

## ■ Chaulage et apport magnésien :

- Quelle logique dans le conseil ?
- Choix des produits ?
- Présentation de résultats expérimentaux ?
- Discussion et échanges

**1- En sols acides ou neutres, les apports magnésiens peuvent se réaliser par le biais du chaulage :**

→ **Utilisation de produits calco-magnésien (dolomie)**

Pour être précis :

La dolomite est un carbonate double de calcium et de magnésium :  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

La dolomie est un mélange de  $\text{CaCO}_3 + \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  \*

Dans le langage courant on utilise « dolomie » pour l'un et pour l'autre.

Composition classiquement rencontrée :

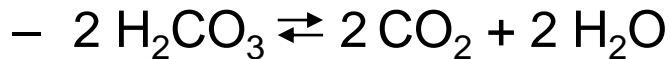
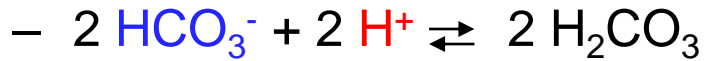
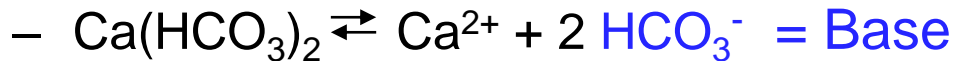
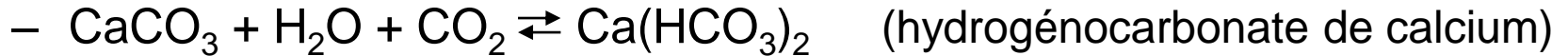
- Teneur en CaO : 30% d'oxyde de calcium total combiné à l'état de carbonate
- Teneur en MgO : 20% d'oxyde de magnésium total combiné à l'état de carbonate
- Valeur Neutralisante sur sec: 55 - 58
- Solubilité carbonique : de l'ordre 20 (soit action moyennement rapide)

Géologiquement la dolomie est forme plus cristalline et sa vitesse de dissolution à même granulométrie est inférieure à celle de  $\text{CaCO}_3$ .

\* Remarque d'André TURPIN

### - Les Carbonates: Carbonate de calcium : réaction partielle et progressive

- $\text{CaCO}_3$  : Carbonate de calcium



Le calcium  $\text{Ca}^{2+}$  remplace les  $\text{H}^+$  sur les adsorbants minéraux et organiques

**$\text{HCO}_3^-$  est en équilibre avec  $\text{H}_2\text{CO}_3$  : cet équilibre dépend du pH.**

Pour des pH entre 6,5 et 7,0 la dissolution des dolomies est lente, bien qu'il faille prendre en compte la finesse de mouture de celle-ci.

Possibilité d'utilisation de mélange carbonate de calcium et de carbonate double de calcium et de magnésium, afin d'obtenir une teneur plus faible en MgO.

La fraction dolomie reste à dissolution plus lente.

**1- En sols acides ou neutres, les apports magnésiens peuvent se réaliser par le biais du chaulage :**

→ **Utilisation de chaux magnésienne**

Composition classiquement rencontrée :

- Teneur en CaO : de l'ordre de 70 % d'oxyde de calcium
- Teneur en MgO : de l'ordre de 20% d'oxyde de magnésium

**- Les Chaux:** Oxyde de calcium : réaction rapide et totale

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

Le calcium  $\text{Ca}^{2+}$  remplace les  $\text{H}^+$  sur les adsorbants minéraux et organiques

**Les  $\text{OH}^-$  sont capables de neutraliser l'acidité quel que soit le pH du sol**

La dissolution d'une chaux magnésienne se fera quel que soit le pH

### **2) Par contre en sols basiques, calcaires, les apports magnésiens se font sous forme sulfate de magnésium.**

*Dans la plupart des sols calcaires la teneur en magnésium est satisfaisante (les particules de calcaire contiennent un certain % de Mg).*

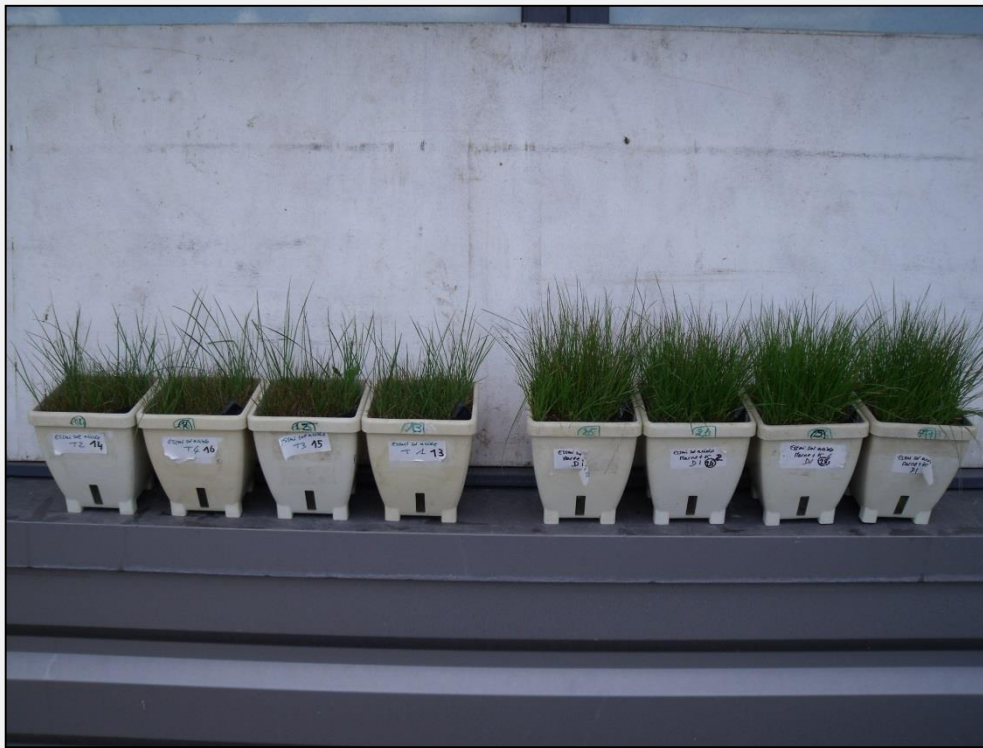
*Par contre les sols de craie sont en général déficients en magnésium.*

- L'utilisation d'une chaux magnésienne est possible si l'on ne vise que l'effet de l'apport de magnésium, puisque même en pH basique celle-ci se dissocie.
- Mais cet apport participe à l'élévation de pH alors que celui-ci est déjà élevé.
- Cette voie d'apport magnésien en sol basique est peu pratiquée pour cette raison.
- On peut cependant avoir cette réflexion : à pH 8,0 en sol, plus ou moins calcaire, 500 kg/ha de chaux magnésienne n'ont quasiment pas d'impact mesurable sur le pH et permettent l'apport d'une centaine d'unités de MgO/ha.
- La forme sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ) ou Kiesérite est en générale la forme préconisée → bonne solubilité et apport de soufre combiné.

## ■ Résultats expérimentaux (2010 - 2011)

Essai en pots

Essai comparatif de deux amendements sur la croissance et l'absorption du magnésium par le Ray-grass et suivi du pH sur sol nu.



*Expérimentation  
GALYS - IRIBARREN  
2010-2011*

## 1-Essai en sol acide, à faible teneur en magnésium

**SOL :**

<b>ANALYSE PHYSIQUE</b>	<b>Paramètres analytiques</b>	
	Granulométrie (g/kg de terre sèche et fine)	
	Sable grossier	107
	Sable fin	209
	Limon grossier	307
	Limon fin	208
	Argile	152
	Matière Organique	17,3
	<b>pH eau</b>	<b>5,3</b>
	pH KCl	4,1
Calcaire total	0	
Calcaire actif	0	
CEC (m éq / kg)	66	

<b>FERTILITE CHIMIQUE</b>  Eléments Majeurs	<b>Paramètres</b>	
	Eléments majeurs (mg/Kg de terre sèche et fine)	
	CaO	269
	Ca/CEC	14,40%
	<b>MgO</b>	<b>41</b>
	Na <sub>2</sub> O	13
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (J-H)	36
	K <sub>2</sub> O	100
SO <sub>3</sub>	109	

## 2-Essai en sol basique, à faible teneur en magnésium :

SOL :

### ANALYSE PHYSIQUE

Paramètres	
Granulométrie (g/kg de terre sèche et fine)	
Sable grossier	63
Sable fin	162
Limon grossier	204
Limon fin	337
Argile	220
Matière Organique	13,9
pH eau	<b>7,8</b>
pH KCl	7,2
Calcaire total	<b>2</b>
Calcaire actif	0
CEC (m éq / kg)	119

### FERTILITE CHIMIQUE

Eléments  
Majeurs

Paramètres	
Eléments majeurs (mg/Kg de terre sèche et fine)	
CaO	3100
Ca/CEC	93,10%
<b>MgO</b>	<b>46</b>
Na <sub>2</sub> O	16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (J-H)	121
K <sub>2</sub> O	107
SO <sub>3</sub>	62



Les produits :

### ■ La dolomie

Composition:

- Teneur en CaO sur sec : 30% d'oxyde de calcium total combiné à l'état de carbonate
- Teneur en MgO sur sec : 20% d'oxyde de magnésium total combiné à l'état de carbonate
- Valeur Neutralisante sur sec: 56
- Solubilité carbonique: 20 (action moyennement rapide)

Poudre:

- 80 % est inférieur à 0,315 mm
- 60 % est inférieur à 0,160 mm

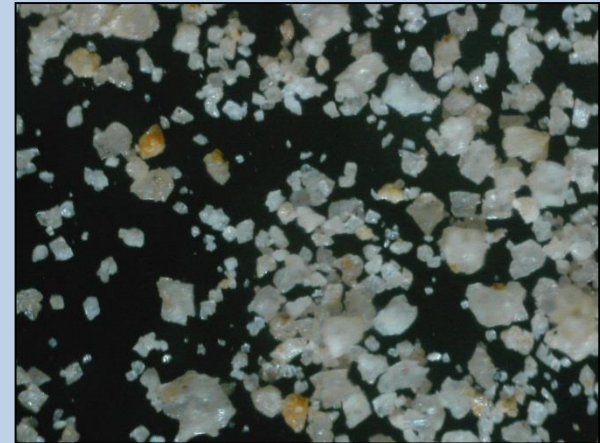
Doses par hectare :

Dose 1 = 12g/pot

Dose 2 = 24g/pot

Soit une équivalence de 3 et 6 T/ha.

Soit : 1680 unités VN/ha et 3360 unités VN/ha



## ■ "La marne"

Composition:

-Teneur en CaO sur sec : 49 % d'oxyde de calcium total combiné à l'état de carbonate

-Valeur Neutralisante sur sec : 50

Solubilité carbonique: 50 (action rapide)

Poudre :

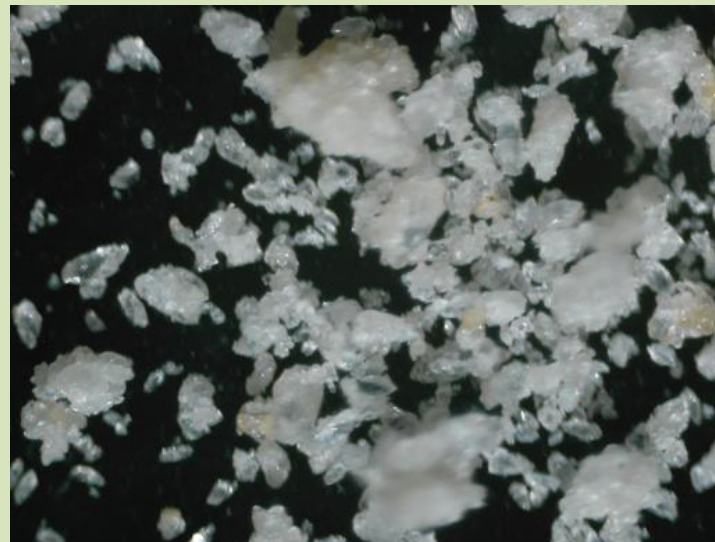
Doses par hectare :

Dose 1 = 12g/pot

Dose 2 = 24g/pot

Soit une équivalence de 3 et 6 T/ha.

Soit : 1500 unités VN/ha et 3000 unités VN/ha



## ■ kiesérite

Sulfate de magnésium avec 27% de MgO (oxyde de magnésium)

55% de SO<sub>3</sub> (anhydride sulfurique).

■ **Essai en sol acide, à faible teneur en magnésium :**

**Les traitements : (4 répétitions)**

• **Suivi pH en sol nu**

Temoin	Dolomie		Marne		Kiesérite
	3T/ha	6T/ha	3T/ha	6T/ha	150 kg/ha
T1	T2	T3	T4	T5	T6

• **culture de Ray-grass – RDT en MS – teneur magnésium fourrage**

Temoin	Dolomie		Marne + Kiesérite (150 kg/ha)		Kiesérite
	3T/ha	6T/ha	3T/ha	6T/ha	150 kg/ha
T1	T2	T3	T4	T5	T6

Essai RAY –GRASS :

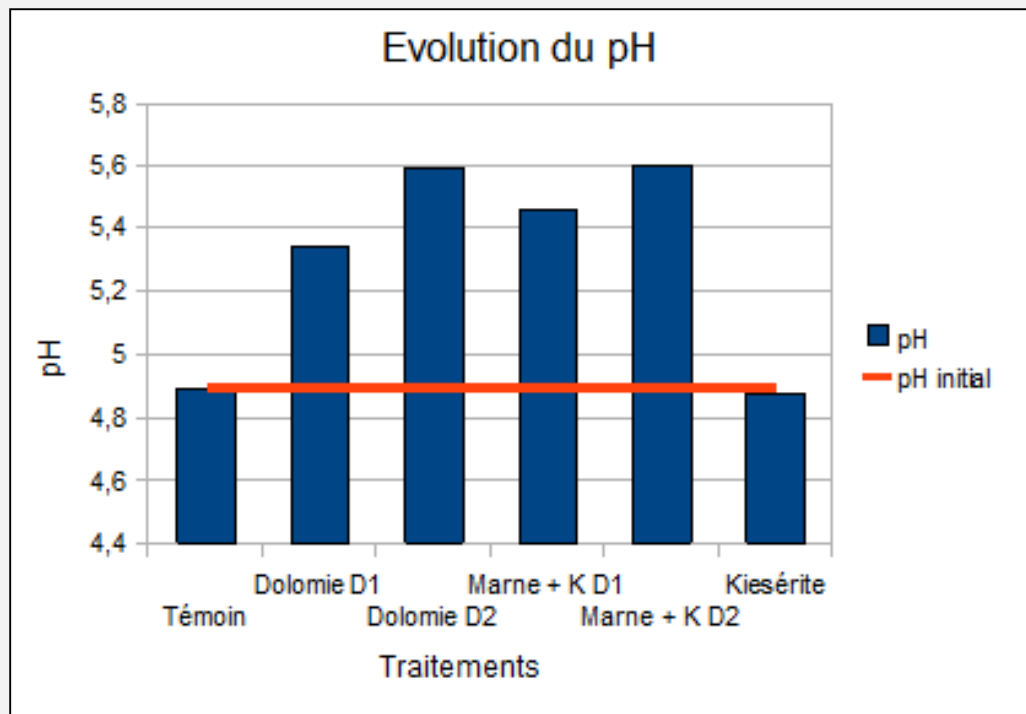
Pas d'apport de P, ni de K

Equivalent de 30 unités d'azote uréique/ha au semis et après

## ■ Essai en sol acide, à faible teneur en magnésium :

- Sur sol nu, évolution des pH, 100 jours après apports des amendements à tester

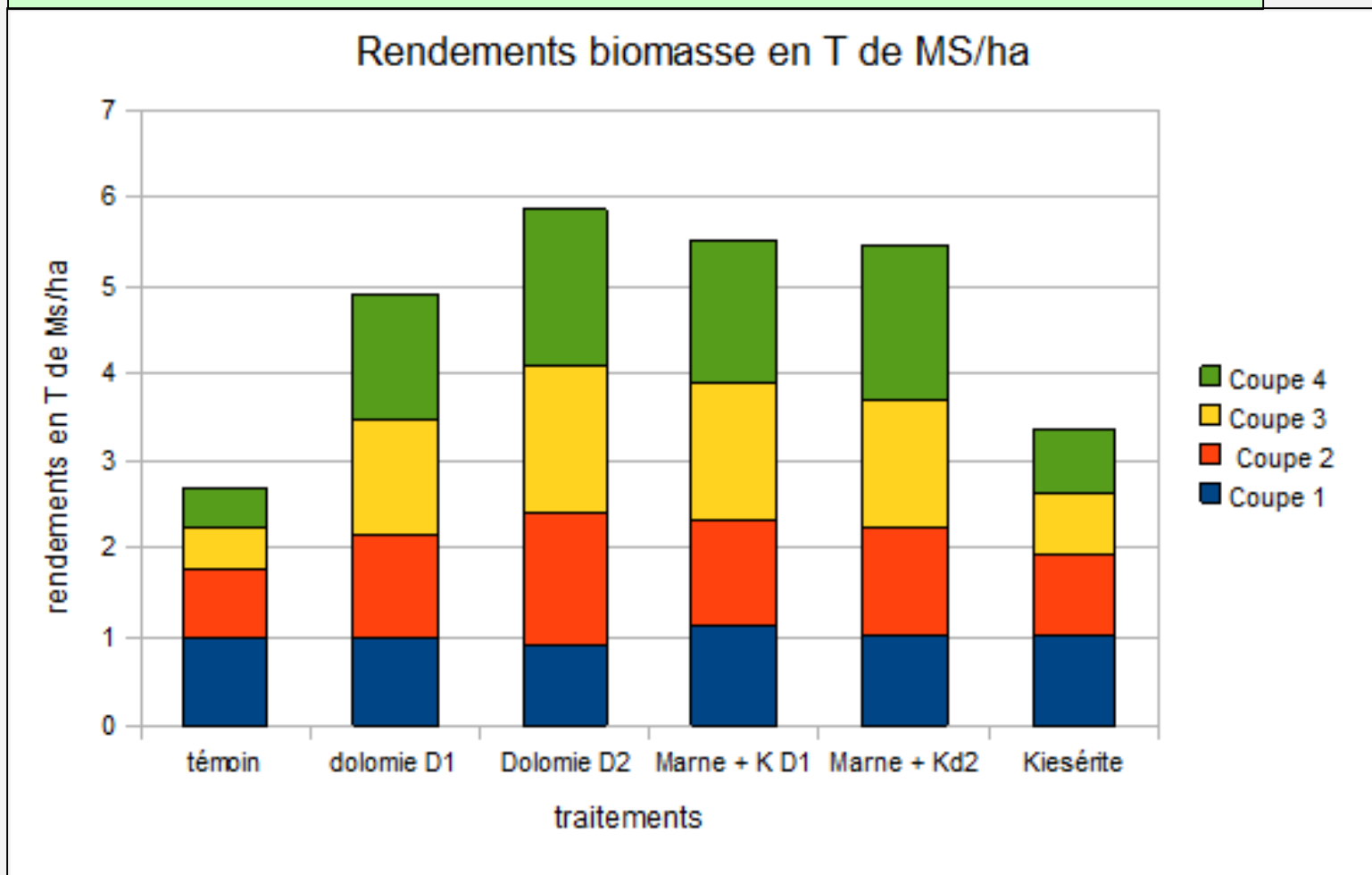
	pH
Témoin	4,89
Dolomie D1	5,34
Dolomie D2	5,59
Marne + K D1	5,46
Marne + K D2	5,60
Kiesérite	4,88



pH Marne D2 > pH Dolomie D2 > pH Marne D1 > pH Dolomie D1 > pH Témoin > pH Kiesérite

- La Marne a permis une plus forte augmentation du pH : + 0,7 avec 6 T de Marne/ha.
- Sur la période de l'essai, seule une fraction de l'amendement a pour l'instant agi.
- ces amendements ont été apportés sur un sol très acide (pH eau Témoin = 4,9).
  - présence d'Aluminium échangeable
  - Une partie des bases apportées ont été utilisées pour neutraliser cet aluminium.

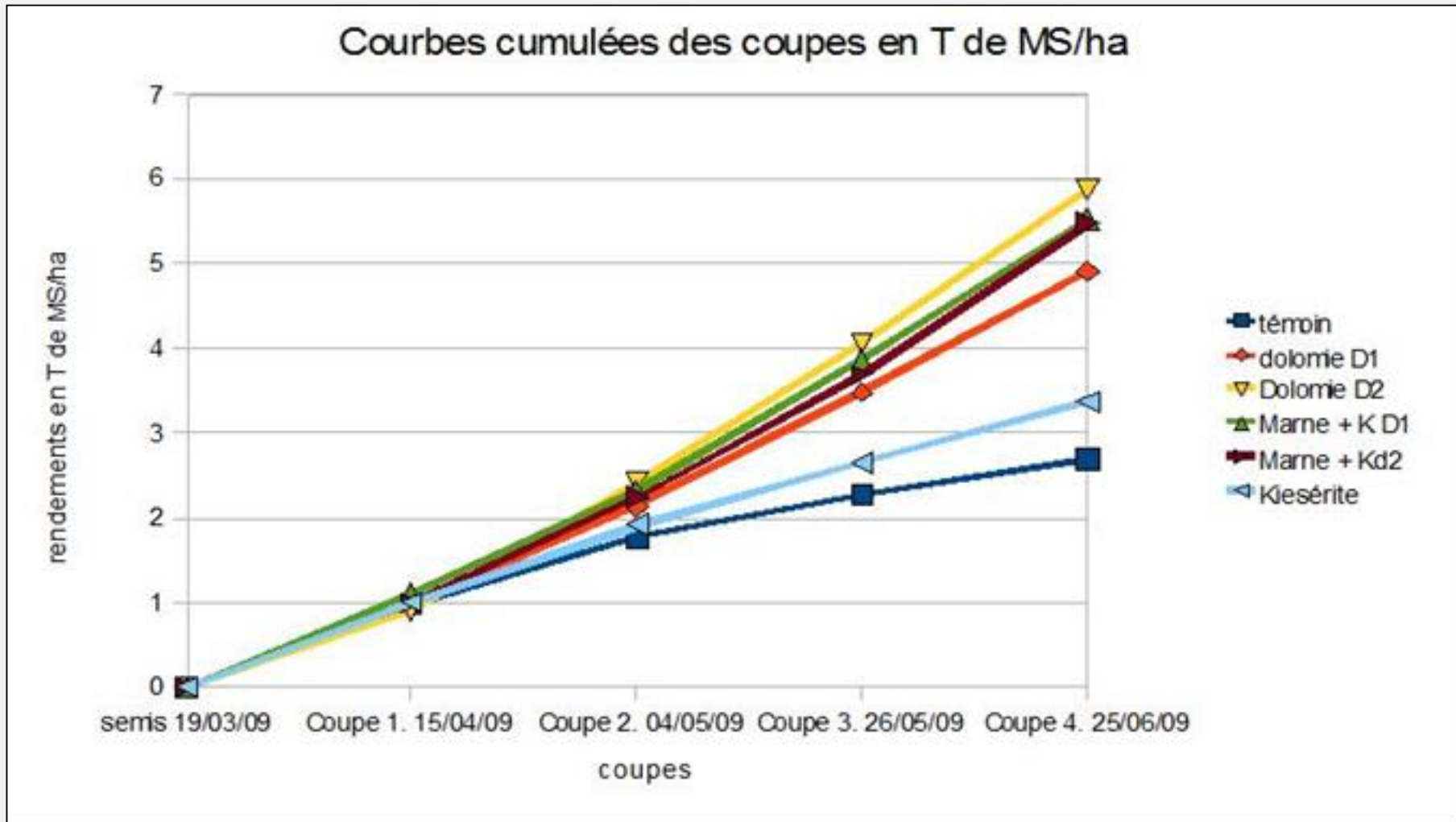
- Sol acide : avec une culture de Ray-grass,  
Rendements en matière sèche obtenus en 4 coupes :



Le chaulage a permis une forte augmentation de la production de fourrage.

Témoin < Kiesérite < Dolomie D1 < Marne D2 + Kiesérite = Marne D1 + Kiesérite = Dolomie D2

- Sol acide : avec une culture de Ray-grass,  
Rendements en matière sèche obtenus en 4 coupes :



- **Sol acide : avec une culture de Ray-grass,  
Rendements en matière sèche obtenus en 4 coupes :**

La plus petite différence significative au seuil de 5 % est 0,5 T de MS/ha

Traitements	Rendement biomasse en T de MS/ha	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
Témoin	2,69	A			
Kiesérite	3,36		B		
Dolomie D1	4,91			C	
Marne + K D2	5,47				D
Marne + K D1	5,52				D
Dolomie D2	5,87				D

Traitements	RDT MS en T/ha	RDT MS : Témoin indicé à 100
Témoin	2,69	100
Dolomie D1	4,91	183
Dolomie D2	5,87	218
Marne + K D1	5,52	205
Marne + KD2	5,47	203
Kiesérite	3,36	125

- Dans le temps imparti à l'expérimentation, les doses D1 ou D2 du produit Marne permettent une production comparable à celle obtenue avec la dose D2 de Dolomie.
- La durée de l'essai ne permet aucune extrapolation sur le long terme.  
Il est logique de penser qu'une dose double devrait permettre le maintien d'un Statut Acido-Basique favorable (pH et Ca/CEC) sur une plus longue période.
- L'apport de magnésium effectué par la Dolomie D2 est important .  
6 T/ha de Dolomie correspondent à un apport de 1200 unités de MgO/ha, une dose suffisamment importante pour renforcer la teneur du sol sur du long terme.



● **Sol acide : avec une culture de Ray-grass,**  
**Rendements en matière sèche obtenus 2<sup>ème</sup> coupe :**

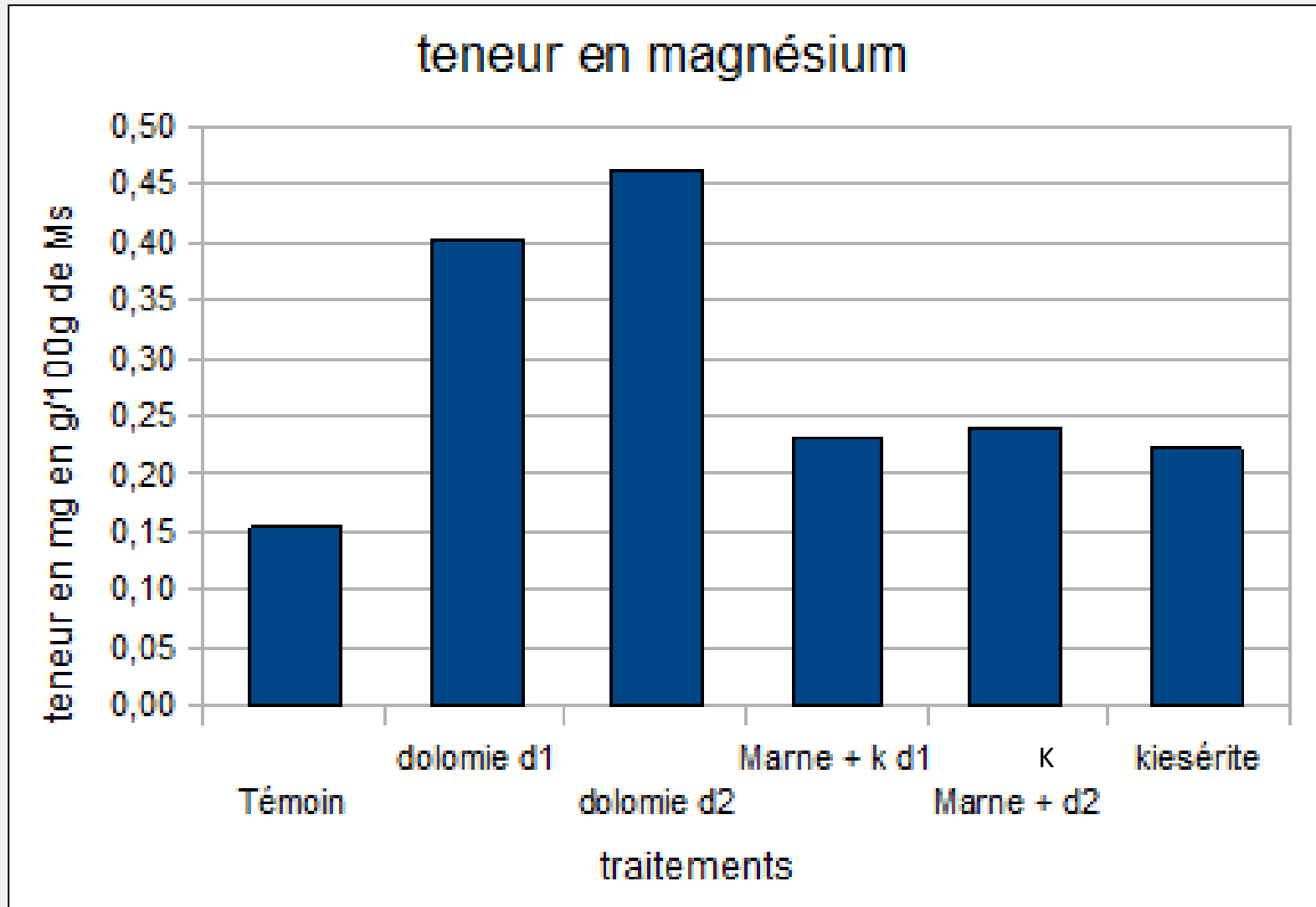
- **Comparaison des RDT MS obtenus sur la 2<sup>ème</sup> coupe :**
- Soit moins de 2 mois après l'apport :
- RDT Dolomie D2 = 1,51 T de MS/ha
- RDT Marne D2 = 1,23 T de MS/ha
- Soit + 22,5 % de RDT pour la Dolomie comparativement à la marne.
- La solubilité carbonique de la Dolomie est moindre (SC = 20)
- Comparativement à celle de la marne (SC = 50).
- La vitesse d'action des produits n'est donc pas le facteur explicatif.
- Sur le traitement Marne + KD2, l'apport magnésien semble insuffisant
- Insuffisant pour combler la déficience en magnésium
- 150 kg de kiésérite = 40 u MgO/ha → limitant par ce fait la production de fourrage

Sol acide : avec une culture de Ray-grass,  
comparaison selon les apports d'amendements,  
des teneurs en magnésium du fourrage obtenus en 4 coupes :

Traitements	Teneurs en magnésium du fourrage en % de la MS	Teneurs en magnésium du fourrage : Témoin indicé à 100
Témoin	0,155	100
Dolomie D1	0,403	260
Dolomie D2	0,460	297
Marne + K D1	0,233	150
Marne + K D2	0,240	155
Kiesérite	0,223	144

- Traitements Témoin, Kiesérite, Marne + KD1 et Marne + KD2 ont des teneurs en magnésium correspondant à des fourrages déficients en cet élément.
- L'apport de Kiesérite (150 kg MgO/ha ) a été insuffisant pour combler la forte déficience en magnésium du sol acide utilisé.

Sol acide - culture de Ray-grass,  
Teneurs en magnésium du fourrage obtenus en 4 coupes :



# Sol acide - culture de Ray-grass, Teneurs en magnésium du fourrage obtenus en 4 coupes :

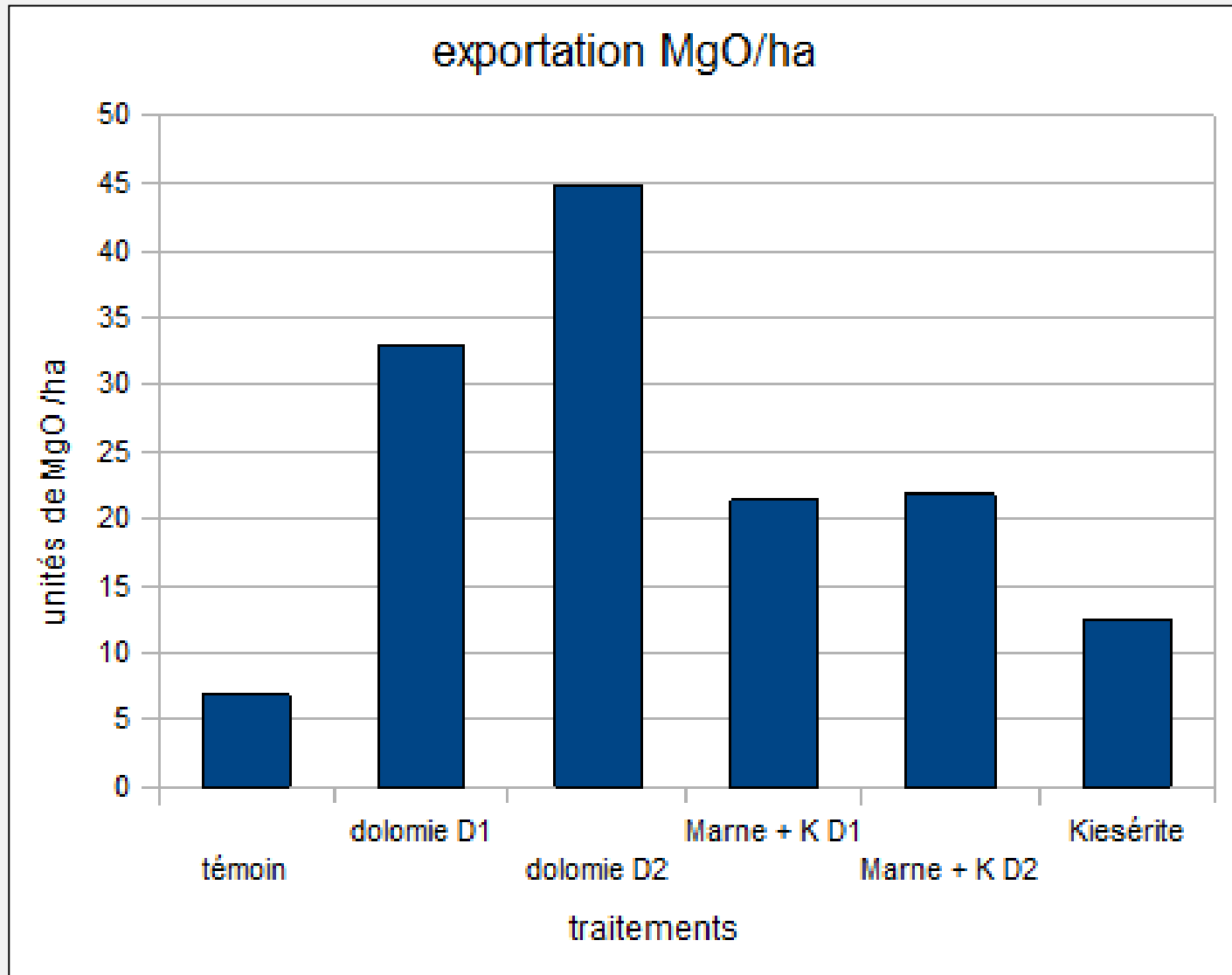
La plus petite différence significative à 5 % est 0,036 g/100g de MS

Traitements	Teneur en mg	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
Témoin	0,16	A			
Kiesérite	0,22		B		
Marne + K D1	0,23		B		
Marne + K D2	0,24		B		
Dolomie D1	0,40			C	
Dolomie D2	0,46				D

Dolomie D1 → 600 u de MgO/ha  
Dolomie D2 → 1200 u de MgO/ha  
150 kg de kiesérite → 40 u MgO/ha

Ce classement est donc très logique, totalement corrélé aux apports de magnésium.

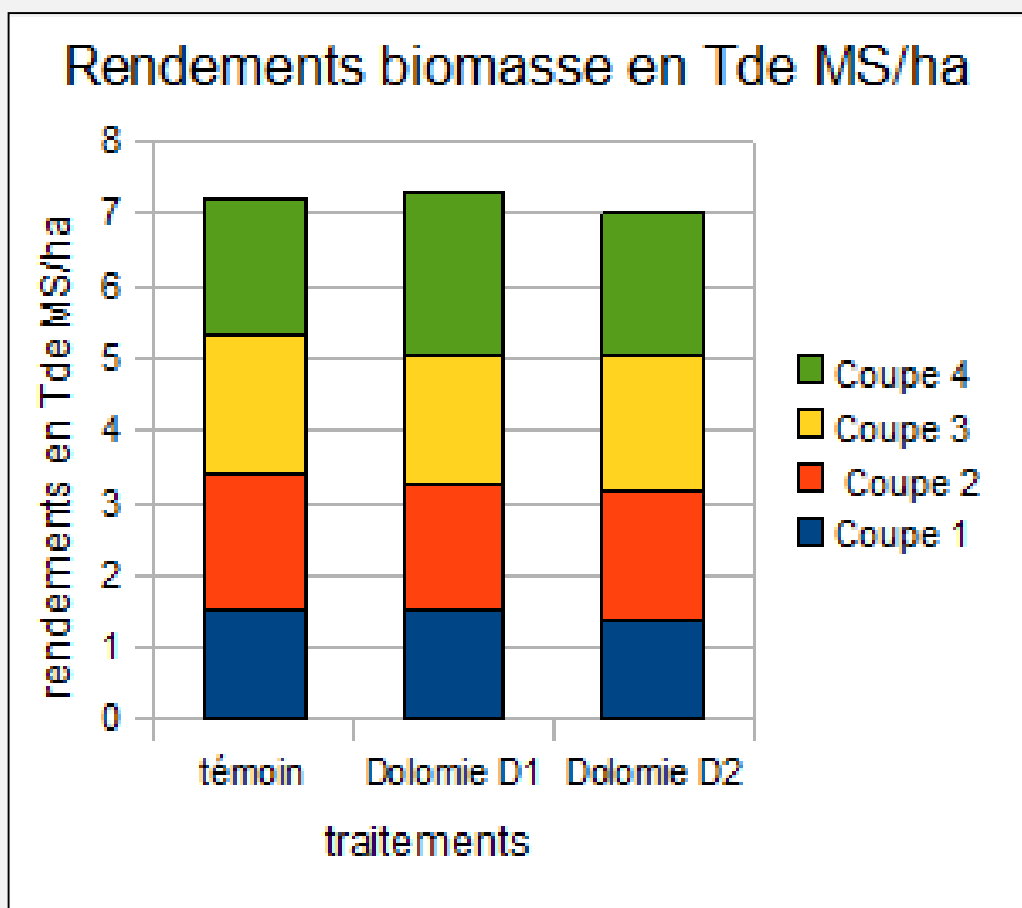
Sol acide - culture de Ray-grass,  
Exportations en magnésium du fourrage obtenus en 4 coupes :



Très fortes différences

■ Essais en sol basique, à faible teneur en magnésium : Rendement MS

Temoin	Dolomie	
	1T/ha	2T/ha
T1	T2	T3



## ■ Essais en sol basique, à faible teneur en magnésium : Teneur en Mg du fourrage

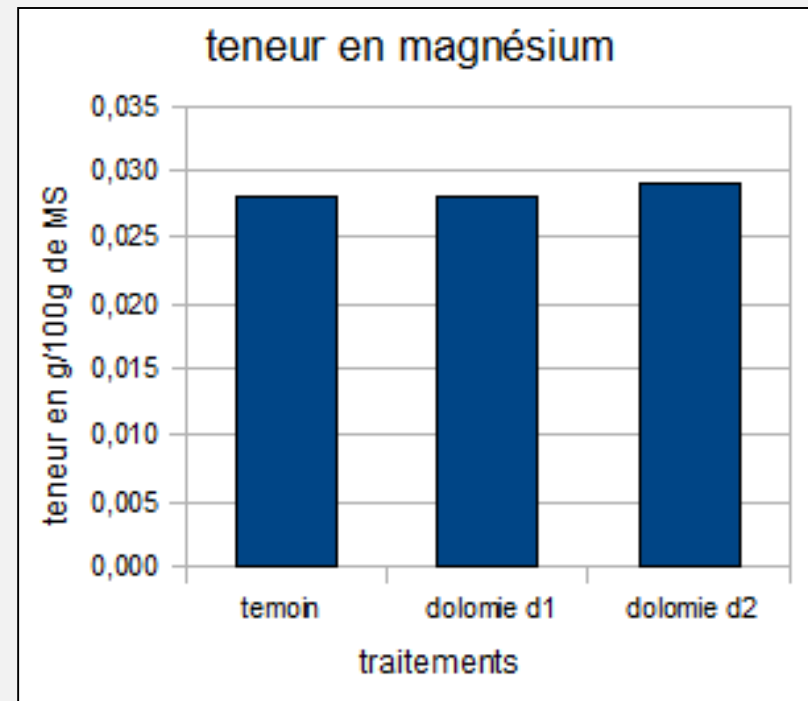
Traitements	Teneurs en magnésium du fourrage en % de la MS	Teneurs en magnésium du fourrage : Témoin indicé à 100
Témoin	0,150	100
Dolomie D1	0,153	102
Dolomie D2	0,160	107

Teneurs magnésium relativement faibles correspondent à celles obtenues sur le témoin de l'essai sol acide.

Nous n'avons pas de différences significatives entre le témoin et les 2 autres traitements.

L'apport en magnésium pratiqué par l'apport de Dolomie n'a pas été efficace.

La basicité de ce sol n'a pas permis une solubilisation de la Dolomie sur la période de l'expérimentation.



## **Réflexion :**

Certains techniciens me font remarquer que l'apport de dolomie en sol calcaire augmente la teneur en magnésium du sol.

Cela semble en contradiction avec les résultats de l'expérimentation précédente.

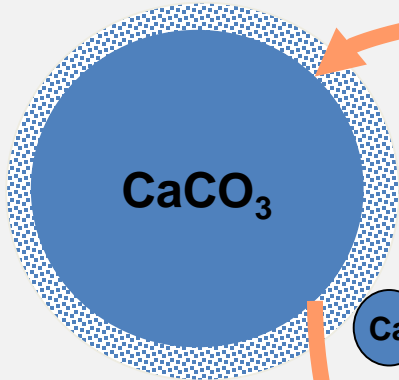
Y-aurait-il une explication ?



# ■ Dosage du calcium échangeable en sol calcaire

Taux de saturation supérieur à 100% en sol calcaire : explication  
- Cas des sols calcaires

**Particule de carbonate de calcium**  
histoire de la parcelle, amendements calciques anciens

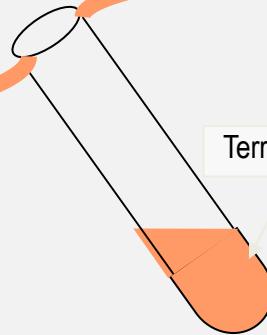


L'extractif dissout la particule de carbonate en surface

Extractif + terre = pH 7,0  
Rapport extractif / terre : élevé

Calcium issu  
des particules  
de carbonates

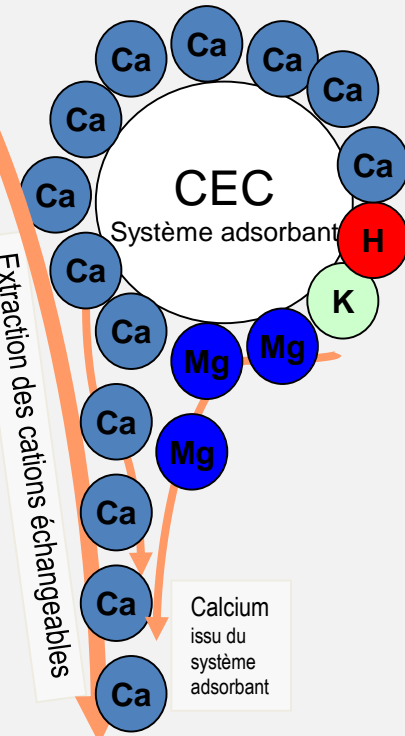
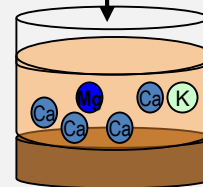
Dans certaines situations, la présence de particules de carbonate non dissoutes entraîne une surestimation du calcium échangeable (CaO éch.) et donc une surestimation de Ca/CEC.



Terre + extractif

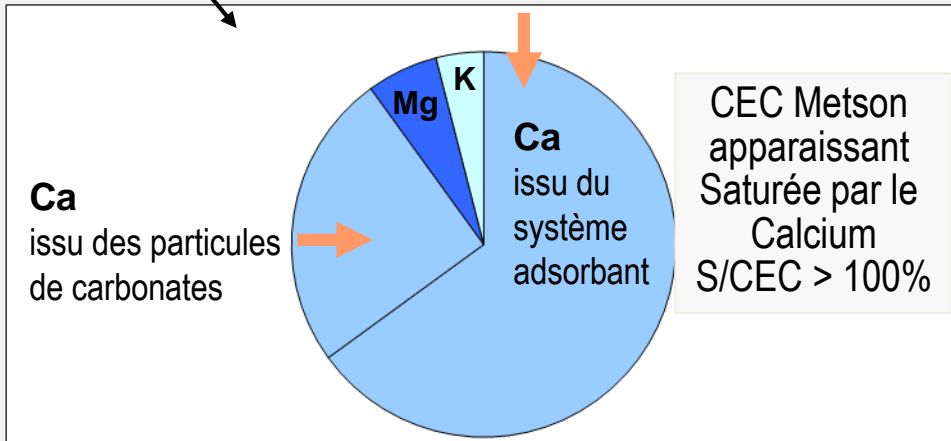
**Extractif Acétate d'ammonium**

Agitation, décantation, dosage  
des cations échangeables



Extraction des cations échangeables

Calcium issu du système adsorbant



Ca issu des particules de carbonates

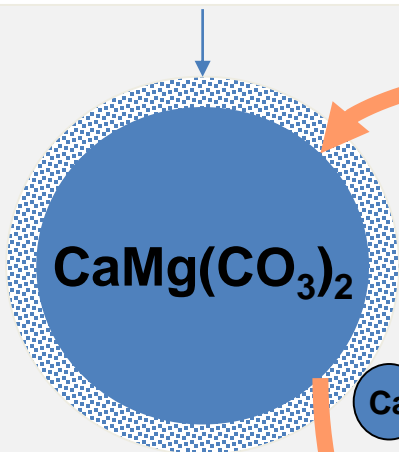
Ca issu du système adsorbant

CEC Metson apparaissant Saturée par le Calcium  
S/CEC > 100%

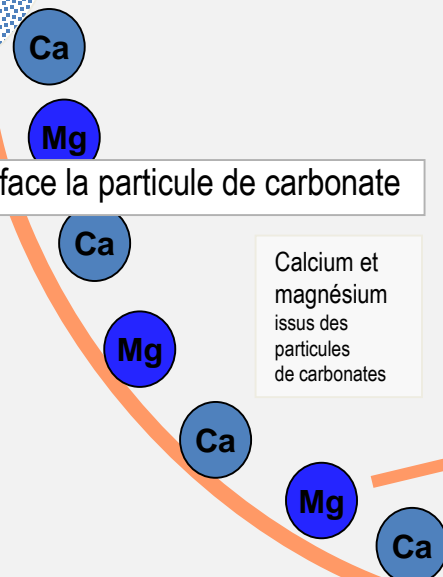
# Dosage du calcium et magnésium échangeables et présence de calcaire magnésien

Taux de saturation supérieur à 100% en sol calcaire : explication  
- Cas des sols calcaires

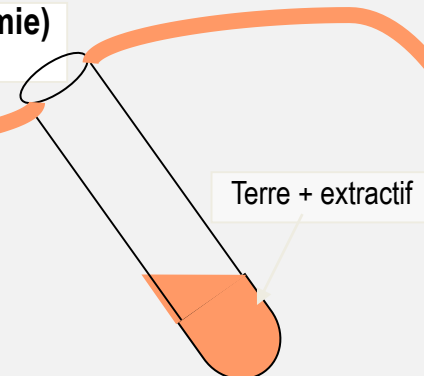
Particule de carbonate de calcium et magnésium (Dolomie)  
histoire de la parcelle, amendements calcaïques anciens



L'extractif dissout en surface la particule de carbonate

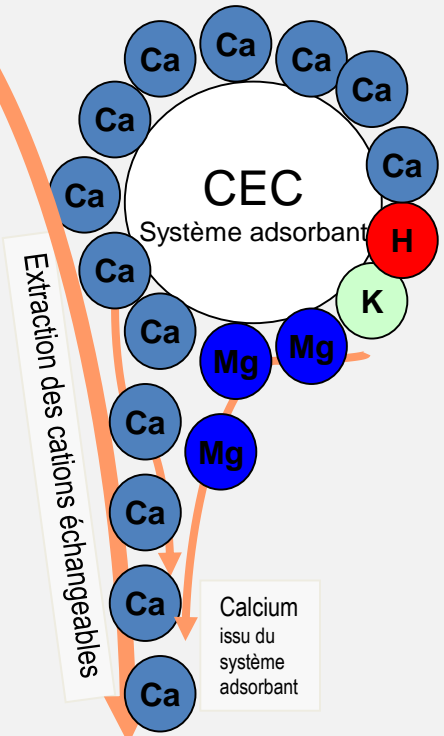
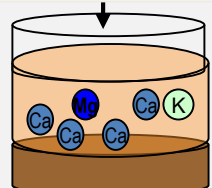


Calcium et magnésium issus des particules de carbonates



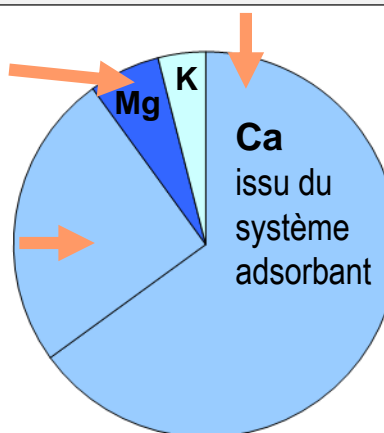
Extractif Acétate d'ammonium

Agitation, décantation, dosage des cations échangeables



Calcium issu du système adsorbant

Mg issu des particules de carbonates  
Ca issu des particules de carbonates



CEC Metson apparaissant Saturée par le Calcium  
S/CEC > 100%

Ca et Mg en provenance des particules de carbonate sont pris pour des cations échangeables. Le dosage entraîne une surestimation du calcium et du magnésium échangeables et donc une surestimation de Ca/CEC et Mg/CEC.

**Cas concret : chaulage et conseil magnésien**

**Exemple de synthèse d'analyse de sol réalisée  
auprès d'un coopérative  
Zone géographique MAÏSADOUR**

Non diffusé comme annoncé lors de la présentation