

10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

CARACTERISATION DES MATIERES ORGANIQUES DES SOLS PAR LA SPECTROPHOTOMETRIE UV

Antoine KHALIL – Société OvinAlp – Le Plan - 05300 RIBIERS

**Elie DUNAND – Société Cybèle agro - 1271 Avenue des Marches - 84200
CARPENTRAS**





Caractérisation des matières organiques des sols





Rôle des Matières organiques des sols :

Energétique

Physique

Nutritionnel

Nécessité de caractériser les MO des sols :

Participation active (ou pas) à la nutrition des plantes

Aide à la décision: préconisation MF adaptées à chaque contexte agropédoclimatique

3 familles de MO des sols (selon méthodes d'extraction) :

Facilement, moyennement et difficilement biodégradable

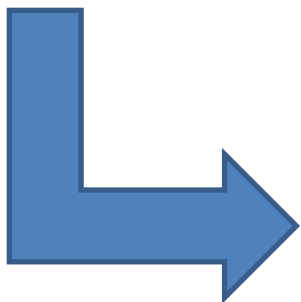




Méthode de caractérisation des MO des sols:

Tr, ISB, ISMO : Caractérisation de la MO des matières fertilisantes

Méthodes ni adaptées, ni adaptables aux sols (% MO sols <<< % MO matières fertilisantes)



Objectifs de cette étude:

Proposition d'une méthode de caractérisation, quantitative et beaucoup plus sensible basée sur la spectrophotométrie UV

Modélisation des spectres UV des différentes fractions des MO des sols, à l'aide de la déconvolution spectrale



Différentes étapes du projet



Etape 1 : Prélèvement de 475 échantillons de terre de différents sols de la région PACA



Départements concernés par cette étude (source : mezel.fr)

Prélèvements selon un protocole inspiré de la norme NFU X31-100 (1992)

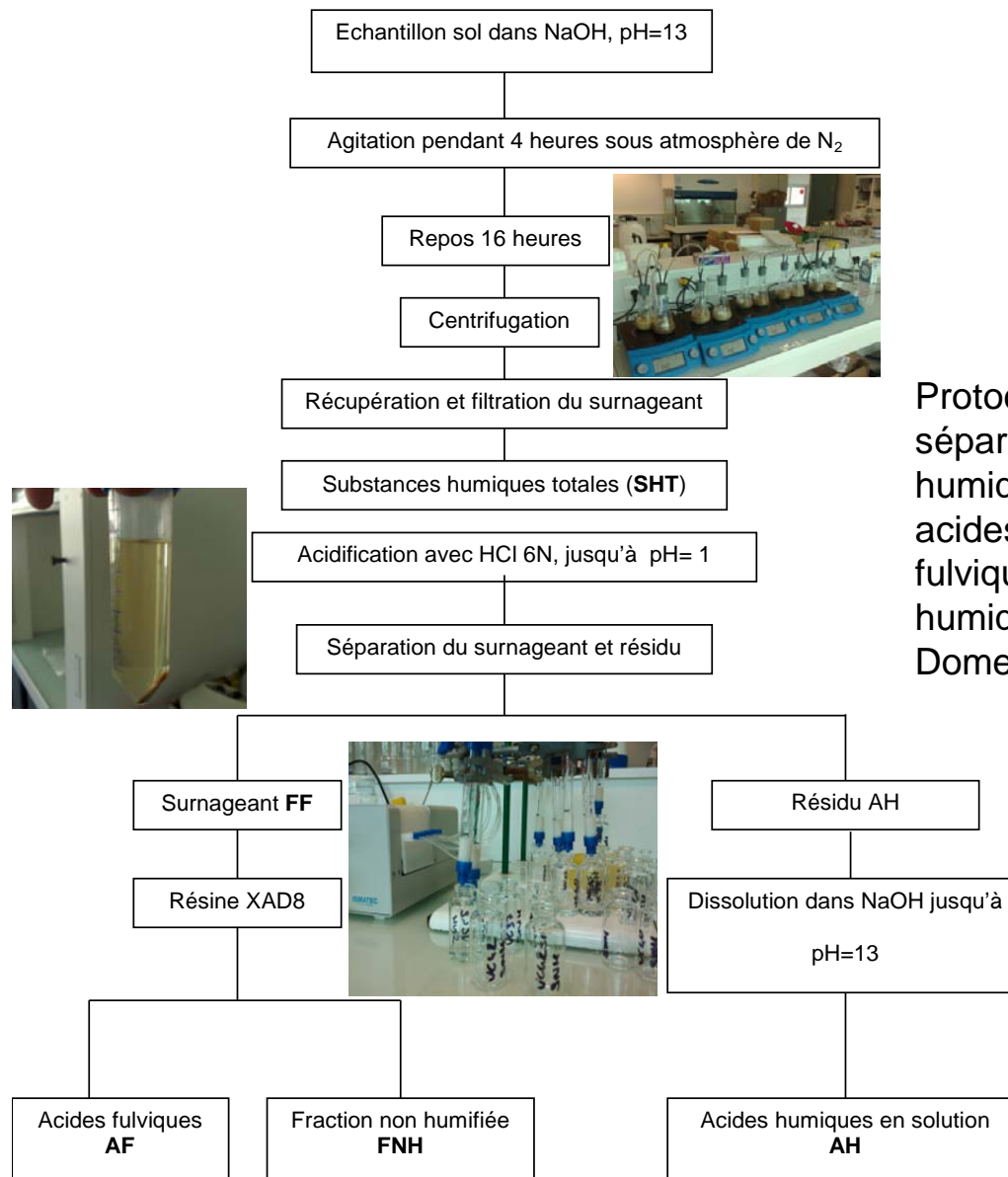
Prélèvements opérés au moins 1 mois après l'apport d'un engrais et 3 mois après l'apport d'un amendement

Prélèvements opérés à 3 profondeurs différents : 5-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm

Echantillons tamisés à 2 mm puis séchés à 45°C pendant 24 heures minimum




Etape 2 : Extraction des MO des sols (Méthode inspirée de l'IHSS « International Humic Substances Society »)



Protocole d'extraction et de séparation des substances humiques totales (SHT), des acides humiques (AH), des acides fulviques (AF) et de la fraction non humique (FNH) (Khalil, 2005 ; Domeizel et al, 2004).





Etape 2 : Extraction des MO des sols (Méthode inspirée de l'IHSS « International Humic Substances Society »)

Matière organique totale des sols (nommée les substances humiques totales : SHT):

1- Les acides humiques (AH) : par définition, la fraction des SHT insoluble dans l'eau à pH acide ($\text{pH} < 2$) et soluble dans l'eau à pH basique ($\text{pH} \geq 13$).

Macromolécules de $\text{PM} > 200000$ Da : Fraction difficilement biodégradable des SHT

2- Les acides fulviques (AF) : macromolécules moins évoluées que les AH.

Fraction des SHT soluble dans l'eau à tout pH : Fraction moyennement biodégradable des SHT

3- La fraction non humifiée (FNH): formée de petites molécules qui possèdent des structures moléculaires identifiées (sucres, lipides, acides aminés...)

Fraction des SHT la plus réactive





Etape 3 : Caractérisation des différentes fractions de MO obtenus (SHT, AH, AF, FNH) à l'aide de la spectrophotométrie UV

Sur chacune des fractions : Réalisation du spectre UV entre 200 et 350 nm et mesure de la concentration en COT

Pourquoi la spectroscopie UV?

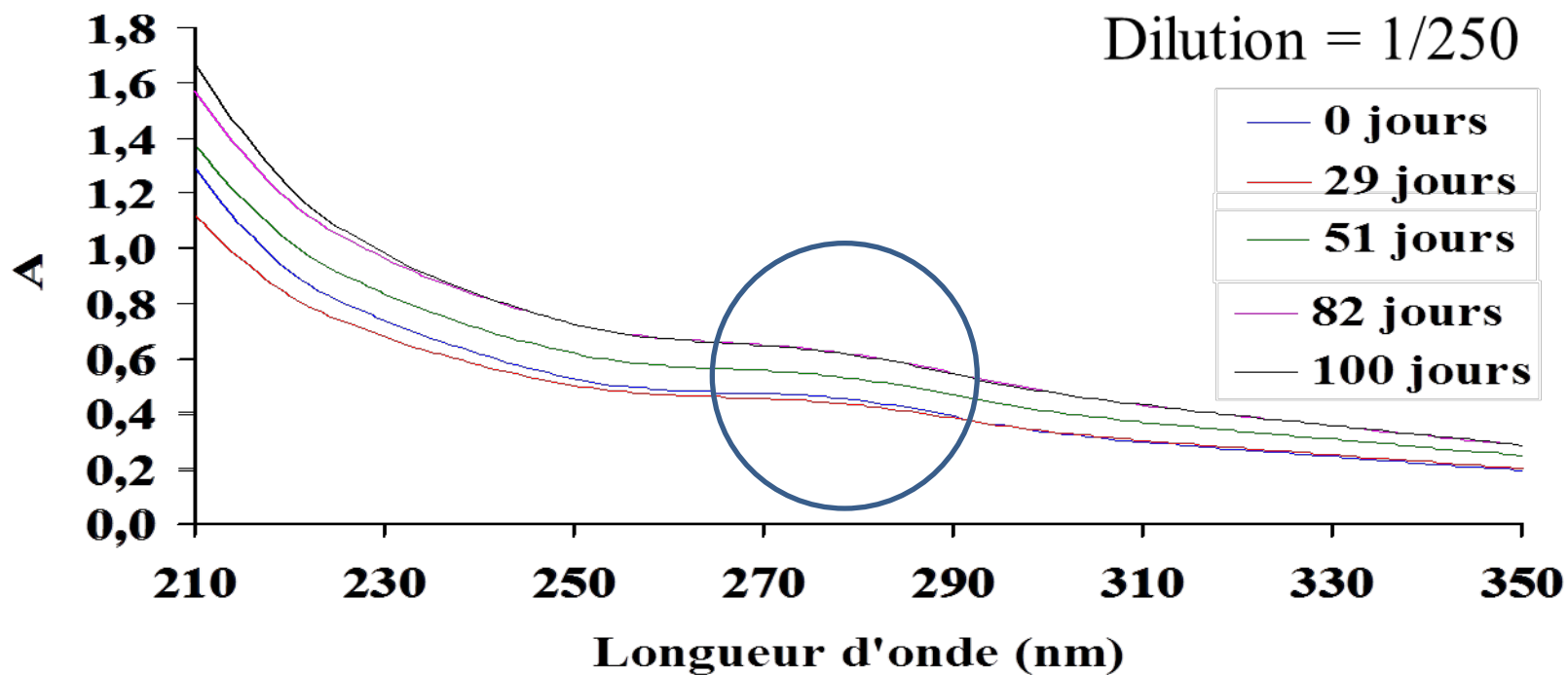
Caractérisation de la MO de plusieurs milieux (eau, effluents, composts, sols...) a été étudiée par de nombreux auteurs (Prudent et al, 1995 ; Thomas et al ; 1993 ; Domeizel et al, 2004 ; Khalil, 2005 ; Khalil et al, 2008)

L'absorption des composés organiques dans l'UV-VIS s'explique par la présence de doubles liaisons C=C, C=O et -N=N ou encore le groupement -NO₂ bien présents dans les composés humiques

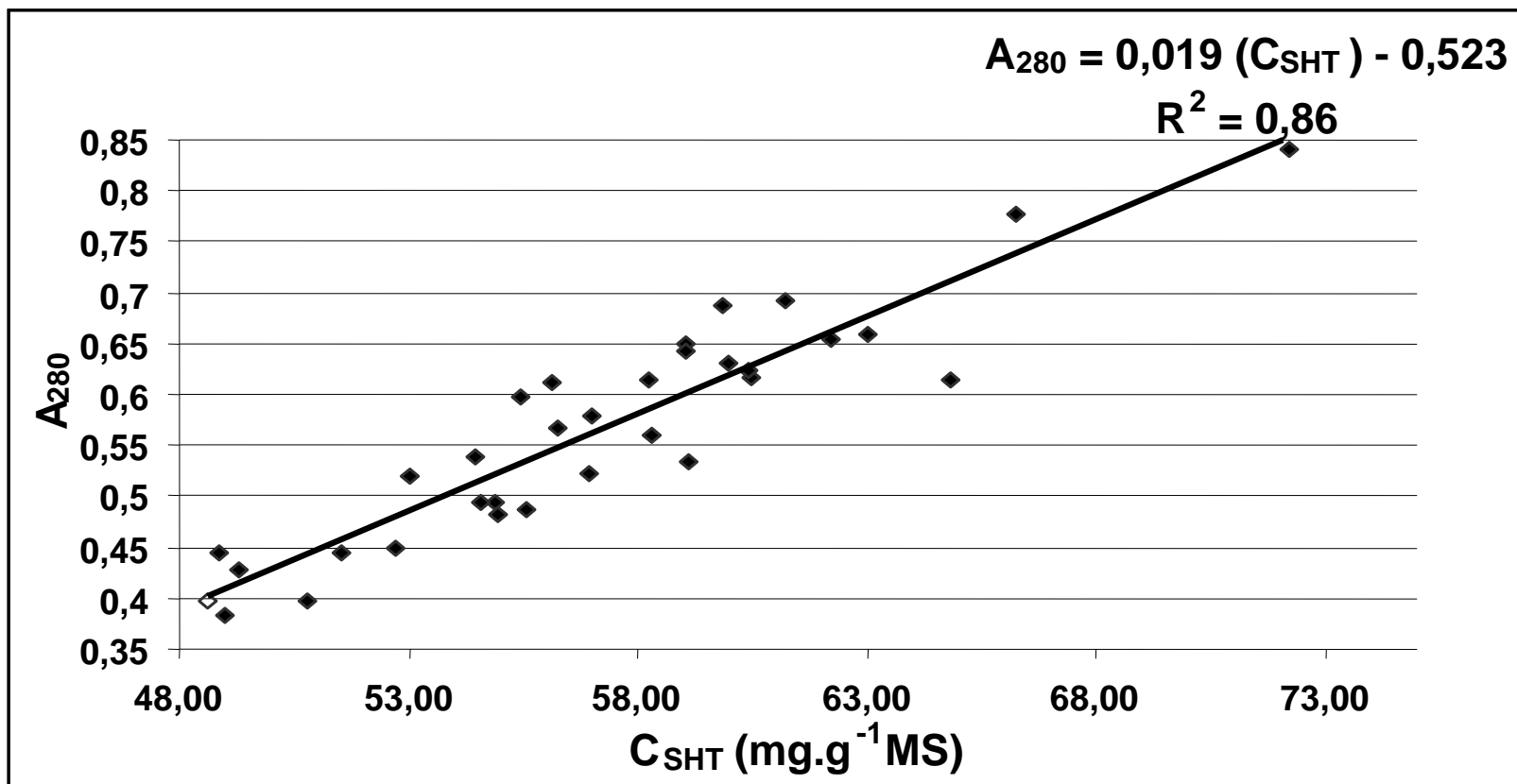
L'absorption des radiations de longueurs d'ondes comprises entre 250 et 300 nm est caractéristique des doubles liaisons présentes dans les composés aromatiques, principaux constituants des substances humiques (Khalil, 2005).

L'intensité de l'absorption entre 250 et 300 nm est proportionnelle à la concentration en carbone organique des différentes fractions humiques (SHT, AH, AF et FNH)





Evolution des spectres UV des substances humiques totales au cours du compostage d'un produit végétal (Khalil, 2005)



Evolution de l'absorbance à 280 nm en fonction du concentration en carbone organique total dans les substances humiques totales d'un compost végétal (Khalil, 2005)

Etape 4 : Modélisation des spectres UV des différentes fractions humiques (SHT, AH, AF et FNH) par déconvolution spectrale (spécifique à la spectrophotométrie UV)

Principe de la déconvolution spectrale (Thomas et al, 1993 ; Domeizel et al, 2004, Khalil, 2005)


$$SI = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot SR_i \pm r$$

SI : spectre inconnu

SR : spectre de référence

a_i : coefficient de contribution du $i^{\text{ème}}$ spectre de référence dans la combinaison linéaire

r : erreur admise



Etape 4 : Modélisation des spectres UV des différentes fractions humiques (SHT, AH, AF et FNH) par déconvolution spectrale

Compte tenu du protocole d'extraction des fractions humiques:

Les spectres de référence seront calculés à partir des spectres des AH, AF et FNH

Les spectres UV des substances humiques totales (SHT) sont une combinaison linéaire des spectres UV des acides humiques (AH), des acides fulviques (AF) et de la fraction non humifiée (FNH), selon la relation suivante :

$$S_{SHT} = a1 S_{AH} + a2 S_{AF} + a3 S_{FNH} \pm r$$

a1, a2, a3 et r sont respectivement les coefficients de contribution des AH, AF, FNH et l'erreur admise.

Objectif : obtenir à partir de la simple réalisation du spectre UV des SHT une quantification précise des AH, AF et FNH contenus dans ces SHT.

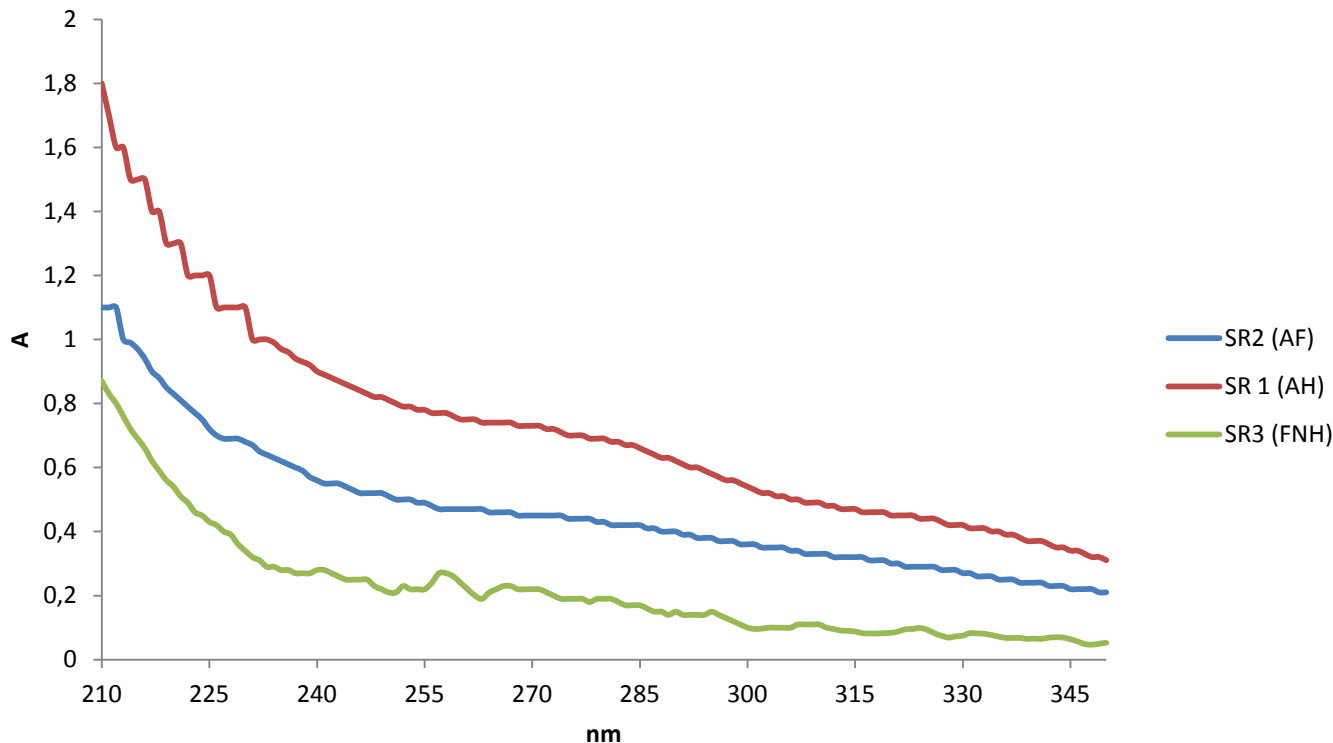




Résultats



Calcul des spectres de références :



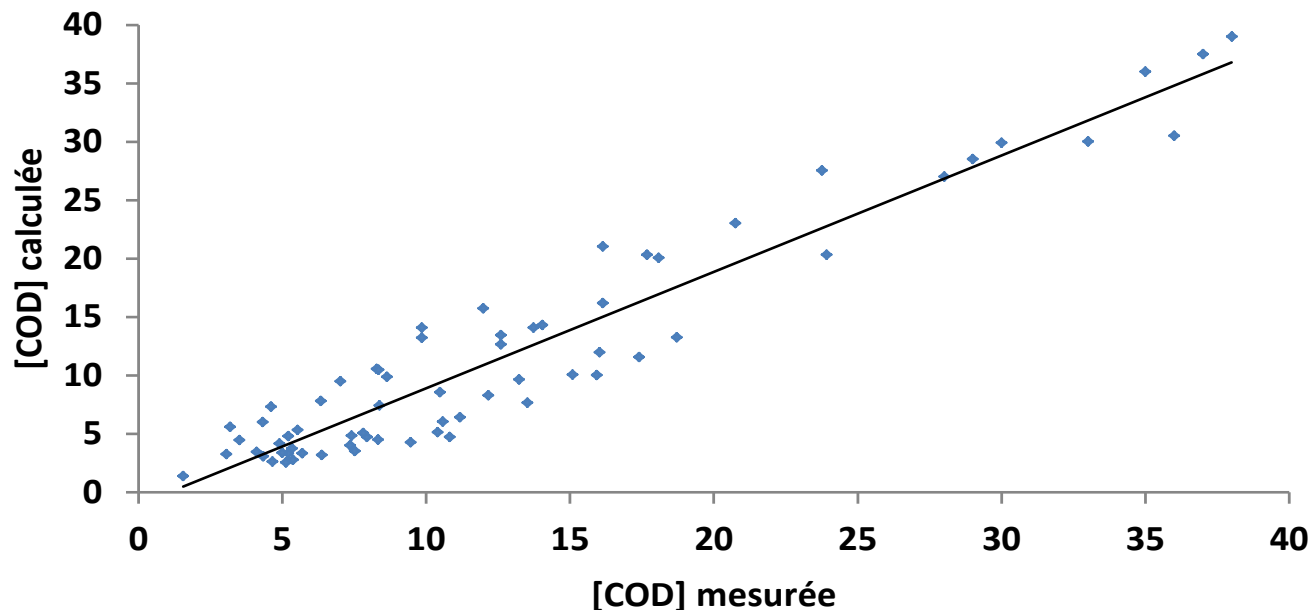
Base de référence calculée par déconvolution spectrale à partir des spectres des différentes fractions humiques (acides humiques, acides fulviques et fraction non humique)

Base de référence fiable :

□

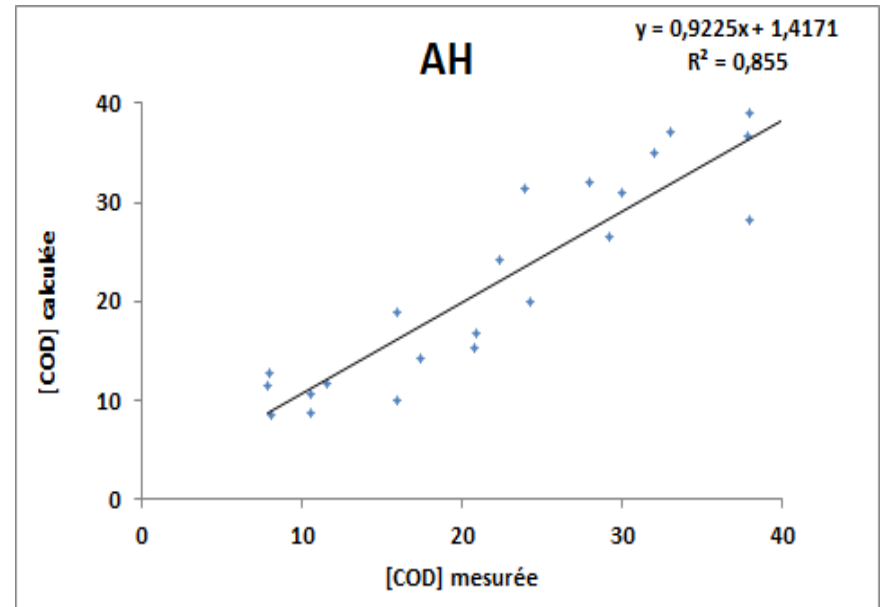
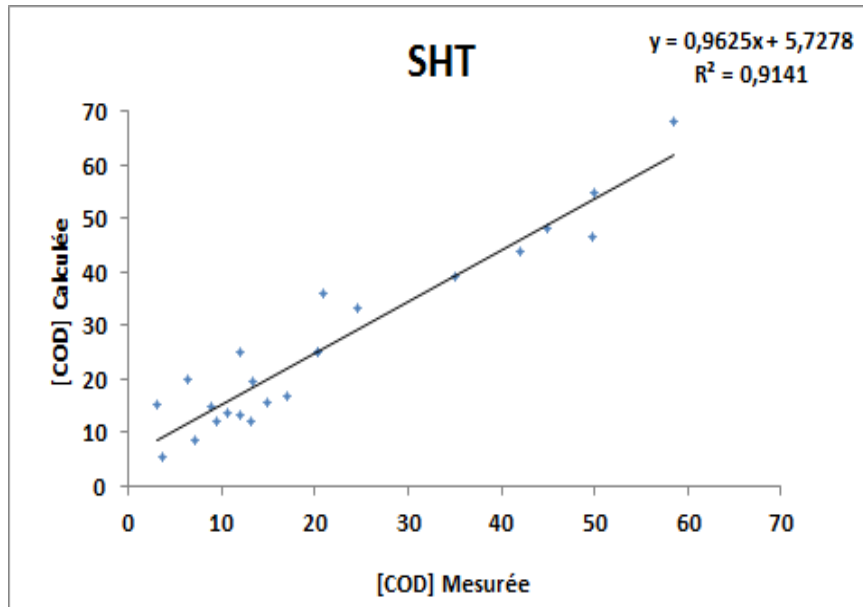
Fractions humiques

$$y = 0,9967x - 1,0845$$
$$R^2 = 0,908$$



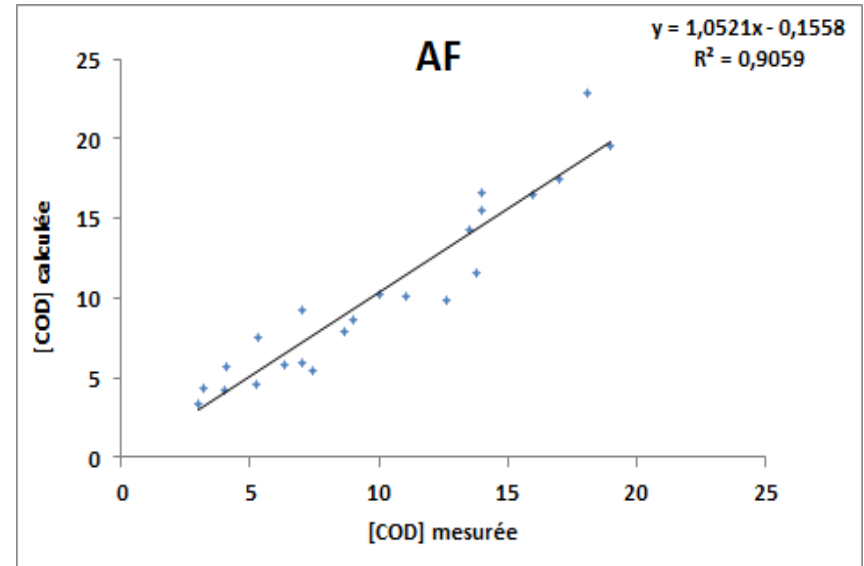
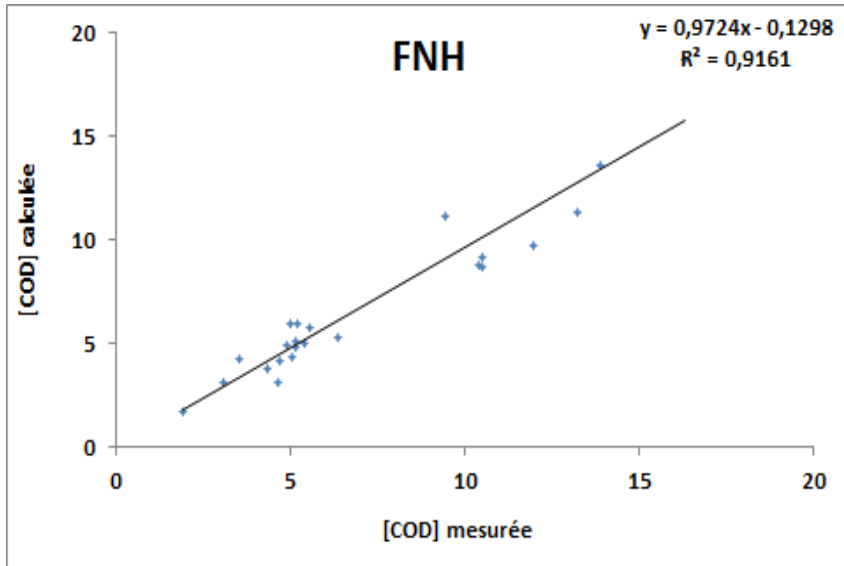
Corrélation entre la concentration en COD mesurée sur les différentes fractions humiques (acides humiques, acides fulviques et substances non humiques) et celle calculée à l'aide de la base de référence obtenue par déconvolution spectrale.

Utilisation de cette base de référence afin de calculer à partir du spectre UV des SHT, la quantité du COD ainsi que sa répartition entre les 3 fractions : AH, AF et FNH



Corrélations entre les concentrations en COD mesurées et calculées, établies pour les SHT et les AH.


Utilisation de cette base de référence afin de calculer à partir du spectre UV des SHT, la quantité du COD ainsi que sa répartition entre les 3 fractions : AH, AF et FNH



Corrélations entre les concentrations en COD mesurées et calculées, établies pour les AF et FNH.



Conclusions et perspectives



Coefficients de corrélations satisfaisants entre les quantités des différentes fractions humiques calculées et mesurées

L'estimation de la quantité des SHT et de leur répartition entre les AH, AF et FNH, par déconvolution spectrale ont pu être réalisées pour les sols étudiés.

Le protocole analytique qui permet d'extraire les SHT est nettement plus rapide et plus facile à mettre en œuvre, que le protocole d'extraction des AH, AF et FNH

A partir d'un seul spectre de SHT, les teneurs en AH, AF et FNH peuvent être calculés.

Perspectives:

A court terme: utilisation de ce modèle afin d'étudier l'impact de la nature des MO des sols sur leur vie microbienne.

À moyen terme : la reproduction de ce modèle sur d'autres régions.

