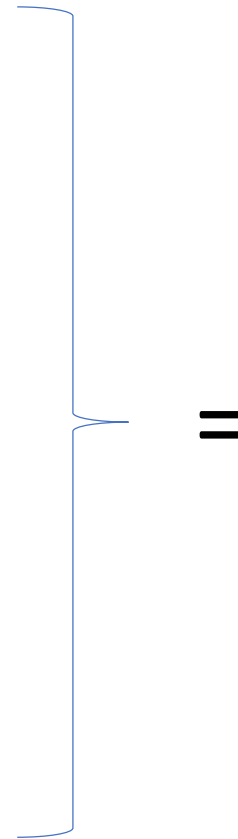
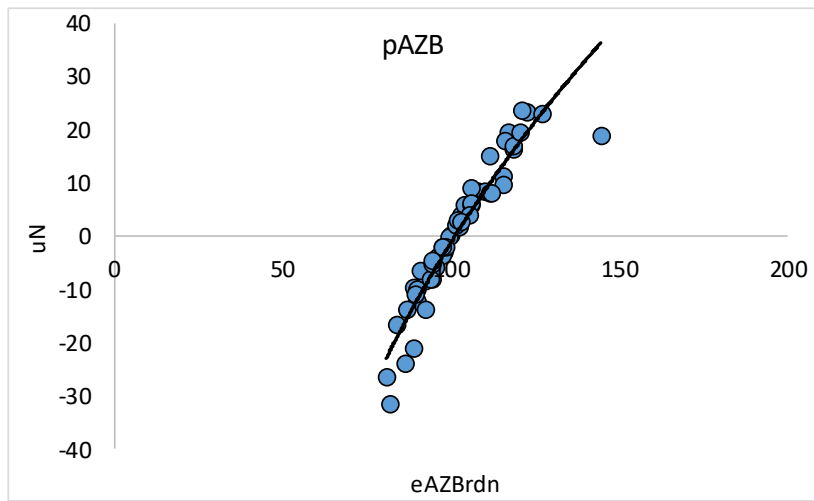
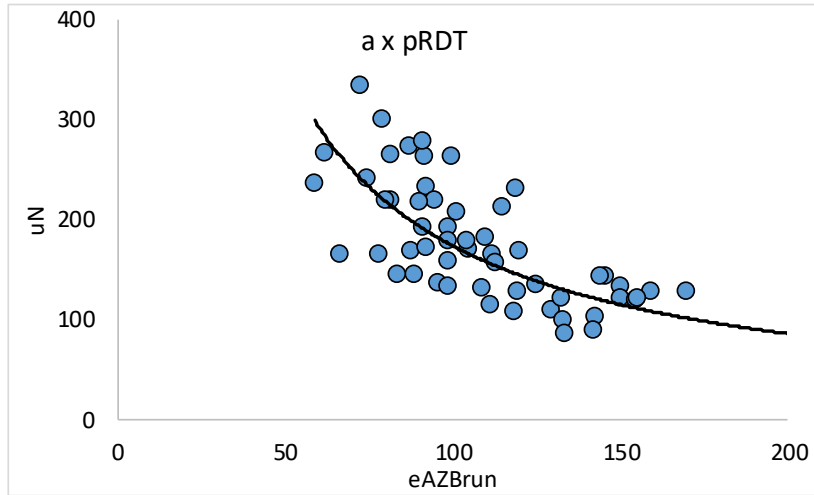
$$pRDT = [RDT \cdot eAZB_{RDT}]$$

$$pAZB = [RDN-RDN/eAZB_{RDN}]$$

- $dN = f(eAZB_{RUN}, eAZB_{RDN} \text{ et } eAZB_{RDN})$
- dN sera minoré selon $eAZB_{RUN}$ et AZB_{RDN}
- dN sera majoré selon $eAZB_{RDT}$
- Il n'est pas vraiment question de comptabiliser Fns ($\neq pAZB$)

* EP 17 196 251.7 – « Fertilisation azotobactérienne raisonnée » (12-10-2017)

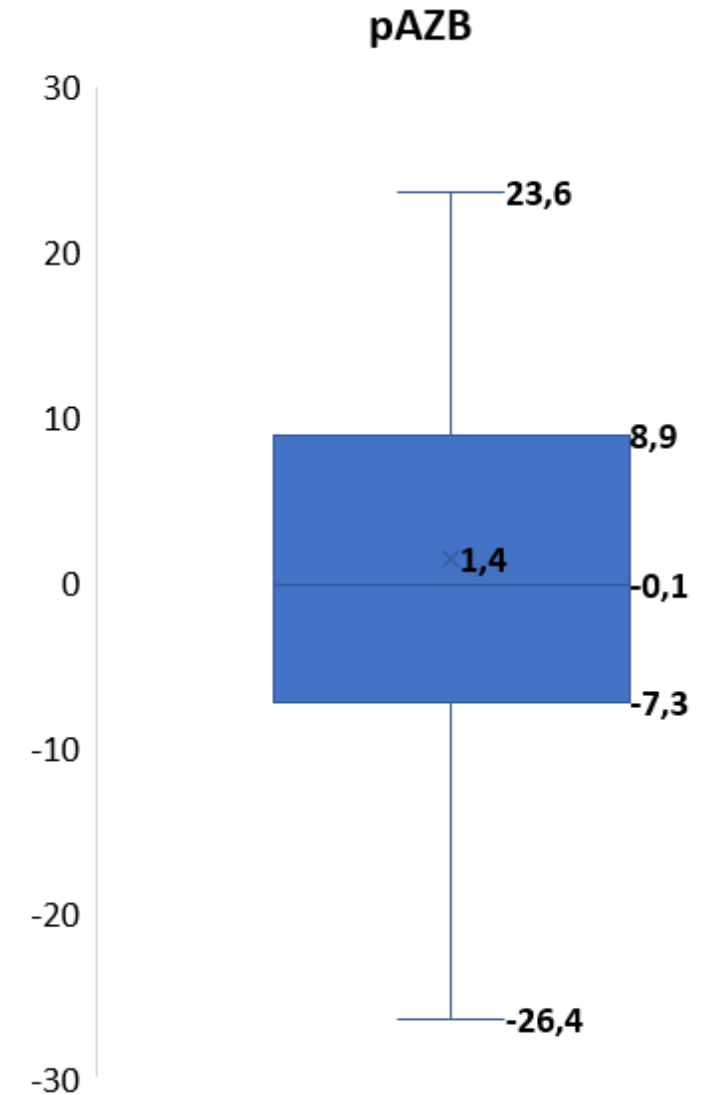
$$dN = [\underline{a} \times pRDT] - \underline{pAZB}$$



$$dN = [\underline{a} \times pRDT] - \underline{pAZB}$$

pAZB \neq Mh, Po ou même Fns ;

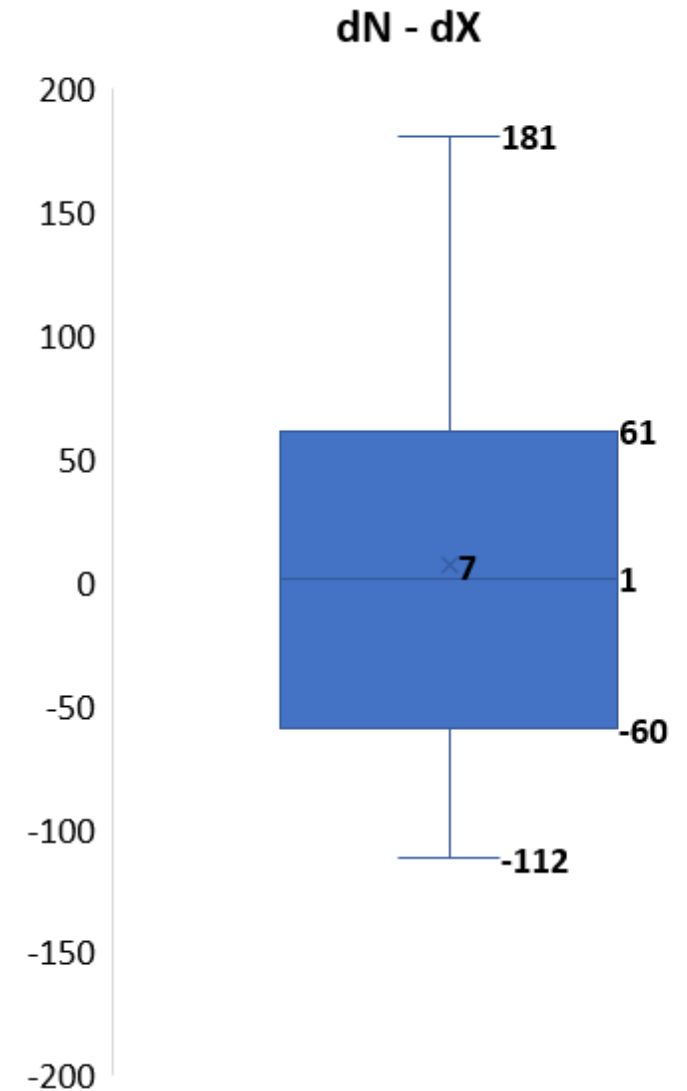
- Pour la culture d'hiver, l'activité des AZB peut être négative ou positive selon la dynamique de croissance de la culture et/ou la « sur-immobilisation » de l'Nm



$$dN = [\underline{a} \times pRDT] - \underline{pAZB}$$

Dans la pratique ;

1. Si $dN < dX$: pas de problème !
2. Si $dN \approx dX$: *idem*
3. Si $dN > dX$: on recalcul dX selon
 $pRDT = RDT \cdot eAZB$; en
principe dX serait sous-
estimée



Évaluation *in silico* (Stics) de dN et dX (eg. BTH, France) ;

220 parcelles appariée (T/t) 2003 à 2015 ... y compris ! →



eAZB in situ (2003)-2015

60 parcelles appariées avec data AGRO/PÉDO/CLIM v (ok)



construction 60 « usms » Stics

Modélisations Stics dN et dX (et putativement AZB)



validation stochastique (n=12)₁₂

Estimation d'eFAR (dN/dX) ... voire eAZB (T/t)

Effet de l'apport d'un inoculum bactérien aux résidus de culture de maïs-grain au sol sur le rendement et la qualité de blés d'hiver panifiables en France

*P.-P. Claude¹ et L. Fillion²

Résumé, *P.-P. Claude¹ et L. Fillion². Effet de l'apport d'un inoculum bactérien aux résidus de culture de maïs-grain au sol sur le rendement et la qualité de blés d'hiver panifiables en France. *Agrosol*, 15 (1) : 23-29. L'étude vise à développer l'utilisation des inocula de rhizo-bactéries favorisant la croissance des plantes (RFCP) pour les cultures non-Leguminosae, notamment les cultures céréalières. Pour ce faire, une formulation solide, non-miscible, de ce type de bactéries isolées de sols français selon un protocole d'isolement nouveau et breveté a été mise au point. La bactérisation *in situ* des résidus de culture pailleux de céréales, y compris ceux du maïs-grain, par pulvérisation de cette formulation permet de valoriser ces résidus en tant que substrats pour ce type de RFCP et ainsi d'augmenter potentiellement les rendements. Des essais agronomiques réalisés en France (2002-2003) démontrent que dans une situation de fertilisation raisonnée intensive, il est effectivement possible d'accroître le rendement de 200 à 300 kg par hectare de blés d'hiver panifiables (*Triticum aestivum* L.) semés sur résidus de maïs-grain bactérisés selon cette approche, et cela sans réduction des teneurs en protéine des grains et du poids de mille grains. Malgré certaines contraintes et conditions d'application, notamment la nécessité de bien mener le pilotage des apports d'azote selon le diagnostic intrasaisonnier de l'état nutritionnel de la plante, ces quelques résultats d'essais laissent entrevoir un potentiel agronomique intéressant pour ce type de biofertilisation.

Mots clés : RFCP, résidus de culture, fertilisation raisonnée, systèmes de culture.

Abstract, *P.-P. Claude¹ and L. Fillion². The effect of bacterial inoculation of soil-borne grain-corn crop residues on the yield and quality of winter wheat in France. *Agrosol*, 15 (1): 23-29. The object of this work is to further develop the use of PGPR (Plant growth promoting rhizo-bacteria) for non-Leguminosae crops such as spring and winter cereals. To this effect, a solid-state, non-wetable, inoculum containing novel PGPR strains isolated from french soils using an innovative and patented isolation protocol was developed. The *in situ* bacterial treatment of cellulosic crop residues, including those of cereals and grain corn, by spraying a suspension of the aforesaid inoculum should allow these residues to act as substrats for the re-introduced PGPR strains thus increasing the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Field trials in France over the 2002-2003 cropping season demonstrated that, given a well managed intensive in-season nitrogen-fertilizer optimization protocol, it is effectively possible to increase the yield of winter wheats sown into inoculated grain-corn residues by approximately 200 to 300 kg per hectare, without any decline in grain protein or thousand seed weight. Despite some caveats and constraints, and in particular the proper use of in-season nitrogen-fertilization optimization protocols, these results, albeit limited in scope and number, are promising and further document the agronomic potential of this type of biofertilization.

Key words: PGPR, crop residues, in-season nitrogen management, cropping systems.

Introduction

Traditionnellement, la biofertilisation de cultures agronomiques à l'aide d'inocula bactériens a surtout été limitée à l'utilisa-

tion de souches *Rhizobium* spp. pour le pelliculage des semences d'espèces Leguminosae, notamment le soja et la luzerne (Bordeleau et Prevost 1981; Bashan 1998). Étant donné un intérêt

croissant pour l'agriculture durable et l'essor des biotechnologies, ce type de biofertilisation est maintenant appelé à jouer un rôle grandissant dans les productions céréalières, voire d'autres cultu-

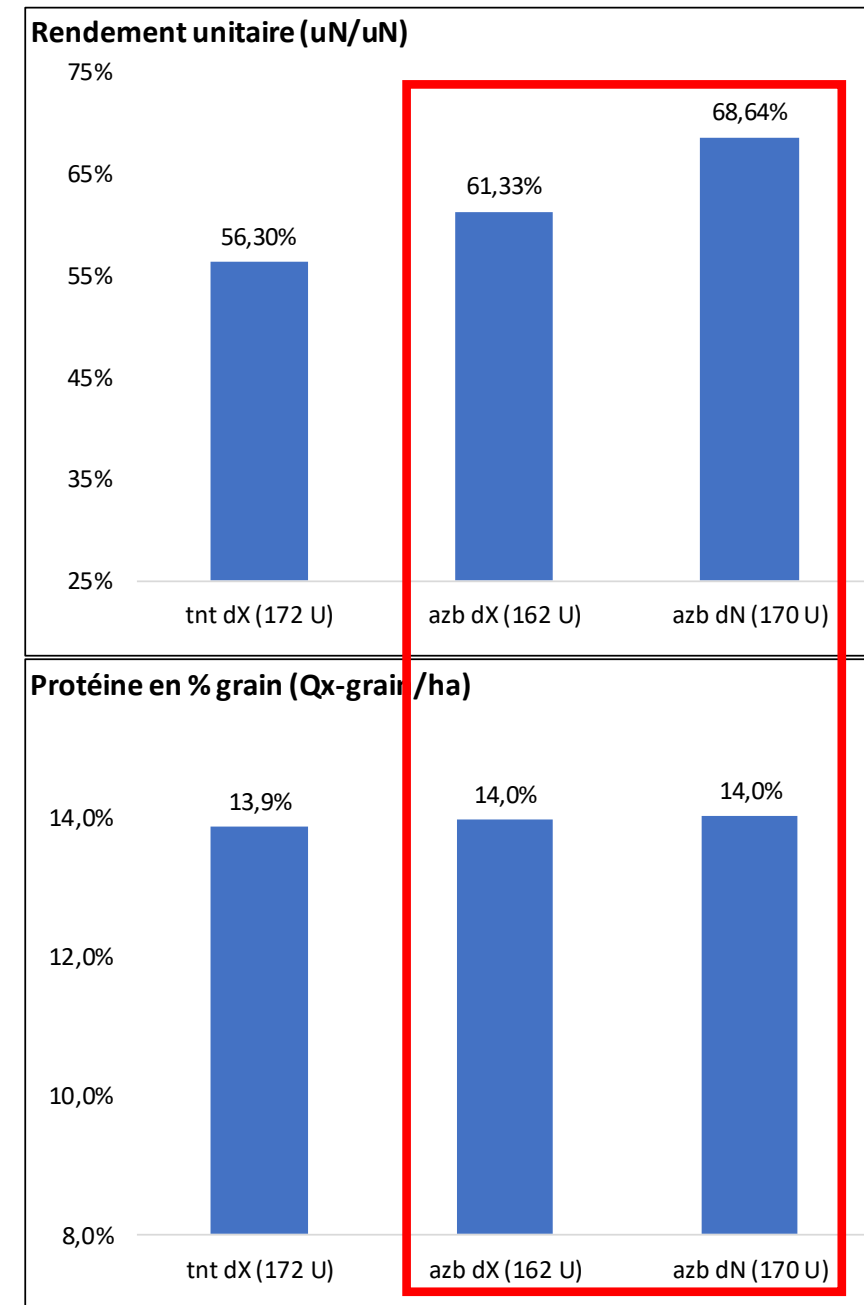
1. POLYOR inc., 741 d'Aiguillon, bureau 100, Québec (Québec), G1R 1M8, Canada

*Auteur pour la correspondance : téléphone (418) 524-7987, Courriel : polyor.claude@laposte.net

2. Valbios SA, 41 boulevard du Recteur Pineau, 86021 Poitiers Cédex, France

Évaluation *in silico* (Stics) de dN et dX (eg. BTH, France) ;

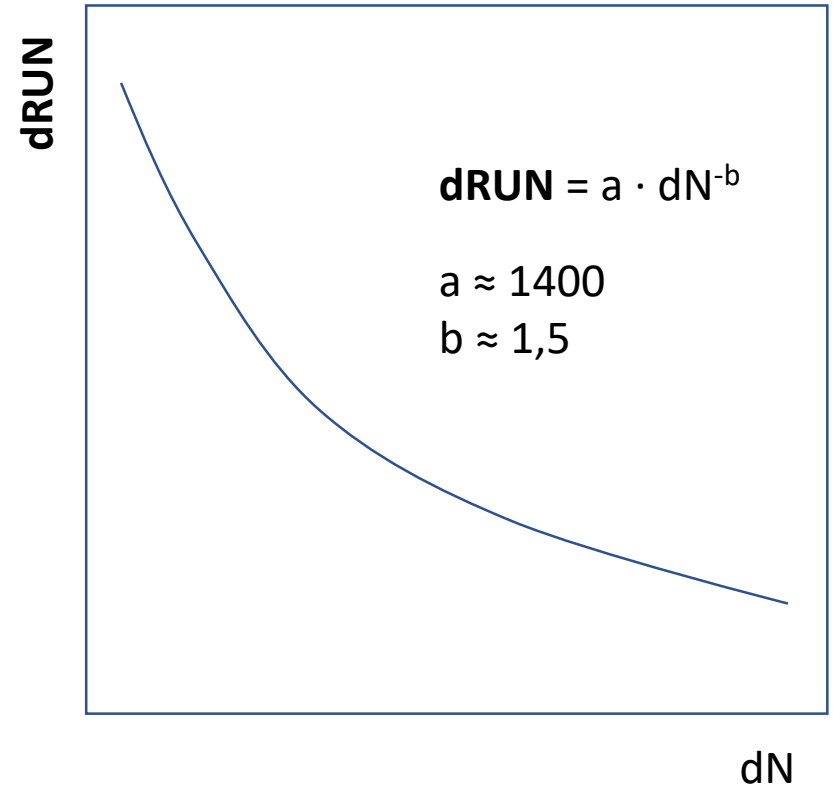
- En soi, dN :: FAR améliore RUN, et cela sans affecter la protéine du grain (PRT) ... et/ou augmenter les RPR (reliquats Nm post-récolte ; cf. *infra* « **Conclusions et enjeux** »
- Or, dN n'est pas nécessairement inférieure à dX. Puisque le potentiel de RDT (pRDT) est fonction d'eAZB il n'y a pas de moins disant fertilisation N. Au contraire.
- A ce stade, Stics n'est pas véritablement adapté à la modélisation de l'azotobactérisation des RCS ; j'ai simplement adapté « param_newform.xml »). A suivre.



Évaluation *in silico* (Stics) de dN et dX (eg. BTH, France) ;

Une précision ...

$$\text{RUN} (u_N/u_N) = \frac{[\text{RDN} \times [\text{RDN} / \text{dN}] / \text{dRUN}]}{\text{dN}}$$

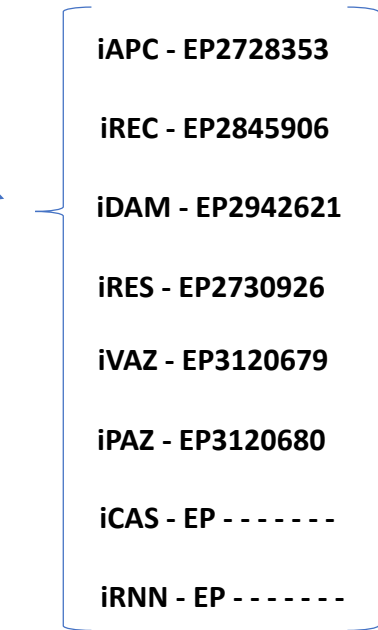


iAZB ... ou comment estimer a priori eAZB

Indices élémentaires d'eAZB ;

data AGRO
data PÉDO
data CLIM

R&D et PI Polyor



indices élémentaires
(iE ...) d'eAZB

Normalisation S_i

Pondération P_i

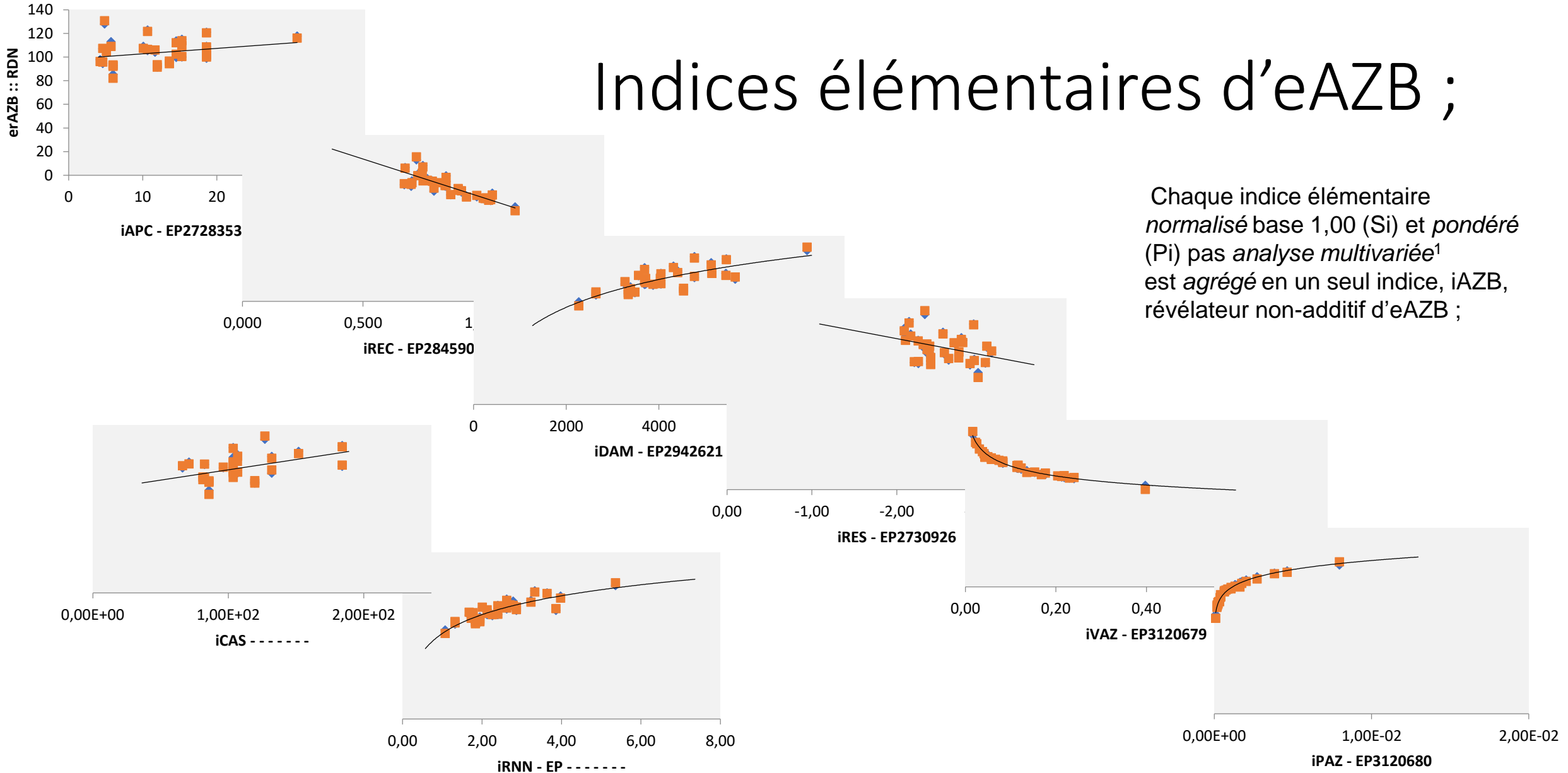
Agrégation $S_i \cdot P_i$

Réf. Lairez *et al.* 2015.
Agriculture et développement
durable : guide pour l'évaluation
multicritère. Eds. Quae

Indice agrégé
d'eAZB (iAZB)

$$iAZB = \sum(S_i \cdot P_i)$$

Indices élémentaires d'eAZB ;



Chaque indice élémentaire *normalisé* base 1,00 (Si) et *pondéré* (Pi) pas *analyse multivariée*¹ est *agrégé* en un seul indice, iAZB, révélateur non-additif d'eAZB ;

Indices élémentaires d'eAZB ;

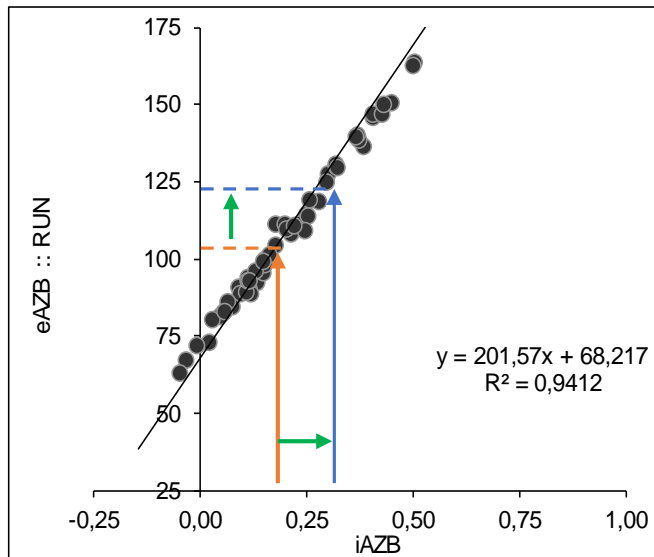
De quoi s'agit-il ?

- iREC - EP2845906 : eAZB :: l'efficacité C et N des bactéries et le rFB du sol ...
- iDAM - EP2942621 : eAZB :: concentration en Nr de la solution du sold[mM-Nr] / dt ...
- iRES - EP2730926 : eAZB :: résilience acidobasique des bactéries du sol dpH[eau – KCl] ...
- iPAZ - EP3120680 : eAZB :: uPi (microdoses de Pi directement au RCS) ...
- iVAZ - EP3120679 : eAZB :: iV (i.e. « shoot/root ratio » de la culture produisant les RCS ...
- iRNN - EP _____ : eAZB :: ratio N-NH₄ / N-NO₃ en sortie d'hiver (cf. RSH) ...
- iCAS - EP _____ : eAZB :: minéralisation C et N des agrégats stables ...
- iRCS - EP _____ : ...
- iDEN - EP _____ : ...
- etc., etc., etc. ...

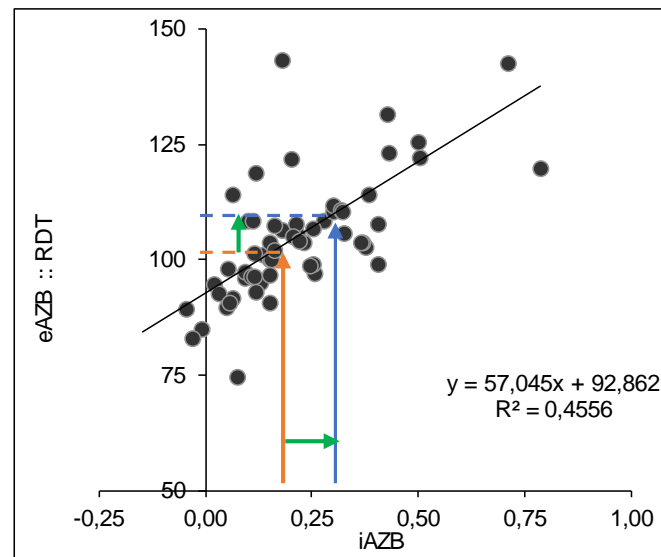
$dN = [a \times pRDT] - pAZB$

$dN(eAZB) = a \cdot pRDT - pAZB$

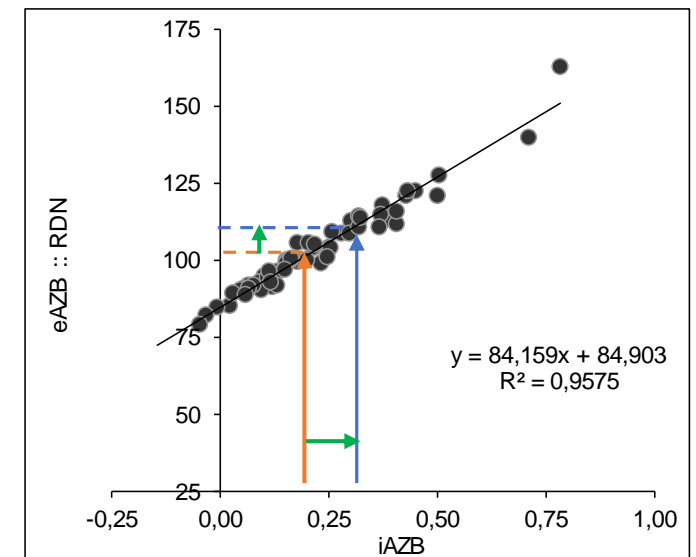
$$a = [b_{ARVALIS} / \underline{eAZB}_{RUN}]$$



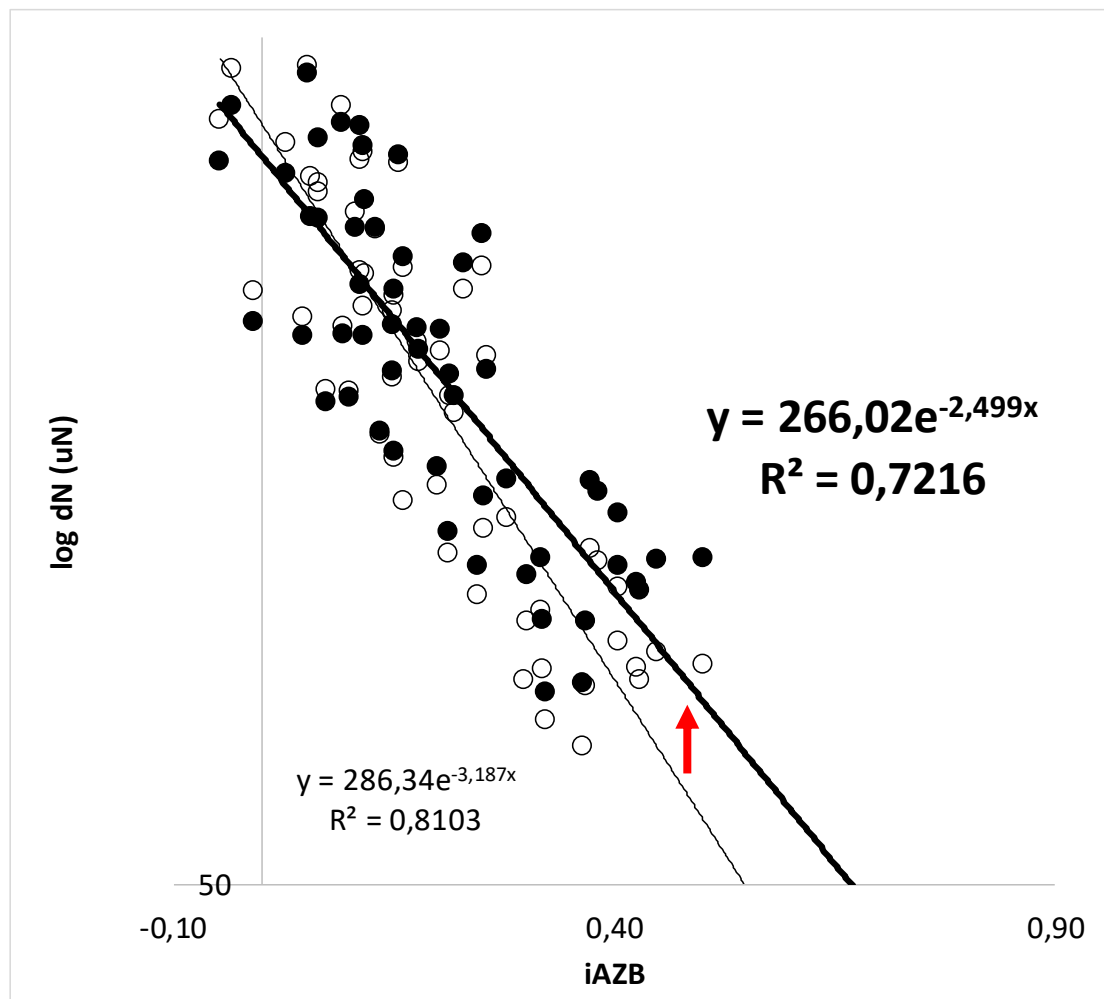
$$pRDT = [RDT \cdot \underline{eAZB}_{RDT}]$$



$$pAZB = [RDN - RDN / \underline{eAZB}_{RDN}]$$

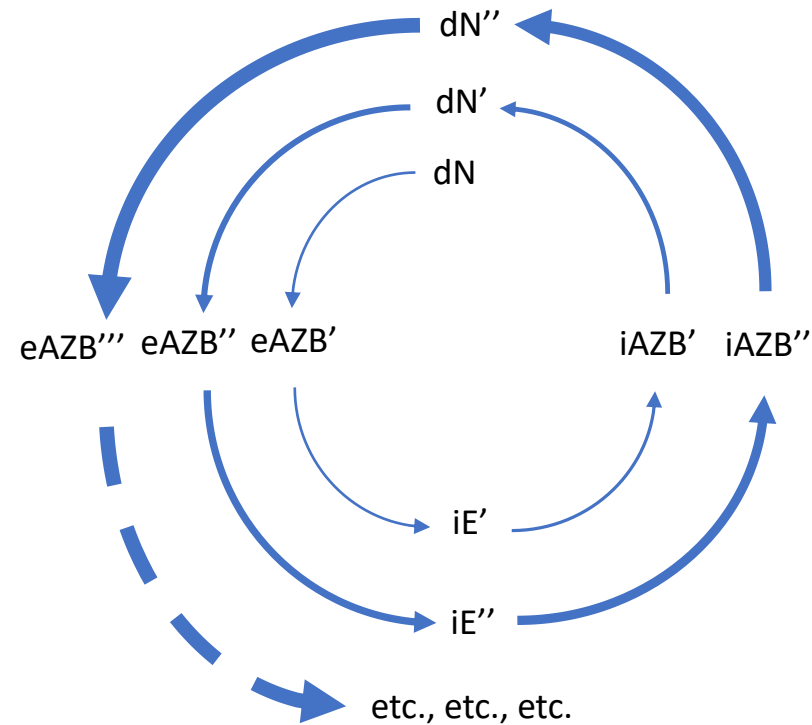


$$dN = [\underline{a} \times pRDT] - \underline{pAZB}$$



Dose prévisionnelle	uN
dX tnt	172
dX azb	162
dN (rdt) azb	165
dN (rdt x eAZB_{rdt})	169

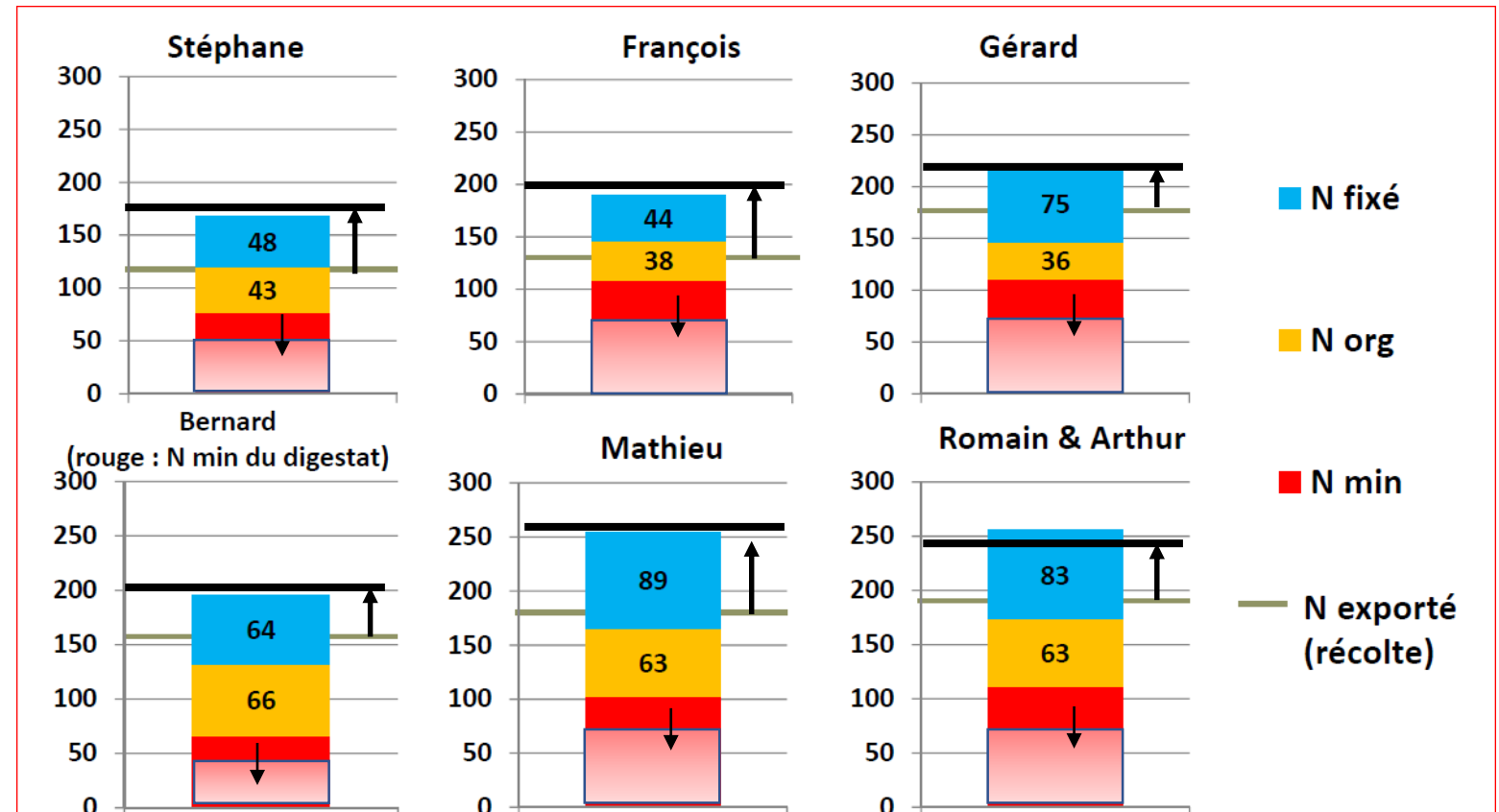
FAR \rightarrow Progression de pRDT :: eAZB \rightarrow dN' ...



FAR → Progression de pRDT (eg. 1)

L'assainissement du bilan N est généralement perçue comme une réduction des dX (ici N_{\min})

La FAR admet qu'une augmentation des exportation (\uparrow RDT, RDN et RUN) est toute aussi salutare.

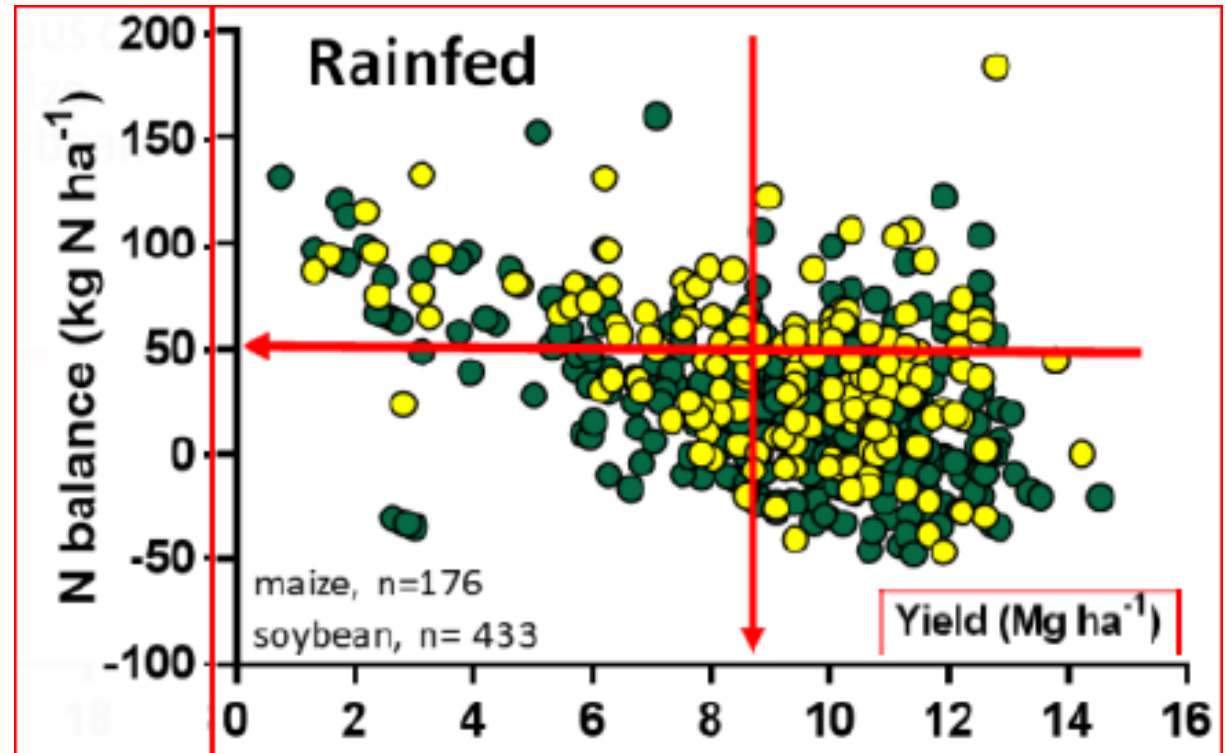


Source : Projet Auto'N 31-08-2016

FAR → Progression de pRDT (eg. 2)

Ce recours à l'intensification des rendements comme mesure agrenvironnementale n'a rien de nouveau (cf. « AEI » ?)

Par exemple ici le rendements le bilan N selon le RDT du maïs (NE, É-U) ;



Source : Tenorio et al. 2018 (NWS Rennes 2018)

FAR → Seul eAZB permet ↑ pRDT :: dN' ?

agrégation des iE → iAZB → [eAZB · rdt] → pRDT → dN √

eFOL ... apports limités par définition X

eIPM ... ponction du flux PS X

eINB ... inhibiteurs uréase, ntr, etc. X

eGEN ... progrès génétique (cultures) (√)

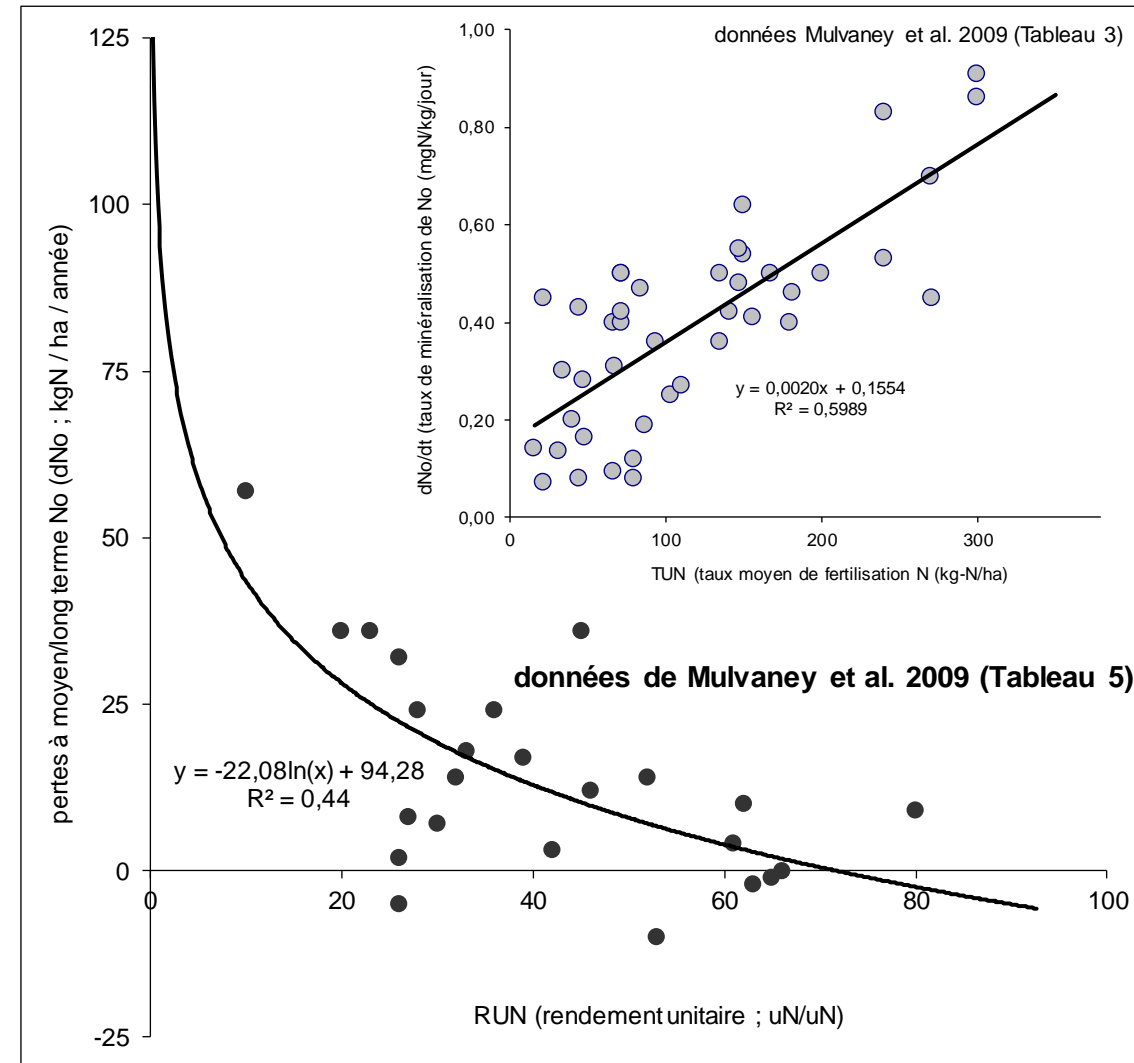
Conclusions et enjeux

Conservation de la MOS (1/3)

- L'amélioration du RUN ($NUE_{i/o}$) favorise la **conservation** de la MOS (No)
- Or, FAR = f(eAZB) permet d'augmenter RUN (supra) sans réduire TUN (dN)

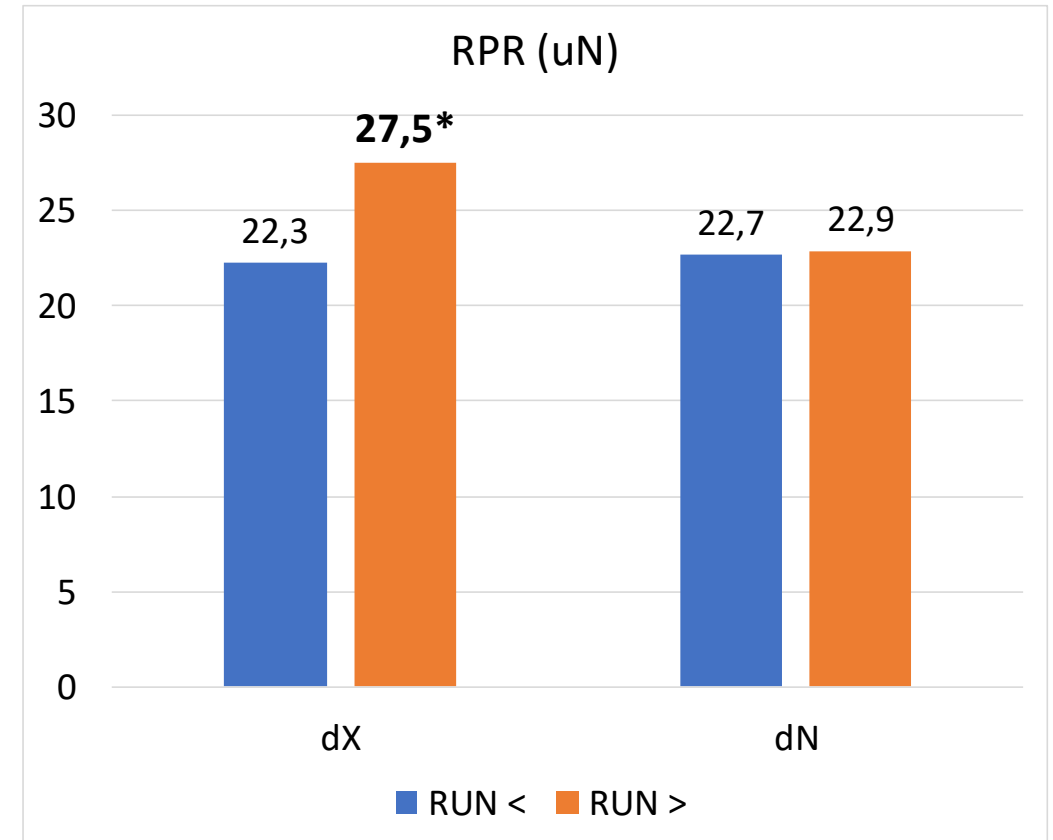
Référence ;

Mulvaney et al. 2009. Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen: A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production. J. Environ. Qual. 38:2295–2314



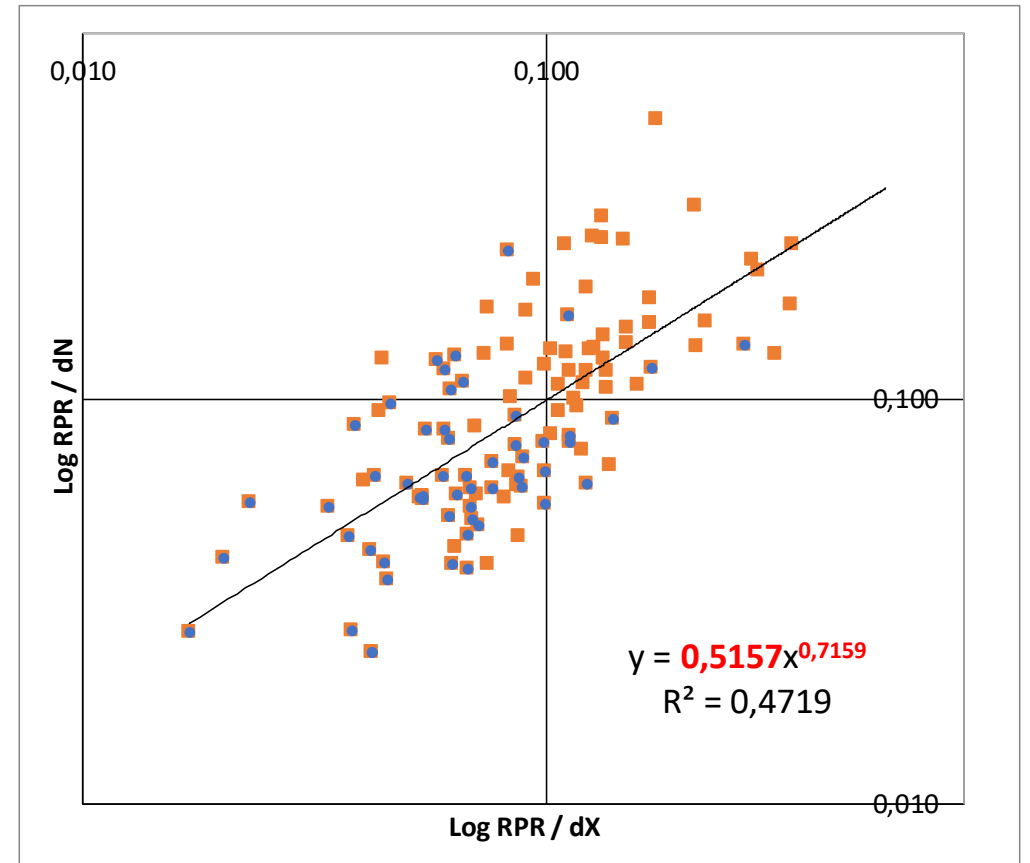
Conservation de la MOS (2/3)

- Cela semble éviter une \uparrow RPR (reliquats post-récolte ; cf. supra modélisation Stics)
- Ho : Sans la FAR (dN), \uparrow RUN est surtout dû à \downarrow dX sans augmentation des RDT et RCS



Conservation de la MOS (3/3)

- \uparrow RUN (*alias* $NUE_{i/o}$) attribuable à dN (FAR) *diminue* RPR/dN par rapport à RPR/dX
- Cela permettra d'intensifier la fertilisation N, quitte à valoriser les RPR à l'aide de cipans non-*Fabaceae* (infra)



Valorisation des RPR-RAT (1/2)

- D'éventuelles augmentation des RPR attribuables à dN et la FAR pourront être **valorisés post-récolte** par une recours systématique à la restitution des RCS et/ou l'utilisation de cipans non-*Fabaceae*
 - ❑ Nb. Le pouvoir d'abattement des cipans non-*Fabaceae* est (~ 2x) supérieur à celui des cipans *Fabaceae*

Quelques références ;

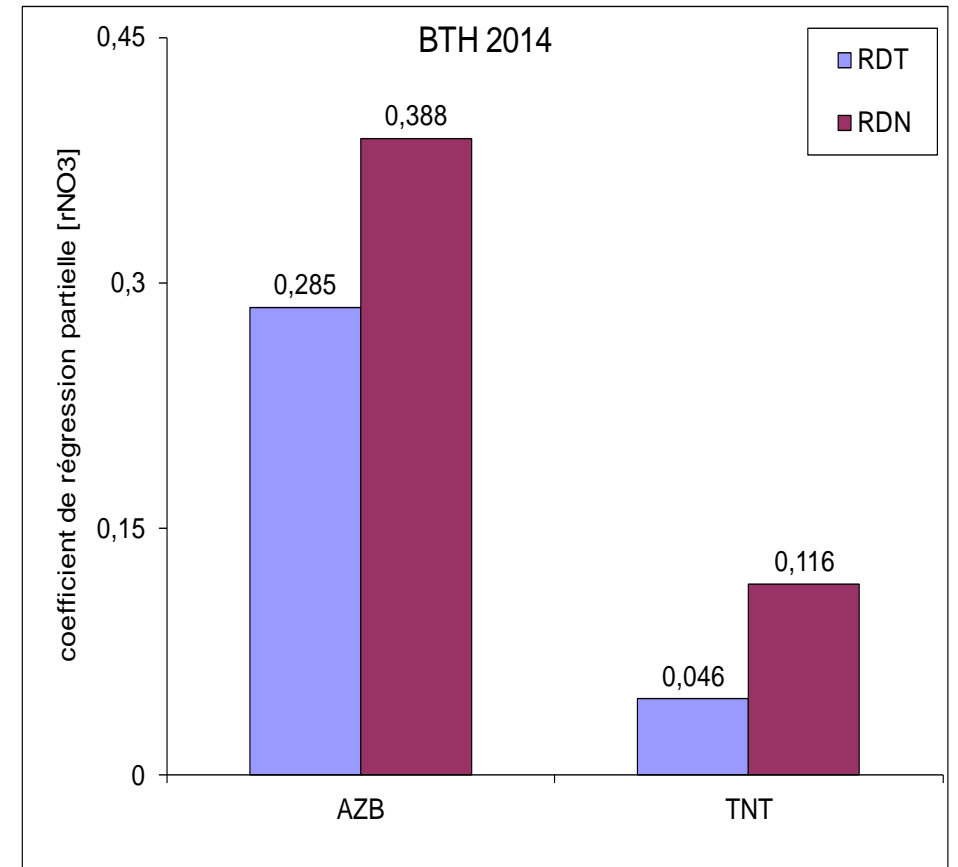
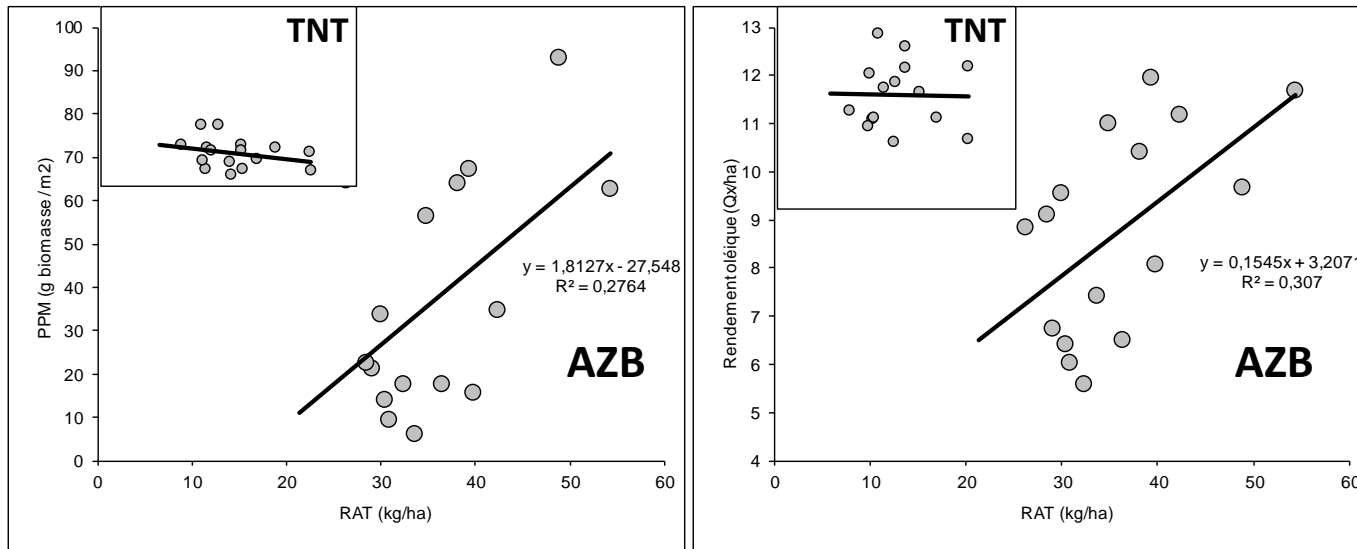
Inra 2013 (Justes *et al.*). *Les cultures intermédiaires pour une agriculture durable*. Eds. Quae (78026 Versailles)

Couëdel *et al.* 2018. *Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services*. Agric. Ecosyst. Environ. 254:50-59

Agro-Transfert 2016. Présentation du projet Auto'N - Foire de Châlons

Valorisation des RPR-RAT (2/2)

- En effet, s'il y a des RPR (RAT), la FAR (eAZB) permet de mieux **valoriser** agronomiquement ces reliquats par rapport aux témoins non-traitée (eg. BTH 2014) ;



Un plus pour le Projet 4/1000 (<https://www.4p1000.org/fr>)

- Outre le fait que la FAR augmente RUN (→ conservation de la MOS), Fns par azotobactérisation des RCS pourra combler *une partie* des besoins en azote qu'implique l'initiative 4p1000.
- En effet, le rapport C:N de la MOS est assez stable à travers le temps, et cette augmentation des stocks de MOS nécessitera impérativement un apport important (doublement (?!) des apports d'N au sol

Quelques références ;

van Groenigen *et al.* 2017. *Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma*. Environ. Sci. Technol. 51:4738–4739

Richardson *et al.* 2014. *The inorganic nutrient cost of building soil carbon*. Carbon Management 5:265–268

Ferchaud *et al.* 2018. *Dop agricultural practices impact C, N and P stoichiometry in plant and soils on the long term?* Proc. 20th N-WShop, Rennes 2018 (p364-365)

Alternative à la filière BE2G

- La FAR incitera l'agriculteur à **restituer** les RCS plutôt que les **l'exporter** entant que « déchet de culture » vers des usines de bioéthanol 2^{ième} génération.
- L'enchérissement du pétrole n'y changer rien ; au contraire.

...

Quelques références ;

Lal 2008. *Crop residues as soil amendments and feedstock for bioethanol production. Waste Management* 28:747–758

Powlson *et al.* 2011. *Implications for Soil Properties of Removing Cereal Straw : long-term studies. Agron. J.* 103:279–87

Conclusions / Perspectives / Discussions

- *In fine, Fns n'est pas négligeable*
- *Aujourd'hui, eAZB \approx de 5 à 10% avec une simple dX*
- *Aujourd'hui, $\Delta N_{AZB} \approx 12-18 \text{ uN}$ (i.e. $< 15-25 \text{ uN}$ calculés)*
- *La FAR $\rightarrow dN$ (~~dX~~) = $f(eAZB) = f(iAZB)$*
- *eAZB et $\Delta N_{AZB} = f(\text{quantité de RCS}) \Rightarrow \text{maxima } \Delta N_{AZB} = !?$*
- *Ho : $RUN_{dN} > RUN_{dX}$*
- *Ho : FAR \neq « moins disant azoté » (eg. $dX^{-20\text{uN}}$)*
- *Ho : FAR \Rightarrow « déplaçonnement » des RDT/RDN*

V. Annexe - données eAZB et PI Polyor

- * Propriété industrielle (PI) ;
 - AZB (azotobactériation, yc par inoculation des RCS)
 - **FAR (fertilisation azotobactérienne raisonnée → dN)**
 - pNN (Diagnostic et correction de l'état NP)

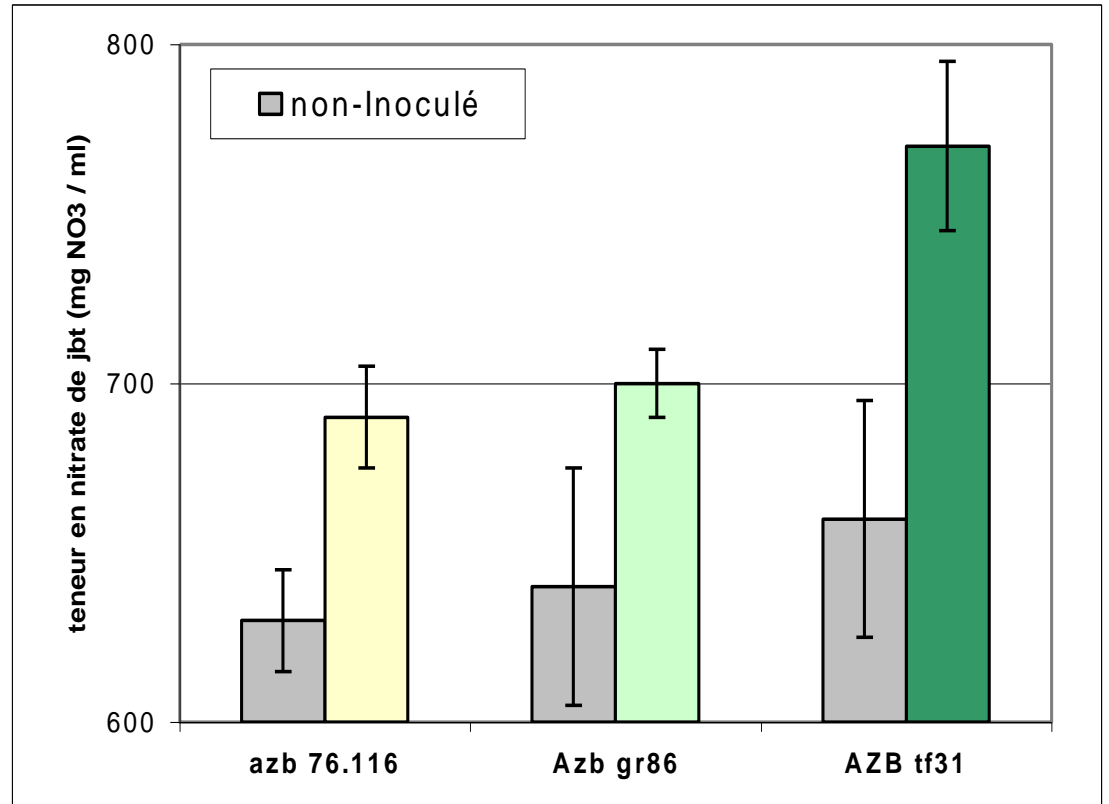
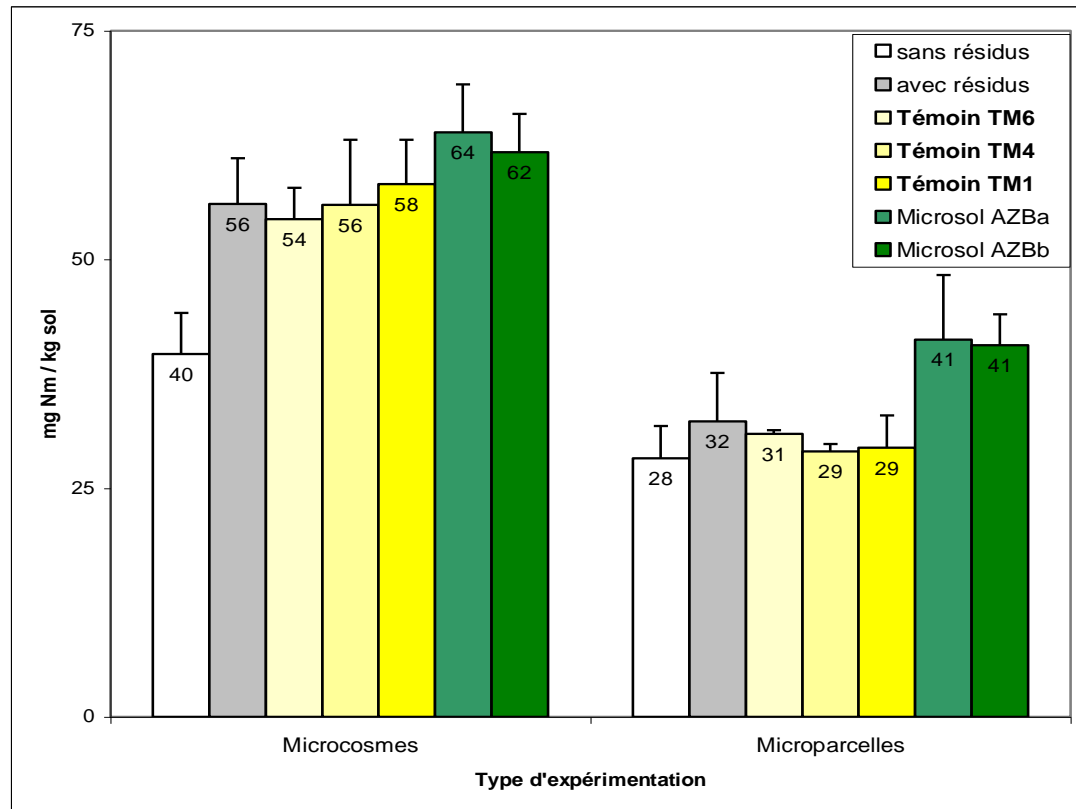
- * data in vitro 1997-2001
- * data in situ 2003-2006
- * data in situ 2010-2015

TITRE	NO PUBLICATION	PUBLICATION	NO DEPOT	DATE	DELIVRANCE	DEMANDEUR	INVENTEUR	
pNNA	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iSPD	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iRCS	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iDEN	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iPAK	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iACB	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iCTX	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iCAS	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
iRNN	FR ...	(2019)				POLYOR	PPC	
MODE DE FERTILISATION PHOSPHATEE NON PONDERALE	FR3040586A1		20170310	FR1501836	20150904		POLYOR	PPC
PROCEDE POUR LA PRECONISATION DES DOSES P (DP) D'ENGRAIS PHOSPHORIQUE POUR GRANDUES CULTURES AGRONOMIQUES EN PRESENCE DE RESIDUS DE CULTURE AU SOL	FR3039035A1		20170127	FR1501588	20150723	20180316	POLYOR	PPC
METHODE DE FERTILISATION RAISONNEE COMPRENANT LE RATIONNEMENT DE LA DOSE X D'ENGRAIS AZOTE EN PRESENCE DE RESIDUS DE CULTURE CELLULOSIQUE AU SOL	FR3039034A1		20170127	FR1501587	20150723	20180112	POLYOR	PPC
DIAGNOSTIC DE L'ETAT DIAZOTROPHE DE SOLS ARABLES ET PRECONISATION DES APPORTS D'ENGRAIS N	FR3020876A1		20151113	FR1401033	20140506	20160506	POLYOR	PPC
METHODE DE DETERMINATION DE TENEURS CRITIQUES EN AZOTE DE CULTURES	FR3020875A1		20151113	FR1401032	20140506	20160506	POLYOR	PPC
PROCEDE DE CALIBRATION DE DIAGNOSTIQUES DE L'ETAT PHYSIOLOGIQUE DE CULTURES AGRONOMIQUES	FR3018117A1		20150904	FR1400515	20140303		POLYOR	PPC
PROCEDE D'EVALUATION DE L'EFFICIENCE CARBONNEE DES BACTERIES DU SOL	FR3010418A1		20150313	FR1302069	20130906	20171006	POLYOR	PPC
UTILISATION DE COMPOSITIONS POUR LA COFORMULATION DE SEMENCES	FR3004449A1		20141017	FR1300883	20130412	20171117	POLYOR	PPC
CONDITIONNEMENT SEPRE MAIS INTEGRAL D'ENGRAIS STARTER A BASE DE BACTERIES	FR3004448A1		20141017	FR1300882	20130412	20171208	POLYOR	PPC
PROTOCOLE POUR LA PRECONISATION ET LE DOSAGE DE LA FERTILISATION PHOSPHO-POTASSIQUE ET MAGNESIQUE (PKMg) DE CULTURES AGRONOMIQUES	FR3003034A1		20140912	FR1300488	20130305	20170908	POLYOR	PPC
DIAGNOSTIC DE L'ETAT MICROBIOLOGIQUE DE SOLS EN FONCTION DE LA RESILIENCE DE POPULATIONS BACTERIENNES QUI'LS CONTIENNENT	FR2997961A1		20140516	FR1203051	20121112	20141205	POLYOR	PPC
ATTRIBUTION D'AGRO-MICRO PEDOCLIMATS (AMPC) A DES PARCELLES ET ILOTS AGRONOMIQUES	FR2997505A1		20140502	FR1202948	20121031	20170303	POLYOR	PPC
PROCEDE D'OBTENTION DE MICROORGANISMES AZOTOPHILES	FR2995318A1		20140314	FR1202413	20120911	20170203	POLYOR	PPC
FILTRES MACROMICROPOREUX POUR L'INCUBATION ET LE DIAGNOSTIC DE L'ACTIVITE MICROBIOLOGIQUE D'ECHANTILLONS ENVIRONNEMENTAUX	FR2993186A1		20140117	FR1201990	20120713	20140725	POLYOR	PPC
DIAGNOSTIC MULTIVARIE DE L'ETAT NUTRITIONNEL DES CULTURES	FR2991775A1		20131213	FR1201637	20120606	20170804	POLYOR	PPC
RENFORCEMENT AZOTE D'ENGRAIS FOLIAIRES THERAPEUTIQUES	FR2980334A1		20130329	FR1102945	20110926	20150529	POLYOR	PPC



Titre	No. publication	Date publication	Inventeur	Demandeur	No. demande	Date dépôt	No. priorité
pNNA	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iSPD	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iRCS	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iDEN	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iPAK	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iACB	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iCTX	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iCAS	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
iRNN	EP ...	(2020)	PPC	Polyor			
RATIONNEZ AZOTOBACTER FERTILISATION	EP3335536 (A1)	2018-06-20	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20170196251	20171012	FR20160070757 20161213
PHOSPHOROUS FERTILIZATION PROCESS OF AGRICULTURAL CROPS	EP3138402 (A1)	2017-03-08	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20160186924	20160902	FR20150001836 20150904
METHOD FOR RECOMMENDING P FERTILISER FOR FIELD CROPS IN THE PRESENCE OF CROP RESIDUES	EP3120680 (A1)	2017-01-25	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20160179850	20160718	FR20150001588 20150723
FERTILISATION METHOD FOR RATIONING THE DOSE OF N FERTILISER IN THE PRESENCE OF CROP RESIDUES	EP3120679 (A1)	2017-01-25	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20160179846	20160718	FR20150001587 20150723
METHOD FOR DETERMINING CRITICAL NITROGEN CONTENTS OF CROPS	EP2942622 (A1)	2015-11-11	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20150290117	20150429	FR20140001032 20140506
DIAGNOSIS OF THE DIAZOTROPHIC STATE OF SOIL AND RECOMMENDATION OF NITROGEN FERTILISER	EP2942621 (A1)	2015-11-11	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20150290111	20150428	FR20140001033 20140506
Diagnosis of the physiological state of agronomic crops	EP2915420 (A1)	2015-09-09	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20150290053	20150227	FR20140000515 20140303
Method for assessing the carbon efficiency of soil bacteria	EP2845906 (A1)	2015-03-11	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20140290257	20140827	FR20130002069 20130906
Method for recommending and dispensing phospho-potassium and magnesium (PKMg) fertilisers for agronomic crops	EP2774467 (A1)	2014-09-10	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20140366001	20140303	FR20130000488 20130305
Diagnosis of the microbiological state of soils according to the resilience of its bacterial population.	EP2730926 (A1)	2014-05-14	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366006	20131112	FR20120003051 20121112
Method for assigning an agro/micro-pedoclimat (AMPC) to an agricultural plot, and for forming microbial consortia	EP2728353 (A1)	2014-05-07	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366005	20131030	FR20120002948 20121031
UTILISATION DE COMPOSITIONS POUR LA COFORMULATION DE SEMENCES	FR3004449 (A1)	2014-10-17	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	FR20130000883	20130412	FR20130000883 20130412
Macro-/microporous filters for incubation and diagnosis of the microbiological activity of environmental samples	EP2684588 (A1)	2014-01-15	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366004	20130711	FR20120001990 20120713
CONDITIONNEMENT SEPRE MAIS INTEGRAL D'ENGRAIS STARTER A BASE DE BACTERIES	FR3004448 (A1)	2014-10-17	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	FR20130000882	20130412	FR20130000882 20130412
Multivariate diagnosis of the nutritional condition of crops	EP2671443 (A1)	2013-12-11	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366003	20130605	FR20120001637 20120606
Method for preparing atomisable inoculating slurries that include moderately halophilic bacterial populations	EP2647695 (A1)	2013-10-09	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366002	20130402	FR20120000992 20120403
Use of bacteria in foliar application for nitrogenous reinforcement of NK synergy	EP2647612 (A1)	2013-10-09	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20130366001	20130402	FR20120000991 20120403
Obtaining azotophiles microorganisms in a microporous matrix substrate in vitro	FR2995318 (A1)	2014-03-14	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	FR20120002413	20120911	FR20120002413 20120911
Nitrogenous reinforcement of therapeutic foliar fertiliser	FR2980334 (A1)	2013-03-29	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	FR20110002945	20110926	FR20110002945 20110926
Biofertilisation of field crop culture by application of Azotobacteraceae on the previous culture	EP2409561 (A1)	2012-01-25	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20110366001	20110720	FR20100003096 20100723
Method for vectorising trace elements to the residuespheres or areas of the soil surrounding crop residues	EP2345319 (A1)	2011-07-20	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366006	20101129	FR20100000165 20100118
Carbon matrix substrates for obtaining biofertilising bacteria	EP2314669 (A1)	2011-04-27	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366005	20101007	FR200900005120 20091026
Use of cations for improving the bacterian biofertilisation of crops	EP2291427 (A1)	2011-02-09	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366004	20100712	FR200900003707 20090729
Seeds inoculated with microorganisms of Azotobacter for biofertilisation of soil	EP2227931 (A1)	2010-09-15	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366003	20100301	FR20090001063 20090309
Biofertilisation of non-Fabaceae field crops via Azotobacteraceae which have accumulated Mo	EP2227936 (A1)	2010-09-15	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366002	20100304	FR20090001062 20090309
Use of nitrogen nutritional agents for the fertilization of large-scale non-leguminous crops	EP2223586 (A1)	2010-09-01	CLAUDE P-Ph.	POLYOR	EP20100366001	20100223	FR20090000867 20090225
BACTERIAL BIOMASSES. PROTOCOL FOR OBTAINING SAME. AND USES THEREOF FOR BACTERIZATION OF SOILS AND CROP RESIDUES	CA2467441 (A1)	2003-06-05	CLAUDE P-Ph.	POLYOR [CA]	CA20022467441	20021129	20011130 WO200205404119 20021129

Accumulation de Nm *in situ* et NNI ;



Diazotrophie ;

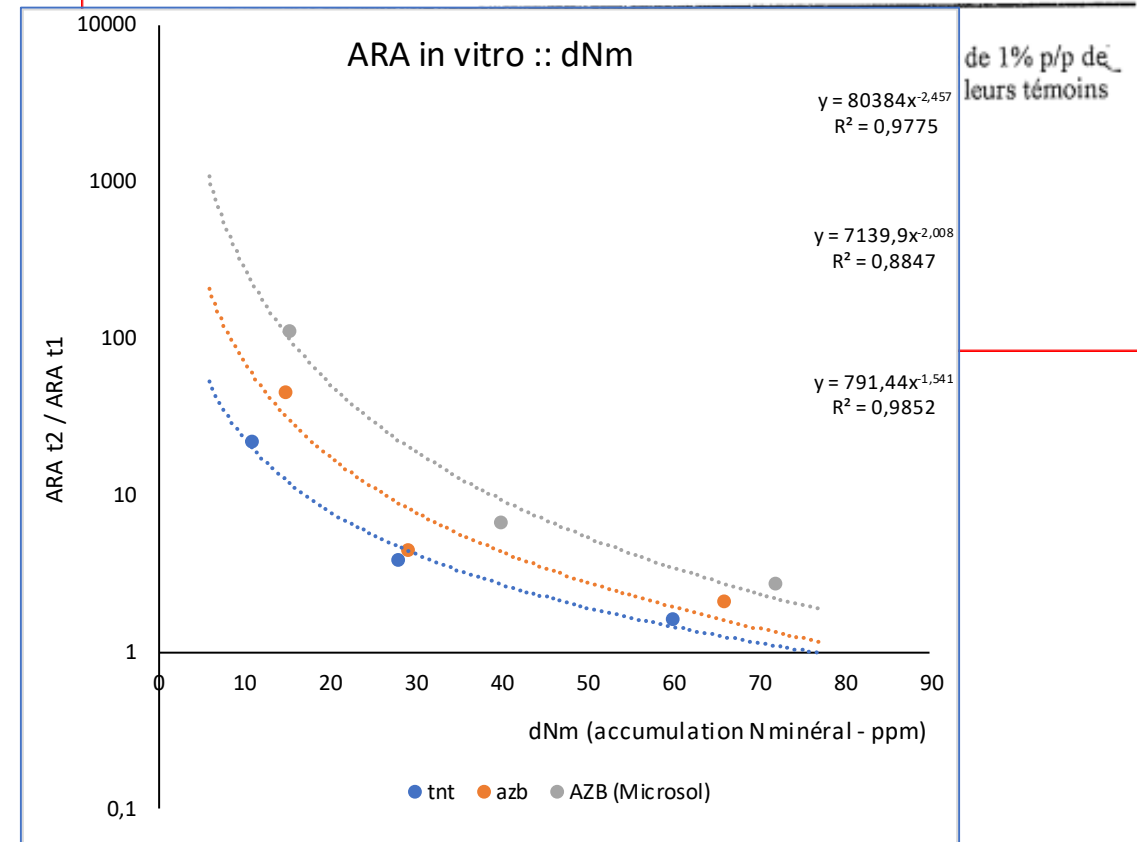
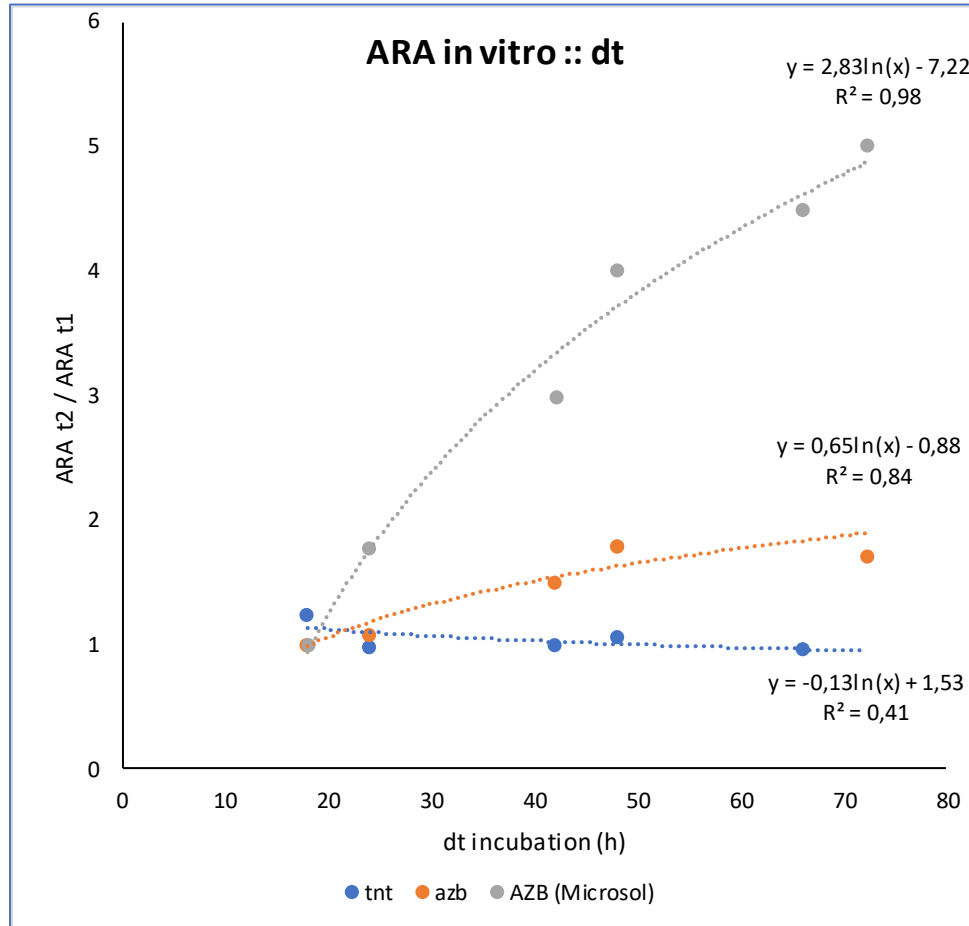


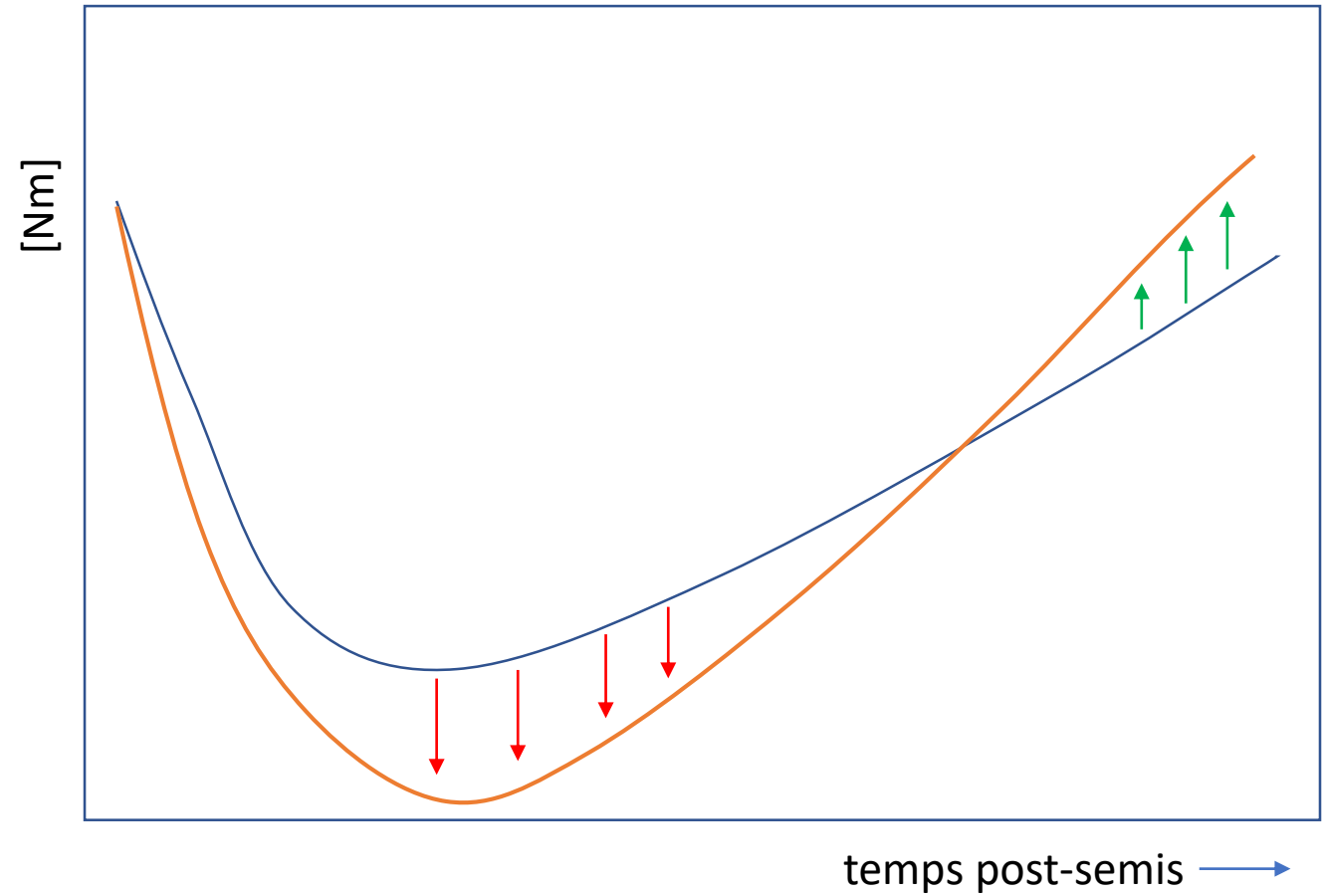
Tableau 6

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Microcosme	<u>Nm ARA³</u>	<u>Nm ARA⁴</u>	<u>Nm ARA⁵</u>
Résidus de culture	28 3.87	10.8 22	60 1.6
Résidus de culture avec témoin TM5	29 4.42	14.8 45	66 2.1
Résidus de culture avec AZB	40 6.67	15.3 112	72 2.7

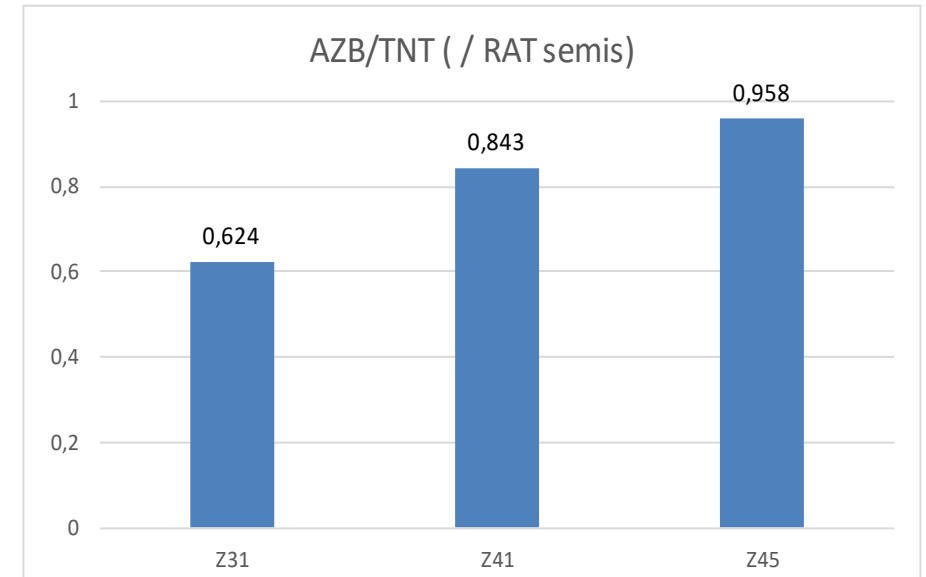
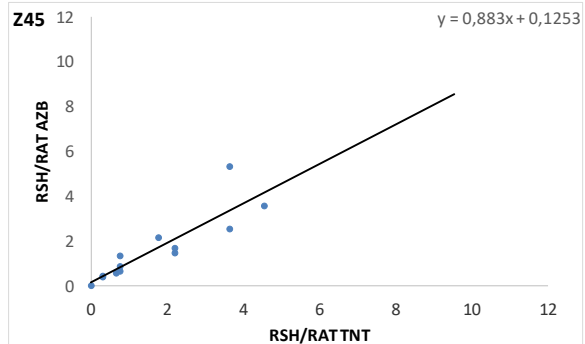
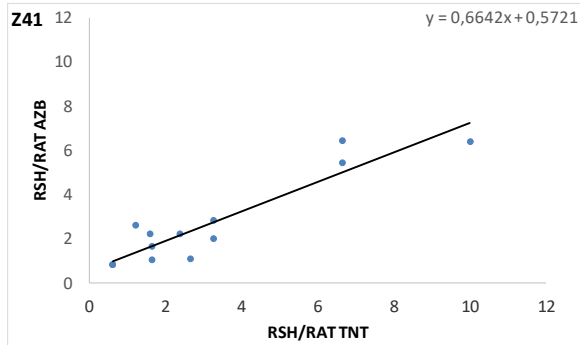
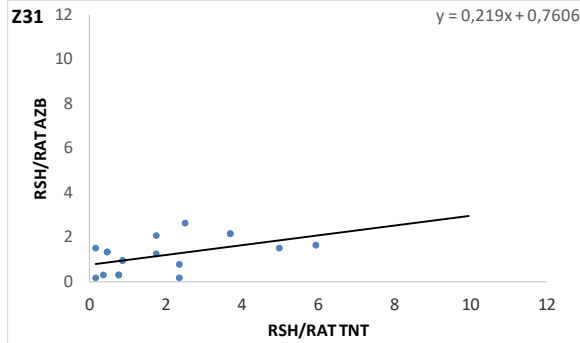
Ajuster dX selon eAZB – le constat ;

eAZB peut **exacerber** la faim d'azote, tout en **contribuant** *in fine* de l'azote au système sol-plante. Le but de la FAR est d'ajuster le taux de fertilisation-N (dN) de manière à ce que RDT, RDN et RUN soient optimaux en de telles circonstances.

Rappel ; « ... en présence d'une activité microbienne, bactérienne notamment, importante en proximité des racines, la plante est soumise à une *surimmobilisation* de l'azote /.../. Cette suractivité microbiologique est attribuable à l'incorporation en surface d'importantes quantités de résidus de cultures et leur (azoto)bactérisation /.../ » cf. **EP2223586**

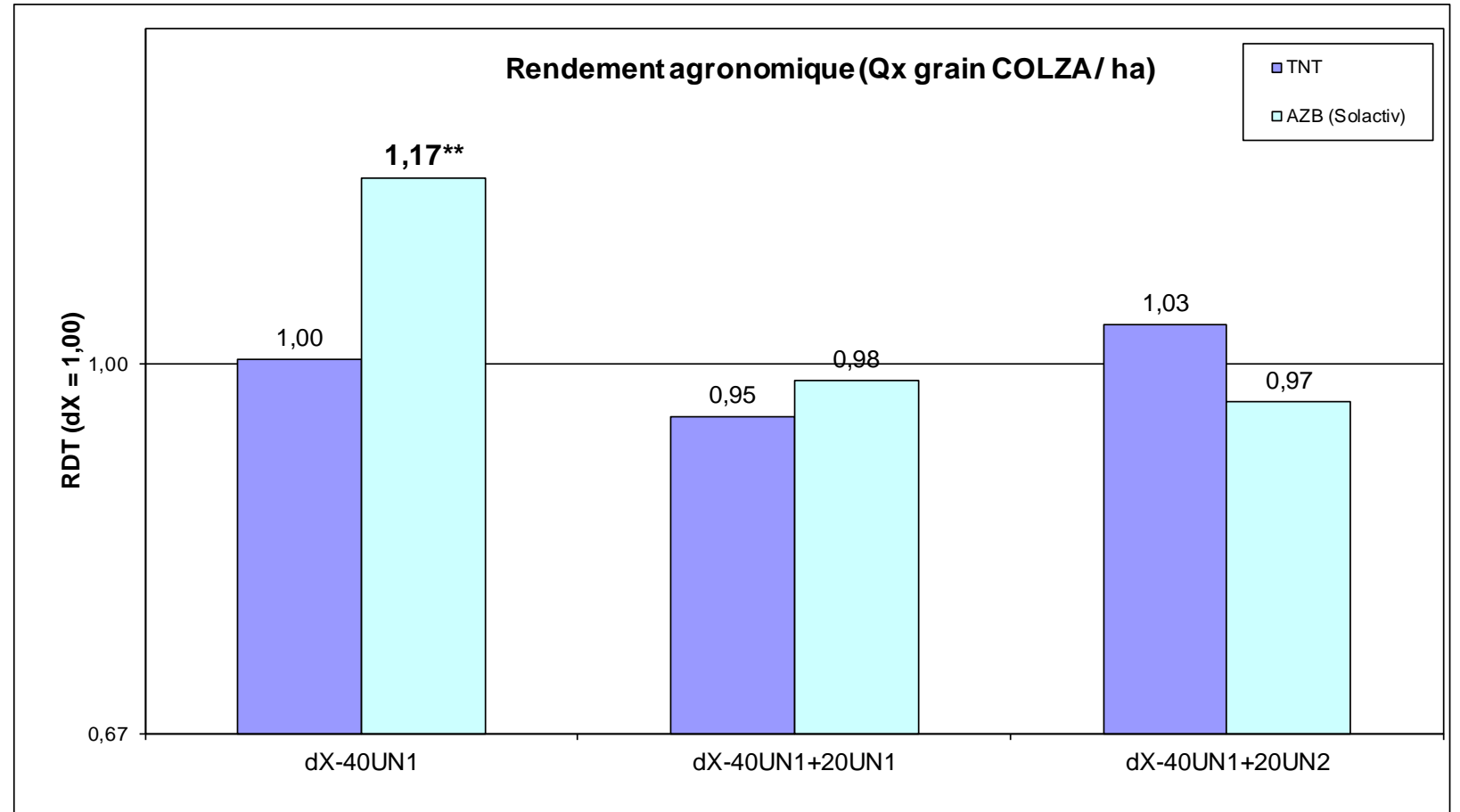


Ajuster dX selon eAZB - I. RAT :: AZB, TNT ;



eAZB in situ 2014-2015 ; plateforme AGN

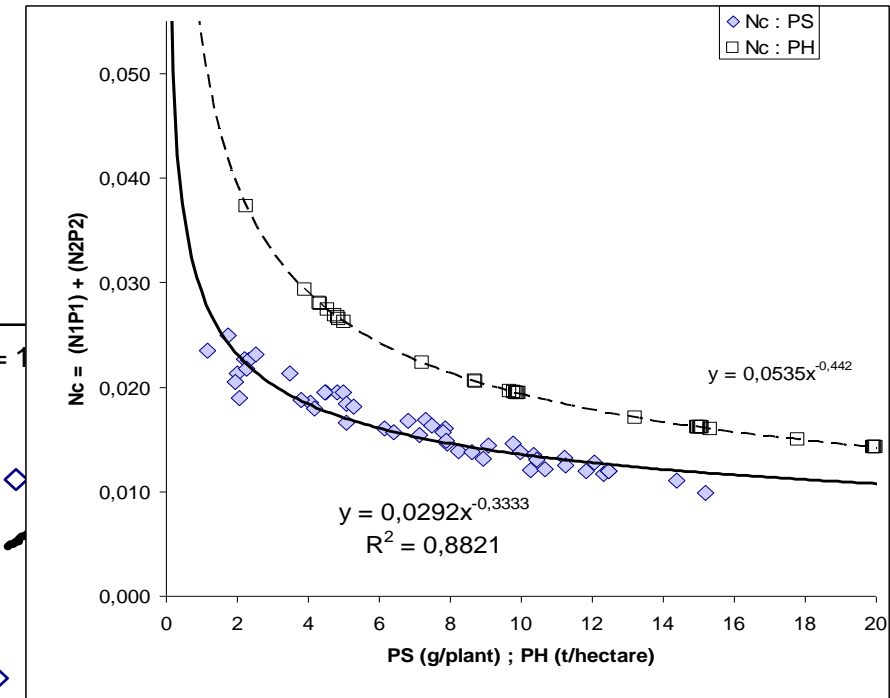
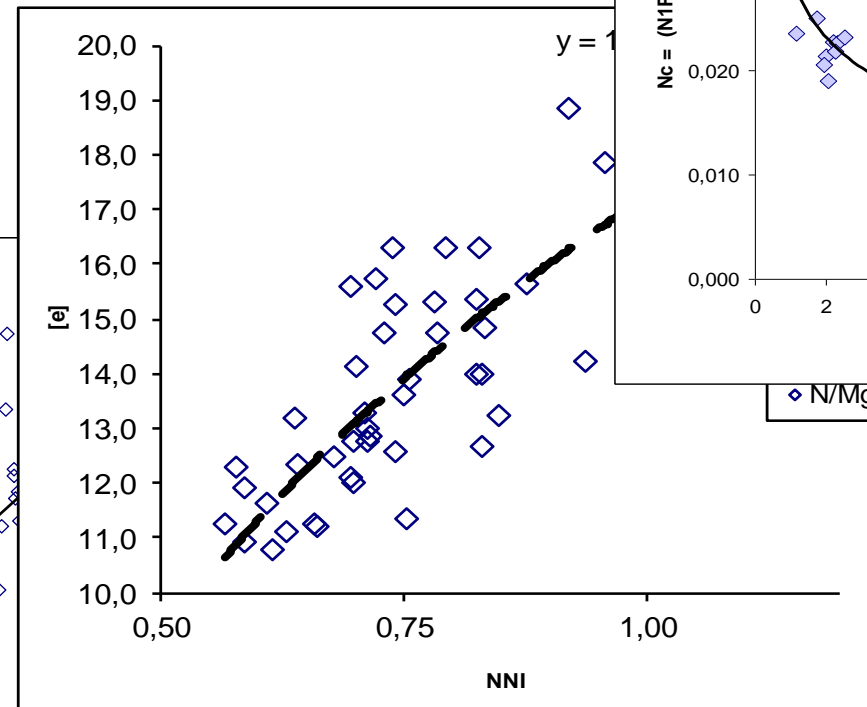
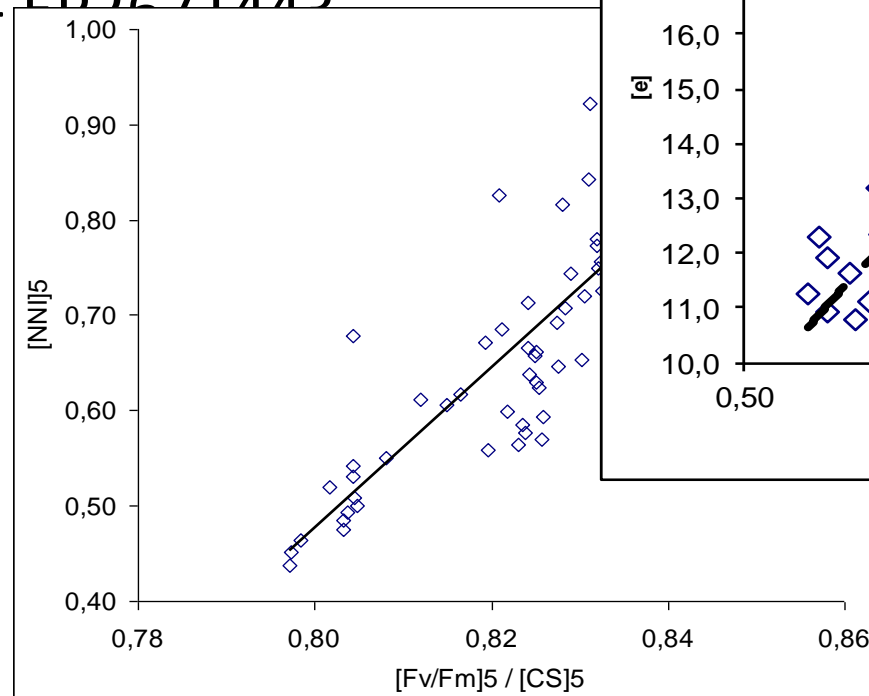
Colza 2015 ;



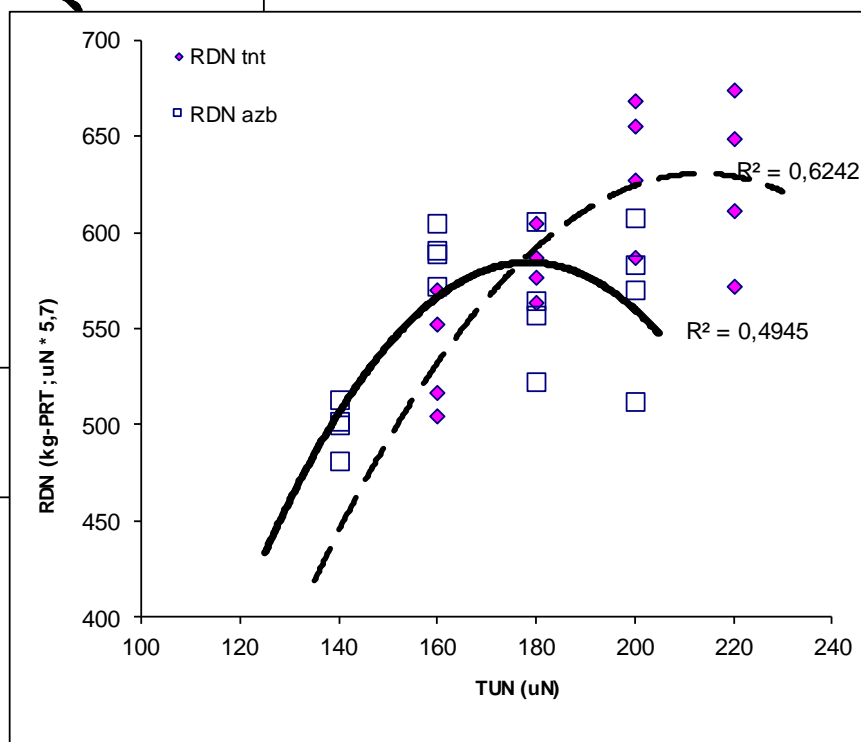
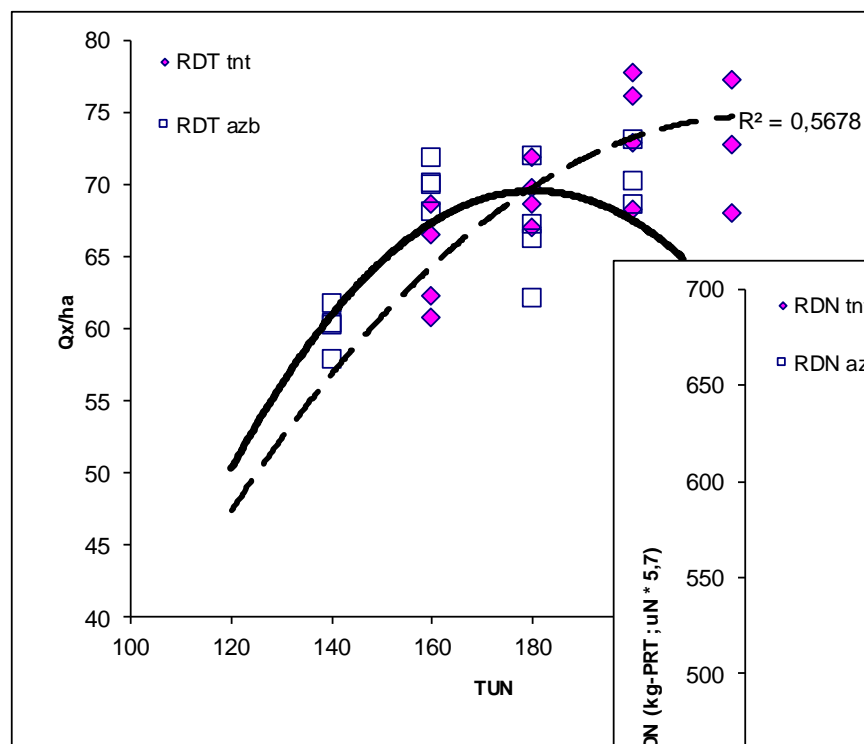
La FAR et INN (*alias* « NNI »)

Quelques alternatives ;

- pNNI - EP2915420
- pNNS - EP2942622
- pNNO - EP2671442
- pNNA -



... un cas de figure ;



FEDERATION DEPARTEMENTALE des CENTRES D'ÉTUDES TECHNIQUES AGRICOLES
de la Charente-Maritime
Z.I. de l'Ormeau de Pied, 3 rue du clos Fleuri 17100 SAINTES
Tél. 05 46 93 78 75 - Fax 05 46 93 78 81 - Email fdceta@orange.fr
Association Ldt 1901 - Siret 7813207700045 - APE 7022Z - Agrément phytosanitaire PC00442

Portable Richard MARCHAND
06 11 40 87 19
Portable Christophe TERRIER
06 83 10 96 48

Juillet 2013

BLÉ TENDRE **essai bactérie**

chez Frédéric et Yves PINSONNEAU, Gaec les Tournesols, à Vergné - Ceta de la Trézence

ITINÉRAIRE TECHNIQUE

<p>Soil : grille superficielle à 20 cm</p> <p>Précédent : blé tendre à 87 quintaux/ha</p> <p>Travail du sol : broyage, 2 cover-crop, labour, semis combiné ; roulage le 23 février</p> <p>Semis : 29 octobre 2012</p> <p>Variété : GARCIA à 320 grains/m²</p> <p>Récolte : 17 juillet 2013</p> <p>Rendement agriculteur : 72 quintaux/ha</p>	<p>Fertilisation :</p> <p>Phosphore P100 : 63 U/ha SUPER 18 le 19 février</p> <p>Soufre : 88 U/ha le 19 février</p> <p>Azote :</p> <p>78 U/ha SOLONIA le 6 février</p> <p>98 U/ha SOLONIA le 6 mars</p> <p>47 U/ha SOLONIA le 29 mars</p> <p>223 unités au total</p>	<p>Désherbage :</p> <p>ISOPROTURON 2 l/ha le 23 novembre</p> <p>ALLIE 15 g/ha, FOXPRO D+ 1.2 l/ha et NIKOS 0.05 l/ha le 27 mars</p> <p>Fongicide :</p> <p>FLEXITY 0.3 l/ha et PYROS 0.5 l/ha le 27 mars</p> <p>OPUS NEW 0.75 l/ha, PYROS 0.5 l/ha et HELIOSOL 0.2 % le 3 mai</p> <p>PROSARO 0.8 l/ha et HELIOSOL 0.2 % le 27 mai</p> <p>Insecticide : CYTHRINE L 0.25 l/ha le 23 novembre</p>
---	--	--

ESSAI BACTÉRIE	OBJECTIF	Tester la méthode Solactiv BAÏA (Biodynamisation Azotée des liéts Agricoles) dont le but est d'améliorer les rendements en valorisant mieux les apports azotés.
	PRINCIPE	Après un prélèvement de terre, Agronutrition identifie, sélectionne puis cultive les micro-organismes qui favorisent la fixation de l'azote, les "azotobacters".
		Les micro-organismes ont alors été restitués sous forme d'une solution concentrée qui a été pulvérisée à 0,25 l/ha sur les chaumes le 31 juillet 2012 puis enfouie au cover-crop.

RESULTATS 2013

	Modalités / Dose N apportée U/ha en Solution	Début tallage 7 février	Epi 0,5 cm 6 mars	Epi /m²	Surface touchée piéni échaudage 2 juillet	RENDEMENT en q/ha				Stat. NK	Humidité en %	P.S	Protéines en %	
						R1	R2	R3	R4					mooyenne
1	Référence haute 220 U	80	140	414	30%	77.2	68.0	80.2	72.7	74.5	A	10.4	75.6	8.4
3	Réf. agriculteur 200 U	60	140	377	23%	68.2	77.7	72.9	76.1	73.7	A	10.5	76.8	8.6
5	Réf. agriculteur 180 U	60	120	374	40%	71.9	67.0	69.8	68.6	69.3	A B	10.2	74.4	8.4
2	Solactiv Baïa + 200 U	60	140	371	24%	70.2	68.6	73.1	61.6	68.4	A B	10.4	73.1	8.3
6	Solactiv Baïa + 160 U	40	120	347	20%	71.9	70.1	68.1	58.4	67.1	A B C	10.3	73.2	8.4
4	Solactiv Baïa + 180 U	40	140	340	33%	66.3	62.1	72.0	67.2	66.9	A B C	10.4	72.7	8.4
7	Réf. agriculteur 160 U	60	100	361	38%	60.7	66.5	68.6	62.2	64.5	B C	10.3	75.0	8.3
8	Solactiv Baïa + 140 U	40	100	339	36%	61.8	60.2	60.4	57.9	60.1	C	10.3	72.8	8.3

MOYENNE générale (q/ha) : 68.1
Ecart Type (q/ha) : 3.9
Coefficient de Variation (%) : 5.8

COMMENTAIRES

- Nous n'avons jamais vu de différences visuelles tout au long de la végétation sur les parcelles ayant reçues les bactéries.
- Les résultats de l'essai sont très décevants puisque nous retrouvons les références agriculteurs en tête.
- Les conditions climatiques de l'année peuvent expliquer ces résultats négatifs.