

# Le « chaulage » des prairies : correction de l'acidité des sols sous prairies

**Gilles CROCQ**

Agronomie et Récolte des fourrages  
La Jaillière

La Chapelle Saint Sauveur (44)

Tél. 02 40 98 64 78 - [g.crocq@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:g.crocq@arvalisinstitutduvegetal.fr)



Avec l'aide du pôle fertilisation ARVALIS

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

[a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Participation du groupe prairies Pays de la Loire



# Le « chaulage » des prairies : correction de l'acidité des sols sous prairies

## **1. Rappel des principes de base :**

Définitions de l'acidité et origines de l'acidification des sols

2 indicateurs clés pour gérer le chaulage : pH eau et la CEC

Les effets de l'acidité sur les sols et les prairies

Correction de l'acidité du sol par l'apport d'amendements basiques

## **2. Gestion du chaulage des Prairies temporaires de courte durée**

## **3. Gestion du chaulage des Prairies temporaires de longue durée et des prairies permanentes**

Réseau d'essai chaulage 2008-2012 Pays de la Loire

## **4. Effet des produits résiduaires organiques sur le statut acido basique des sols des sols**



# Causes de l'acidification des sols

- L'acidification est due à une production nette de protons ( $H^+$ )
- Elle provient en grande partie de l'activité biologique (biomasse microbienne, absorption racinaire...)
- Phénomène naturel amplifié par l'activité humaine (production de biomasse +++)
- (*Apport de  $H^+$  par la pluie (pH 5,6) )*)



# Acidification d'autant plus forte que...

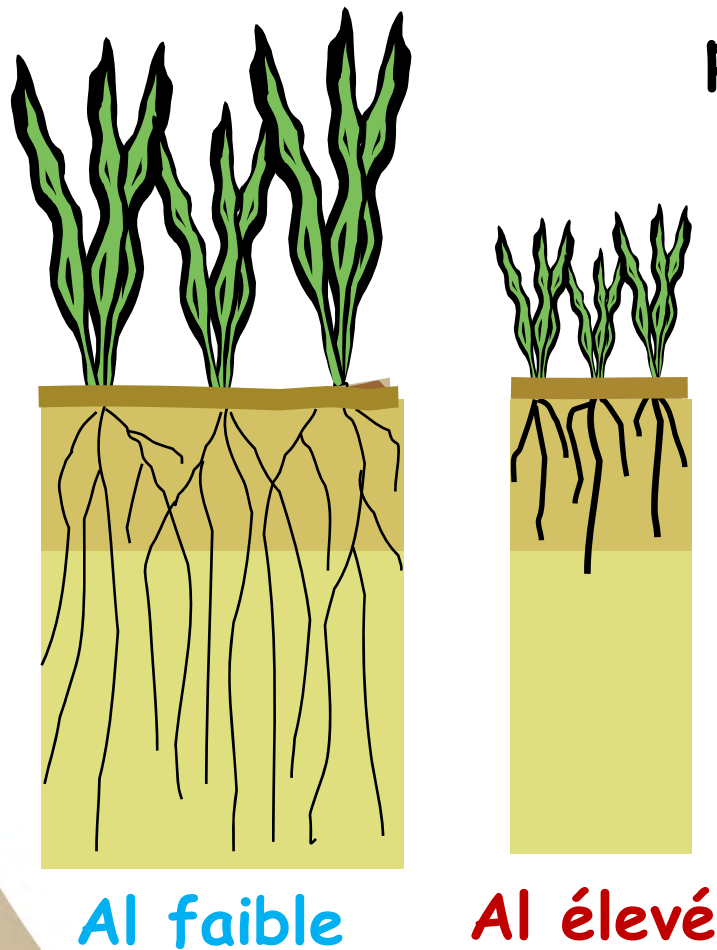
- lame drainante élevée
- Engrais N contenant forme ammoniacale et bilan N excédentaire
- Exportations des pailles, pas de CIPAN
- Légumineuses fréquentes dans la rotation
- Roche mère à faible réservoir d'alcalinité (sables, grès, certains granites...)

**Actuellement, pas de modèle opérationnel permettant de prévoir une vitesse d'acidification**

**Bilan de protons à l'étude**



# Effet de la toxicité aluminique sur le système racinaire et la nutrition des plantes



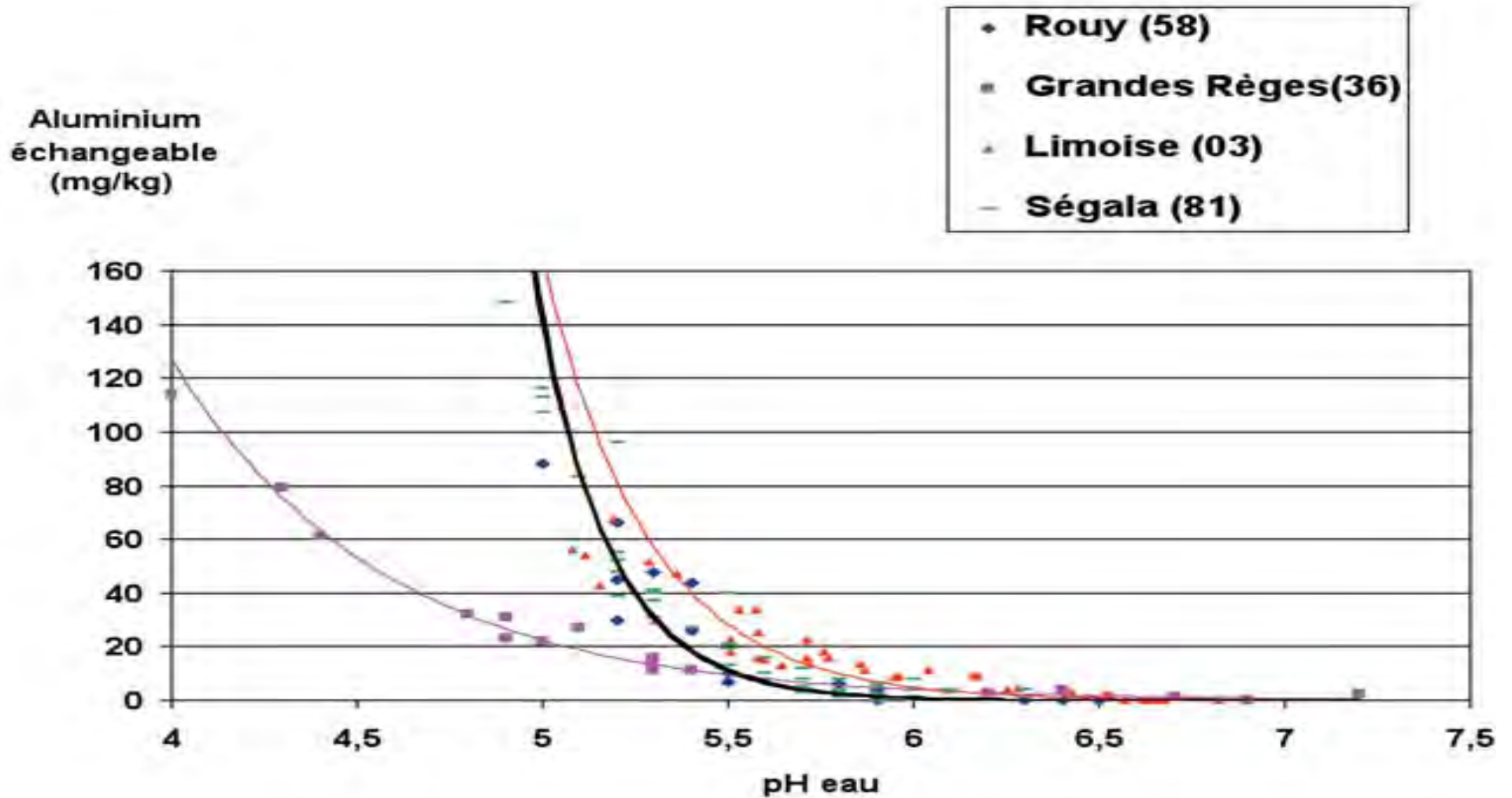
pH ↘ → solubilité de Al ↗

## Toxicité Al :

- racines courtes, épaisses et peu ramifiées
- réserve hydrique faible
- accès limité à la réserve de P et K dans le sol
- azote mal utilisé

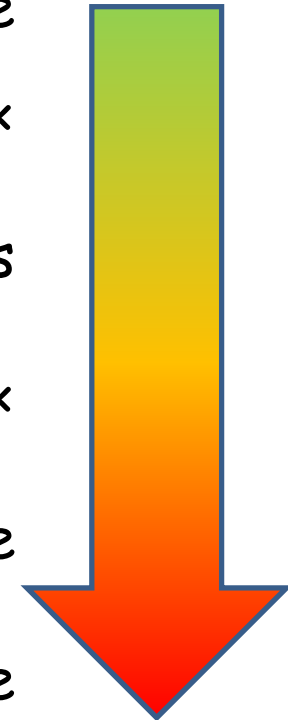


# Relation entre le pH eau et la teneur en aluminium échangeable du sol sur plusieurs sites expérimentaux



# Tolérance de quelques graminées prairiales à la toxicité aluminique

Dactyle  $\leq$  Fétuque élevée  
Ray grass <  
Pâturin  $\leq$  Agrostis  
Houlque laineuse <  
Avoine des prés < Brachypode < Fétuque rouge < Nard raide  
< Molinie < Danthonie



**Résistance à la toxicité aluminique marquée**

*Plus les espèces sont tolérantes à la toxicité aluminique, Moins elles sont productives, moins elle présentent une bonne valeur fourragère*



# Le pH eau du sol

## ➤ **Indicateur privilégié** pour diagnostiquer les risques liés à l'acidité des sols ...

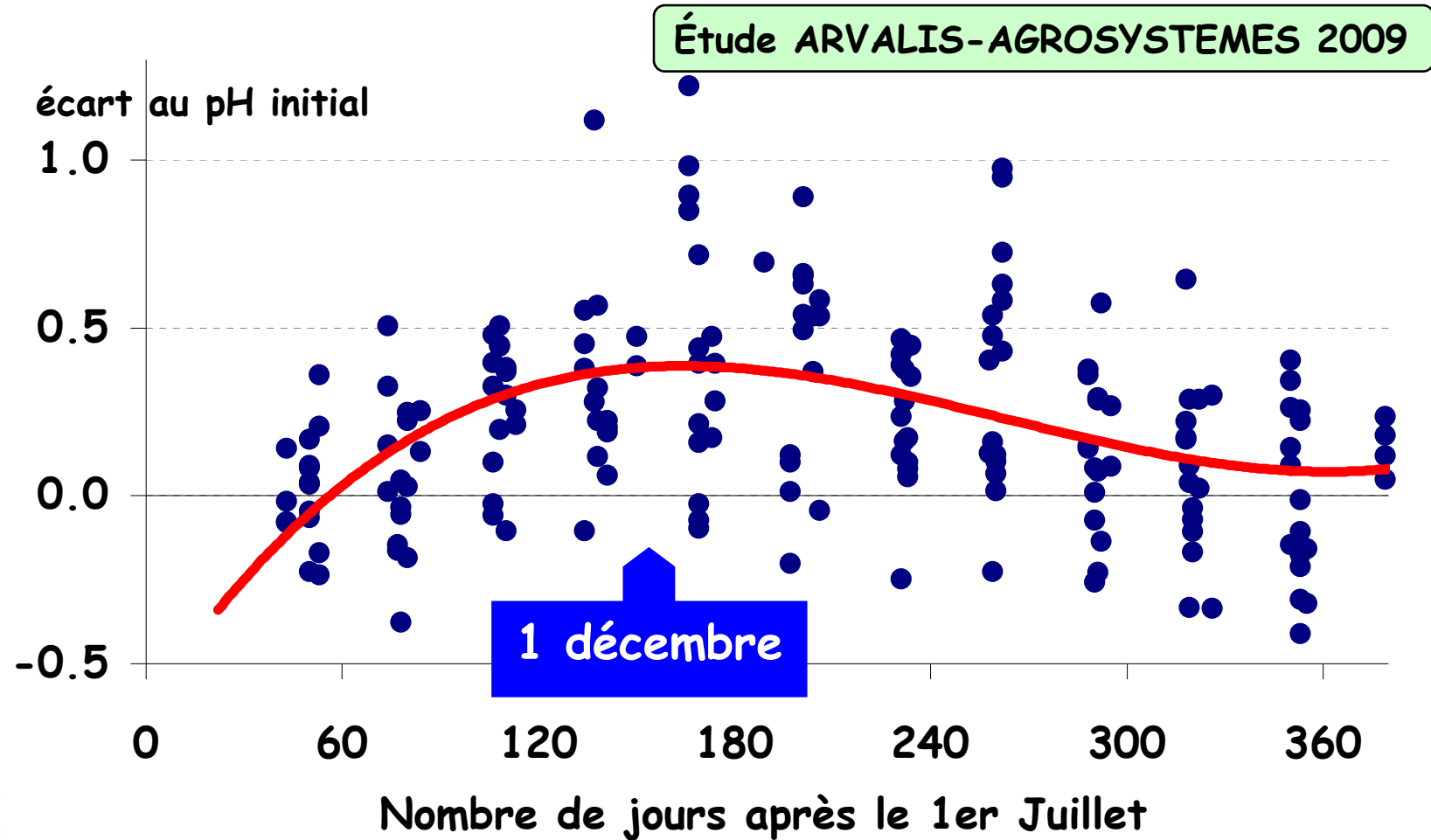
*(la toxicité de l'aluminium est principalement contrôlée par le pH)*

- ✓ **Variabilité** du pH eau dans le **temps** (idem pour pH KCl)
- ✓ **Variabilité** du pH eau dans l'**espace**  
(de l'échelle parcellaire à celle de la racine)
- ✓ **Variabilité** du pH eau dans le **profil de sol** (gradient d'acidité)
  - Bonne interprétation de l'évolution dans le temps :
    - ✓ au **même moment**,
    - ✓ au **même endroit**
    - ✓ et à la **même profondeur**





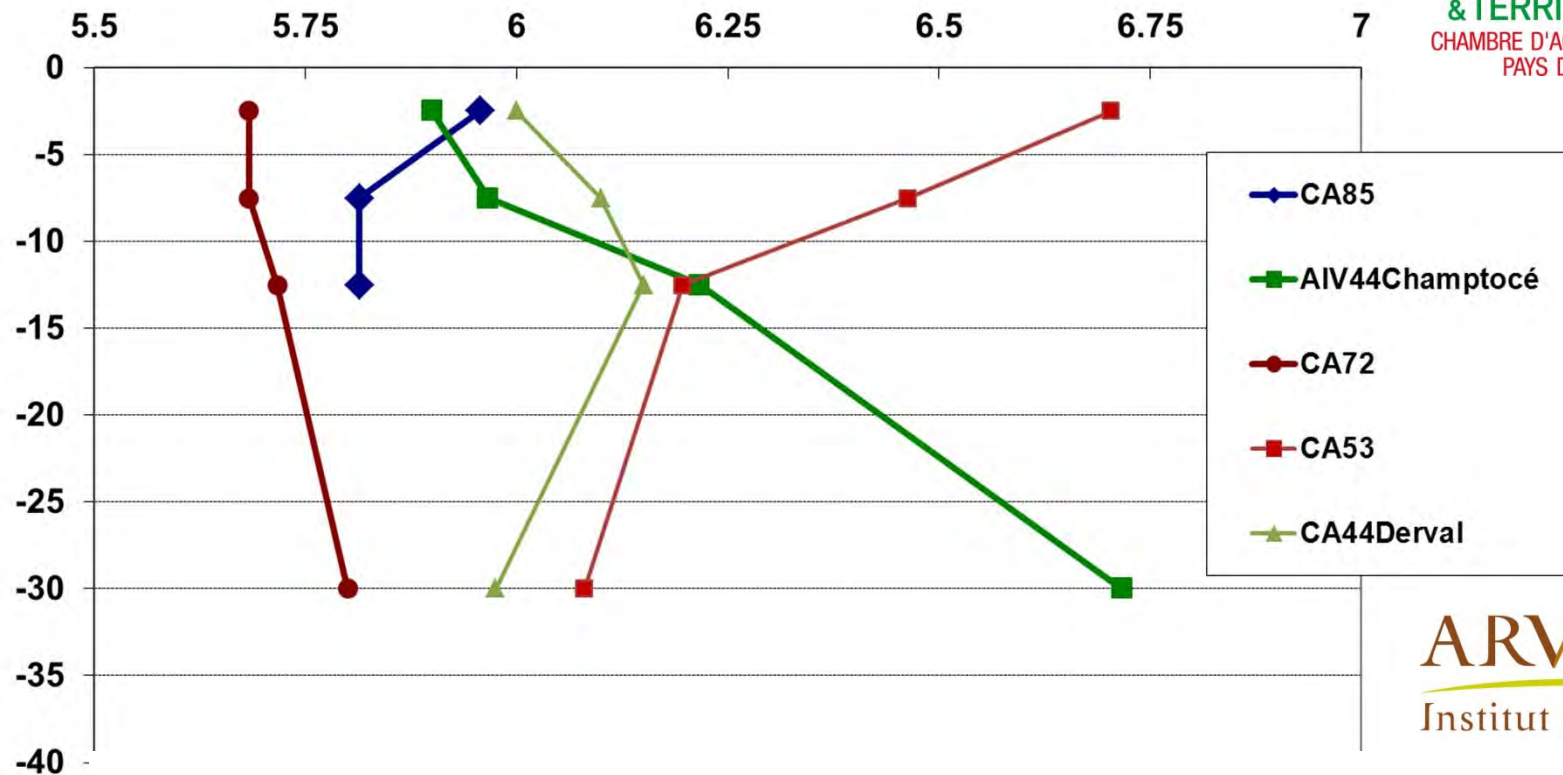
# Variation du pH eau dans le temps





# Variation du pH eau en profondeur

pH initial de 5 sites  
réseau d'essais chaulage Prairies Pays de la Loire  
2008-2012



des gradients d'acidité liés à l'histoire de la parcelle :

- Origine géologique du sol
- Passé culturel de la parcelle ... activité humaine

# La CEC ou capacité d'échange cationique et le taux de saturation $S/CEC_{\text{metson}}$ ou $Ca/CEC$

## ➤ CEC: indicateur privilégié pour estimer la dose d'amendement à apporter

- ✓ correspond à la qualité des argiles, de l'humus et de certains hydroxydes présents dans les sols.
- ✓ La CEC Metson est mesurée au pH de référence 7

Type de sol	CEC en me/100 g ou cmole(+)/kg
Limon argileux 18-25 % argile	12 à 15
Limon non ou peu battant sain 15 - 18 % argile	9 à 12
Limon battant humide ou drainé 10 - 15 %	7 à 10
Sablo-limoneux	4 à 7
Sable	moins de 5

## ➤ Le taux de saturation indique le niveau de remplissage de la CEC par les cations (chargés +) noté $S/T$ ou $S/CEC$ :

- cation calcium :  $Ca^{2+}$
- cation magnésium :  $Mg^{2+}$
- cation potassium :  $K^{+}$
- cation sodium :  $Na^{+}$

## ➤ Le taux de saturation ne peut s'interpréter qu'en lien avec le pH

## ➤ Un taux de saturation $S/CEC$ de **80% ~ pH de 6.2**



# Effet des amendements basiques sur les prairies (1/2)

1. Suppression de la toxicité aluminique
  2. Minéralisation accrue de N organique du sol
  3. Modification de la disponibilité de certains éléments minéraux (P, Mg) et oligoéléments (Mo, Mn, B, Zn, Cu)
  4. Accélération de l'installation des rhizobium sur les racines des luzernes.
- Augmentation de la teneur en Ca de l'herbe
  - En Prairie Permanente, modification progressive de la composition botanique mais le chaulage ne suffit pas...



# Effet des amendements basiques sur les prairies (2/2)

## ➤ Amélioration de l'état structural du sol :

Dans l'Ouest, sols limoneux ou limono-sableux battants drainés, pauvres en matière organique avec CEC faible ( $CEC_{\text{metson}} < 7 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ ). Intérêt pour l'implantation des cultures, y compris prairies temporaires.

## ➤ Effet sur l'activité biologique :

### ✓ Composition et activité de la micro-flore

- Micro-organismes impliqués dans la minéralisation
- Bactéries fixatrices d'azote : *Rhizobium meliloti* le plus actif à pH = 7

### Composition et activité de la macro-flore :

- Certains vers de terre sensibles à l'acidité excessive du sol (Mathieu J. *et al*, 2010, Fabre. B, 2001...)

- « têtes rouges »      ex : *Lumbricus terrestris*
- « têtes noires »      ex : *Aporrectodea giardi*

© Université de Rennes 1



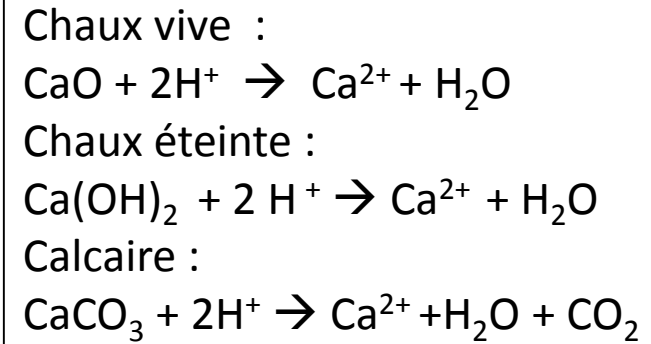
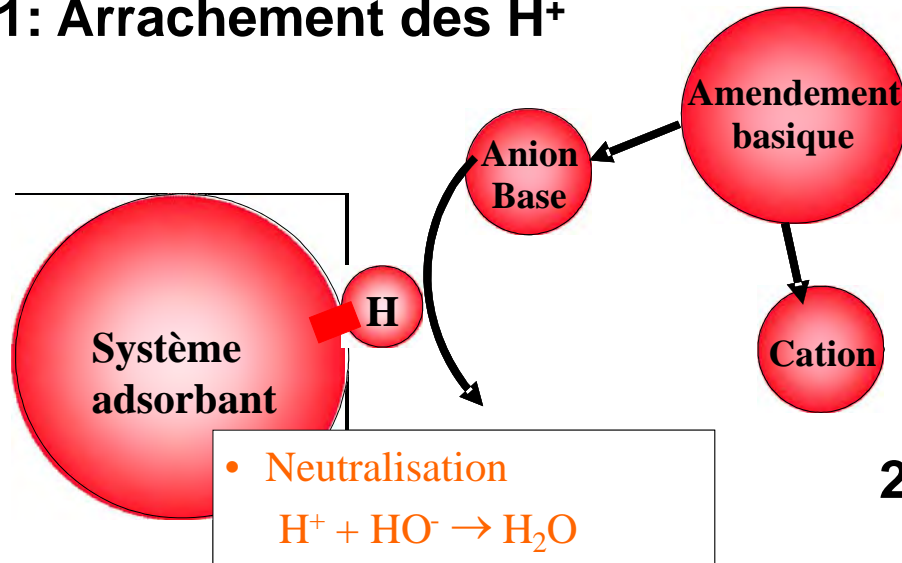
© TCS

ARVALIS  
Institut du végétal

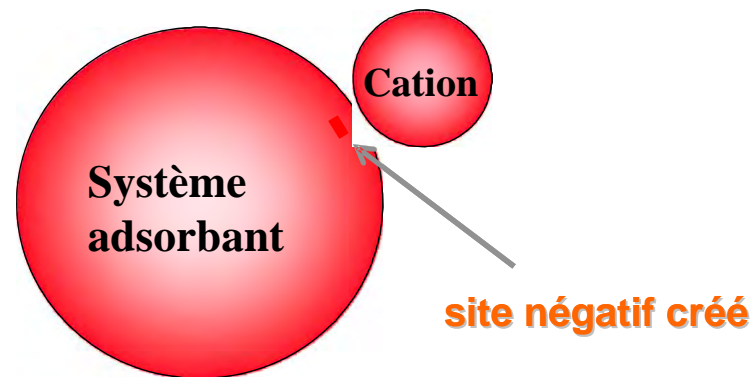


# Mode d'action d'un amendement basique calcique

## 1: Arrachement des H<sup>+</sup>



## 2: Adsorption du cation sur le site négatif créé

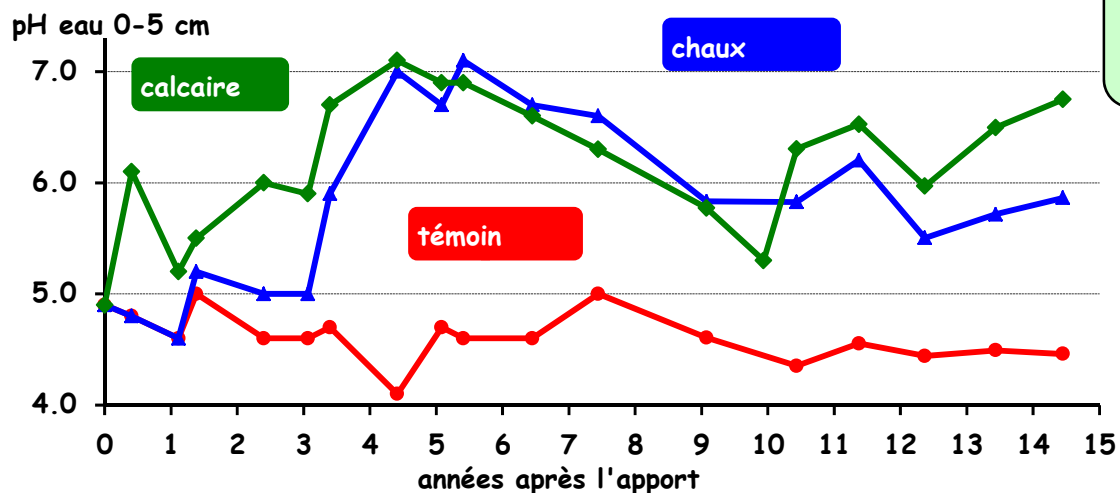




# 1. « Chaulage » et productivité de la prairie

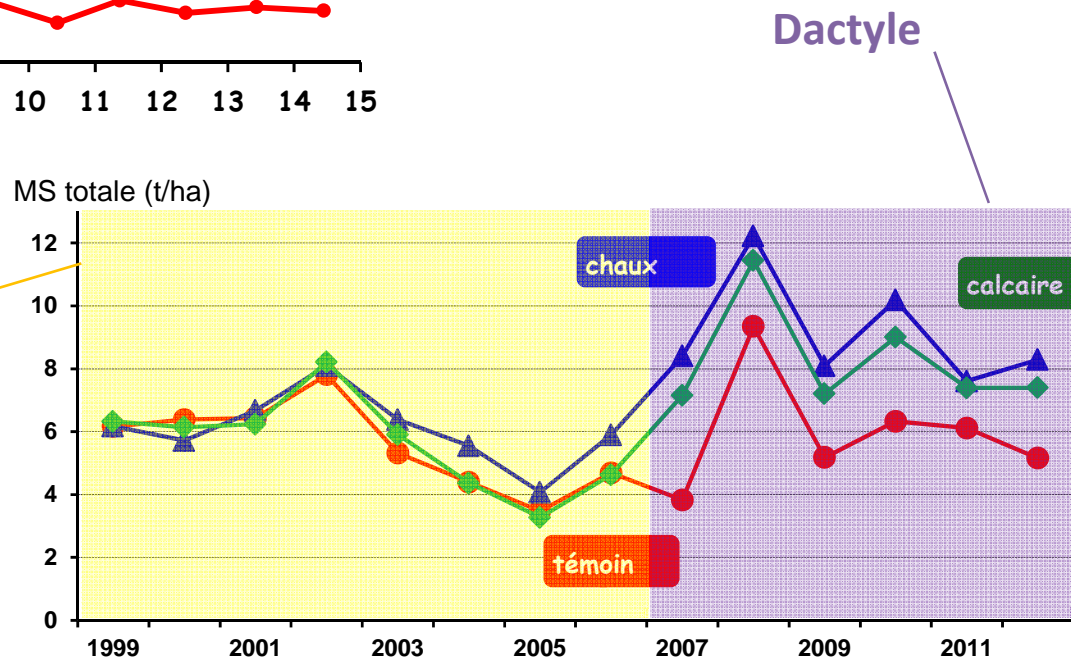


Essai de longue durée de Massat (09)  
1989 à 2013  
Prairie permanente



pH initial < 5

Prairie naturelle

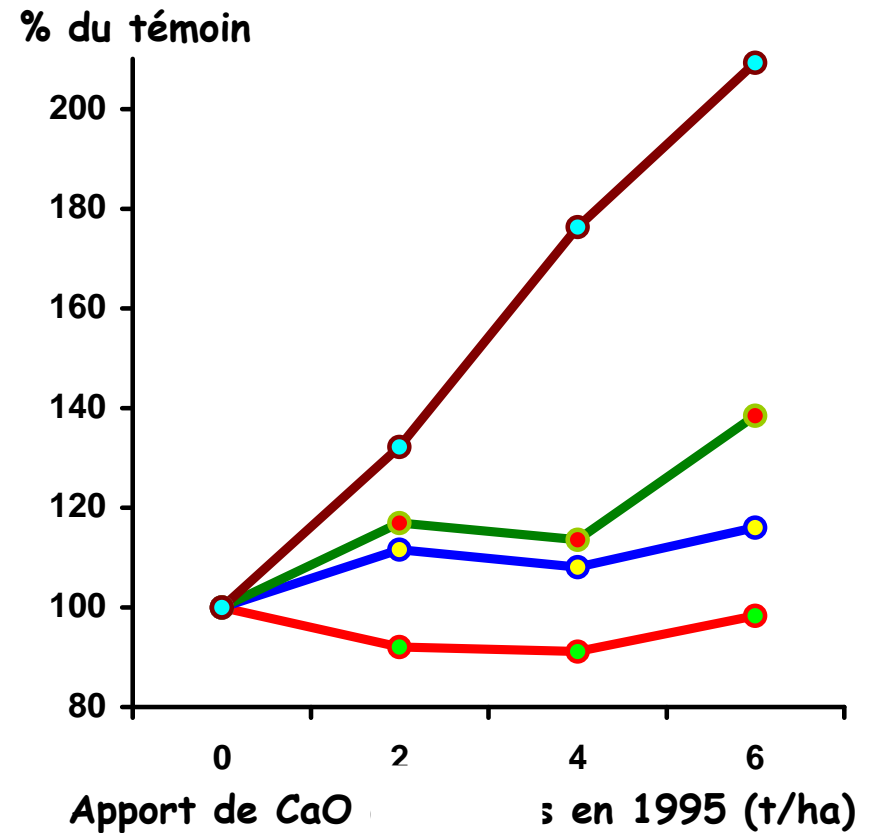
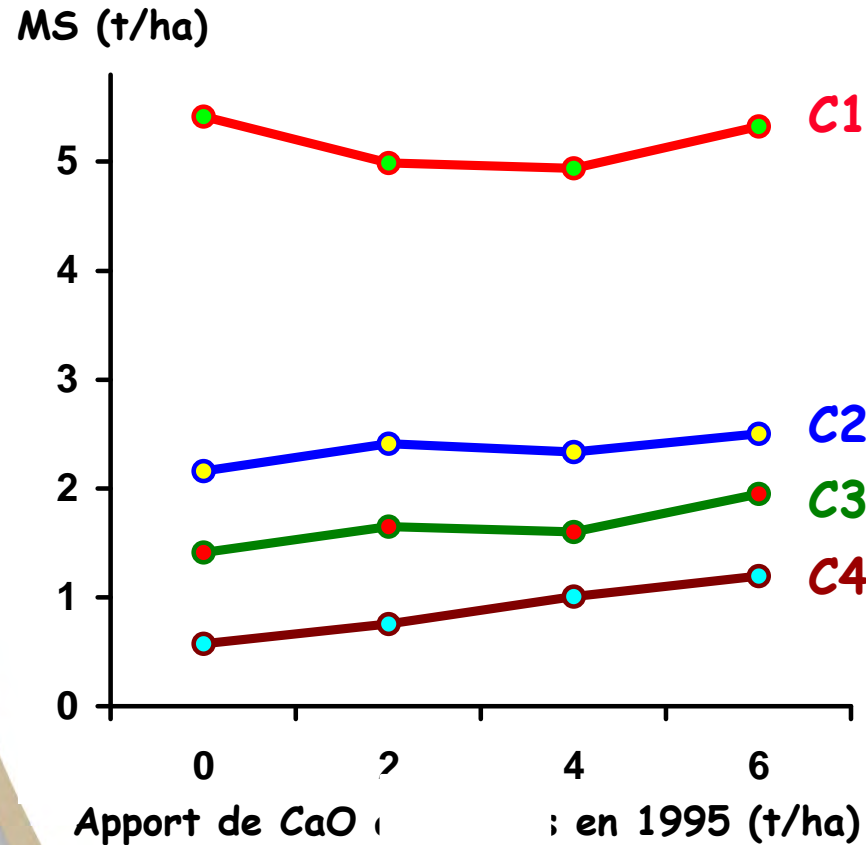


l'effet chaulage est plus net avec les espèces productives de la prairie temporaire qu'avec les espèces de la prairie naturelle.



# 1. « Chaulage » et productivité de la prairie

Padiès (81) - 2001 - pH eau témoin 5  
prairie temporaire à base de dactyle



L'excès d'acidité affecte beaucoup plus la croissance de l'herbe en période sèche (été) qu'en période de forte croissance (printemps)





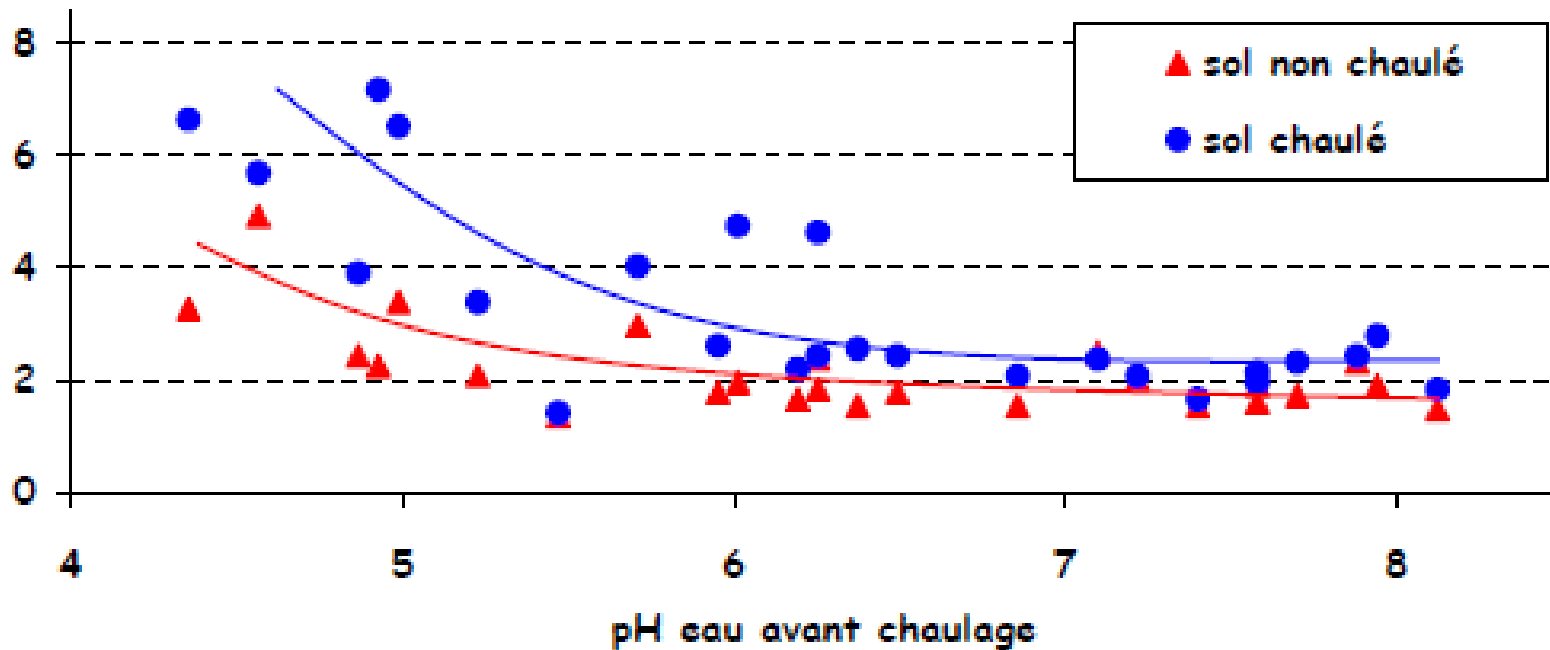
## 2. Surplus de minéralisation de N organique du sol (expérimentation en labo)

■ sol non chaulé      ● sol chaulé

incubation 3 semaines à 28°C de 25 sols : %Norg = 0,048 à 0,414%

% N org minéralisé

Cornfield 1959, J Sci Food Agric 10

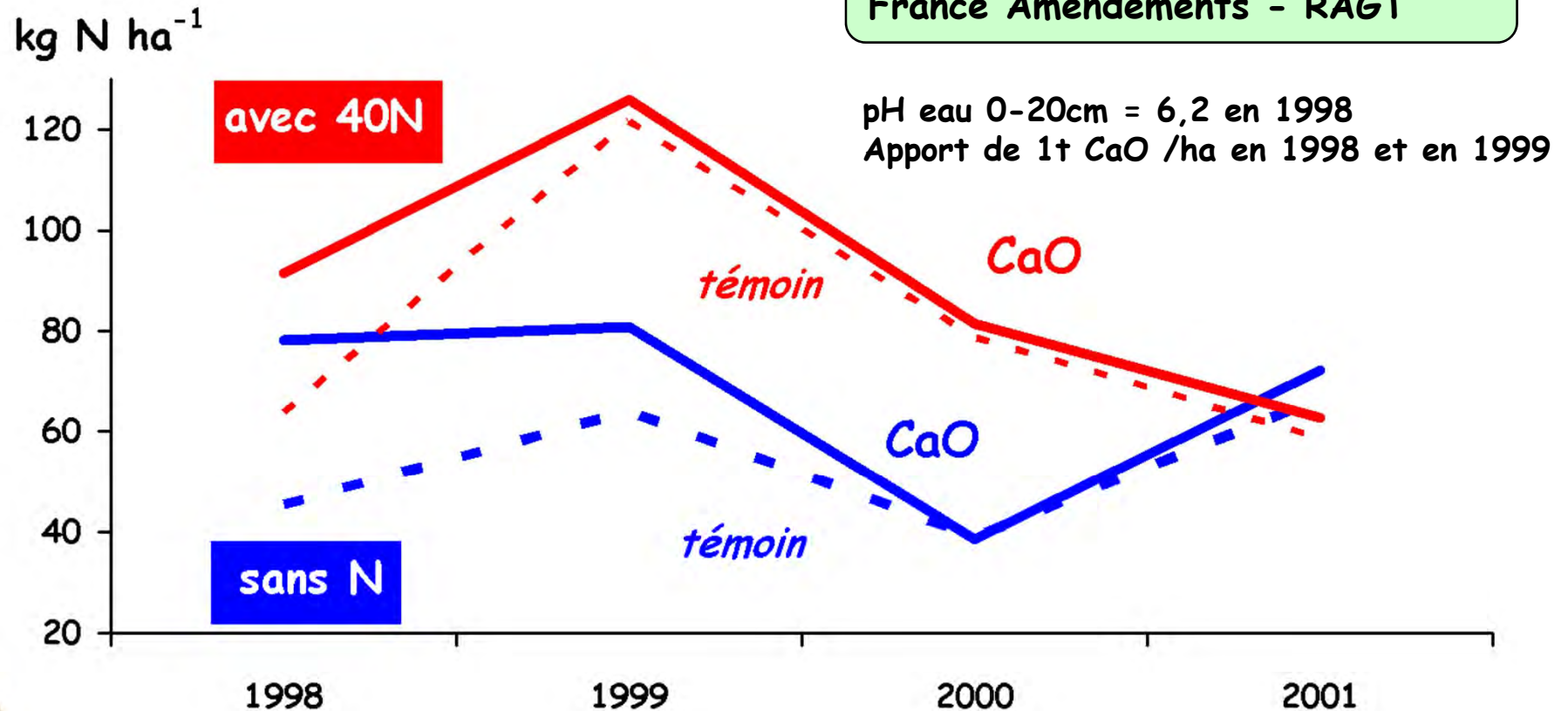


Réponse d'autant plus marquée que le sol est acide, que la dose d'amendement est élevée, que la prairie est peu fertilisée



## 2. Surplus de minéralisation de N organique du sol (expérimentation au champ)

Essais de Vezins-de-Levezou (12)  
France Amendements - RAGT



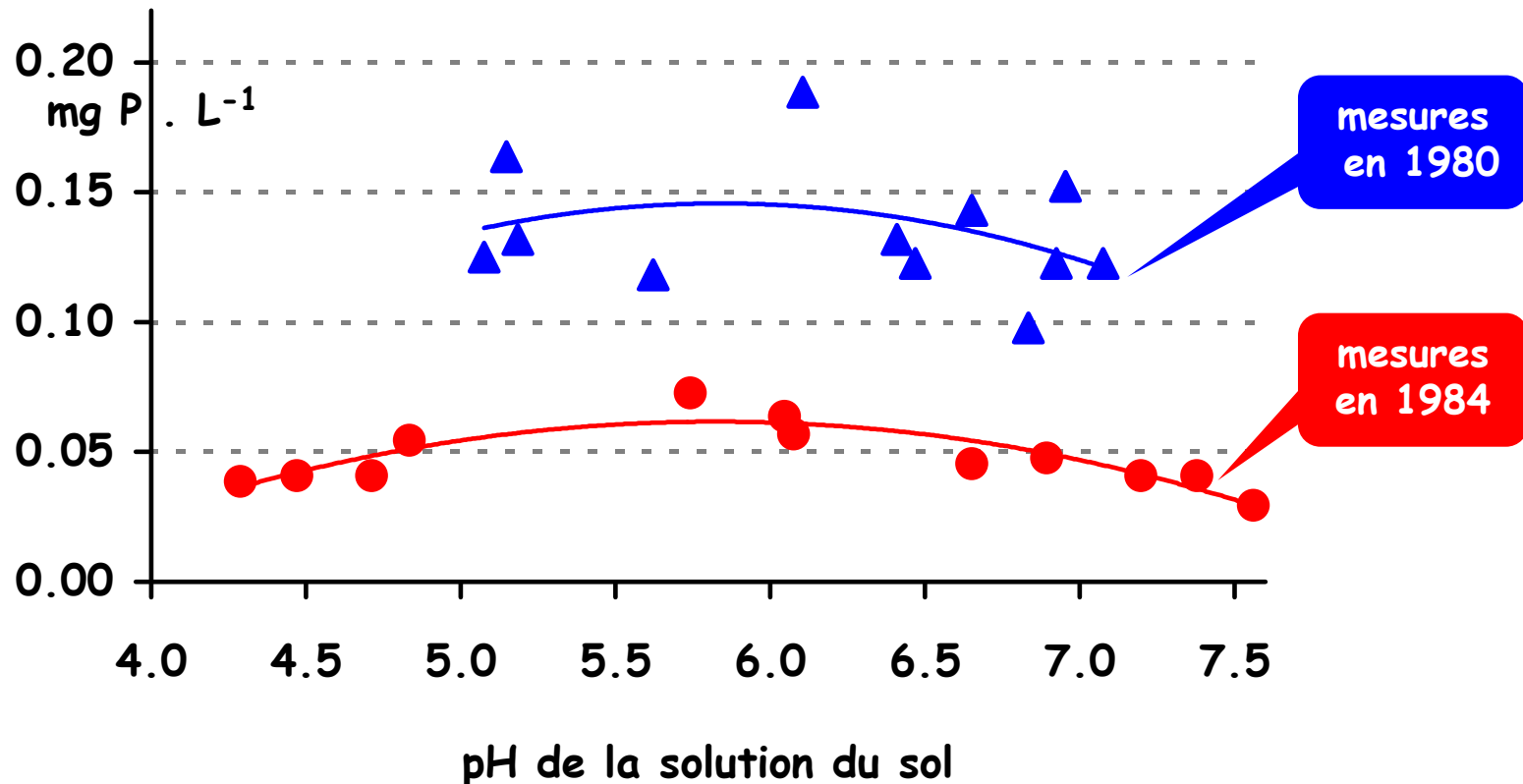
Effet transitoire, variable selon le type de sol et d'autant plus intense que le sol est acide et la dose d'amendement élevée.



### 3. Modification de la disponibilité du P en fonction du pH

Plusieurs niveaux de calcaire en 1973  
Doses croissantes de superphosphate de 1973 à 1979

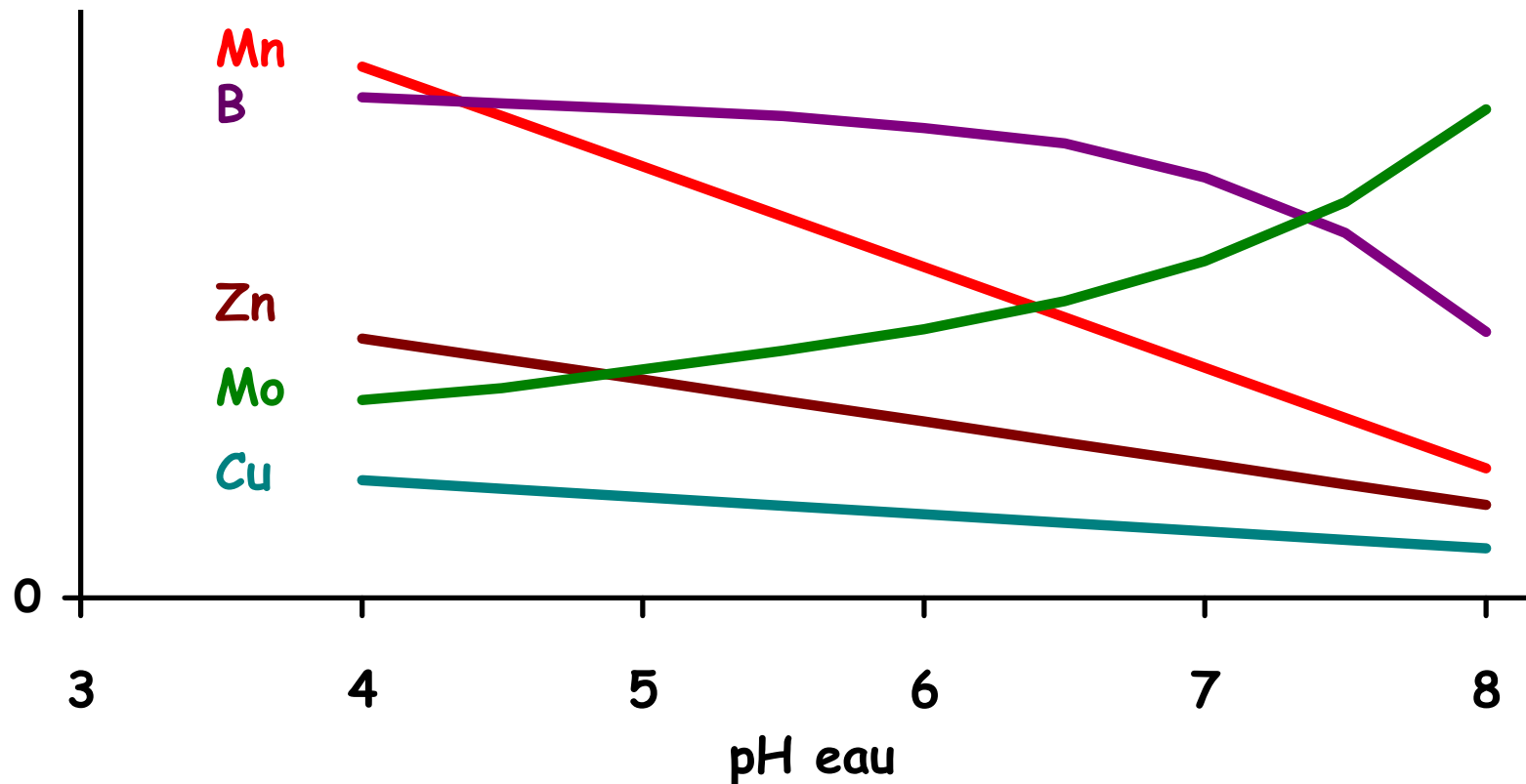
Harrison et Adams 1987,  
SSSAJ 51



**La disponibilité du phosphore est la plus élevée à pH voisin de 6**

# Effet du pH du sol sur la disponibilité des oligoéléments

disponibilité  
relative



**Un sol à pH eau de 6.5 optimise la disponibilité de ces 5 oligo-éléments**

Loué, 1993



# Comment décider de chauler ses prairies ?

2 possibilités...

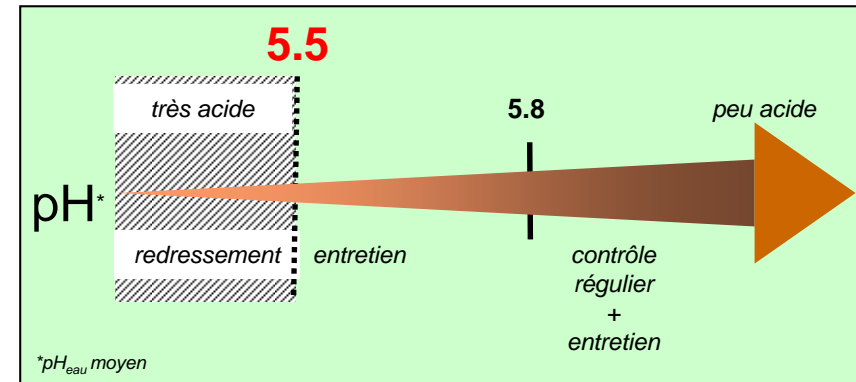
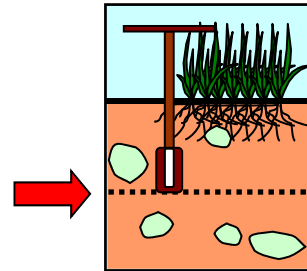
Quelle est la profondeur du prélèvement de terre ?

Quel type de chaulage ?

prairies temporaires ou assolées

1

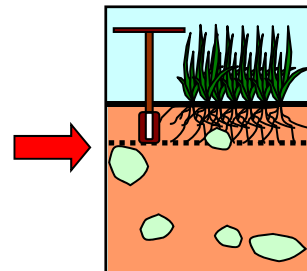
Horizon travaillé



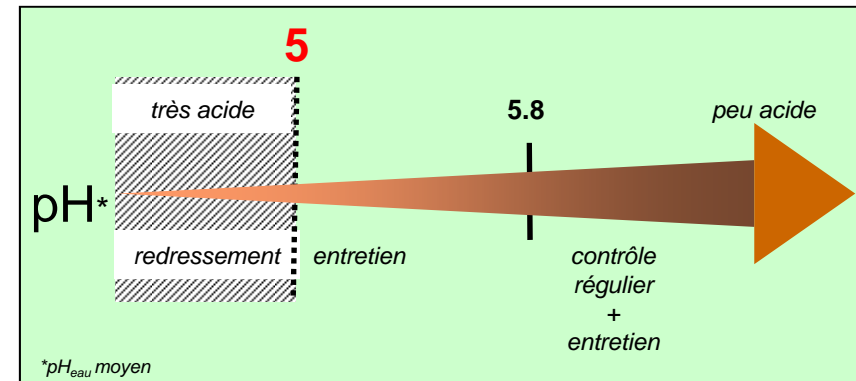
prairies permanentes

2

5 cm



...et si teneur en matières organiques > 3 %



# Cas des prairies temporaires de courte durée = même raisonnement que les cultures annuelles

**Quand :** Avant implantation des cultures annuelles pH eau  
0-5 cm > 5,5

Avant implantation pour le semis de la prairie

Cas particulier de la luzerne : **pH = 6**

**Avec quoi ? :**

Si chaulage de redressement, utiliser carbonates fins à action rapide ou moyennement rapide ou de la chaux

Si chaulage d'entretien, carbonates grossiers suffisent

Attention au sur-chaulage

*Au-delà de pH 6.5 -6.8 , blocage du phosphore et des oligo-éléments.*



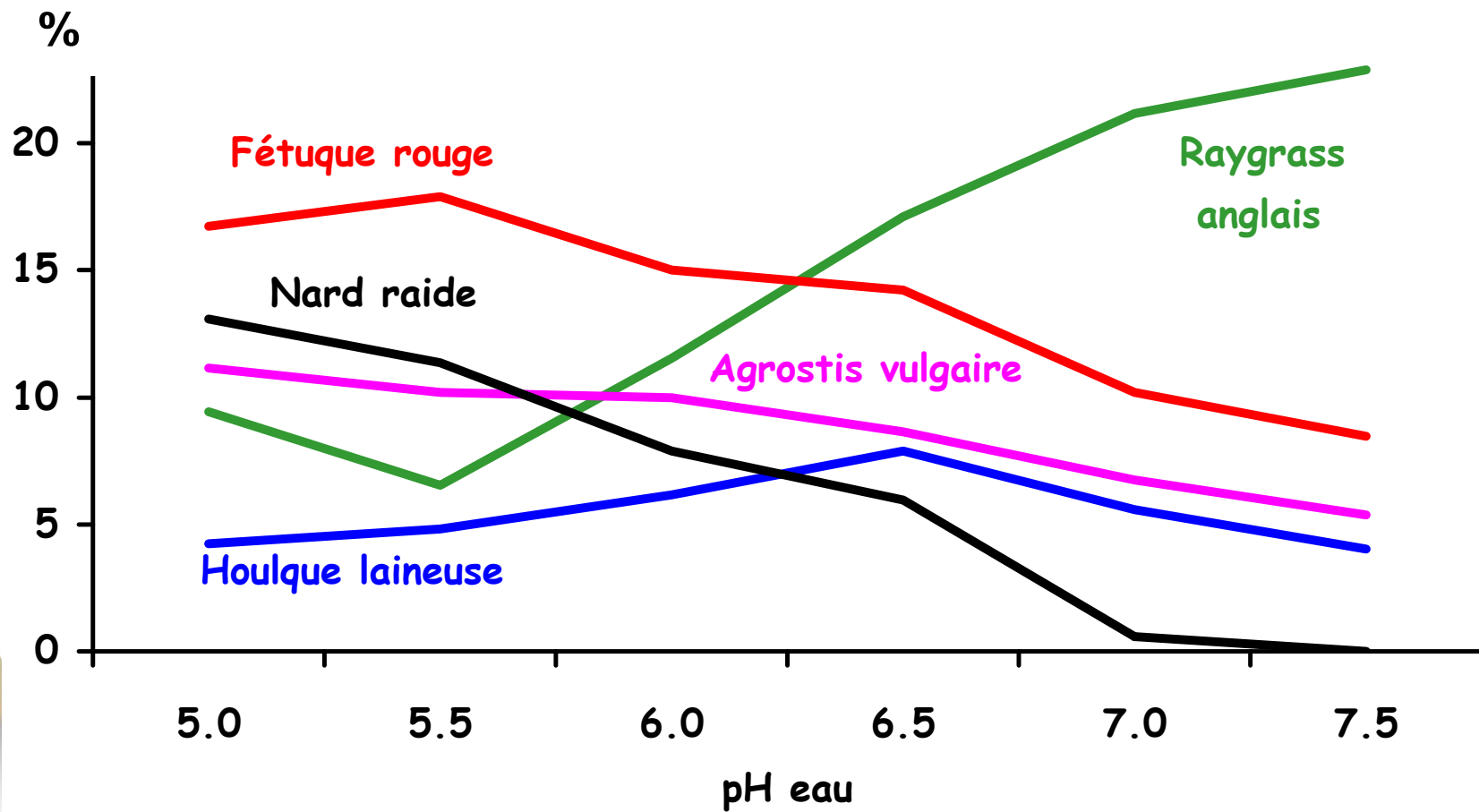
# Cas particulier des prairies permanentes ou temporaires de longue durée

## **TENIR COMPTE DE 3 ELEMENTS SUIVANTS POUR LE CHAULAGE**

- **LA FLORE** : plus ou moins variée mais très largement dominée par les graminées au printemps (un peu plus diversifiée en été et à l'automne avec des légumineuses et diverses)
- **DES GRADIENTS VERTICAUX** de la concentration :
  - de la plupart des éléments nutritifs
  - de la teneur en matière organique et du pH
  - auxquelles se rajoutent parfois des changements de texture avec la profondeur.
- **UN ETAT STRUCTURAL DE SURFACE** (lié au couvert permanent, la forte densité de racines et la teneur élevée en matière organique) dont il est peu probable qu'il puisse être modifié par les amendements minéraux. « feutrage »

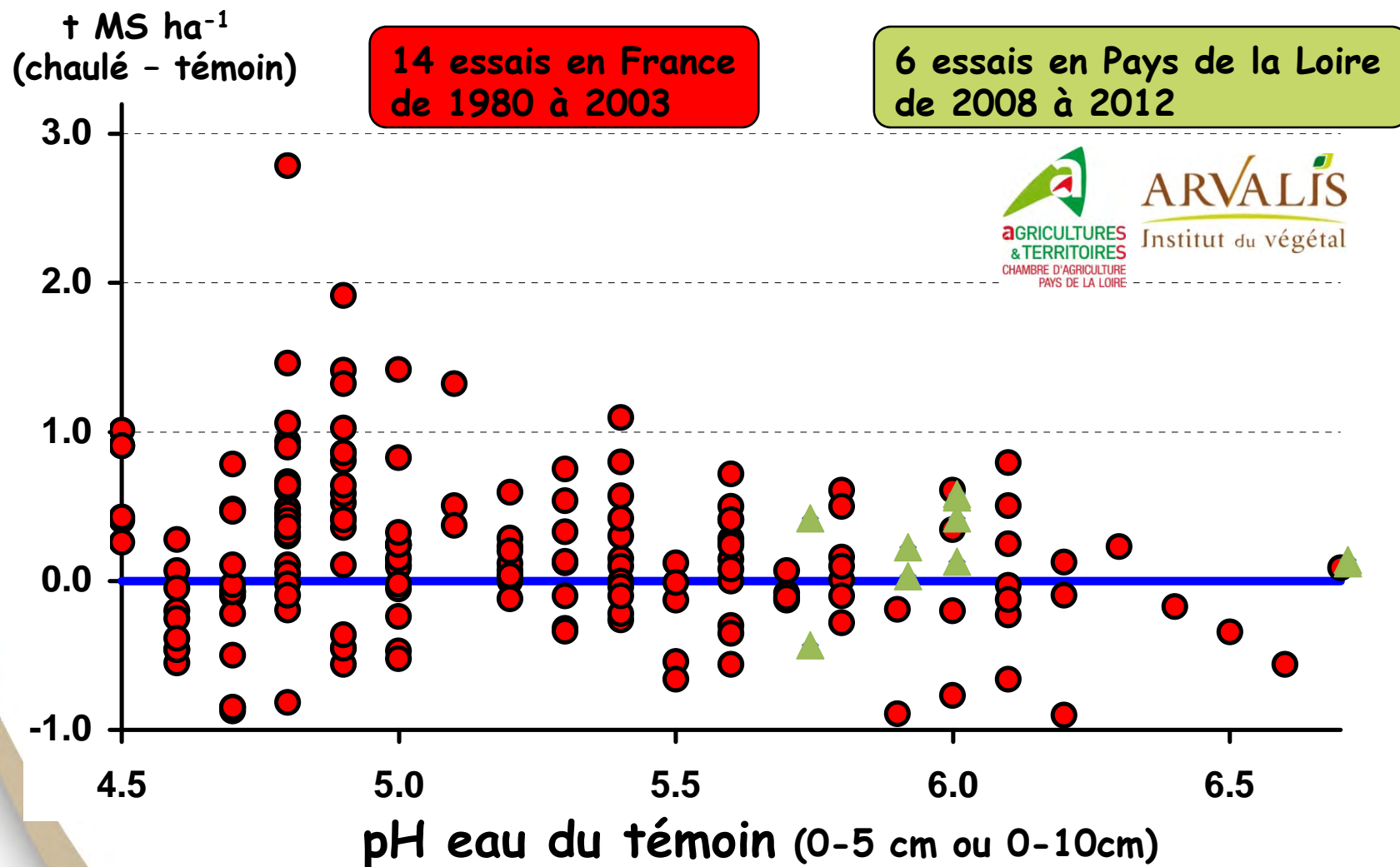


# pH du sol et dominance de quelques graminées



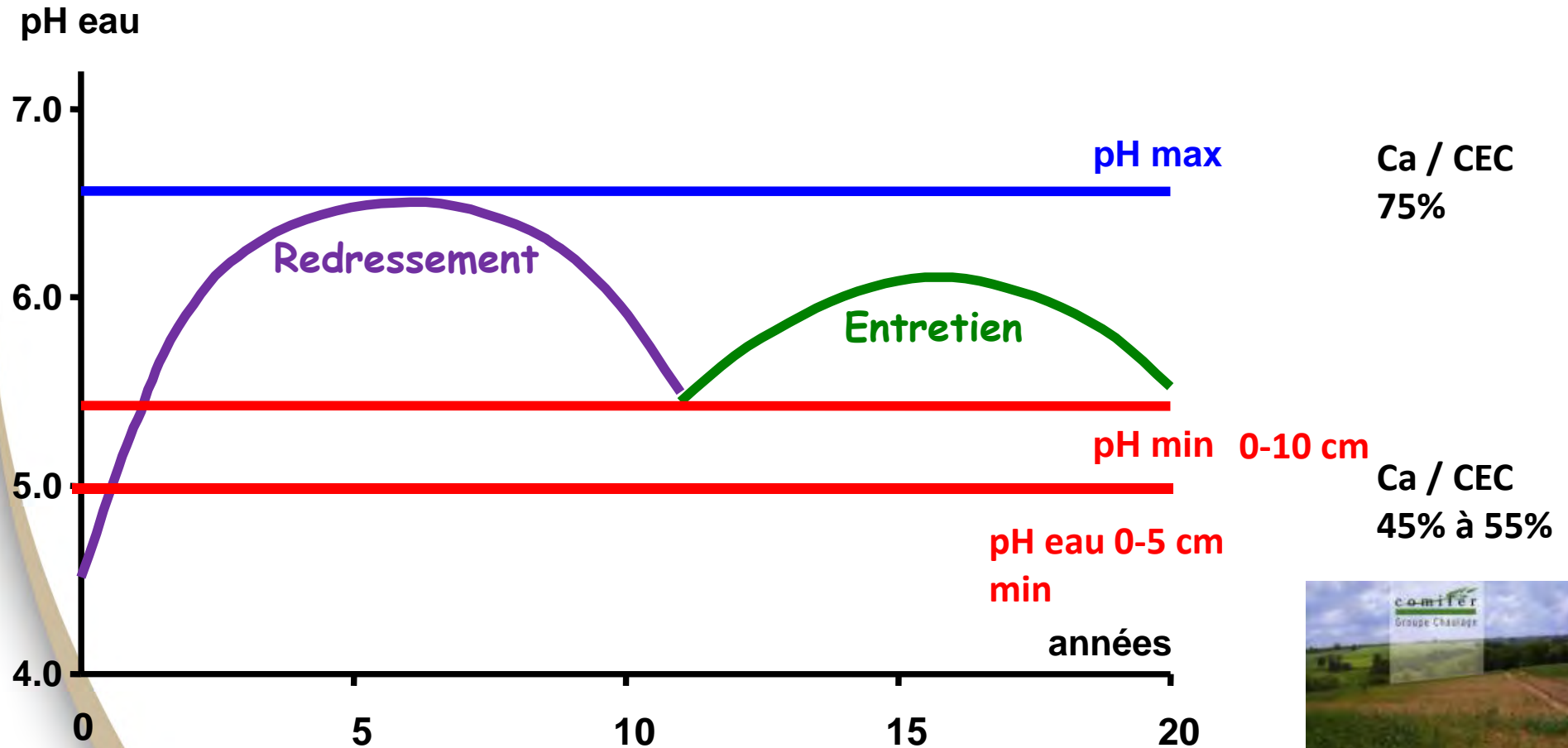


# Chaulage et production d'herbe selon le pH du sol





# PP et « PTLD » : pH eau et Ca/CEC indicateurs du chaulage





# Cas particulier des prairies permanentes ou temporaires de longue durée

## Quand ?

Seul un pilotage par le pH sur 0-5 ou 0-10 cm , permet  
d'ajuster au mieux les apports

## Fréquence d'apport ?

Quantités élevées tous les 5 à 10 ans

Faibles quantités fréquemment

## Avec quoi ?

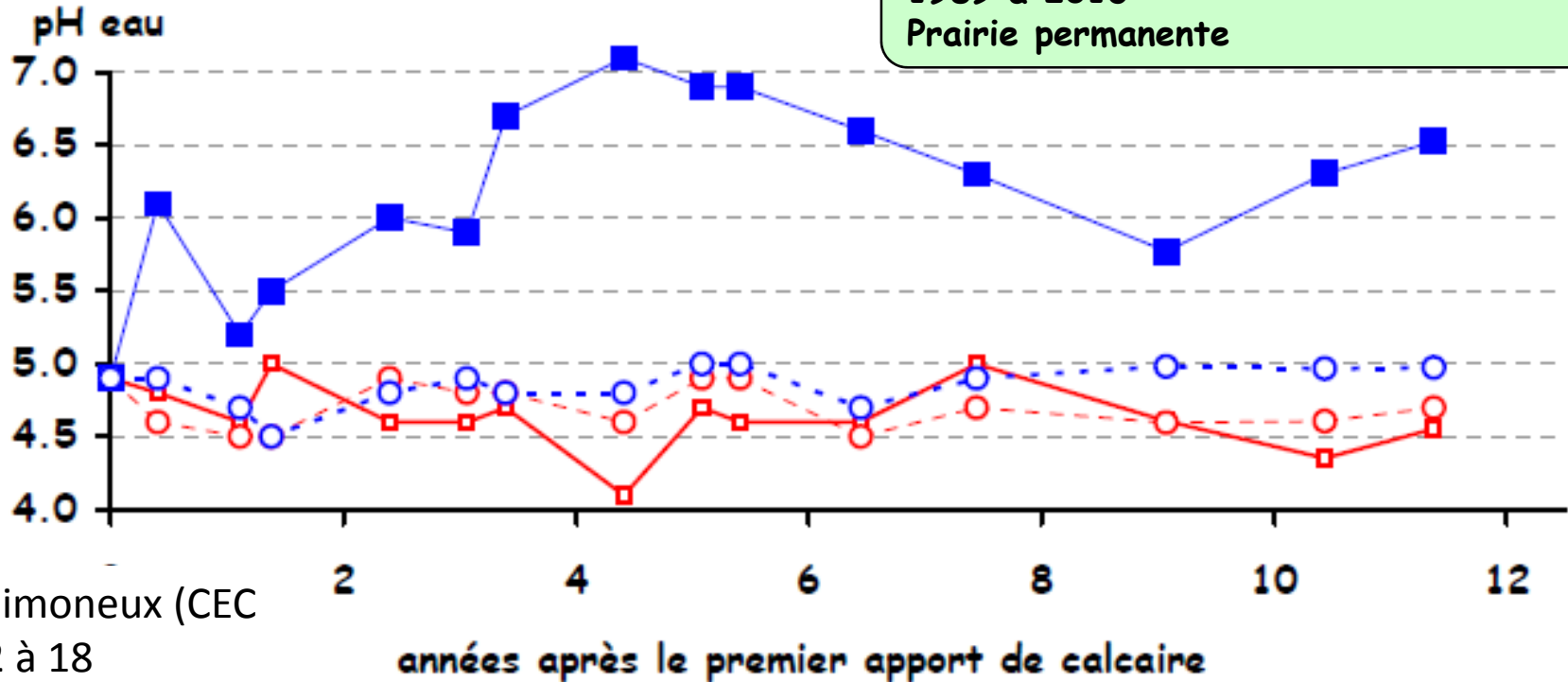
Si chaulage de redressement, utiliser carbonates fins à  
action rapide ou moyennement rapide ou de la chaux

Si chaulage d'entretien, carbonates à action moins  
rapide peuvent suffire



# Evolution du pH eau après un chaulage

Essai de longue durée de Massat (09)  
1989 à 2013  
Prairie permanente



Sol argilo-limoneux (CEC  
metson 12 à 18  
cmol<sub>c</sub>/kg)  
6.7 t CaO au total en 4  
apports

Le pH du sol au-delà de 10 cm de profondeur n'est pratiquement pas modifié par le chaulage ici.  
Délai plus long? Travail du sol? Doses plus conséquentes?



# Calcul de la dose pour un chaulage de redressement

Quantité d'unités neutralisantes (kgCaO/ha) pour modifier le pH	Modification de pH recherchée	Valeur de la CEC <sub>Metson</sub> en cmole(+)/kg		
		5	10	15
	5 à 5.5	500	1000	1300
	5.5 à 6	700	1300	1700
	6 à 6.5	1000	1900	2800

Valeurs moyennes obtenues à partir d'expérimentations  
réalisées en France (source ARVALIS)

# Calcul de la dose pour un chaulage d'entretien

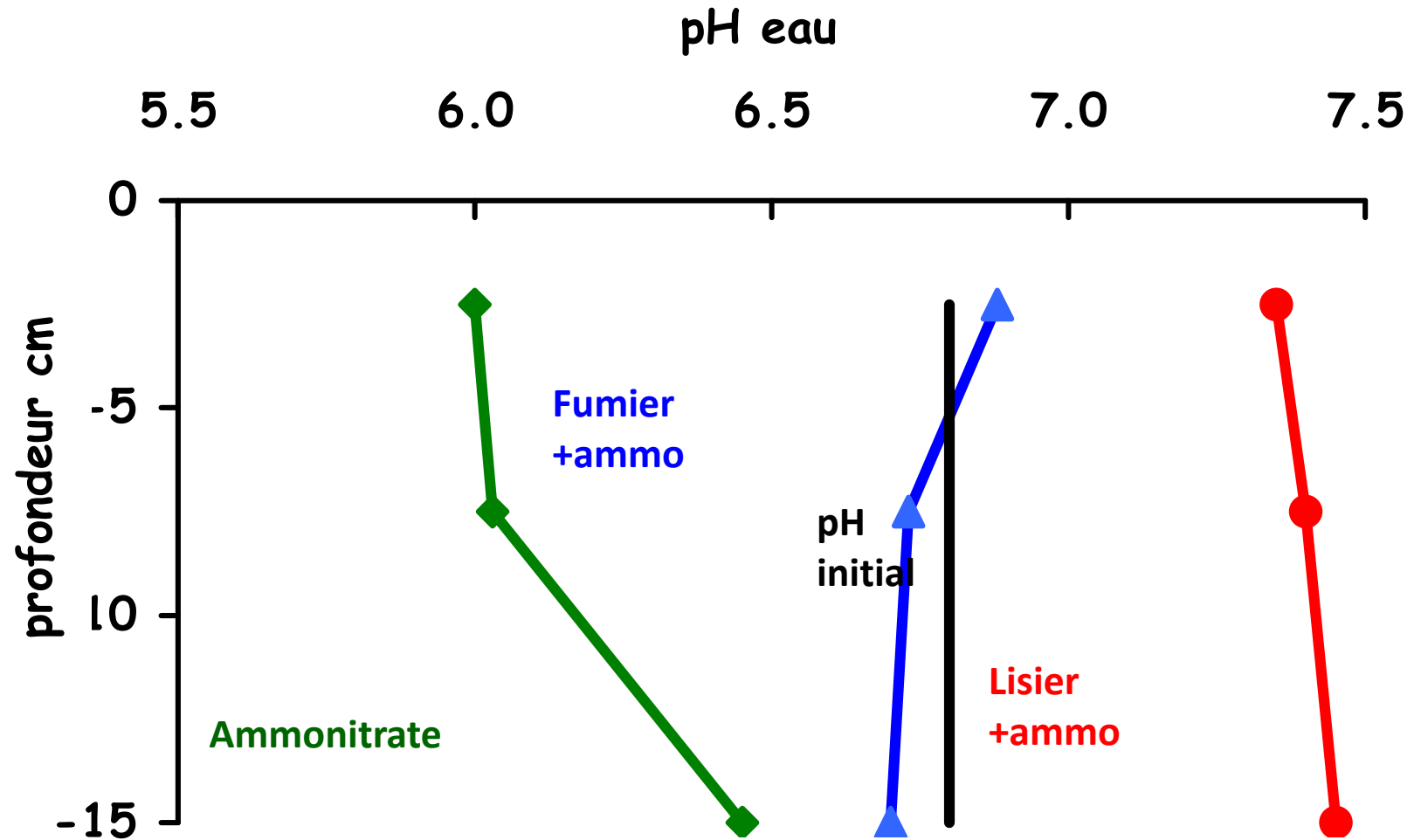
**Objectif : compenser l'acidification pour maintenir le pH au dessus du seuil critique**

- **Contrôler régulièrement le pH du sol**
- Apport de 100 - 350 kg CaO par ha et par an
- Fonction de :
  - Fertilisation N (forme et dose)
  - Type de sol
  - Pluviométrie hivernale
  - Espèces cultivées et régimes d'exportation de la production fourragère

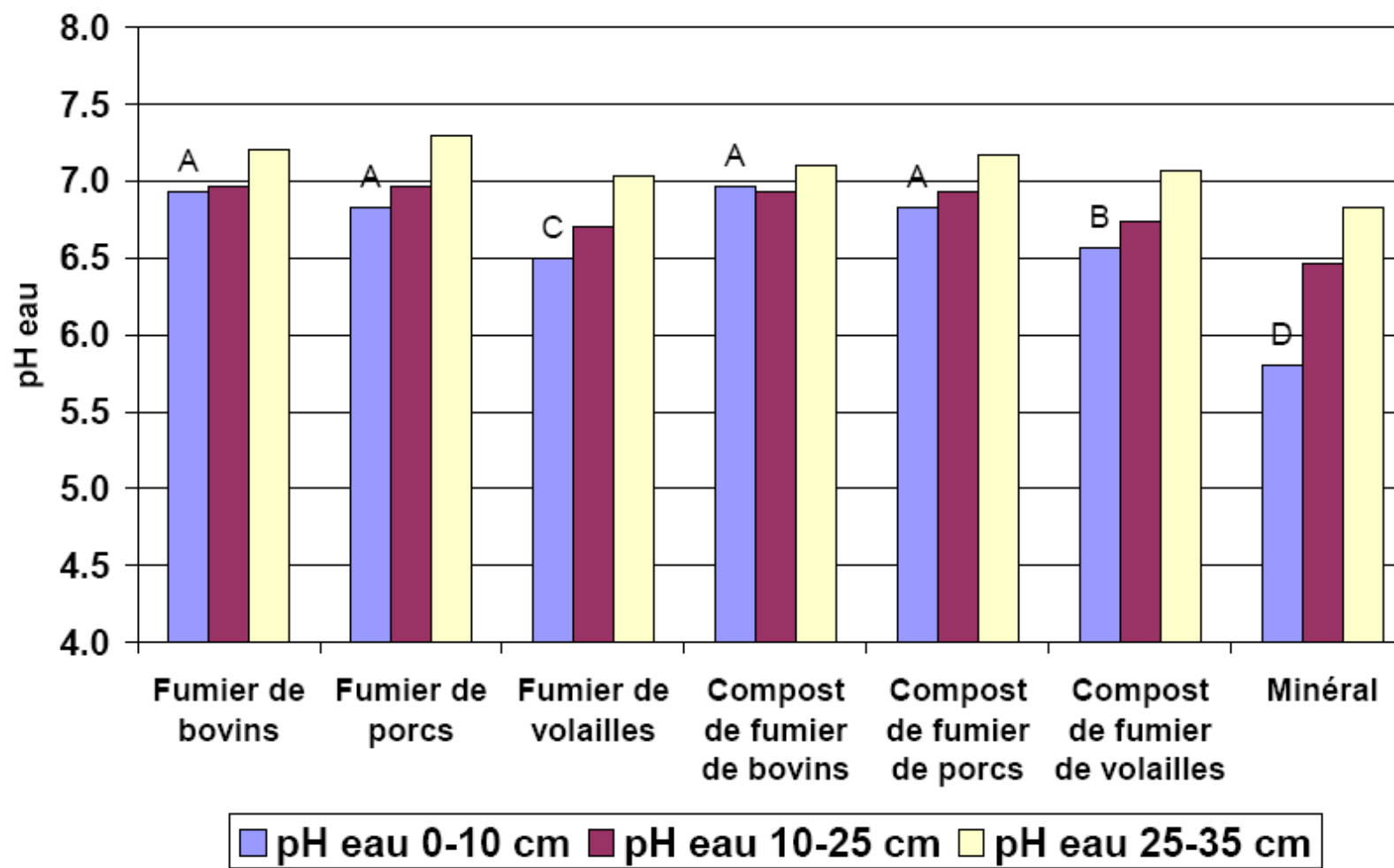


# Tenir compte des apports des produits organiques

Effet sur le pH eau d'un sol limoneux de fumier et lisier de bovins appliqués pendant 9 ans sur RGA



Différenciation du pH sous prairie de RGA après 10 ans d'apports annuels de fumier de bovins, de porcs, de volailles, de composts de fumiers de bovins de porcs et de volailles: essai ARVALIS de le Jaillière.

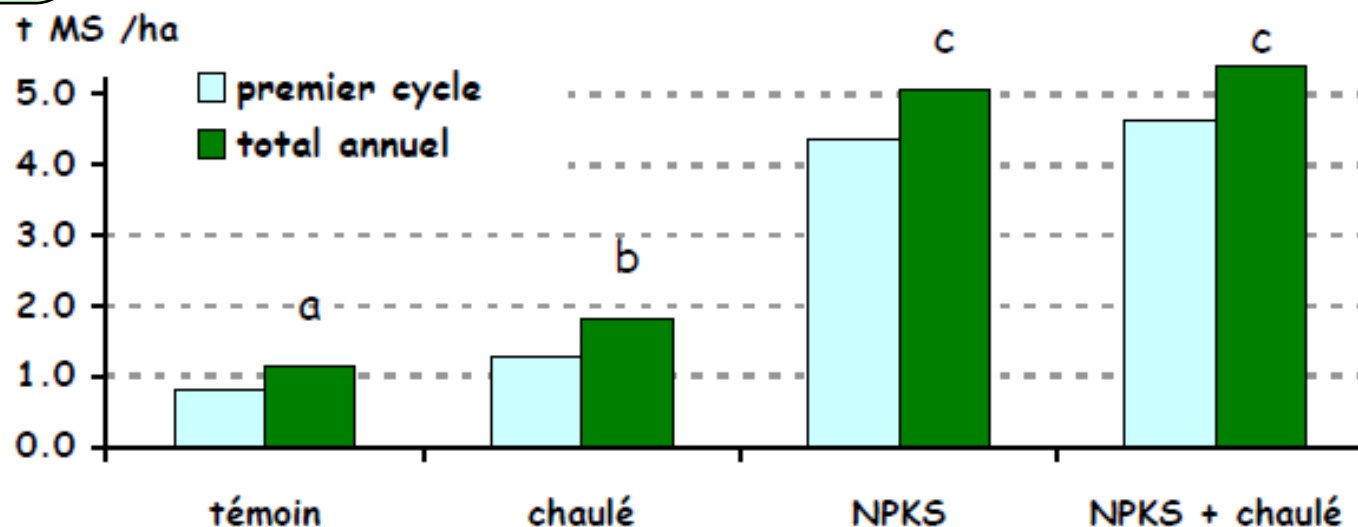




# Le chaulage : à raisonner avec la conduite de la prairie dans son ensemble

Essai de longue durée de Massat (09) 1989 à 2013  
Prairie permanente  
pH eau < 5

Production moyenne d'herbe pendant 5 ans



En sol très acide, le chaulage n'a que très peu d'effet à lui seul sur la production fourragère.

Une modification de la flore en faveur des bonnes graminées fourragères et légumineuses passe par :

- Un rythme d'exploitation adapté
- Une fertilisation adaptée
- Le chaulage



# Ce qu'il faut retenir

✓ **prairies temporaires  
courte durée ( $\leq 5$  ans)**

**pH eau horizon travaillé  $> 5.6$**   
acidité du sol contrôlée par  
amendements apportés  
pour les cultures en rotation  
ou avant le semis de la prairie

✓ **prairies permanentes  
ou temporaires de  
longue durée**

**pH eau 0-5 cm  $> 5.0$**   
s'il y a présence d'espèces peu  
tolérantes à la toxicité  
aluminique

✓ **prairies permanentes  
à flore « acidophile »**

chaulage n'a pas d'effet sur la  
production d'herbe.  
Attention: à long terme le sol  
peut s'acidifier fortement en  
profondeur.

➤ **apport d'amendement basique = fourniture d'azote** par le sol plus  
abondante (20 à 60 kg N ha<sup>-1</sup>) (réponse aléatoire)

➤ **Produits organiques : des amendements basiques !!!**