

ARVALIS  
Institut du végétal



**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**

**Les formes d'engrais au banc  
d'essai**  
*Focus sur les acquis en France*

**ARVALIS**  
Institut du végétal

**Baptiste SOENEN / Jean-Pierre COHAN**

[b.soenen@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:b.soenen@arvalisinstitutduvegetal.fr) / [jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr)



# Les essais 2013





# Présentation réseau essai 2013

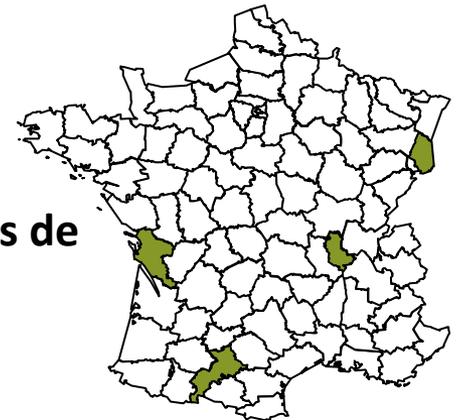


Lieu	Lavelanet-des-Comminges* (31)	Le Magneraud (17)	Lyon-St-Exupery (69)	Rustenhart (68)
Espèce Variété	Maïs P0837	Maïs DKC4795	Maïs DKC5190	Maïs DKC4814
Type de sol	Alluvions limono sablo argileuses caillouteuses	Groie moyenne sur calcaire marneux	Sol de graviers profond	Sol profond de Hardt
ETR de l'ANOVA	5.9	6.1	4.4	6.5
Alimentation hydrique	Irrigation (230 mm)	Irrigation (235 mm)	Irrigation (250 mm)	Irrigation (207 mm)
Pluie et apports N				

\* Essai en partenariat avec CA 31



**Un réseau d'essai 2013 avec de bonnes conditions de valorisation des engrais azotés**





# Performance du NEXEN<sup>TM</sup>



© ARVALIS-Chalons en Champagne



# Présentation du produit : NEXEN<sup>TM</sup>

## Firme et mise en marché

KOCH Fertilizer Products SAS  
*Engrais CE*

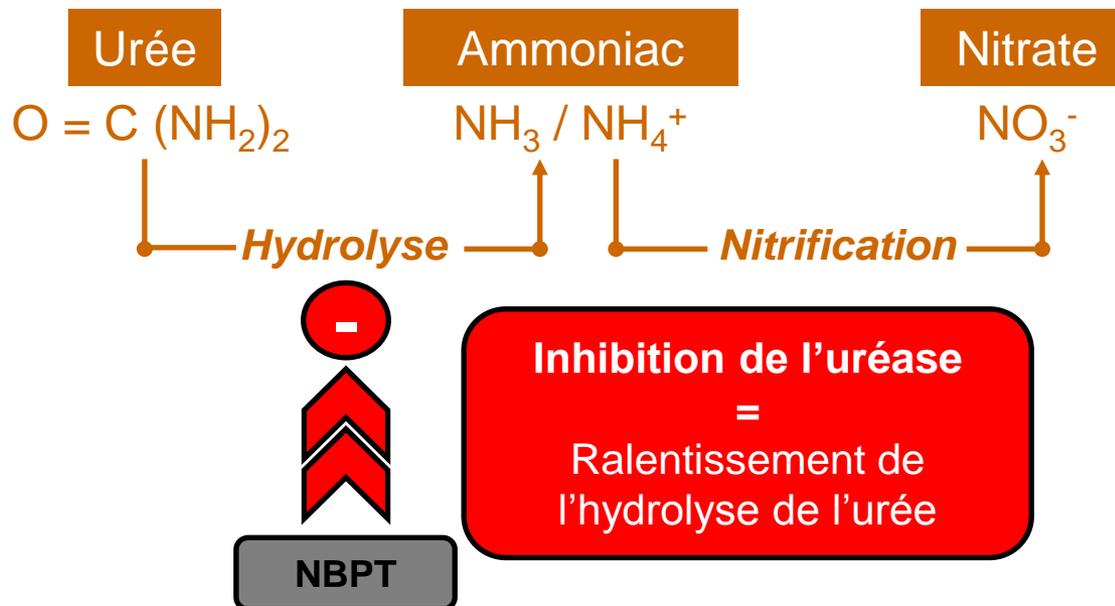
## COMPOSITION (% massique)

Azote et Soufre	N-Total	46
	N-Urée	46
	N-NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	SO <sub>3</sub>	
Additif	NBPT (N-(n-Butyl) ThioPhosphoric Triamide)	0.09 à 0.20*

\* Teneurs minimales et maximales (règlement CE), en % massique du N-total sous forme uréique.

**Forme solide**

## Principe technologique

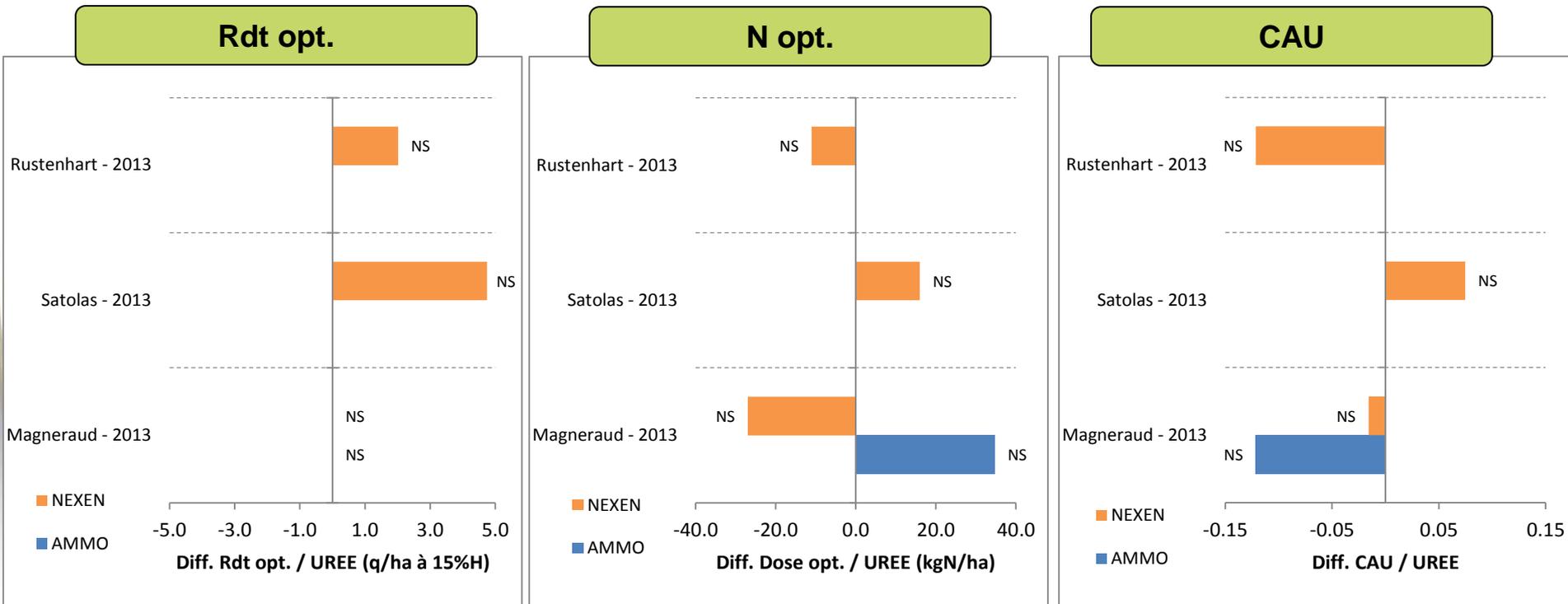


## Effets attendus

- **Par rapport à l'urée granulée** : moindre perte par volatilisation ammoniacale
- **Par rapport à l'ammonitrate** : performance agronomique équivalente



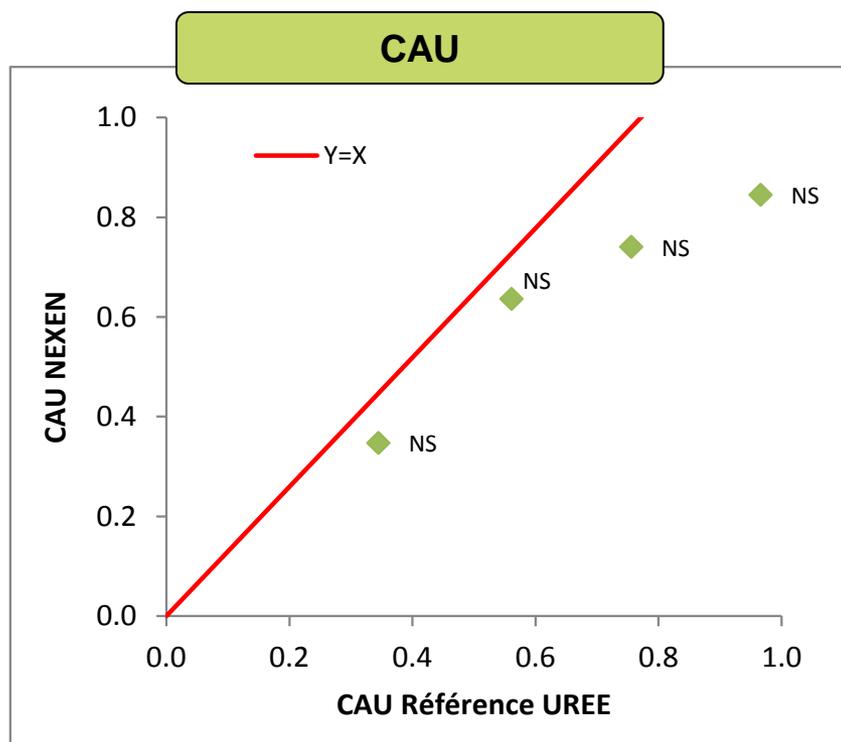
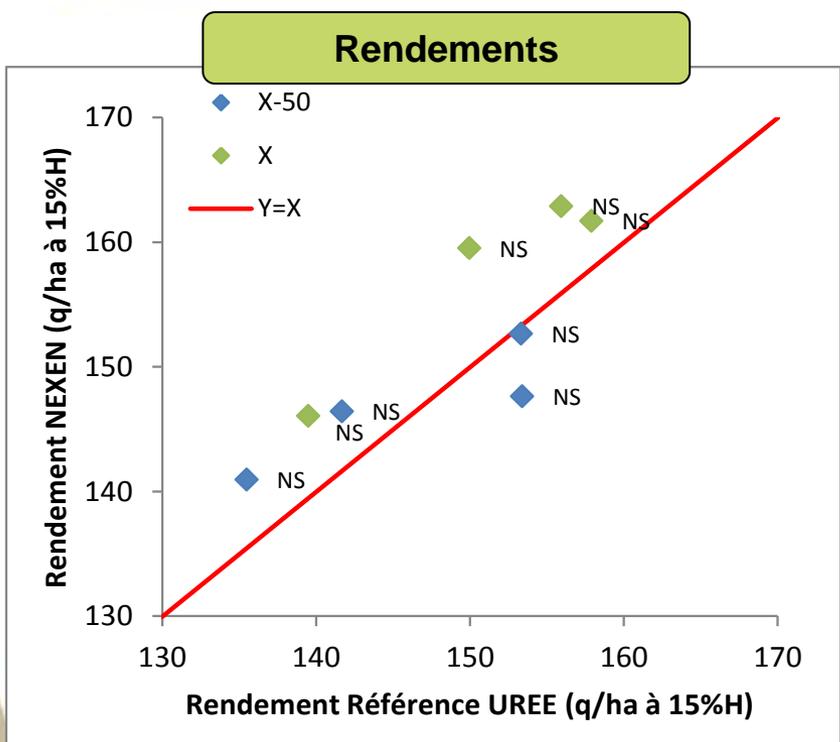
# Résultats en CRN : synthèse



Test statistique en comparaison avec la référence UREA (modèles emboîtés)  
\*\*\* différence significative à 1%; \*\* à 5%; \* à 1%; NS Non Significatif



# Résultats en points solo : synthèse



Comp/ UREE	AMMO	NEXEN
Rdt X-50 (q/ha à 15%H)	-4.8 <sup>NS</sup>	+0.9 <sup>NS</sup>
CAU	-0.14 <sup>NS</sup>	-0.01 <sup>NS</sup>
Nb d'essais	2	4

Test statistique en comparaison avec la référence UREE (2 apports)  
 \*\*\* différence significative à 1%; \*\* à 5%; \* à 10%; NS Différence non significative



# Performance de l'APEX<sup>®</sup> N30



© ARVALIS-Chalons en Champagne



# Présentation des produits : APEX®

## Firme et mise en marché

TIMAC AGRO  
NFU 42-001

## Principe technologique

- Fusion/granulation/cristallisation des éléments fertilisants avec un agent matriciel organo-calciq
- Libération progressive des éléments fertilisants dans le sol

## COMPOSITION (% massique)

Type de formulation*		N30
Azote et Soufre	N-Total	30
	N-Urée	26
	N-NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	SO <sub>3</sub>	20
P,K,MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	K <sub>2</sub> O	
	MgO	3

## Effets attendus (info firmes)

- **Limitation des pertes N** : limitation de la lixiviation et de la volatilisation ammoniacale
- **Effet sur le sol** : stimulation de la minéralisation de l'azote organique du sol
- **Performances rendements** : supérieur à une stratégie « tout urée »

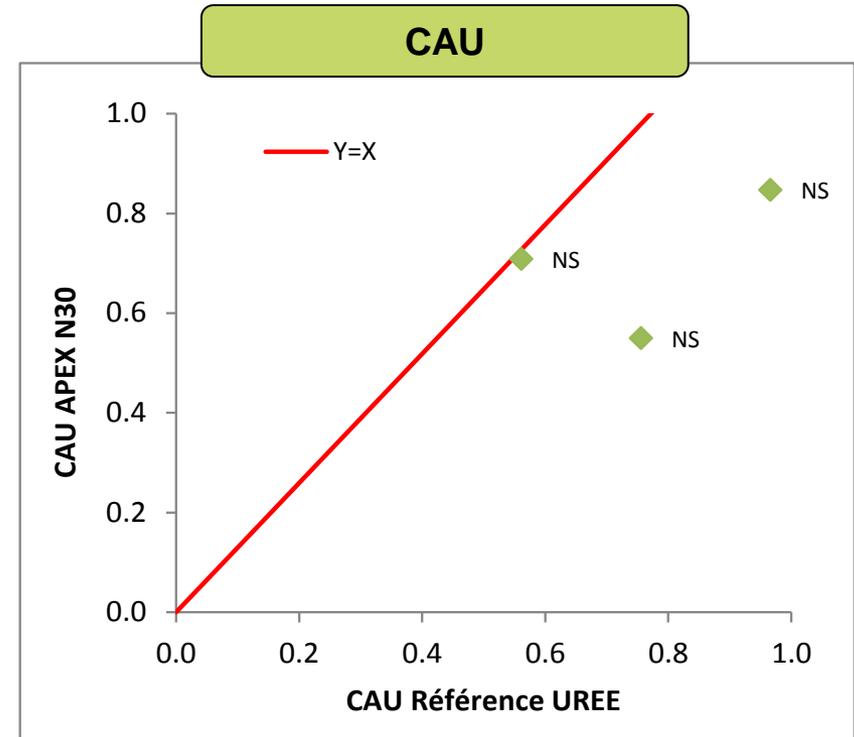
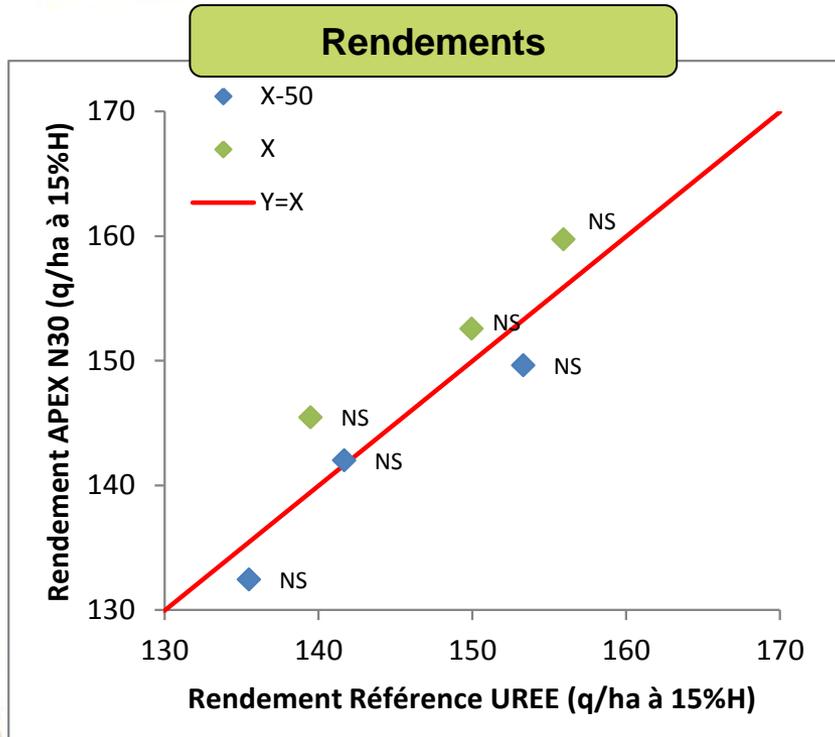
**Forme solide**

**Les essais sont couverts  
en soufre**

\* APEX N30 testé dans nos essais, il existe plusieurs autres produits « APEX » dans la gamme TIMAC AGRO.



# Résultats en points solo : synthèse



Comp/ UREE	APEX N30 puis UREE
Rdt X-50 (q/ha à 15%H)	-2.14 <sup>NS</sup>
CAU	-0.06 <sup>NS</sup>
Nb d'essais	3

Test statistique en comparaison avec la référence UREE (2 apports)

\*\*\* différence significative à 1%; \*\* à 5%; \* à 10%; NS Différence non significative



# Performance de l'ALZON<sup>®</sup> 46



© ARVALIS-Chalons en Champagne



# Présentation du produit : ALZON<sup>®</sup> 46

## Firme et mise en marché

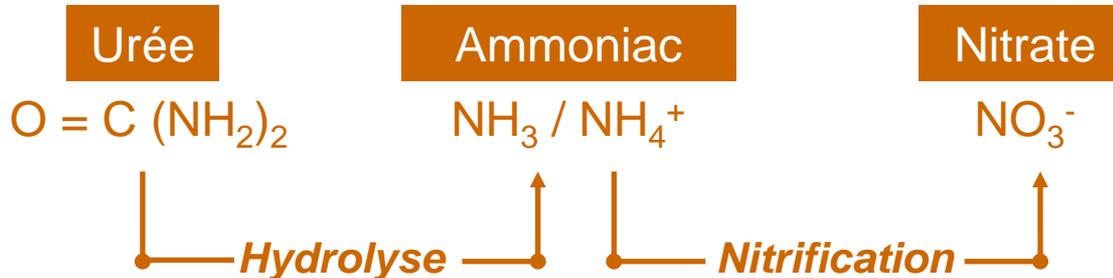
SKW Piesteritz  
Commercialisé en Allemagne

## COMPOSITION (% massique)

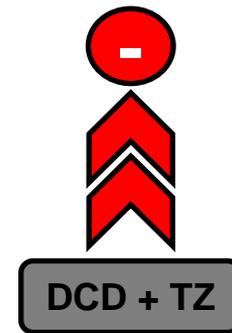
Azote et Soufre	N-Total	46
	N-Urée	46
	N-NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
	SO <sub>3</sub>	
Additif	DCD + TZ (dicyandiamide et 1H-1, 2,4 triazole)	??

Forme solide

## Principe technologique



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



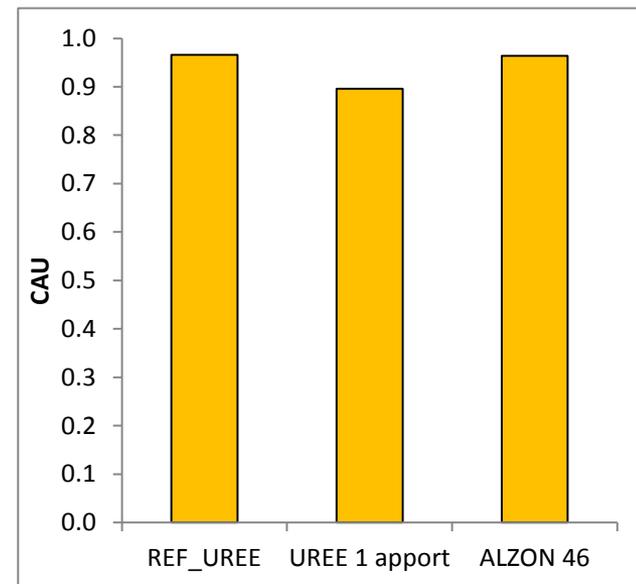
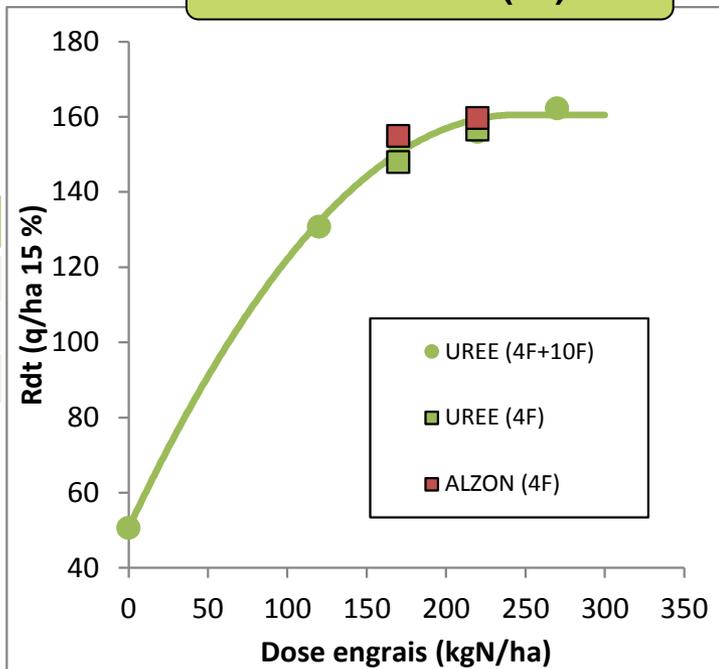
## Effets attendus

- Par rapport aux engrais N classiques : moindre pertes par lixiviation et par émissions de N<sub>2</sub>O
- Effet retard : groupement du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>ème</sup> apport



# Résultats en points solo : rendements et CAU

**Rustenhart (68)**



	UREE
Nopt (kgN/ha)	244.4
Ro <sub>pt</sub> (q/ha)	160.5
ETR (q/ha)	3.5

Comp/UREE		X-50	X
Rendement (q/ha à 15%H)	Contraste	NS	NS
	Comp. CRN	NS	NS

	UREE (2 apports)	UREE (1 apport)	ALZON 46
CAU	0.97	0.90 <sup>NS</sup>	0.96 <sup>NS</sup>

Test statistique en comparaison avec la référence UREE (2 apports)  
 \*\*\* différence significative à 1%; \*\* à 5%; \* à 10%; NS Différence non significative

# Combinaison de Strip-Till avec fertilisation localisée



Dr. Wilfried Hermann, Universität Hohenheim  
Versuchsstation Agrarwissenschaften



Colloque final du projet transfrontalier INDEE :  
la fertilisation azotée localisée du maïs : une vraie alternative pour demain ?  
Sainte Croix-en-Plaine, 27.11.2014



# Site ferme expérimentale Ihinger Hof



- **Situation:** Landkreis Böblingen, 30 km ouest de Stuttgart
- **Exploitation céréalière :** 230 ha LN
- **Altitude :** 450 m – 508 m
- **Température :** 9,2 °C
- **Σ Pluviométrie :** 689 mm
- **sol :** argile 30%, limon 70%  
pH 7,0
- **Ackerzahlen:** 42-70 (échelle valeur fertilité des sols)
- **Caractéristiques :** Essais au champ  
Betterave, colza d'hiver, Maïs  
céréales –production de semences  
Precision Farming
- **2006 :** acquisition système de guidage avec RTK-GPS (+-2,5 cm)

# Alternative: Strip-Till = travail en bandes



# Objectifs



- **réalisation d'un espace racinaire optimal (ameublissement + éloignement des résidus)**
- **réalisation d'un lit de semences optimal**
- **économie de charges sans pertes de rendement**
- **amélioration de la disponibilité de l'eau du sol**
- **protection contre l'érosion**
- **fertilisation localisée avec fertilisants minéraux ou organiques**
- **Strip-Till combine les avantages du travail du sol conventionnel avec ceux du semis direct et évite leurs inconvénients**

# Strip-Till-les outils (deux passages)



# Strip-Till-les outils (combinés)



Bild: Sander

# Strip-Till automne



**Strip-Till classique**



**Strip-Till intensif**

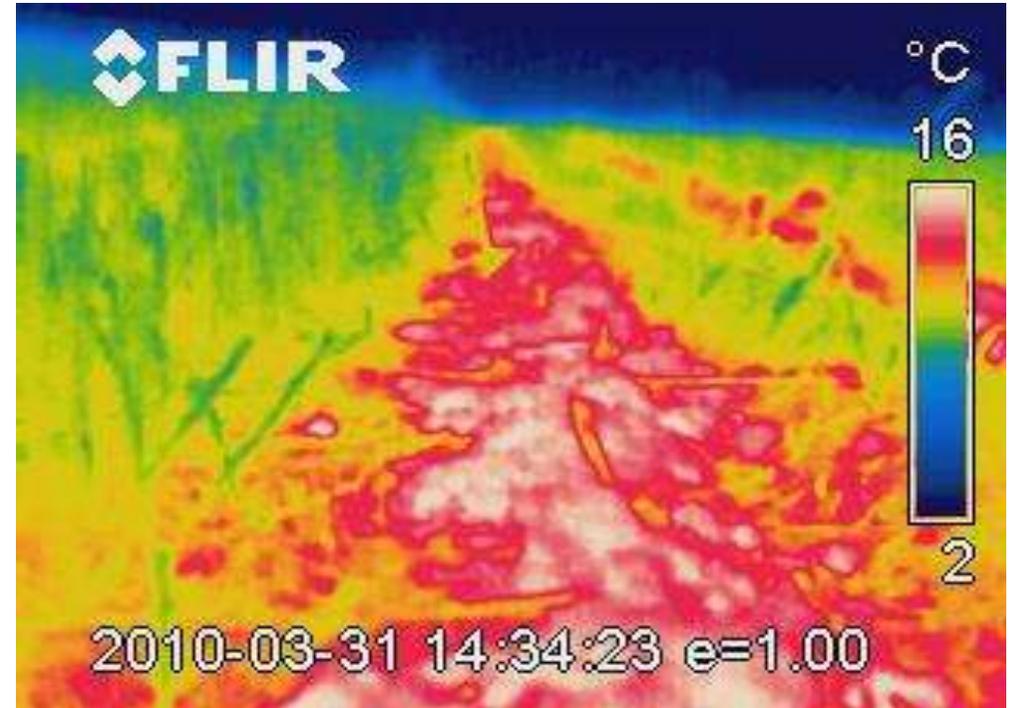
# Strip-Till et couvert d'interculture



# hiver



# Températures du sol



# Strip-Till: option préparation lit de semences



# Strip Till avec betterave à sucre



# Betterave à sucre semis TCS



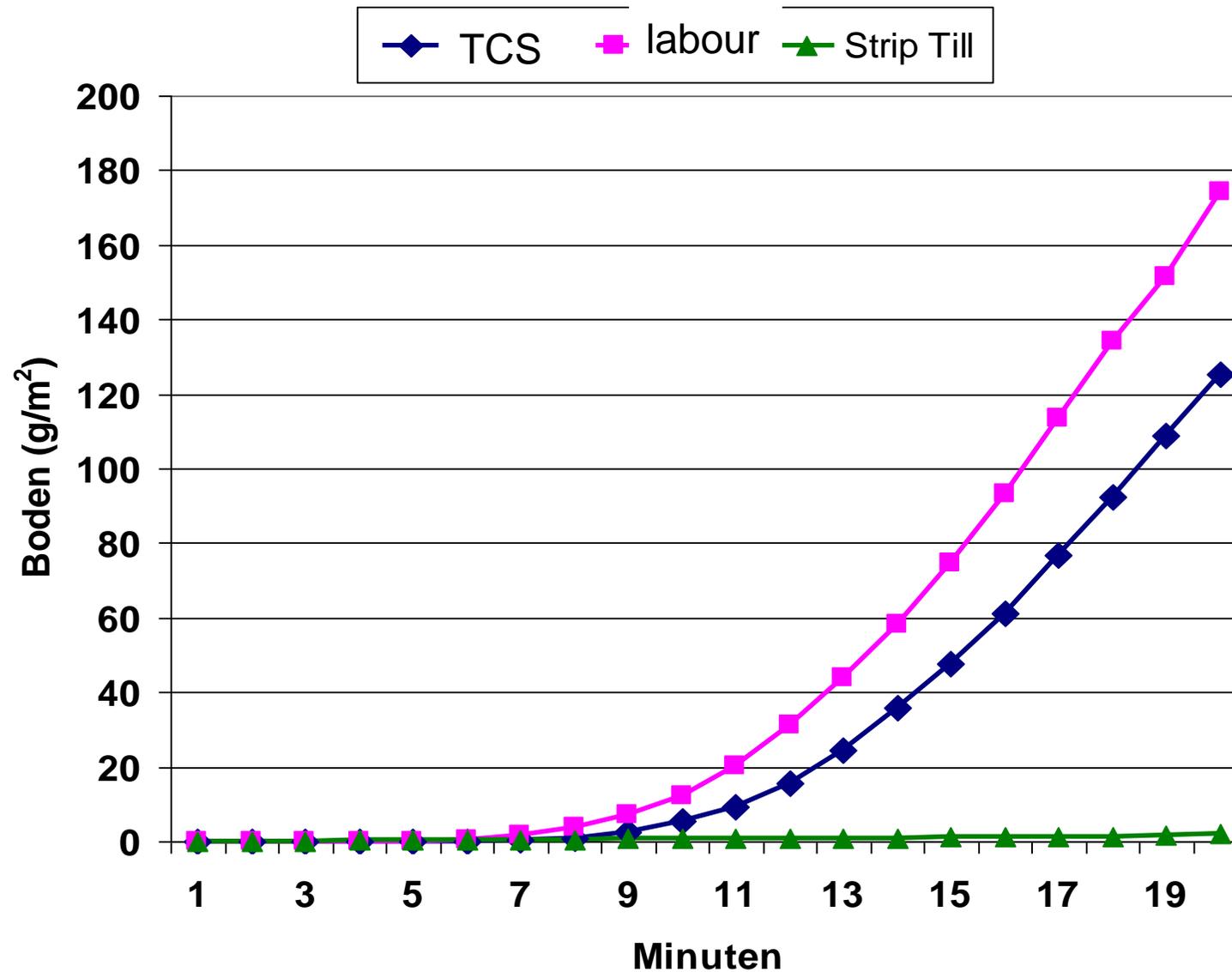
# Betterave à sucre Strip-Till



# Erosion du sol



Essai irrigation betterave à sucre 2011 2 l/min, total 40 l



# Infiltration de l'eau



08.06.08 : 8 mm pluie en 15 min (saturation du sol)



**TCS**



**Strip-Till**

# Strip Till betterave à sucre fertilisation localisée



# Betterave à sucre fertilisation N



Ihinger Hof, 2011-2012 (Strip-Till)

<b>Pratiques de fertilisation</b>	<b>Rendement betterave [t ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>Rendement sucre* [t ha<sup>-1</sup>]</b>
En surface	950 a	16,2 a
Localisée sous le rang et entre rangs 50/50	930 ab	15,5 a
localisée sous le rang	928 ab	15,2 a
Localisée et en surface 50/50	871 b	14,3 ab
Localisée entre rangs	865 b	14,3 ab
Non fertilisée (témoin)	729 c	12,6 b

\* Rendement sucre net

# Mais grains



# Mais grains



	2009	2011	Mittel
	Rendement sec [q/ha]	Rendement sec [q/ha]	Rendement sec [q/ha]
Semis TCS	92,8	88,4	90,6
Strip-Till	93,5	85,6	89,6

Link, 2013

# Colza : Strip-Till + fertilisation N à l'automne

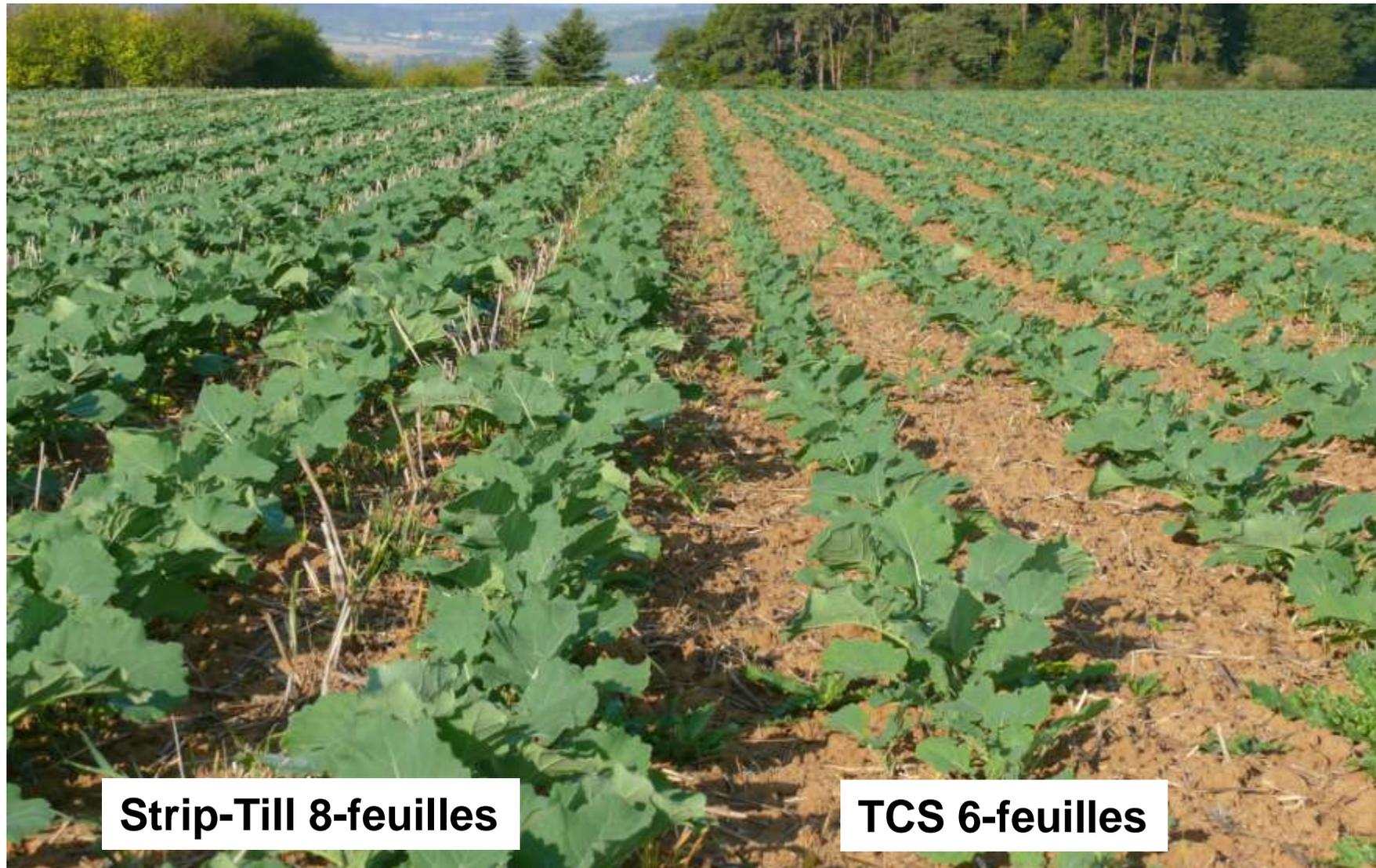


Standort: Ihinger Hof, 2012

Précédent blé, semis 19.08.11, variété Visby: 20 gr./m<sup>2</sup>, écartement 50 cm, grandes parcelles : 320 m x 12 m, 6 répétitions

<b>Pratique</b>
Techniques Culturelles Simplifiées
Strip-Till avec travail des pailles
Strip-Till sans travail des pailles
Fertilisation N 50 kg N ha <sup>-1</sup> en surface
Fertilisation N 50 kg N ha <sup>-1</sup> Strip-Till localisé à 15 cm de profondeur

# Strip-till colza 27.09.11



**Strip-Till 8-feuilles**

**TCS 6-feuilles**

# Fertilisation du colza



**50 kg N/ha avec  
localisation env. 15 cm  
de profondeur**

**50 kg N/ha en surface  
après le semis**

**Bild: Pflugfelder**

# Colza : Strip-Till + fertilisation N à l'automne



Pratique	Rendement [t ha <sup>-1</sup> ]
Techniques Culturelles Simplifiées	3,99 a
Strip-Till sans travail des pailles	4,24 b
Strip-Till avec travail des pailles	4,04 a
Fertilisation N 50 kg N ha <sup>-1</sup> en surface	4,06 a
Fertilisation N 50 kg N ha <sup>-1</sup> Strip-Till localisé 15 cm de profondeur	4,18 a

Standort: Ihinger Hof, 2012

Précédent blé, semis 19.08.11, variété Visby: 20 Kö. m<sup>-2</sup>, écartement 50 cm, grandes parcelles : 320 m x 12 m, 6 répétitions

# Chou cabus : fertilisation - Strip-Till



## Chou cabus :

Ihinger Hof 2011-2013

---

Labour

Strip-Tillage (1x)

Strip-Tillage (2x)

et Fertilisation N sur toute la surface

Strip-Tillage (2x)

et Fertilisation N localisée

---

Précédent triticales, dispositif blocs, 4 répétitions, fertilisation N avec Entec Perfect

# Chou cabus



# Chou blanc fertilisation-Strip-Till



## Rendement du chou : Ihinger Hof 2011-2013

	2011	2012	2013
	Rendement MF [t ha <sup>-1</sup> ]		
Labour	59a	65b	58a
Strip-Tillage (1x)	58a	74a	57a
Strip-Tillage (2x)	-	69ab	53a
Fertilisation N sur toute la surface	-	69ab	53a
Strip-Tillage (2x)	-	67ab	50b
Fertilisation N localisée	-	67ab	50b

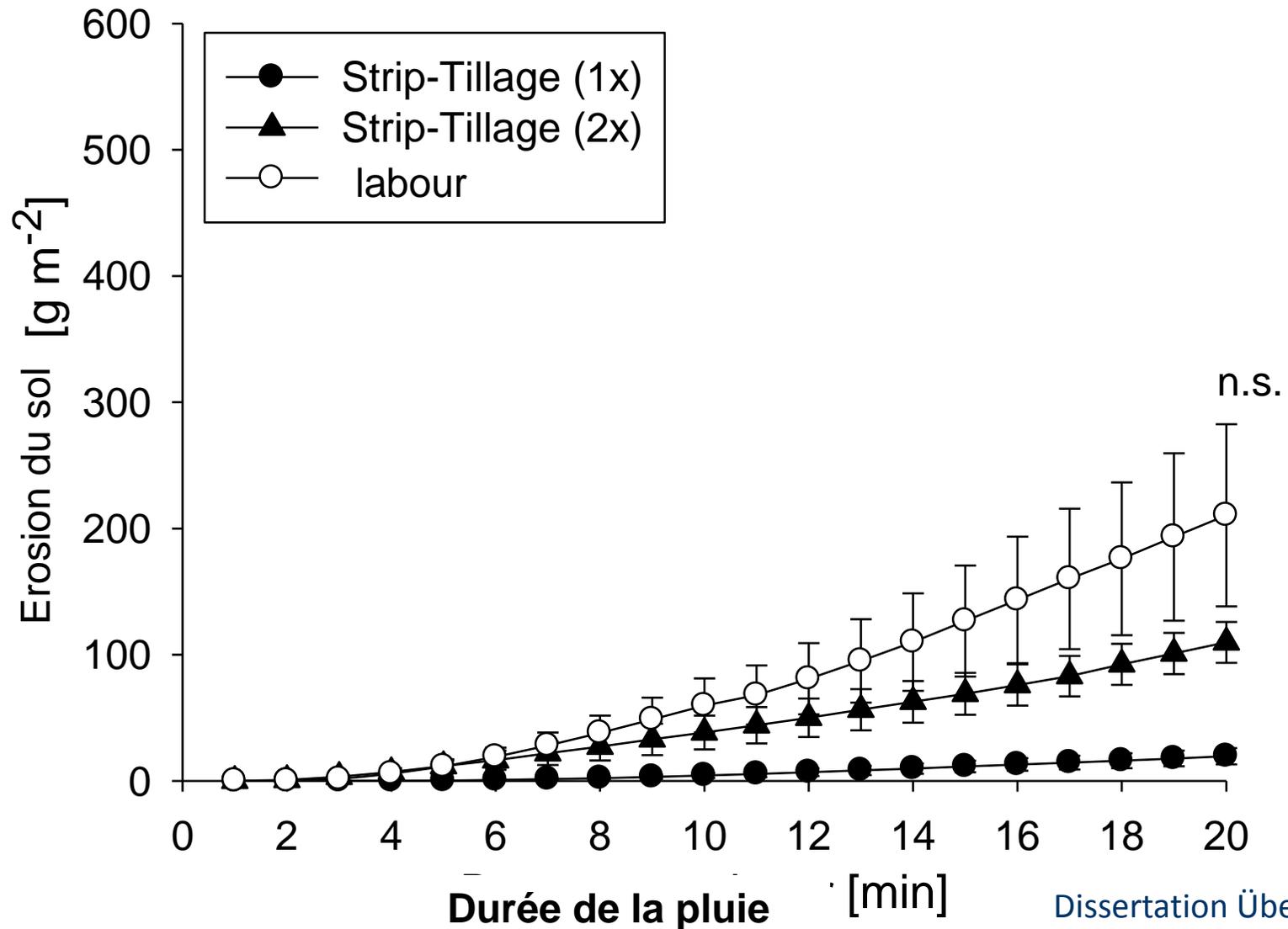
Dissertation Übelhör, 2014

- Les choux blancs absorbent l'azote dans les rangs comme dans les espaces non travaillés entre les rangs
- Aucune différence dans les teneurs en azote des plantes que pour les quantités d' N absorbées

# Chou cabus - Erosion



Chou cabus, Ihinger Hof, 2012



# Conclusions



- **Strip-Till améliore la protection contre l'érosion en comparaison du labour et même des TCS.**
- **Les rendements avec Strip-Till sont comparables à ceux des TCS.**
- **Des effets significatifs sur rendement de la fertilisation localisée du colza, betterave et chou n'ont pas pu être constatés sur le site de Ihinger Hof en comparaison de la fertilisation de surface.**

**Merci pour votre attention !**

**Team Ihinger Hof**

**Markus Pflugfelder**

**Horsch GmbH, Rapool Ring GmbH**

**wilfried.hermann@uni-hohenheim.de**

**www.strip-till.de**



# Combinaison de strip till avec la localisation d'engrais

Damien BRUN

d.brun@arvalisinstitutduvegetal.fr



**FORUM TRANSFRONTALIER:**

**La fertilisation azotée localisée du maïs:  
une vraie alternative pour demain ?**

**Ste Croix en Plaine, le 27 novembre 2014**



# Contexte du travail

- Attente des agriculteurs français (Enquête Arvalis 2011, 42 agriculteurs rencontrés)
- Une des raisons d'être de la technique aux USA
- Contexte pédo-climatique et pratiques différents



Extrapolation impossible des résultats US  
Besoin de créer des références propres



## Economies théoriques:

- Mise à disposition au plus près des racines (P,K)
- Diminution des pertes par volatilisation (N)

## Limites attendues:

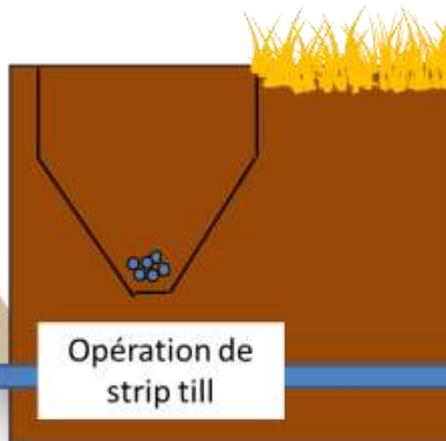
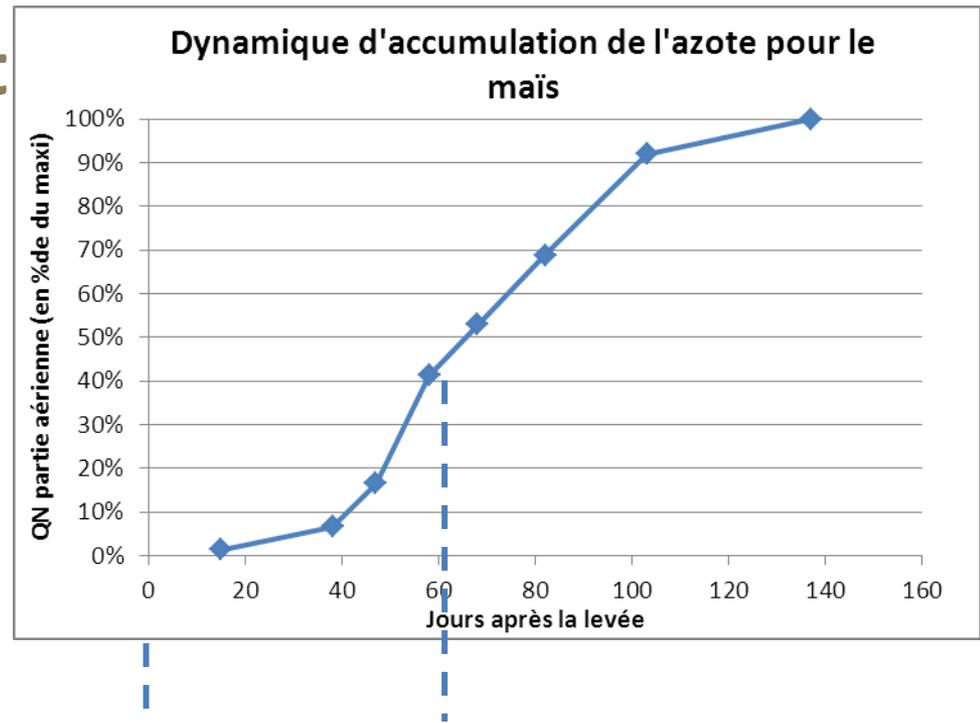
- Décalage entre l'apport et les besoins du maïs
- Risque de pertes par lessivage (printemps humides, sols sableux)



# Schématiquement

## Plusieurs façons de répondre:

- Profondeur du dépôt
- Fractionnement
- Forme de l'engrais





# Essai: objectifs et dispositif expérimental

- Y a-t-il un avantage à localiser l'engrais en profondeur lorsque l'on utilise la technique strip till ?
- Faut-il fractionner l'engrais en plusieurs apports ?
- Si oui, quel fractionnement préconiser ?



- Essai analytique: en blocs avec 3 répétitions
- Sol limono argileux avec 22 à 24% d'argile, profondeur de 70cm
- Précédent : orge de printemps suivi d'un couvert végétal
- Engrais utilisé : ammonitrate (ST, vég) , DAP (semis)



# Essai Boigneville 2013

Apport:

22-04-2013

24-04-2013

17-06-2013



Source: Arnaud Gobillot

## Courbe de réponse:

- Témoin (0 kg/ha) N°1
- X-90 (50 kg/ha) N°2
- X-40 (100 kg/ha) N°3
- X (140 kg/ha) N°4
- X+80 (220 kg/ha) N°5

## Dose totale 100 kg/ha:

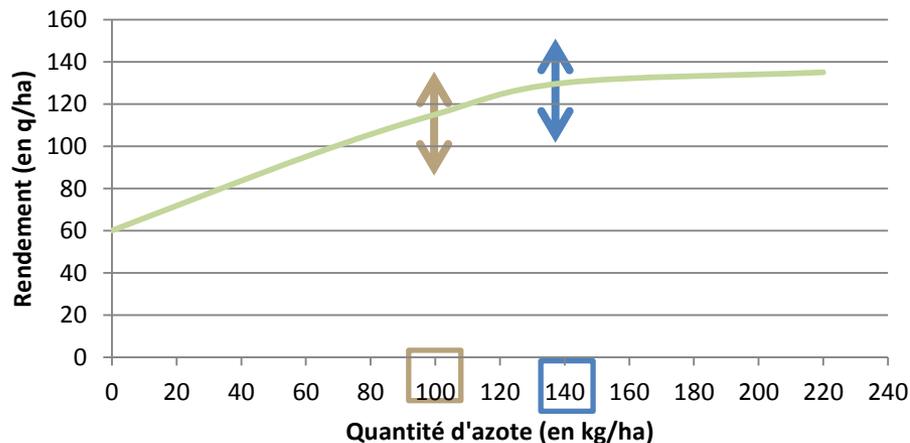
- Tout au strip till N°6
- 2/3 au strip till N°7
- 1/3 au strip till N°8
- Tout en végétation N°9



## Dose totale 140 kg/ha:

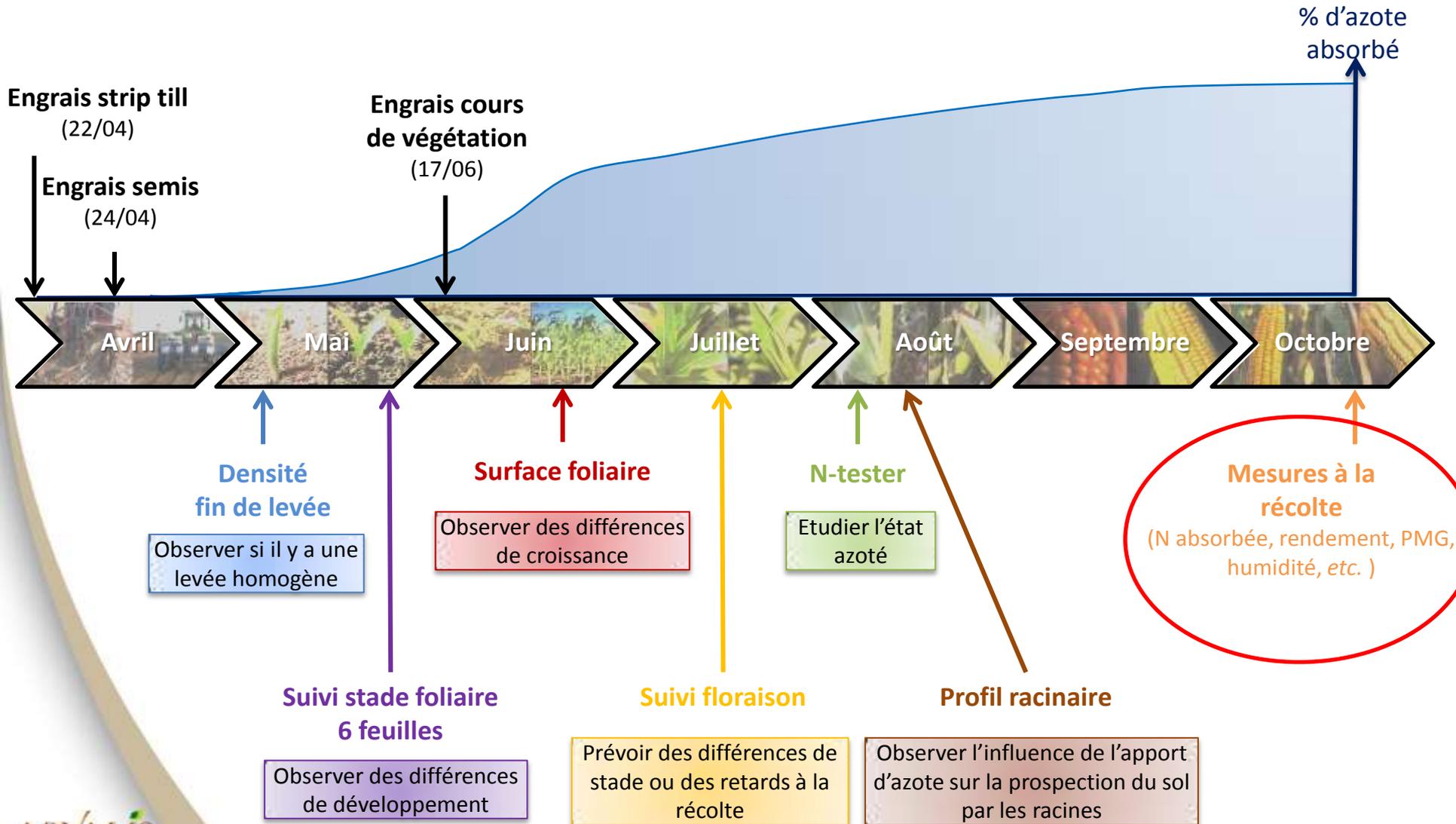
- Tout en végétation N°10
- Tout au strip till N°11

## Courbe de réponse





# Variables mesurées

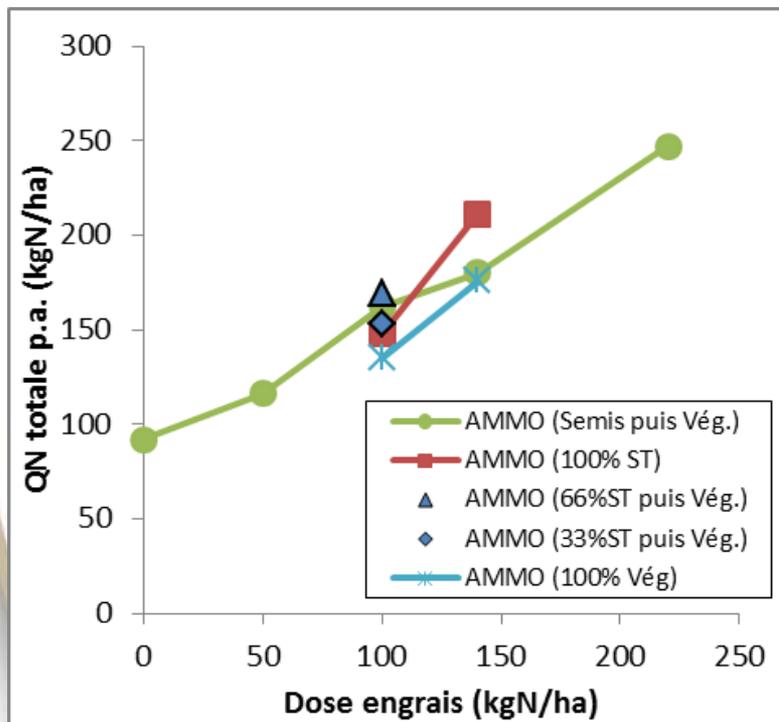


08/12/2014

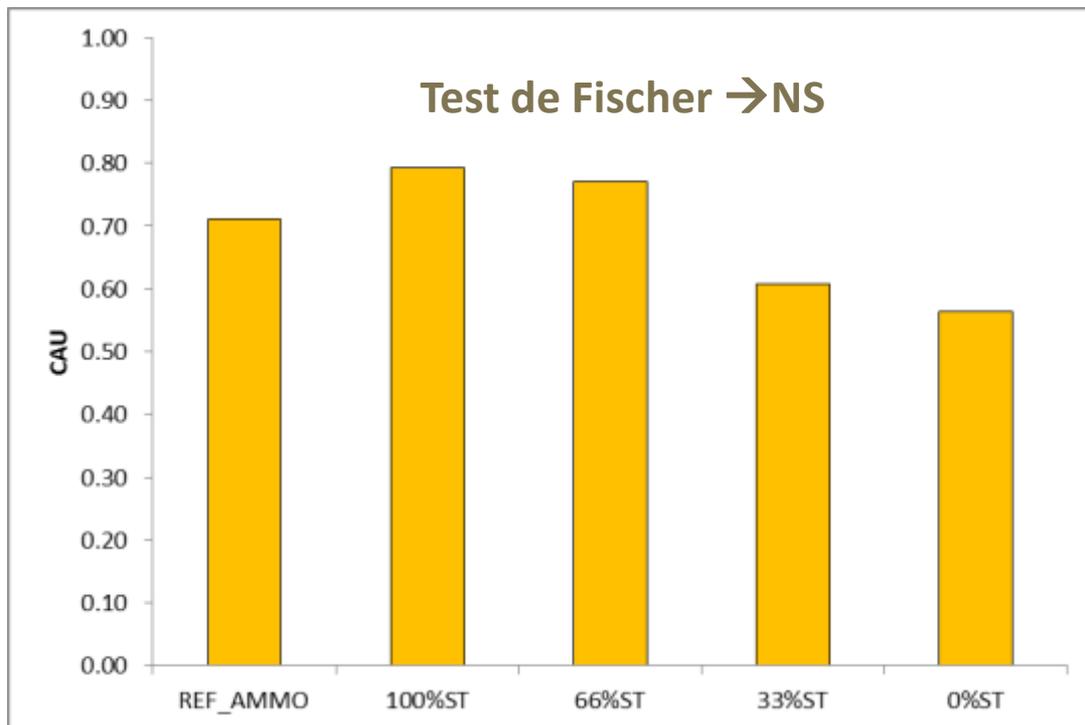


# Résultats: N absorbée à la récolte

## N absorbée



## CAU

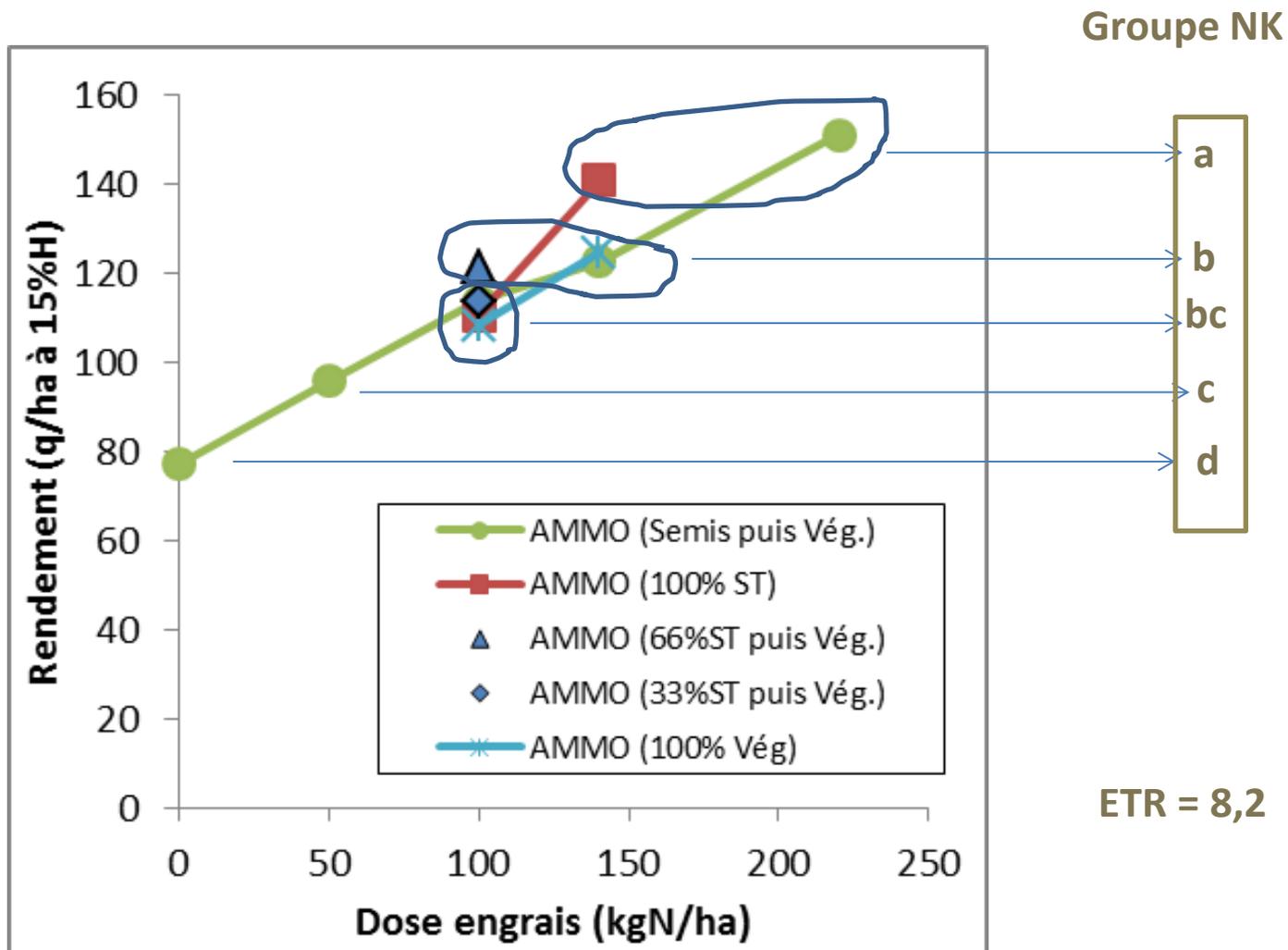


Rappel:

$$CAU = \frac{Nabs\ N - Nabs0}{dose\ N}$$

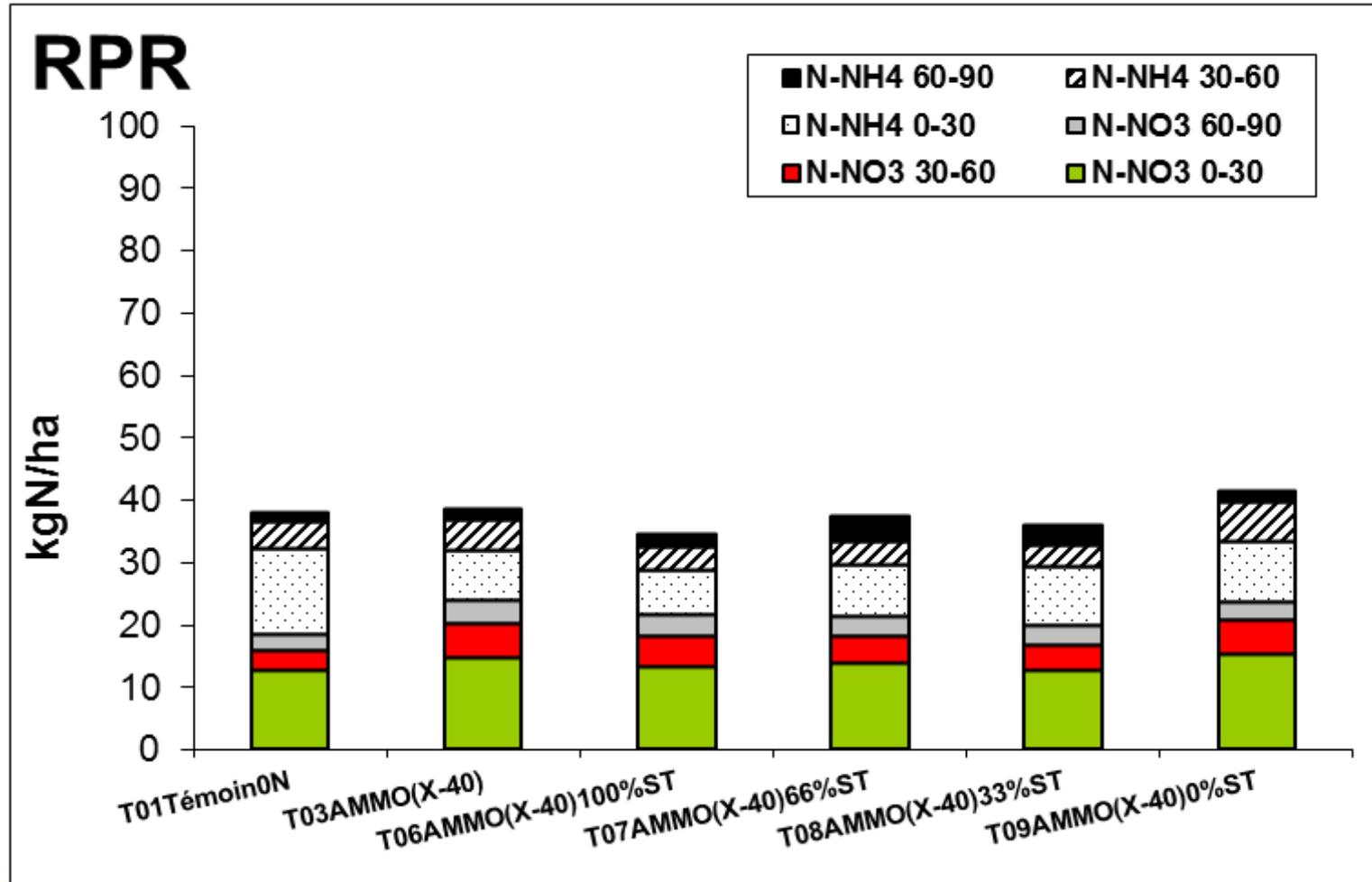


# Résultats: Rendement





# Résultats : Reliquat post récolte (RPR)





# Conclusions & Perspectives

- Peu d'écarts significatifs entre apport en plein et apport localisé
- Variabilité des réponses pour la fertilisation localisée avec st
- Pratique interdite (100% ST) par la réglementation (Dir NO<sub>3</sub>) dans certaines régions
- Questions autour de l'engrais en profondeur en sols argileux
- Besoin de poursuivre les essais
  - Différentes formes d'engrais N
  - Enfouissement de l'engrais en végétation
  - Contexte pédoclimatiques favorables à la lixiviation (essais futurs - modélisation)

A wide-angle photograph of a lush green cornfield stretching to the horizon under a bright, cloudy sky. The corn plants are in the early stages of growth, with long, pointed leaves. The field is densely packed with plants, and the rows recede into the distance. The sky is filled with soft, white clouds, and the overall scene is bright and vibrant.

**Merci de votre attention !!!  
Des questions ?**

# Les formes d'engrais en comparaison

Forum transfrontalier – la fertilisation N localisée du maïs :  
une vraie alternative pour demain ?

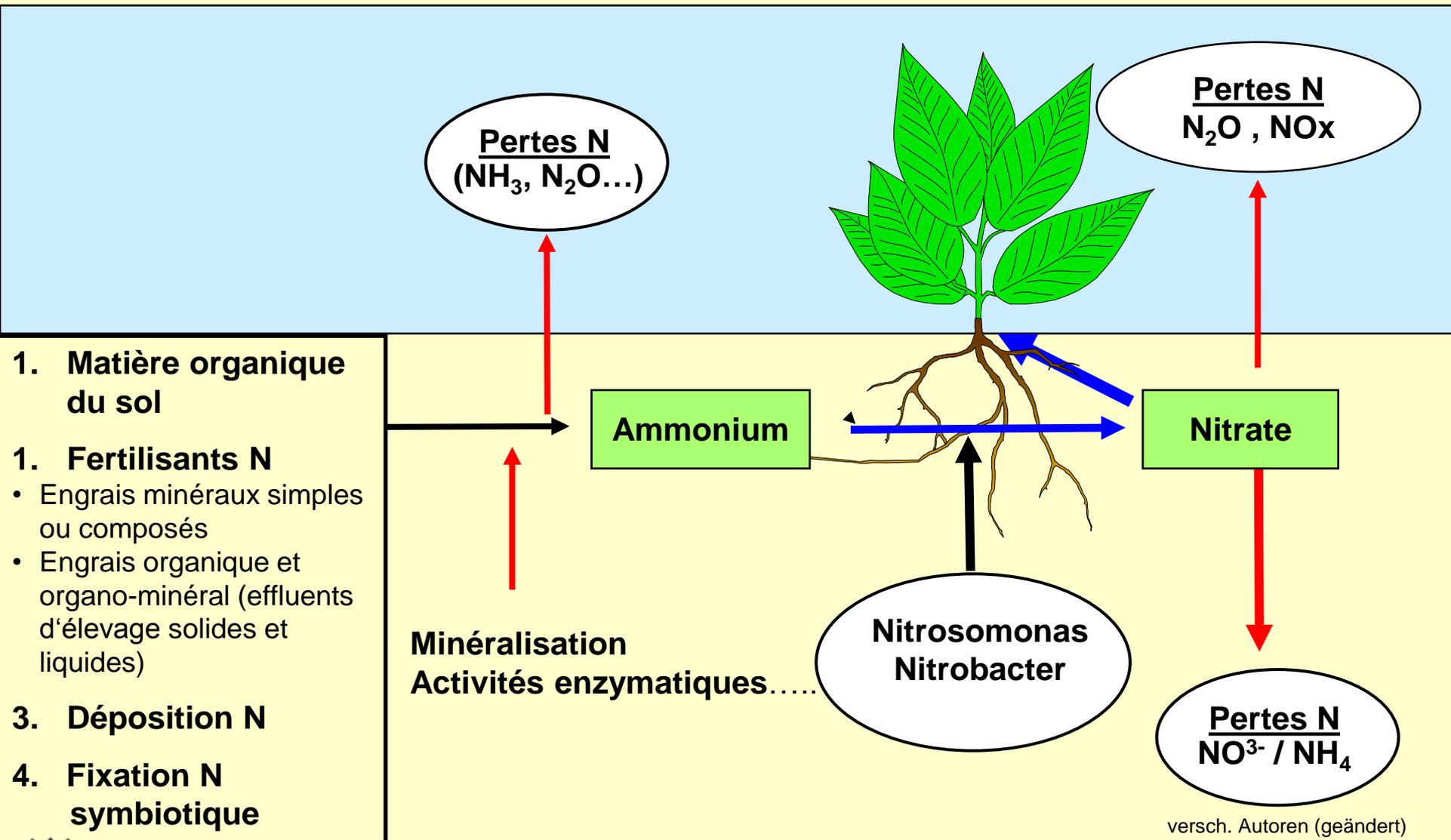
## **Colloque final du projet INDEE**

Sainte Croix-en-Plaine, 27 novembre 2014

Dr. M. Mokry, LTZ Augustenberg

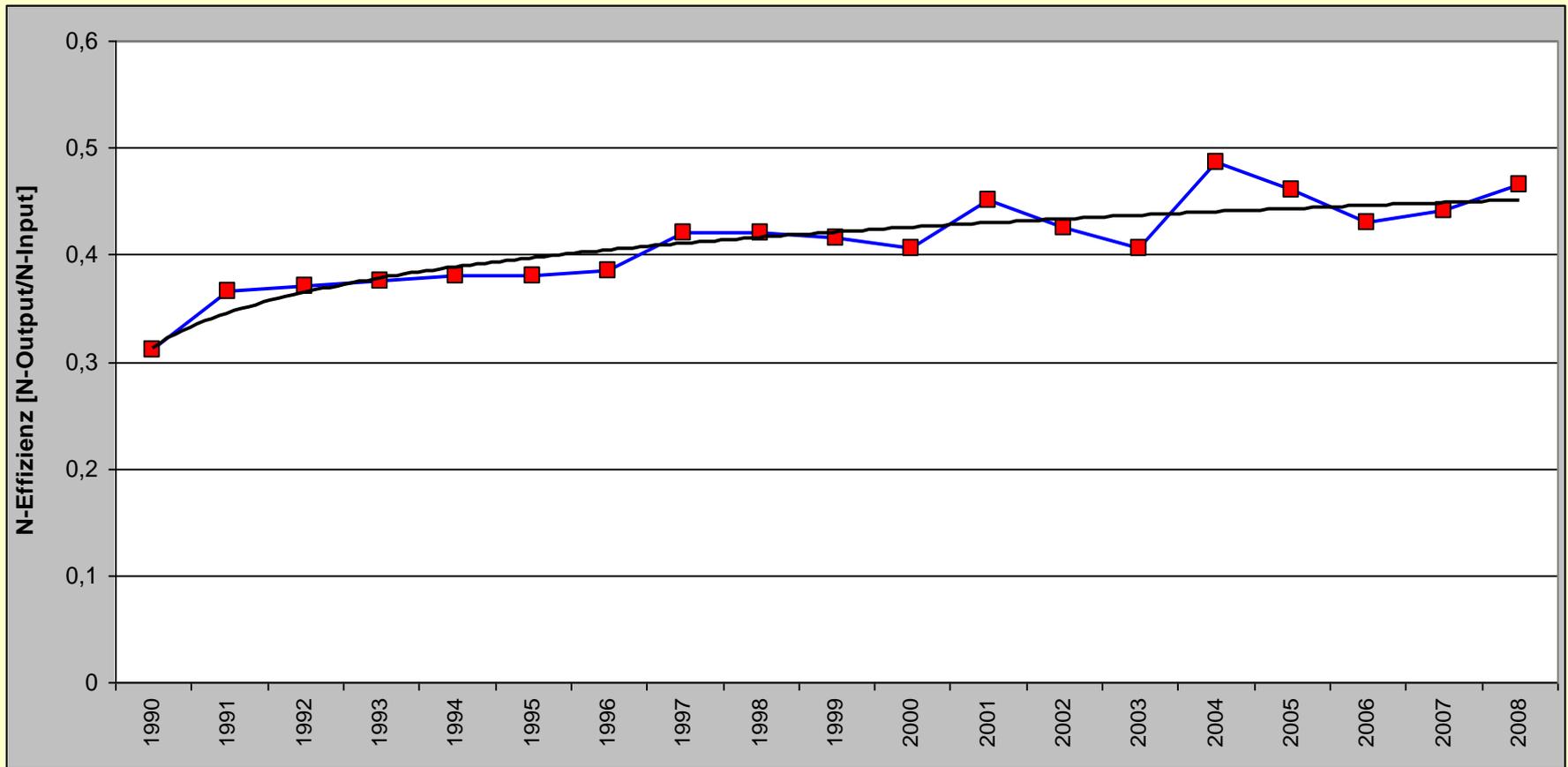


# Dynamique de l'azote dans le sol



versch. Autoren (geändert)

# Evolution de l'efficacité de l'N en Allemagne



Frede & Bach, 2011 (geänd.)

Effizienz de la fertilisation N  
(minérale & organique) : **< 50 % !!**

# Effizienz fertilisants N minéraux

Fonction de :

- **Type de culture**

(importance et époque des besoins en N/l'apport N ; **conditions météo**)

- **Forme N et risque de pertes** (système de fertilisation : solide/liquide, en surface, dépôt/injection, stabilité..; **conditions météo**)

- **Assimilation de l'N /Physiologie**

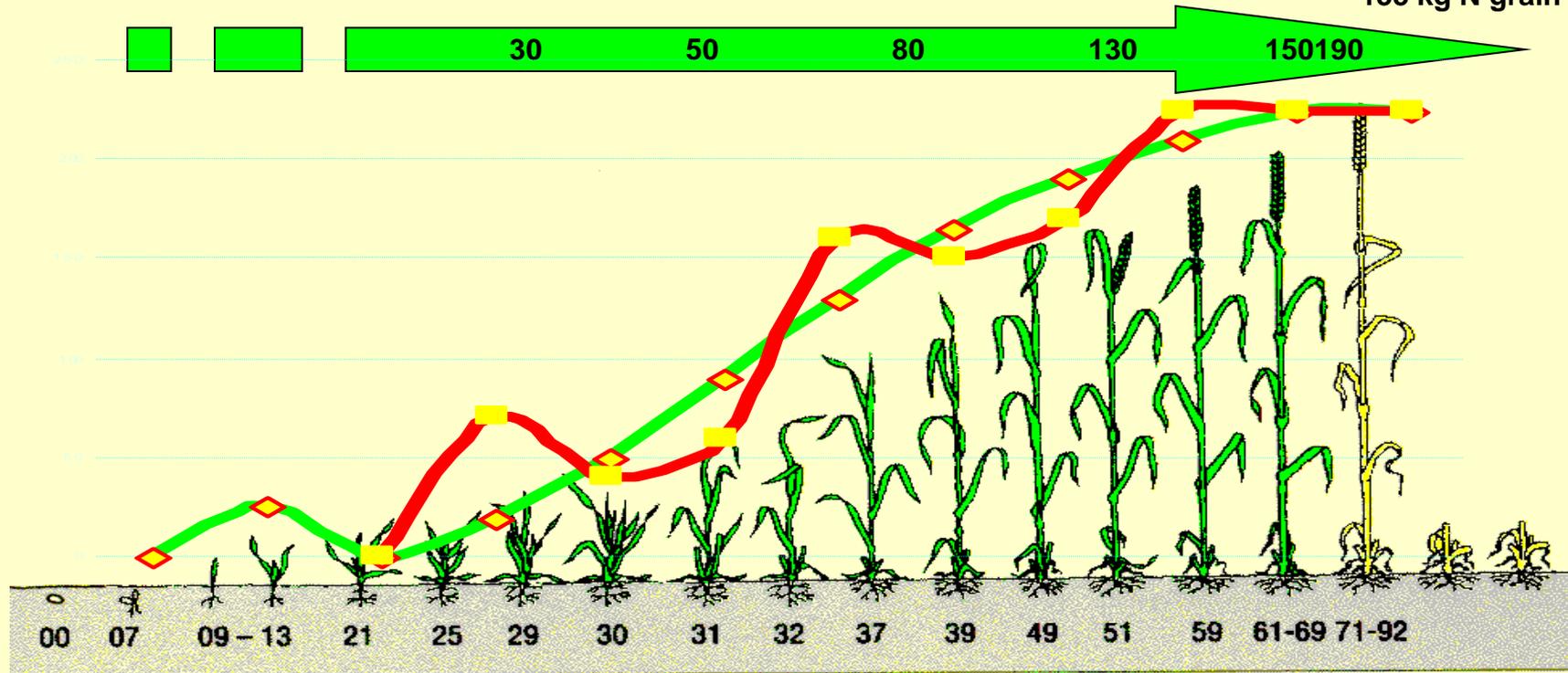
(Forme N, système de fertilisation : en surface, dépôt/injection, stabilité..; **conditions météo**)



# Construction du rendement/absorption N des céréales et fractionnement de la fertilisation N

Blé hiver (70 q/ha, 14% protéines)

35 kg N paille  
155 kg N grain



1. Apport N

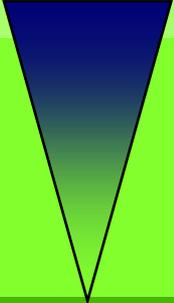
2. Apport N

3. Apport N

Printemps humide  
Printemps sec

Sécheresse  
début d'été

# Disponibilité et efficacité des formes d'N dans les engrais azotés

nitrate, salpêtre	$\text{NO}_3$	ammonitrate	 rapide
ammonium	$\text{NH}_4$	sulfate d'ammoniaque	
amide	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	urée	
cyanamide	$\text{CN}_2$	cyanamide de chaux	

Ces formes N sont présentes seules ou sous différentes parts dans les fertilisants minéraux contenant de l'azote.

geändert n. versch. Autoren



# Composition de quelques engrais N et leur vitesse d'efficacité

KAS = ammonitrate / ASS = sels ammonium

AHL = solution azotée

Piammon = mélange urée+sulfate de NH<sub>4</sub>

SSA = sulfate d'ammoniaque

	KAS	ASS	AHL	SSA	Piammon	urée
<b>Teneur N (%)</b>	27	26	28	21	33	46
<b>Forme N</b>						
<b>Nitrate</b>	50	30	25	-	-	-
<b>Ammonium</b>	50	70	25	100	50	-
<b>Amide</b>	-	-	50	-	50	100

rapide

lent

geändert n. versch. Autoren



# Principe d'efficacité de l'urée ou d'engrais contenant de l'ammonium (épandage en surface)

durée de transformation de **urée** en ammonium (NH<sub>4</sub>-N)

temperature du sol	durée transformation
2°C	4 jours
10°C	2 jours
20°C	1 jour

durée de transformation de **N-Ammonium** (NH<sub>4</sub>-N) en N\_Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)

Temperature du sol	durée de transformation
5°C	6 semaines
8°C	4 semaines
10°C	2 semaines
20°C	1 semaine

  
 NH<sub>4</sub>-  
 urée stabilisé !!

Quelle: Amberger, 1996



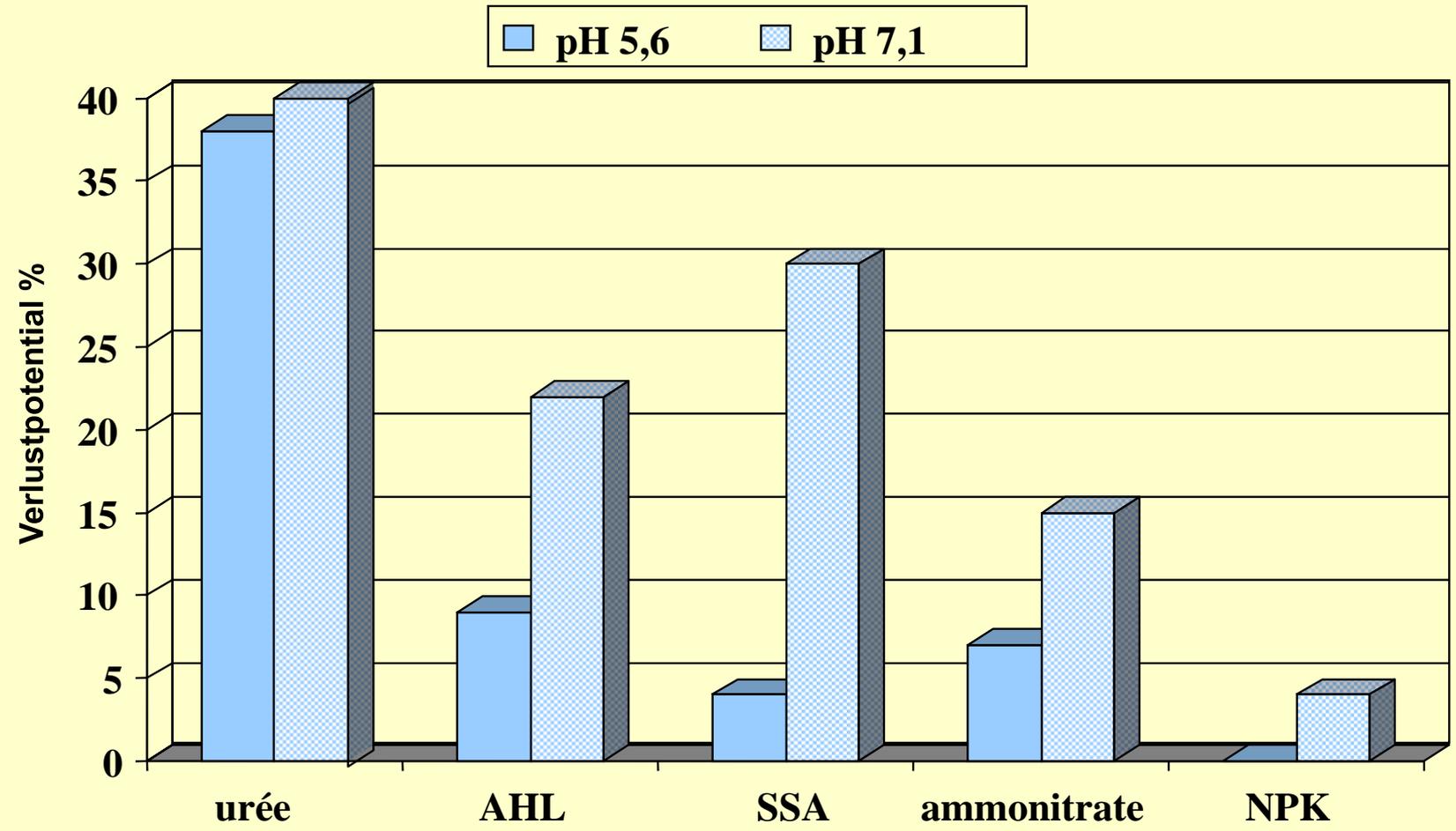
# Valorisation d'une fertilisation avec de l'urée

- Ce n'est pas l'urée qui est la forme N „lente“, mais l'Ammonium-N ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )!!
- **Mais** :  $\text{NH}_4\text{-N}$  peut - avec des valeurs de pH du sol  $> 7$  et en cas de sécheresse de la surface du sol - être perdu sous forme de  $\text{NH}_3$  !!!



# Pertes potentielles en $\text{NH}_3$ (%) de différents engrais N

(Ø 3 ans ; essais en enceintes avec flux d'air, fertilisation de surface sans incorporation)

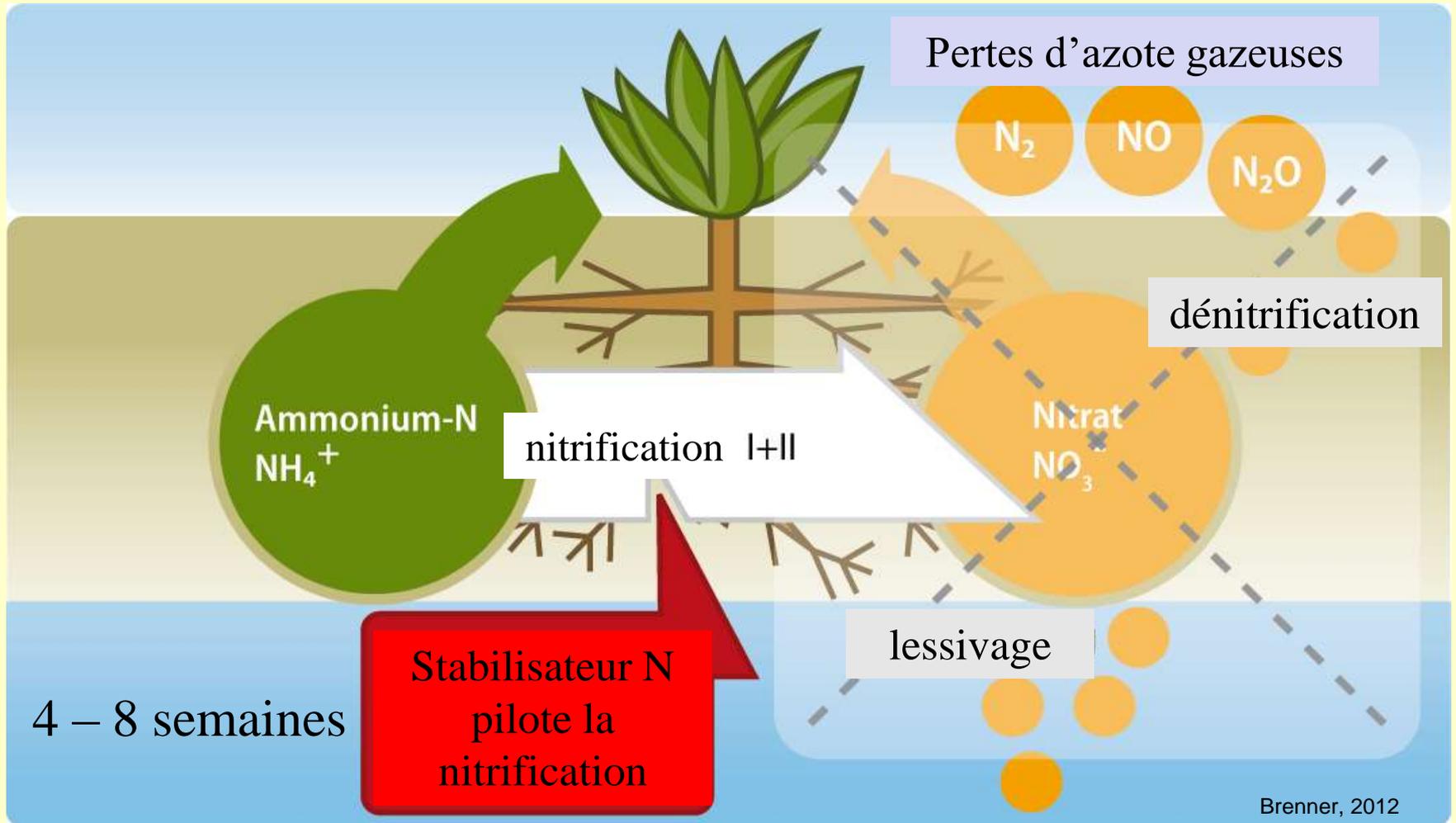


La forme d'azote et la valeur du pH du sol sont les critères principaux expliquant l'importance de la perte en azote

(nach Gutser 1991, TU München-Weihenstephan)



# Action et effet d'un inhibiteur de nitrification (= alimentation renforcée en ammonium !)



# Influence de la forme N et inhibiteur de nitrification (NI) sur la valeur pH du sol et absorption d'éléments nutritifs

Forme N	Valeur pH		Absorption éléments nutritifs (µg/m longueur racine)					
	Racine éloignée	Racine proche	P	Mn	Fe	Zn	Cu	K
<b>Nitrat</b>	6,6	6,6	123	8	55	7	1,4	903
<b>Entec N</b>	6,6	4,5	586	35	166	19	4,6	1080

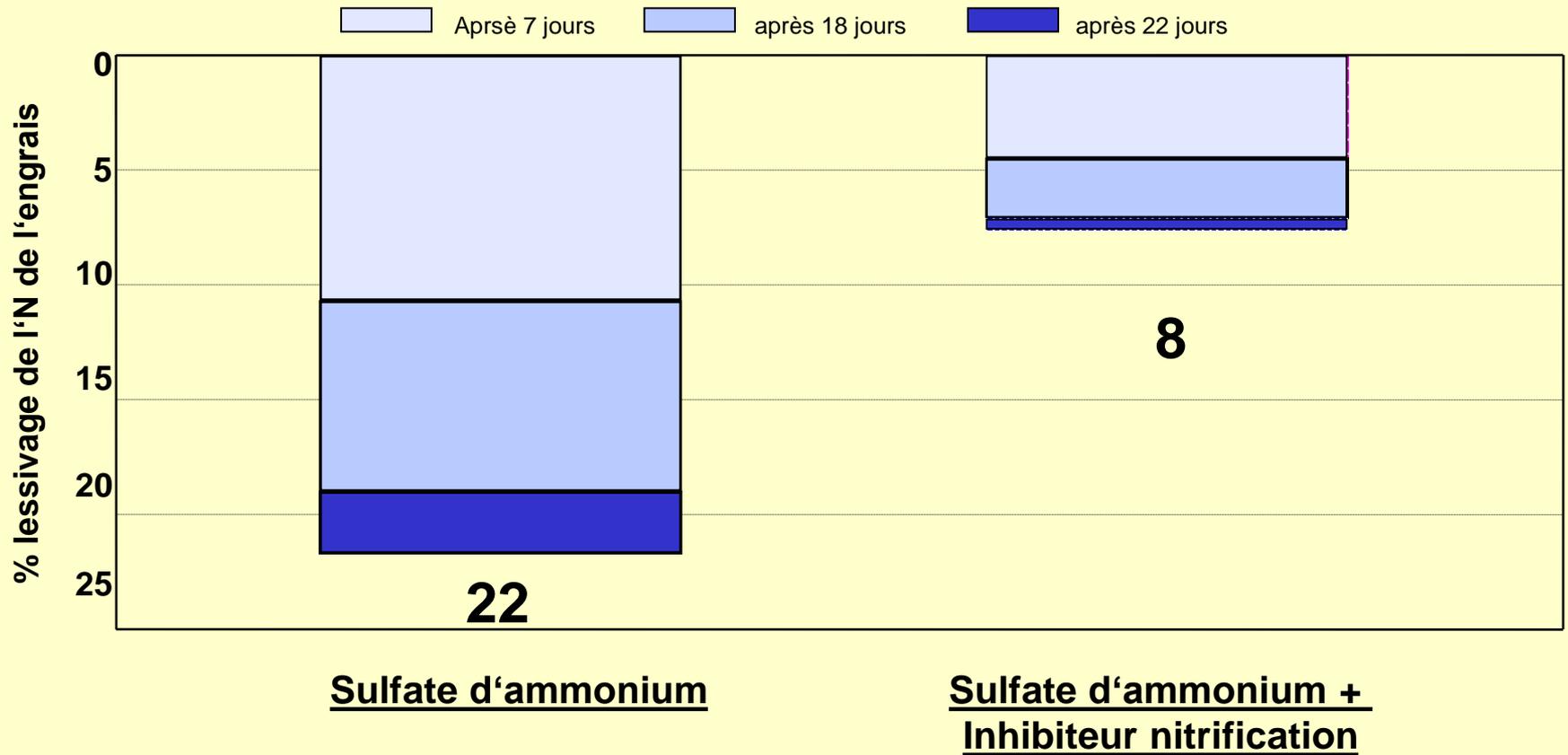
(sandiger Lehm, P als Rohphosphat)

Modifiziert nach Thomson et al. (1993) J. Plant Nutr. 16, 483-506

## Alimentation en ammonium – améliore l'efficacité des racines



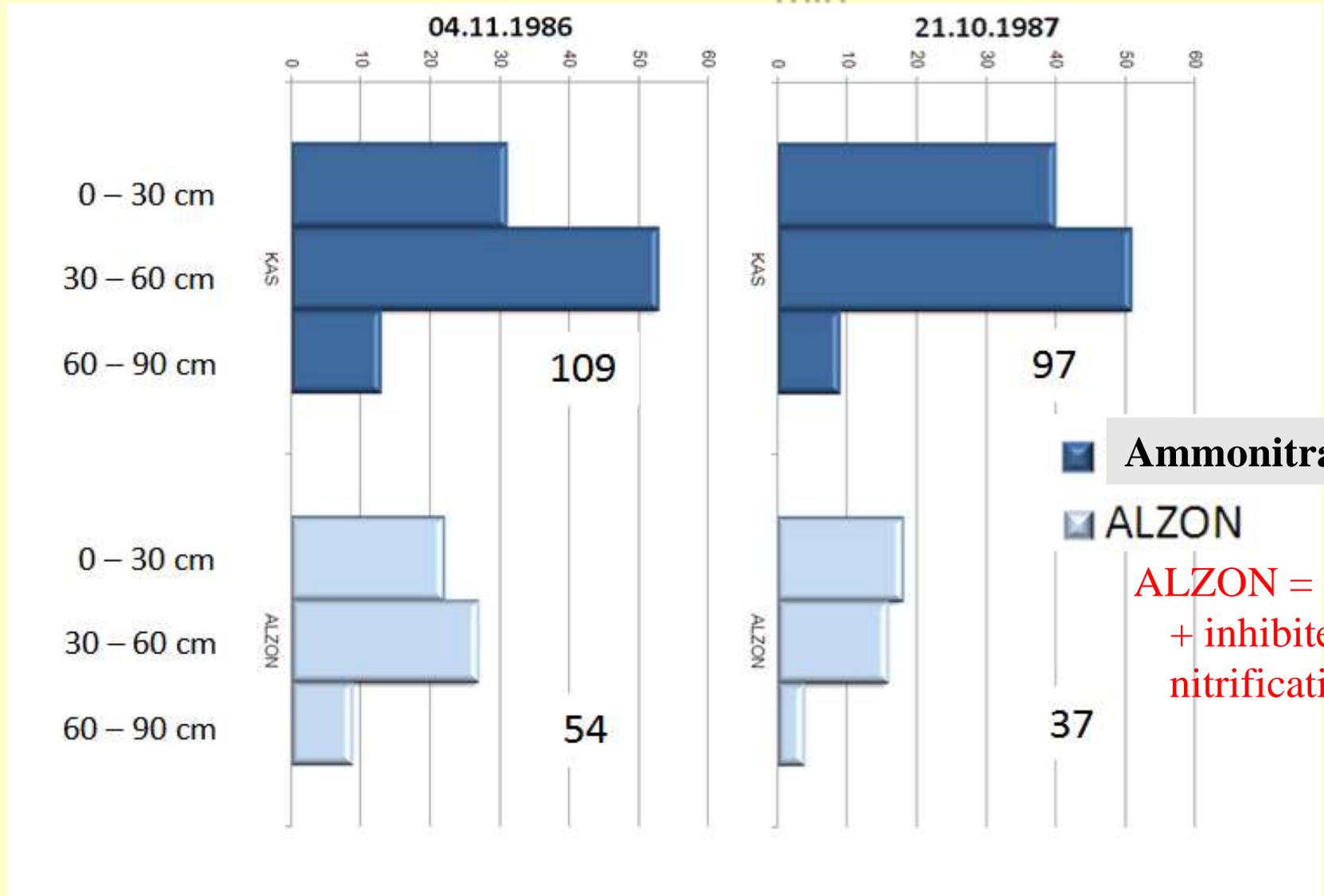
# Stabilisation $\text{NH}_4\text{-N}$ = moins de pertes N et de lessivage N



Lysimetersversuche BASF - Limburgerhof



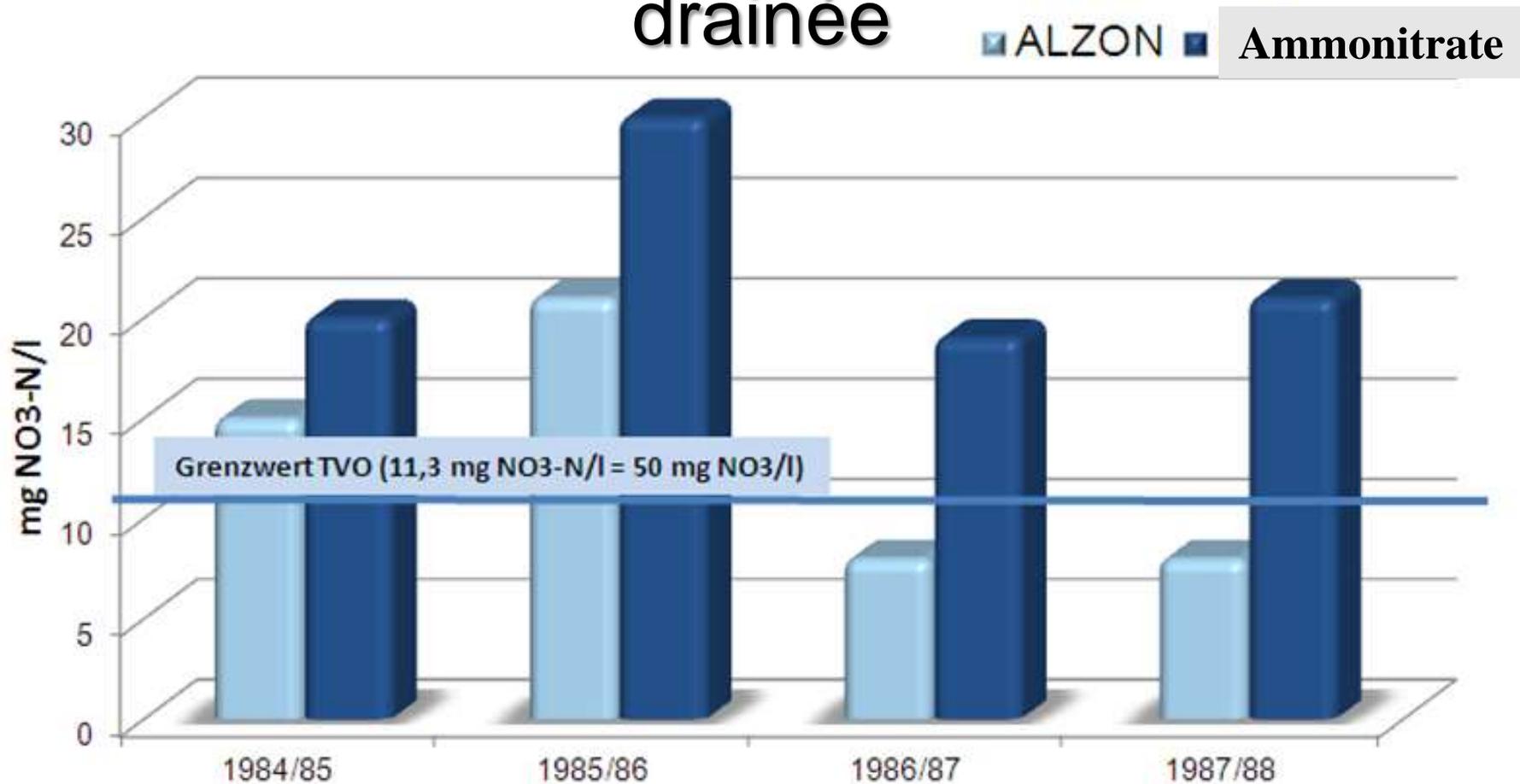
# Effet sur valeurs de $N_{\min}$ à l'automne



Quelle: Scheffer und Bartels, BTI Bremen; Standort: Sudweyhe, Auenboden



# Réduction des valeurs de nitrates dans l'eau drainée



Quelle: Scheffer und Bartels, BTI Bremen; Standort: Sudweyhe, Auenboden



# Absorption N

## Absorption N par les feuilles

\* comme nitrates, ammonium ou urée

## Absorption N par les racines

\* comme nitrate, ammonium, urée ou cyanamid ( $\text{H}_2\text{CN}_2$ )

(à la fin peut aussi être absorbé directement sous forme moléculaire !)

\* **active** (par échange de  $\text{OH}^-$  et  $\text{HCO}_3^-$  event.  $\text{H}^+$  et autres cations) et **passive** (flux de transpiration)

## En fait :

- pas de différences temporelles dans l'absorption des différentes formes d'azote !
- Dans le système naturel il s'agit d'une alimentation mixte avec principalement l'absorption de nitrates



# Métabolisme N

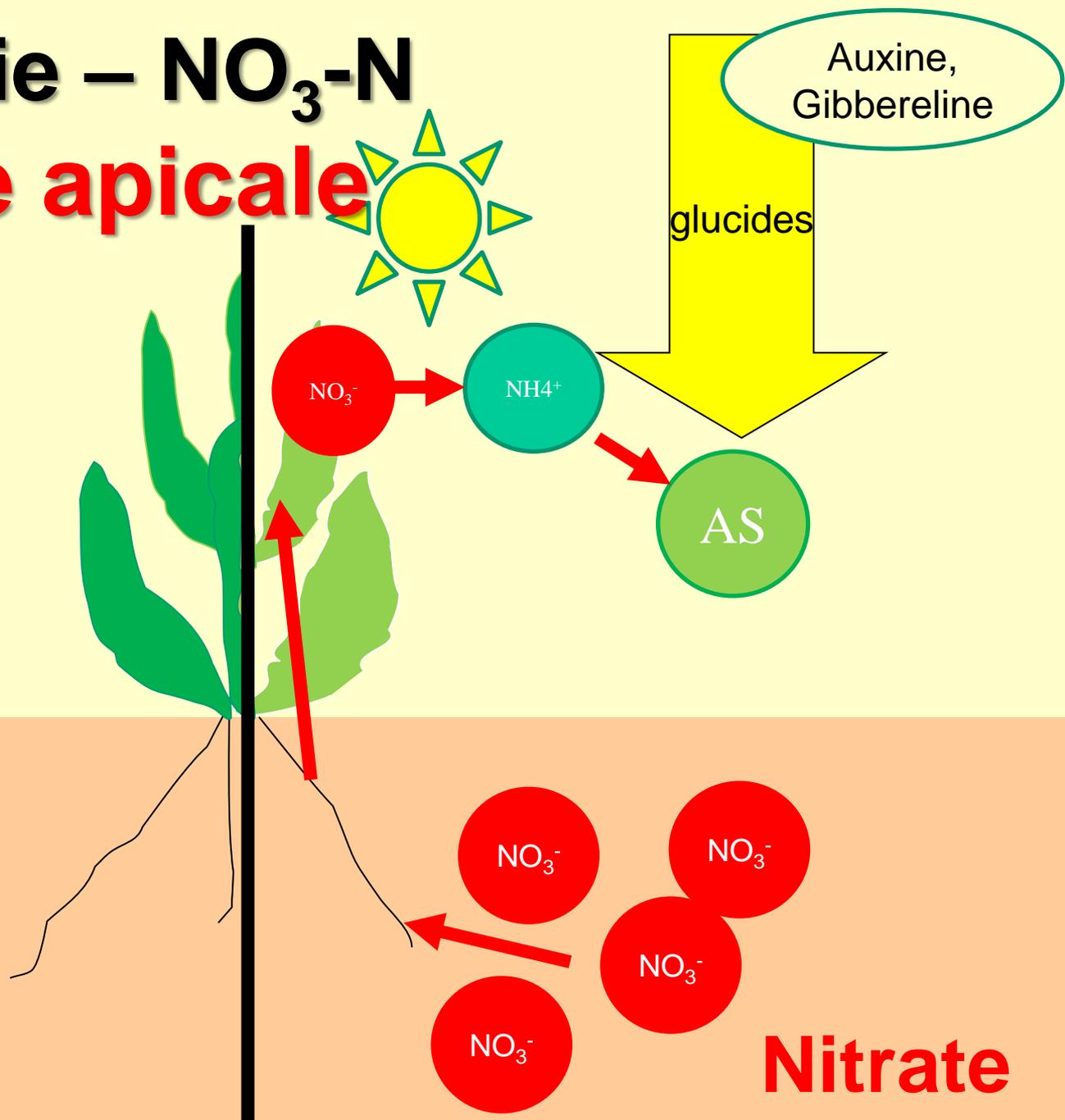
**Assimilats** glucides et liaisons contenant de l' N  
(acides aminés, amides)

**Hormones de croissance**  
(Auxine, Gibbereline, Cytokinine)



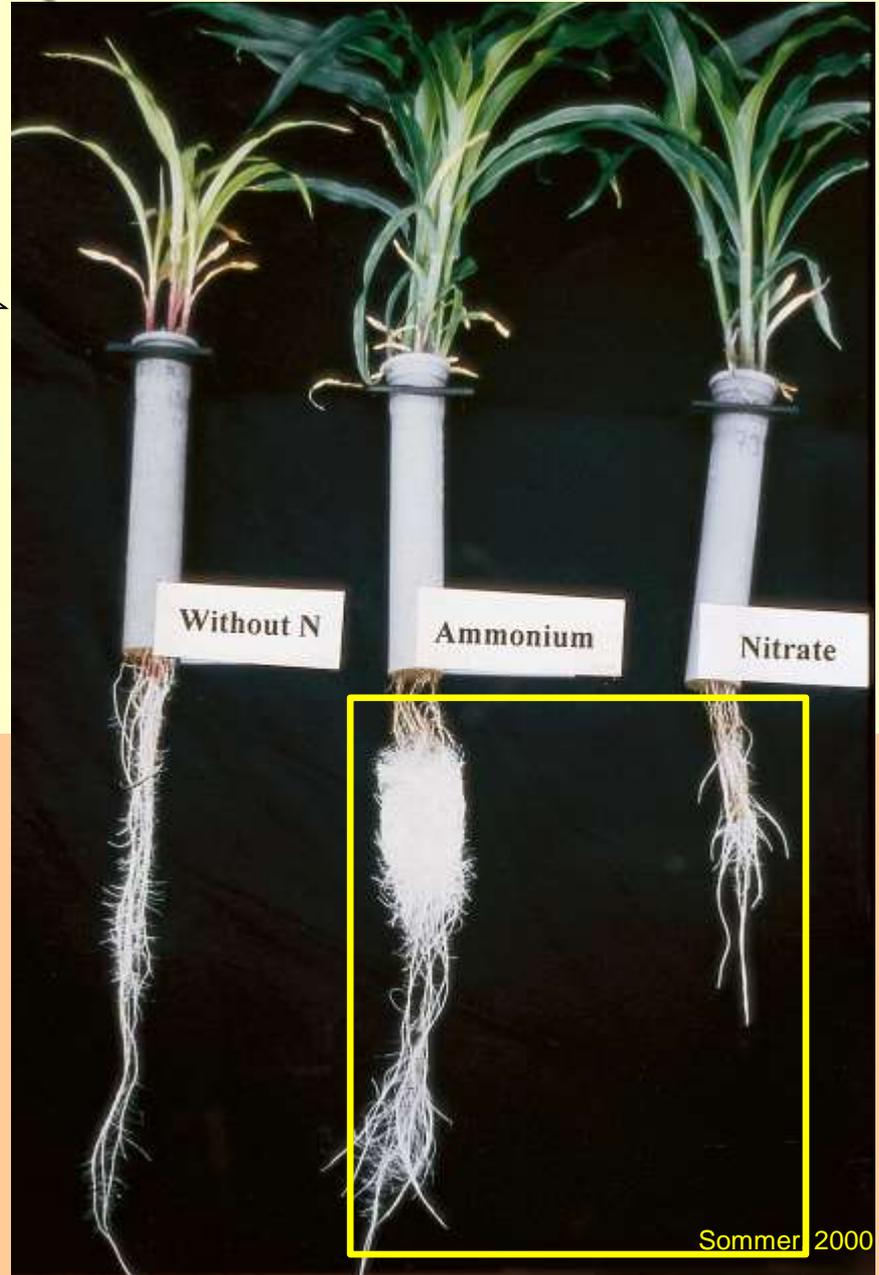
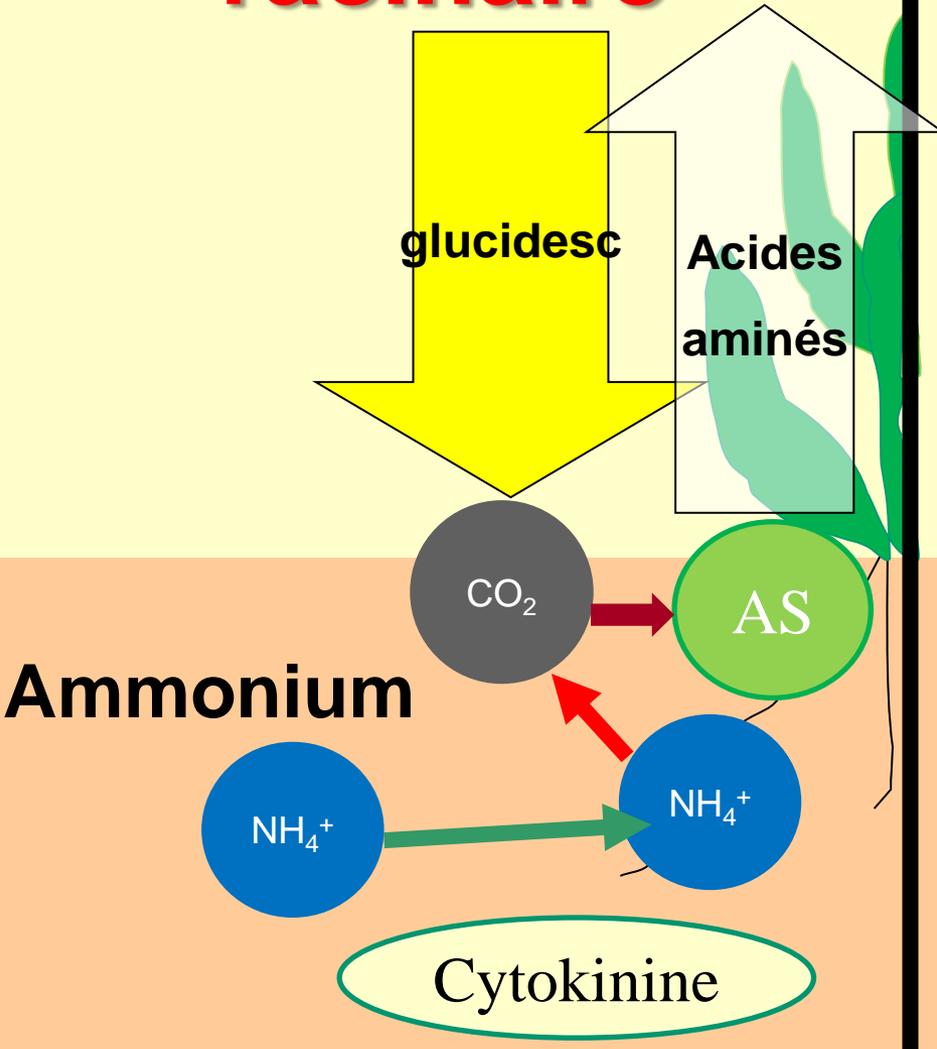
# Physiologie – NO<sub>3</sub>-N

## Dominance apicale



# Physiologie – NH<sub>4</sub>-N

## Dominance racinaire



# Visualisation du pH du sol avec :

alimentation  $\text{NH}_4$  ou alimentation  $\text{NO}_3^-$

Valeur pH



5,3

5,6

**Chute du pH : meilleure disponibilité des phosphates et éléments traces**



6,0

6,6

6,8

7,0

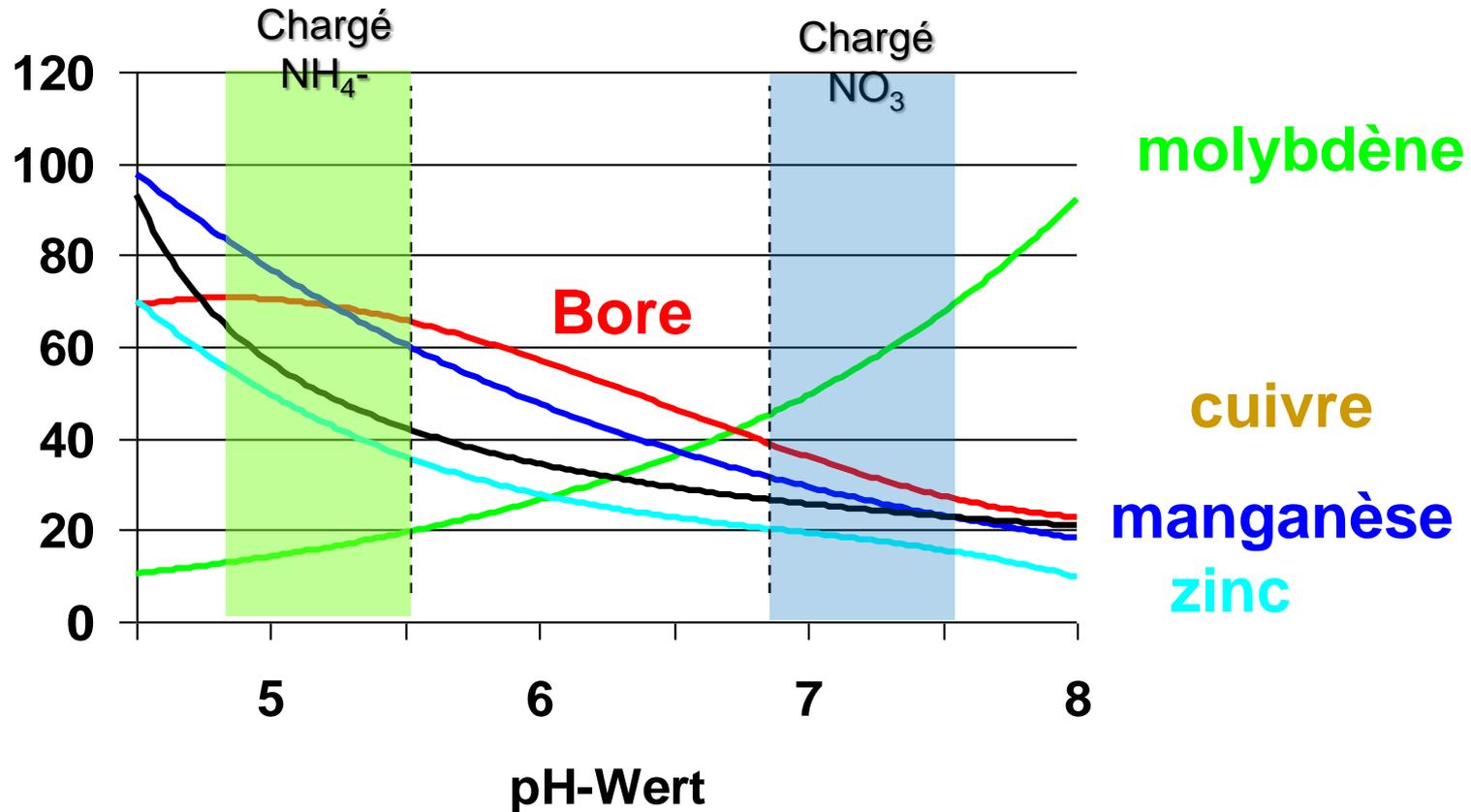
7,4

8,0

Racines de maïs 8 jours après semis



# Influence de la valeur pH sur la disponibilité des éléments traces pour les plantes



Baumgartner, 2012



# Avantages alimentation à base d'ammonium

- **(phys.) gain d'énergie**
- **Autopilotage de l'absorption en N**
  - Pas de danger de conso de luxe (efficience, maladies des plantes....)
- **Alimentation à dominance racinaire**
  - Meilleure développement racinaire, résistance verse....
  - Meilleure efficience en alimentation en eau (?)
  - Répartition équilibrée des assimilats dans les plantes durant la croissance (rendement, qualité!)



# Avantages alimentation à base d'ammonium

- **Baisse de pH dans la rhizosphère**
  - Disponibilité améliorée en phosphate et en éléments traces
- **Diminution des pertes N (nitrates,  $N_2O$ ...)**
  - Protection nappe phréatique – changement climatique (?)



# Merci bien pour votre attention !

