

# Sachgerechte Mäisdüngung und Stickstoffbilanz

TERRES d'AVENIR

12. Februar 2019

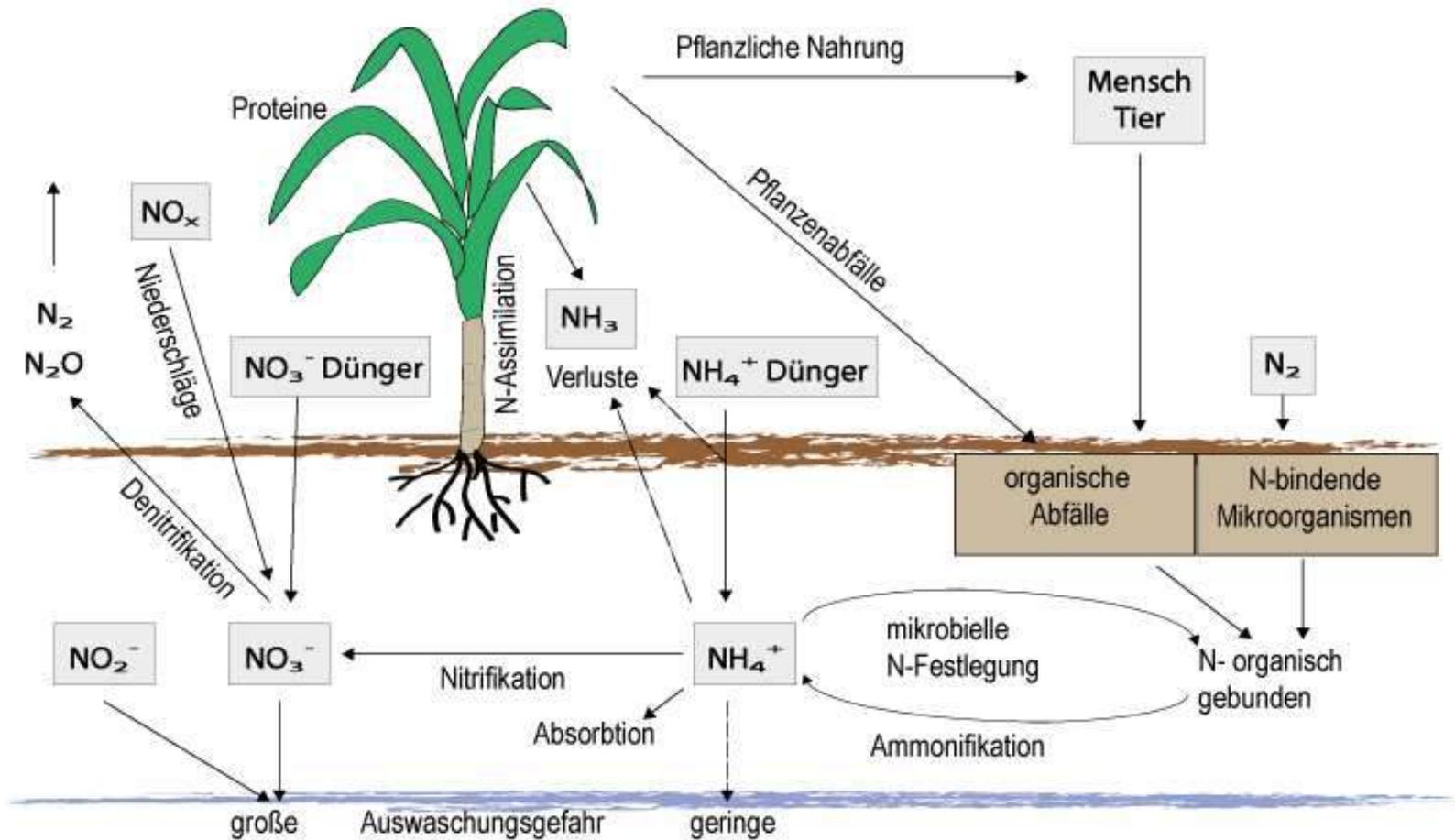
IMIR

Jean-Louis GALAIS - CAA  
Claire BUY - CAA

# **Stickstoffbilanz :**

## **Bildung der Methode**

# Stickstoffkreislauf



# Massenbilanz : Prinzip



$$\blacktriangleright \mathbf{Nf - Ne = Re - Rf + (Mh + Mhp + Mr + Mrci + Mpro) + Nirr + (X + Xa) - Ix - Gx - Lx}$$

- $\blacktriangleright$  Nf – Ne      Bedarf von Kultur zwischen Anfang (Ne) und Ende (Nf) der Bilanz
- $\blacktriangleright$  Re            residual Stickstoff am Anfang der Bilanz
- $\blacktriangleright$  Rf            residual Stickstoff am Ende der Bilanz
- $\blacktriangleright$  Mh            Humusmineralisierung
- $\blacktriangleright$  Mhp          Mineralisierung von einer ehemaligen Wiese
- $\blacktriangleright$  Mr            Mineralisierung von Ernterückstände
- $\blacktriangleright$  Mrci         Mineralisierung von Zwischenfrucht
- $\blacktriangleright$  Mpro         Mineralisierung von organischen Düngemitteln
- $\blacktriangleright$  Nirr         Stickstoff im Bewässerungswasser
- $\blacktriangleright$  **X**            **minerale Stickstoffdüngung**
- $\blacktriangleright$  **Xa**          **organische Stickstoffdüngung**
- $\blacktriangleright$  Ix            microbielle Umstellung von minerale Stickstoffdüngung
- $\blacktriangleright$  Gx            gasförmigen Verluste
- $\blacktriangleright$  Lx            Auswaschung

# Massenbilanz : Prinzip



$$\blacktriangle R_f - R_e = (M_h + M_{hp} + M_r + M_{rci} + M_{pro}) + N_{irr} + (X + X_a) - (N_f - N_e) - I_x - G_x - L_x$$



# Vereinfachte Bilanz : warum?

---



- Keine Referenzen damals für die verschiedene Elemente der Bilanz (Mh, Mpro, Mr, Ix, Gx...)
- N-min Proben fast unmöglich für steinigen Boden (und schwierig für die Landwirter zu akzeptieren)
- Wille, eine einfache Methode zu haben

# Vereinfachte Bilanz

---



$$\begin{aligned} \blacktriangleright \mathbf{Nf} &= \mathbf{b * Y} \\ &= \mathbf{N0 + CAU * (X+Xa)} \end{aligned}$$

- $\blacktriangleright$  Nf      Stickstoffmenge absorbiert von der gedüngten Kultur
- $\blacktriangleright$  b      Stickstoffbedarf pro Korndoppelzentner
- $\blacktriangleright$  Y      Ertrag
  
- $\blacktriangleright$  N0      Stickstoffmenge absorbiert von der nicht gedüngten Kultur
- $\blacktriangleright$  CAU      Anwendungskoeffizient von Dünger
- $\blacktriangleright$  X      minerale Stickstoffdüngung
- $\blacktriangleright$  Xa      organische Stickstoffdüngung

# Vereinfachte Bilanz



Stickstoffmenge  
absorbiert von Mais

**Nf**



**NO**

CAU

Absorbierte  
Stickstoff  
aus Dünger

Absorbierte  
Stickstoff  
aus Boden

Stickstoff  
aus  
Dünger  
(wirklich  
gebracht)



**X**

# Vereinfachte Bilanz

---



$$\blacktriangleright \mathbf{b * Y = N0 + CAU * (X+Xa)}$$

$$\blacktriangleright \mathbf{X = \frac{b*Y - N0}{CAU}}$$

→ *b, N0, CAU zu bemessen*

→ *Methode von 1996*

# Einstellung von N0 : 0 Stickstoffversuche



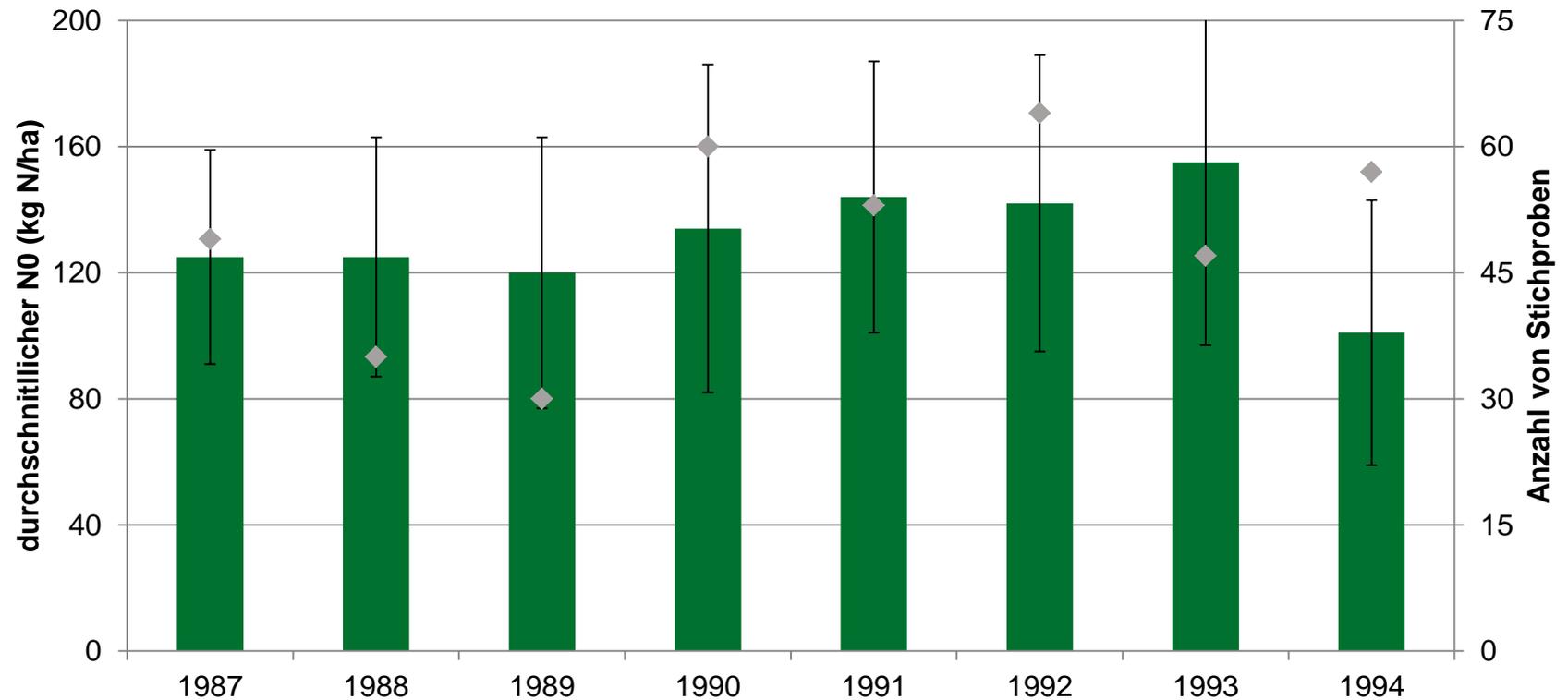
- Protokoll für N0-Versuche :
  - Keine organische Düngung
  - Bodenanalyse + N-min Probe
  - Während dem Silagestadium :
    - Biomasse und Trockengehalt (4 Reihe \* 10m)
    - N-Gehalt (Korn + Stängel-Blätter)
  
- 395 Ergebnisse von 1987 bis 1994



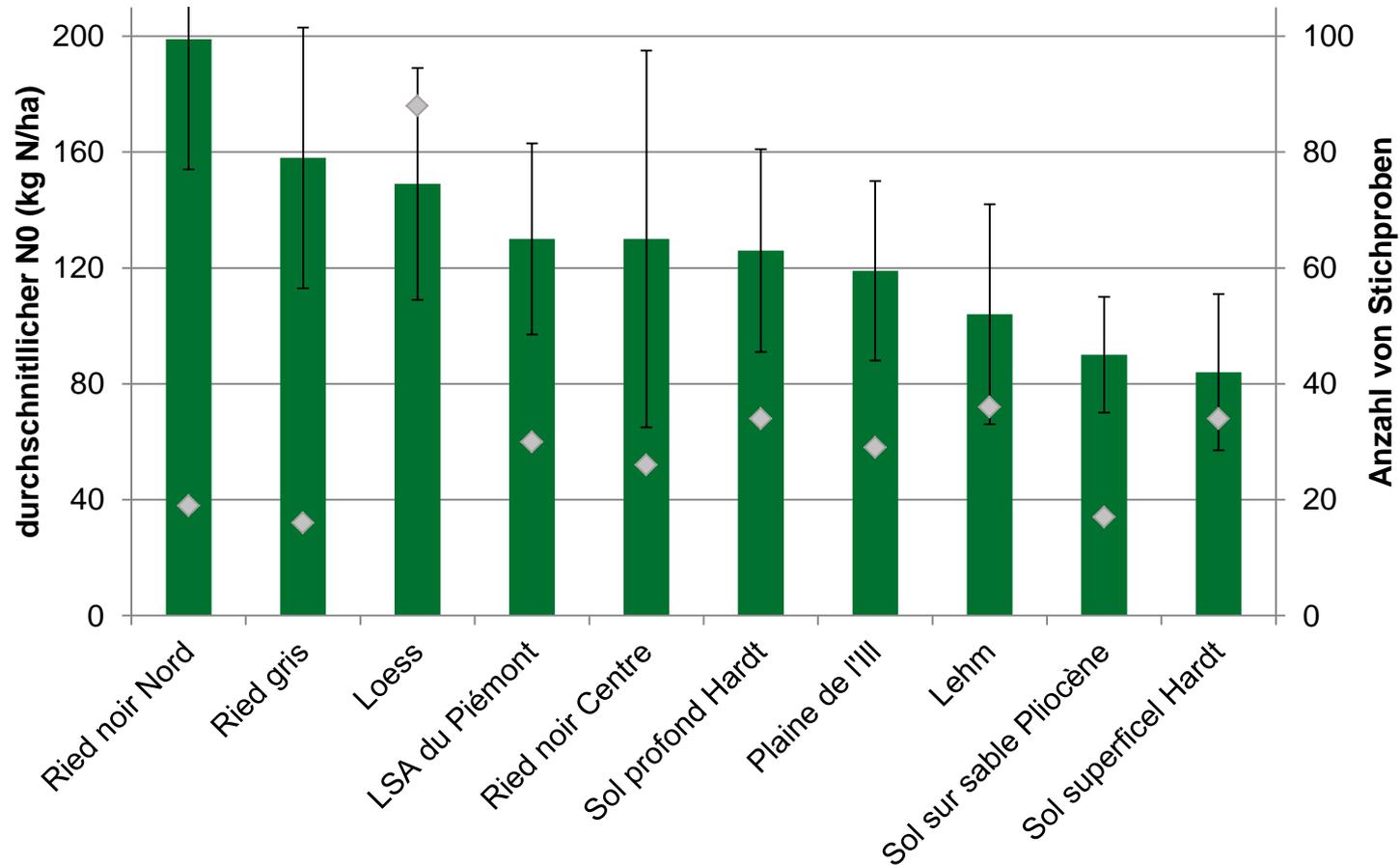
Maishäcksler beim Ernte



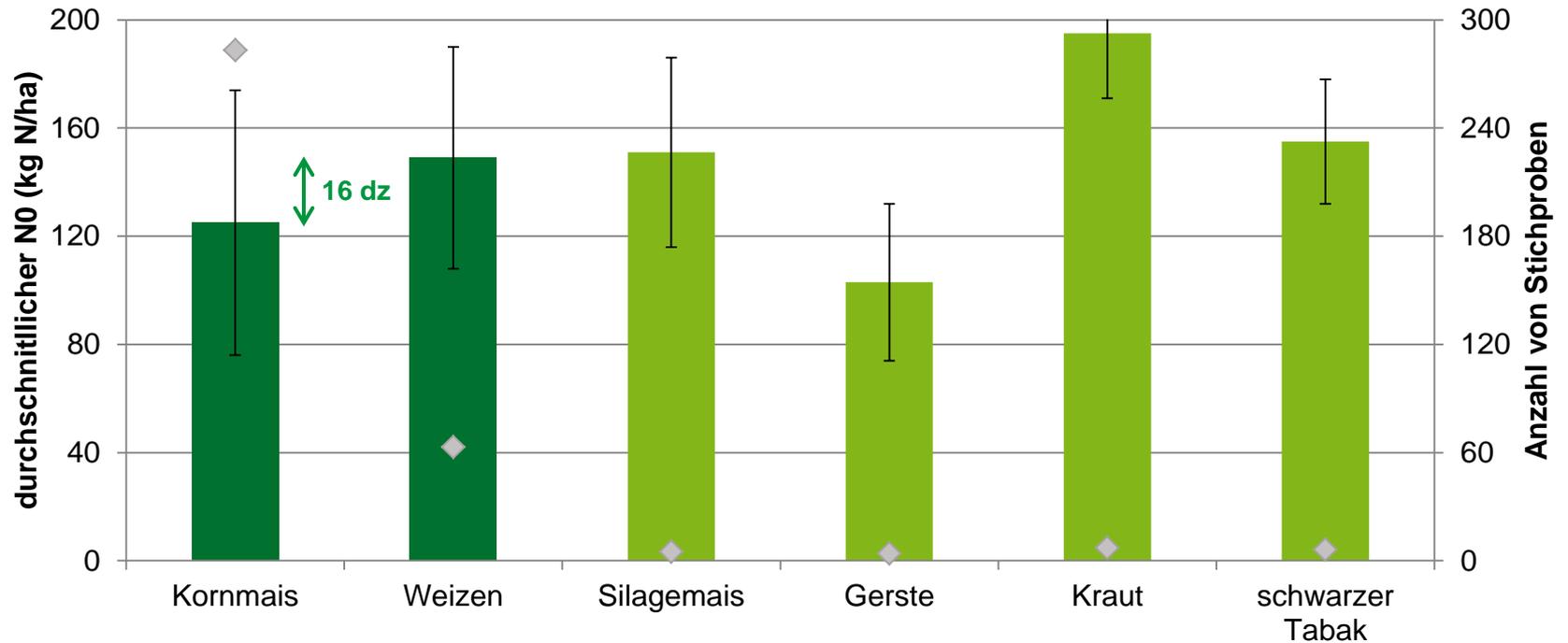
# Einstellung von N0 : Jahrauswirkung



# Einstellung von N0 : Bodenauswirkung



# Einstellung von N0 : Vorfrucht



# Einstellung von N<sub>0</sub> : Wahl der Referenz

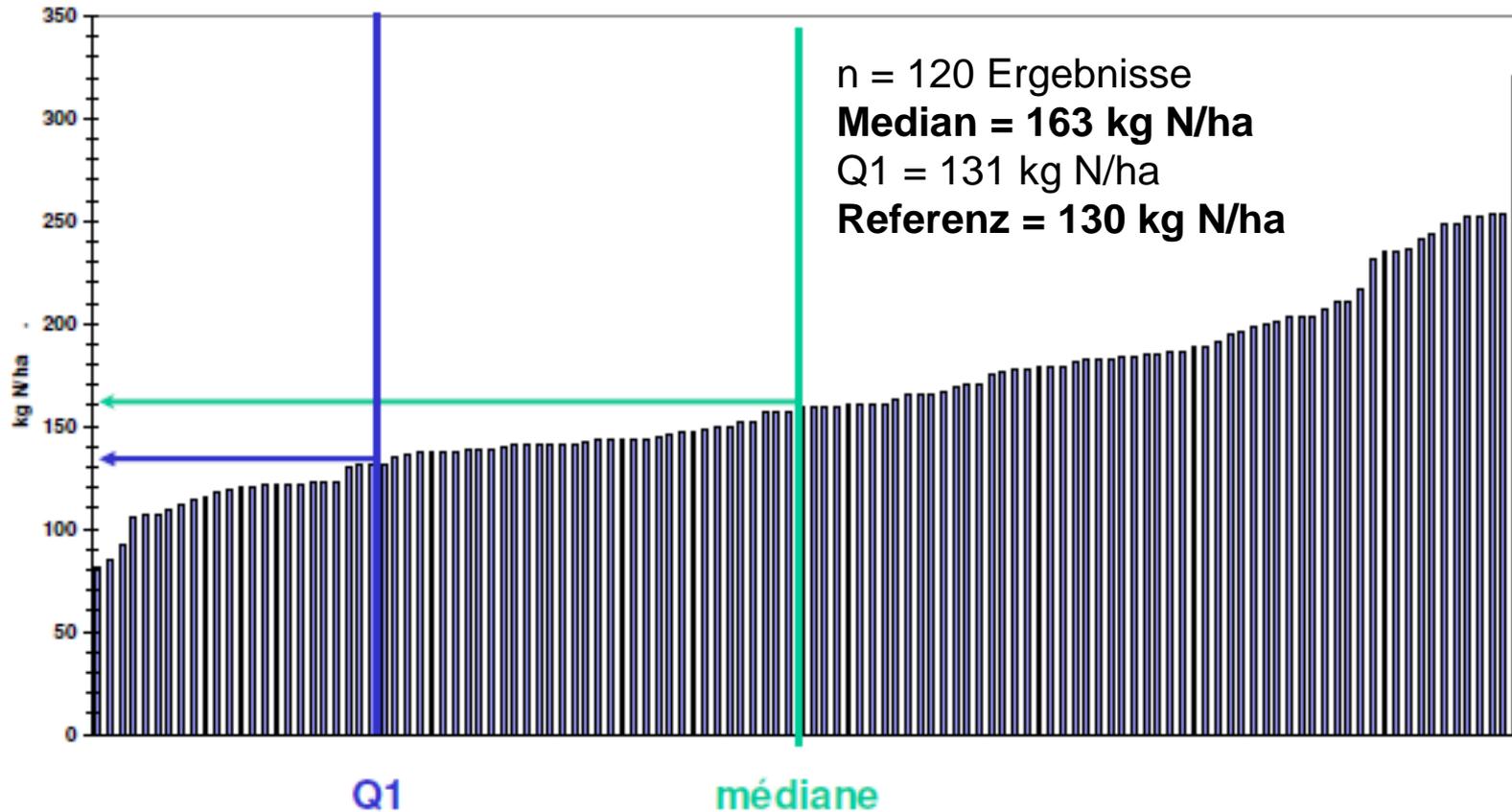


- Eine Referenz pro Bodenart
- Kompromiss zwischen der Landwirter und die Wasserqualität
  - Durchschnitt, Median, Maximum, Minimum?
- **Referenz = 80% von Durchschnitt (pro Bodenart)**
  - In 8 von 10 Fällen sind die Bodenversorgung über die Referenz
  - Um der Landwirter nicht zu benachteiligen (Jahrauswirkung zu berücksichtigen)
  - Mais kann eine leichte Überdüngung (20-30 u.N) abschöpfen
  - gerechnete N-Dosis schon unter die « normale » Dosis, wenn die Methode erstellt wurde

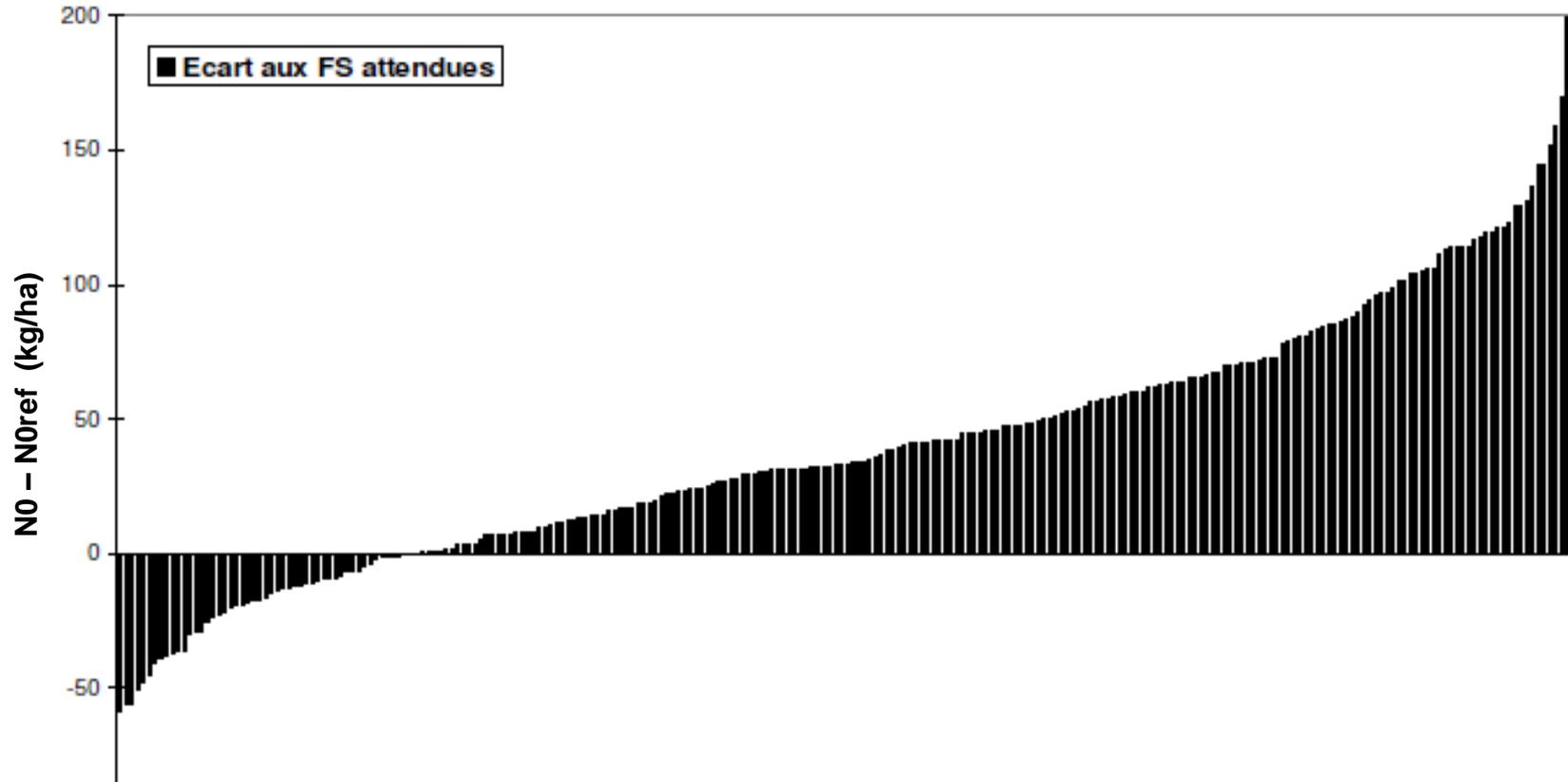
# Einstellung von N0 : Wahl der Referenz



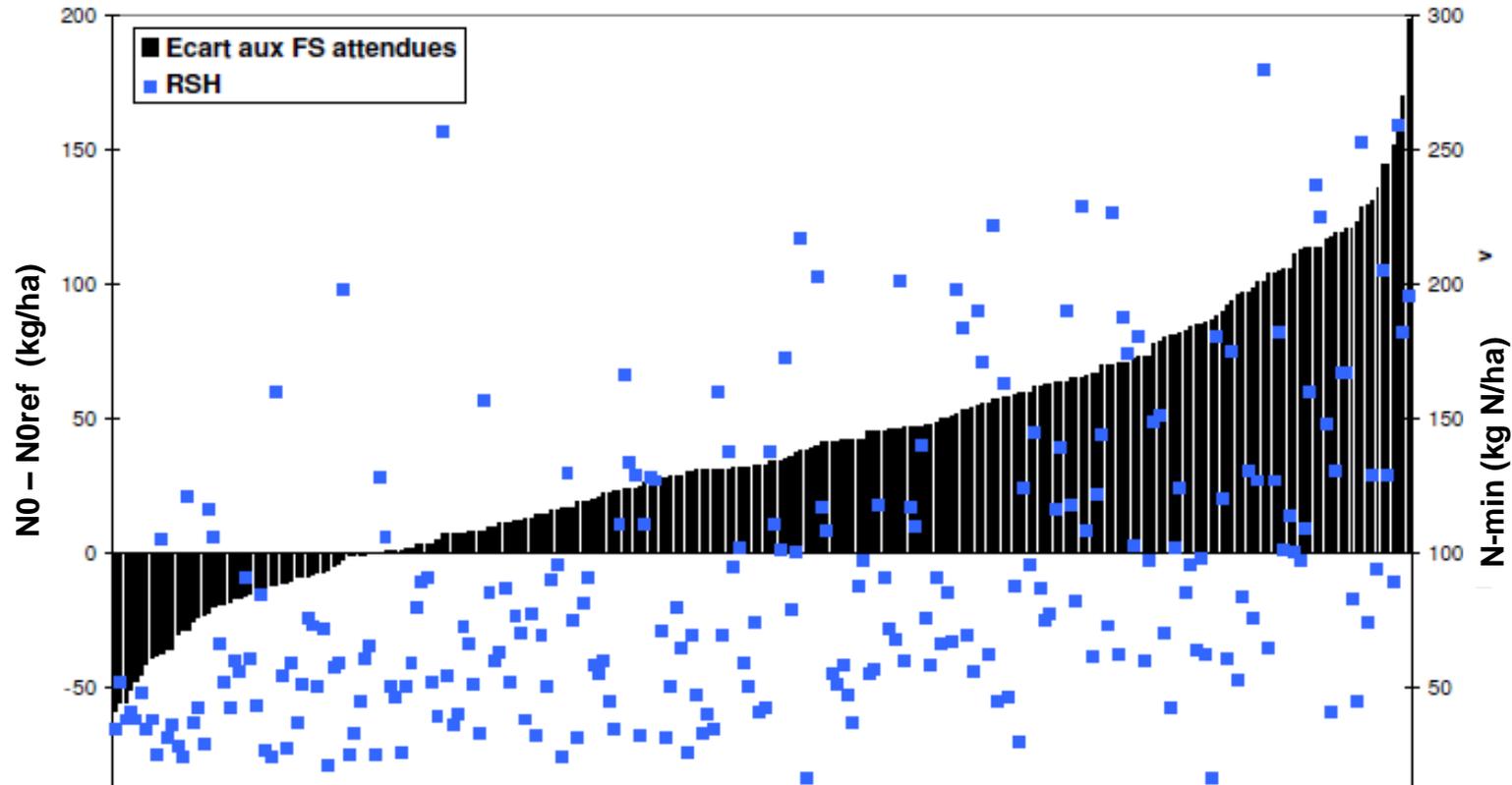
LES FOURNITURES EN AZOTE DES LOESS 67  
Précédent céréales sans DA



# Einstellung von N0 : Einfluss der Nmin-Probennahme



# Einstellung von N0 : Einfluss der Nmin-Probennahme



➤ Keine Korrelation zwischen **N-min** und **N0 - Nref**

# Einstellung von b und CAU : Stickstoff Reaktionskurve



## ➤ Protokoll für Stickstoff Reaktionskurve :

- Versuchsparzellen
- Keine organische Düngung
- Bodenanalyse + N-min Proben
- Während dem Silagestadium :
  - Biomasse und Trockengehalt (4 Reihe \* 10m)
  - N-Gehalt (Korn + Stängel-Blätter)
- Ernte und Ertrag

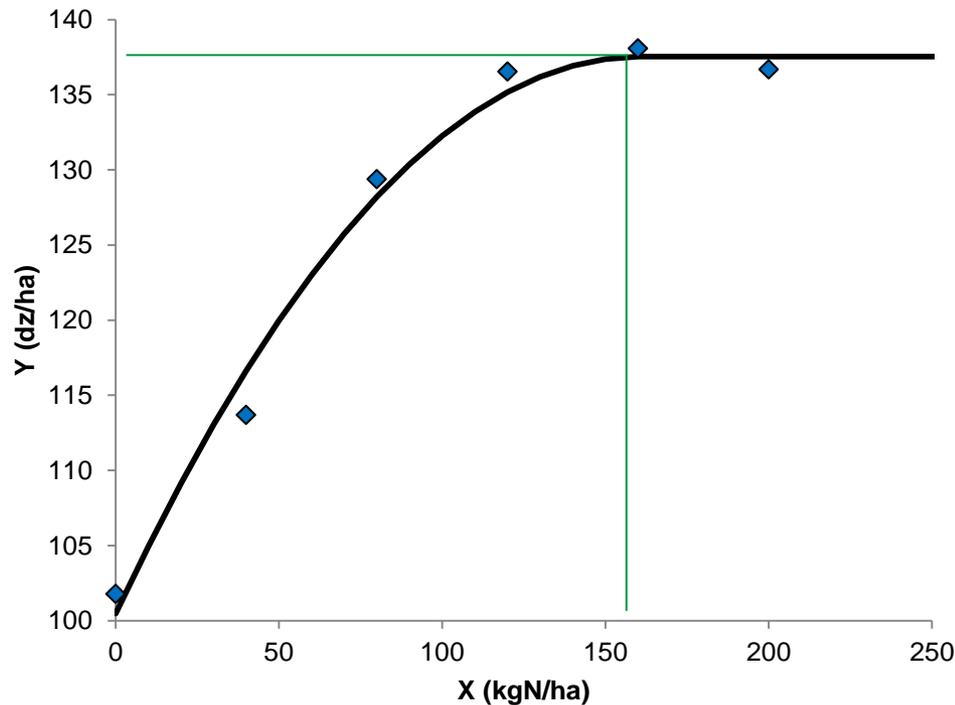
T0	X-50	X	X+50	X+100
X	X+50	X-50	X+100	T0
X+50	X+100	T0	X	X-50
X+50	X	X-50	T0	X+100

## ➤ 49 Reaktionskurven

# Einstellung von b und CAU : Stickstoff Reaktionskurve



## Bestimmung der optimalen Dosis



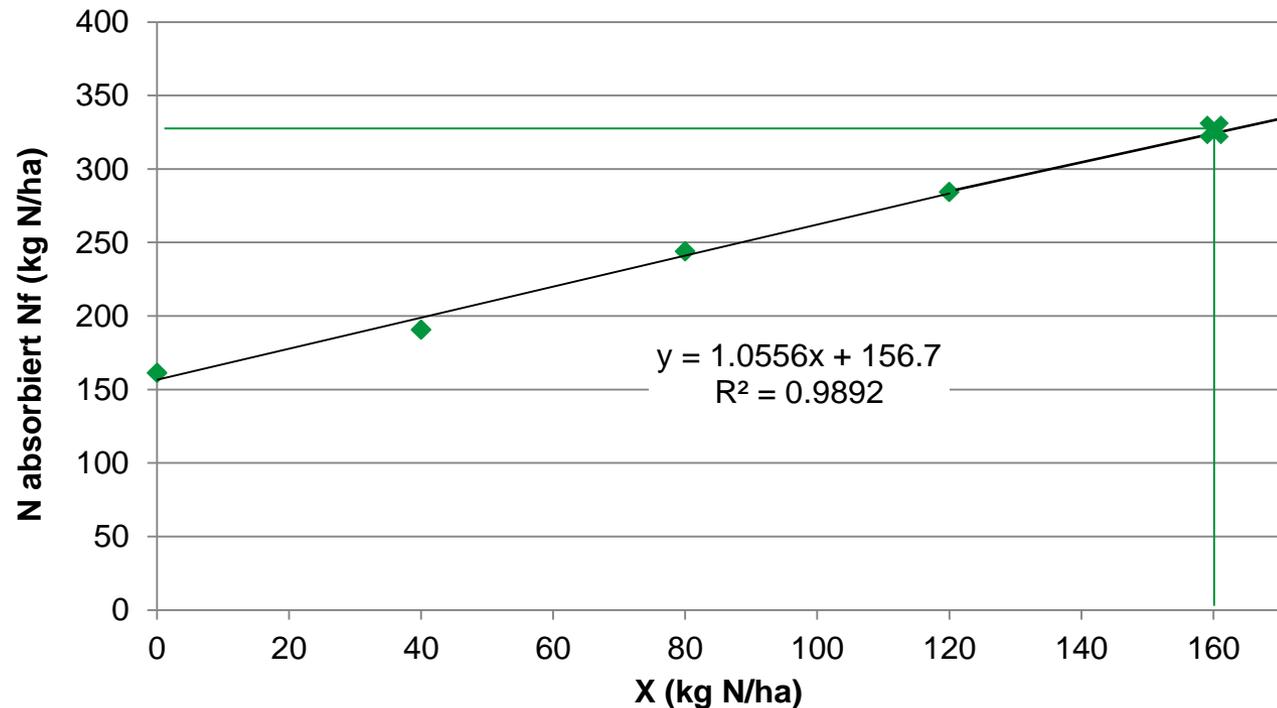
An der Optimum :  
 $Y = 138$  dz/ha  
 $X = 161$  kg N/ha

Rohr 2013

# Einstellung von b und CAU : Stickstoff Reaktionskurve



## Bestimmung der optimalen Dosis



An der Optimum :  
X = 161 kg N/ha  
Nf = 326 kg N/ha

Rohr 2013

# Einstellung von $b = \text{Bedarf} / \text{Dz}$

---



➤  $b = Nf / Y$  an der Optimum

➤  $Nf$  = Stickstoffmenge absorbiert von der gedüngten Kultur

➤  $Y$  = Ertrag

➤  $b = 2,08$  im Durchschnitt (1,62 bis 2,53)

⇒ **Referenz :  $b = 2,1$**

# Einstellung von CAU

---



- **CAU = (Nf – N0) / X** an der Optimum
  - Nf = Stickstoffmenge absorbiert von der gedüngten Kultur
  - N0 = Stickstoffmenge absorbiert von der nicht gedüngten Kultur
  - X = minerale Stickstoffdüngung
  
- CAU = 70% im Durchschnitt (6% bis 121%)
- Sehr abhängig von Maisstadium an der Moment von Düngung und von Böden
  - ⇒ **Referenz : CAU = 70% in schwere Böden // CAU = 80% in leichte Böden**

# Methode um X zu berechnen

---



$$\blacktriangle X = \frac{2,1 * Y - N0 \text{ ref}}{CAU \text{ ref}}$$

- ▶ Abhängig von Böden : viele verschiedene Gleichungen
- ▶ CAU = kompliziertes Konzept in 1996

▶ Sehr nah von

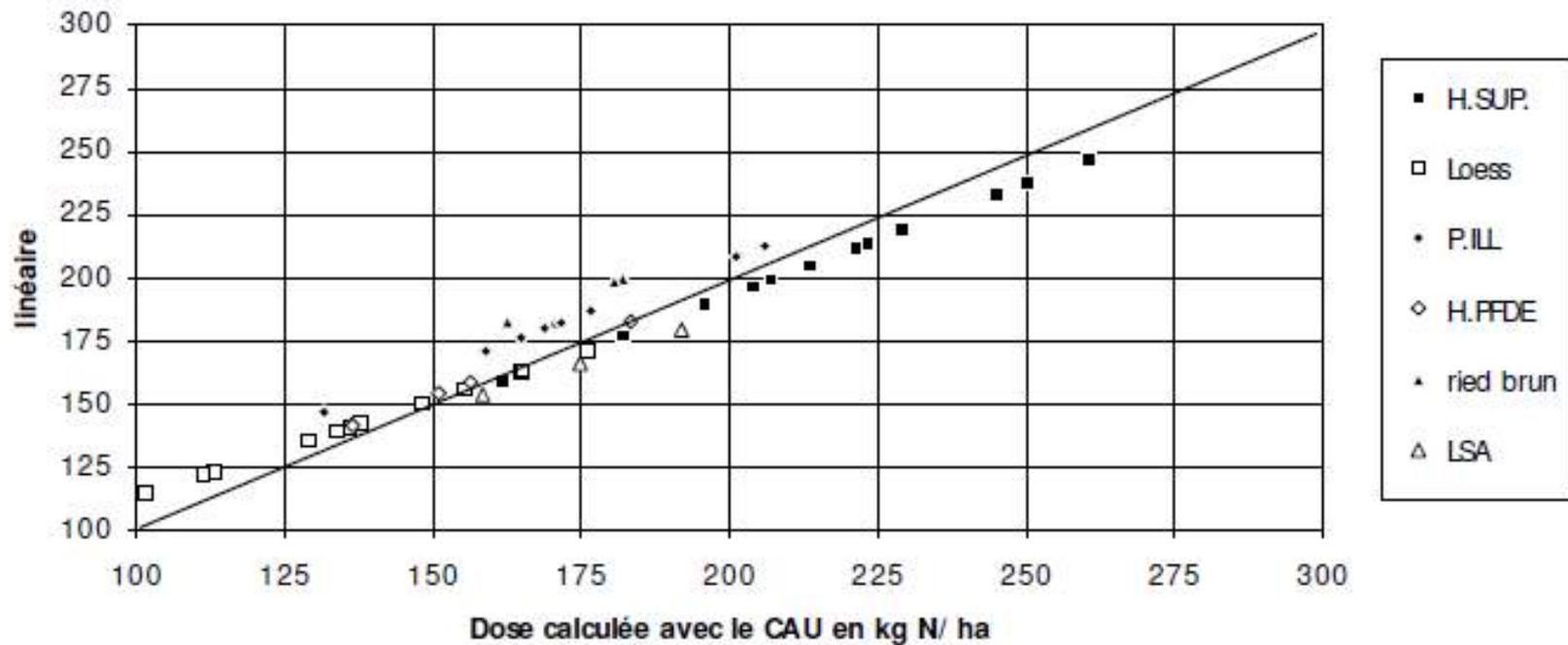
$$X = 2,3 * Y - N0\text{ref} + Nnu$$

mit  $Nnu$  = unverwendbarer Stickstoff (abhängig von Böden)

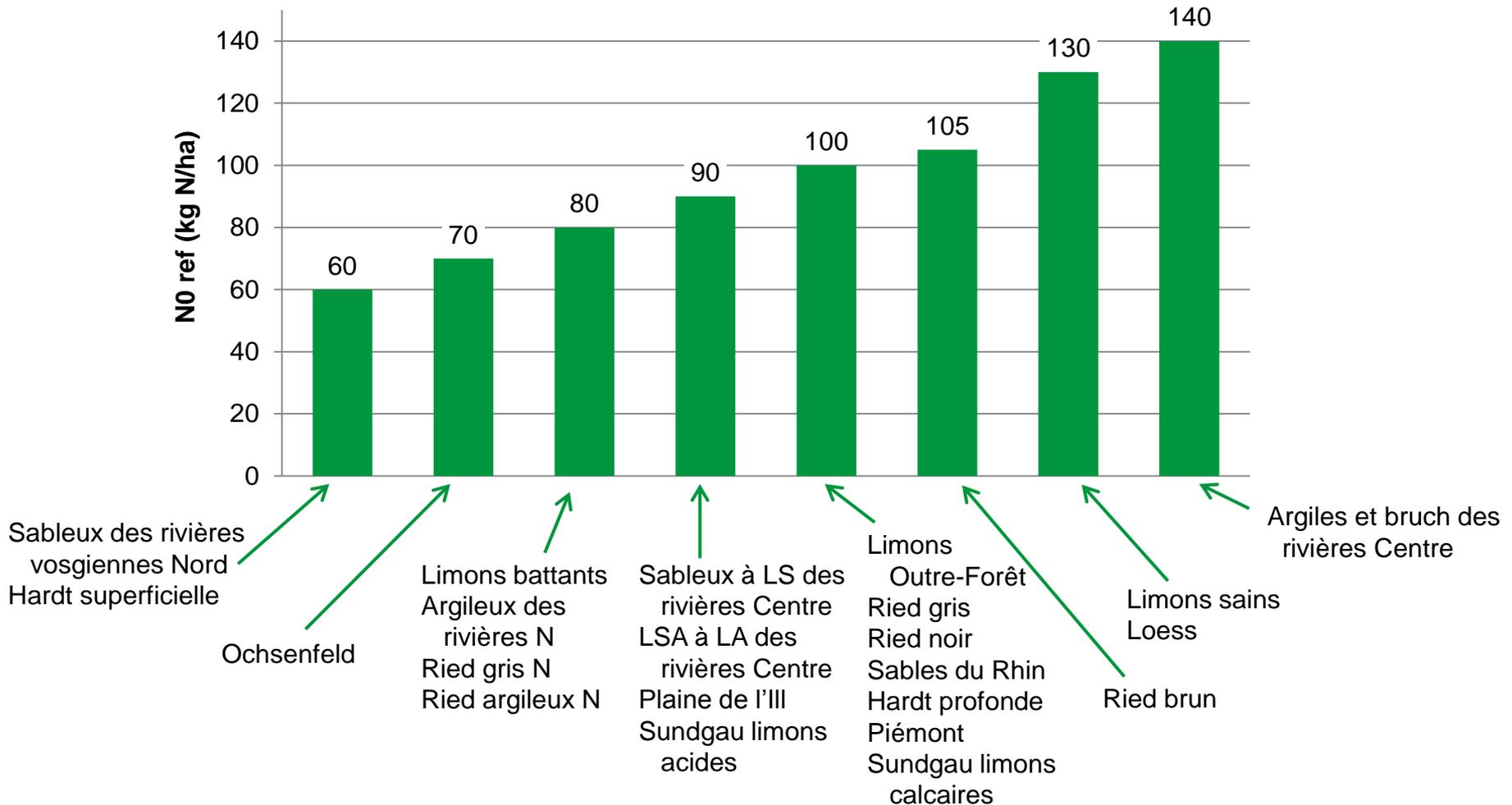
# Methode um X zu berechnen



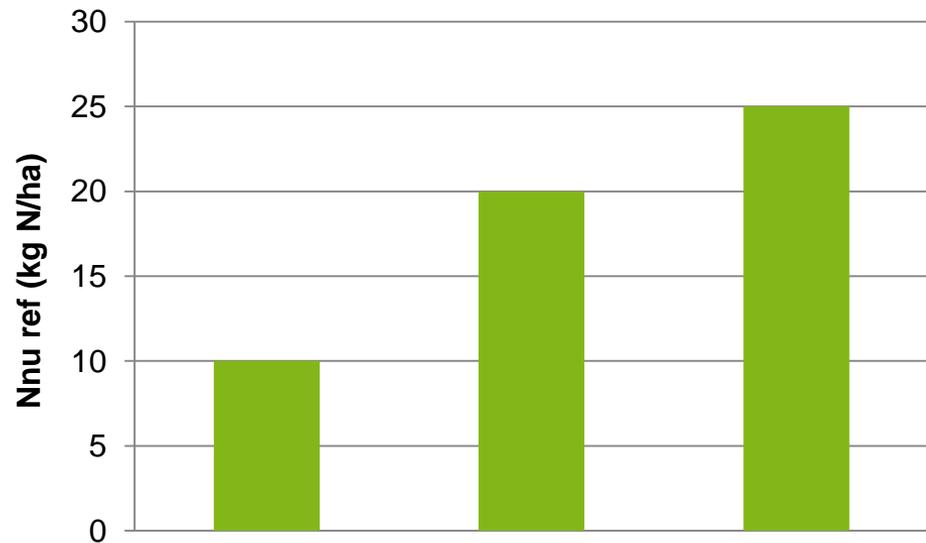
Comparaison des doses calculées avec le CAU  
ou par la méthode linéaire



# NO Referenzen



# Nnu Referenzen



Sableux des rivières  
vosgiennes Nord  
Sableux à LS des rivières  
vosgiennes Centre  
Hardt superficielle  
Ochsenfeld

Argileux des rivières  
vosgiennes Centre + Nord  
LSA à LA des rivières  
vosgiennes Centre  
Ried brun caillouteux  
Ried gris Nord  
Ried argileux Nord  
Ried noir  
LS et sables du Rhin

Loess et limons sains  
Limons Outre-Forêt  
Limons battants  
Ried brun  
Ried gris Sud  
Ried noir Sud  
Hardt profonde + sables profonds  
Plaine de l'ill  
Piémont  
Limons du Sundgau



# **Grenzen der Methode**

# N0ref : Grenzen

---



## ➤ Zahlreiche Situationen

- Verschiedene Vorfrüchte : ein paar ohne genügend Stichproben (z.B. Soja)
- Keine Zwischenfrucht früher
- Situationen ohne tierische Exkrememente
- Bestimmte Situationen nicht beschrieben : Direktsaatsystemen, permanente Bodenbedeckung...)

## ⇒ *Anpassung der Gleichung:*

$$X = 2,3 * Y - N0ref + Nnu + \textbf{Vorfruchtwirkung} + \textbf{Norg}$$

- Nicht genügend Stichproben für ein paar Bodenarten
- Bodenversorgung, die sich ändern könnten (Klimaänderung)
  - **Methode überprüfen**
  - **Referenzen (und Stickstoffregelung?) anpassen**

# b : Grenzen

---



- Entwicklung der Erträge mit der Sortenentwicklung ?
  - Verschiedene « b » je nach Sorten ?
  - Verschiedene « b » je nach Ertragspotenzial ?
    - Ertragspotenzial von 110 dz/ha in 1987 vs. 140 dz/ha heutzutage
    - Verdünnungseffekt ?



# **Aktualisierung der Koeffizienten**

# Aktualisierung von N0ref



## ▲ Daten 1987-2014 : Böden von Bas-Rhin

Type de sol	Nombre de valeurs	Médiane	1 <sup>er</sup> quintile	Référence
Limon sain et loess favorable	145	157	130	130 
Limon sain Outre Forêt et arrière Kochersberg	35	131	107	100 
<i>Limon battant</i>	8	94	65	80
Sol sableux des rivières vosgiennes Nord	27	98	69	60 
<i>Sol argileux des rivières vosgiennes Nord</i>	7	163	90	80
<i>Sol argileux et bruch des rivières vosgiennes Centre</i>	4	233	203	140
<i>Sols S à LS des rivières vosgiennes Centre</i>	3	148	114	90
Sol LSA et LA des rivières vosgiennes Centre	43	132	107	90 
Ried gris Nord	13	99	77	80 
Ried argileux bande rhénane Nord	10	152	107	80 
Ried Brun Caillouteux (irrigué)	23	116	89	105 
Ried gris, ried noir, ried rhéna	52	147	103	100 
<i>Sol LS à S du Rhin</i>	4	113	86	100

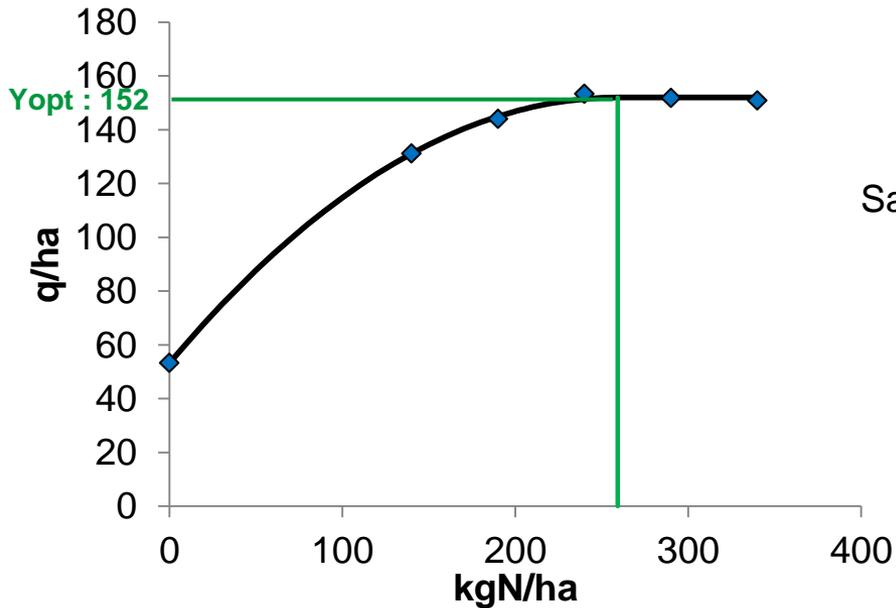
# Aktualisierung von N0ref



➤ Daten 1987-2014 : Böden von Haut-Rhin

Type de sol	Nombre de valeurs	Médiane	1 <sup>er</sup> quintile	Référence
<i>Ried brun</i>	0			
<i>Ried gris</i>	3	204	142	100
<i>Ried noir</i>	1	232	232	100
<b>Sol profond des sables du Rhin et de la Hardt</b>	63	121	99	😊 100
<b>Sol superficiel de Hardt</b>	57	79	65	😊 60
<b>Plaine de l'III</b>	30	121	95	😊 90
<b>Ochsenfeld</b>	18	102	68	😊 70
<b>Piémont</b>	33	158	104	😊 100
<b>Sundgau limon acide et battant</b>	46	107	90	😊 90
<b>Sundgau limon sain calcaire</b>	41	129	95	😊 100

# Aktualisierung von « b »



Sainte-Croix en Plaine, 2016  
Nnu = 25 u.N  
N0ref = 90 u.N

➤ Theoretische Dosis an dem optimalen Ertrag :  
 $X = 2,3 * 152 - 90 + 25 = 285 \text{ u.N/ha}$

➤ Wirkliche Dosis an dem optimalen Ertrag :  
 $X = 259 \text{ u.N/ha} = 2,1 X 152 - 90 + 25$

$$\Leftrightarrow b = 2,1$$

⇒ Für hohe Ertragspotenzial, « b » sollte nach unten korrigiert sein

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**