

La Rochelle, le 13 avril 2017

# Argumentaire technique pour la valorisation des sédiments du Fleuve Charente

**a**GRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHAMBRE D'AGRICULTURE  
CHARENTE-MARITIME

Entreprise certifiée  
ISO 9001



Document réalisé par **David JULLIEN**  
**Conseiller Agronomie**

## Sommaire

Caractéristiques des déchets organiques et des sédiments.....	2
Caractérisation agronomique .....	2
Caractérisation chimique – les éléments traces métalliques (ETM)_ .....	6
Concentration en ETM de matières organiques et engrais .....	7
Caractérisation chimique – les composés traces organiques (CTO)_ .....	11
Synthèse.....	12
Le sol et les services écosystémiques.....	13
Les communautés microbiennes des sols.....	14
Relation des services écosystémiques et valorisation des sédiments .....	15
SYNTHESE .....	15

## **Comparatif entre une boue d'épuration (déchets organique) et un sédiment (déchet minéral)**

### **CARACTERISTIQUES DES DECHETS ORGANIQUES ET DES SEDIMENTS**

Les déchets organiques contiennent des éléments nutritifs et des éléments chimiques (ETM, CTO..). Leur utilisation en agriculture est possible si les critères d'innocuité sont respectés et si ils ont un intérêt agronomique pour le sol ou la plante réceptrice.

Les critères de caractérisation des déchets organiques sont réglementés par l'arrêté du 8 janvier 1998. Cette réglementation encadre l'utilisation des déchets organiques au sol en fixant des seuils limites d'apports en différents éléments.

Les sédiments déposés dans le lit des cours d'eau sont assimilés aux déchets organiques pour une utilisation agricole. Cependant, ils ont des propriétés physico-chimiques différentes des déchets organiques car leur composition principale est minérale et non organique.

#### **Caractérisation agronomique**

La caractérisation agronomique d'une matière pour être utilisée en agriculture s'attarde à identifier et mesurer les éléments suivants :

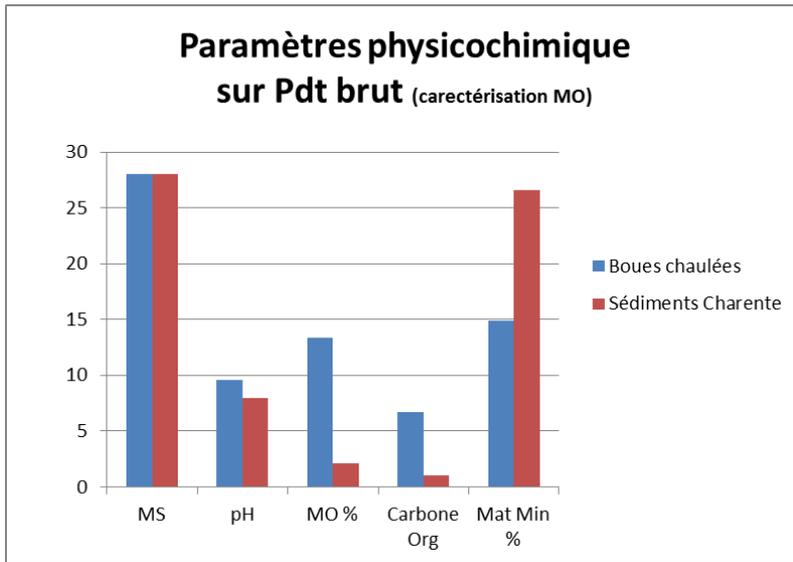
Matière sèche (MS), potentiel Hydrogène (pH), Matières organiques (MO), Carbone organique (C), Matières minérales, Rapport C/N, Valeur azotée, Eléments majeurs nutritifs.

**Méthodes analytiques** : Pour mesurer ces éléments, 2 méthodes sont possibles.

La première, utilisée pour les matières organiques (telles que les boues, composts, fumiers...) est la norme NF EN ISO 12880 (pour MS), NF EN ISO 15933 (pour pH), NF EN ISO 12879 (pour matières minérales), NF EN ISO 13342 (pour azote Keldahl) et NF EN ISO 11885 (pour les autres éléments nutritifs majeurs).

La seconde, utilisée pour caractériser les matières minérales (come un sol agricole) est la NF X 31-107 (pour les matières minérales), NF ISO 10693 (pour le calcaire), NF ISO 14235 (pour les MO et carbone organique), NF ISO 13878 (azote total), NF ISO 10390 (pH), NF ISO 11263 (P2O5), NF X 31-108 (autres éléments nutritifs majeurs).

**Présentation de valeurs sur produit brut et sec :**



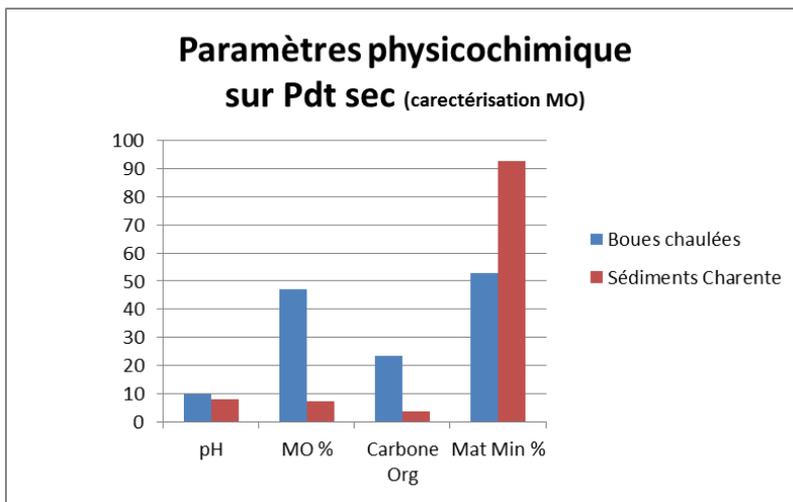
Comparaison réalisée sur matière dont la teneur en MS est semblable.

Valeur de pH : peu d'écart pouvant être impactant.

Valeur MO : écart très important confirmé par la teneur en matières minérales.

Valeur en C org : écart très important.

Remarques : d'un point de vue physicochimique, il apparaît une différence majeure sur la composition physique des 2 produits.

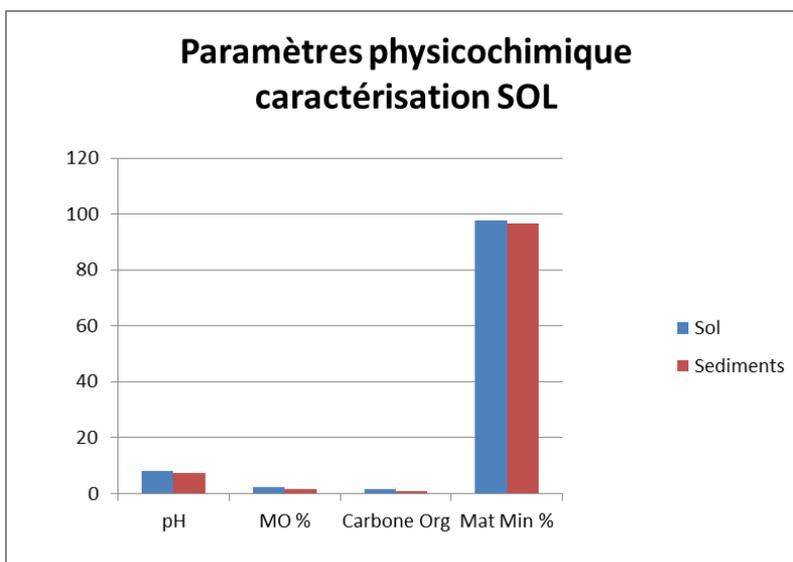


Sur produit sec, les différences sont encore plus marquées.

Nous constatons un produit dont la constitution physique est 50% organique et 50% minérale : les boues.

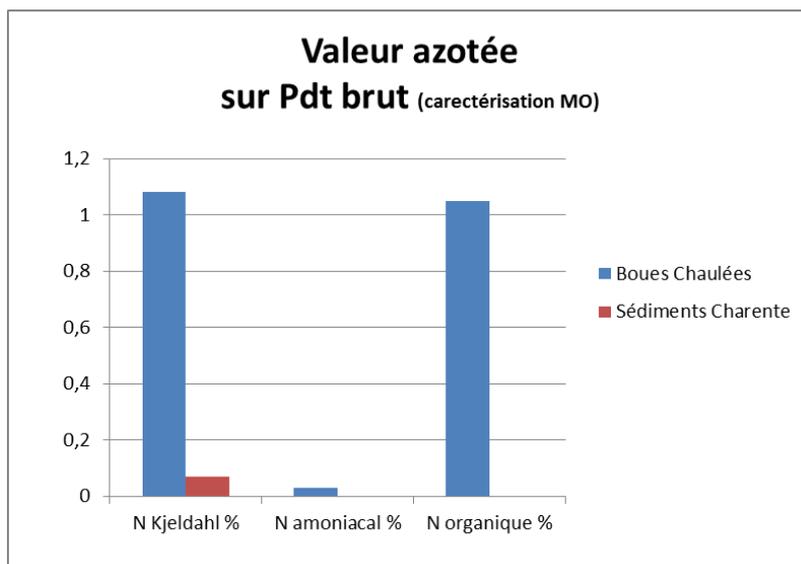
Tandis que le produit « sédiment » est constitué à plus de 90% de matières minérales.

La proportion de carbone organique est égale à 50% dans les 2 cas puisqu'elle découle d'un calcul.



En comparant les sédiments (matières minérales) à un sol (minéral), nous constatons des similitudes de conception physique.

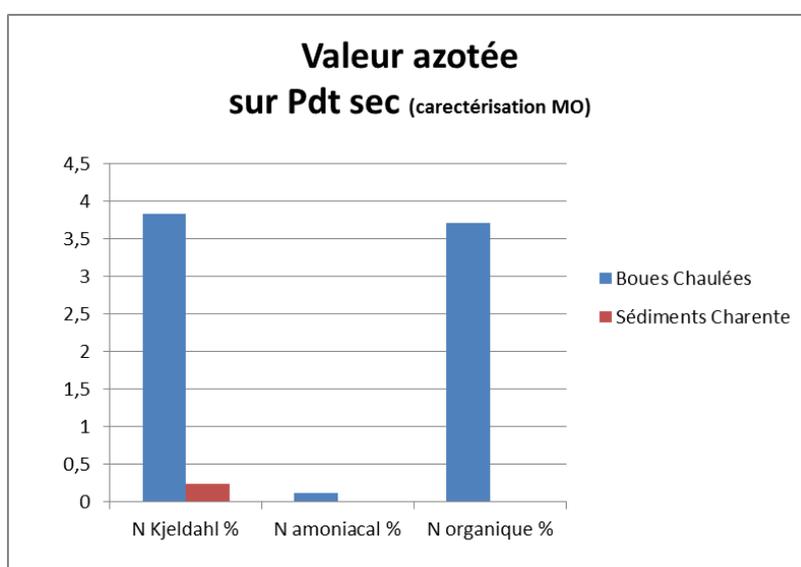
La teneur élevée en matières minérales semble l'élément de comparaison principale pour dire que les sédiments sont des sols.



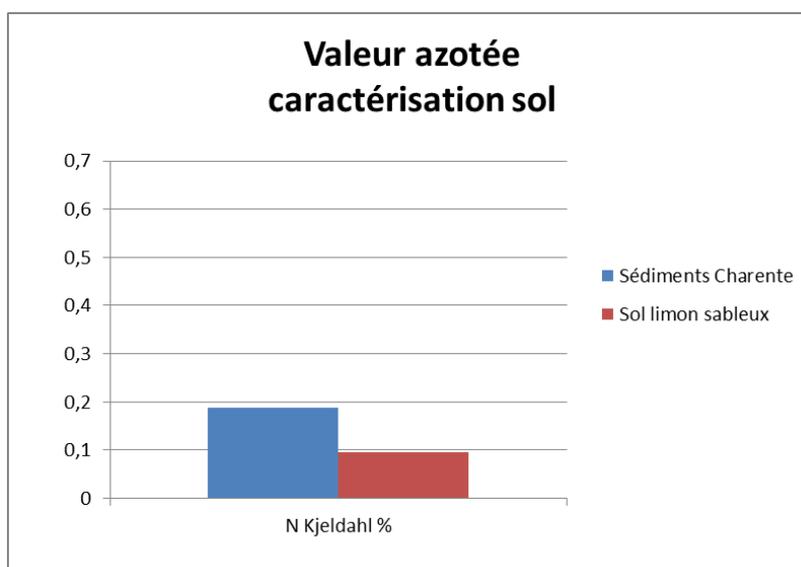
L'azote, élément soluble et fertilisant pour les plantes, et ayant un impact sur l'environnement quand il est présent en excédent.

Les matières organiques et les matières minérales, analysées ici, n'ont pas du tout les mêmes concentrations en azote.

Les sédiments n'en contiennent que très peu et donc ne sont pas fertilisants alors que les boues en contiennent suffisamment pour combler une partie des besoins d'une plante.

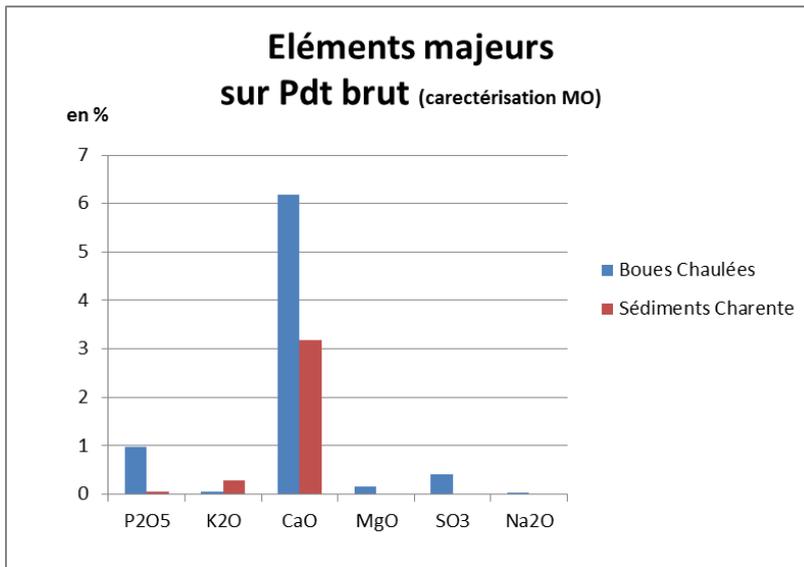


Que ce soit les valeurs mesurées sur brut ou sec, il est clairement identifié l'effet fertilisant des boues et le non effet fertilisant des sédiments au niveau de l'élément azote.



En analysant l'élément azote par analyses « sol », nous constatons que la teneur est plus élevée qu'un sol limon sableux mais reste dans des proportions que l'on retrouve dans des sols agricoles.

Compte tenu de la teneur un peu plus élevée en MO, nous pouvons penser qu'une partie de cet azote est contenue dans une fraction des MO.

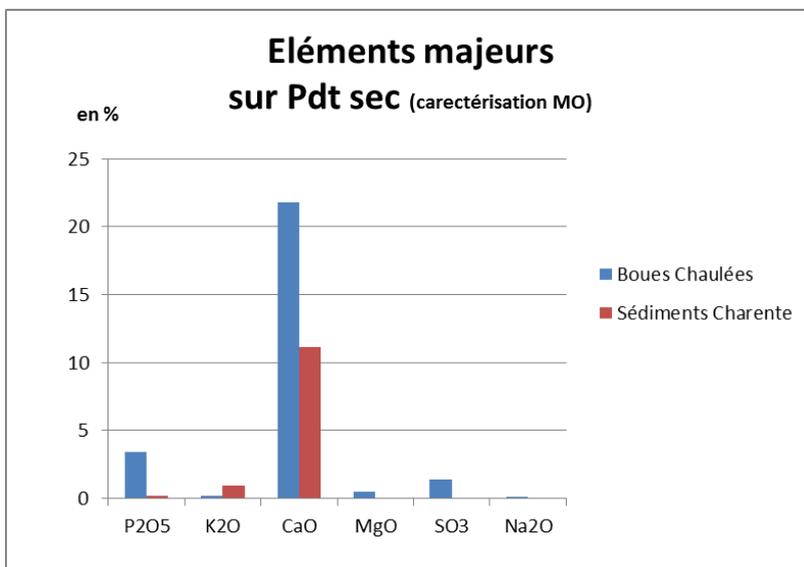


Les éléments fertilisants majeurs contenus dans les boues sont supérieurs à ceux contenus dans les sédiments du fleuve Charente.

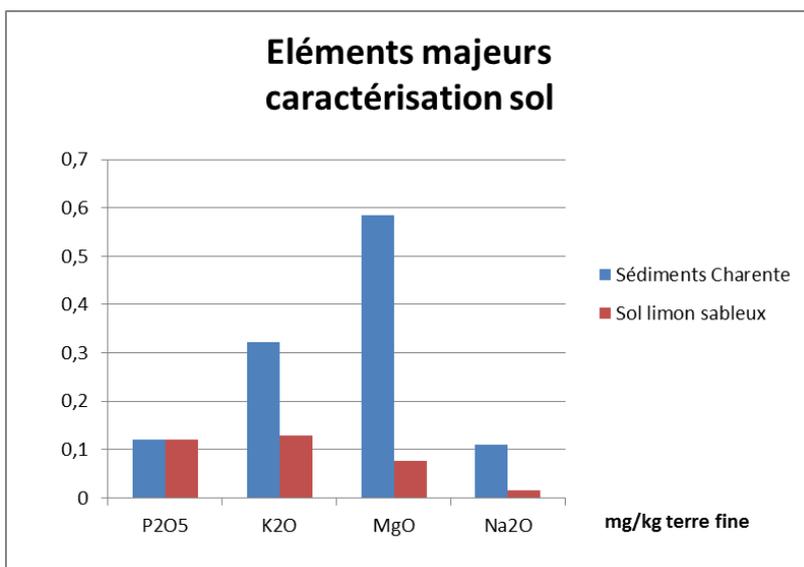
Sauf le cas de l'oxyde de calcium présent en plus grande quantité dans sédiments.

Par conséquent les sédiments ne peuvent pas être considérés comme fertilisant ou amendement.

La présence importante en CaO peut provenir de coquilles de coquillages présentes en grand nombre.



L'élément CaO n'est pas un élément à risque, mais au contraire, il peut améliorer ou aider le sol à se structurer.



Comparés au sol, les sédiments présentent des caractéristiques favorables au développement des plantes. Leur concentration en éléments majeurs offre une opportunité de reconstitution de sol. Le déséquilibre entre les éléments nécessite une adaptation de la fumure de synthèse apportée pour le besoin des plantes.

### Synthèse :

Au niveau des caractéristiques agronomiques, les sédiments ne peuvent pas être considérés comme des matières organiques telles que les boues d'épuration, les fumiers ou les composts.

Les effets fertilisants des matières organiques ne se retrouvent pas dans les matières minérales telles que les sédiments.

Les différents teneurs composant les caractéristiques agronomiques analysées sur les sédiments sont comparables à celles d'un sol.

## Caractérisation chimique – les éléments traces métalliques (ETM)\_

L'étude des éléments traces métalliques remonte aux années 50 à 70 où des agronomes français s'intéressent aux phénomènes de carences en oligo-éléments dans les plantes (ces éléments traces indispensables à la vie et donc à la production végétale et animale). Au fil des années 70, les préoccupations s'inversent. Delas s'attaque à la toxicité du Cuivre dans les sols de vignoble. Puis le développement des stations d'épuration est à l'origine d'un grand nombre de recherches visant à parfaire les connaissances dans le domaine de la toxicité des éléments traces.

Dans les laboratoires, les progrès constants des méthodes analytiques permettent d'abaisser très notablement les seuils de détection. On peut désormais doser tous les éléments présents en traces dans les sols, les eaux, les végétaux, les déchets...

Les ETM dans les sols proviennent en partie de l'altération de la roche-mère mais aussi de sources externes au sol : dépôt atmosphériques, épandages d'engrais et différentes activités humaines. Certains de ces ETM sont des oligo-éléments nécessaires pour la vie des plantes et des animaux. Mais ils peuvent tous devenir toxiques, notamment quand ils sont trop abondants mais surtout s'ils sont présents sous certaines formes chimiques. Les sols ne sont pas des milieux homogènes. Ils sont différenciés en plusieurs horizons ayant des caractéristiques physiques et biologiques propres. Ces caractéristiques ont des conséquences sur la rétention de métaux dans les horizons du sol, leur mobilité et leur biodisponibilité. Les sols constituent donc un compartiment clé du cycle biogéochimique des métaux dans les écosystèmes. Les sols sont les lieux d'échanges via la solution du sol avec les eaux de surface et de profondeur ou avec la biosphère.

L'apport de matières (organiques ou minérales) sur un sol, peut avoir un impact sur sa concentration en teneur ETM. La complexité des concentrations dans les différents horizons d'un sol et dans les différents types de sols, demande une compréhension générale des effets de la matière dans le sol. Par exemple, une boue d'épuration sera source d'accumulation d'ETM puisque sa composition est essentiellement organique. A l'inverse, un sédiment sera source d'un nouvel horizon de sol ou d'une évolution d'horizon de sol modifiant les caractéristiques physiques et biologique de celui-ci.

Concentration en ETM de matières organiques et engrais

<i>fourchettes de variation en g/t de matière sèche</i>								
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
<b>Boues d'épuration</b>	0,7 - 8	30 - 110	170 - 500	0,7 - 6	20 - 60	55 - 220	0,3 - 20	500 - 1 400
<b>Engrais azotés</b>	0 - 10	6 - 10	5 - 10	0 - 1	1 - 10	0,5 - 10	0,1 - 5	2 - 10
<b>Engrais phosphatés</b>	9 - 100	90 - 1 500	10 - 60	0 - 0,2	5 - 70	0,5 - 40	*	50 - 600
<b>Engrais potassiques</b>	0,1 - 2	0,1 - 15	0,1 - 10	0,2 - 2	0,1 - 3	5 - 15	*	1 - 15
<b>Fumiers de bovins</b>	0,3 - 1,5	5 - 60	5 - 40	0,1 - 0,6	6 - 40	5 - 90	*	75 - 500
<b>Lisiers de porcs</b>	0,3 - 2	10 - 30	190 - 700	0,1 - 0,2	7 - 80	7 - 150	*	290 - 800

synthèse d'Emmanuel ADLER de données ADEME, BNAME, UNIFA, ATV, ITCF, ACTA, MAP

Cas des sédiments fleuve Charente analysés comme les MO : exprimé en mg/kg MS ou g/t de MS

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Cr+Cu+Ni+Zn
Sédiments Charente	0,3	61,1	28	0,2	34,2	54,3	183	306

Valeurs limites fixées par la réglementation du 8 janvier 1998 applicable **aux déchets organiques** :  
exprimées en mg/kg MS ou g/t de MS

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Cr+Cu+Ni+Zn
Seuils limites	10	1000	1000	10	200	800	3000	4000

Valeurs limites fixées par la réglementation du 8 janvier 1998 applicable **aux sols** :  
exprimées en mg/kg MS ou g/t de MS

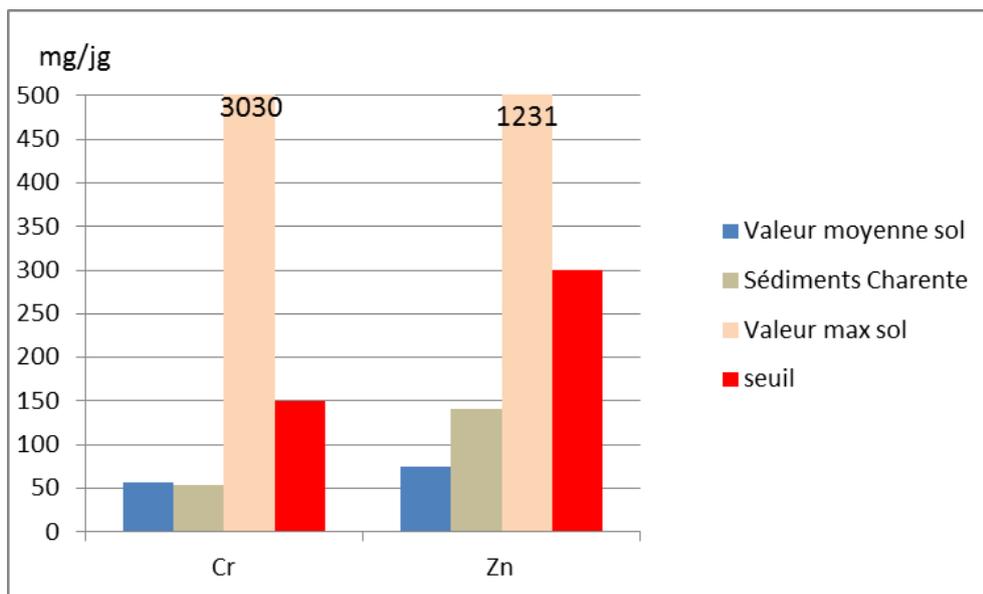
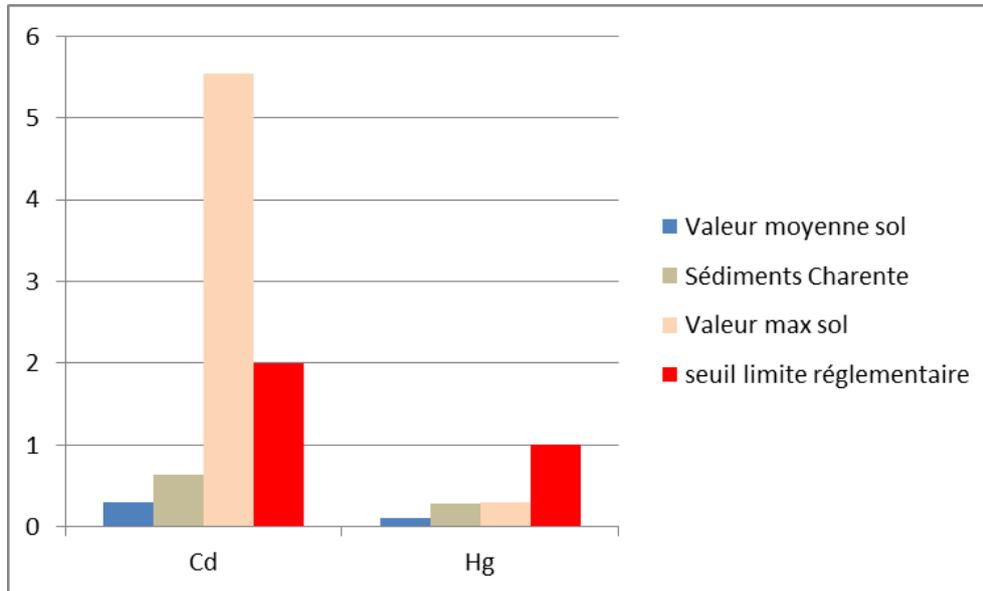
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Seuils limites	2	150	100	1	50	100	300

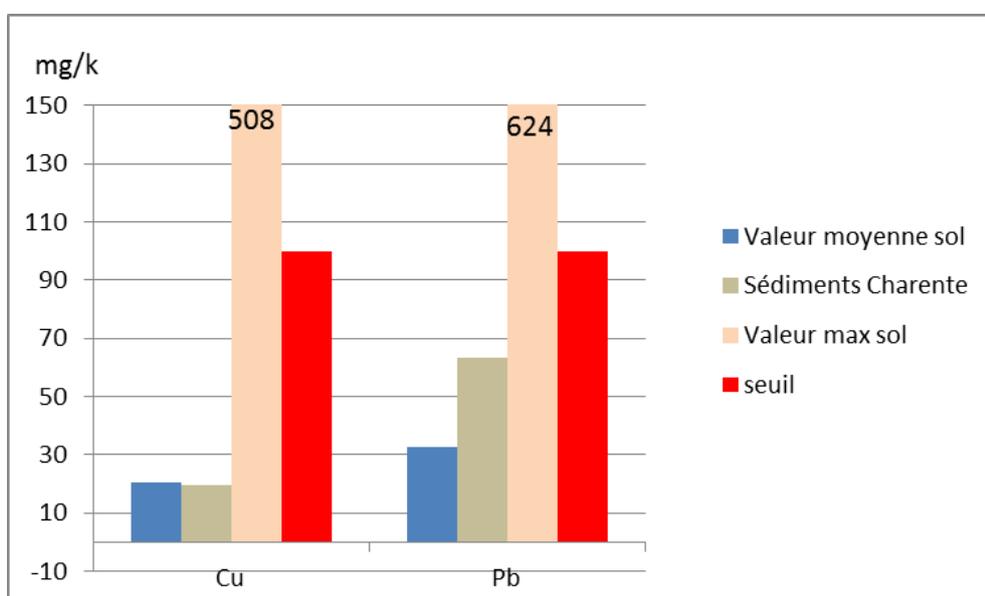
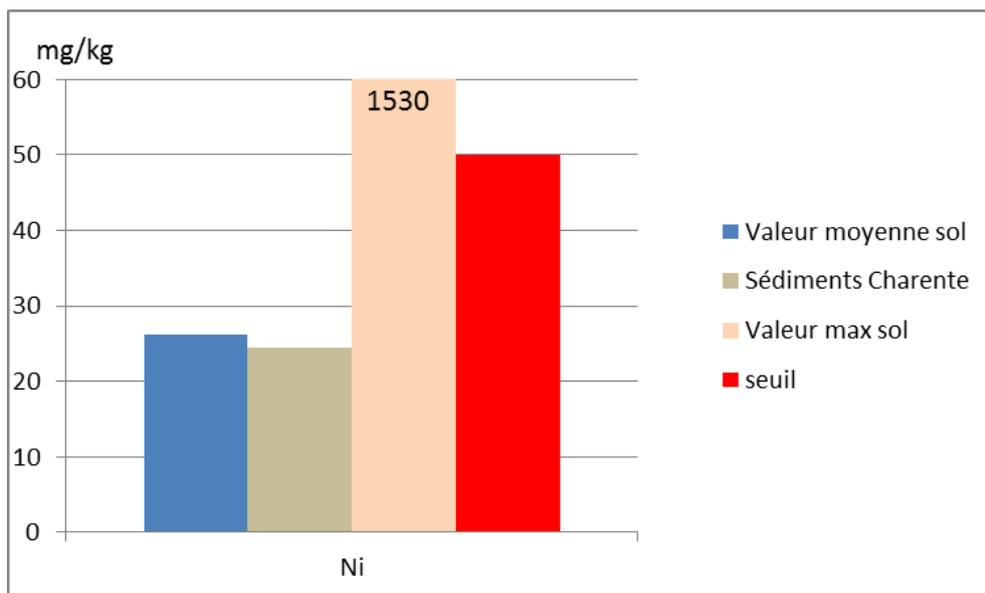
Cas des sédiments fleuve Charente analysés comme les sols : exprimé en mg/kg MS ou g/t de MS

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Seuils limites	0,63	54	19,5	0,28	24,4	63,4	141

### **Graphiques de comparaison des valeurs ETM sol et sédiments :**

Source : Gis Sol, RMQS, 2011 pour valeurs sol.





Les ETM présentent des mobilités variables dépendant de leur nature, de leur origine et des caractéristiques physico-chimiques des sols. Généralement ; seules les teneurs totales en ETM sont considérées, ce qui permet difficilement d'apprécier leur disponibilité, c'est-à-dire la possibilité d'être absorbé par une plante, ainsi que le risque de transfert vers les chaînes alimentaires ou vers la ressource en eau. des approches basées sur des extractions chimiques plus douces (EDTA) permettent de mieux mesurer ces quantités potentiellement mobiles vers les êtres vivants.

Carence et phytotoxicité en mg/kg

Elément	Seuil de carence	Seuil de phytotoxicité
As	-	1 - 20
B	15 - 25	30 - 250
Cd	-	10 - 20
Co	0,04	20 - 40
Cr	-	1 - 10
Cu	3 - 10	20 - 100
Fe	10 - 75	> 300
Hg	-	1 - 8
Mn	15 - 25	> 300
Mo	0,1 - 0,2	> 100
Ni	0,1	10 - 30
Zn	15 - 20	100 - 500

(Juste et al., 1995)

	Teneurs en ETM (ppm)		
	Sols courants	Anomalies naturelles	
		modérées	fortes
As	1 - 25	30 - 60	60 - 230
Cd	0,05 - 0,45	0,7 - 2	2 - 7
Cr	10 - 90	90 - 150	150 - 534
Co	2 - 23	23 - 90	105 - 148
Cu	2 - 20	20 - 62	-
Hg	0,02 - 0,20	0,20 - 0,45	-
Ni	2 - 60	60 - 130	130 - 480
Pb	9 - 50	60 - 90	100 - 3000
Se	0,10 - 0,70	0,8 - 2	2 - 4,5
Tl	0,10 - 1,7	2,5 - 4,4	7 - 55
Zn	10 - 100	100 - 250	250 - 3800

(Baize, 1997)

## Caractérisation chimique – les composés traces organiques (CTO)\_

Les polluants organiques persistants (POP) sont encore très peu étudiés de façon systématique dans les sols de France. Les molécules classées comme POP ont des origines très différentes (naturelle ou humaine). Leur comportement physico-chimique est lui aussi très variable.

Certaines molécules organiques peuvent avoir une origine naturelle (les feux de forêt ou de prairie produisent par exemple des hydrocarbures aromatiques polycycliques) ou bien peuvent être produites, de façon intentionnelle ou non, par des activités humaines (industrie, combustion d'énergie fossile, traitements des déchets, produits phytosanitaires, etc.).

La distribution de plusieurs familles de POP dans les sols est arborée. Il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB), des pesticides organochlorés (OCP), des dioxines et des furanes.

Les HAP dans les sols peuvent avoir une origine naturelle ou humaine, alors que les PCB ont une origine exclusivement humaine.

Résultats d'analyses HAP et PCB réalisées sur les sédiments du fleuve Charente :

*LRMS - Méthode interne - LRMS*

Monobutylétain (MBT)	µg/kg dw	*	< 1.10	*	3.13	*	2.10	*	2.49
Monobutylétain (MBT) - Sn	µg/kg dw	*	< 0.742	*	2.11	*	1.42	*	1.68
Dibutylétain (DBT)	µg/kg dw	*	1.21	*	3.36	*	2.50	*	2.55
Dibutylétain (DBT)	µg/kg dw	*	0.619	*	1.71	*	1.27	*	1.30
Tributylétain (TBT)	µg/kg dw	*	1.61	*	5.99	*	3.67	*	3.86
Tributylétain (TBT) - Sn	µg/kg dw	*	0.657	*	2.45	*	1.50	*	1.58
Tétra-butylétain (TTBT)	µg/kg dw	*	< 1.10	*	< 1.32	*	< 1.38	*	< 1.35
Tétra-butylétain (TTBT) - Sn	µg/kg dw	*	< 0.376	*	< 0.453	*	< 0.473	*	< 0.463
Monooctylétain (MOT)	µg/kg dw	*	< 1.10	*	< 1.32	*	< 1.38	*	< 1.35
Monooctylétain (MOT)	µg/kg dw	*	< 0.563	*	< 0.678	*	< 0.708	*	< 0.693
Dioctylétain (DOT)	µg/kg dw	*	< 1.10	*	< 1.32	*	< 1.38	*	< 1.35
Dioctylétain (DOT) - Sn	µg/kg dw	*	< 0.378	*	< 0.455	*	< 0.476	*	< 0.466
Triphénylétain (TPhT ou TPT)	µg/kg dw	*	< 1.10	*	< 1.32	*	< 1.38	*	< 1.35
Triphénylétain (TPhT)	µg/kg dw	*	< 0.373	*	< 0.449	*	< 0.469	*	< 0.459
Cyhexatin (TCyT)	µg/kg dw	*	< 2.20	*	< 3.15	*	< 2.77	*	< 2.71
Tricyclohexyltine (TCHT) - Sn	µg/kg dw	*	< 0.709	*	< 1.02	*	< 0.892	*	< 0.873

*Extraction Hexane/Acetone et dosage par GC/MS - XP X 33-012*

PCB 28	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 52	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 101	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 118	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 138	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 153	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
PCB 180	mg/kg MS	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001	*	<0.001
SOMME PCB (7)	mg/kg MS		<0.007		<0.007		<0.007		<0.007

La concentration en HAP et PCB est généralement sous le seuil de détection laboratoire ou très proche de celui-ci. Aucune source de contamination ne semble possible sur ces critères.

## Synthèse

Les sols sont caractérisés par une très grande variabilité qui se manifeste à toutes les échelles. Ils assurent des services multiples. Ils sont soumis à des pressions d'origine naturelle ou anthropique qui constituent des menaces vis-à-vis de leur capacité à rendre ces services.

La qualité d'un sol ne se juge pas dans l'absolu. Cette notion peut être appréhendée au travers de ses fonctions, des services écosystémiques qu'il rend et de leur durabilité. Les sols constituent le support de la production végétale. L'état des réserves minérales est un bon indicateur pour mesurer l'aptitude à la croissance des plantes.

Le sol est en position d'interface avec les eaux superficielles et souterraines, il joue un rôle majeur vis-à-vis de leur qualité et de leur quantité. Les sols sont le support de la biodiversité terrestre et abritent une multitude d'organismes vivants. Ils sont l'interface dans l'environnement et sont susceptibles de recevoir ou d'émettre un certain nombre de contaminants.

L'ensemble de ces services rendus par les sols nécessite le maintien d'un « volume de sol » suffisant, tant en surface qu'en épaisseur. Ce maintien est menacé par diverses pressions naturelles ou anthropiques : artificialisation, érosion, extraction, glissement de terrain... les sédiments s'ils répondent aux exigences environnementales, peuvent participer à l'amélioration des services des sols par le maintien ou l'augmentation de leur épaisseur.

## Le sol et les services écosystémiques

Donner une valeur des écosystèmes pour en prendre conscience, c'est là l'enjeu des modes d'exploitation des sols.

Les écosystèmes sont réglés par les actions de l'homme. Les écosystème participent à la qualité de l'eau du sol.

Nous pouvons répartir les services écosystémiques du sol en 4 grands types :

- **Les services d'approvisionnement** : les produits extraits des écosystèmes, nourriture, matières premières, eau douce..
- **Les services de régulation** : régulation des climats, de la qualité de l'air, de l'eau et du sol ; contrôle des pathogènes et ravageurs ; pollinisation...
- **Les services de support ou d'habitat** : les écosystème offrent les conditions de vie aux organismes et soutiennent la biodiversité.
- **Les services culturels** ;



La qualité du sol repose sur un ensemble de propriétés physiques, chimiques et biologiques, qui déterminent la réalisation de processus écologiques.

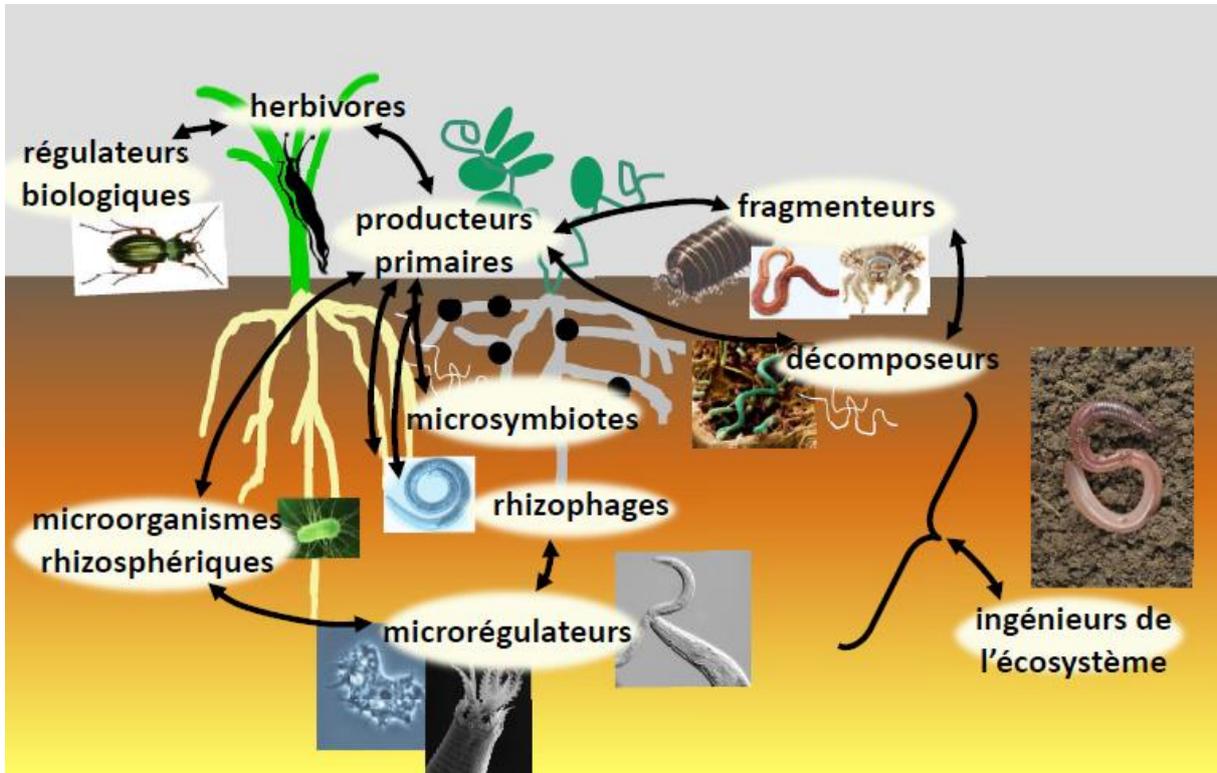
La qualité du sol est sa capacité à fonctionner et ainsi fournir des services liés à son mode d'usage.

« D'après Doran and Parkin, 1994 la qualité du sol est la capacité à fonctionner en maintenant :

- Une production agricole élevée
- Une qualité environnementale élevée
- La bonne santé des plantes et des animaux »

# Les communautés microbiennes des sols

Groupes fonctionnels d'organismes du sol :



## Combien d'individus ?

	1 g sol	1 hectare
 ❖ Bactéries	100 millions à 1 milliard	2500 kg C
 ❖ Champignons	1 à 3 mètres de mycélium	3500 kg C
 ❖ Protozoaires	Quelques millions	250 kg C
 ❖ Nématodes	1000 à 2000	} 1-5000 Kg C } Total > 6-10 UGB
 ❖ Arthropodes	Jusqu'à 100	
 ❖ Oligochètes	5	

La diversité des sols s'explique par la variété des substrats géologiques et par la présence de climats différents. Une classification des sols a été établie au niveau international. Elle est basée sur l'étude des différents horizons homogènes du sol, décrits à partir d'un profil. Ce référentiel est surtout utilisé par les pédologues.

Il est facile de se rendre compte, même en se basant uniquement sur l'aspect superficiel, de l'existence de plusieurs types de sols à travers le département, et même parfois d'un bout à l'autre d'une parcelle. D'où la nécessité de se consacrer à une meilleure connaissance de ses sols

Il est rare de se promener dans un champ avec un microscope. Et pourtant, ce serait le moyen de se rendre compte de l'importance de l'activité biologique du sol. En effet, on a décrit jusqu'ici environ 3000 espèces différentes de bactéries et plusieurs dizaines de milliers d'espèces de champignons. Mais on considère que près de 90 % des espèces microbiennes du sol sont encore inconnues !

En masse, cela équivaut à une quantité de matière vivante microbienne de 5 à 50 tonnes par hectare. L'importance de leur rôle n'est pas proportionnelle à leur masse : à masse égale avec les organismes supérieurs, ils possèdent une activité considérablement plus élevée. Ils sont capables notamment d'effectuer des transformations biochimiques extrêmement variées (décomposition des résidus organiques, minéralisation de l'azote, dénitrification, ...)

## Relation des services écosystémiques et valorisation des sédiments

La gestion des sédiments en agriculture à un très grand intérêt sur les fonctionnalités des écosystèmes. L'apport de sédiments sur un sol dont la couche arable est peu épaisse peut avoir des bénéfices multiples sur les écosystèmes.

L'augmentation de l'épaisseur de sol par l'apport de sédiments permet d'améliorer et d'accroître le potentiel d'habitat et de la diversité de la vie microbienne du sol. Ce processus offre une nouvelle capacité « épuratrice » au sol.

La multiplication des habitats et des populations microbiennes permet de dégrader un plus grand nombre de molécules apportées au sol. Cet effet améliore directement la qualité des eaux puisque le risque de transferts d'éléments chimiques se retrouve diminué.

L'apport des sédiments contribue à améliorer le système racinaire des plantes en offrant une épaisseur de développement plus importante. L'augmentation d'épaisseur de sol par les sédiments améliore le service de support et de rétention des éléments (nutritifs et hydrique).

Au niveau de du rôle filtrant du sol : l'augmentation de l'épaisseur de sol permet de garder plus longtemps les matières « polluantes (phyto, HAP,PCB...) » et permet une dégradation de celles-ci plus avancée par les micro-organismes du sol présents en quantité plus importante.

Au niveau de la réserve en eau : l'apport de sédiment permet d'augmenter la réserve en eau du sol et les périodes de stress hydrique des plantes sont diminuées. Les besoins en eau (irrigation ou pluie) sont moins importants et la pression sur les eaux d'irrigation est diminuée.

## SYNTHESE

La reconstitution des sols avec les sédiments permet d'améliorer leurs potentiels physico-chimiques en respectant le milieu et les êtres rattachés à eux.

Pour chaque type de sol et chaque type de sédiment, il y a une compatibilité et des effets bénéfiques à rechercher et à associer. L'enjeu de ce mode de gestion passe par l'identification des conséquences et des impacts en respectant l'ensemble des services des écosystèmes.





**AGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRE D'AGRICULTURE  
CHARENTE-MARITIME

**Contact :**

David JULLIEN  
Chambre d'agriculture  
de la Charente-Maritime  
2 avenue de Fétilly  
CS 85074  
17074 LA ROCHELLE Cx 9  
05 46 50 45 00  
[www.charente-maritime.chambagri.fr](http://www.charente-maritime.chambagri.fr)