



**Laboratoire d'Environnement et Biologie  
Aquatique  
(LEBA), Côte d'Ivoire**



**Laboratoire de Chimie Physique et  
Microbiologie pour l'Environnement**



**SORPTION DES ANIONS PHOSPHATE PAR DES  
GÉOMATÉRIAUX DE CÔTE D'IVOIRE (SCHISTE ARDOISIER,  
GRÈS, LATÉRITE)**

Dan B. Eude **KPANNIEU**

Dr. M. Mallet, Pr. L. Coulibaly, Dr. M. Abdelmoula, Pr. C. Ruby

## CONTEXTE DE L'ÉTUDE

- Abidjan, plus **5 millions d'habitants** (INS\*, 2010)
- **200 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées** collectées non traitées (Adingra et Kouassi, 2011, F. Tech. & Doc. Vulg. 48-53 )
- Lagune Ebrié réceptacle de toutes les eaux d'Abidjan



**Eutrophisation de la lagune**



Vue de la lagune Ebrié

Eutrophisation = enrichissement en nutriments des eaux de surface

- Diminution du taux d'oxygène
- Production de méthane (gaz à effet de serre)
- Prolifération des végétaux aquatiques
- Disparition de certaines espèces halieutiques



Directive Européenne 91 /271 CEE du 21 mai 1991



Taux de phosphate  $< 1-2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P-PO}_4$   
(sorties de station d'épuration)

Prolifération d'« algues vertes »  
La plage de la baie de Saint Michel  
en Grèves (Côtes d'Armor)

## Techniques conventionnelles de déphosphatation (biologique, précipitation chimique...)



Complexité de mise en œuvre, méthodes coûteuses

Non applicables aux pays en voie de développement

### Déphosphatation sur lit de massif filtrant (systèmes à capture passive)

- Sous produits de l'industrie (scories d'acier, boues rouges d'aluminerie, cendres volantes, schiste bitumineux....)
- Produits manufacturés (ferrihydrite, rouille verte ferrique....)
- Matériaux naturels (apatite, schiste, latérite, grès, zéolite....)



Boues activées  
(Dombasle, Lorraine)



Filtre planté de roseaux (FPR)  
(Burdignes, Loire)

**OBJECTIFS DE L'ÉTUDE :**

Evaluer la capacité de trois roches communes en Côte d'Ivoire, (schiste ardoisier, grès et latérite) à éliminer les anions phosphate des eaux usées.

- Composition chimique (Fe, Al, Ca, Mg) intéressante vis-à-vis de la sorption des ions  $\text{PO}_4$
- Géomatériaux sans intérêt minier
- Ubiquité et abondance



Bloc de **schiste**



Bloc de **grès**



Bloc de **latérite**

## **I. Echantillonnage**

## **II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer**

- Schiste ardoisier
- Grès
- Latérite

## **III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch**

- Influence de la dose des matériaux
- Cinétiques d'adsorption

## **IV. Conclusion et perspectives**

# PLAN DE L'EXPOSÉ :

## **I. Echantillonnage**

## **II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer**

- Schiste ardoisier
- Grès
- Latérite

## **III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch**

- Influence de la dose des matériaux
- Cinétiques d'adsorption

## **IV. Conclusion et perspectives**



# I. Echantillonnage

## ● Zones géographiques de prélèvement des géomatériaux



Latérite  
Schiste ardoisier  
Grès

## ● Préparation des échantillons

- Concassage grossier au marteau
- Broyage
- Lavage et séchage
- Tamisage puis sélection de la taille de grains :  
 $\phi \leq 400\mu\text{m}$





# PLAN DE L'EXPOSÉ :

## I. Echantillonnage

## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

- Schiste ardoisier
- Grès
- Latérite

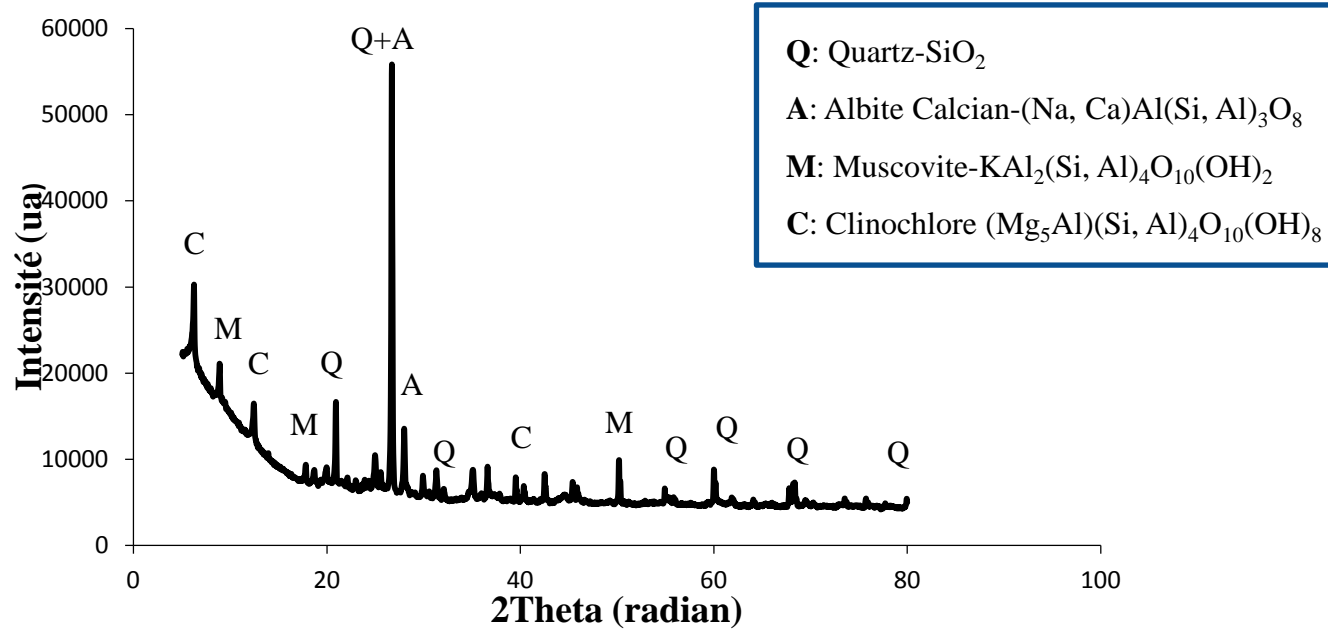
## III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch

- Influence de la dose des matériaux
- Cinétiques d'adsorption

## IV. Conclusion et perspectives

## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

### • Schiste ardoisier

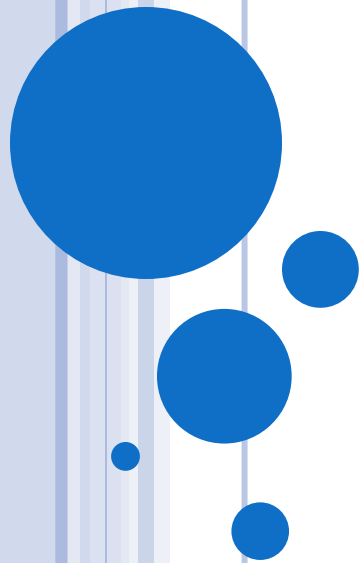


➔ Présence de quartz et de plusieurs minéraux silicatés

➔ Pas de composé cristallisé à base de fer (*cf* analyse élémentaire du matériau)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LoI*
56.8	17.5	10.2	0.6	2.1	0.4	0.9	2.4	1	0.1	8.7

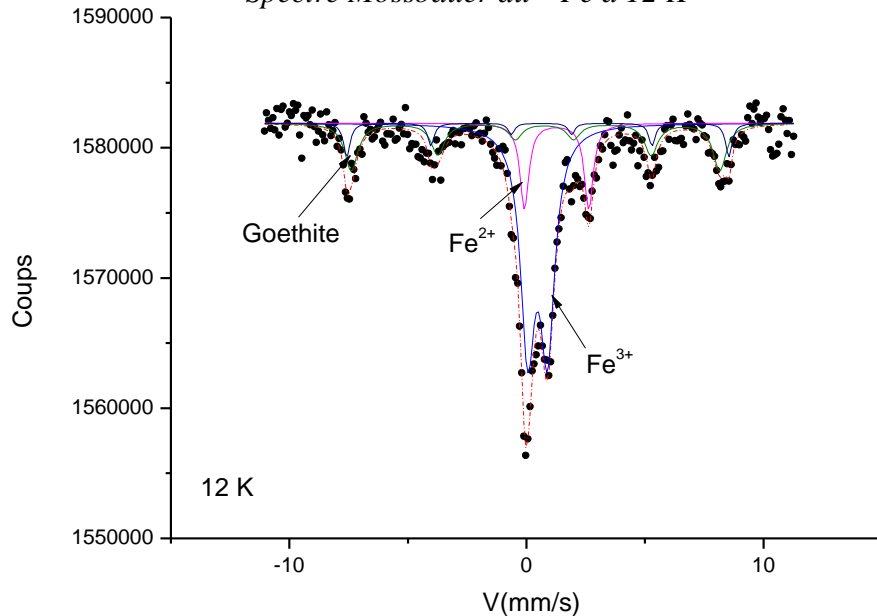
Analyse élémentaire du schiste ardoisier



## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

### ● Schiste ardoisier

Spectre Mössbauer du  $^{57}\text{Fe}$  à 12 K



Phase à 12 K	$\delta$ (mm.s <sup>-1</sup> )	$\Delta$ ou $\epsilon$ (mm.s <sup>-1</sup> )	H (kOe)	A.R %
D1(Fe III)	0,470	0,836		55
D2 (Fe II)	1,272	2,71		14
S1(Goethite)	0,60	-0,2	480	23
S2 (Goethite)	0,56	-0,08	500	8

Spectre Mössbauer du  $^{57}\text{Fe}$  à 12K

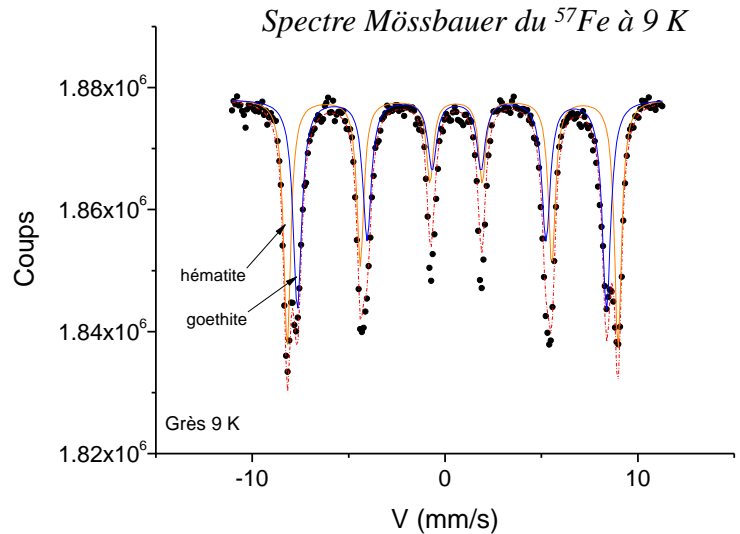
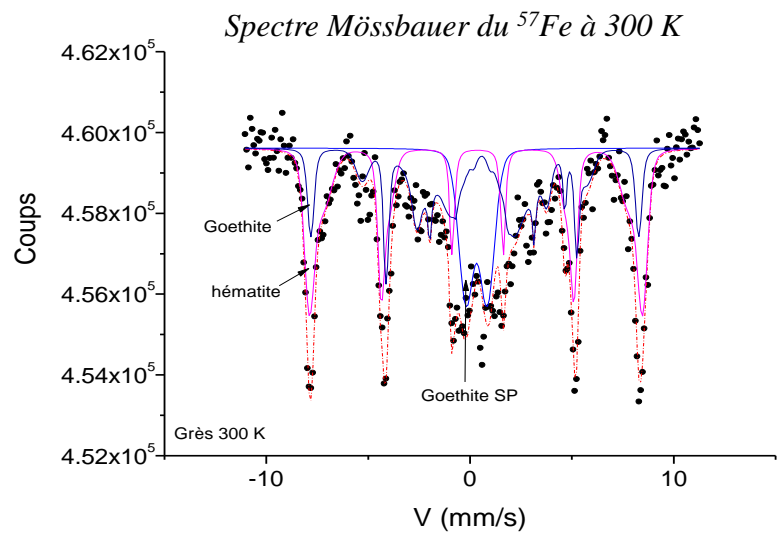


● Présence de doublets ferrique et ferreux (~70%) en accord avec la substitution de Al[III] par Fe[III] et Mg[II] par Fe[II] dans des phases argileuses (notamment la chlorite)

● Présence de goethite (~30%)

# II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

## ● Grès



Phase à 9K	$\delta$ (mm.s <sup>-1</sup> )	$\Delta$ ou $\epsilon$ (mm.s <sup>-1</sup> )	H (kOe)	A.R %
Goethite	0,48	-0,12	497	51
Hematite	0,48	-0,08	532	49

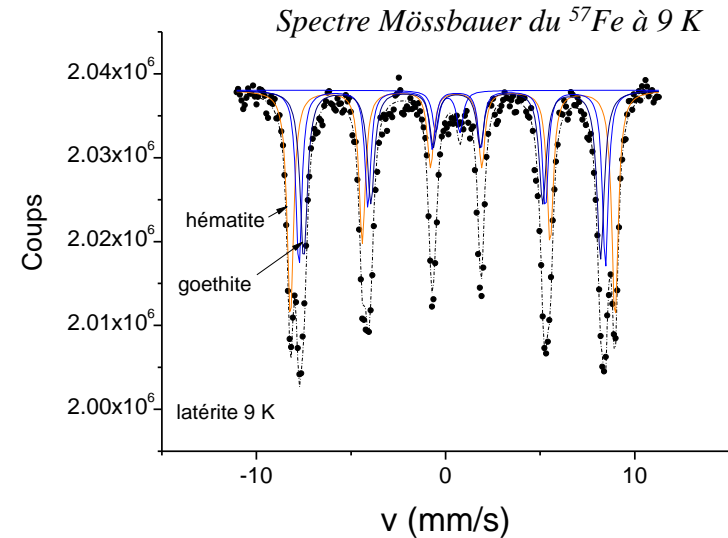
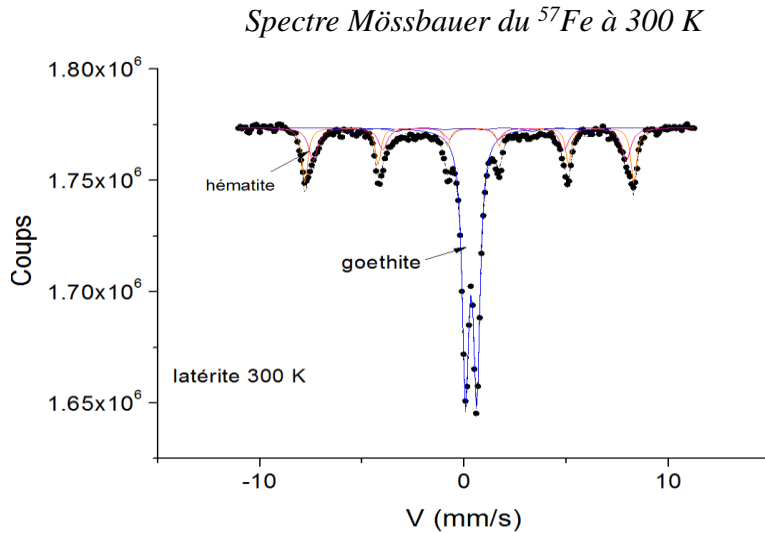
← T = 9 K



Pas ou peu de fer en substitution dans les phases argileuses  
 Fer engagé dans des phases minérales (goethite et hématite)

## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

### ● Latérite



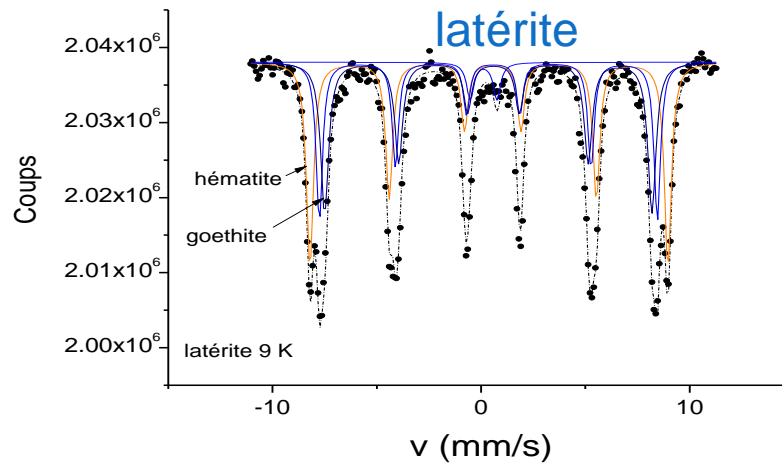
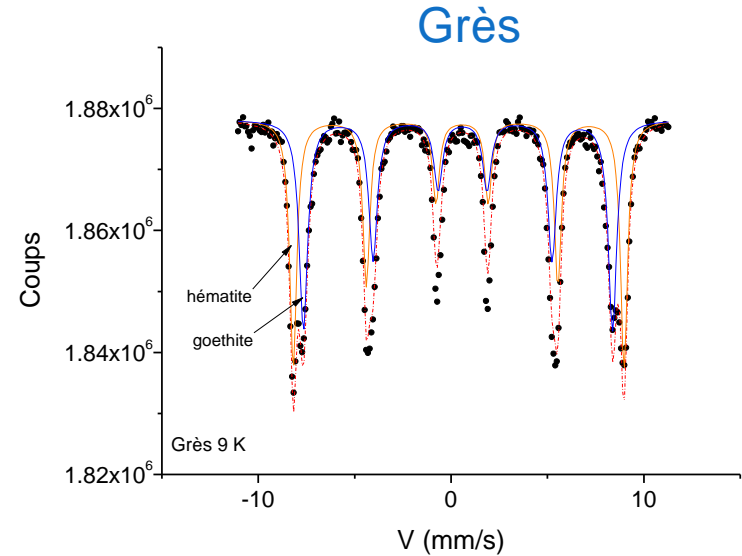
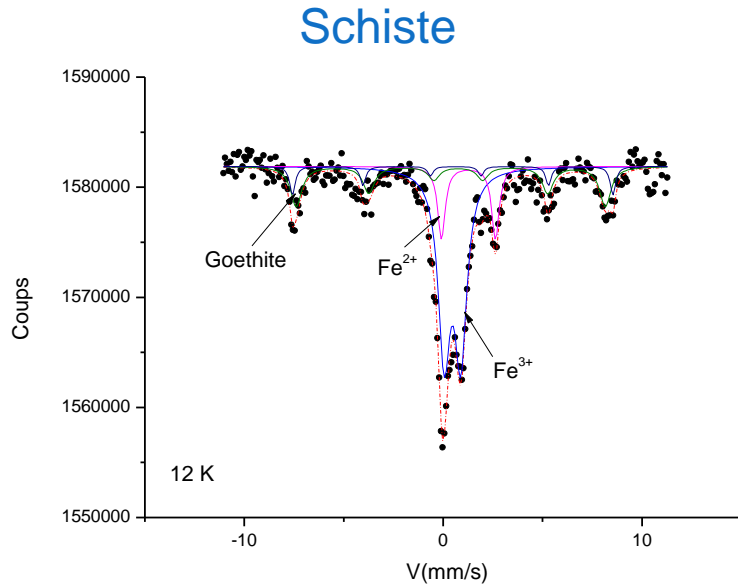
Phase à 9K	$\delta$ (mm.s <sup>-1</sup> )	$\Delta$ ou $\mathcal{E}$ (mm.s <sup>-1</sup> )	H (kOe)	A.R %
Goethite	0,46	- 0,12	502	28
	0,46	- 0,12	487	32
Hématite	0,46	- 0,09	532	40



Pas ou peu de fer en substitution dans les phases argileuses  
 Importante contribution superparamagnétique de la goethite à 300K  
 Fer engagé dans des phases minérales (Goethite et hématite)



# Caractérisation par spectrométrie Mössbauer des géomatériaux : conclusion



- Statut du fer différent dans les 3 géomatériaux
- Quel impact sur la sorption des ions phosphate?

# PLAN DE L'EXPOSÉ :

## I. Echantillonnage

## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

- Schiste ardoisier
- Grès
- Latérite

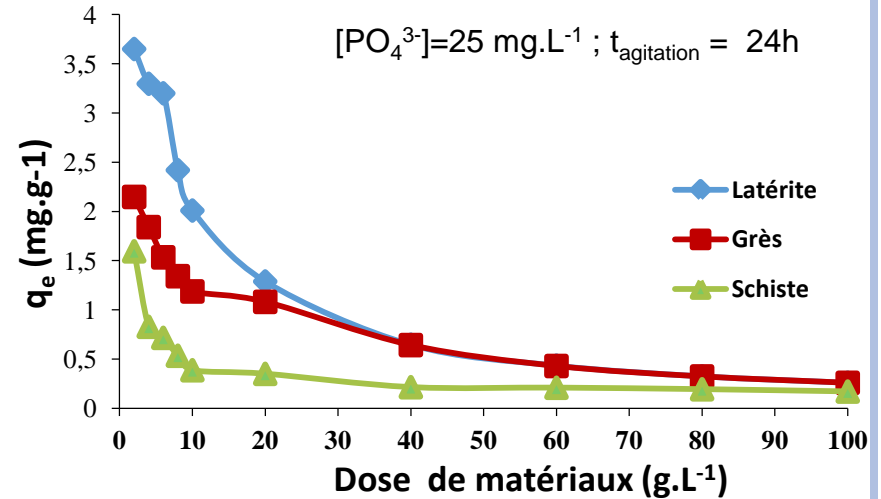
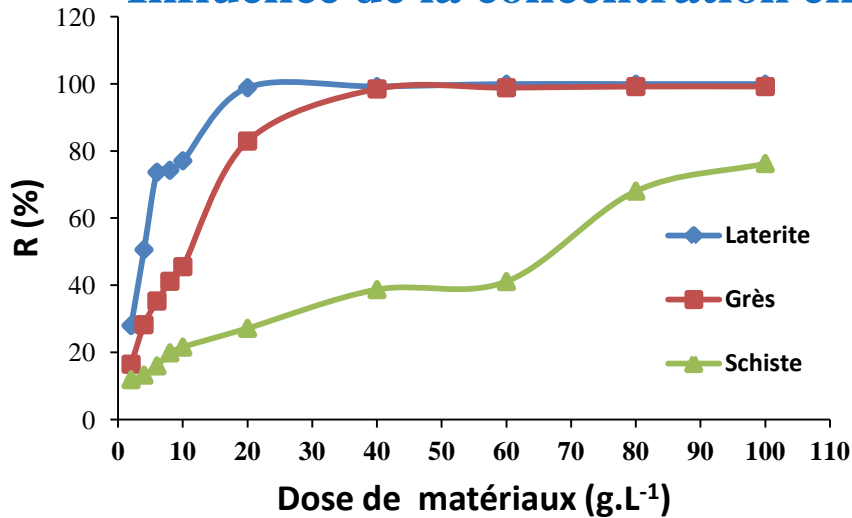
## III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch

- Influence de la dose des matériaux
- Cinétiques d'adsorption

## IV. Conclusion et perspectives

### III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch

#### ● Influence de la concentration en géomatériaux



$$R(\%) = \left( \frac{C_i - C_e}{C_i} \right) \times 100$$

$$q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{m}$$

R = 100% pour une dose de 20 g.L<sup>-1</sup> (latérite) et 40 g.L<sup>-1</sup> (grès)

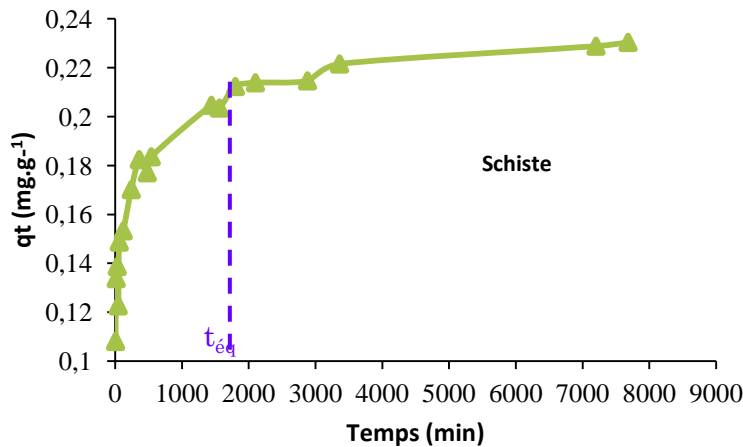
R < 100% pour le schiste (sur la gamme étudiée)

R augmente avec la dose de matériau qui augmente mais q<sub>e</sub> diminue jusqu'à ~ 0,2 mg.g<sup>-1</sup> pour le schiste et ~ 0,5 mg.g<sup>-1</sup> pour la latérite et le grès.

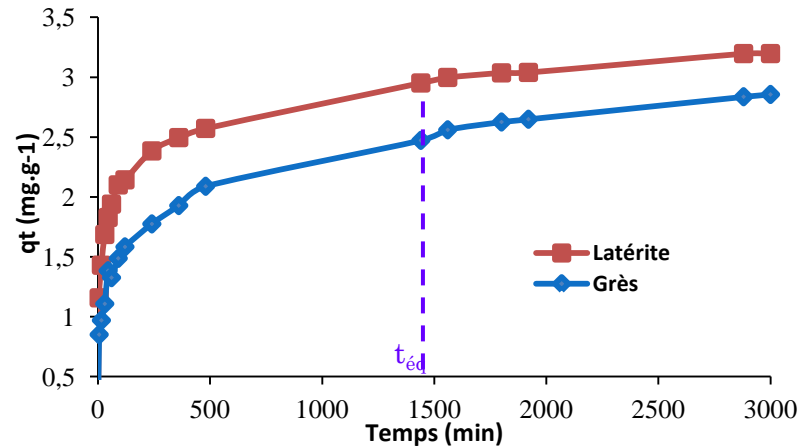
q<sub>e</sub> Latérite > Grès > Schiste vis-à-vis de l'élimination des ions phosphate aux faibles doses ; q<sub>e</sub> Latérite ~ Grès > Schiste aux fortes doses

### III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch

#### ● Cinétique d'adsorption



$$q_{\max S} \sim 0,2 \text{ mg.g}^{-1}$$
$$q_{\max G} \sim 2,8 \text{ mg.g}^{-1}$$
$$q_{\max L} \sim 3,2 \text{ mg.g}^{-1}$$



$[\text{PO}_4^{3-}] = 25 \text{ mg.L}^{-1}$   
 $[\text{schiste}] : 80 \text{ g.L}^{-1}$  ;  $[\text{latérite}]$  et  $[\text{grès}] : 8 \text{ g.L}^{-1}$   
 $\text{pH} \sim 6,5-7$

2 étapes :

- Cinétique rapide ( $\sim 2\text{h}$ ) (Adsorption)
- Cinétique lente ( $t_{\text{ég.}} \sim 1800 \text{ min}$  (Schiste),  $t_{\text{ég.}} \sim 1440 \text{ min}$  (Grès et Latérite) (Diffusion à l'intérieur des pores)

La latérite est plus efficace que le grès et le schiste en termes de capacité d'adsorption.

# PLAN DE L'EXPOSÉ :

## I. Echantillonnage

## II. Caractérisation des géomatériaux par DRX et par spectrométrie Mössbauer

- Schiste ardoisier
- Grès
- Latérite

## III. Etude de l'adsorption des ions phosphate en réacteur batch

- Influence de la dose des matériaux
- Cinétiques d'adsorption

## IV. Conclusion et perspectives

## IV. Conclusion et perspectives

- ❖ Le fer est majoritairement en substitution dans des phases argileuses dans le schiste et sous forme d'oxydes ferriques de type hématite et goethite dans le grès et la latérite (en proportions identiques).
- ❖ Le fer serait ainsi « moins disponible » dans le schiste vis-à-vis de la sorption des ions phosphate?
- ❖ Forte influence de la concentration en géomatériaux sur l'élimination des ions phosphate :
  - ➔  $q_e$  Latérite > Grès > Schiste vis-à-vis de l'élimination des ions phosphate aux faibles doses ;  $q_e$  Latérite ~ Grès > Schiste aux fortes doses
- ❖ Adsorption des ions phosphate (schiste, grès et latérite) en réacteur colonne
- ❖ Essais sur pilote de marais artificiel planté de *panicum maximum* et garni de schiste ardoisier



MERCI POUR  
VOTRE ATTENTION

