

Avec la participation de l'



---

# De nouveaux critères pour choisir les amendements basiques

Bruno Felix Faure Eurofins, LARA, François-Xavier Gaumont, Groupe MEAC SAS  
pour le Groupe Chaulage du COMIFER

**Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009**  
**« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »**

# Contenu

---

- Historique et rappels
  - Nouveaux éléments à prendre en compte pour le choix des produits
  - Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits
  - Un nouvel outil de mesure de l'évolution d'un amendement basique de type carbonate dans un sol



# Introduction

---

- Publication du groupe chaulage en 2005 :
  - Mode d'action des amendements basiques
  - Indicateurs et valeurs souhaitables
  - Calcul du Besoin en bases
- Demande de clarification pour le choix des produits

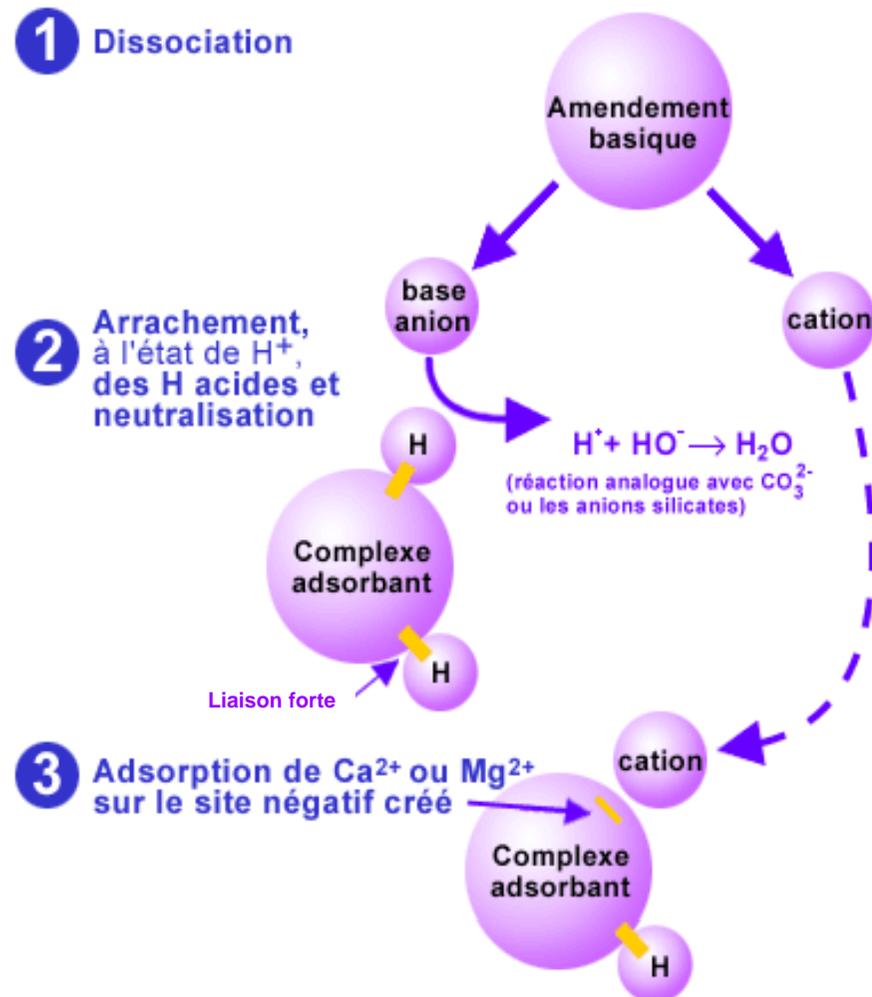


# Critères de choix actuels

---

- Valeur neutralisante
- Finesse (produits crus)
- Solubilité carbonique (produits crus)

# Mode d'action des amendements basiques



# Neutralisation des H<sup>+</sup>

---

## ○ Les Chaux

- CaO : Oxyde de calcium
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$  (chaux éteinte)
- $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HO}^-$
- $2 \text{HO}^- + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

## ○ Les Carbonates

- $\text{CaCO}_3$  : Carbonate de calcium
- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca(HCO}_3)_2$
- $\text{Ca(HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$
- $2 \text{HCO}_3^- + 2 \text{H}^+ \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{CO}_3$
- $2 \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$



# Contenu

---

- Historique et rappels
- Nouveaux éléments à prendre en compte pour le choix des produits



# Nouveaux éléments à prendre en compte

---

○ Le pH du milieu



# 1 La capacité de neutralisation des protons s'exprime d'autant plus que le milieu est acide

pH d'une solution	Capacité de neutralisation des protons (carbonates)
7,5	55 %
6,5	70 %
5,5	95 %
4,5	98 %

Données issues des courbes de dissociation de l'acide carbonique en solution, sans réserve de carbonate, ni pression partielle de CO<sub>2</sub>.

A noter que le pH d'un sol mesuré conventionnellement au laboratoire est souvent plus élevé que la solution du sol in situ.



# Nouveaux éléments à prendre en compte

---

- Le pH du milieu
- La finesse des particules

## 2 Plus un matériau est fin ou tendre, plus sa vitesse de dissolution est rapide

---





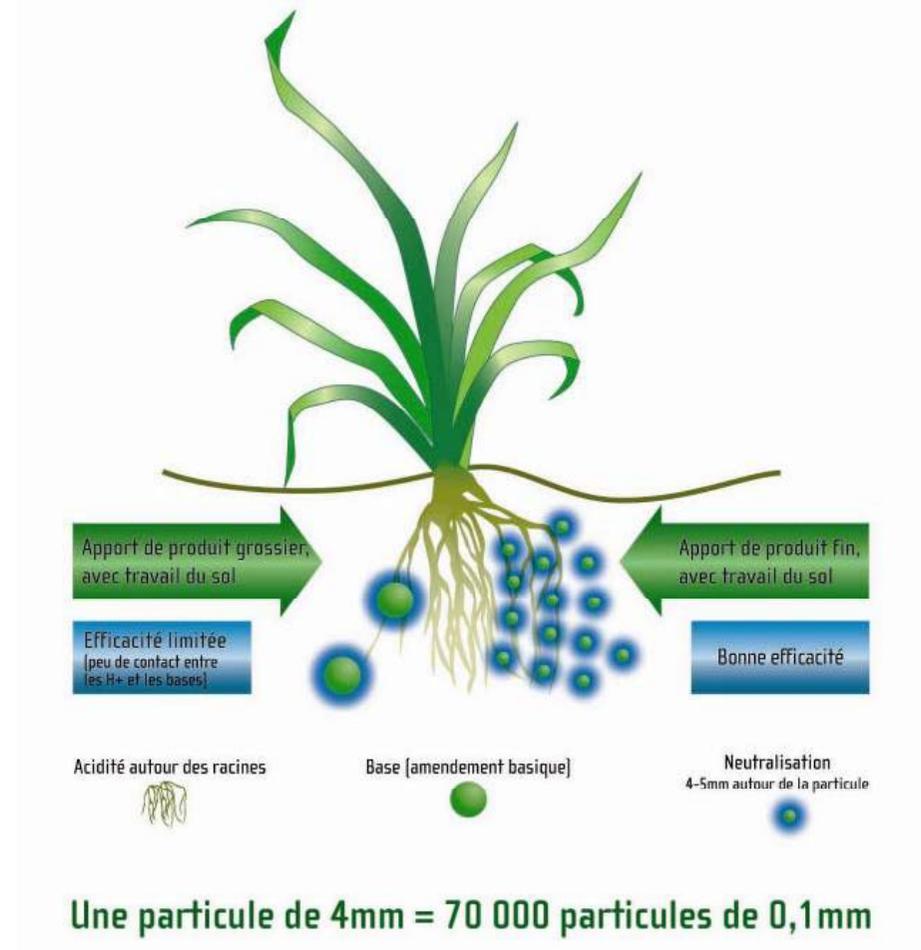
# Nouveaux éléments à prendre en compte

---

- Le pH du milieu
- La finesse des particules
- Le nombre et la dispersion des particules

3

## A masse égale, le nombre et la répartition des particules conditionnent l'efficacité





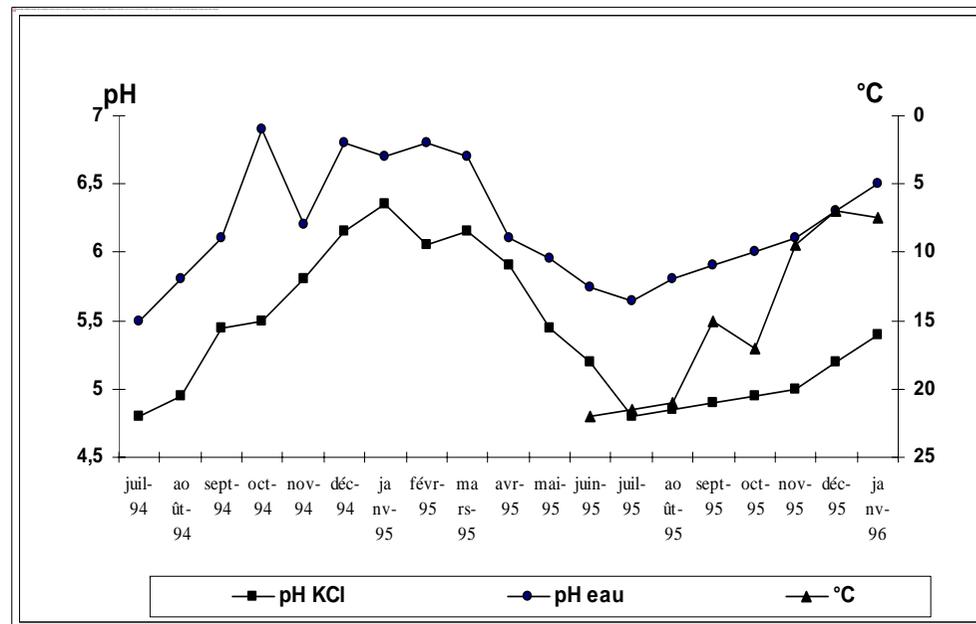
# Contenu

---

- Historique et rappels
- Nouveaux éléments à prendre en compte pour le choix des produits
- Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits

# Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits

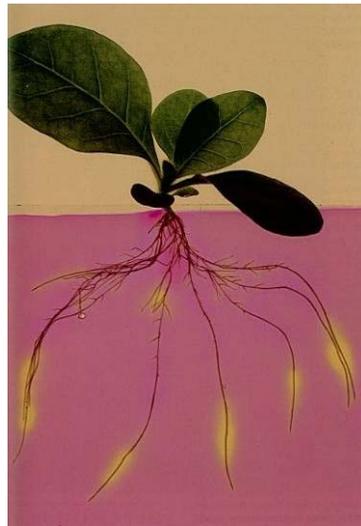
- pH : variabilité saisonnière



# Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits

---

- pH :
  - variabilité intra-parcellaire
  - Variabilité à l'échelle de la rhizosphère

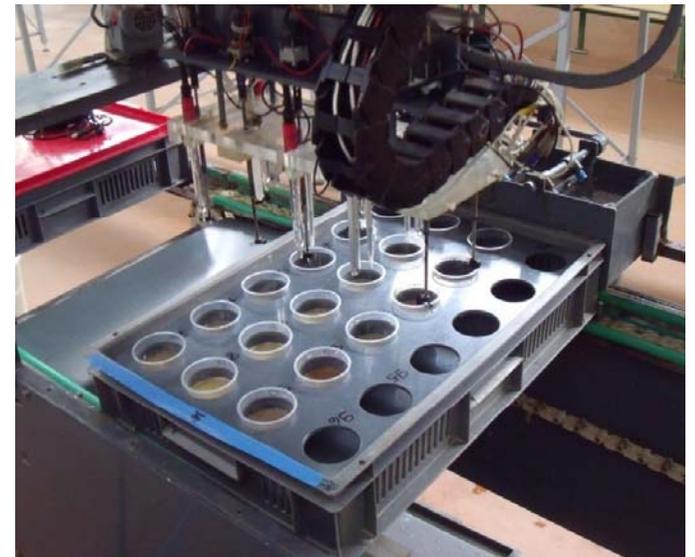


Jusqu'à 2 unités de pH sur des pas de temps très courts (source : Jaillard)

# Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits

---

- pH : résultat « optimisé » par rapport au pH in situ en conditions réelles
  - Homogénéisation de la terre
  - Broyage à 2 mm
  - Eau rapport 1/5 (~ 1250 mm)



# Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits

---

- Calcium échangeable
  - Surestimation en présence de calcaire
  - Broyage et tamisage





# Nécessité d'autres indicateurs

---

- Historique et rappels
- Nouveaux éléments à prendre en compte pour le choix des produits
- Limites des indicateurs actuels pour mesurer l'efficacité des produits
- Un nouvel outil de mesure de l'évolution d'un amendement basique de type carbonate dans un sol



# Un nouvel outil de mesure d'efficacité

---

Mesure des carbonates non dissous  
dans une terre suite à un apport  
d'amendement minéral basique

# Objectif poursuivi

---

- Disposer d'un indicateur sans biais pour mesurer l'évolution des amendements calcaires in situ
- Permettre d'aller plus loin dans le conseil pour l'utilisation des produits avec un positionnement raisonné des amendements basiques



# Un nouvel outil de mesure d'efficacité

---

- Méthode et validation
  - Essais en incubation
  - Essais au champ



# Justification de la méthode

---

- Si le carbonate n'a pas été efficace
  - Il reste du carbonate non dissous
  - On retrouve du carbonate restant
  - On mesure le  $\text{CO}_3^{2-}$  par attaque à l'HCl
  
- Si le carbonate a été efficace
  - Il s'est dissous ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_2$ , ..)
  - On n'en retrouve pas

# Méthode

---

- Reprise de la méthode normalisée pour le calcaire total (ISO 10693) ou spectrométrie proche infra rouge (SPIR)
- Adaptations pour améliorer la précision sur la mesure de petites quantités
  - Augmentation de la prise d'essai
  - Broyage fin et homogénéisation poussée
  - Parfaite maîtrise de la température
  - Stabilité de la pression atmosphérique
  - Chronométrage du déroulement
  - Adaptation de la verrerie
- Collaboration SADEF / IRD / COMIFER / CELAC / LDAR / LARA / Syndicat des chaux

# Validation de la méthode

---

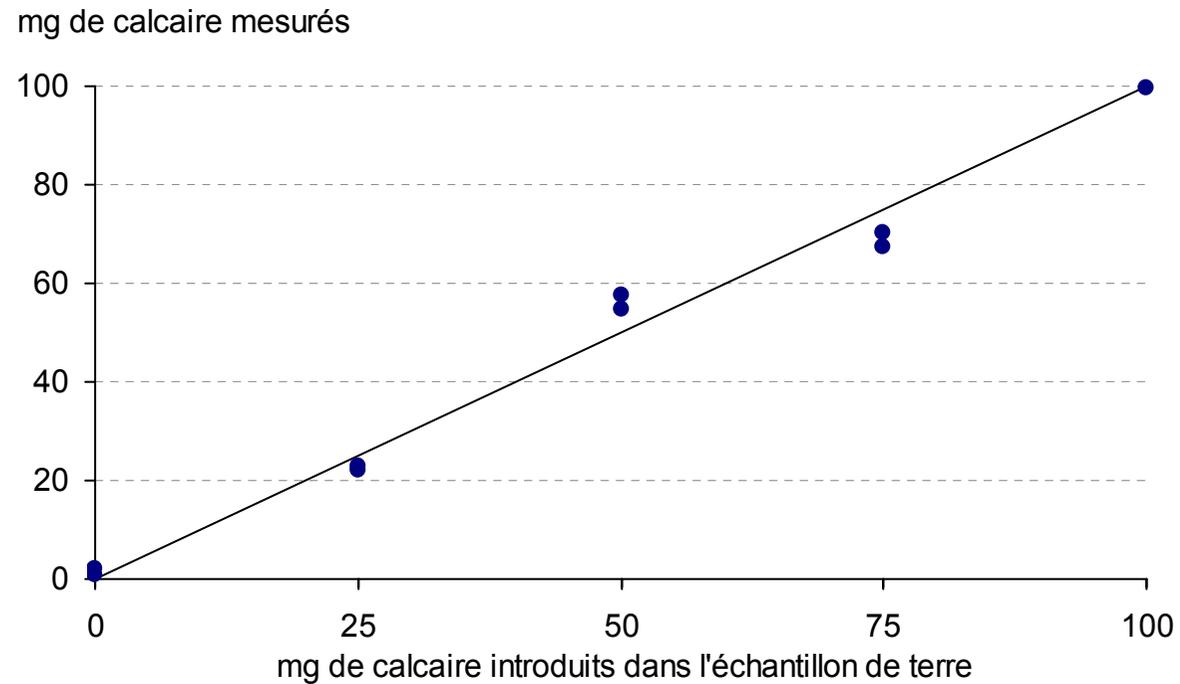
## ○ Modalités

- 4 produits : calcaire (2 finesses), dolomie, craie
- 2 répétitions au moins x 2 essais au moins
- 5 doses : 0 / 0,25 / 0,5 / 0,75 / 1 ‰ (~3t/ha)
- 2 méthodes : calcaire total et SPIR

## ○ Relation dose apportée /dose mesurée :

- Droite proche de la bissectrice (1/1)
- $r^2$  calcaire total : de 0,967 à 0,995
- $r^2$  SPIR : 0,93

# Exemple de résultat de validation



# Validation de la méthode

---

- Méthode(s) fiable(s), bons  $r^2$
- Limite de détection :
  - 70 mg de  $\text{CaCO}_3$  par kg (0.07 ‰)
- Limite de quantification :
  - 220 mg de  $\text{CaCO}_3$  par kg (0.22 ‰)
- En cours de normalisation au CEN TC 260
- Nous disposons désormais d'un outil permettant de mesurer les quantités de calcaire restant suite à un apport d'amendement minéral basique.



# Un nouvel outil de mesure d'efficacité

---

- Méthode et validation
- Essais en incubation



# Essais en incubation

---

- Hypothèse A :  
Le taux de dissolution des amendements calcaires est d'autant plus fort que le pH du milieu est bas
- Hypothèse B : le taux de dissolution d'un amendement calcaire dépend de sa finesse



# Essai d'incubation en pots

---

- Modalités
  - 1 méthode (calcaire total)
  - 2 produits (fin / grossier)
  - 4 doses (0,25 / 0,5 / 0,75 / 1 ‰)
  - 2 sols (acide / entretien)
  - 2 durées (1 mois / 2 mois)
  - 2 pots x 2 prélèvements
- Température et humidité contrôlées
- Collaboration SADEF / COMIFER / CELAC / LDAR / LARA / Syndicat des chaux

# Résultats

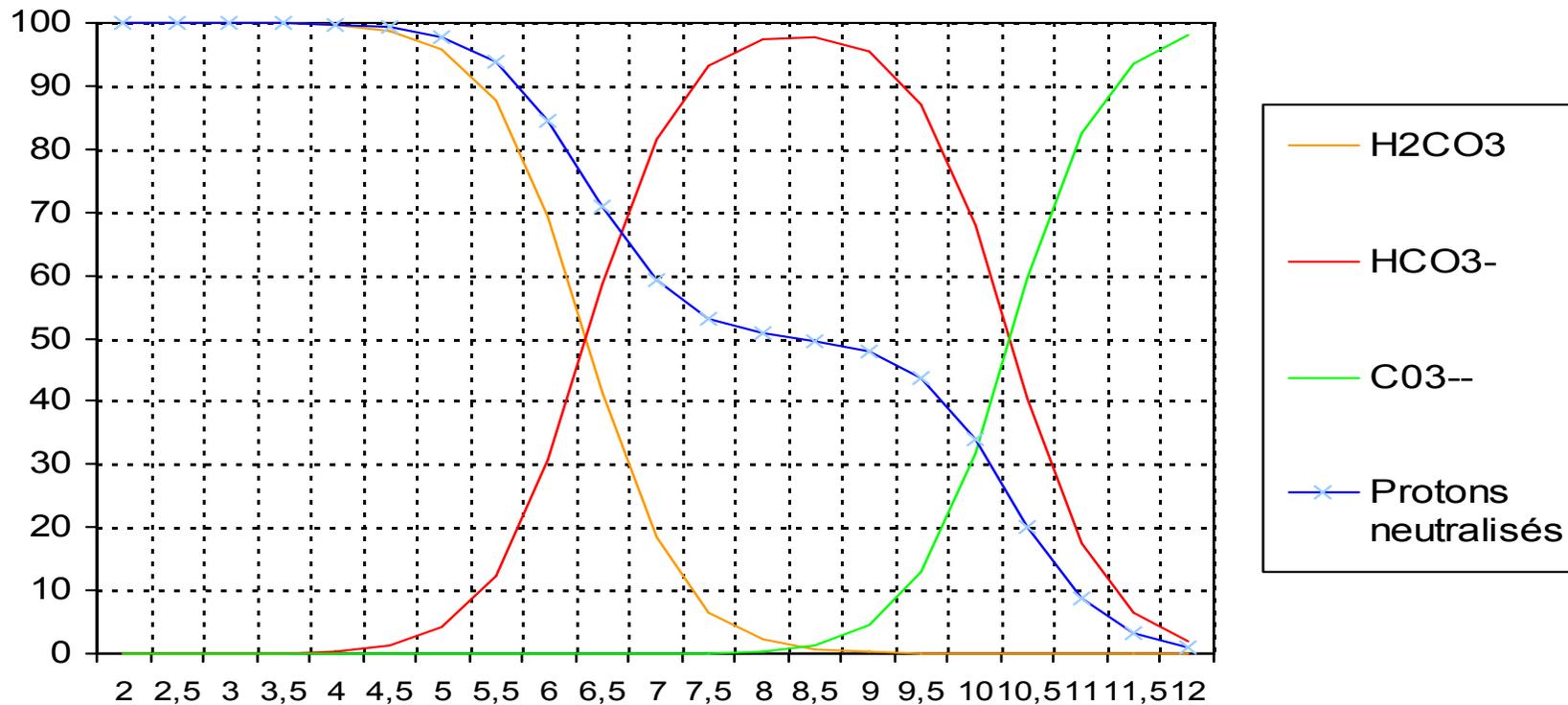
## Influence de la dose sur le taux de dissolution

Dose en ‰	sol 1 1 mois 0-160 µ	Groupes homogènes N & K
0,25 ‰	53,46 %	A
0,50 ‰	36,42 %	AB
0,75 ‰	26,44 %	B
1,00 ‰	22,81 %	B

**Plus la dose est importante, moins le taux de dissolution est élevé**

**~ Plus le statut acido basique monte, moins l'amendement carbonaté est efficace**

# Neutralisation des protons par un carbonate en fonction du pH d'une solution



pH d'une solution

Les lois de la chimie confirment les résultats précédents

pKa1 : 6,35

Le nombre de protons neutralisés diminue quand le pH d'une solution monte

pKa2 : 10,3

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009

« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

# Résultats

---

## Influence de la granulométrie du produit sur le taux de dissolution

Finesse \ Sol acide à 1 mois	0.25 ‰	0.50 ‰	0.75 ‰	1.00 ‰
0 / 160 µ	53,46 % A	36,42 % A	26,43 % ns	22,8 % ns
160 µ / 1 mm	7,54 % B	24,17 % B	15,66 % ns	15,04 % ns

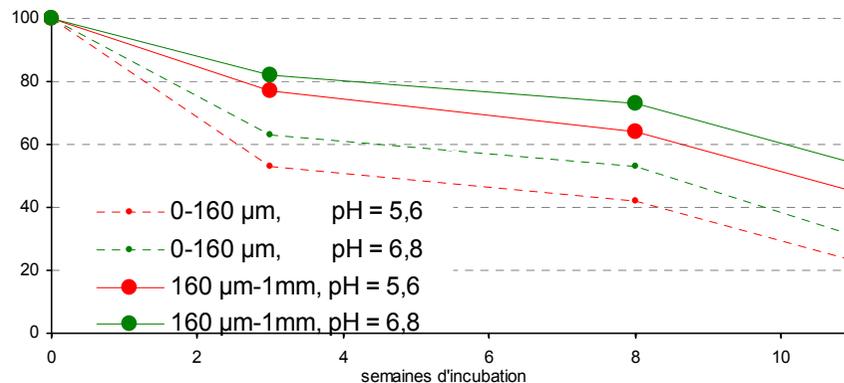
**La finesse améliore le taux de dissolution**

# Résultats

## Suivi dans le temps à la dose 1 pour mille du taux de dissolution

Semaine Modalité	3	4	5	6	7	8	9	10	11
acide x 0/160	47	27	non	42	53	58	59	60	77
entretien x 0/160	37	32	me-	41	37	47	58	61	69
acide x 160/1	23	14	su-	34	39	36	44	50	55
entretien x 160/1	18	21	ré	24	25	27	47	55	46

% de calcaire restant dans le sol par rapport à la quantité apportée



**Les taux de dissolution augmentent avec :**

- la finesse
- l'acidité du sol

# Réserves

---

- Les conditions de l'incubation (20°) semblent accélérer la minéralisation et niveler assez vite (2mois) les différences mises en évidence.
- Les différences observées dans les pots ne sont pas toujours aussi nettes dans tous les cas.
- Il est difficile de comparer les résultats obtenus dans les deux sols car leurs caractéristiques ne sont pas strictement identiques.



# Un nouvel outil de mesure d'efficacité

---

- Méthode et validation
- Essais en incubation
- Essais au champ



# Essais au champ

---

- Le groupe chaulage a validé un protocole d'essai au champ permettant de transposer les résultats obtenus en incubation
- La qualité de l'incorporation est primordiale et doit être vérifiée
- Il est indispensable d'avoir au moins 15 carottes par parcelle élémentaire, et de broyer finement l'ensemble des prélèvements avant réduction pour analyse
- Le sol doit être séché immédiatement après le prélèvement

# Conclusion

---

- Des preuves scientifiques pour le choix des produits :
  - La valeur neutralisante s'exprime d'autant plus que le milieu est acide (carbonates)
  - Plus un matériau est fin ou tendre, plus sa vitesse de dissolution est rapide (carbonates)
  - A masse égale, le nombre et la répartition des particules conditionnent l'efficacité
- A venir : une valorisation opérationnelle par la filière amendements de ces éléments