



**Colloque final du projet INDEE
La fertilisation azotée localisée du maïs :
une vraie alternative pour demain ?**

Forum transfrontalier – Ste Croix en Plaine 27/11/14

**Réduction des émissions de NH_3
suite à l'épandage d'engrais
minéraux sur maïs**

Focus sur les résultats du projet

ARVALIS
Institut du végétal

Jean-Pierre COHAN

jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

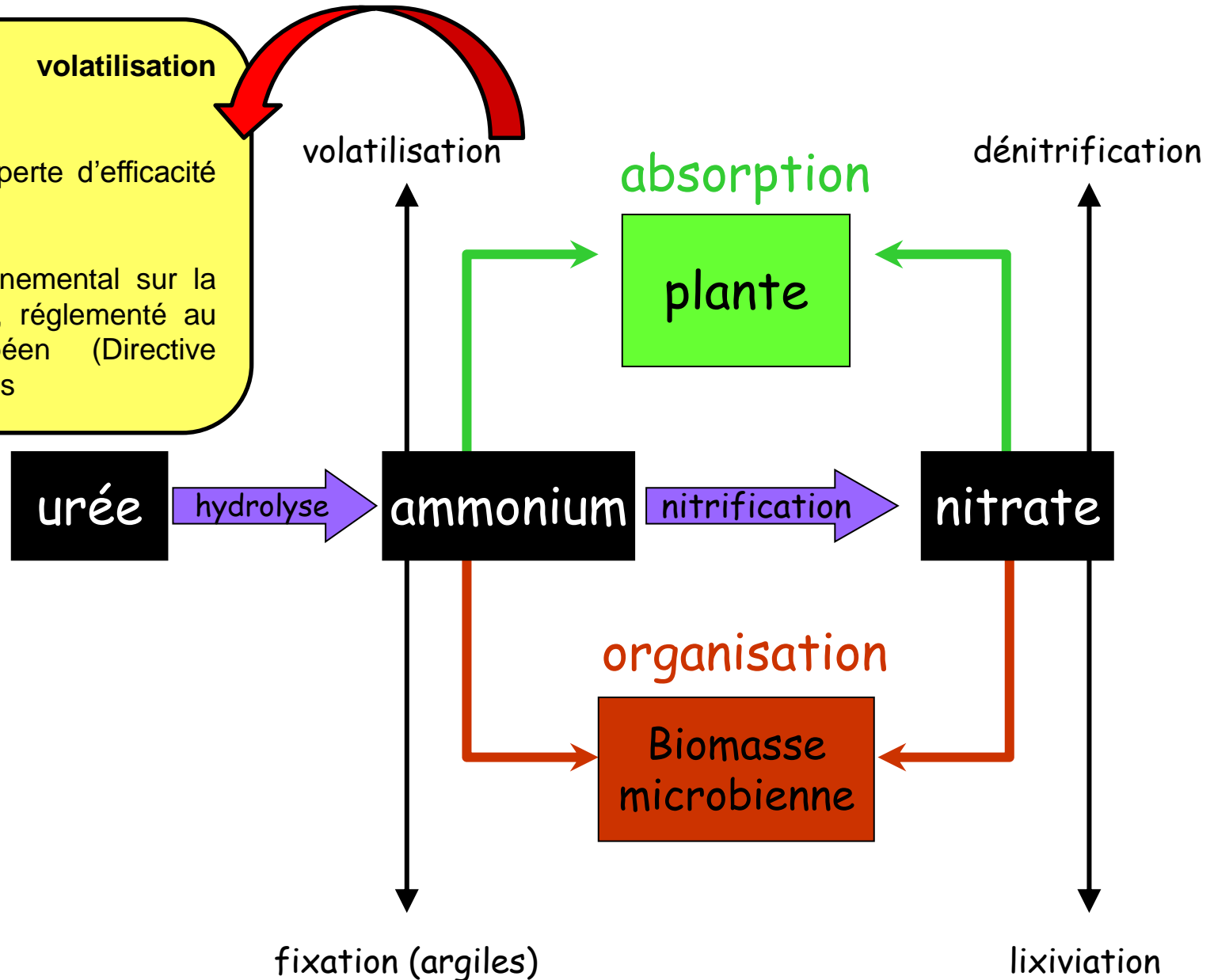


La volatilisation ammoniacale et ses conséquences

Devenir d'un apport d'engrais N

Pertes par volatilisation ammoniacale =

- 1^{er} facteur de perte d'efficacité des apports N
- Impact environnemental sur la qualité de l'air, réglementé au niveau européen (Directive NEC) et français



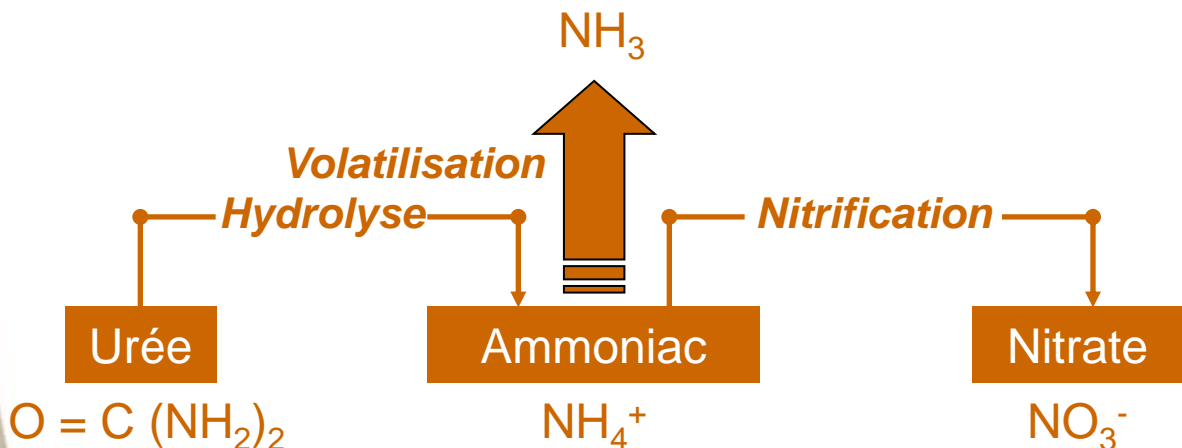
fixation (argiles)

lixiviation

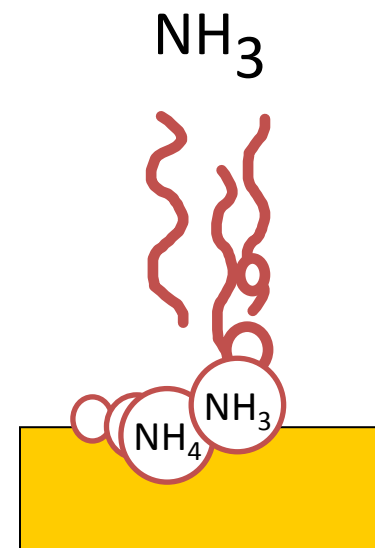
Volatilisation de l'azote ammoniacal

Facteurs de risques

- *Température > 10°C*
- *Vent*
- *Humidité du sol*
- *Propriétés du sol (pH)*
- *Mauvaise absorption par la culture*

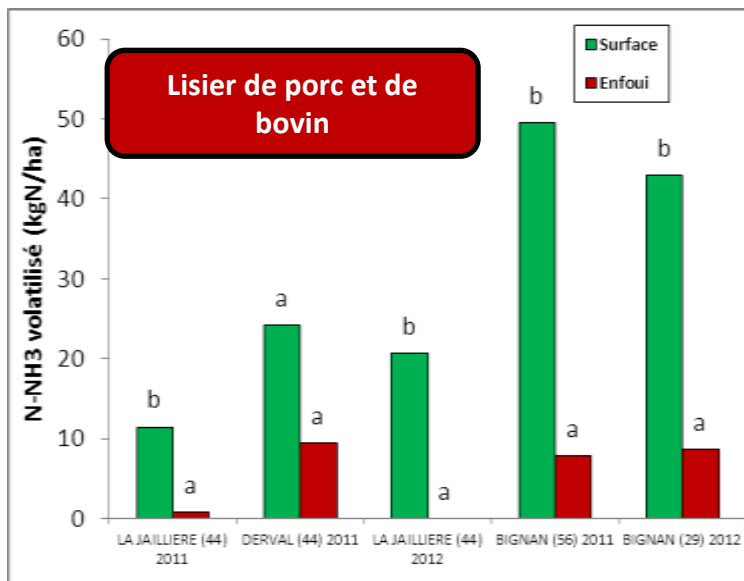


Enfouissement = barrière physique à la volatilisation



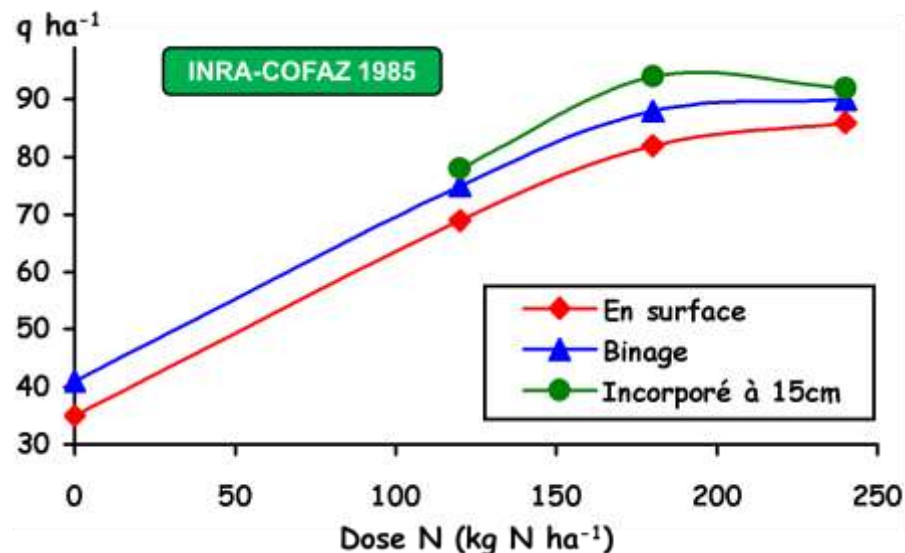
1^{er} levier de lutte : l'enfouissement

Techniques connues et validées pour les PRO, y compris avec des essais en France



Projet CASDAR Volat'NH₃ – Essais ARVALIS-IDELE/CA44-INRA

Techniques le plus souvent évaluée indirectement pour l'urée sur maïs



Enfouissement = barrière physique à la volatilisation



Les essais réalisés dans le cadre du projet INDEE

Les différentes modalités testées



	UREE 46 SURFACE	UREE 46 ENFOUIE	CULTAN [SULF AMMO]	CULTAN [ALZON]
ENTZHEIM (67)- 2012	X		X	
ENTZHEIM (67)- 2013	X			X
ENTZHEIM (67)- 2014	X	X		X
RUSTENHART (68)-2013	X			X
ARTZENHEIM (68)-2014	X	X		X



Présentation du produit ALZON® 46

Firme et mise en marché

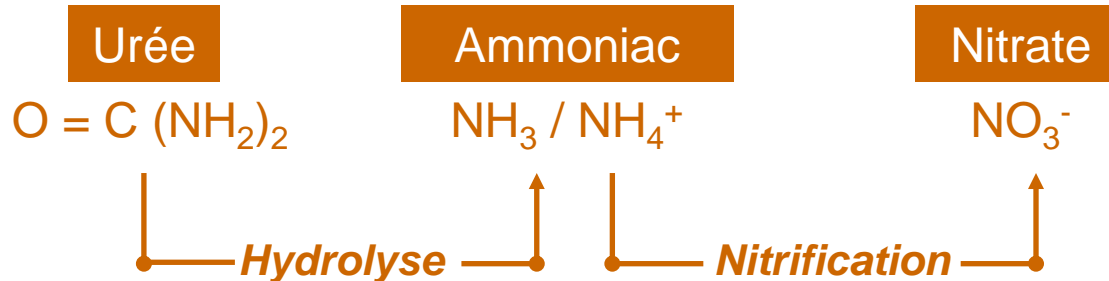
SKW Piesteritz
Commercialisé en Allemagne

COMPOSITION (% massique)

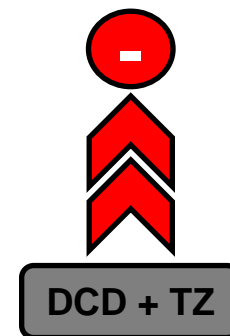
Azote et Soufre	N-Total	46
	N-Urée	46
	N-NH ₃ /NH ₄ ⁺	
	N-NO ₃ ⁻	
	SO ₃	
Additif	DCD + TZ (dicyandiamide et 1H-1, 2,4 triazole)	??

Forme solide

Principe technologique



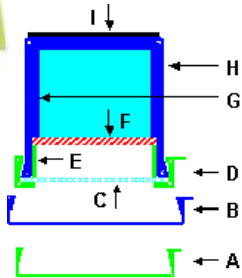
Ralentissement de l'activité des
bactéries nitrifiantes *Nitrosomas*
=
Ralentissement de la nitrification



Effets attendus

- Par rapport aux engrais N classiques : moindre pertes par lixiviation et par émissions de N₂O
- Effet retard : groupement du 1^{er} et du 2^{ème} apport

Le suivi au champ



- A bouchon de scellement final
- B bouchon supérieur de protection
- C membrane PTFE 5 µm (27mm diam.)
- D bouchon percé pour la membrane
- E anneau de fixation (6 mm hauteur)
- F papier filtre imbibé
- G anneau interne – support papier filtre
- H corps du badge
- I velcro pour fixation au support

Principe n°1 : suivi des quantités de NH_3 émis via des pièges portant des filtres imbibés d'acide (badge ALPHA) installés et relevés à pas de temps réguliers au champ.

Principe n°2 : Suivi par modalités testées à 2 hauteurs de mesures (30 cm et 1 m de la source) + suivi sur des mâts de 3 m entourant les essais pour capter le « bruit de fond » du site d'essai.



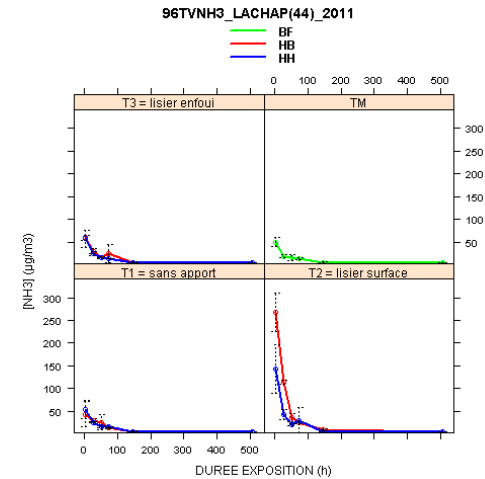
Identification des badges								Suivi des badges										Date de NH4	
N° badge	Organisme	Site	Date de relevés	Modalité	Bloc	Hauteur	Répétitif	Code badge	Date installation	Heure installation	Hauteur installation	Date relevé	Heure relevé	Hauteur relevé	Date exposition vers LDAR	Date réception au LDAR	Date analyse	NH4 en mg/g	NH4 en mg/g
1	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV001T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
2	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV002T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
3	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV003T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
4	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV004T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
5	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV005T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
6	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV006T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
7	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV007T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
8	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV008T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
9	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV009T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
10	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV010T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
11	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV011T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
12	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV012T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
13	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV013T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
14	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV014T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
15	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV015T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
16	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV016T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
17	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV017T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
18	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV018T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
19	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV019T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
20	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV020T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
21	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV021T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00
22	ARV	80	01	T1	B1	30	SI	ARV022T1B1000	20190101	08:00	30	20190101	08:00	30	20190101	20190101	20190101	0.00	0.00

Principe n°3 : Les quantités de NH_3 capté sont extraites et quantifiées par analyses au laboratoire (prestataire actuel = LDAR).

Technique initiée par le CEH d'Edinburgh (Sutton et al. 2001)

La modélisation des flux

1^{ère} étape : à partir des quantités émises, on calcule les concentrations en NH_3 de l'air aux différentes hauteurs.

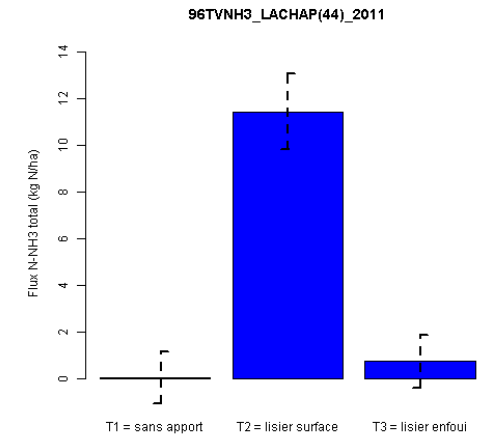


Plusieurs modèles testés dans le projet (1 seul en voie d'être opérationnel pour l'instant)

Données météo

2^{ème} étape : Calculs des flux de N- NH_3 en kgN/ha au pas de temps horaires.

- Méthodologie initiée par l'INRA EGC (Loubet et al. 2010) et testée initialement par l'UNIFA
- Méthodologie validée sur de grandes unités expérimentales (1 ha) et sur de plus petites dans le cadre du projet CASDAR Volat'NH₃





Résultats du suivi des émissions de NH_3 au champ

ENTZHEIM 2012

- **Type de sol** : Limons de loess
- **Modalité CULTAN** : 100 kgN/ha Sulfate d'ammoniac au 03/05/12
- **Modalité UREE SURFACE** : 100 kgN/ha au 03/05/12

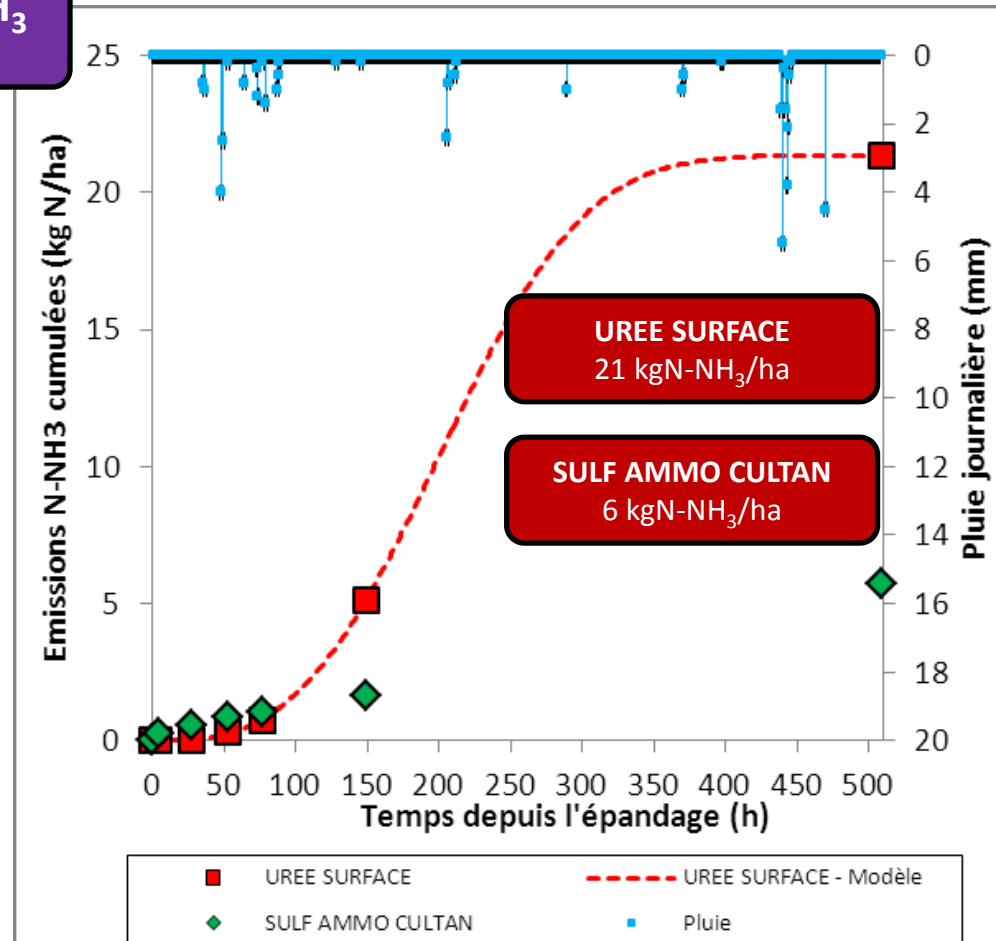
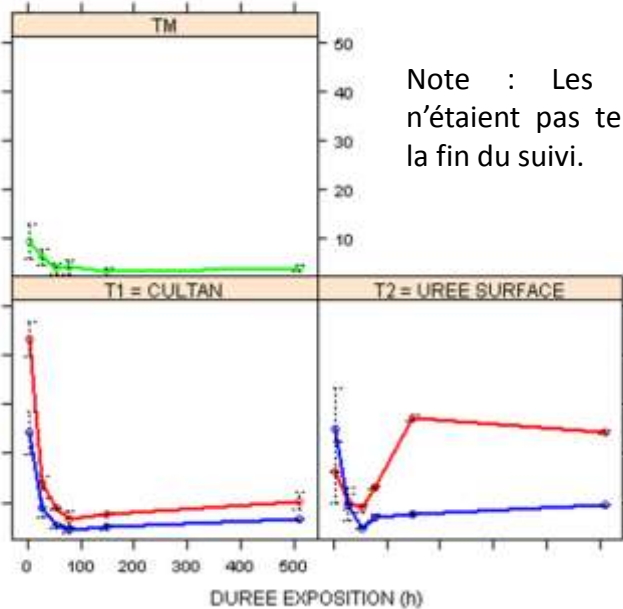
Modélisation des émissions de la modalité UREE SURFACE selon un formalisme de Weibull (ETR= 0.04 kgN/ha)

[N-NH₃]
µg/m³

Flux N-NH₃
kgN/ha

96TVNH3_INDEE_ENTZHEIM(68)_2012

BF
HB
HH



Modèle utilisé:
Gradient V2_2

ENTZHEIM 2013

- **Type de sol** : Limons de loess
- **Modalité CULTAN** : 130 kgN/ha ALZON au 04/06/13 (2-3F)
- **Modalité UREE SURFACE** : 130 kgN/ha au 04/06/13 (2-3F)

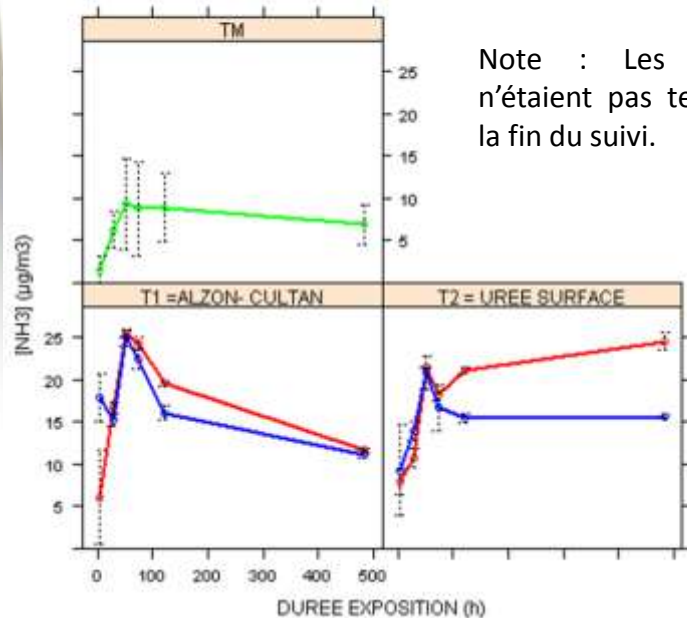
Modélisation des émissions de la modalité UREE SURFACE selon un formalisme de Weibull (ETR= 0.004 kgN/ha)

[N-NH₃]
µg/m³

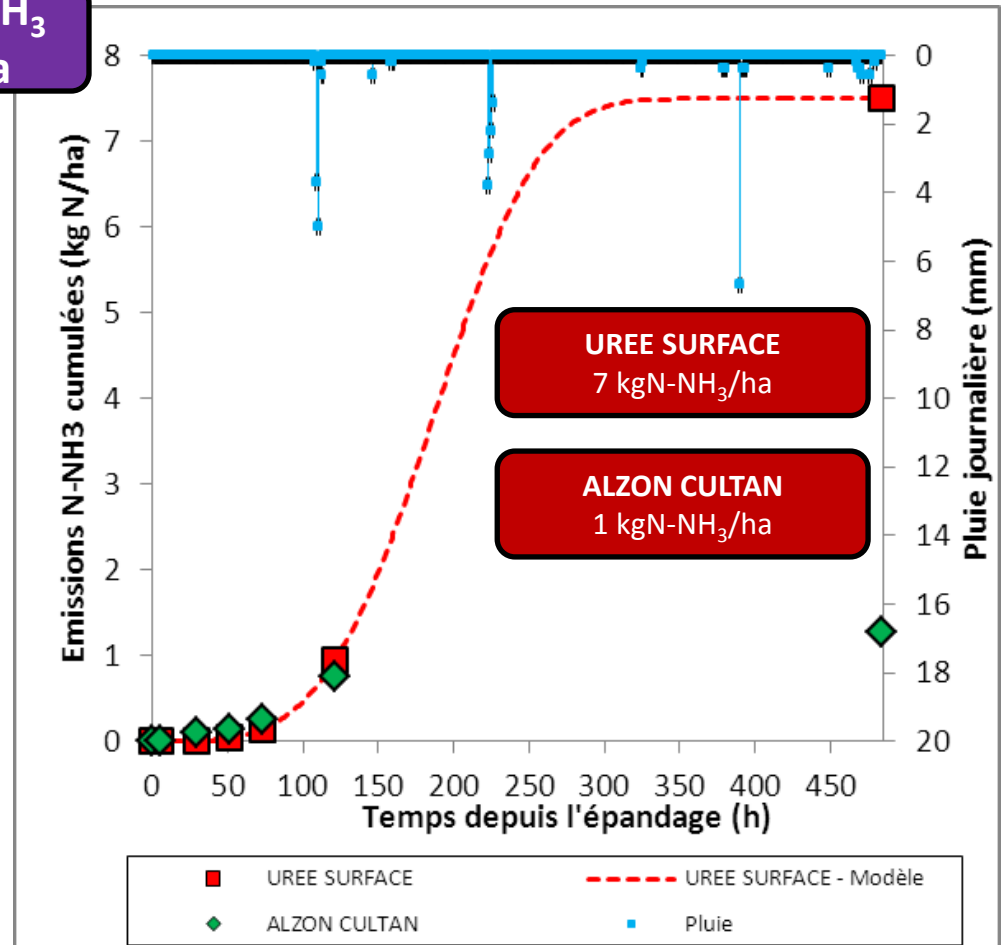
Flux N-NH₃
kgN/ha

ENTZHEIM(68)_2013

— BF
— HB
— HH



Note : Les émissions n'étaient pas terminées à la fin du suivi.



■ UREE SURFACE
◆ ALZON CULTAN
--- UREE SURFACE - Modèle
■ Pluie

Modèle utilisé:
Gradient V2_2

RUSTENHART 2013

- **Type de sol** : Sol superficiel de Hardt
- **Modalité CULTAN** : 220 kgN/ha ALZON au 03/06/13 (5F)
- **Modalité UREE SURFACE** : 110 kgN/ha au 03/06/13 (5F) puis 110 kgN/ha au 22/06/13 (10F)

Modélisation des émissions de la modalité UREE SURFACE selon un formalisme de Weibull (ETR= 0.1 kgN/ha)

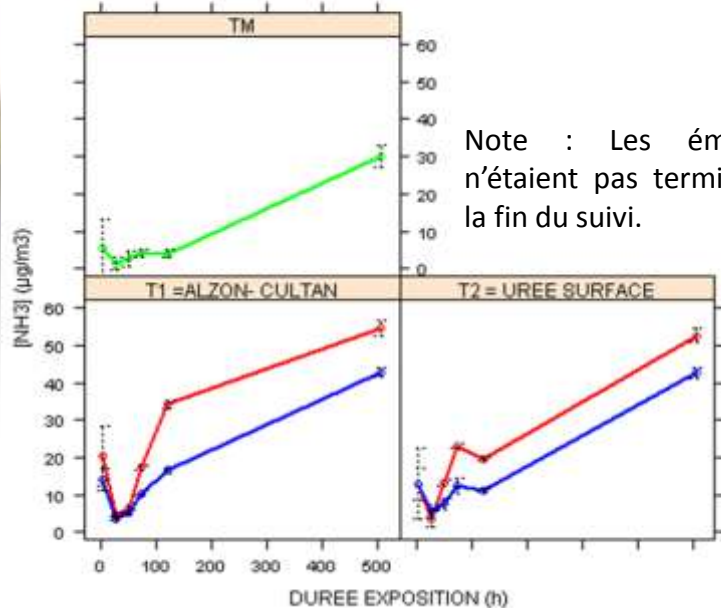
[N-NH₃]
µg/m³

1^{er} suivi à partir du 03/06

Flux N-NH₃
kgN/ha

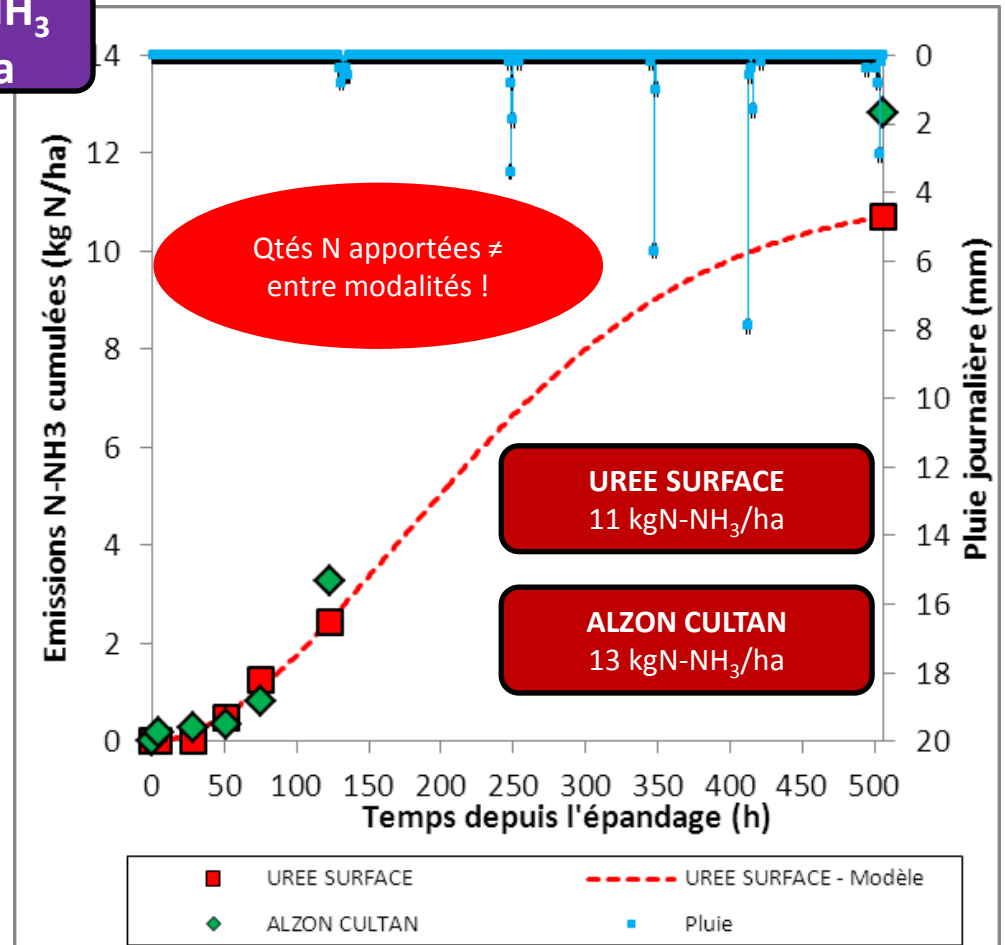
RUSTENHART(68)_2013

— BF
— HB
— HH



Note : Les émissions n'étaient pas terminées à la fin du suivi.

Modèle utilisé:
Gradient V2_2



RUSTENHART 2013

- **Type de sol** : Sol superficiel de Hardt
- **Modalité CULTAN** : 220 kgN/ha ALZON au 03/06/13 (5F)
- **Modalité UREE SURFACE** : 110 kgN/ha au 03/06/13 (5F) puis 110 kgN/ha au 22/06/13 (10F)

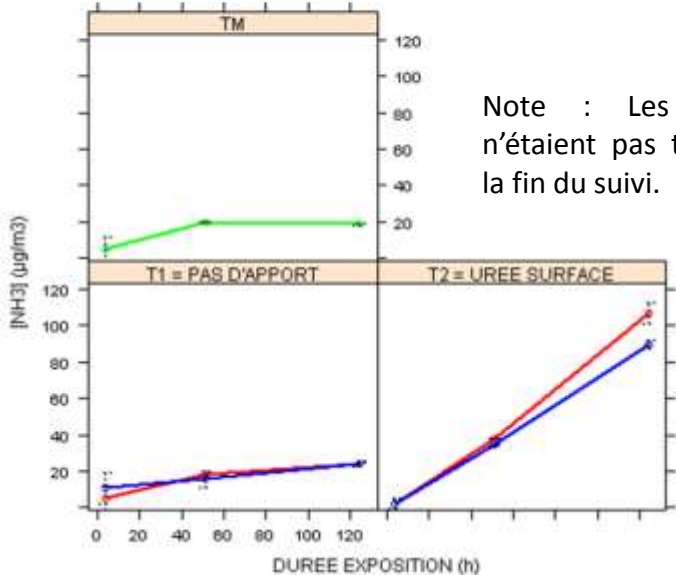
[N-NH₃]
µg/m³

2^{ème} suivi à partir
du 22/06

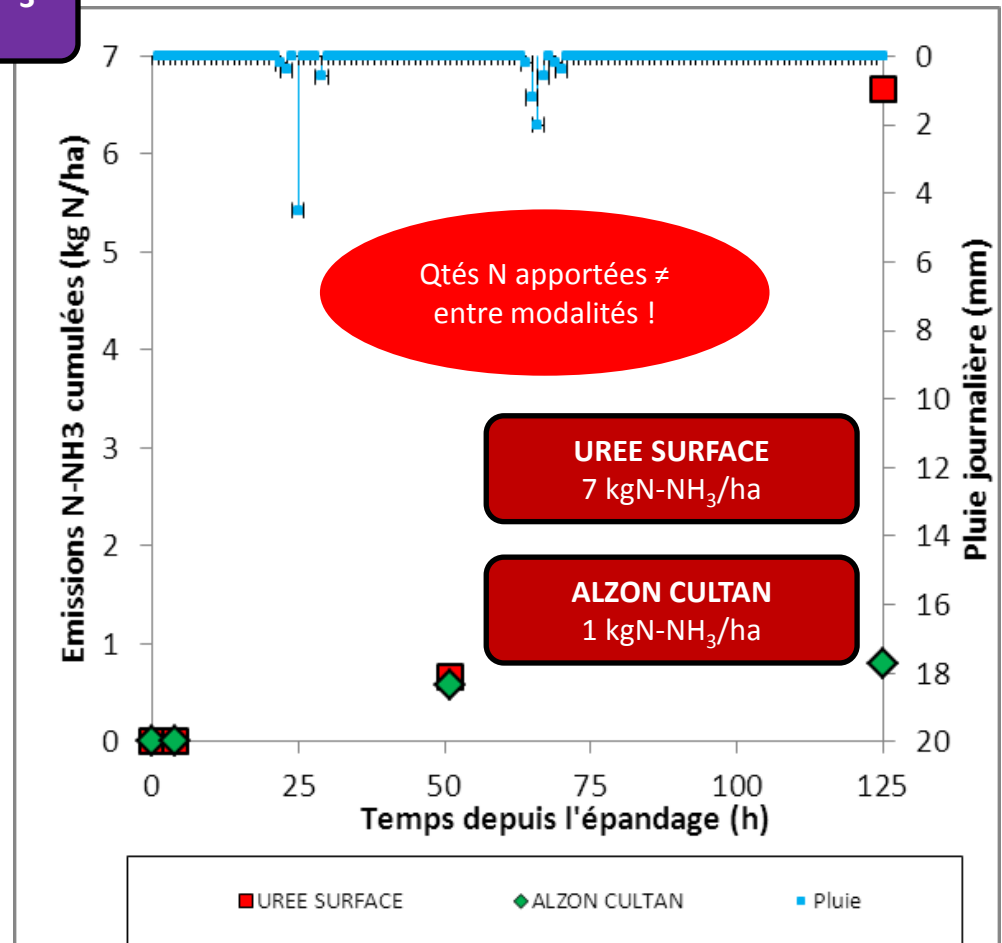
Flux N-NH₃
kgN/ha

RUSTENHART(68)_2013_S2

— BF
— HB
— HH



Note : Les émissions n'étaient pas terminées à la fin du suivi.



Modèle utilisé:
Gradient V2_2

ARTZENHEIM 2014

- **Type de sol** : Sol superficiel de Hardt
- **Modalité CULTAN** : 220 kgN/ha ALZON au 28/05/14 (7F)
- **Modalités UREE SURFACE et ENFOUIE** : 110 kgN/ha au 28/05/14 (7F) puis 110 kgN/ha au 10/06/14 (12F)

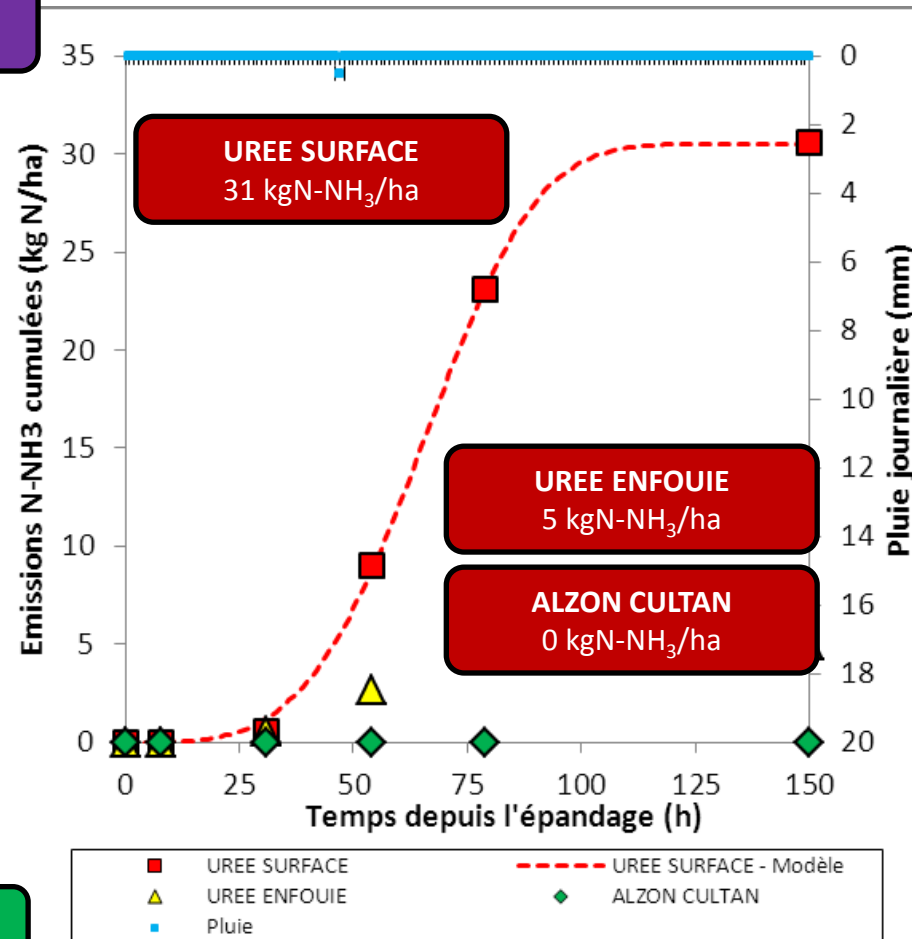
Modélisation des émissions de la modalité UREE SURFACE selon un formalisme de Weibull (ETR= 0.4 kgN/ha)

Flux N-NH₃
kgN/ha

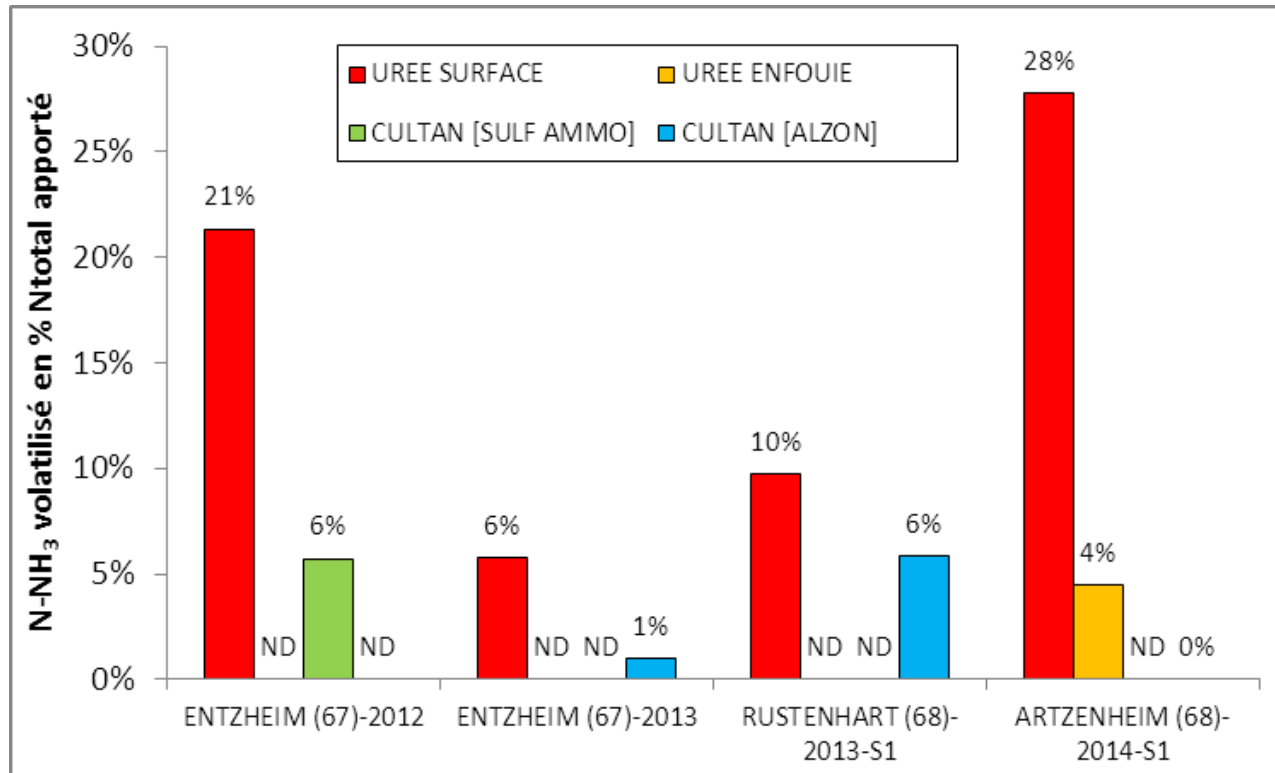
1^{er} suivi à partir
du 28/05

Qtés N apportées ≠
entre modalités !

Modèle utilisé:
Gradient V2_2



SYNTHESE 2012-2014



L'essai 2014 d'ENTZHEIM est encore en cours de traitement

- Un apport d'urée en surface en début de cycle du maïs est soumis à des pertes par volatilisation ammoniacale dont l'ampleur varie selon les sites et les années.
- L'apport d'engrais à forte teneur en urée et/ou NH₃ par la technique CULTAN permet de limiter voire annuler ces pertes à condition que la fermeture du sillon soit correctement réalisée.
- Il n'est pas possible de déterminer pour l'instant si la technique CULTAN est plus efficace que la technique classique d'enfouissement de l'urée sur ce point (trop peu de références).



MÉTHODE CULTAN : QUELS IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'EAU

Concentrations en nitrates et pertes d'azote par
lessivage en Alsace et Rheinland-Pfalz



Olivier RAPP

Martin ARMBRUSTER

INJECTION D'AZOTE ET QUALITÉ DE L'EAU

- Introduction : les avantages supposés de la méthode Cultan
- Principe de fonctionnement d'un dispositif à « bougies poreuses »
- Les sites expérimentaux :
 - En Alsace (ARAA)
 - En Rheinland-Pfalz (LUFA-Speyer)
- Conclusion

LES AVANTAGES SUPPOSÉS DE LA MÉTHODE CULTAN

- Un dépôt pour une meilleure efficacité de l'azote sur maïs
 - Réduction de la volatilisation,
 - En situation sèche, l'azote reste « au frais »,
 - Surface de contact sol/engrais réduite,
 - Evolution très lente de l'ammoniac en nitrate,

⇒ Un risque réduit de pertes de nitrates vers les eaux souterraines ?

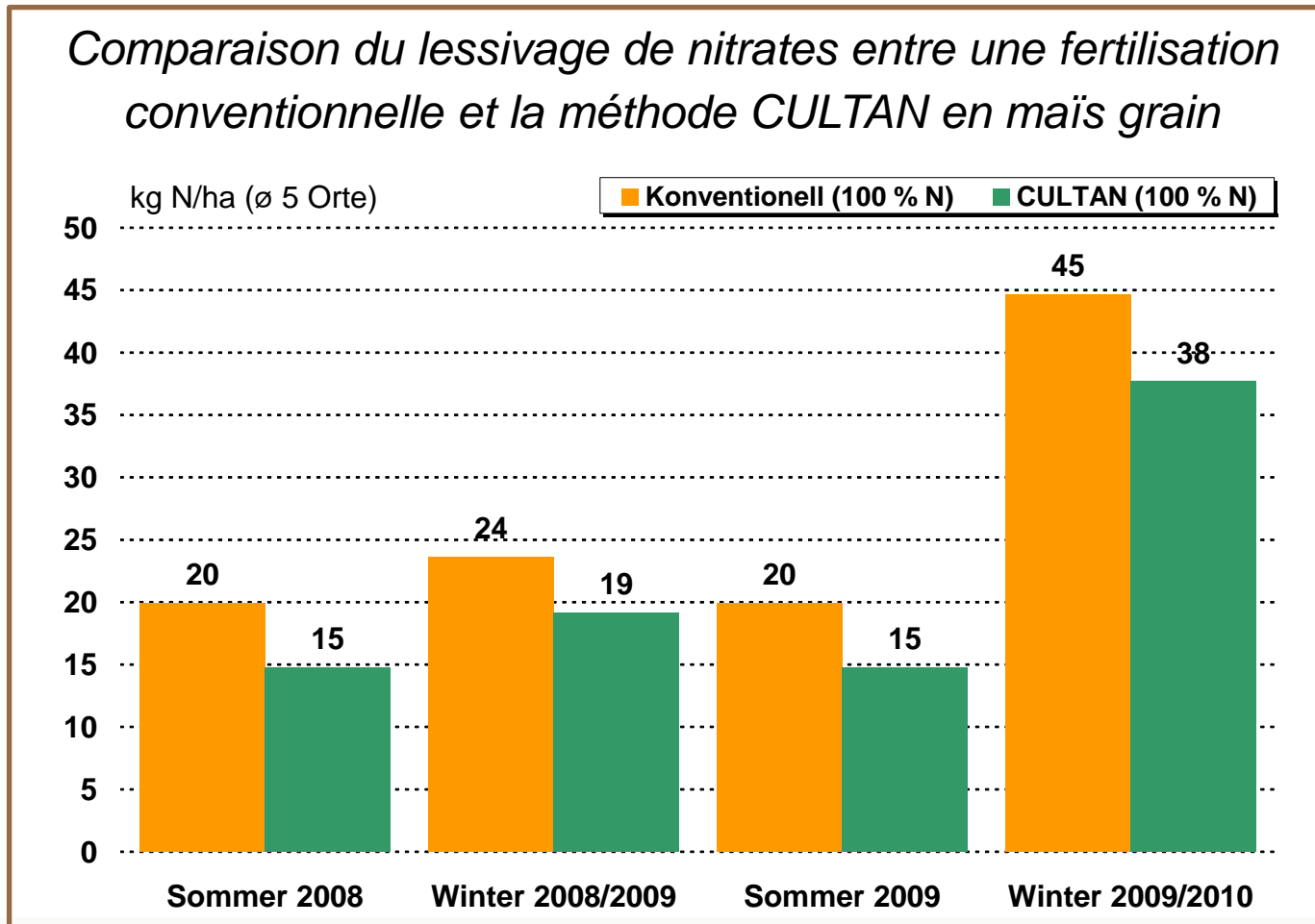
LES AVANTAGES DE LA MÉTHODE CULTAN

- L'expérience allemande :
utilisation de sondes SIA (Self Integrating Accumulator)

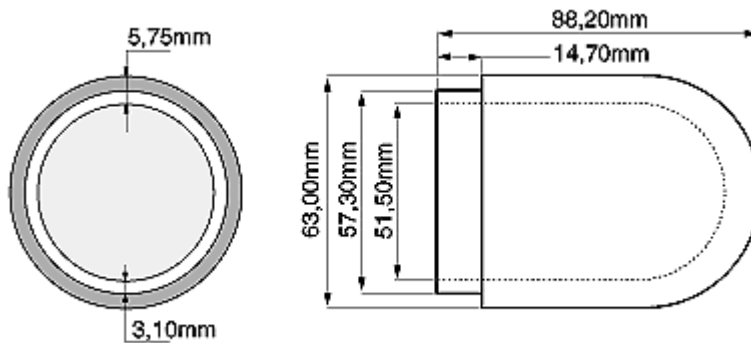


LES AVANTAGES DE LA MÉTHODE CULTAN

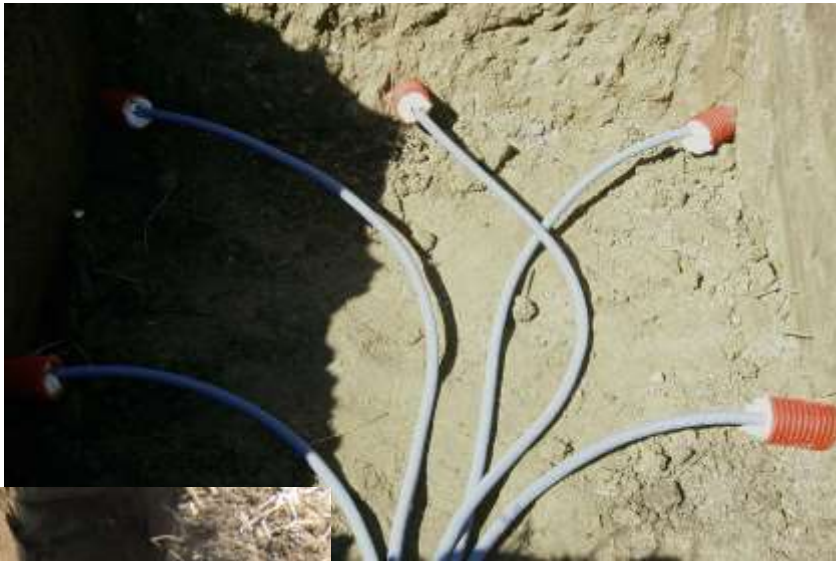
- L'expérience allemande :
utilisation de sondes SIA (Self Integrating Accumulator)



LES BOUGIES POREUSES, QU'EST-CE QUE C'EST ?



LES BOUGIES POREUSES, QU'EST-CE QUE C'EST ?



- Nécessité d'appliquer une dépression pour permettre le passage de l'eau du sol dans la céramique.



LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

ENTZHEIM (67)

Limons loessiques profonds
Réserve utile : 150mm (0-90cm)



NIEDERENTZEN (68)

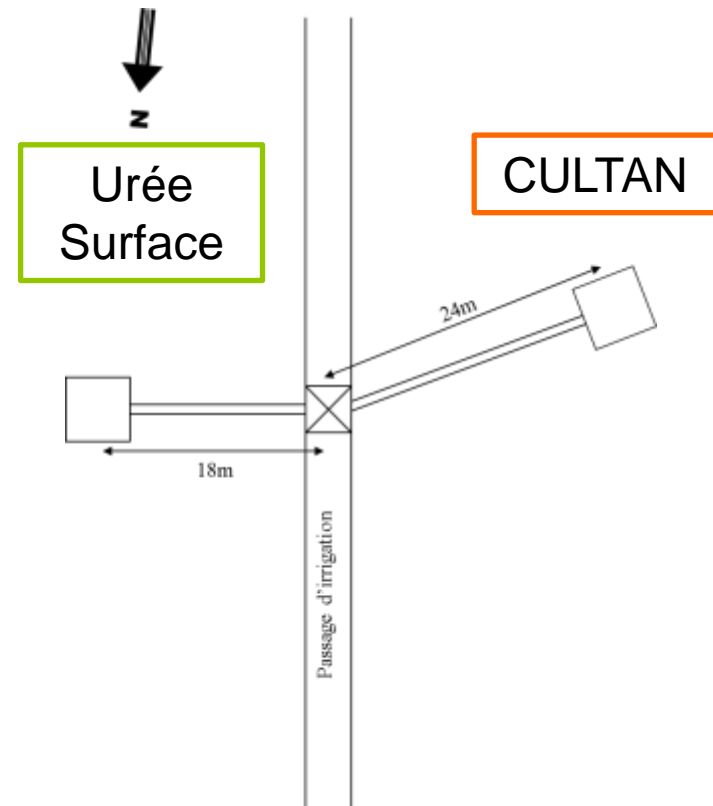
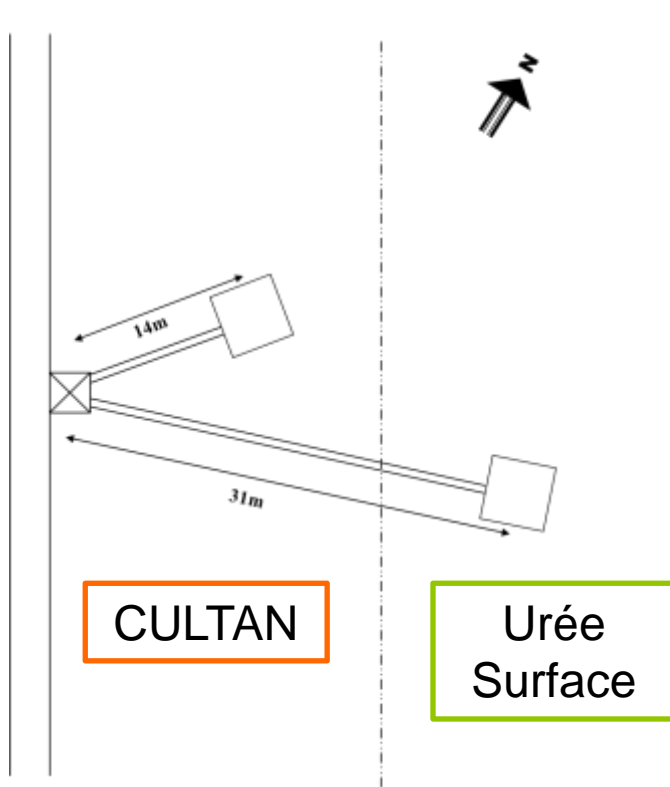
Hardt superficielle caillouteuse
Réserve utile : 50mm (0-90cm)



LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

ENTZHEIM (67)

NIEDERENTZEN (68)



LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

- Intégrés à l'Observatoire des fuites de nitrates sous parcelles agricoles
 - 29 sites
 - 10 années de suivi
 - Un capital de 15 000 analyses de nitrates

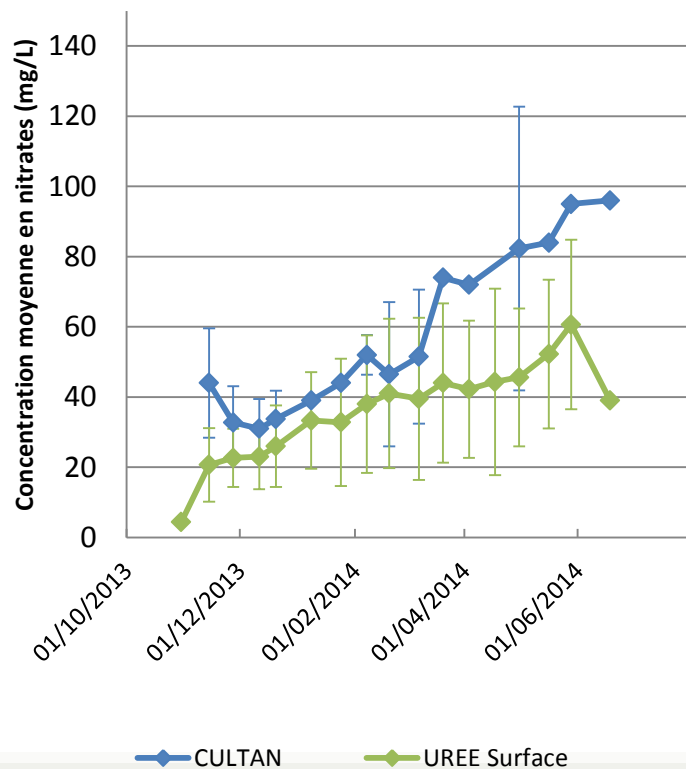


LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

Evolution des concentrations moyennes en

ENTZHEIM (67) nitrates

- Sol nu après maïs grain
- CULTAN : 1x 130kgN/ha (04/06/13)
- UREE Surface : 1x 130kgN/ha (04/06/13)

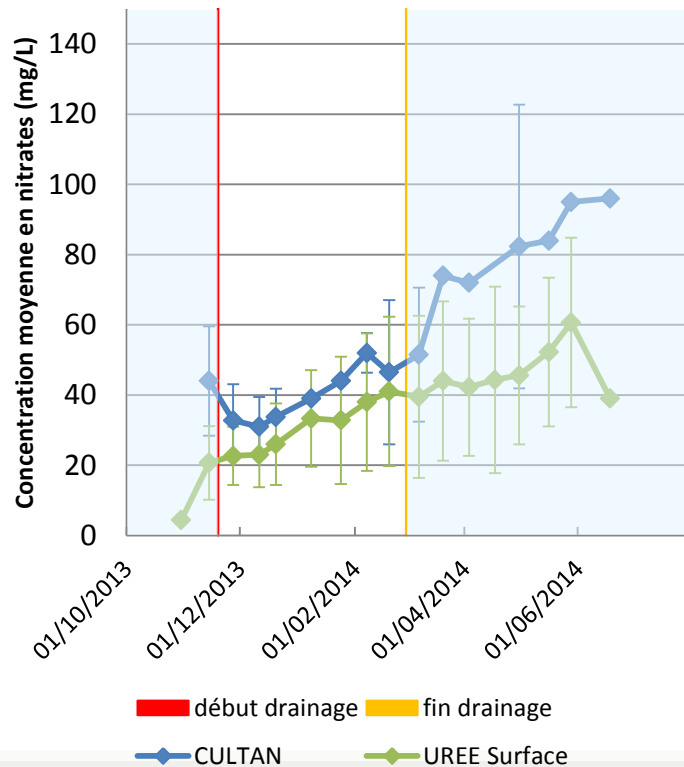


LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

Evolution des concentrations moyennes en

ENTZHEIM (67) nitrates

- Sol nu après maïs grain
- CULTAN : 1x 130kgN/ha (04/06/13)
- UREE Surface : 1x 130kgN/ha (04/06/13)



LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

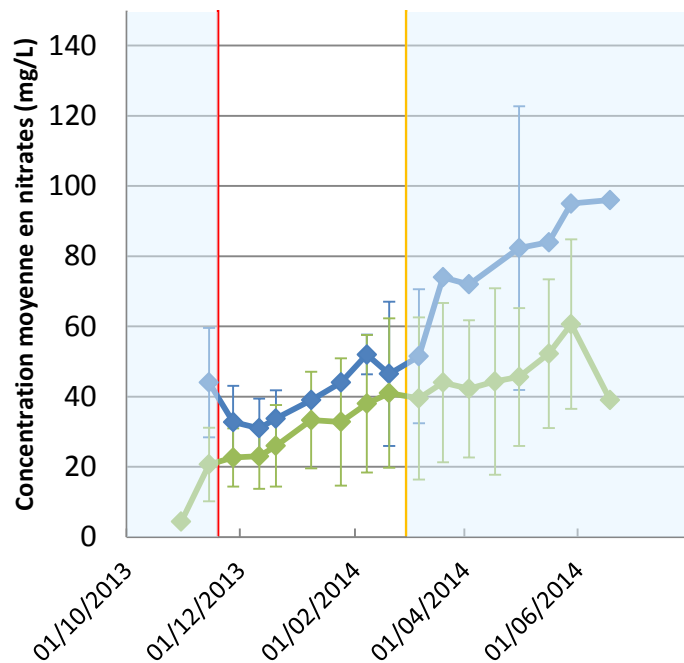
Evolution des concentrations moyennes en

ENTZHEIM (67)

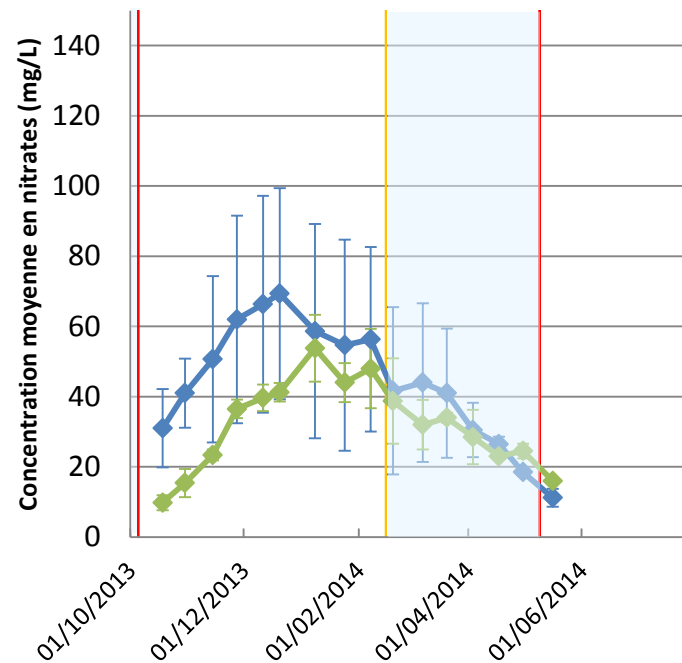
nitrate **NIEDERENTZEN (68)**

- Sol nu après maïs grain
- CULTAN : 1x 130kgN/ha (04/06/13)
- UREE Surface : 1x 130kgN/ha (04/06/13)

- Blé après maïs grain
- CULTAN : 1x 220kgN/ha (03/06/14)
- UREE Surface : 2x 110kgN/ha (3 et 22/06/14)



■ début drainage ■ fin drainage
 ◆ CULTAN ◆ UREE Surface



■ début drainage ■ fin drainage
 ◆ CULTAN ◆ UREE Surface

LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

Evolution des concentrations moyennes en

ENTZHEIM (67) nitrates NIEDERENTZEN (68)

- Sol nu après maïs grain
- CULTAN : 1x 130kgN/ha (04/06/13)
- UREE Surface : 1x 130kgN/ha (04/06/13)

- Blé après maïs grain
- CULTAN : 1x 220kgN/ha (03/06/14)
- UREE Surface : 2x 110kgN/ha (3 et 22/06/14)

	CULTAN	UREE Surface
Période de drainage	19/11/13 au 28/02/14	
Drainage	122mm	
Quantité N perdu	11kgN/ha	9kgN/ha
[NO ₃ ⁻]	40mg/L	31mg/L

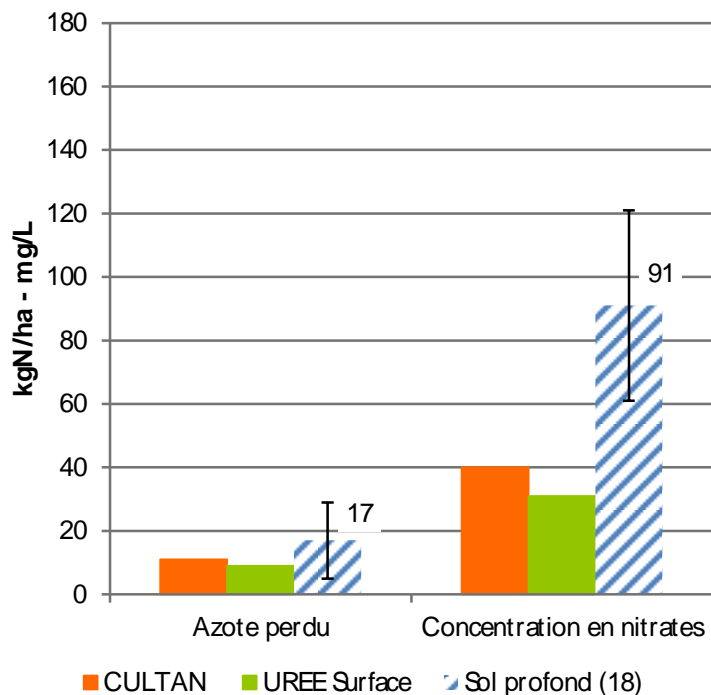
	CULTAN	UREE Surface
Période de drainage	05/10/13 au 15/02/14 et du 09/05/14 au 31/07/14	
Drainage	387mm (216mm Hiver +172mm Printemps)	
Quantité N perdu	27kgN/ha (23+4)	22kgN/ha (16+6)
[NO ₃ ⁻]	31mg/L (48 - 11)	25mg/L (32 - 16)

LES SITES EXPÉRIMENTAUX ALSACIENS

INDEE vs Observatoire nitrates

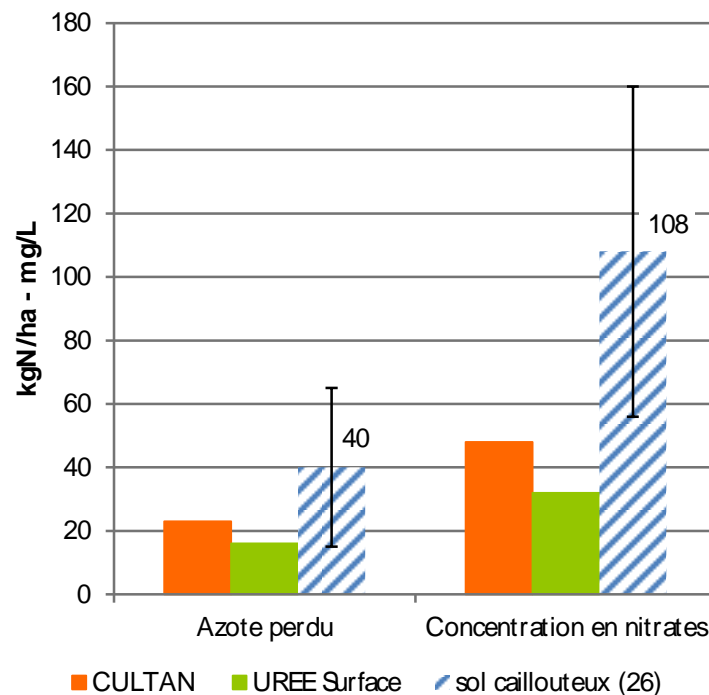
ENTZHEIM (67)

- 18 situations comparables en sol limoneux profond
- Pertes et concentrations mesurées en hiver



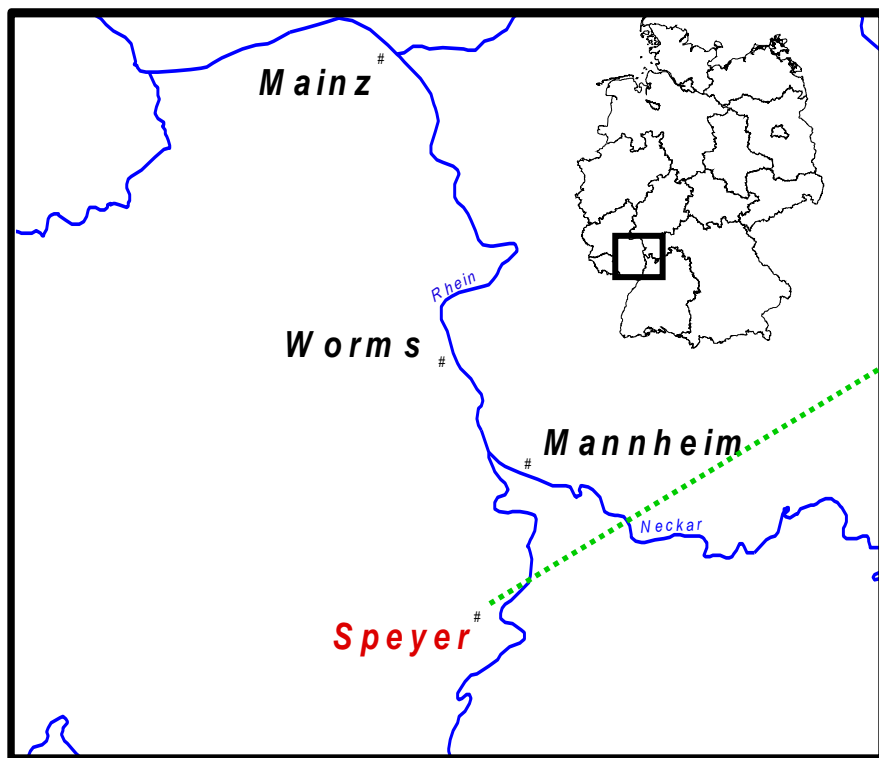
NIEDERENTZEN (68)

- 26 situation comparables en sol superficiel caillouteux
- Pertes et concentrations mesurées en hiver



RÉSULTATS DE RHENANIE –PALATINAT

CHAMPS D'ESSAIS DE „RINKENBERGERHOF“ DE LA LUFA SPEYER



Altitude :	99 m
Pluviométrie :	593 mm
Température :	10,0 °C
Type de sol :	sol brun de terrasse sableuse
Texture :	sable limoneux
Fertilité	30 - 35 points (<u>Ackerzahl</u>)
Réserve utile :	env. 110 mm

RÉSULTATS DE RHENANIE –PALATINAT

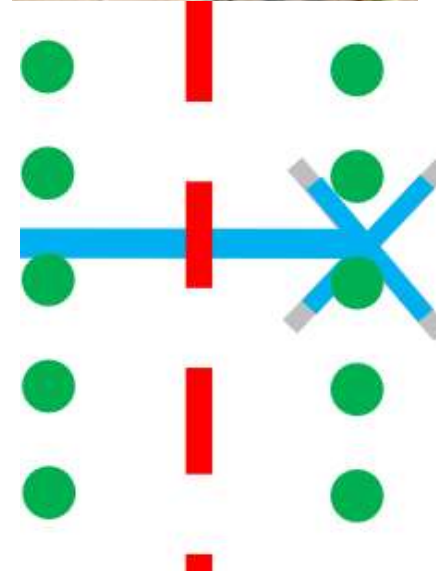
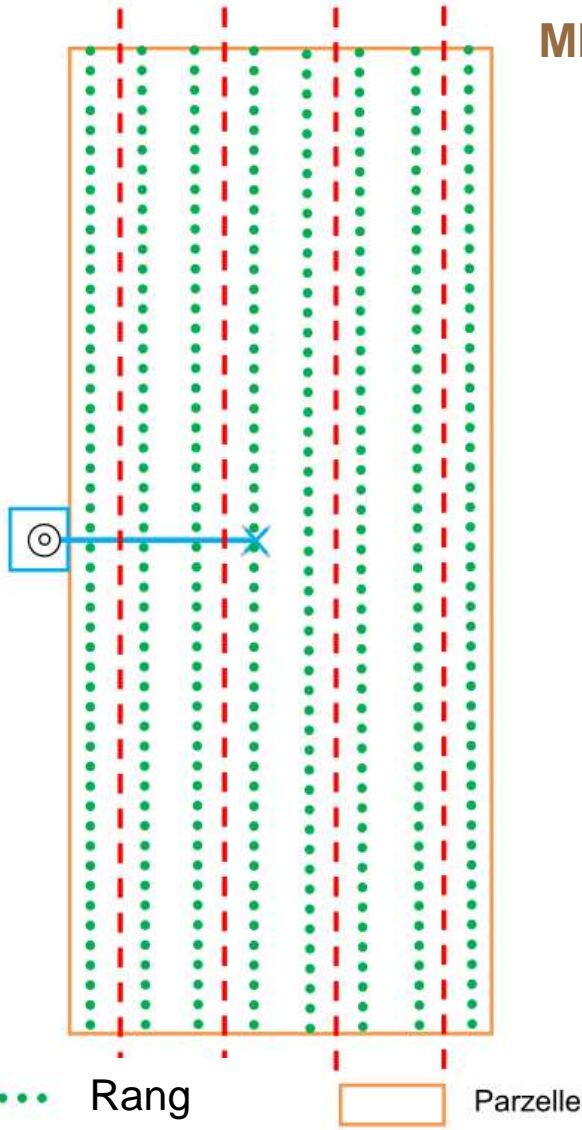
ESSAI AVEC 6 VARIANTES ; 4 ÉQUIPÉES AVEC BOUGIES POREUSES



- Var. 1: Ammonitrate (KAS) 100 %
- Var. 3: Ammonitrate (KAS) optimum (env. 79 %)
- Var. 4: „CULTAN“ 100 %
- Var. 6: „CULTAN“ 80 %

RÉSULTATS DE RHENANIE –PALATINAT

MISE EN PLACE DES BOUGIES POREUSES



..... Rang
maïs
- - - Injection engrais

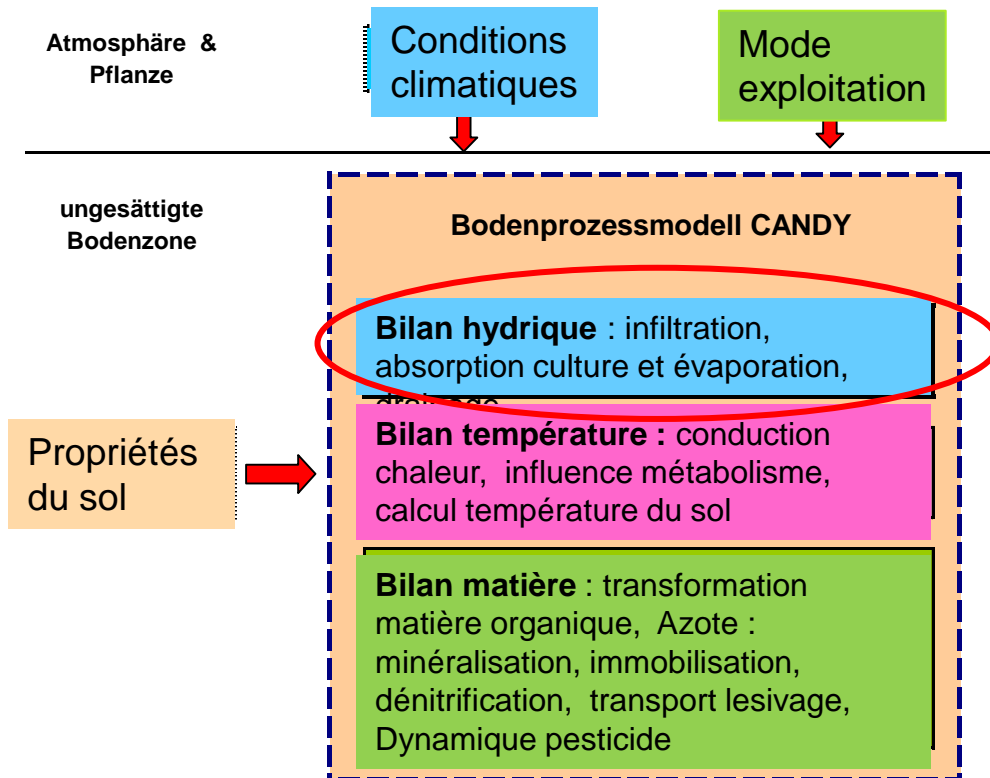
Parzelle

RÉSULTATS DE RHENANIE –PALATINAT

ESTIMATION DES FLUX D'EAU

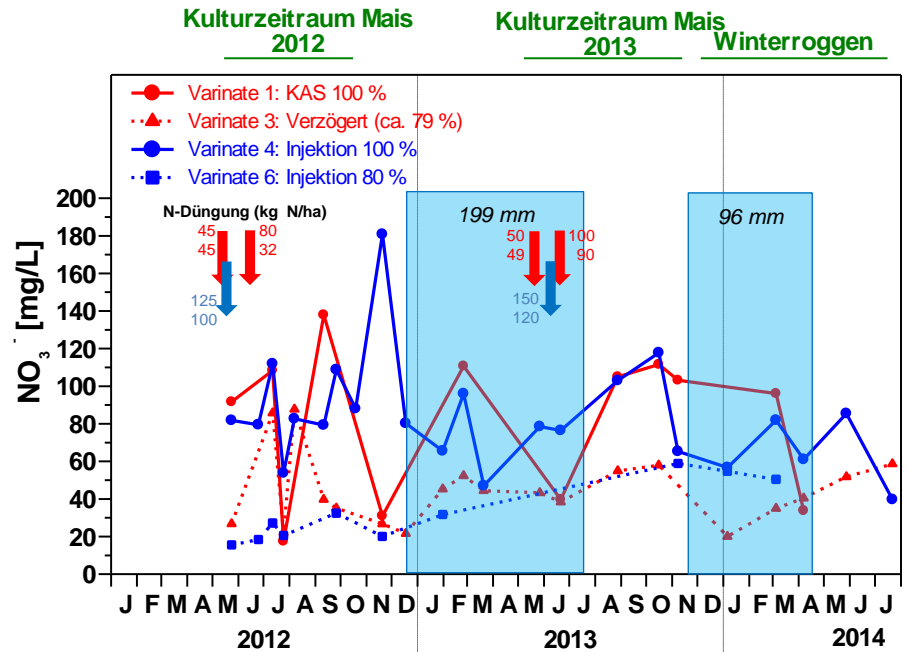
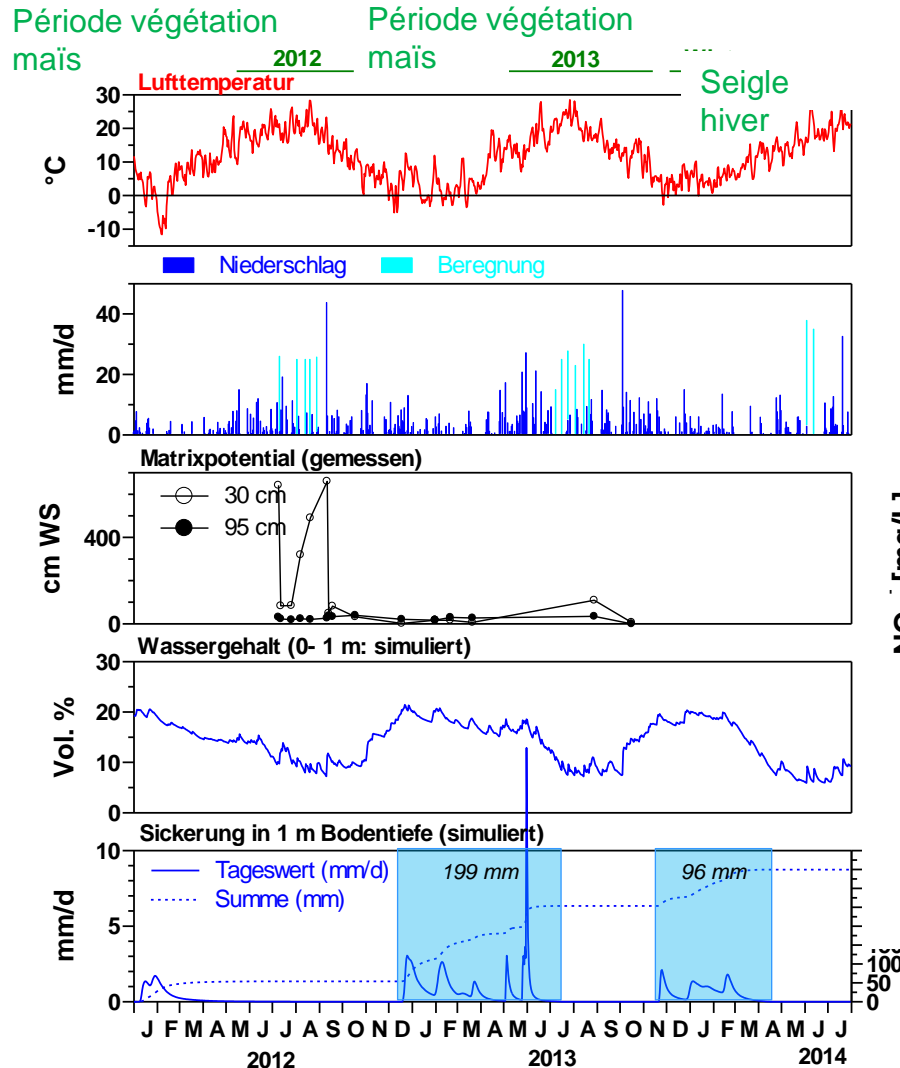


SIMULATION AVEC SYSTEME CANDY



RÉSULTATS DE RHENANIE –PALATINAT

FLUX D'EAU ET CONCENTRATIONS EN NITRATES



RÉSULTATS DE RHENANIE – PALATINAT

Quantité eau drainante, lessivage N et concentrations nitrates moyennes



Essai de Rinkenbergerhof

Dose N (kg N/ha):	2012	2013	Ø
AMMO 100 %	125 (45+80)	150 (50+100)	138
AMMO opt. (79 %)	77 (45+22)	139 (49+90)	108
„CULTAN“ 100 %	125	150	138
„CULTAN“ 80 %	100	120	110

	Ammo100 %	Ammo opt. (79 %)	„CULTAN“ 100 %	„CULTAN“ 80 %
Période de drainage	19.12.2012 – 15.07.2013 21.11.2013 – 15.04.2014			
Quantité eau drainée	2012/2013: 199 mm 2013/2014: 96 mm 148 mm a⁻¹			
Lessivage N	55 (35+20) kg N ha ⁻¹ 28 kg N ha⁻¹ a⁻¹	27 (20+7) kg N ha ⁻¹ 14 kg N ha⁻¹ a⁻¹	50 (34+16) kg N ha ⁻¹ 25 kg N ha⁻¹ a⁻¹	26 (15+11) kg N ha ⁻¹ 13 kg N ha⁻¹ a⁻¹
[NO ₃ ⁻]	82 mg L⁻¹ (77-94)	40 mg L⁻¹ (45-30)	75 mg L⁻¹ (76-72)	39 mg L⁻¹ (32-52)

SYNTHÈSE SUR CHARGE DES EAUX



Lessivage nitrates (kg N ha⁻¹ a⁻¹) et concentrations nitrates (mg L⁻¹)

	Urée ou Ammonitrate 100 %		„CULTAN“ 100 %	
	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	mg / L	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	mg / L
Alsace, Entzheim	9	31	11	40
Alsace, Niederentzen	22	25	27	31
Rhenanie-Pal, Speyer	28	82	25	75
∅	20	46	21	49
	Ammo. opt. (79 %)		„CULTAN“ 80 %	
Rhenanie-Pal, Speyer	14	40	13	39

- Alsace :
quantité eau drainante et lessivage en N :
sol profond < sol superficiel
- Rhénanie-Palatinat :
quantité eau drainante et lessivage en N :
2012/2013 > 2013/2014; 80 % < 100 %
- Expériences essais du Bade-Wurtemberg (SIA 2008-2010) :
Lessivage N :
CULTAN < conventionnel

CULTAN \approx **conventionnel**

Poursuite des mesures à Entzheim 2014/2015



MERCI POUR VOTRE ATTENTION.



„INDEE - Injektion von N-Düngern in Depotform für mehr Effizienz und geringere Emissionen in der Umwelt“



- Etat de la technique et de l'outil prototype d'injection de précision pour engrais solide dans le maïs -

Groupe de travail développement de la technique

Jürgen Maier, Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald; F. Ringwald, CAD;
Dr. K. Müller-Sämman, ANNA ; D. Brun et T. Munch, ARVALIS ; D. Kraemer CARA ;
H. Clinkspoor, CARA-ITADA; J. Recknagel, LTZ Müllheim-ITADA



ringwald CAD



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

Sommaire

- I. concept pour un dépôt d'engrais azoté de précision dans le sol
- II. Vue d'un dépôt d'engrais N localisé et précis dans le maïs
- III. Auswahl möglicher Erfolge präzisi platzierter Stickstoffdünger-Depots
- IV. Stand der Injektionstechnik zur Platzierung fester Dünger in Mais
- V. INDEE-Funktionsmuster („Prototyp“) 1 für Feldversuche 2013
- VI. INDEE-Funktionsmuster 2 für Feldversuche 2014
- VII. Fazit 2014 & Ausblick 2015

I. concept pour un dépôt d'engrais azoté de précision dans le sol

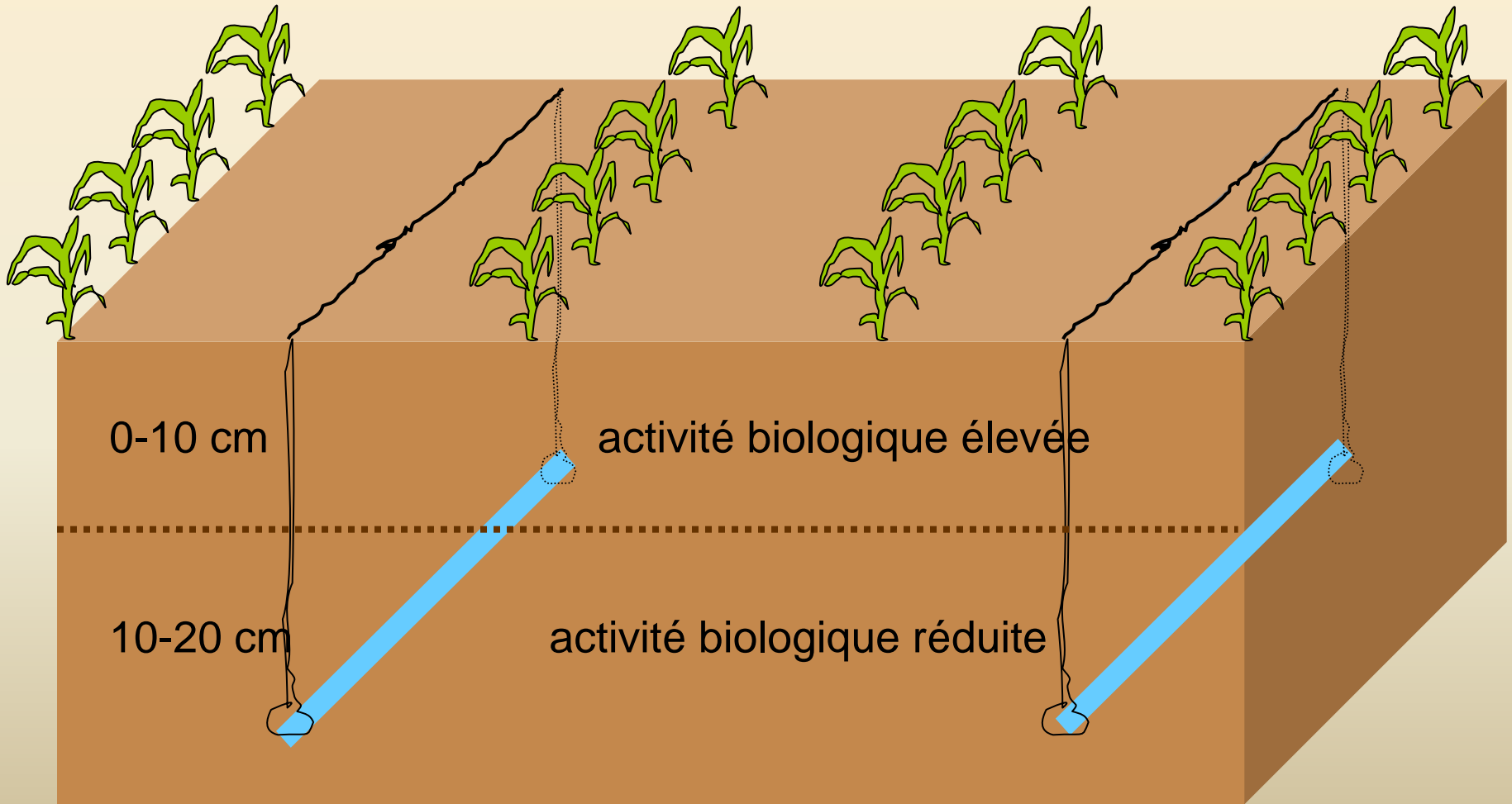
„plus la surface de contact de l'engrais est réduite avec la partie du sol biologiquement la plus active

et plus la part d'ammonium dans l'engrais est importante,

alors plus le dépôt est stable, pauvre en pertes et efficient !“



II. Vue d'un dépôt d'engrais N localisé précisément dans le maïs



III. Série d'atouts possibles du dépôt localisé et précis d'engrais azoté

- 1) Stabilisation dans l'espace et le temps de toutes les formes d'engrais azotés et réduction de l'usage d'engrais azoté jusqu'à 20 %
- 2) Réduction des pertes en nitrates, protoxyde d'azote, ammoniacque etc.
- 3) Plus forte flexibilité et indépendance aux conditions climatiques au moment de l'apport ainsi que combinaison d'interventions
- 4) Favoriser la croissance racinaire et la biologie du sol
- 5) Avantage de l'aimentation en ammoniacque prolongé
- 6) Pleine dose de fertilisation jusqu'au rang de bordure (pas d'effet bordure" de dérivage d'épandage etc.)

IV. Etat de la technique d'injection pour localiser engrais solide dans maïs (1)



Par ex. Soc injecteur large

Par ex. fort déplacement du sol



Production en série :
Locasem AGRISEM (2011)

Par ex. chaque interrang



Quelle: www.agrisem.com.de (13.11.2012)

IV. Etat de la technique d'injection pour localiser engrais solide dans maïs (2)

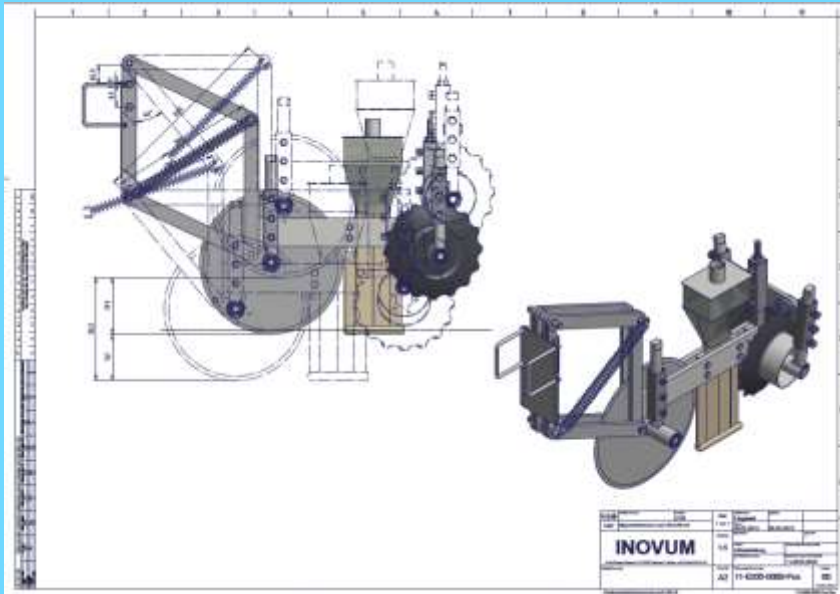
Production personnelle : agriculteur Butscha, Artzenheim – Alsace (2014)



Ex. Soc injecteur large avec fort ameublissement du sol, faible profondeur d'injection (env. 5 cm), fermeture partielle du sillon

V. Modèle INDEE (,'Prototype') 1

essais au champ 2013



- 1) Diamètre faible d'ouverture de l'outil dans le sol (20 mm)
- 2) Profondeur d'injection constante de 18 - 20 cm
- 3) Dépôt d'engrais azoté concentré et fermé
- 4) *Fermeture complète du sillon voire de l'espace créé par le dépôt*
- 5) *Construction compacte pour une meilleure compatibilité d'utilisation*

VI. Modèle INDEE (,Prototype') 2

Fabrication 2014

Optimisation soc injecteur :

- section ouverture sol étroite = 15 mm
- ,soc taupe'
- dépôt concentré fermé de 35 mm
- fermeture de sillon intégrée
- sans bourrage

Siegwald Gerätebau GmbH, Augen



ringwald CAD



Projekt Nr. C29

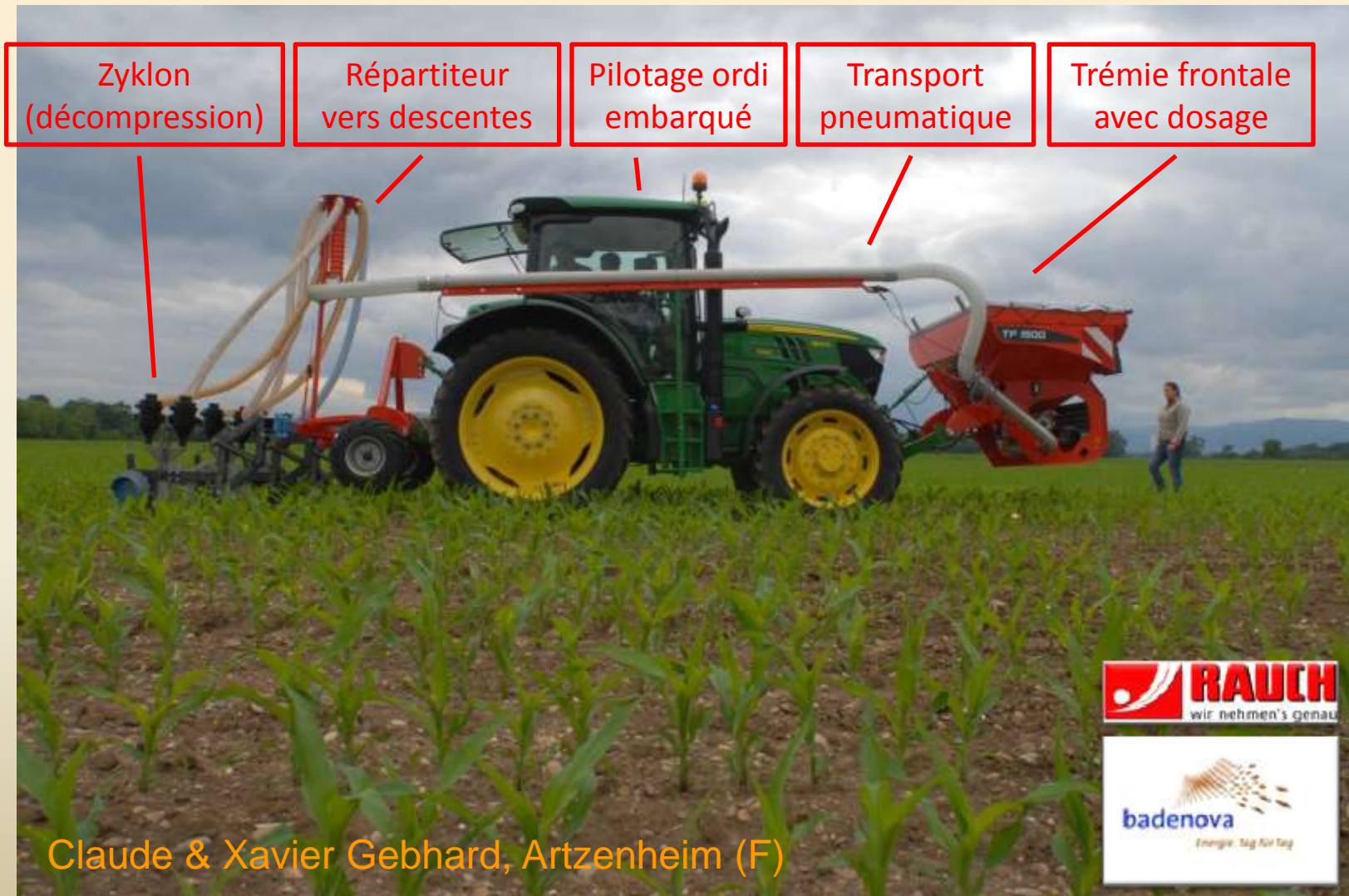


INTERREG IV Oberrhein

Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

VI. Modèle INDEE („Prototype“) 2

technique fertilisation RAUCH en 2014



VI. Modèle INDEE („Prototype“) 2

Biengen (D) 2014

3 rangs injecteurs à 1,50 m
Largeur de travail 4,50 m
= 6 rangs de maïs
18 cm de profondeur
d'injection



Klaus Schitterer, Freiburg (D)



ringwald CAD



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

Outil d'injection de précision d'engrais solide dans culture de maïs

VI. Modèle INDEE („Prototype“) 2

Video 2014



A. Schäfer, RAUCH 09.09.2014



ringwald CAD



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein

Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

VI Modèle INDEE („Prototype“) 2

dépôt engrais 2014

Claude & Xavier Gebhard, Artzenheim (F)



Site Entzheim (F) 2014

VII. Modèle INDEE („Prototype“) 2

Résumé 2014

- Plus de capacité de tests grâce à construction de 2 outils autonomes à trois éléments injecteurs de précision F & D (4 sites INDEE, 2 sites badenova [D])
- Soutien déterminant et mise à disposition de 2 techniques de distribution d'engrais par la firme RAUCH [D]
- Améliorations techniques notables vis à vis du prototype 1 et de la technique à disposition
- Analyse des points faibles (cadre parallélogramme, matériel, zyklon, ...)
- Bonnes connaissances et expériences pour un cahier des charges matûre pour le développement d'un prototype faisable en série

Modèle INDEE („Prototype“) 2

Perspectives 2015

- Firma RAUCH prévoit de présenter sur maïs en 2015 un outil d'injection de précision proche de la production en série !

INDEE-prototype 2

Essais au champ 2014

Un grand merci à tous les partenaires associés



ringwald CAD



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



**Colloque final du projet INDEE
La fertilisation azotée localisée du maïs :
une vraie alternative pour demain ?**

Forum transfrontalier – Ste Croix en Plaine 27/11/14

Résultats agronomiques
Les performances du maïs

ARVALIS
Institut du végétal

Jean-Pierre COHAN / Didier LASSERRE


**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
RÉGION ALSACE

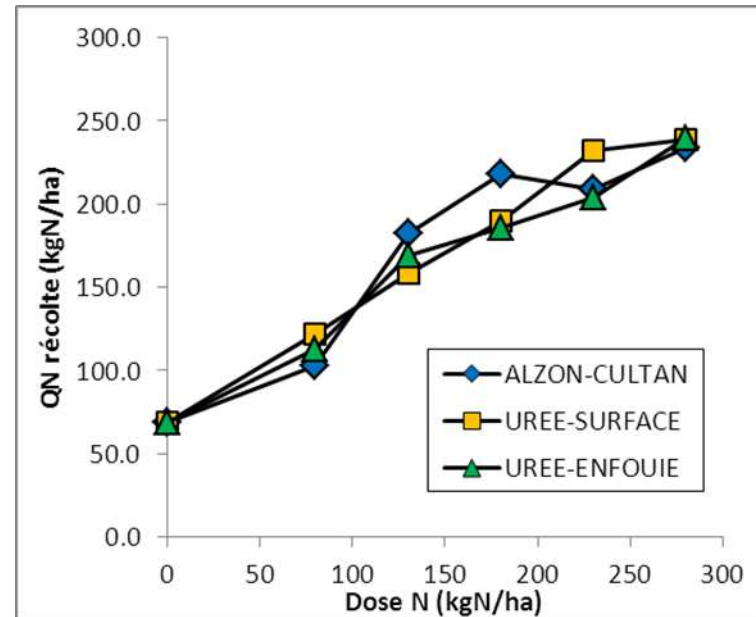
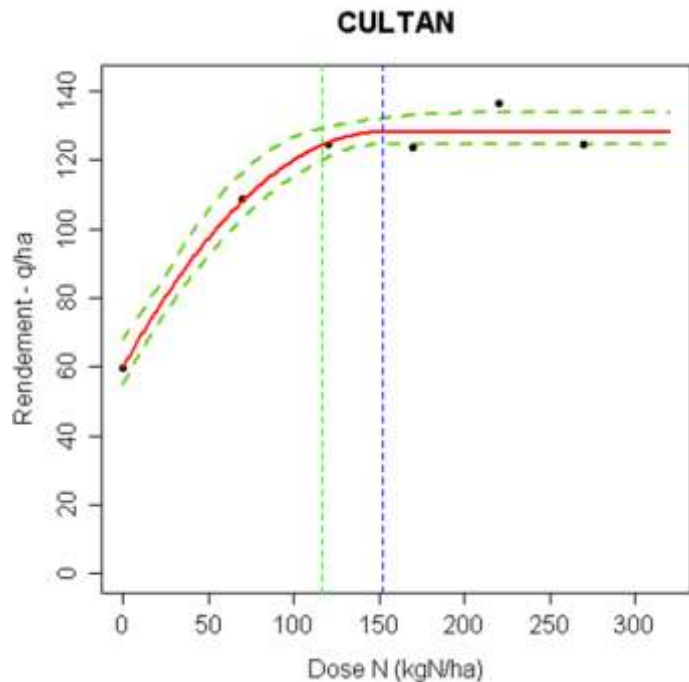
Jean-Louis GALAIS



Première exploitation de la base de données agronomiques INDEE

*Les essais
« courbe de réponse à l'azote »*

Principes des calculs

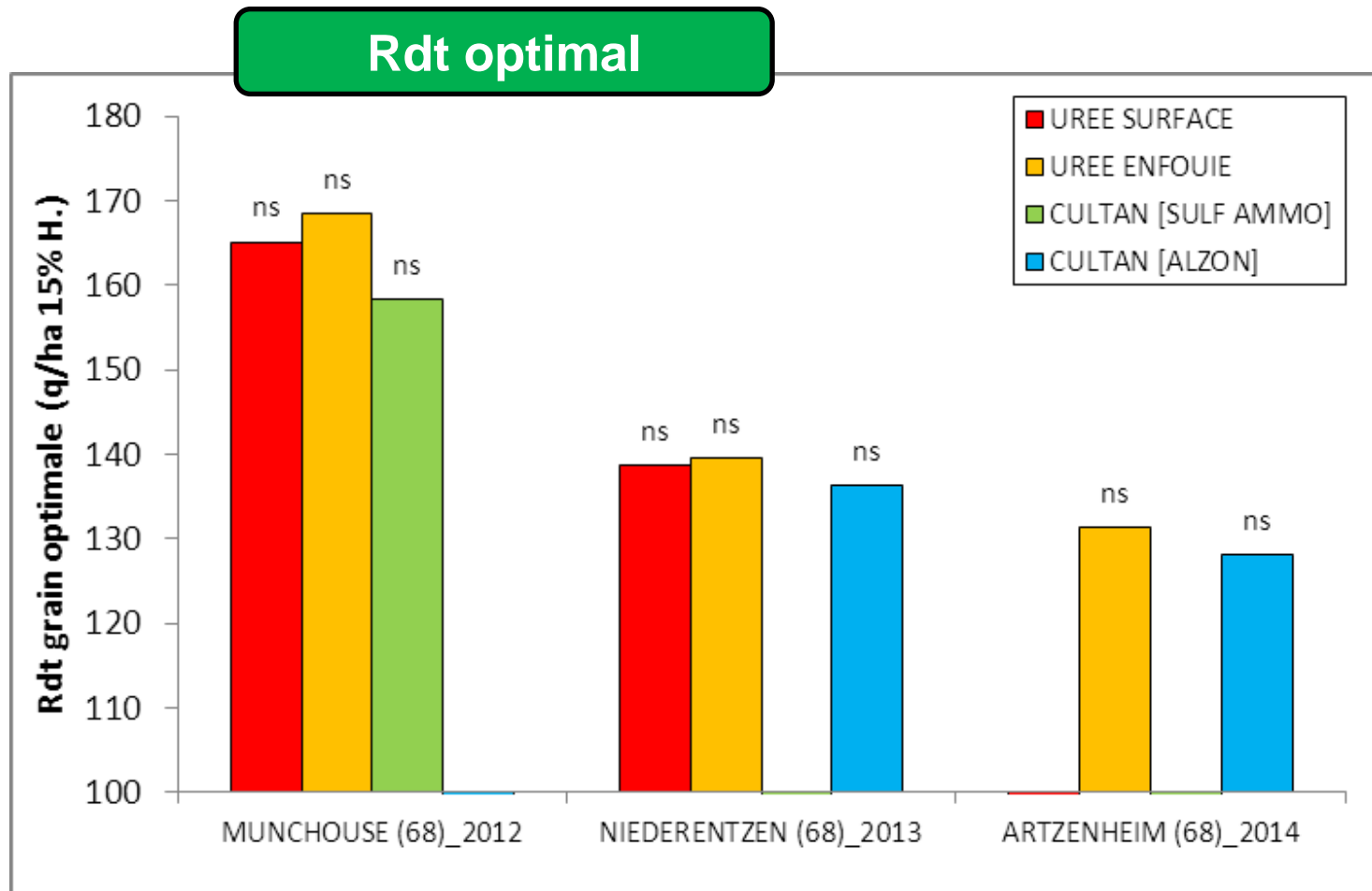


Ajustement statistique des courbes de réponses pour obtenir le rendement optimal (plateau) et la dose N correspondante (dose N optimale)

Calcul des CAU comme la pente de la relation linéaire entre le Nabs plante et la dose d'engrais N

CAU = Coefficient Apparent d'Utilisation

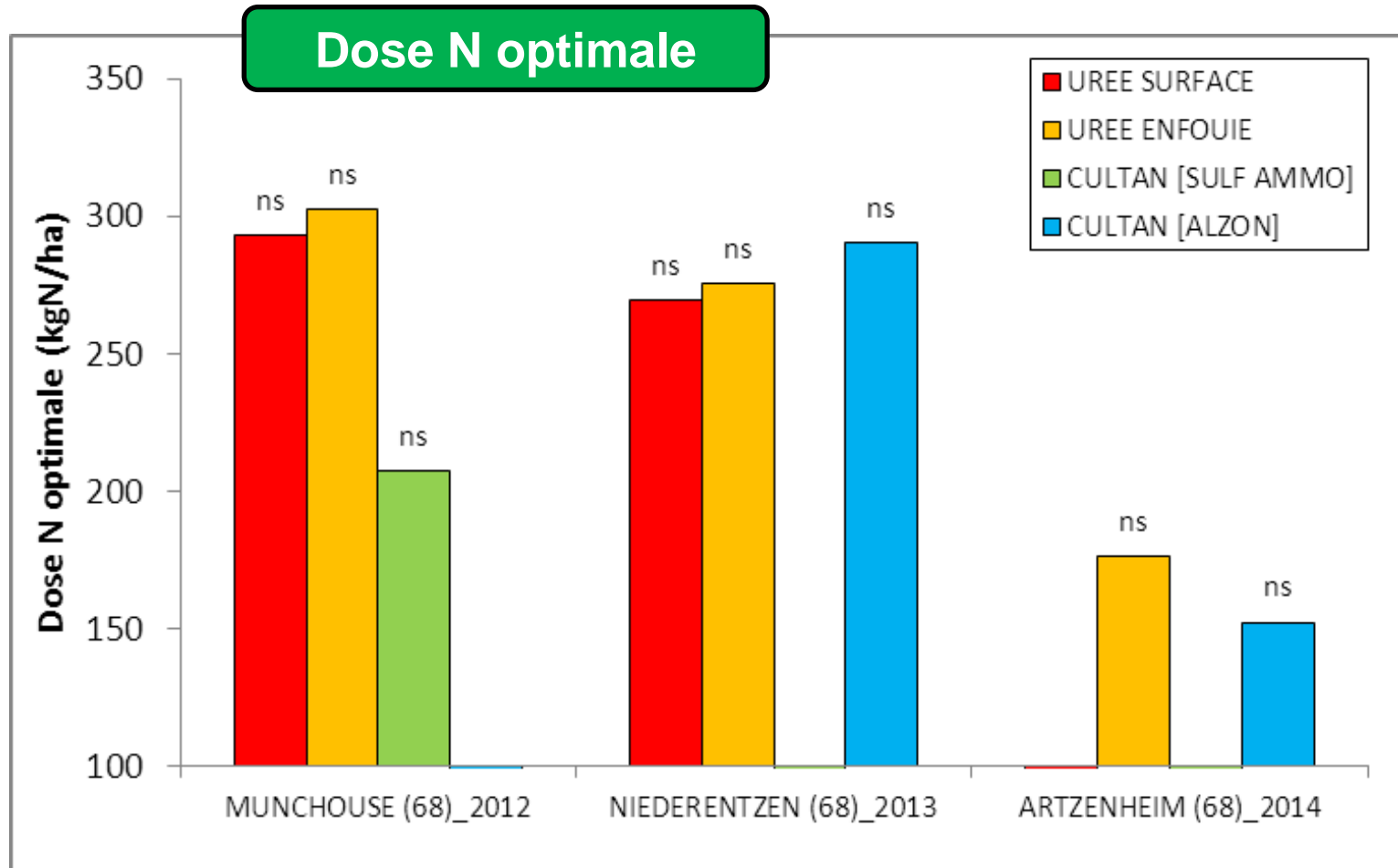
Effets sur le rendement optimal



ns : différence non significative selon une analyse statistique en modèles emboîtés

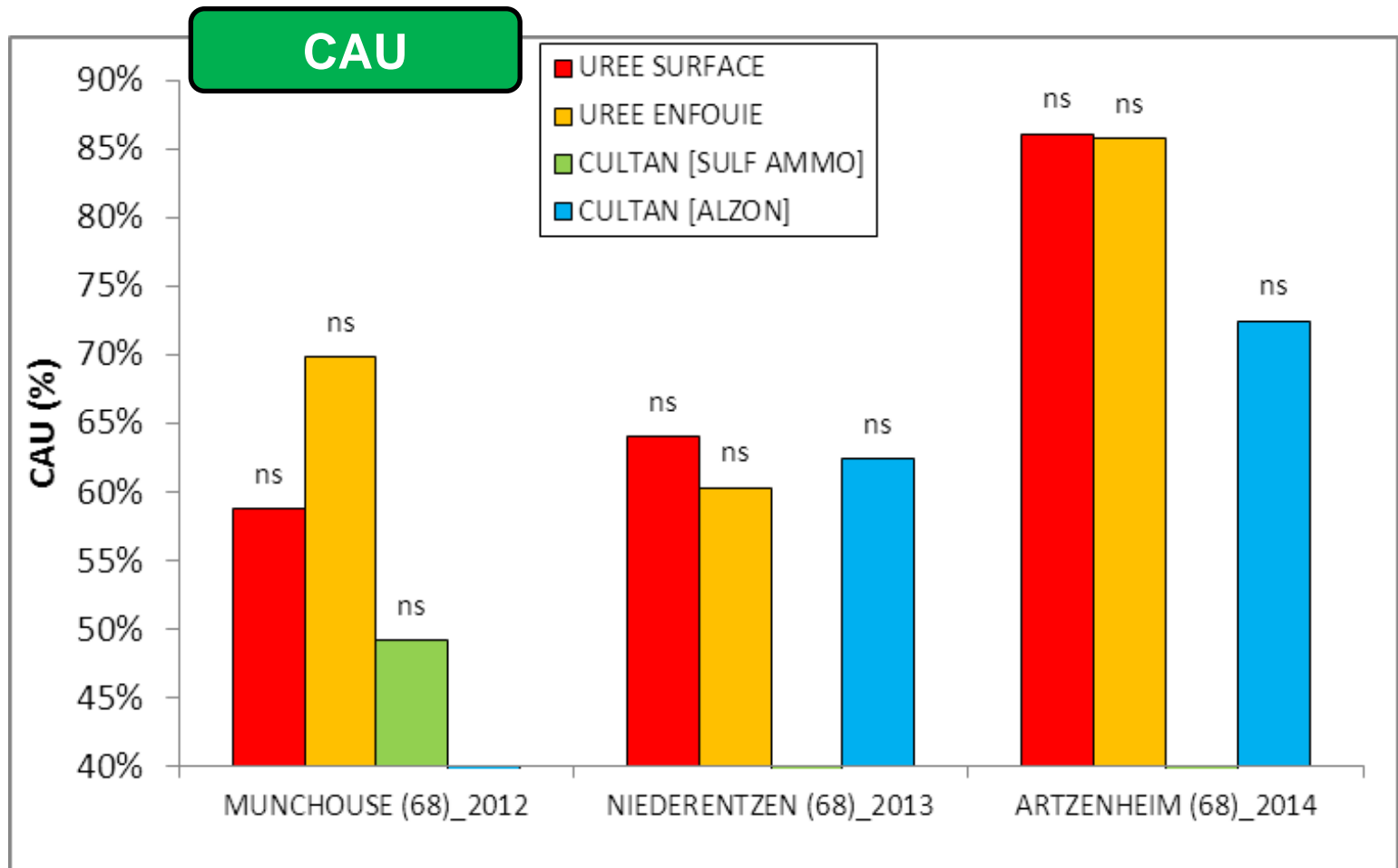
Pas de différence statistiquement significative mise en évidence

Effets sur la dose optimale N



Pas de différence statistiquement significative mise en évidence

Effets sur le CAU



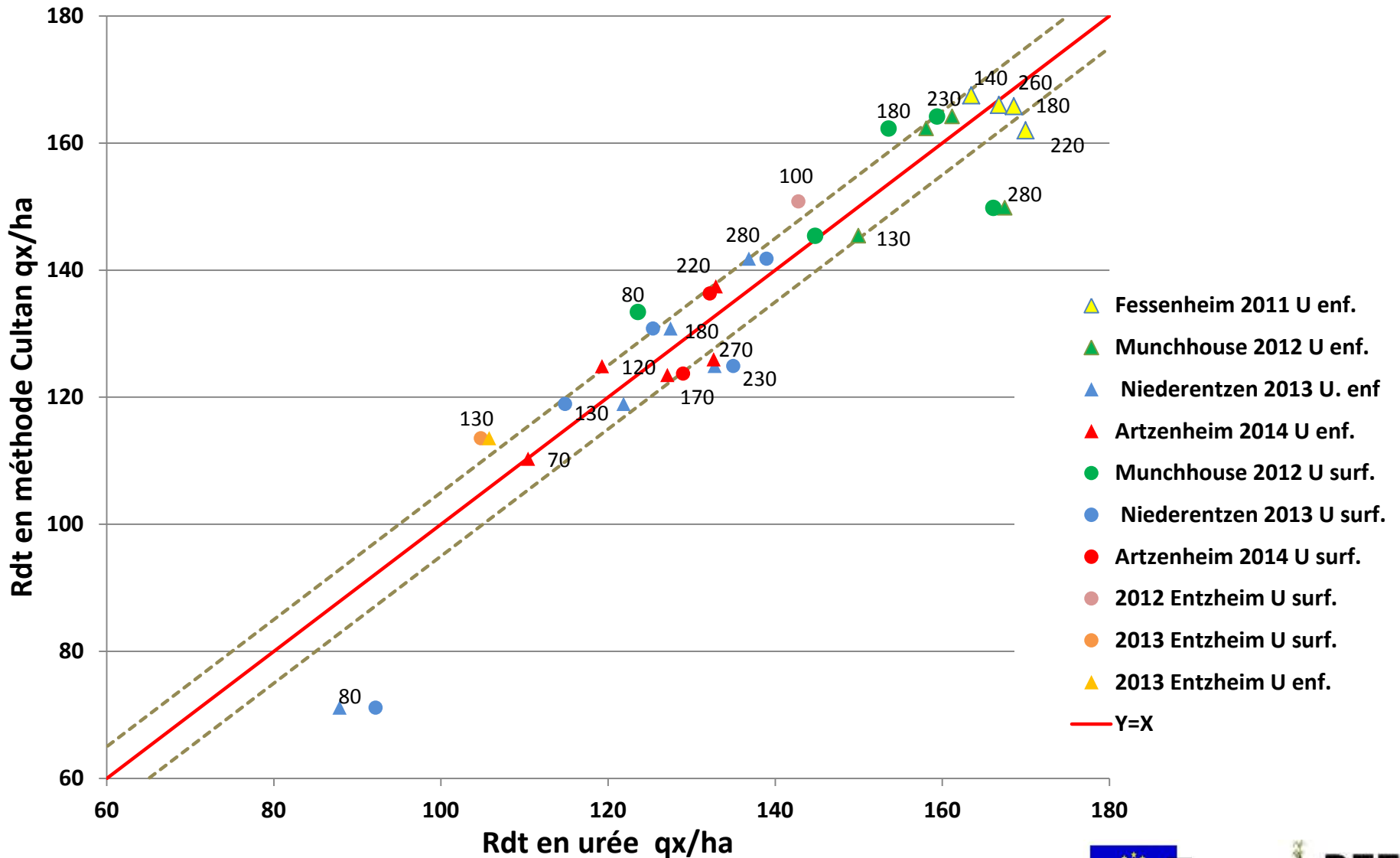
Pas de différence statistiquement significative mise en évidence



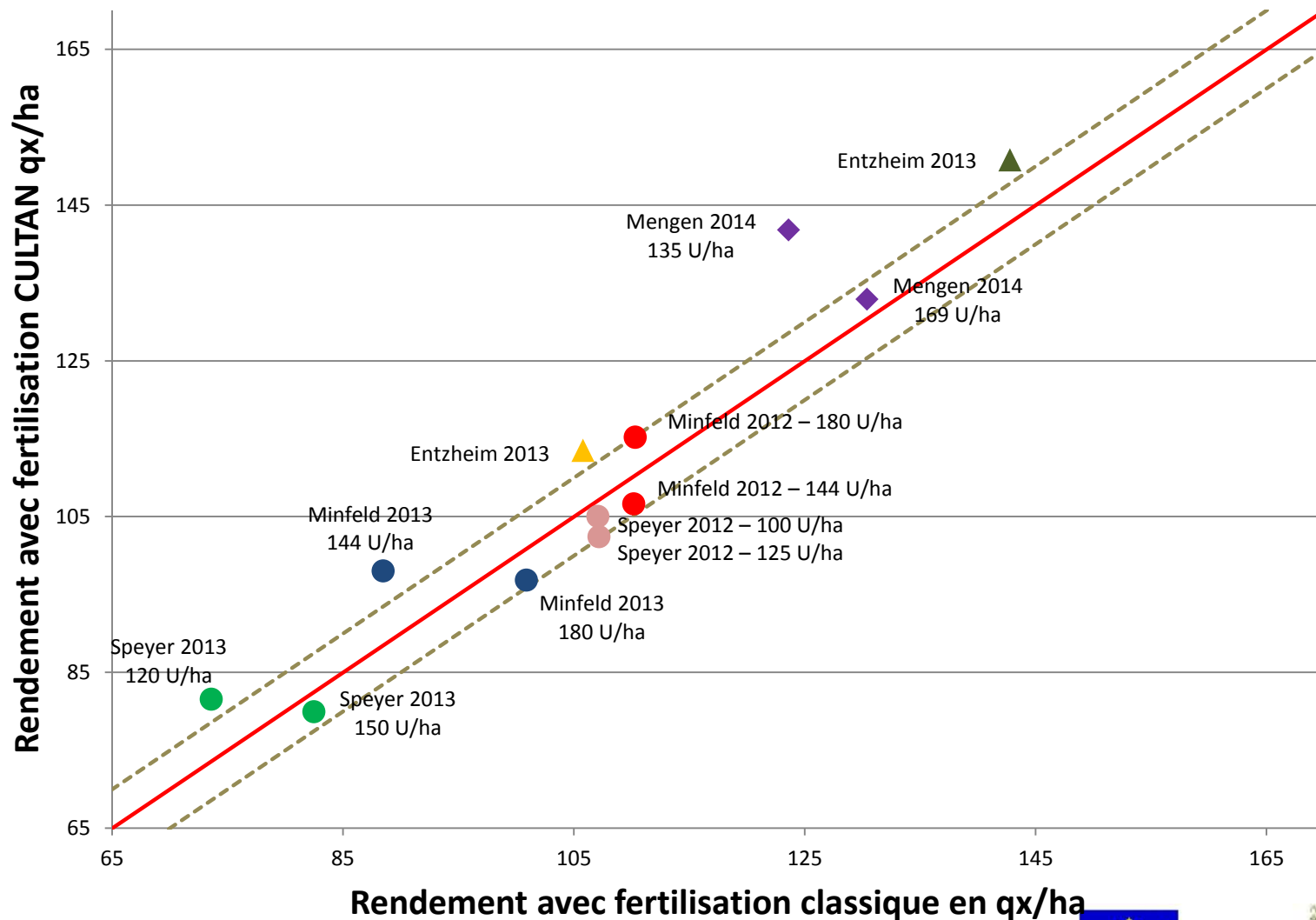
Première exploitation de la base de données agronomiques INDEE

*Comparaisons Cultan / autres
modes de fertilisation*

Relation entre le rendement obtenu avec l'urée enfouie / surface et le rendement en méthode Cultan à la même dose 2011-2014

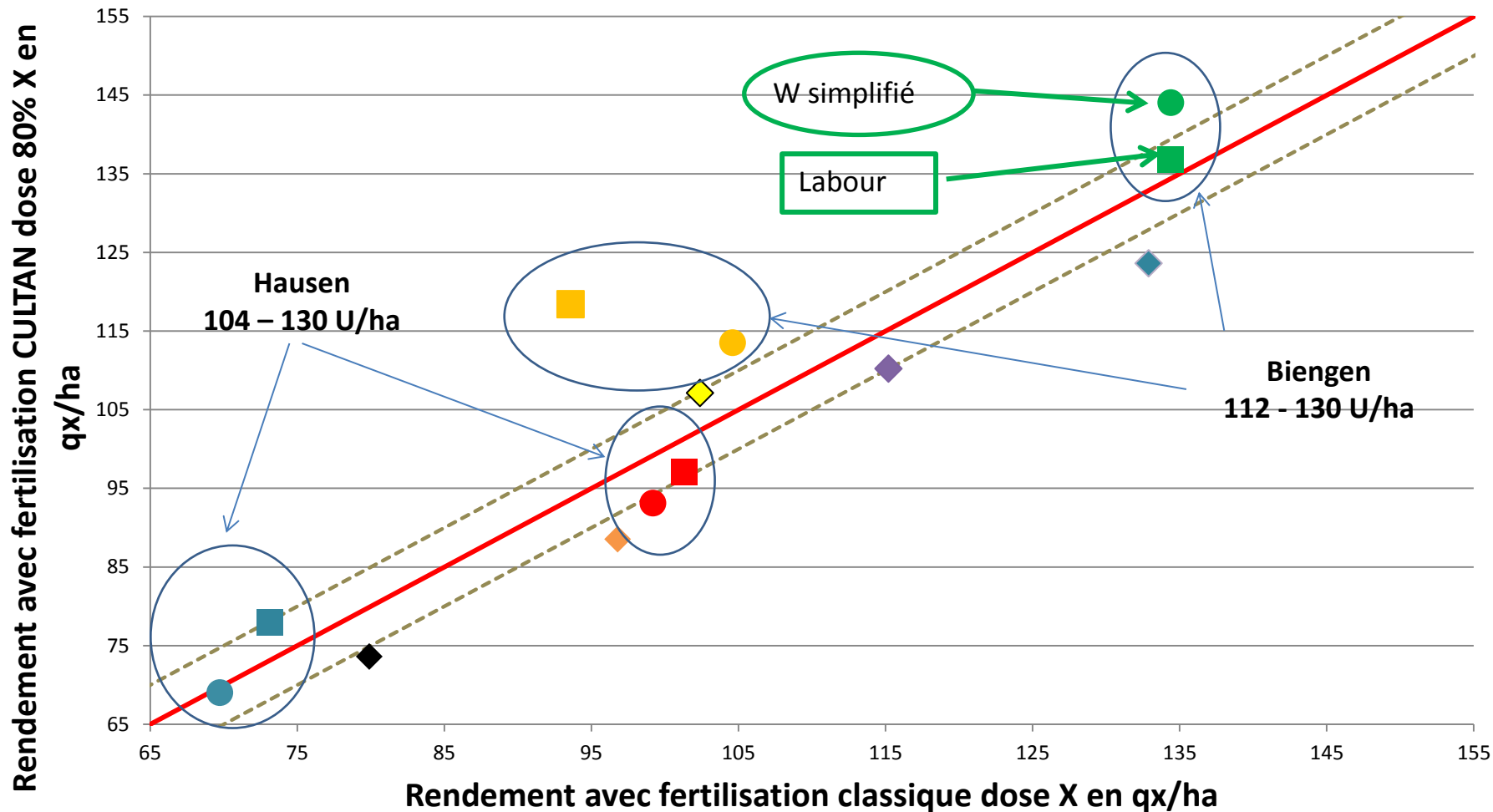


Relation entre rendement Cultan et une fertilisation ammo /urée / alzon à dose identique



Relation entre rendement avec Cultan à dose réduite et fertilisation « classique »

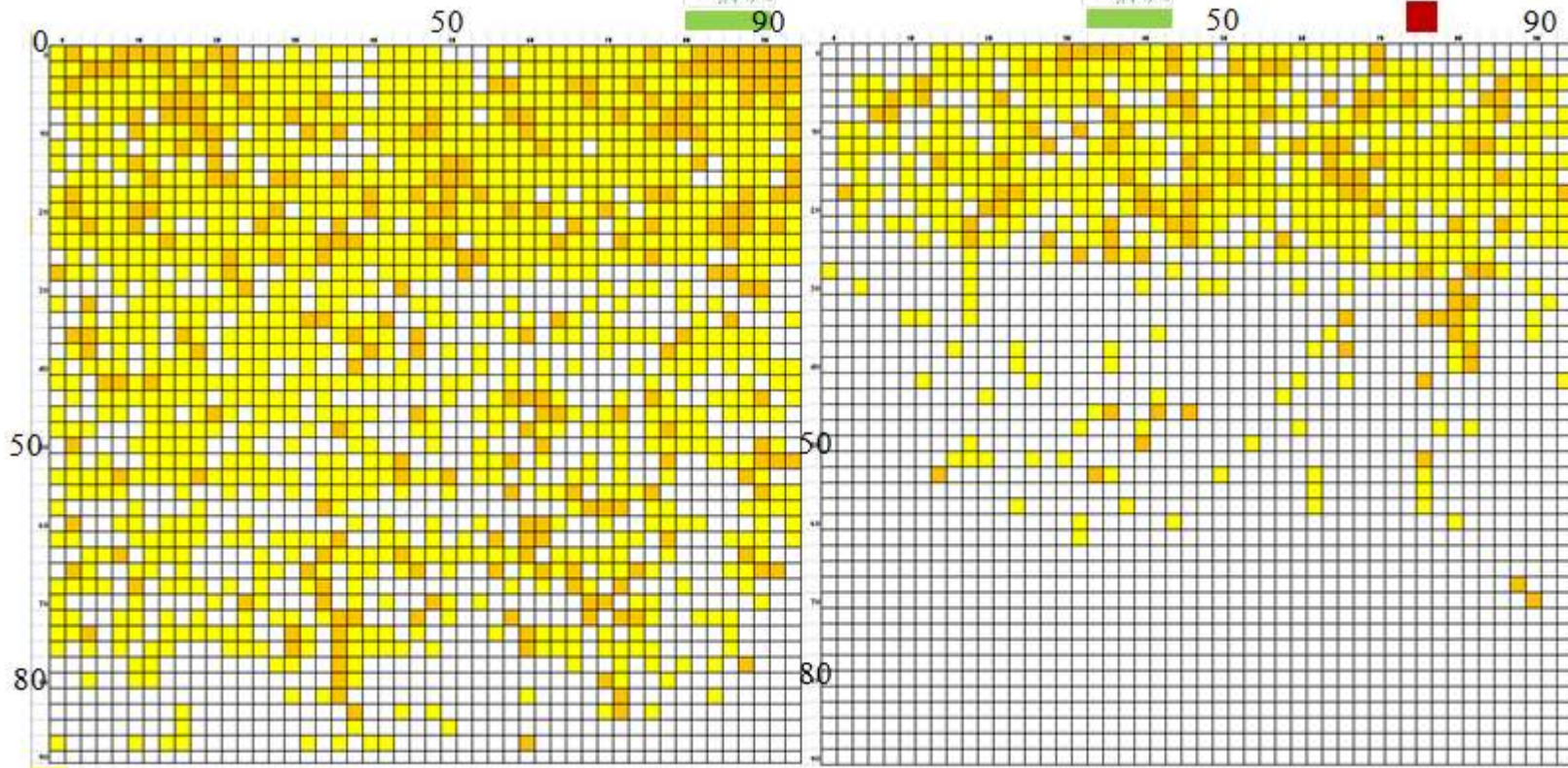
Effet travail du sol – Hausen et Biengen



Indicateurs agronomiques

Nombre de racines

2012 - Entzheim



Urée

>

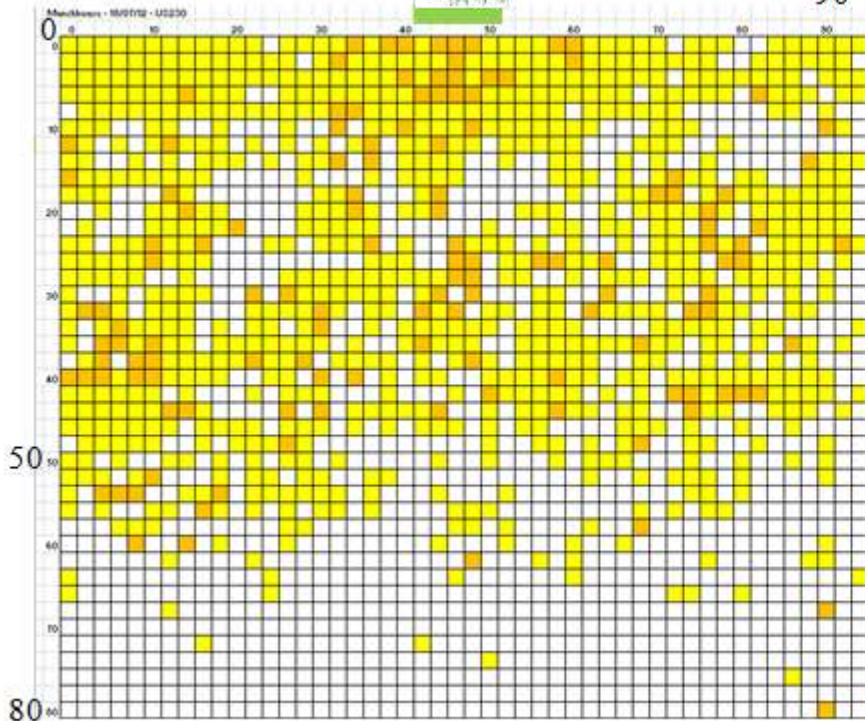
Cultan

Nombre de racines

2012 - Munchouse



90

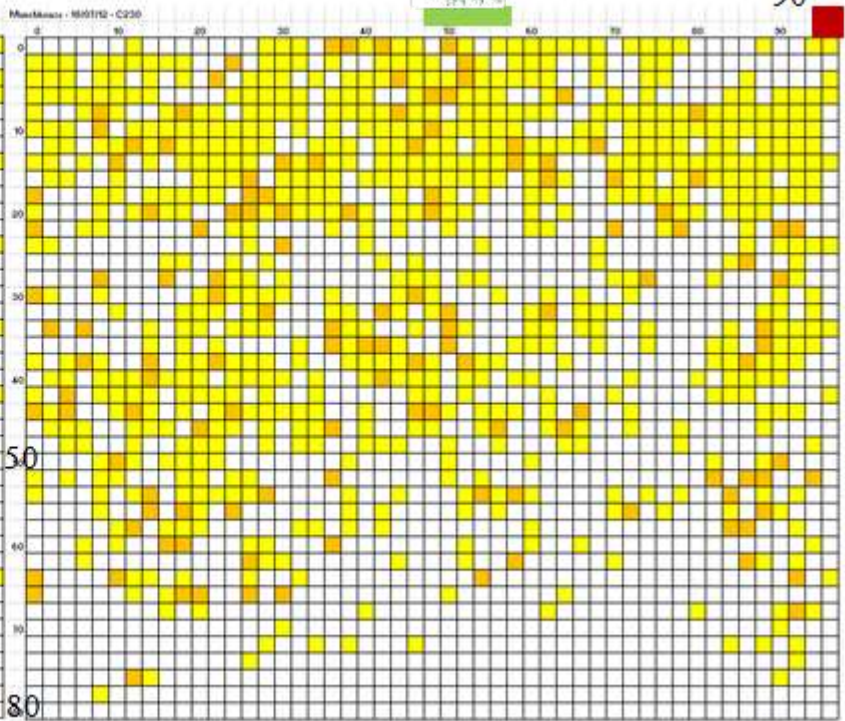


Urée

>



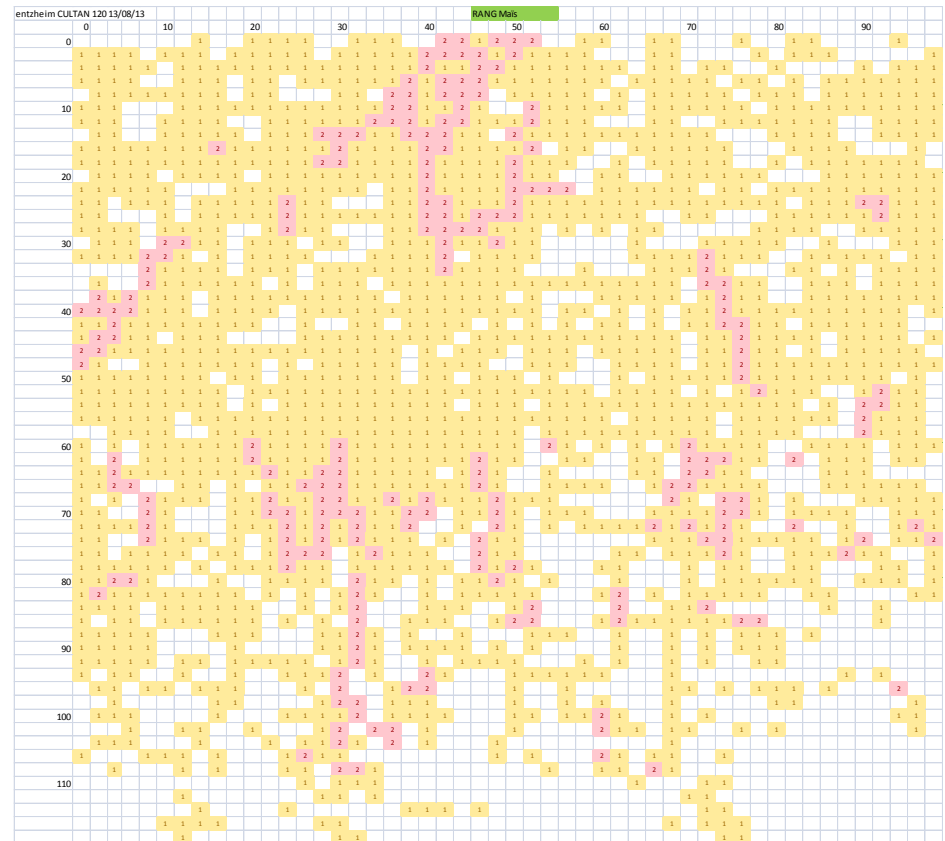
90



Cultan

Nombre de racines

Entzheim 2013



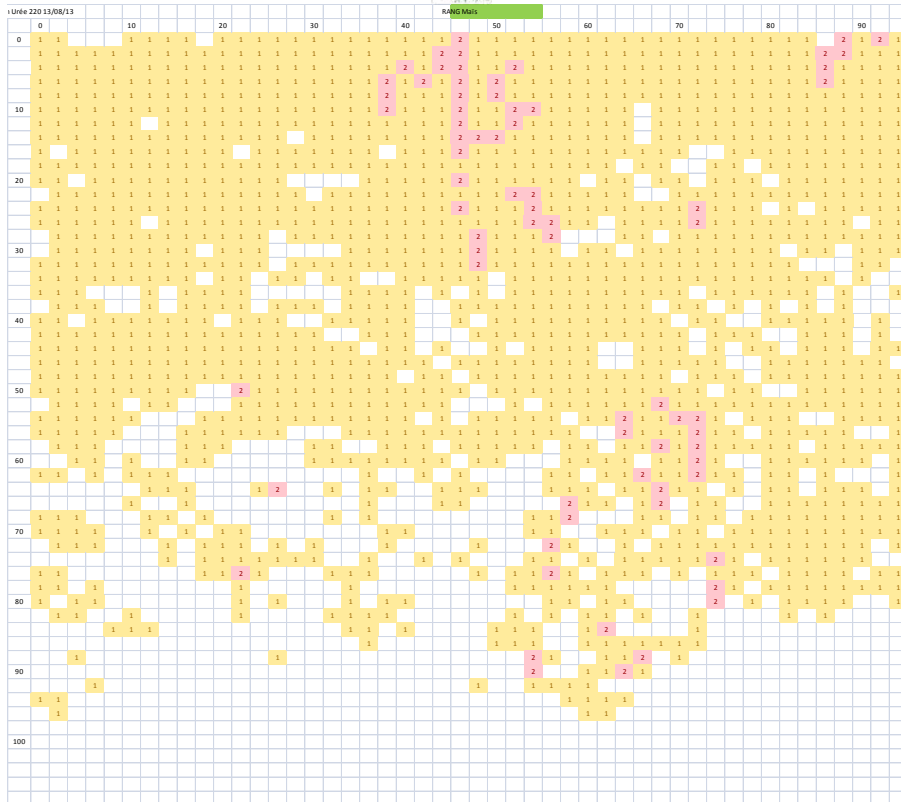
Urée

<

Cultan

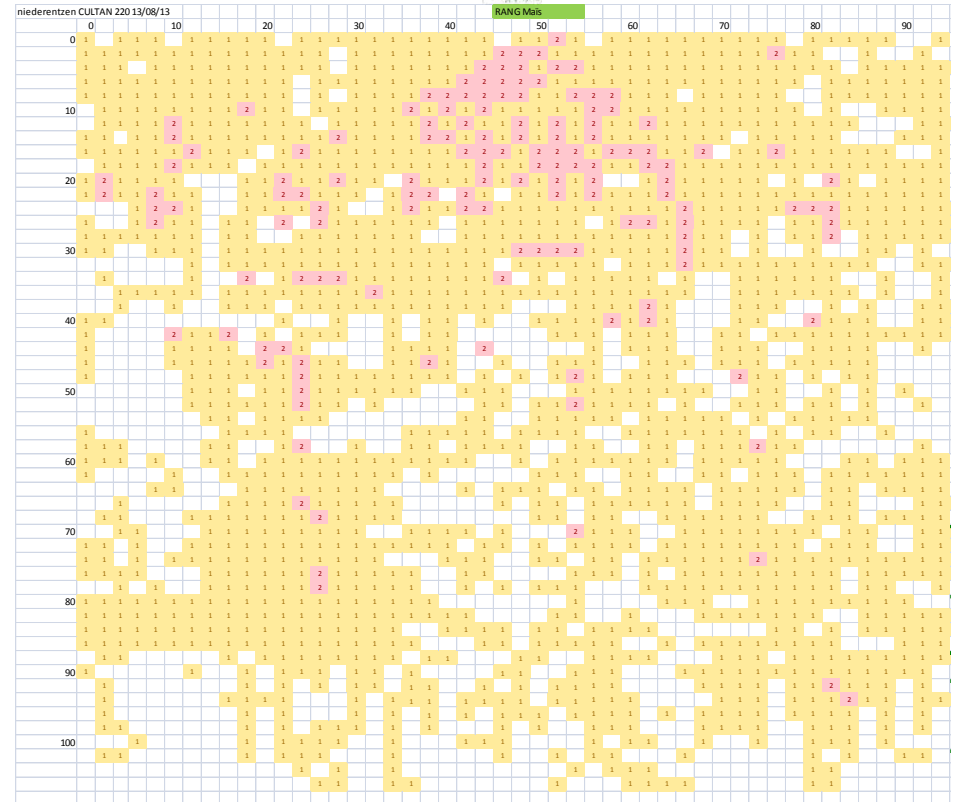
Nombre de racines

Niederentzen 2013



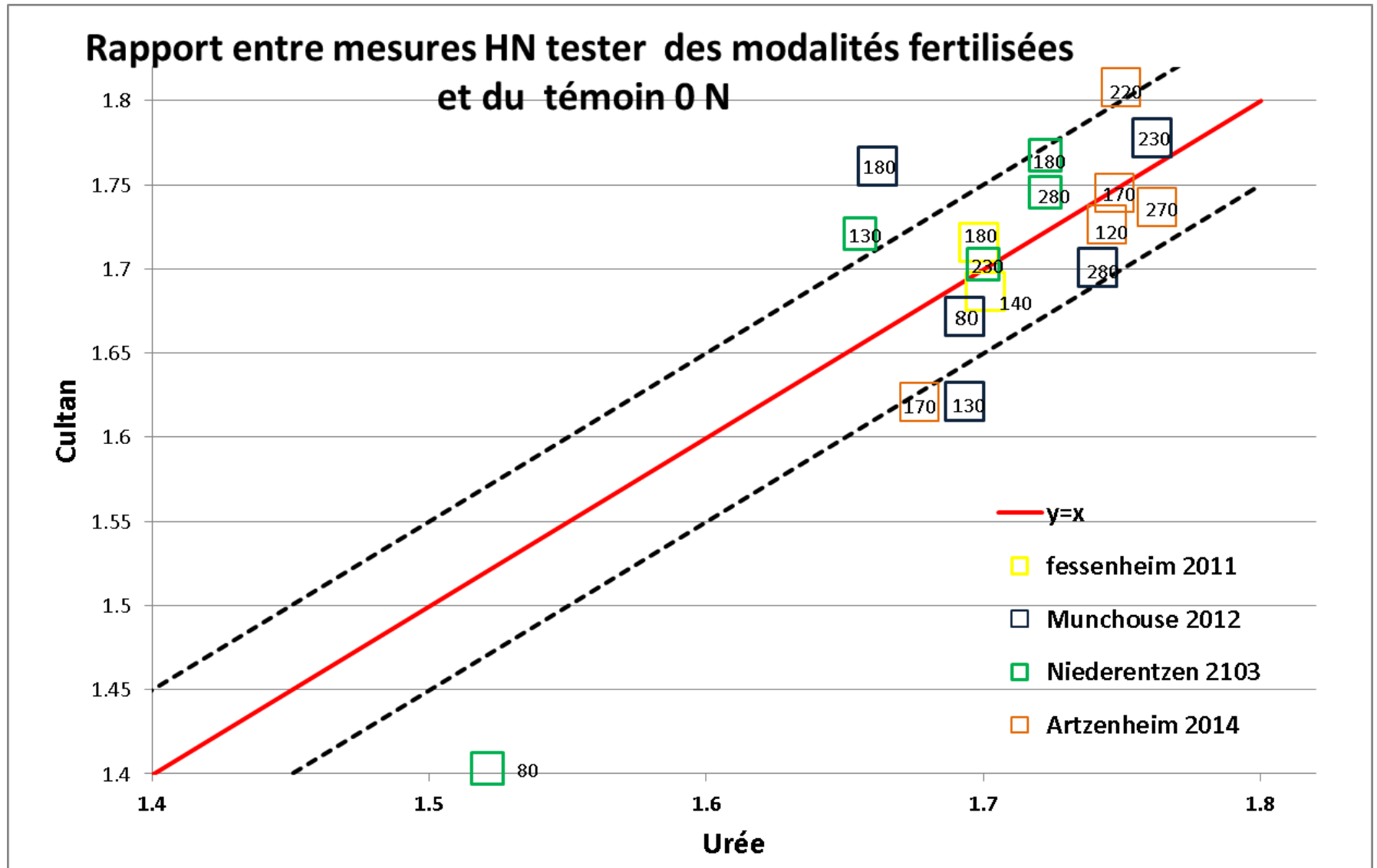
Urée

<



Cultan

Indicateurs agronomiques



Conclusions actuelles

- La méthode CULTAN permet d'obtenir de rendements similaires à une fertilisation classique, quelque soit le potentiel
- On ne constate pas de meilleure efficacité de l'azote pour la méthode CULTAN dans les conditions des essais
- Nécessité d'aller plus loin (formes d'azote, optimisation de l'outil...)



Dynamique de l'azote avec la fertilisation N localisée (dépot)

Karl Müller-Sämman, Agentur ANNA
Jürgen Maier, LRA-Breisgau-Hochschwarzwald - Landwirtschaft

Abschlusskolloquium zum Projekt: INDEE

“ Injektion von N-Düngern in Depotform für mehr Effizienz und geringere Emissionen in der Umwelt“, Sainte Croix en Plaine , 27. November 2014



ringwald CAD



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein

Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

*Hypothese:
ntaktfläche des N-Düngers mit dem Boden,
und je höher der Ammoniumanteil,
um so stabiler und effizienter ist das Depot.*



**„Grau, teurer Freund, ist alle Theorie /
Und grün des Lebens goldner Baum“** J.W. Goethe



ringwald CAD



ARVALIS
Institut de végétal

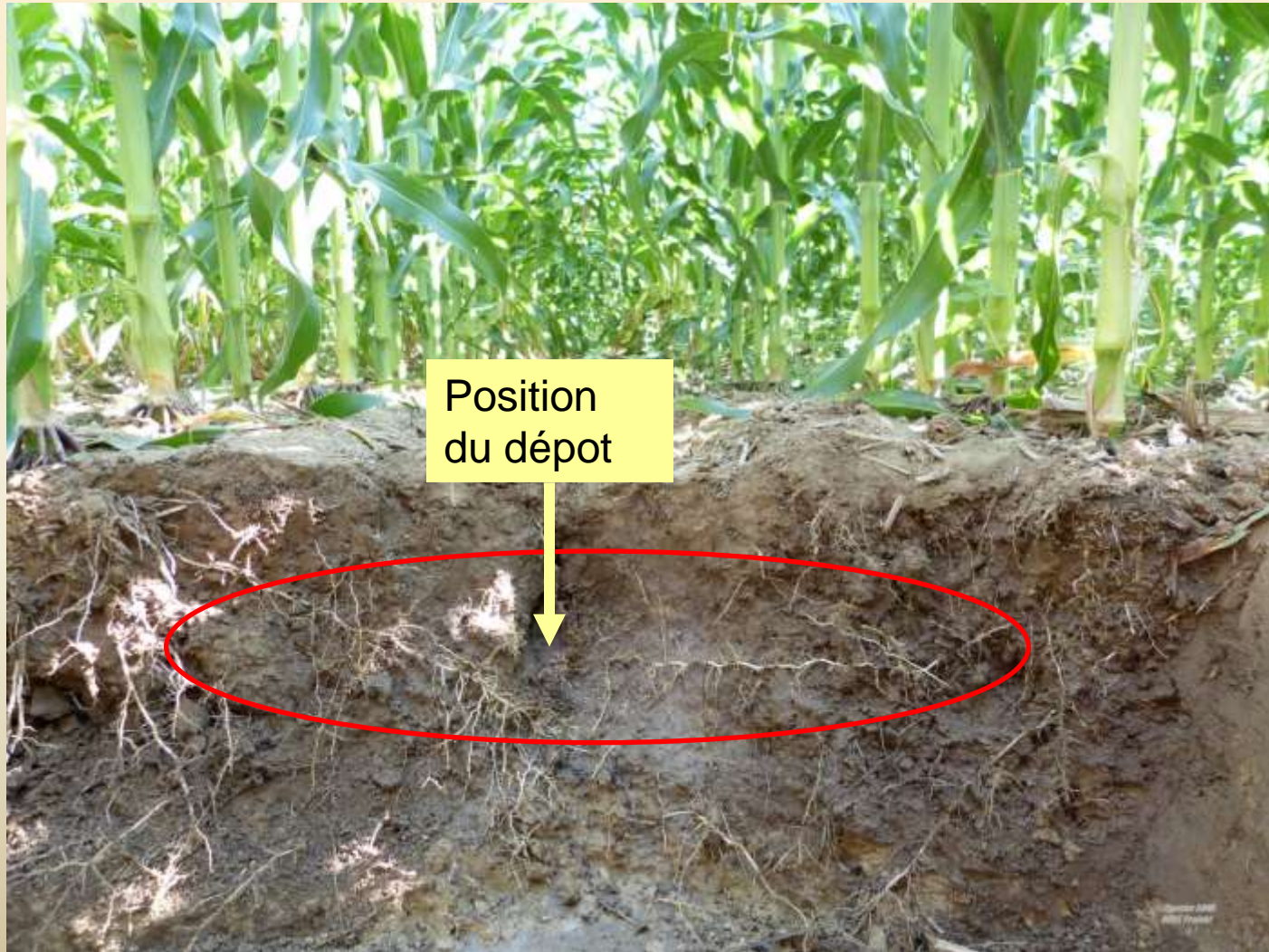


Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt

Vue des racines du maïs avec fertilisation de dépôt et travail du sol simplifié /fin floraison



Examens pour dynamique N en fertilisation de dépôt

Position du dépôt
Profondeur 15 cm

Diamètre intérieur de
la sonde = 55 mm

Profil du sol
en 2 D-

ancrage

5 x 55 mm de prélèvements sur 30 cm



Diamètre intérieur
de la sonde =
55 mm

Dépot de l'engrais

0-6 cm Tiefe

C 11

C 21

C 31

C 41

C 51

6-12 cm Tiefe

C 12

C 22

C 32

C 42

C 52

12-18 cm Depot

C 13

C 23

C 33

C 43

C 53

18-24 cm Tiefe

C 14

C 24

C 34

C 44

C 54

24-30 cm Tiefe

C 15

C 25

C 35

C 45

C 55

0-30 cm

12-18 cm
links

6-12 cm
links

0-6 cm
Injektion

6-12 cm
rechts

12-18 cm
rechts



ringwald CAD



ARVALIS
Institut de végétal



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt



Analyses du sol pour la dynamique en azote dans le dépôt de l'engrais

date échantillonnage

T1	4.6.2013	5 j après l'apport (stade 3-feuilles)
T2	26.06.2014	1 mois après l'apport (stade 8-feuilles)
T3	19.09.2013	4 mois après l'apport (maturité ensilage)

Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 5 jours après l'apport (140 Kg N/ha en engrais ALZON ; urée stabilisée)

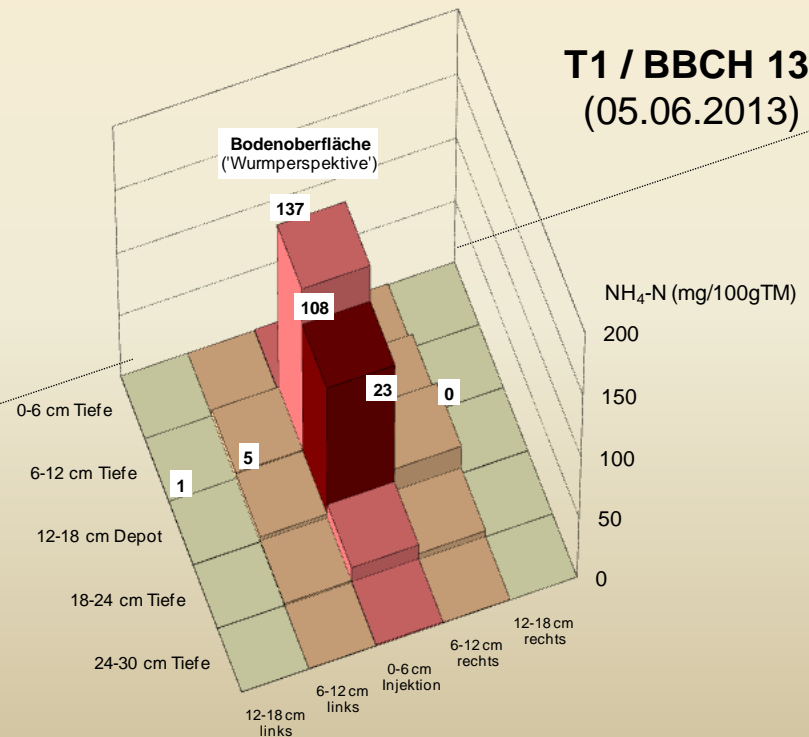
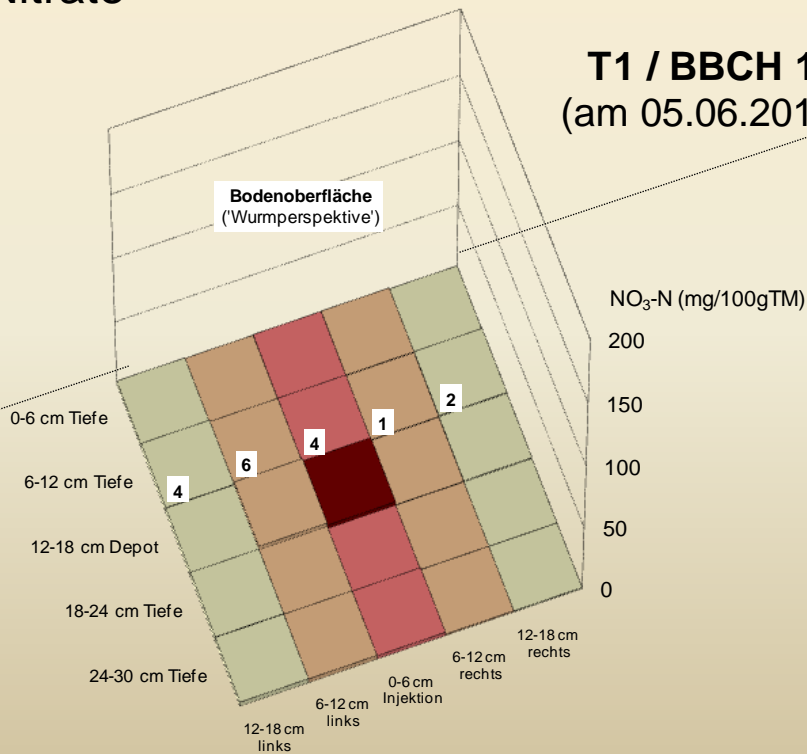
Sol de loess ; pH 7; limon-argileux / Biengen/ 5.6.2013 ; stade 3-feuilles

Labour hiver
Nitrate

Labour hiver
NH₄

T1 / BBCH 13
(am 05.06.2013)

T1 / BBCH 13
(05.06.2013)



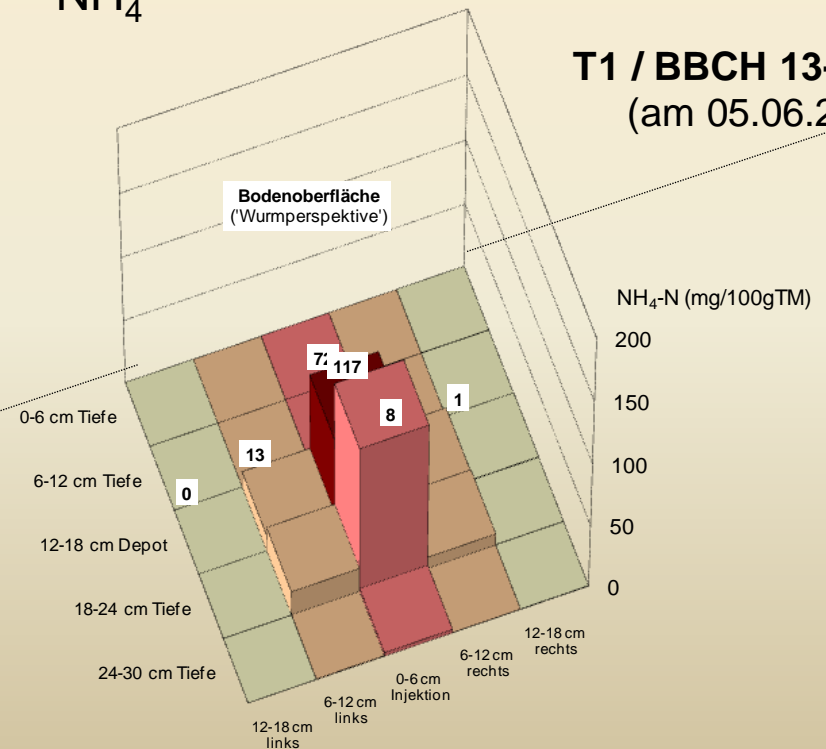
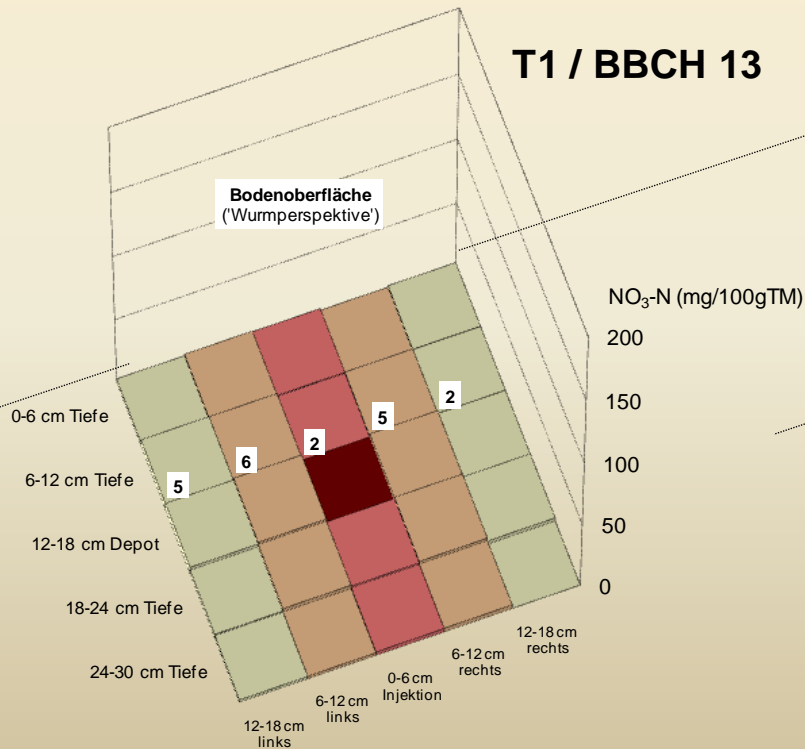
Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 5 jours après l'apport (140 Kg N/ha engrais ALZON ; urée stabilisée) Solde loess / Biengen/ 5.6.2013 ; stade 3-feuilles

déchaumeur hiver
Nitrate

déchaumeur hiver
NH₄

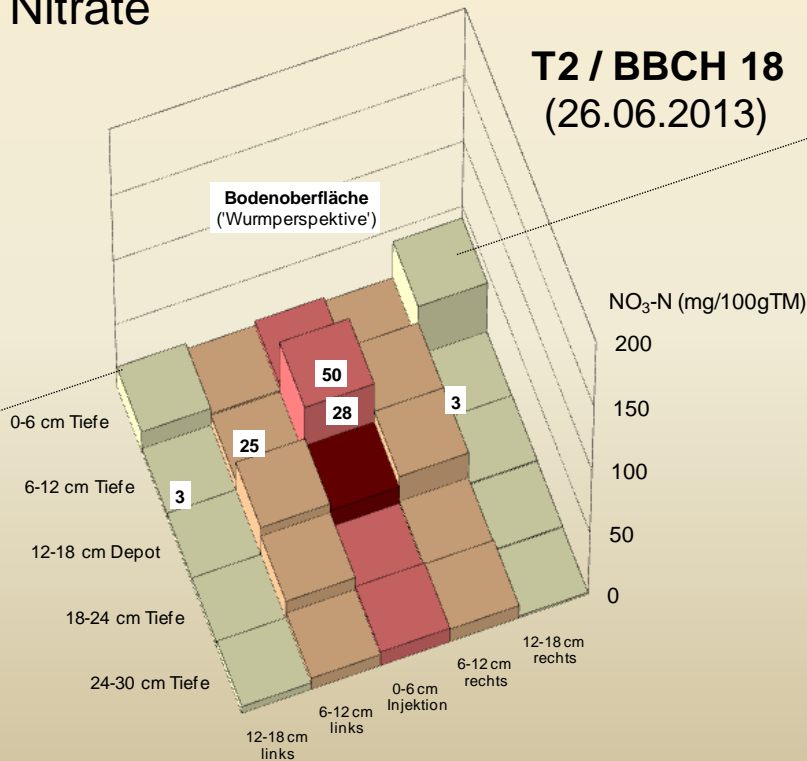
T1 / BBCH 13

T1 / BBCH 13-2013
(am 05.06.2013)

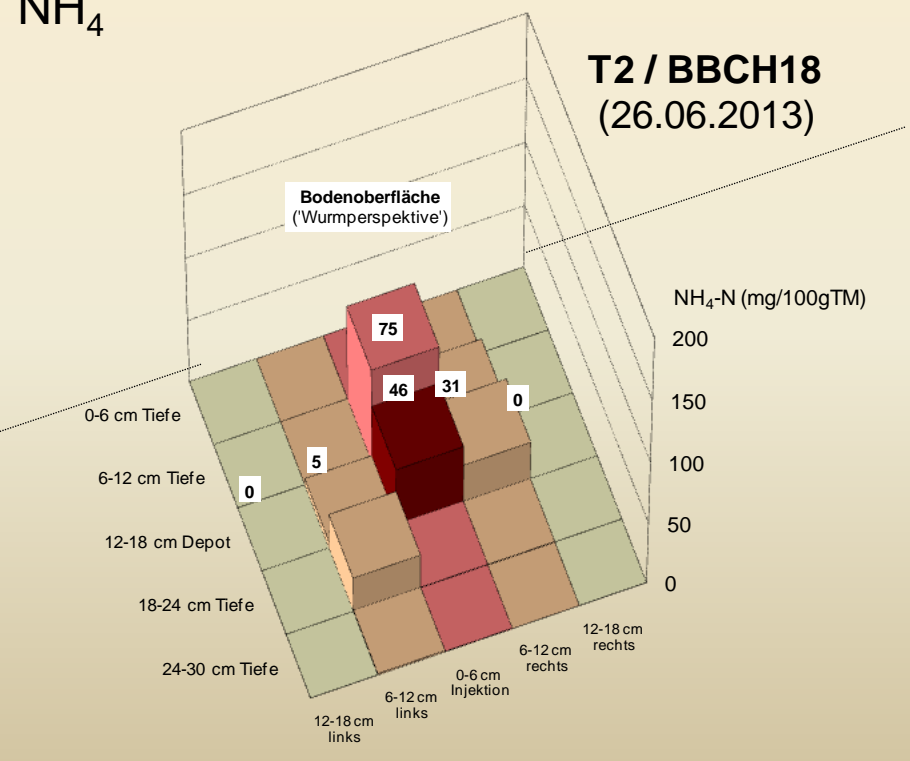


Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 29 jours après apport 140 Kg N/ha engrais ALZON; Loess; Biengen; stade 8-feuilles

Labour hiver
Nitrate



Labour hiver
NH₄



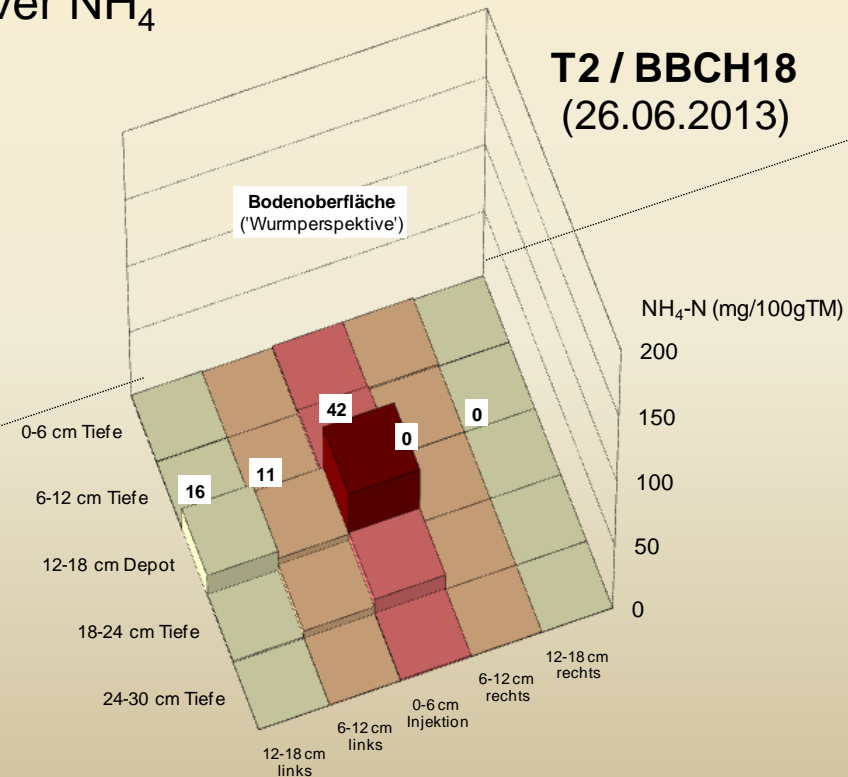
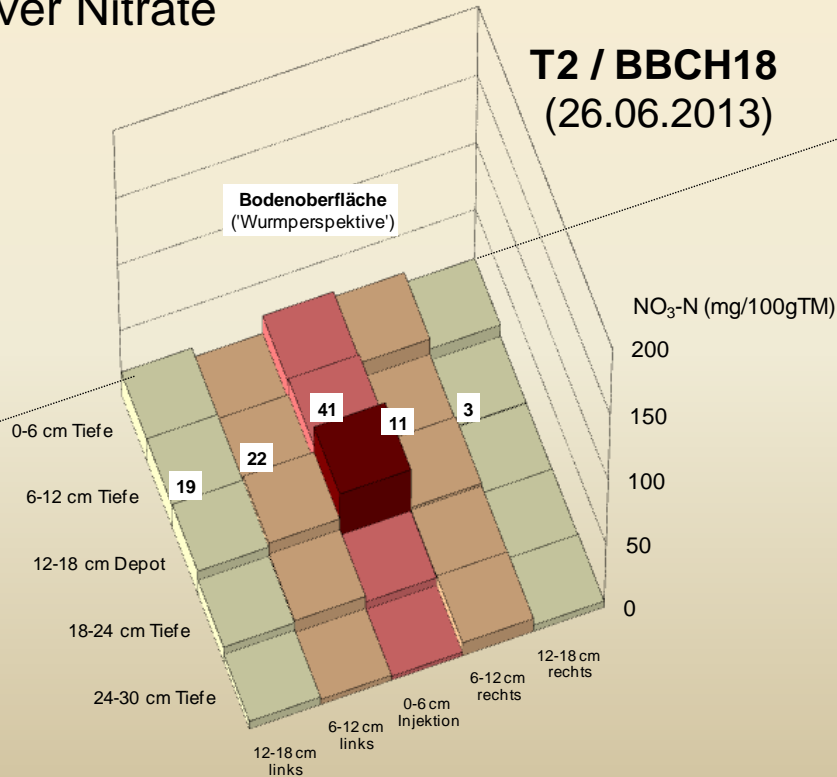
Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 29 jours après apport 140 Kg N/ha engrais ALZON; Loess; Biengen; stade 8-feuilles

Déchaumeur
hiver Nitrate

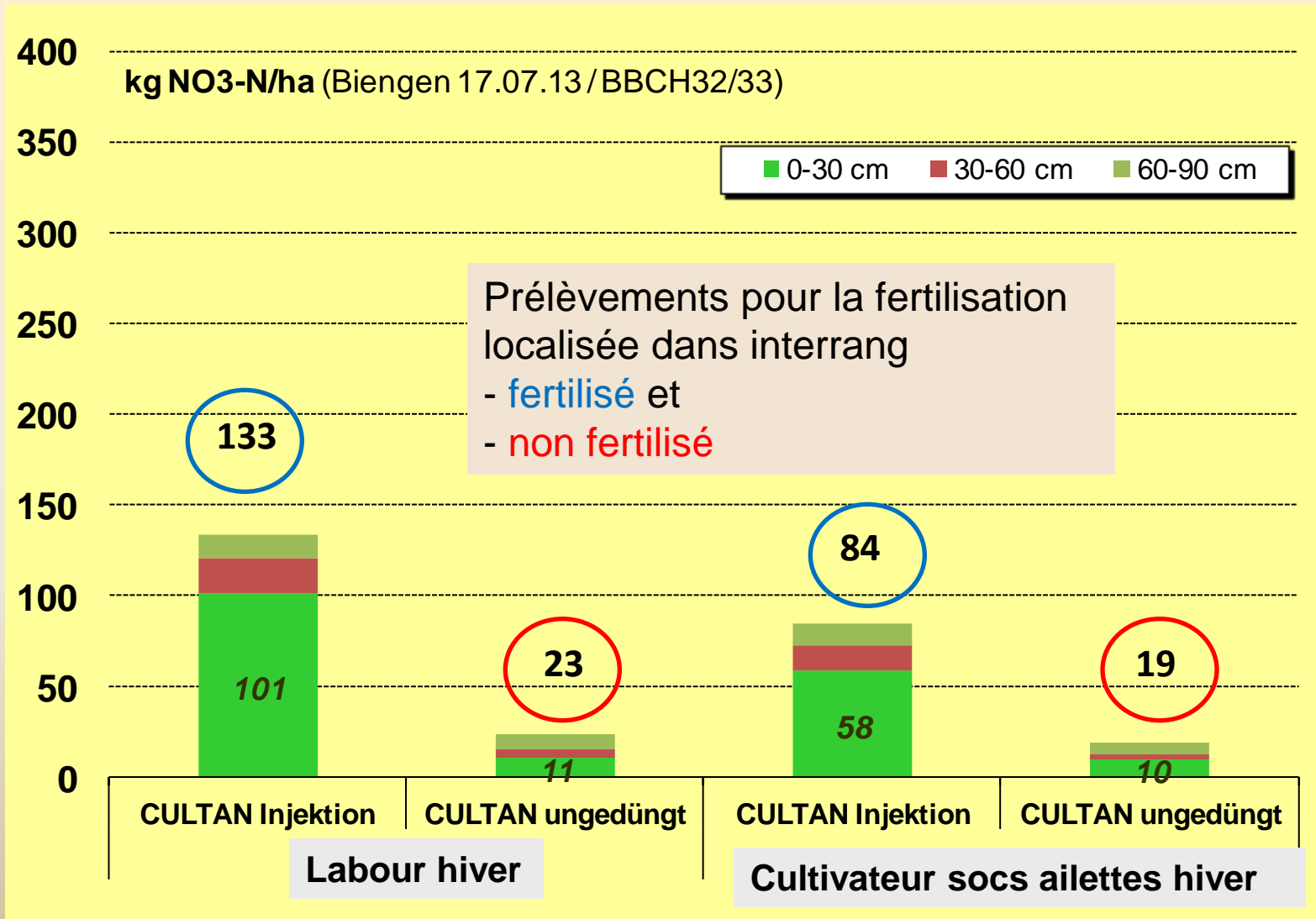
Déchaumeur
hiver NH₄

T2 / BBCH18
(26.06.2013)

T2 / BBCH18
(26.06.2013)

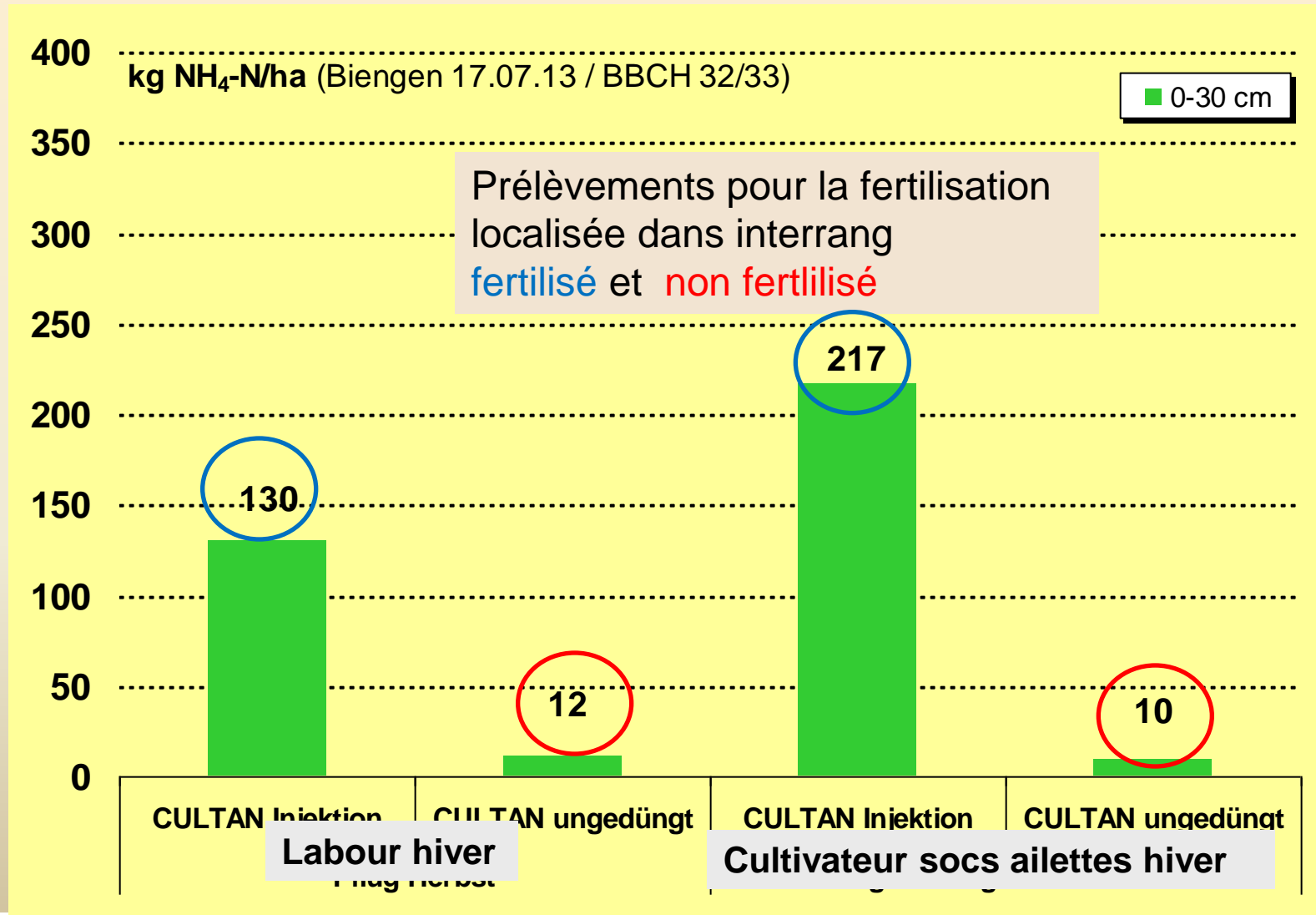


Valeurs de comparaison prélèvements conventionnels Nmin pour N sous forme de nitrate



Valeurs de comparaison prélèvements conventionnels

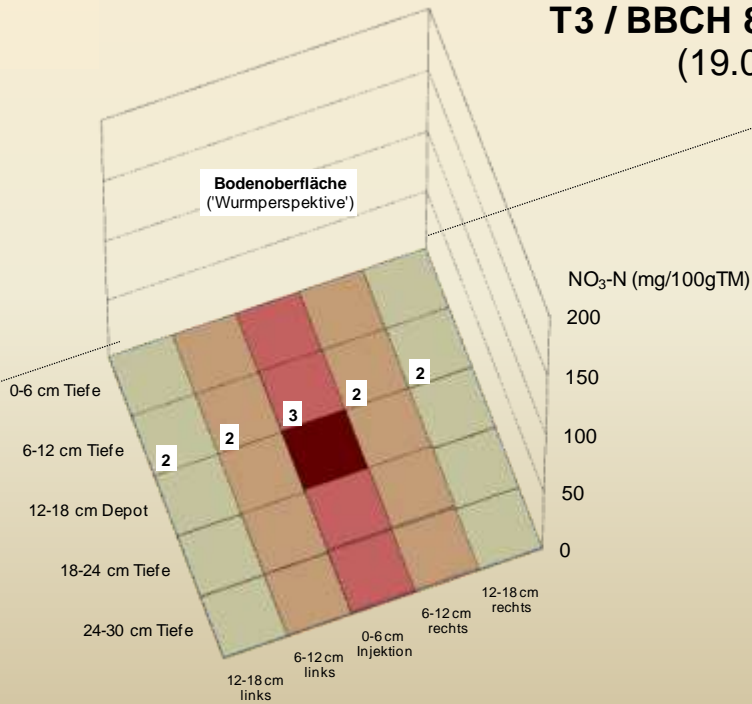
Nmin pour N sous forme d' ammonium



Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 4 mois après apport 140 Kg N/ha engrais ALZON; Loess ; Biengen; stade ensilage

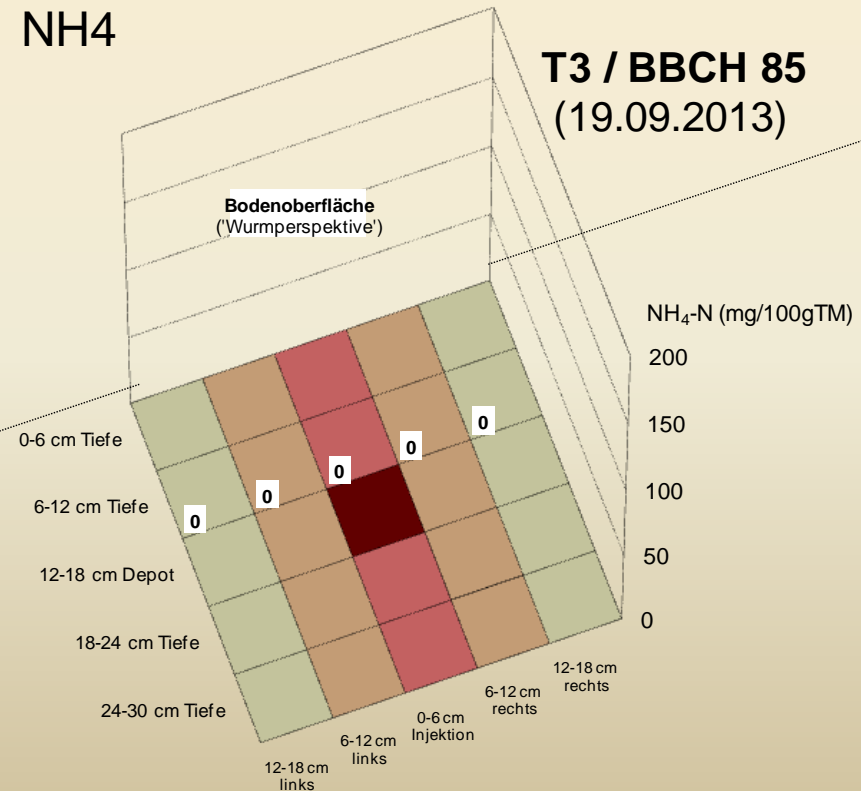
Labour hiver
Nitrate

T3 / BBCH 85 2013
(19.09.2013)



Labour hiver
NH4

T3 / BBCH 85
(19.09.2013)



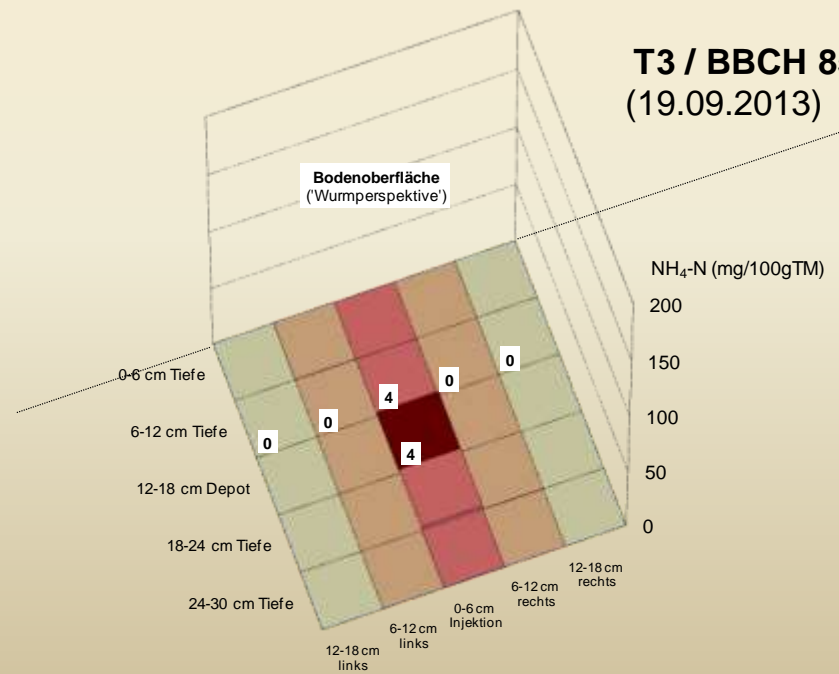
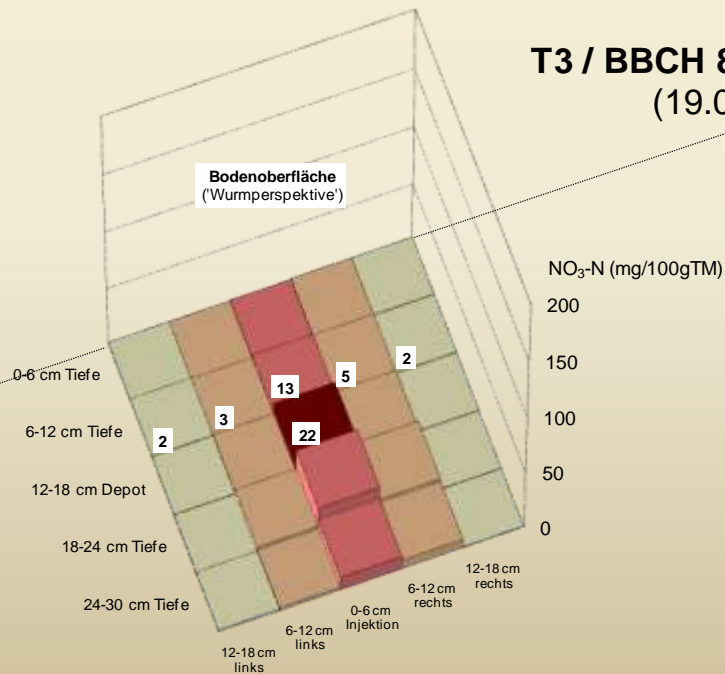
Concentrations en nitrate – et ammonium pour la fertilisation en dépôt --- 4 mois après apport 140 Kg N/ha engrais ALZON; Loess ; Biengen; stade ensilage

Cultivateur hiver
Nitrate

Cultivateur hiver
NH₄

T3 / BBCH 85 2013
(19.09.2013)

T3 / BBCH 85 2013
(19.09.2013)

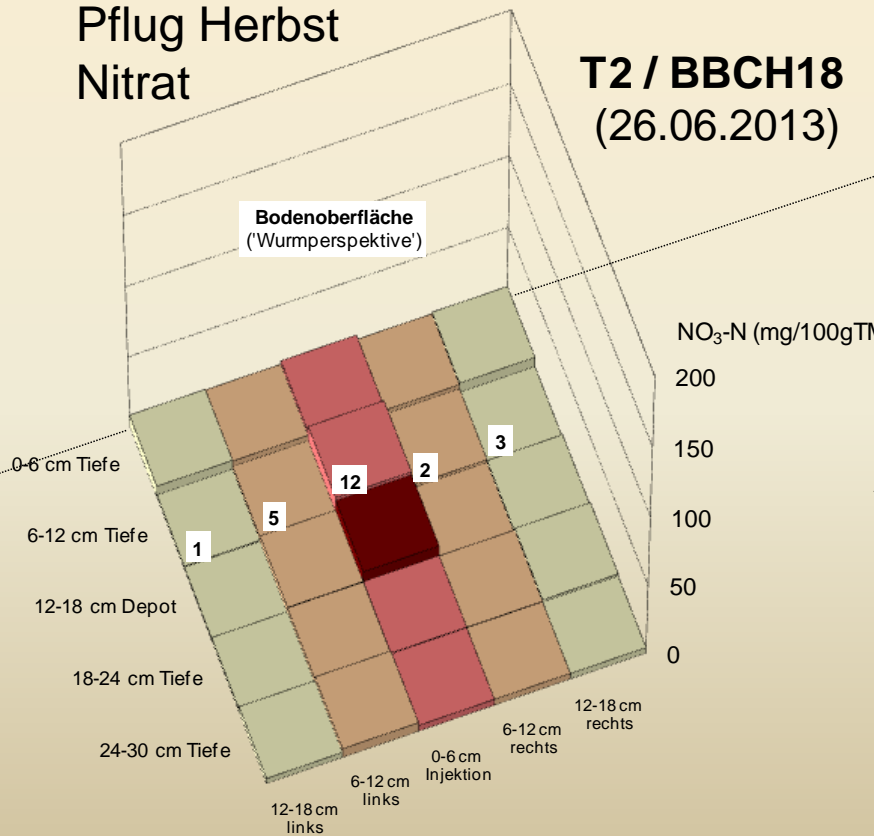


Stabilité et dynamique du dépôt d'engrais

Site HAUSEN ; limon sableux, pH 6,6; **skelettreich** gegenüber Löss stabilere Depots ?

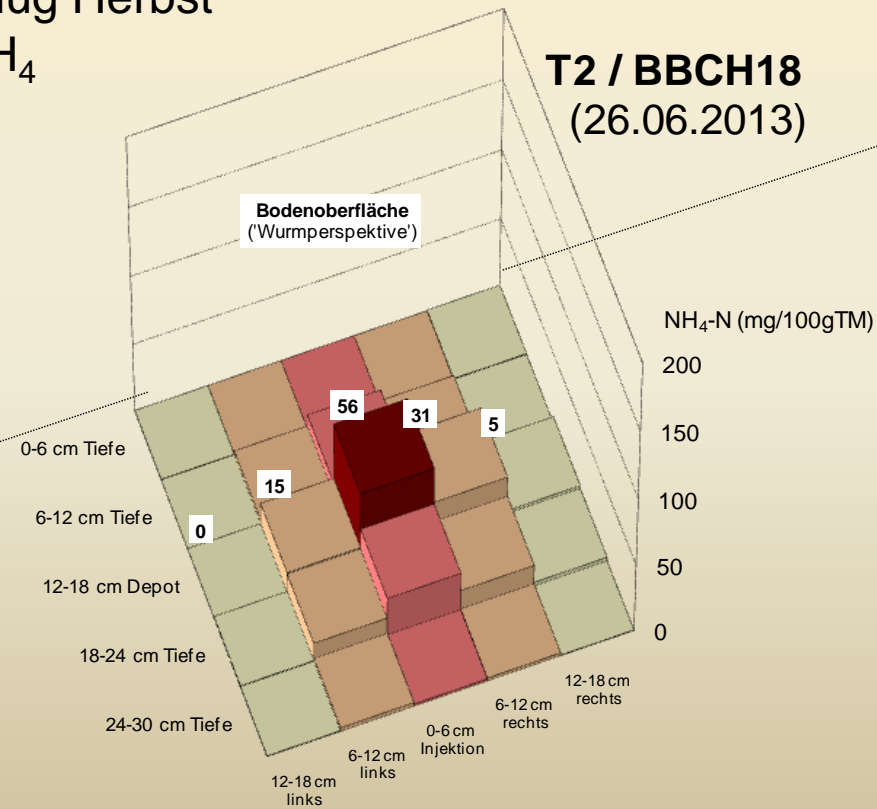
Pflug Herbst
Nitrat

T2 / BBCH18
(26.06.2013)



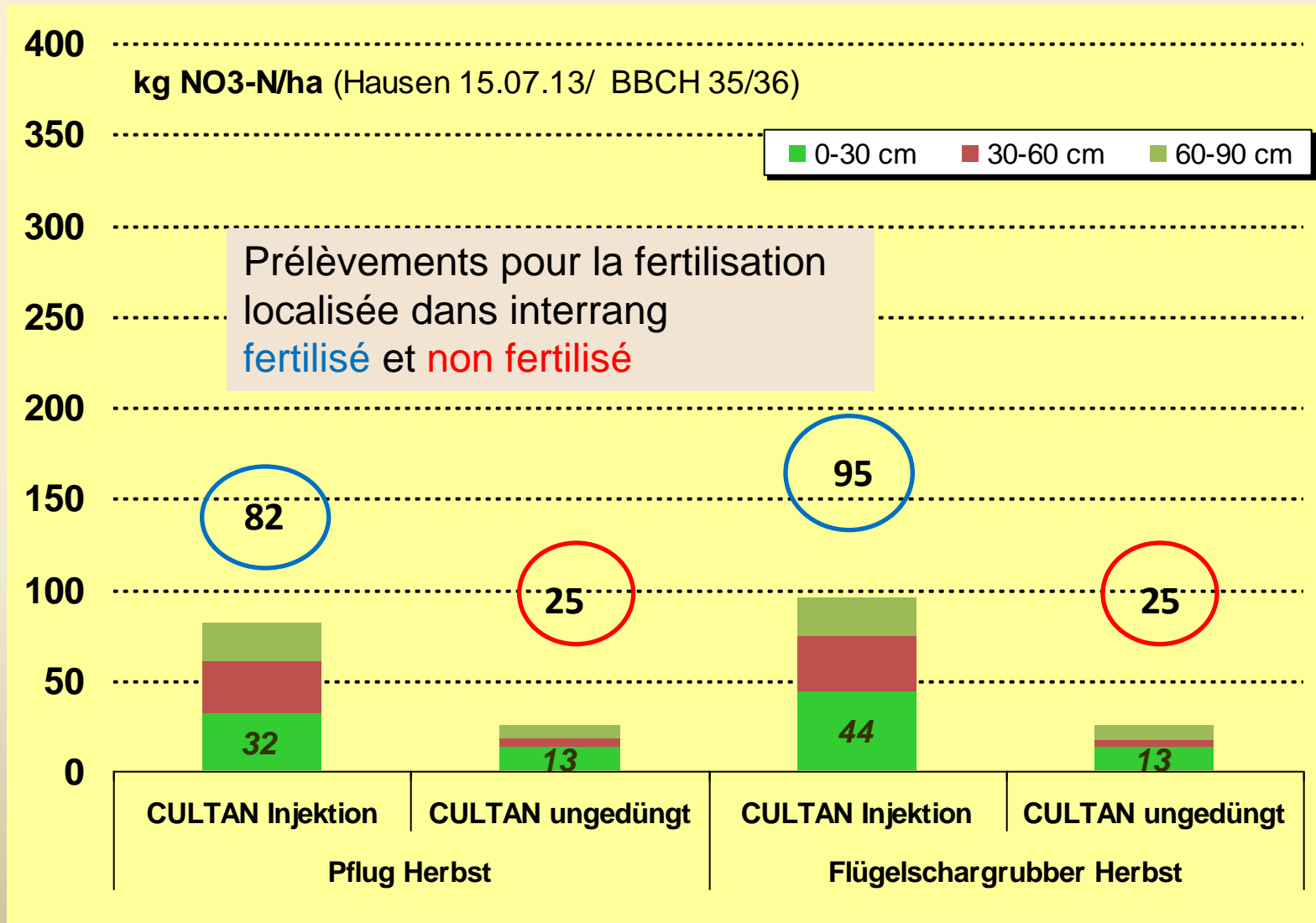
Pflug Herbst
NH₄

T2 / BBCH18
(26.06.2013)

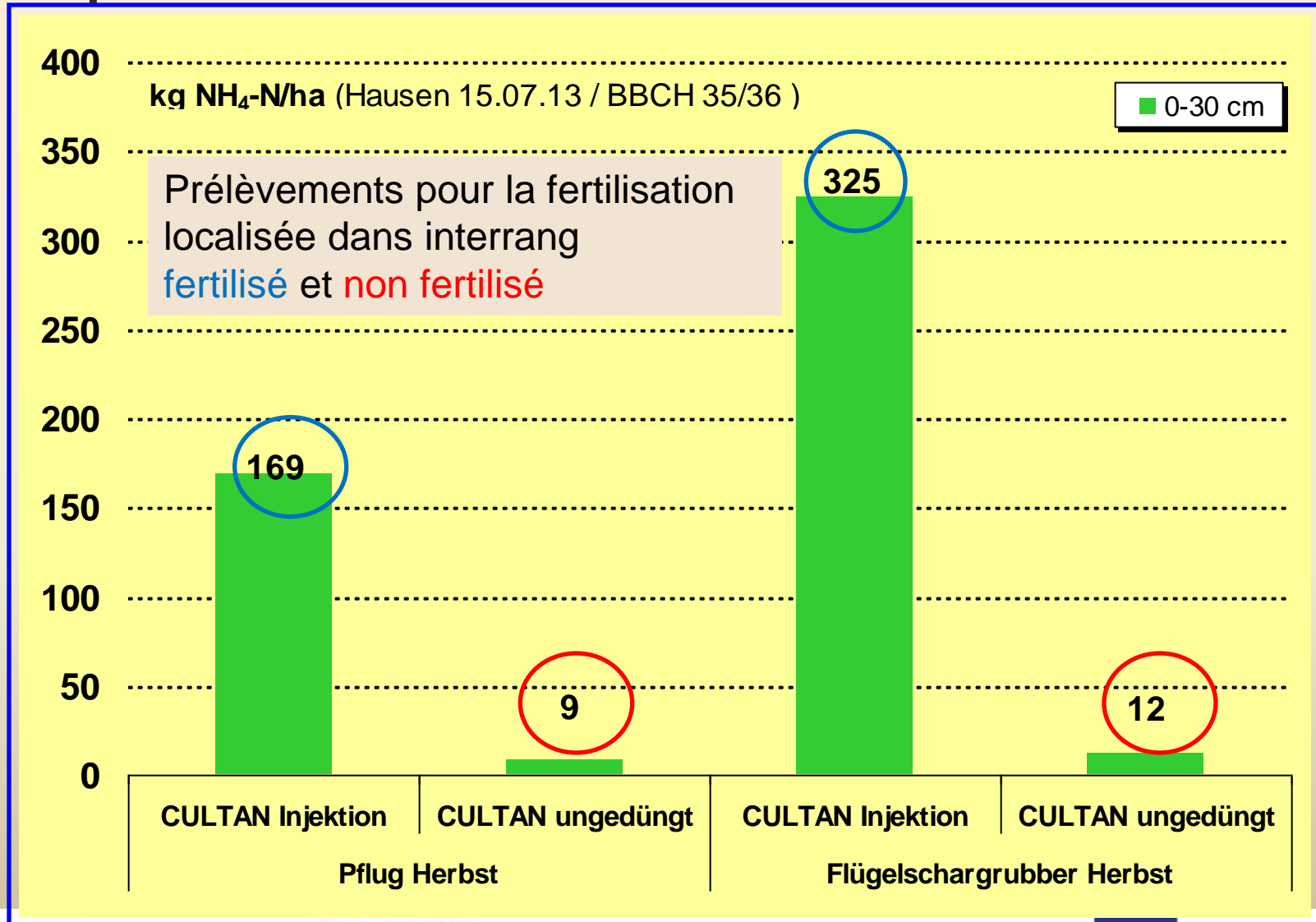


Valeurs de comparaison prélèvements conventionnels

Nmin pour N sous forme de nitrate

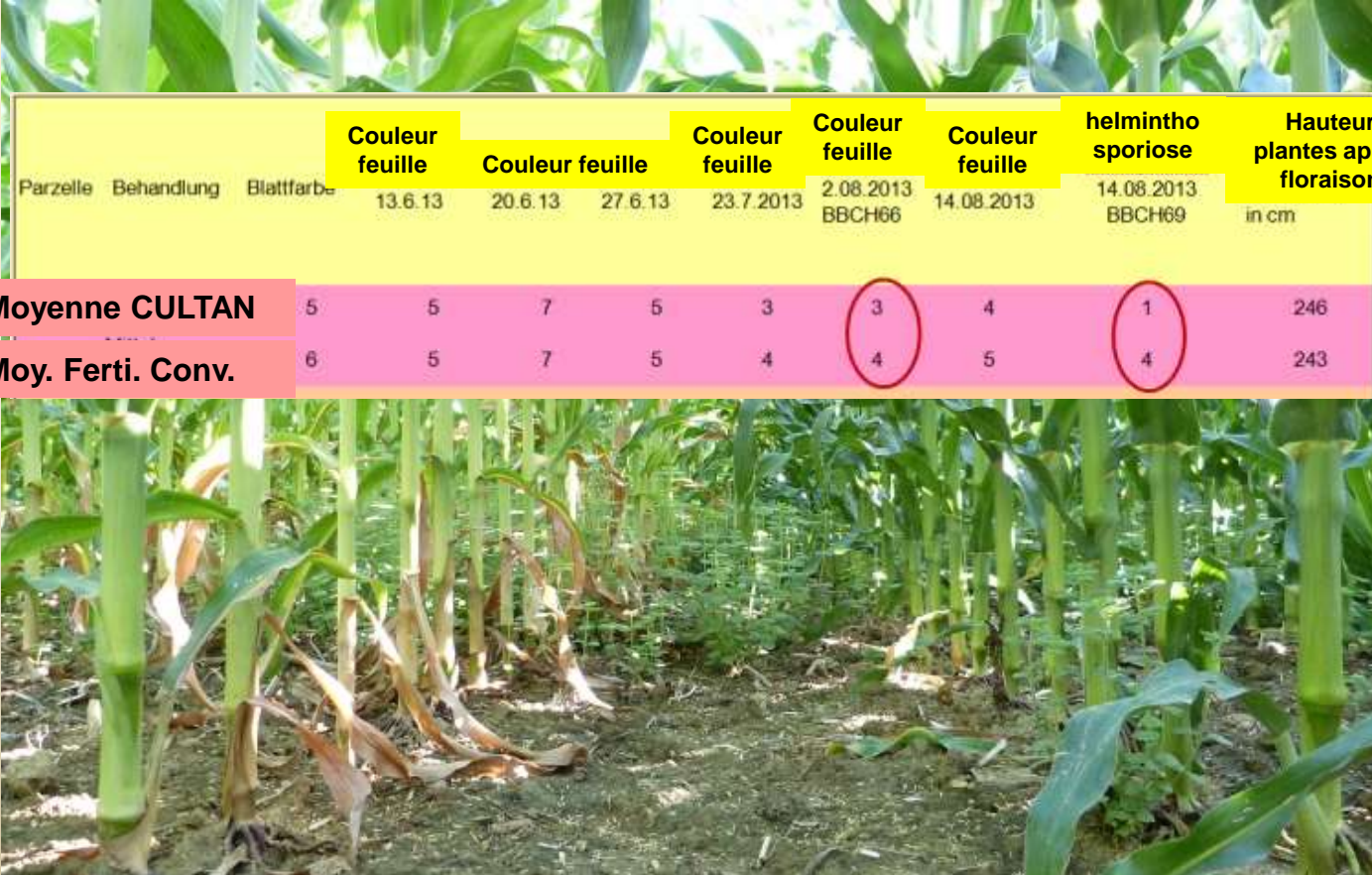


Valeurs de comparaison prélèvements conventionnels Nmin pour N sous forme d'ammonium



Effets de la fertilisation N sur la végétation du maïs

- Tendances observées d'une fertilisation localisée en dépôt avec une forme N majoritairement ammonium, Essai de Biengen 2013



Parzelle	Behandlung	Blattfarbe	Couleur feuille 13.6.13	Couleur feuille 20.6.13	Couleur feuille 27.6.13	Couleur feuille 23.7.2013	Couleur feuille 2.08.2013 BBCH66	Couleur feuille 14.08.2013	helmintho sporiose 14.08.2013 BBCH69	Hauteur plantes après floraison in cm	
Moyenne CULTAN			5	5	7	5	3	3	4	1	246
Moy. Ferti. Conv.			6	5	7	5	4	4	5	4	243



Merci pour votre attention

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit



ringwald CAD



Projekt Nr. C29



INTERREG IV Oberrhein
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt