

Propriétés spectrales d'un couvert de blé et prédiction de l'azote foliaire

{ PIERRE-ANTOINE.JEAN , MARTIN.ECARNOT ET PIERRE.ROUMET }@SUPAGRO.INRA.FR
{ GILLES.RABATEL ET NATHALIE.GORRETTA }@IRSTEA.FR

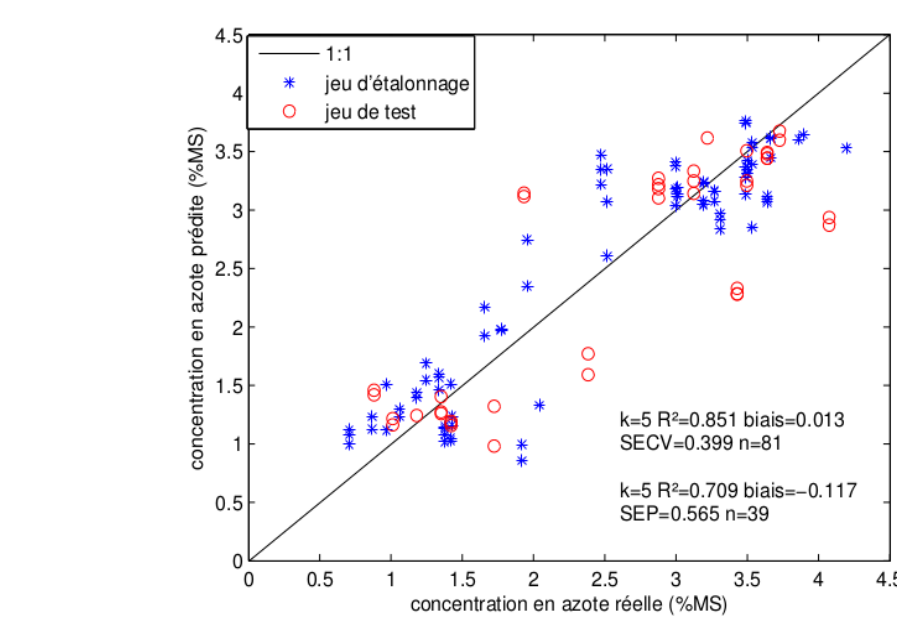
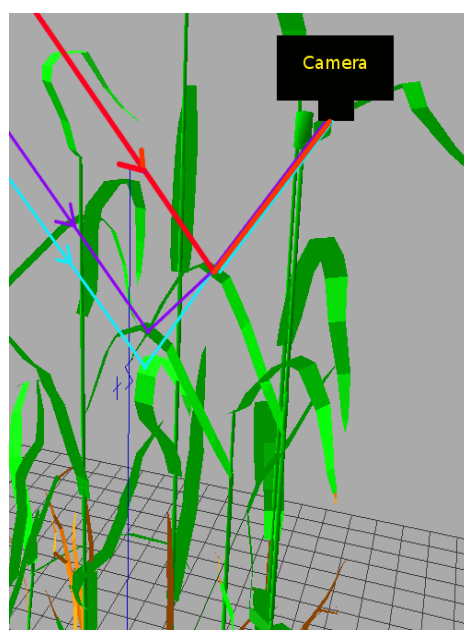
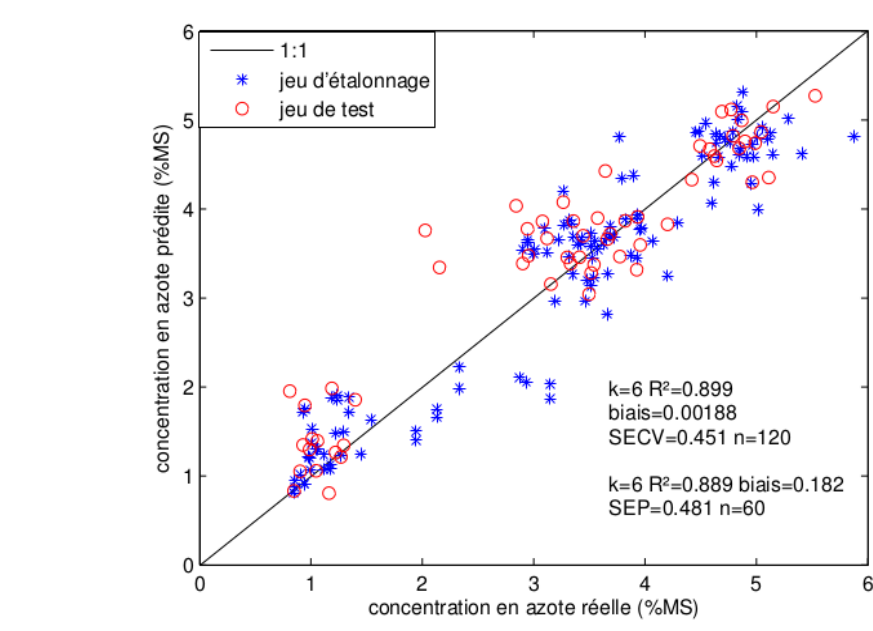
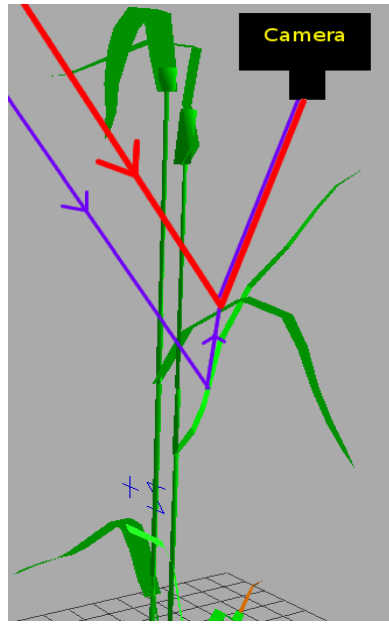
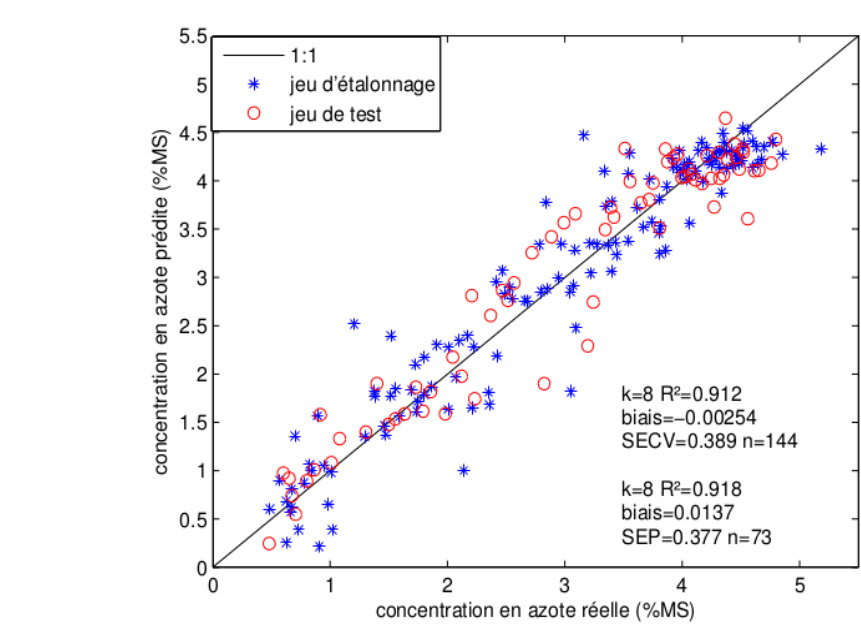
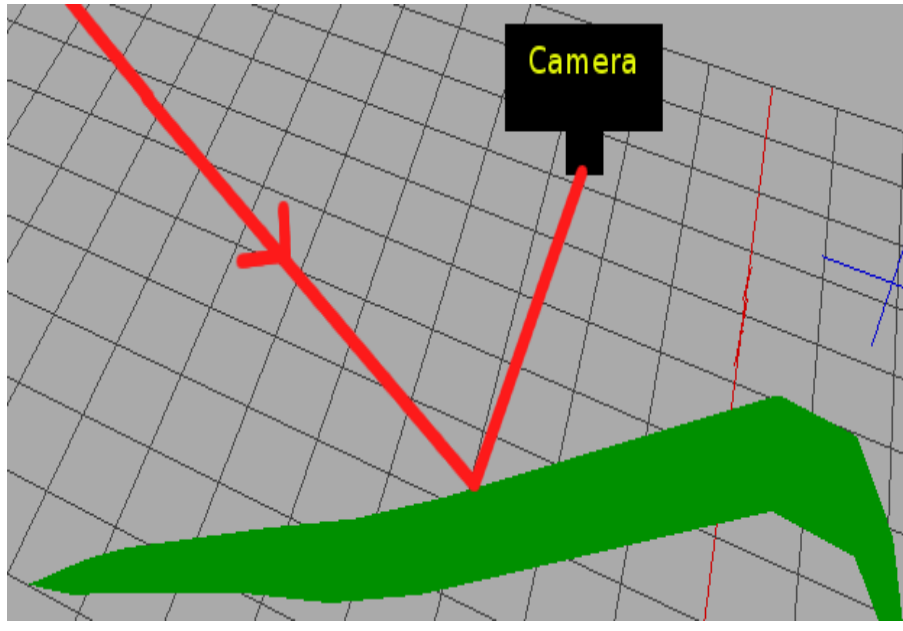
Contexte

Notre étude s'inscrit dans le cadre du projet ANR PHENOBLÉ dont l'objectif est de rechercher une **méthode rapide et non destructive** pour mesurer des traits architecturaux et biochimiques d'un couvert de blé. Pour cela, elle se base sur les **propriétés optiques** du couvert.

Nos travaux se focalisent sur la technique de **spectroscopie** proche infrarouge et s'appuient sur la thèse de Nathalie VIGNEAU qui a mis au point une méthode d'**estimation de la concentration en azote** dans les feuilles de blé. En effet, un **modèle mathématique** étalonné par une régression PLS a été réalisé à partir d'images hyperspectrales et de mesures destructives de la concentration en azote dans les feuilles. Cependant, ce modèle présente des **limites**.

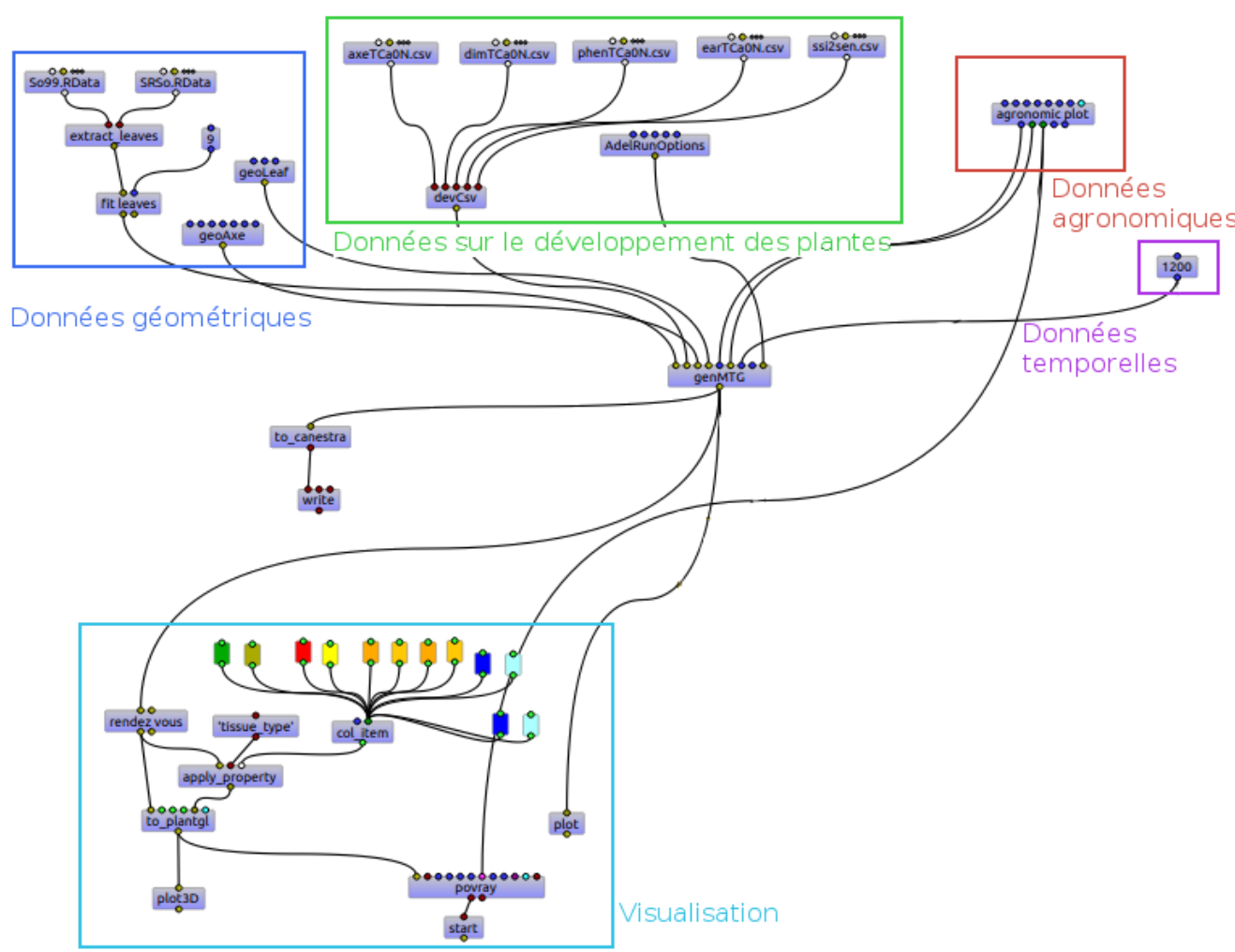
Problèmes

Le modèle a été testé sur différents niveaux de complexité d'architecture: feuille simple et isolée, feuille de blé cultivé en pot et feuille en culture entière. Malheureusement, son **efficacité décroît** en fonction de la **complexité de l'architecture**.



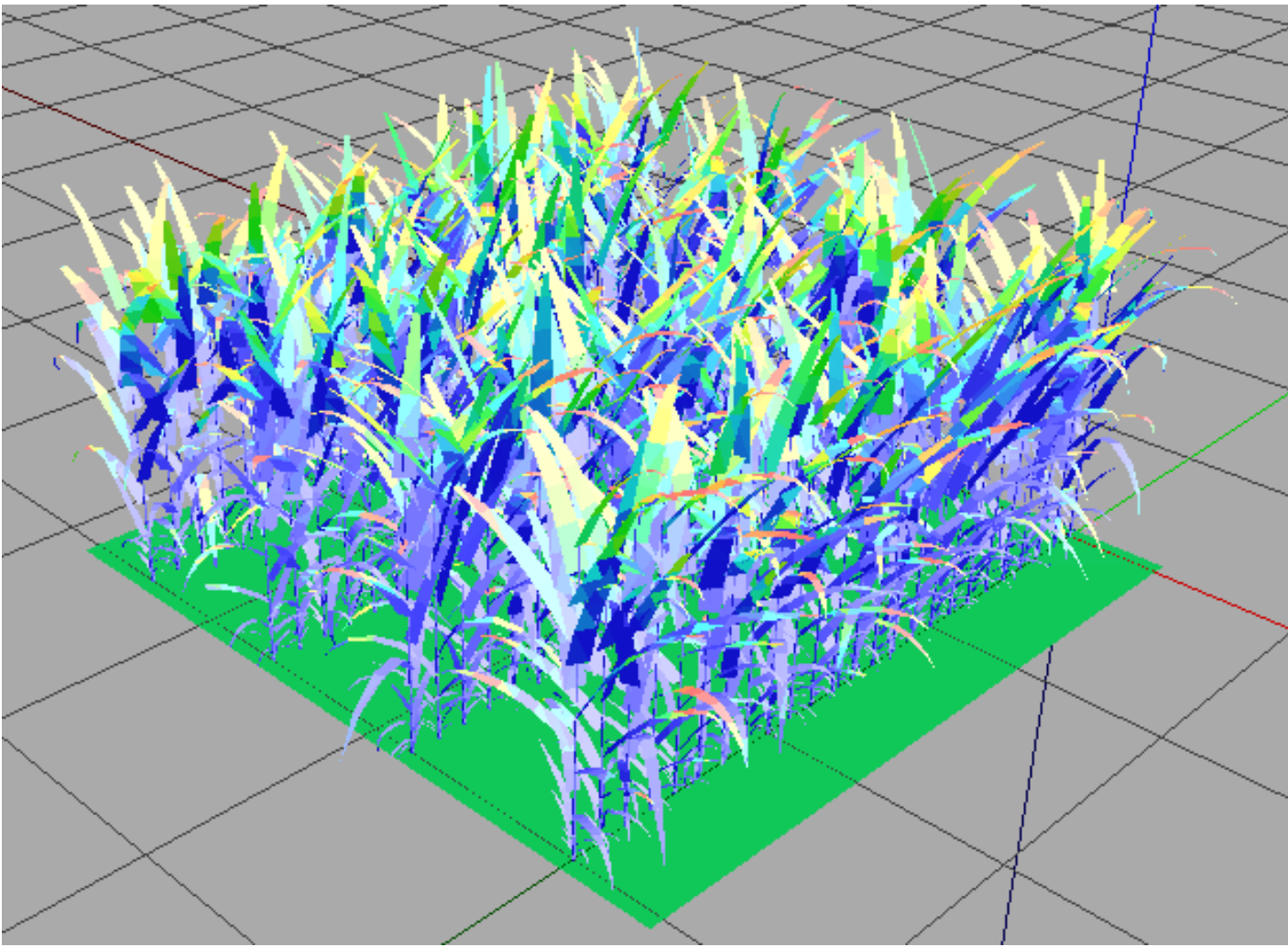
Au vu de ces résultats différentes **questions** se posent, notamment: est ce que le phénomène de **réflexions multiples** pourrait être à l'origine de la dégradation du modèle? De manière plus précise, est ce que la répartition des réflexions multiples se fait de manière uniforme dans le couvert?

Modélisation d'architectures et de trajectoires lumineuses



ADEL est un modèle architectural qui nous a permis de simuler de nombreuses maquettes de blé avec des architectures et des stades phénologiques différents

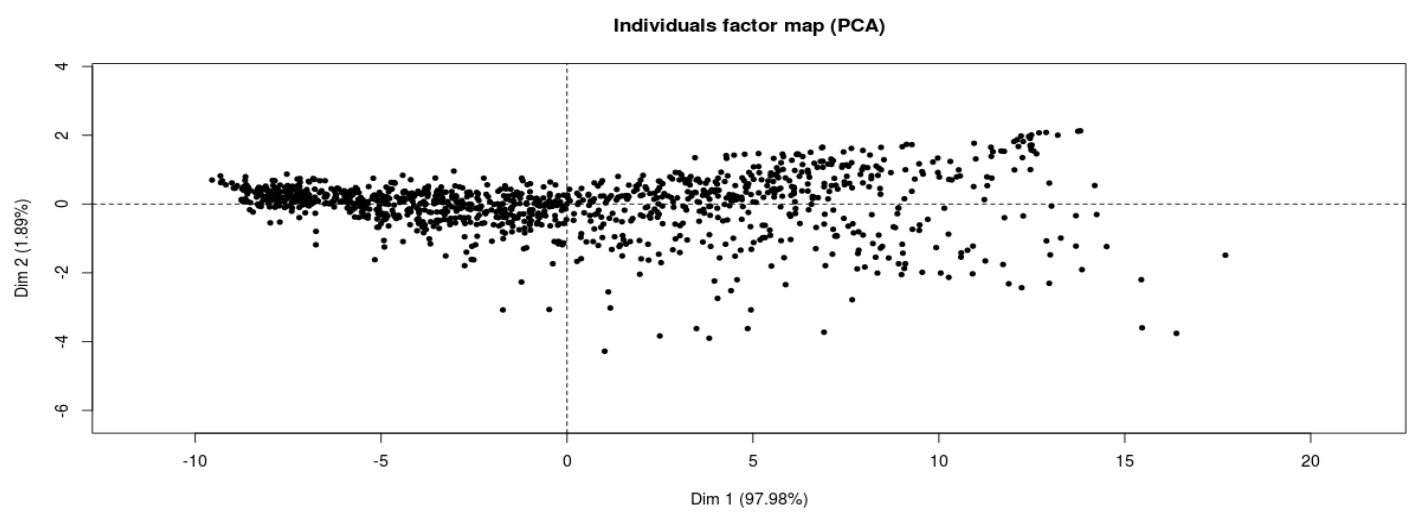
+



Caribu est un modèle de radiosité qui nous permet de calculer sur chaque pixel de la scène, la quantité d'énergie reçue directement de la **source lumineuse** et la quantité d'énergie reçue par **réflexions multiples** des pixels voisins

Resultats

Nos modélisations sont réalisées en combinant ADEL et Caribu. Elle sont effectuées avec 700 longueurs d'onde (variables) sur des scènes d'environ 100 cm² contenant 1500 pixels (individus). Pour pouvoir projeter les spectres de nos pixels dans un espace en 2 dimensions nous avons utilisé l'Analyse en Composantes Principales (**ACP**), qui nous permet ici de capter 99.9% de l'information délivrée par nos spectres.



ACP de 1500 spectres issus des pixels d'une scène modélisée

- Axe 1 corrélé linéairement avec l'**exposition du pixel** (= énergie totale reçue par le pixel)
- Axe 2 corrélé avec l'**impact des réflexions multiples**

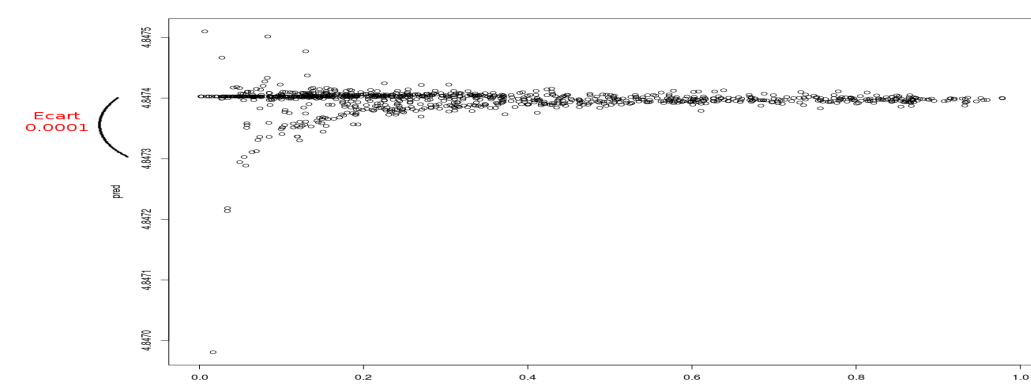
Nous avons observé la répartition des réflexions multiples dans le couvert. Pour cela, nous avons récupéré les spectres **avec et sans réflexions multiples** pour une même maquette et nous avons réussi à reconstruire l'ACP des spectres avec réflexions multiples à partir des spectres sans réflexions multiples et de la formule suivante:

$$R_i = R_{isRM} + Y * (\theta * R_{isRM} * R_{xsRM})$$

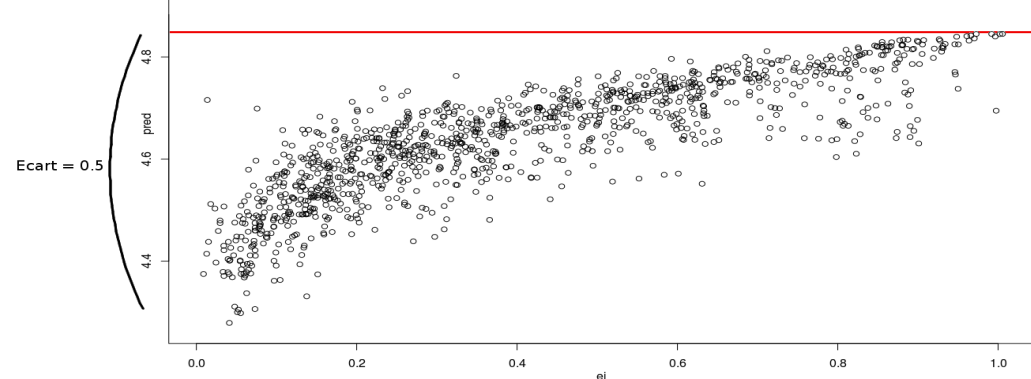
- R_i la réflectance du pixel i avec réflexions multiples
- R_{isRM} la réflectance du pixel i sans réflexions multiples
- θ un coefficient d'atténuation entre les 2 pixels qui interagissent
- Y le nombre d'interactions secondaires

Grâce à cette simulation on a observé une **diminution** du nombre d'**interactions multiples** en fonction de l'**exposition** (axe 1).

Nous avons testé le **modèle azote** sur nos spectres avec et sans réflexions multiples. Comme le montre les figures, le modèle est robuste sur les données sans réflexions multiples et se dégrade lorsqu'on utilise les spectres avec réflexions multiples.



Modèle azote sur les spectres sans réflexions multiples (valeur attendue 4.847)



Modèle azote sur les spectres avec réflexions multiples

Conclusion

- Les réflexions multiples se répartissent de manière hétérogène sans le couvert (+ dans les étages inférieurs)
- Les réflexions multiples sont la cause de la diminution de la qualité du modèle

Remerciements

