

Discrimination d'argiles à partir de mesures hyperspectrales de laboratoire

Pourquoi cartographier les argiles minéralogiques ?

- 3 grands types d'argiles minéralogiques avec différents potentiels de variation de volume à l'humidité : smectites, illites et kaolinites
- Cartographie du risque naturel de retrait - gonflement des argiles

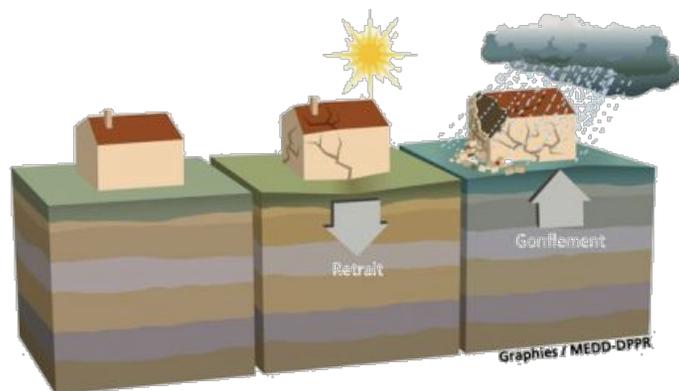


Schéma représentatif du phénomène de retrait-gonflement des argiles. Source : Graphies / MEDD - DPPR



Fissurations dues au phénomène de retrait-gonflement des argiles. Source : MEDD

Discrimination d'argiles à partir de mesures hyperspectrales de laboratoire

Pourquoi cartographier les argiles minéralogiques ?

- 3 grands types d'argiles minéralogiques avec différents potentiels de variation de volume à l'humidité : smectites, illites et kaolinites
- Cartographie du risque naturel de retrait - gonflement des argiles
- Améliorer la modélisation de la traficabilité (capacité à circuler dans une région) : enjeu militaire et humanitaire



Exemple d'accident dû au creusement d'ornières dans les sols argileux

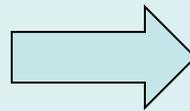
Mélanges argileux par imagerie hyperspectrale

- Identification et quantification des 3 différents types minéraux argileux dans des mélanges par spectroscopie à partir de figures d'absorption dans le domaine réflectif (Kariuki et al., 2004; Dufrechou et al., 2015)
 - ➔ Figures d'absorption à 1400/1900 nm non utilisables (vapeur d'eau atmosphérique)
 - ➔ Quelle influence de l'humidité pour la quantification des argiles ?
- Cartographie des argiles dans les sols existe pour des milieux désertiques à semi désertiques. Impact de la résolution spatiale sur la différenciation des argiles (Chabrillat et al., 2002; Bedini et al., 2009) ou leur détection (Gomez et al., 2015)
 - ➔ Pas de différenciation illite/smectite (illite a potentiel de gonflement plus faible que smectite)

Laboratoire

Phase I

Mélanges argileux synthétiques secs



Simulations

- Mesure capteur hyperspectral sur données synthétiques
- Variabilité spectrale / spatiale
- Impact résolution spatiale



Méthodes de démélange



Terrain

Validation
Mélanges réels (sols)

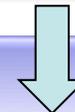


Plate forme (drone/nacelle) :

Phase III

Mesures d'images hyperspectrales à différentes résolutions spatiales

Contexte

Laboratoire

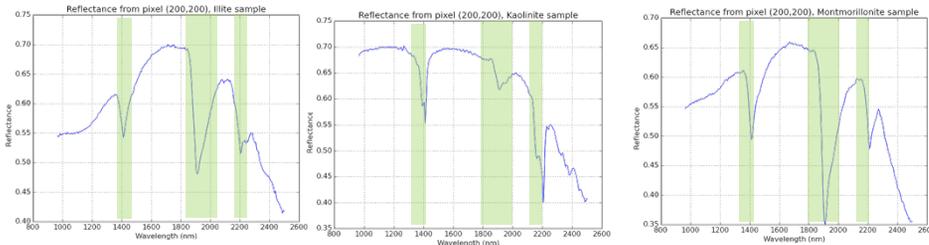
Phase I

Mélanges argileux synthétiques secs

Simulations

Mesure capteur hyperspectral sur données synthétiques

- Variabilité spectrale / spatiale
- Impact résolution spatiale



Méthodes de démixage

Phase II

Mélanges synthétiques d'argiles secs et humides et autres minéraux / matière organique

Terrain

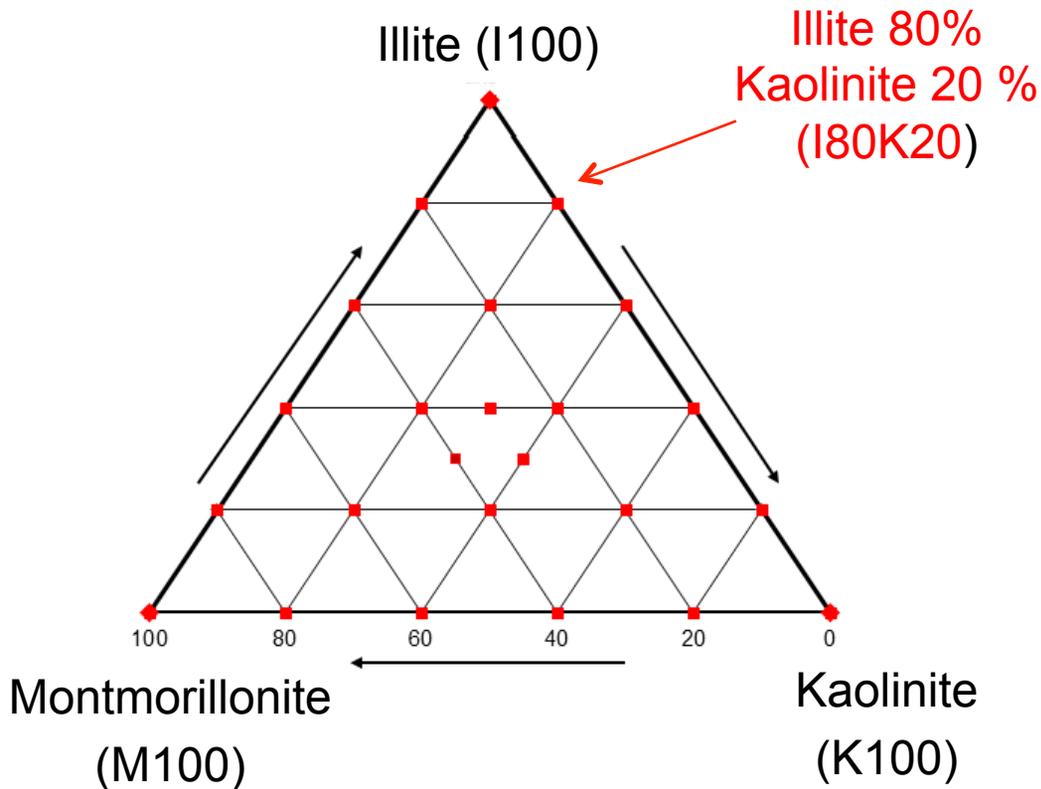
Validation
Mélanges réels (sols)

Plate forme (drone/nacelle) :

Phase III

Mesures d'images hyperspectrales à différentes résolutions spatiales

Protocole : Création des mélanges



Illite pure

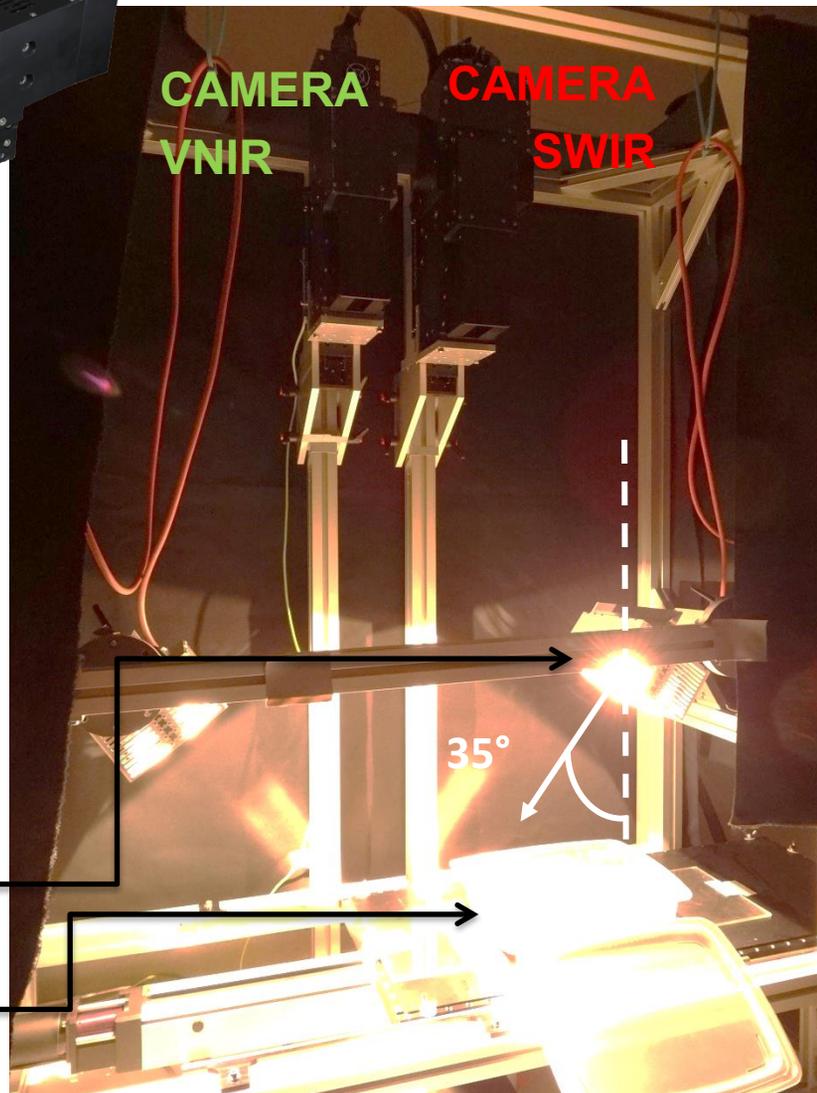
- Mélanges : quantités en volume
- 25 échantillons de mélanges argileux
- 30 échantillons de mélanges argiles/sable

Protocole : Acquisition des images hyperspectrales

- Caméras à 1 m de l'échantillon : résolution au SWIR de 0,75 mm (champ de 240 mm)
- 256 bandes entre 1 et 2,5 μm
- Pas d'échantillonnage spectral : 6 nm (SWIR)

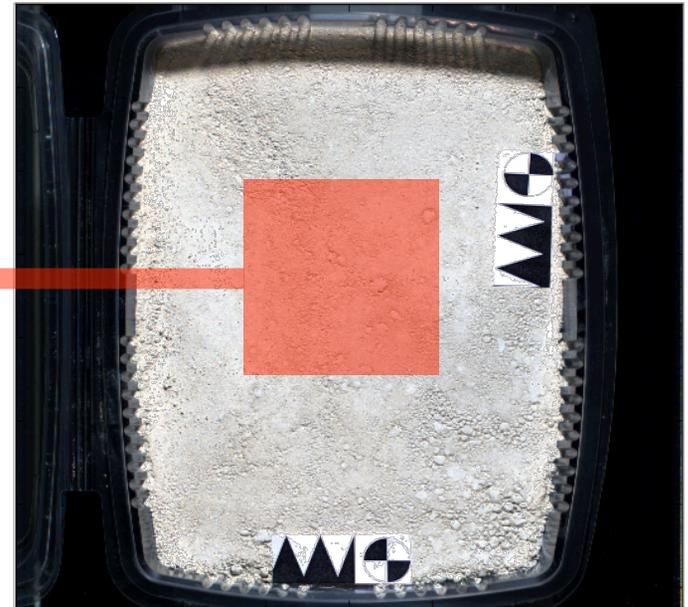
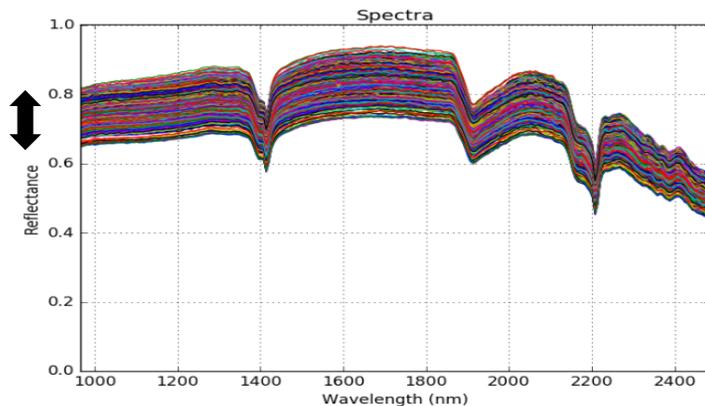
Lampe

Échantillon
sur plateau coulissant



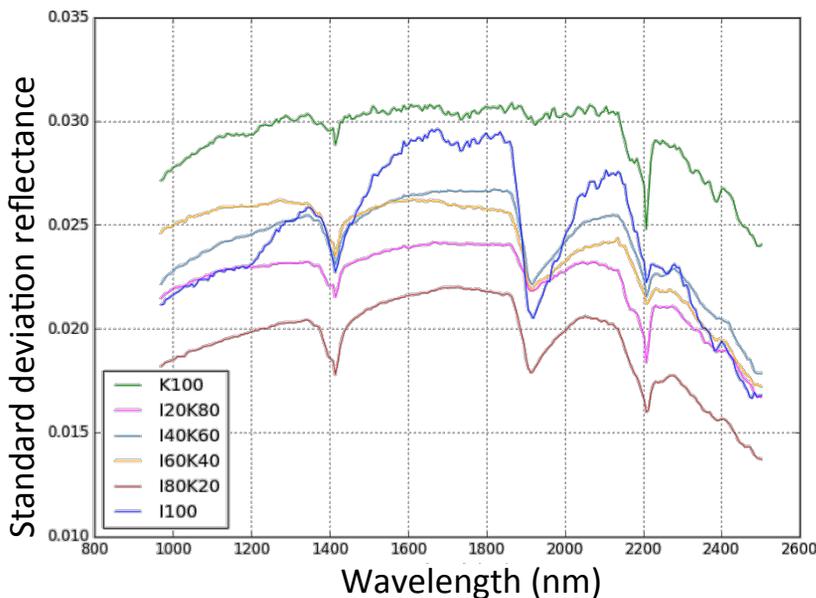
Résultats : Variabilité spectrale

➤ Ecart types sur la zone étudiée



Mélange 20% Illite 80% Kaolinite

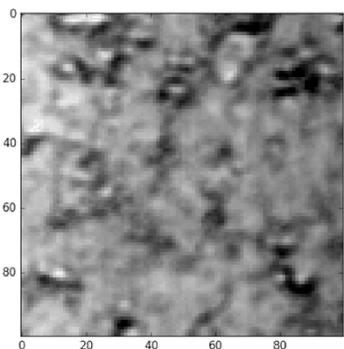
- ➔ Ecart-type de 1 à 3 % sur échantillon de 7,5 cm de côté (carré de 100 pixels de côté)
- ➔ Diminution de cet écart-type pour les bandes d'absorption des argiles



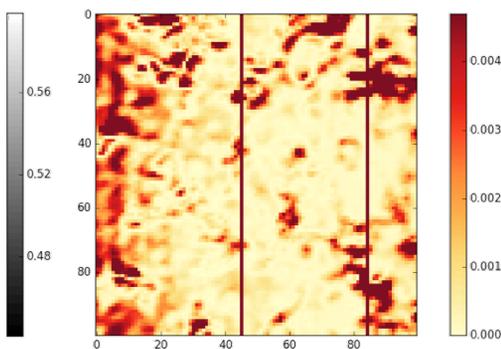
Mélanges Illite -Kaolinite

Résultats : Variabilité spatiale

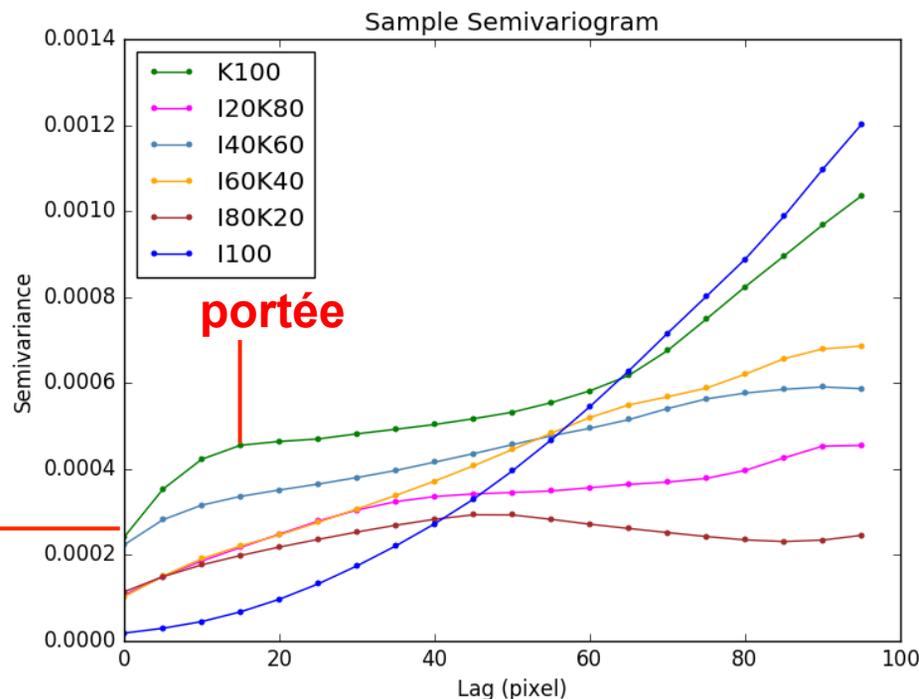
➤ Variogrammes sur la bande d'absorption 2200 nm



Niveaux de gris sur la bande à 2200 nm
Échantillon pur de Kaolinite



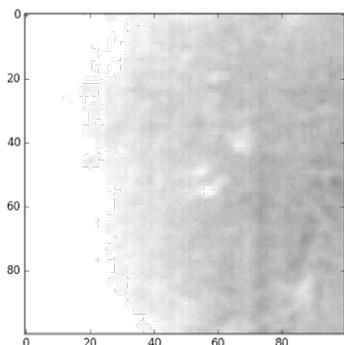
Distance ASDS au spectre moyen
Echantillon pur de Kaolinite



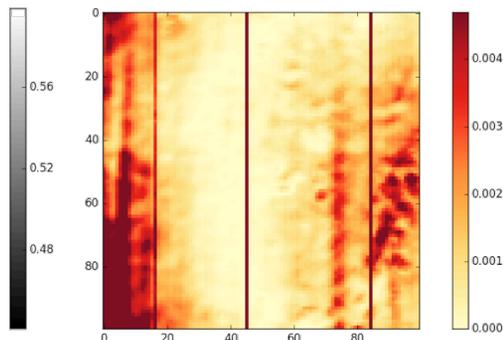
➔ Portée = hétérogénéités de dimension 15 à 20 pixels

Résultats : Variabilité spatiale

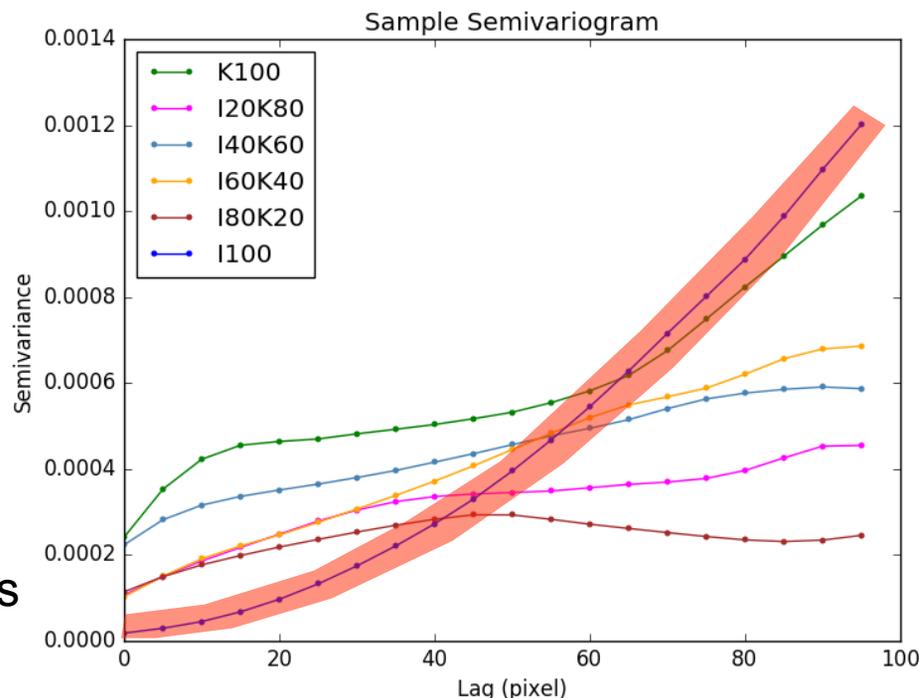
➤ Variogrammes sur la bande d'absorption 2200 nm



Niveaux de gris sur la bande à 2200 nm
Echantillon pur d'Illite



Distance ASDS au spectre moyen
Echantillon pur d'Illite

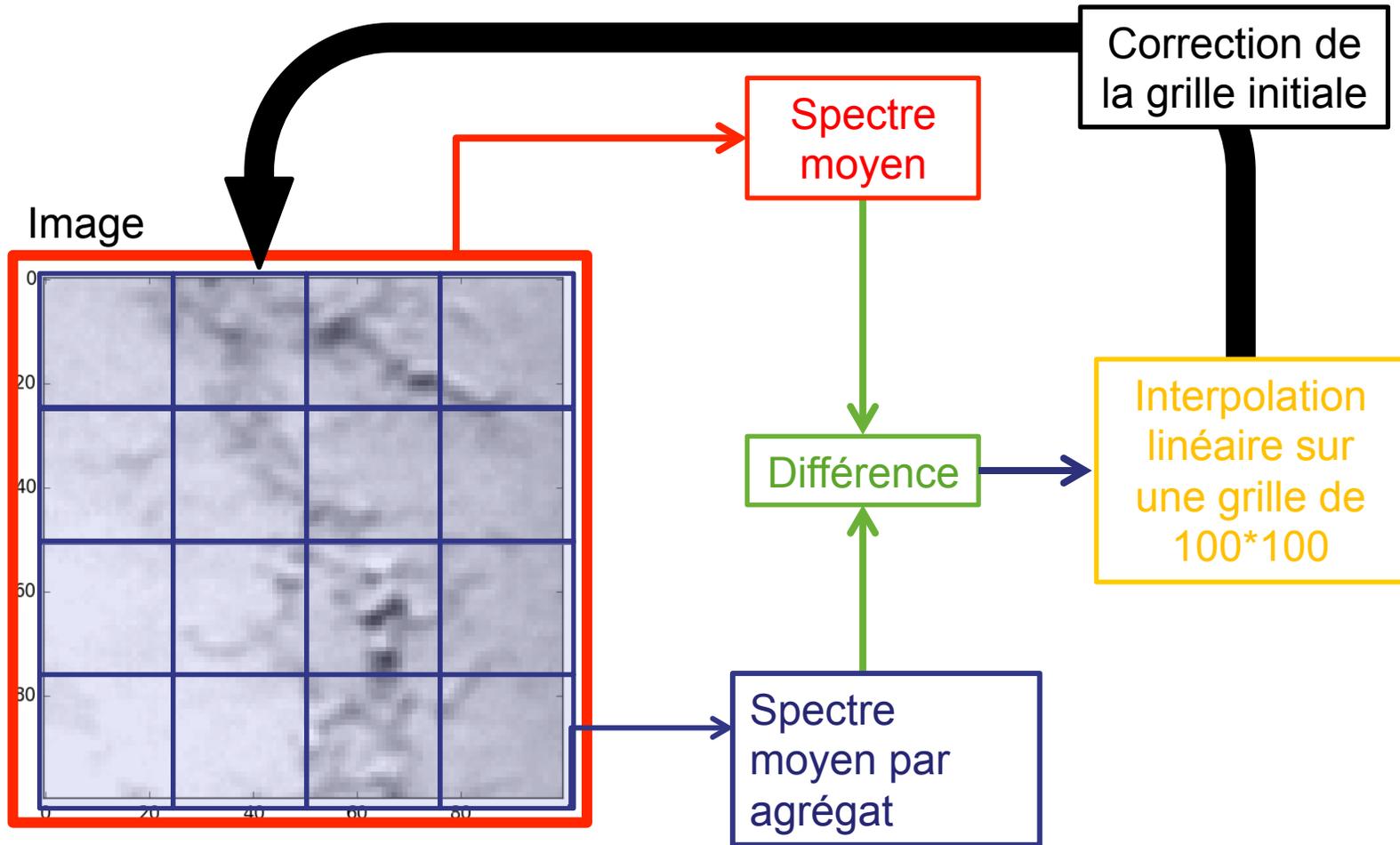


➔ Pas d'autocorrélation pour des grandes amplitudes spatiales

Problème d'éclairage possible (réflexions parasites du contenant plastique)

➔ Nécessité de corriger ce phénomène

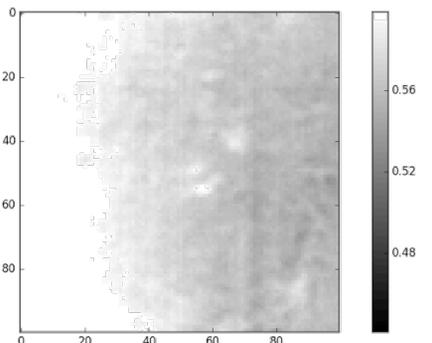
Résultats : Corrections



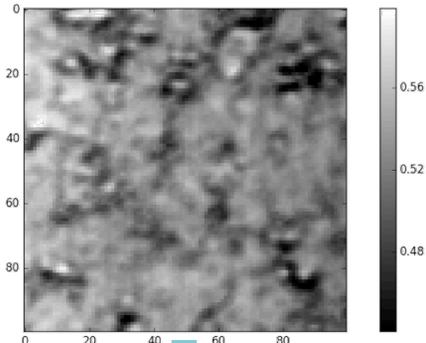
25 px = 1,88 cm

Résultats : Corrections

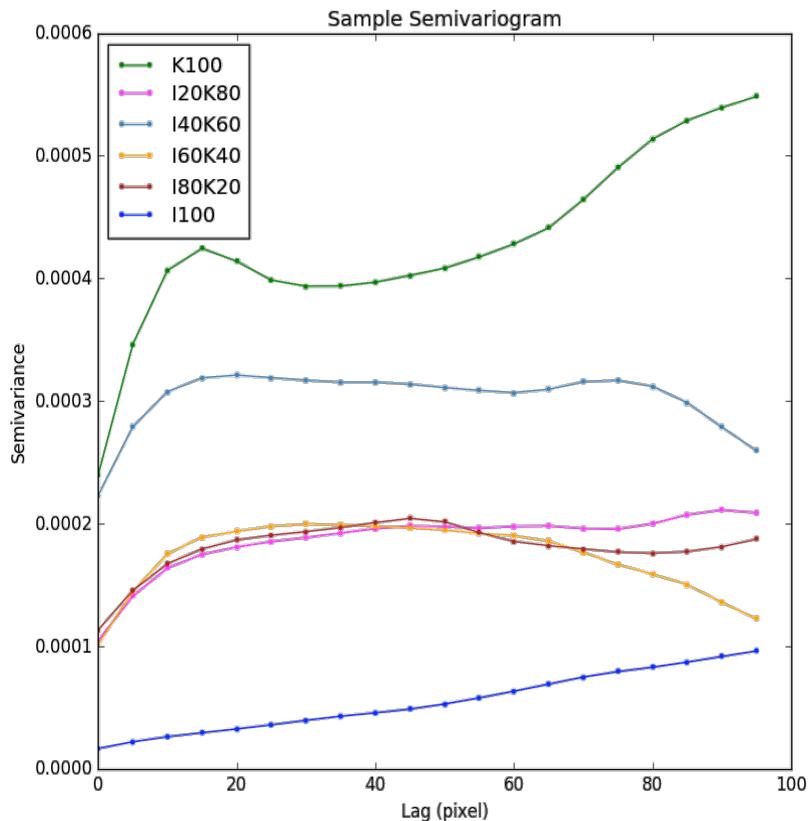
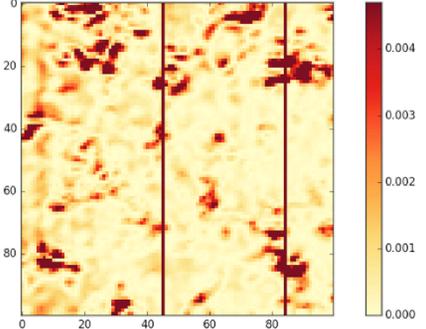
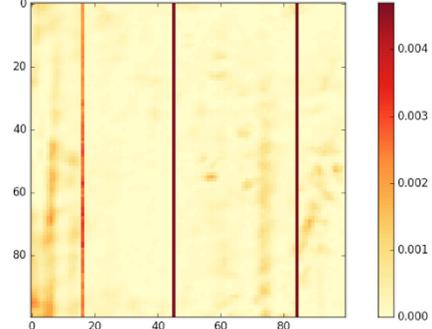
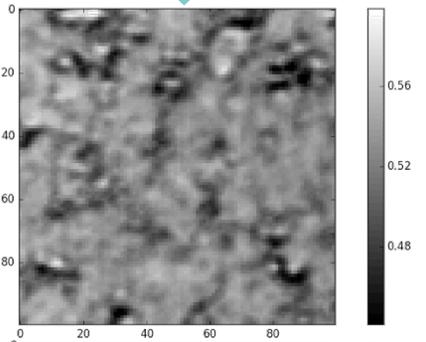
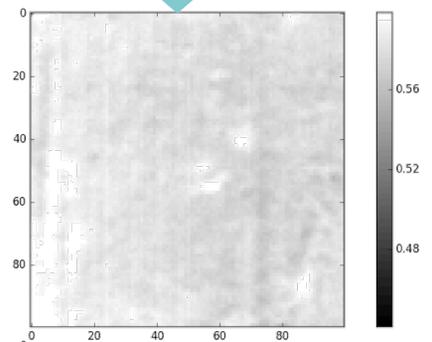
Echantillon pur d'Illite



Echantillon pur de kaolinite

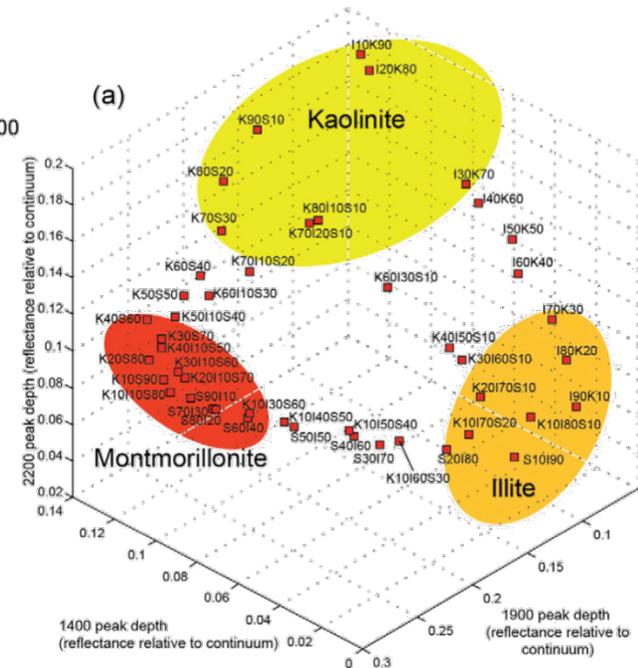
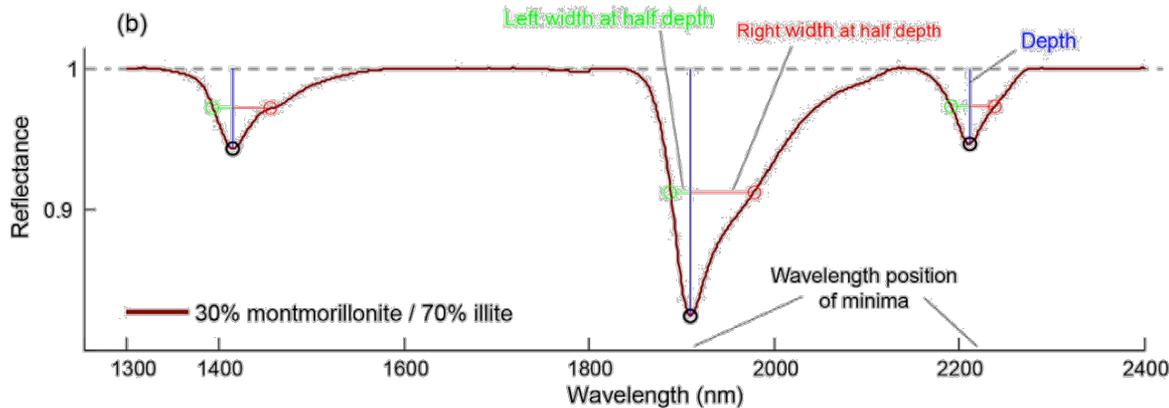


Correction



➤ Algorithme à améliorer

Résultats : Base de données de mélange



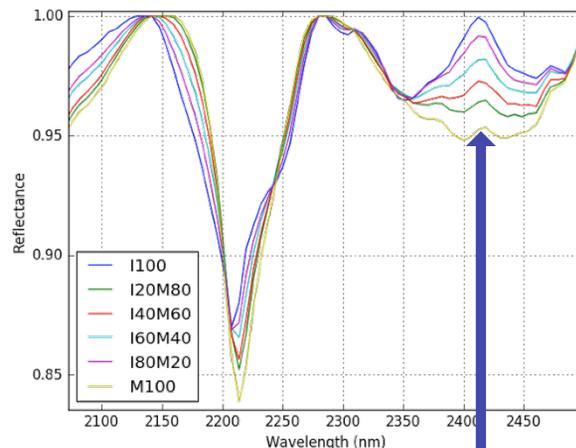
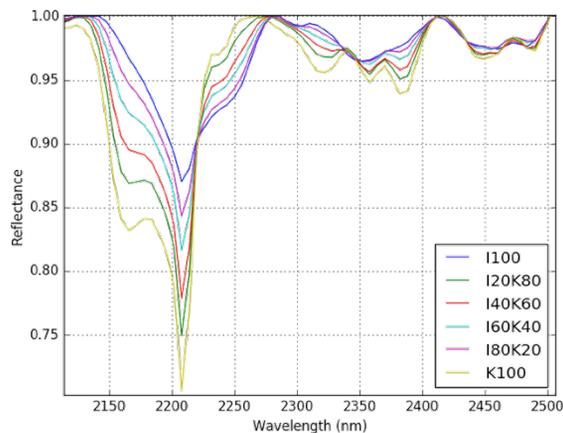
Utilisation de la morphologie des figures d'absorption, après élimination du continuum, des argiles pour quantifier les argiles minéralogiques au sein d'un mélange (Dufréhou et al. 2015)

- Critères morphologiques sur la bande d'absorption spécifique aux argiles à 2200 nm

Résultats : Base de données de mélange

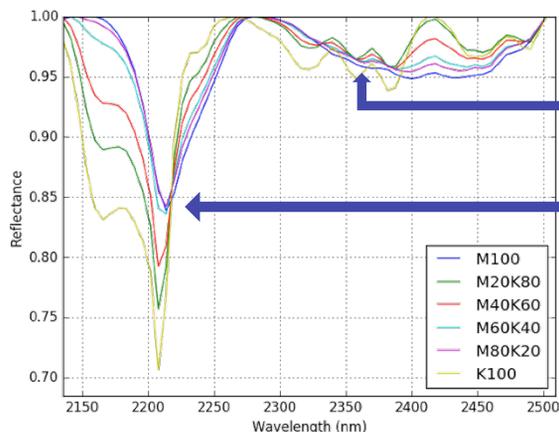
Base de donnée image des mélanges en réflectance

Spectres de mélanges avec suppression du continuum



Extraction de paramètres morphologiques pour la quantification des argiles :

- Profondeur
- Largeur à mi-hauteur
- Aire



Triple absorption

Double absorption

- Attente de résultats DRX (Diffraction à rayons X) pour valider résultats

Conclusions

- Variabilité des échantillons :
 - Écart-type compris entre 1 et 3 % de réflectance
 - Phénomènes de réflexions parasites entraînent des changements de luminosité de gauche à droite de l'image → nécessité de corriger ces images
 - Échantillons purs, donc homogènes dans leur constitution ont pourtant les variabilités les plus importantes des mesures → c'est l'état de surface des échantillons qui détermine cette variabilité
- Création d'une base de donnée de mélange
 - Spectres de réflectances avec conditions d'acquisition rencontrées avec des caméras hyperspectrales (résolution spectrale, etc...)

Perspectives

- Numérique
 - Tester et comparer les méthodes de démélange décrites dans la littérature sur nos données image.
 - Tester la variabilité spatiale des échantillons à d'autres résolutions
- Expérimentations laboratoire
 - Compléter base de données mélanges synthétiques secs / sols réels issus de l'observatoire des argiles du Loiret
 - Base de données d'échantillons de mélanges synthétiques humides
- Campagnes de mesure le terrain
 - Campagne de terrain caméras hyperspectrales

The background of the slide is a close-up photograph of parched, cracked earth. The cracks form a complex, irregular network of dark brown lines against a lighter tan soil, creating a mosaic-like pattern. The lighting is natural, highlighting the texture and depth of the fissures.

Merci de votre attention

SAM / ASDS

Calcul de différentes distances par rapport au spectre moyen :

$$ASDS = \frac{1}{N} \left(\sum_{n=1}^N \left((Rr_n / Rm_n) - 1 \right)^2 \right)$$

$$SAM = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{1/2}} \right)$$