

Modélisation de la réflectance des sols en fonction de leur teneur en eau dans le domaine solaire

Aurélien Bablet^{1,2,*}

F. Viallefont¹, X. Briottet¹, S. Fabre¹ & S. Jacquemoud²

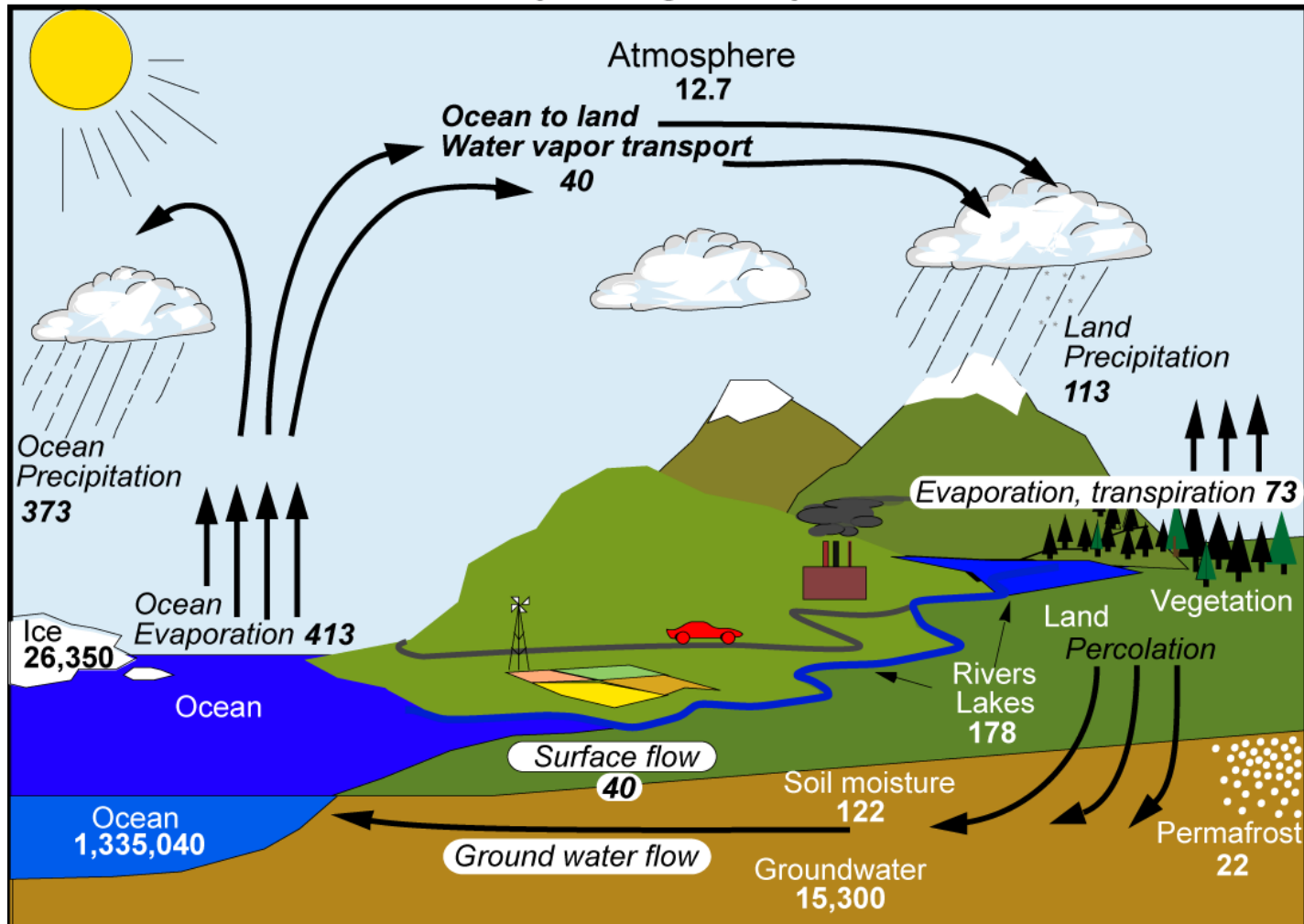
¹ ONERA – Département d’Optique Théorique et Appliquée, 2 avenue Edouard Belin, 31000 Toulouse

² IPGP – Planétologie et Sciences Spatiales, 35 rue Hélène Brion, 75013 Paris

* aurelien.bablet@onera.fr; bablet@ipgp.fr

Contexte

Hydrological Cycle

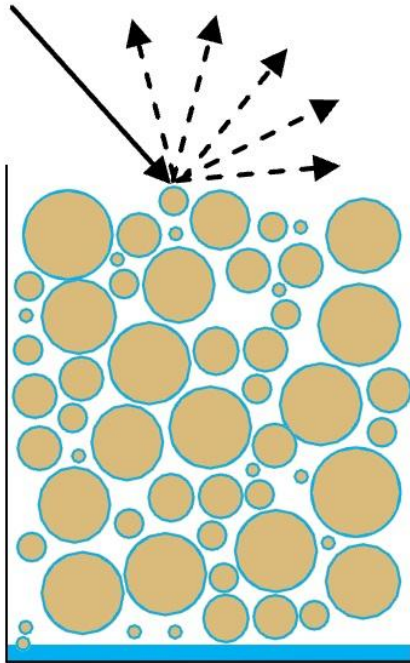


- Agriculture
- Météorologie
- Hydrologie
- Planétologie
- Défense
- Etc.

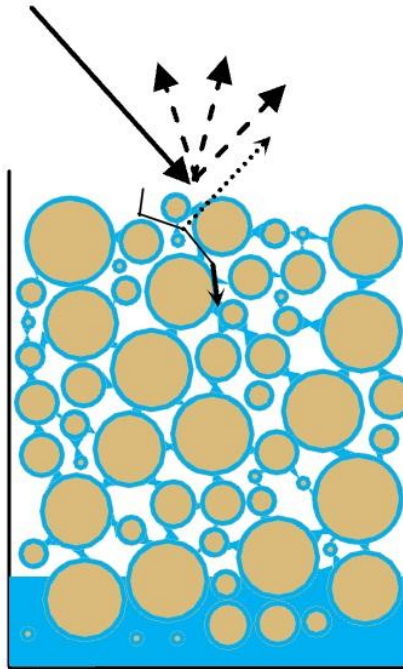
Units: Thousand cubic km for storage, and *thousand cubic km/yr* for exchanges

L'eau dans les sols

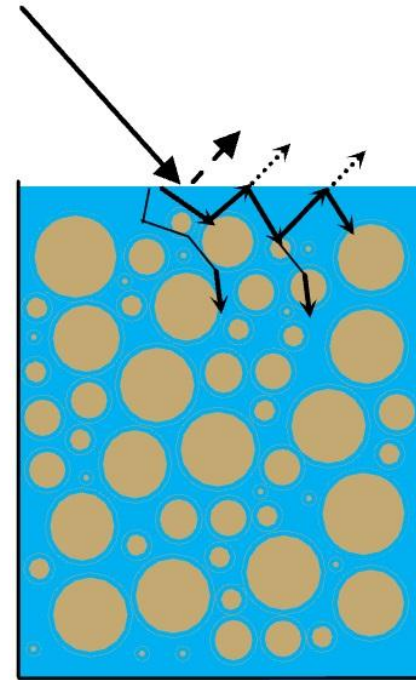
Eau adsorbée



Eau libre



Eau saturée



Mesure de la teneur en eau

Mesures directes :

- Méthode gravimétrique d'assèchement
- Méthode thermogravimétrique (alcool)

Mesures indirectes *in situ* :

- Sondes à neutrons
- Méthode diélectrique

Mesures indirectes :

- Télédétection active (micro-ondes)
- Télédétection passive (domaines solaire, infrarouge, micro-ondes)

Mesure de la teneur en eau

Mesures directes :

- Méthode gravimétrique d'assèchement
- Méthode thermogravimétrique (alcool)

Mesures indirectes *in situ* :

- Sondes à neutrons
- Méthode diélectrique

Mesures indirectes :

- Télédétection active (micro-ondes)
- Télédétection passive (domaines solaire, infrarouge, micro-ondes)

Mesures de laboratoire

Mesure de la teneur en eau

Mesures directes :

- Méthode gravimétrique d'assèchement
- Méthode thermogravimétrique (alcool)

Mesures indirectes *in situ* :

- Sondes à neutrons
- Méthode diélectrique

Mesures indirectes :

- Télédétection active (micro-ondes)
- Télédétection passive (domaines solaire, infrarouge, micro-ondes)

Mesures de laboratoire

Mesures de terrain mais locales

Mesure de la teneur en eau

Mesures directes :

- Méthode gravimétrique d'assèchement
- Méthode thermogravimétrique (alcool)

Mesures indirectes *in situ* :

- Sondes à neutrons
- Méthode diélectrique

Mesures indirectes :

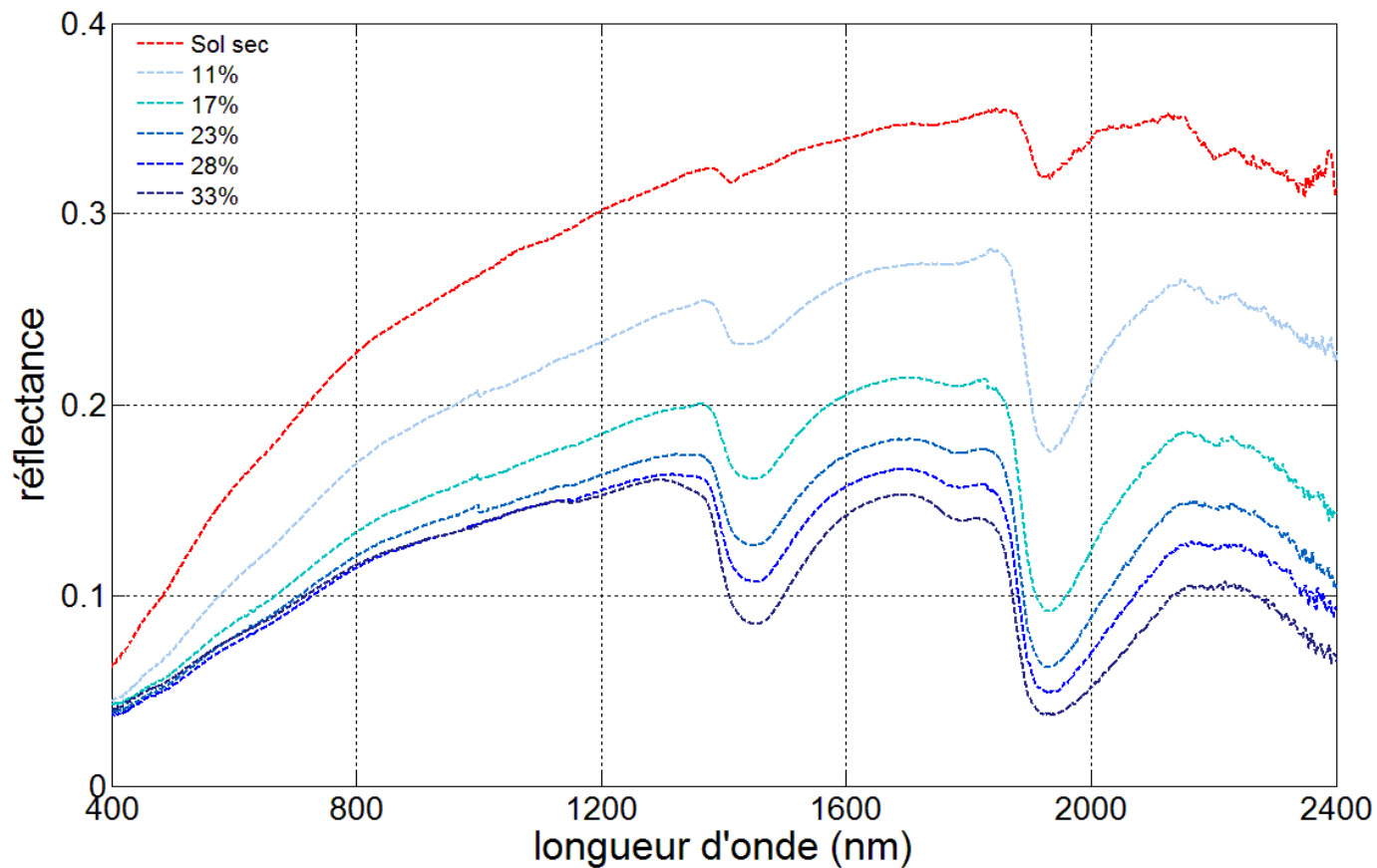
- Télédétection active (micro-ondes)
- Télédétection passive (domaines solaire, infrarouge, micro-ondes)

Mesures de laboratoire

Mesures de terrain mais locales

Mesures globales

Variation de la réflectance d'un sol en fonction de sa teneur en eau

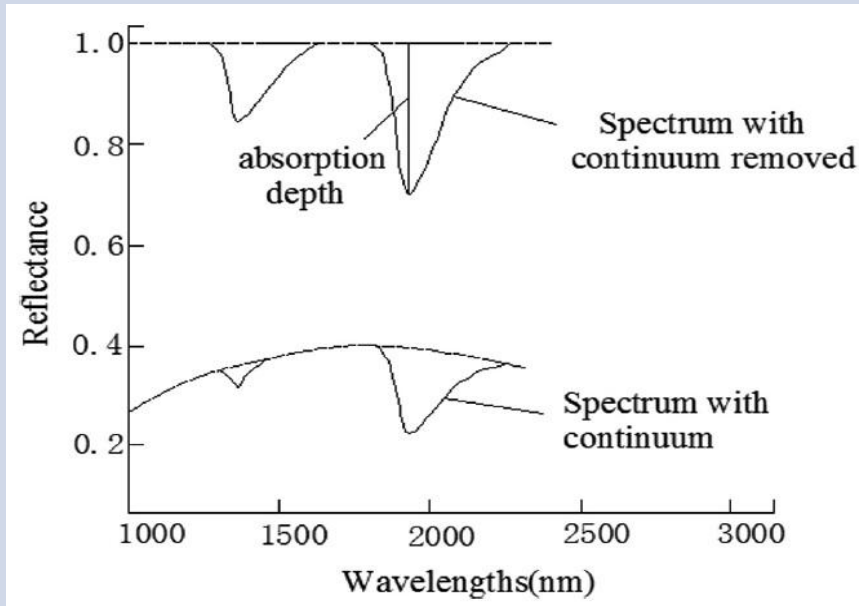


Sol 30LuzerneB (thèse d'Audrey Lesaignoux, ONERA, 2008)

Modèles

Empiriques

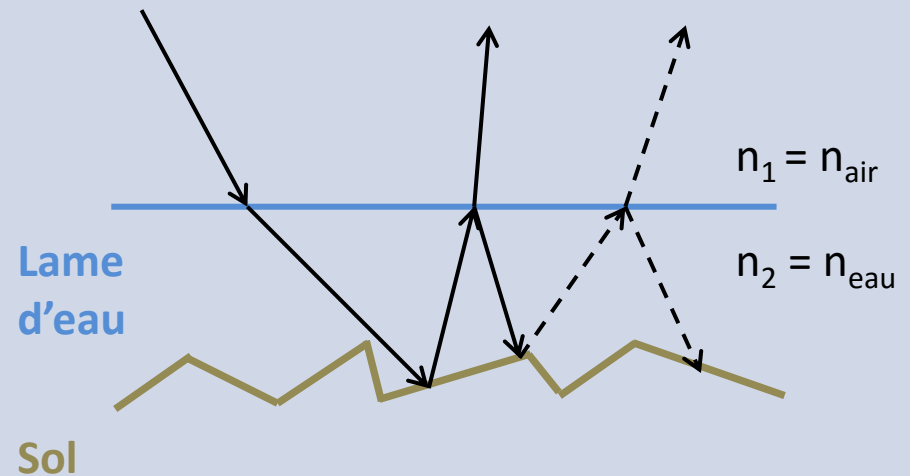
- *Continuum removal* (e.g., Whiting et al., 2004; Yin et al., 2013)



- Indices spectraux (e.g., Liu et al., 2002; Haubrock et al., 2008)
- Relations statistiques (e.g., Lesaignoux et al., 2013; Fabre et al., 2013)

Physiques

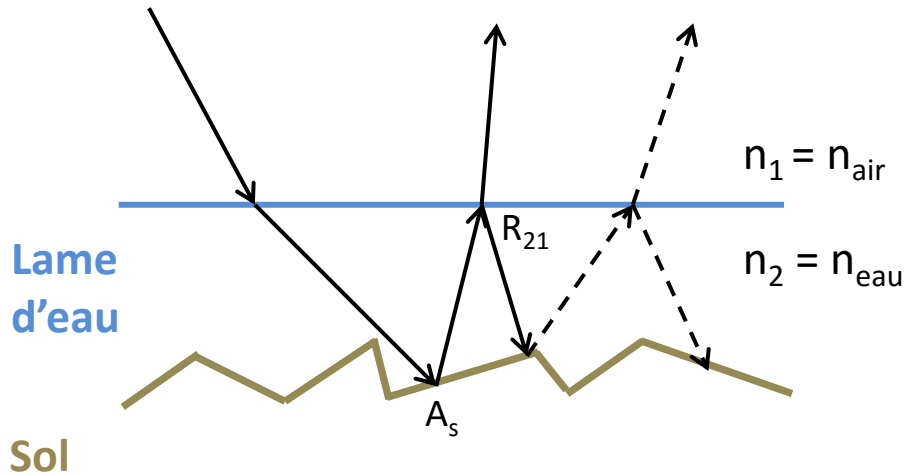
- Basés sur relations de Fresnel et loi de Beer-Lambert et sur le modèle d'Angström (1925) (Lekner & Dorf, 1988; Bach & Mauser, 1994; Bach, 1995; Sommers et al., 2010; Tian & Philpot, 2015)



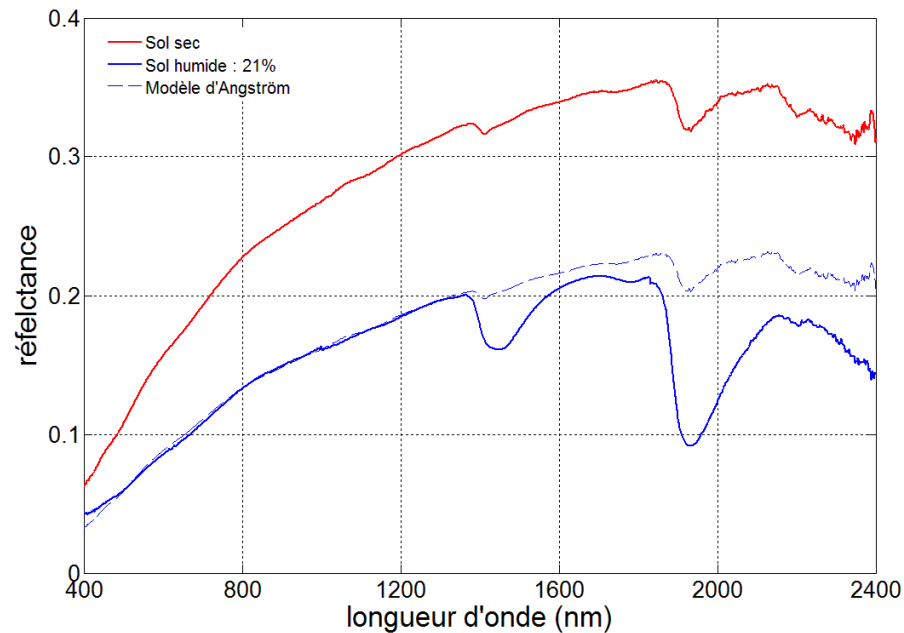
- Théorie de Kubelka-Munk (Sadeghi et al., 2015)

Modèle de Bach

1^{ère} étape : un piège à lumière

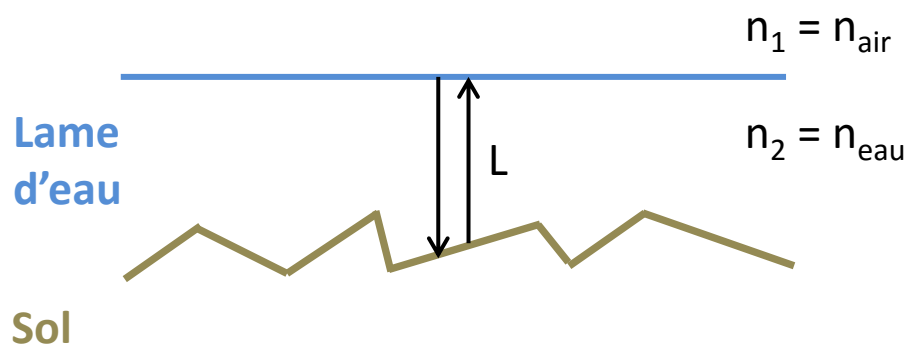


$$R = 1 - \frac{A_s}{1 - A_s R_{21}}$$

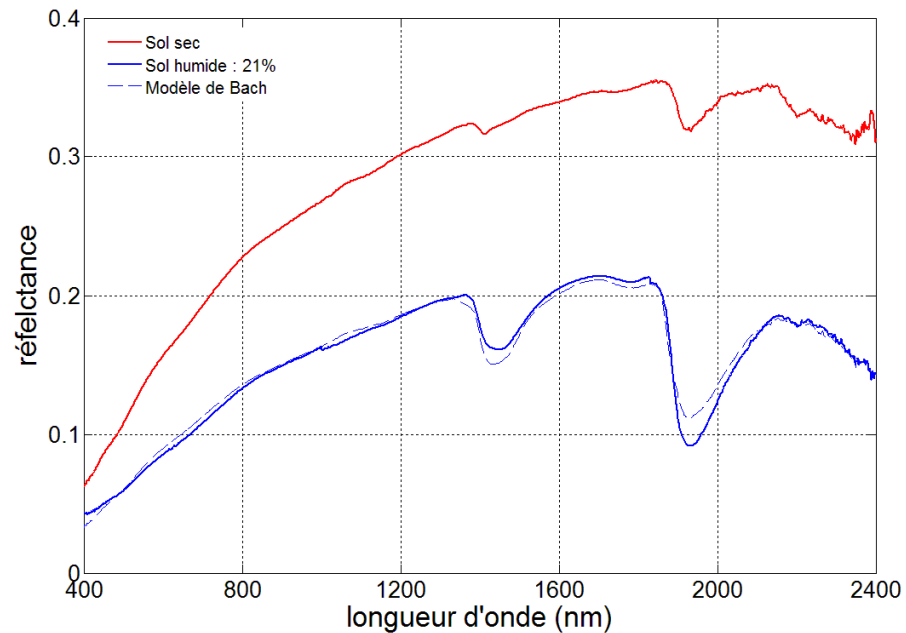


Modèle de Bach

2^e étape : absorption par l'eau

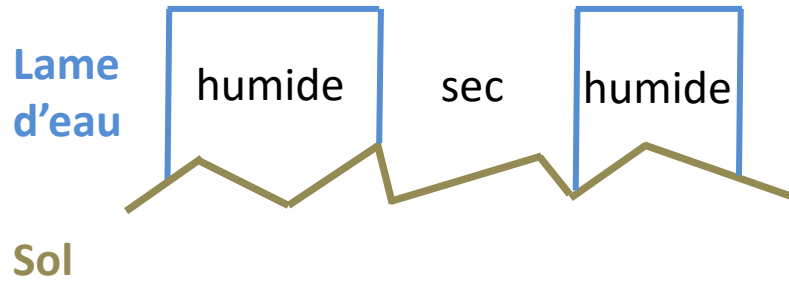


$$R_f = R e^{-\alpha(\lambda)2L}$$

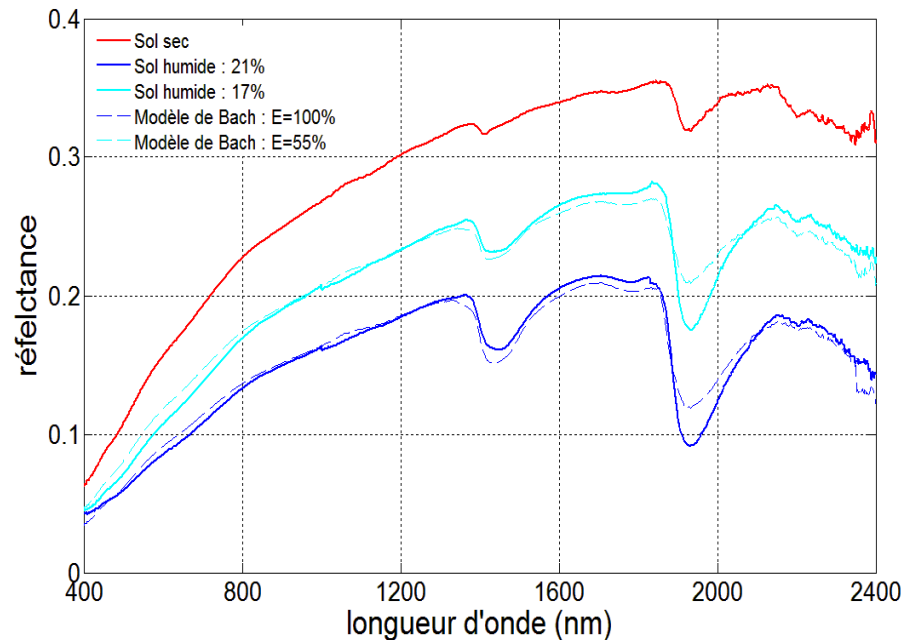


Modèle de Bach

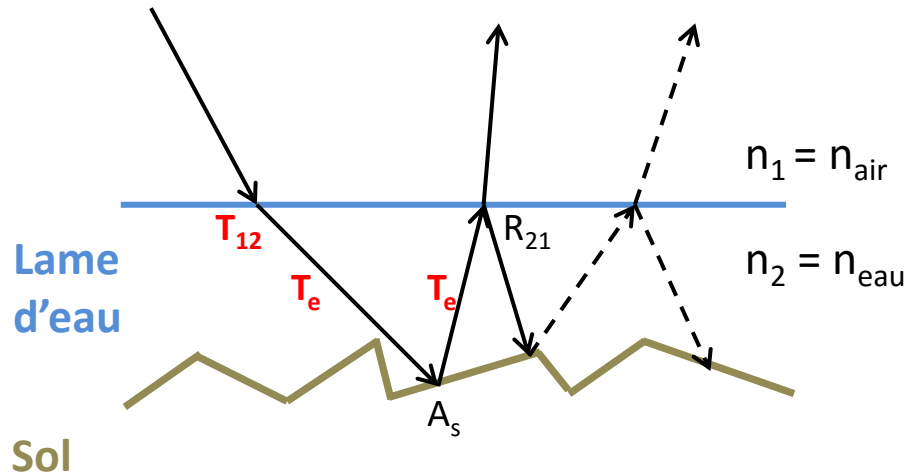
3^e étape : l'efficacité



$$R_{tot} = ER_f + (1 - E)R_s$$



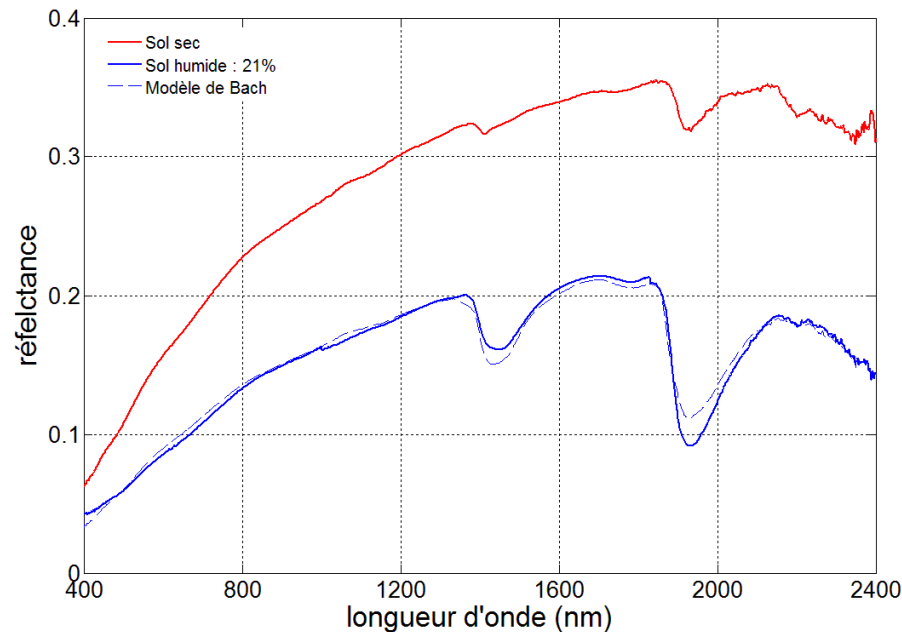
Modèle de Bach amélioré



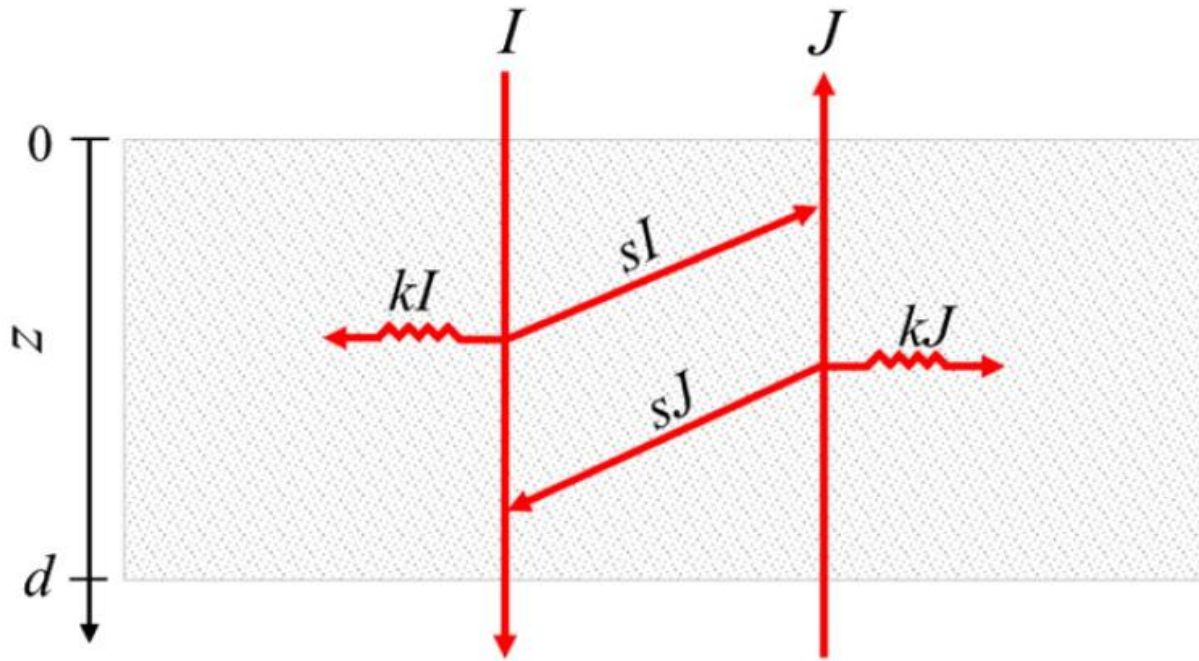
$$R = 1 - \frac{T_{12} A_s T_e}{1 - A_s R_{21} T_e^2}$$

$$T_e = e^{-\alpha(\lambda)L}$$

$$R_{\text{tot}} = ER + (1 - E)R_s$$



Modèle de Sadeghi



$$\frac{dI(\lambda, z)}{dz} = -(k + s)I(\lambda, z) + sJ(\lambda, z)$$

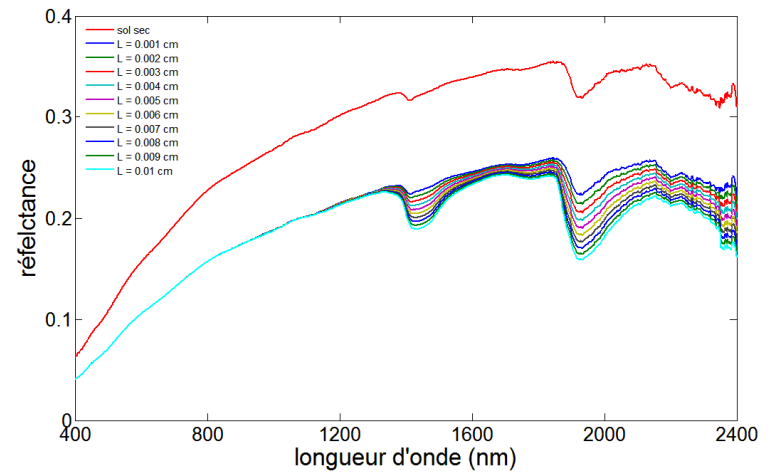
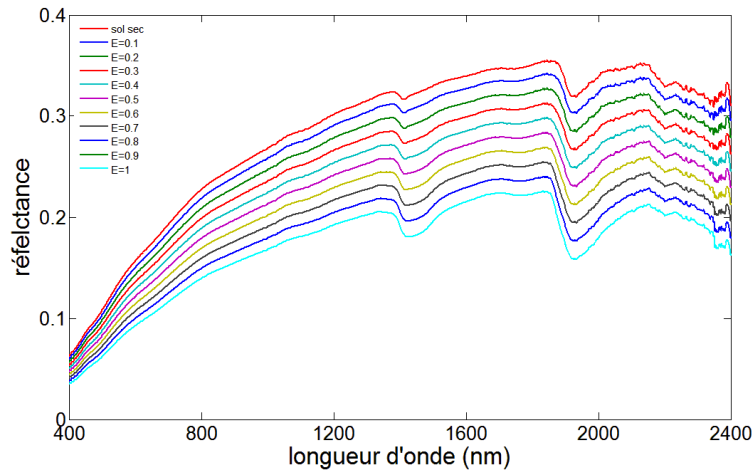
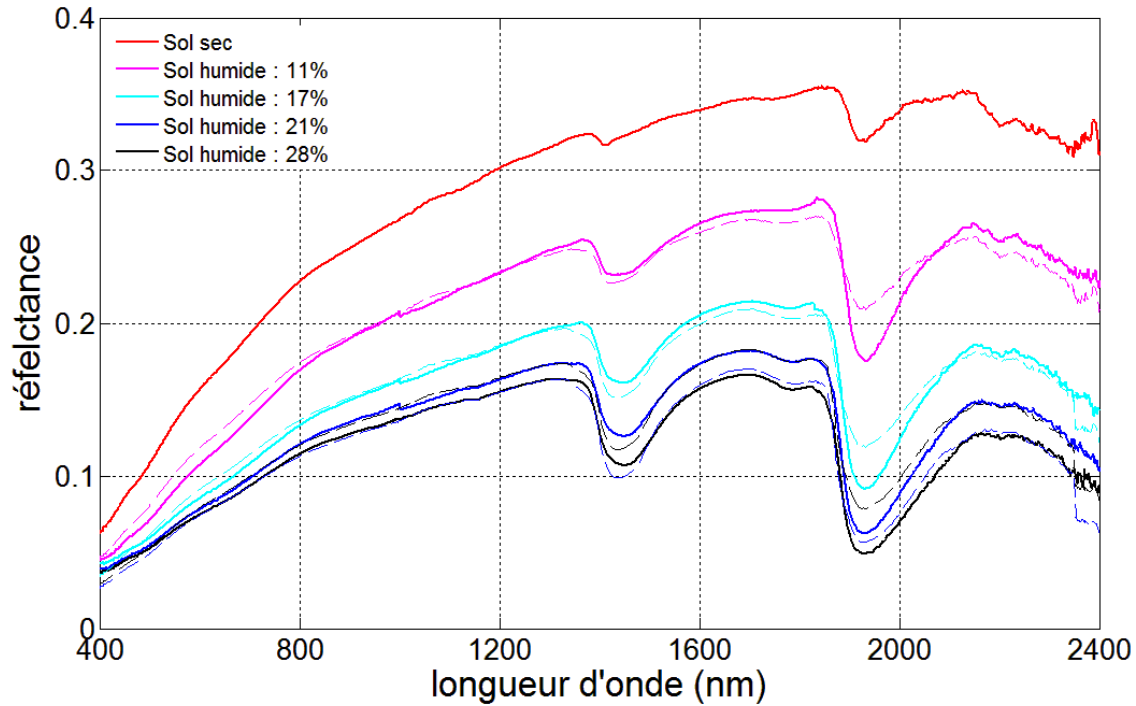
$$\frac{dJ(\lambda, z)}{dz} = (k + s)J(\lambda, z) - sI(\lambda, z)$$

$$\frac{\theta}{\theta_s} = \frac{r - r_d}{r_s - r_d}$$

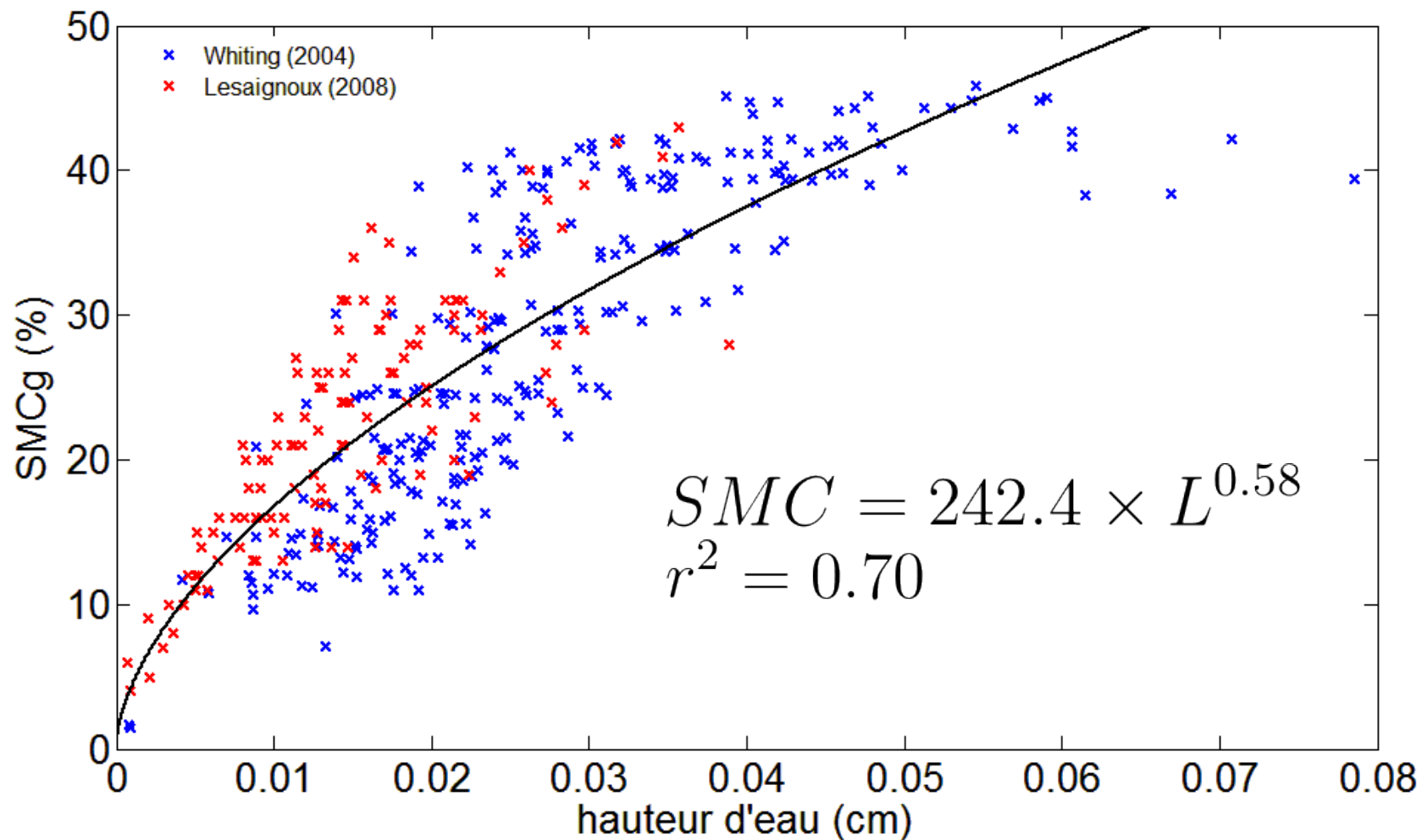
Bases de données

	Lesaignoux (2008)	Whiting (2004)	Liu (2002)	Mark (2012)
Sols	30 échantillons Nombreux types de sols (sables, limons, argiles) et différentes couleurs	27 échantillons 2 types de sols	93 échantillons Nombreux types de sols (sables, limons, argiles)	7 échantillons Différents types de sols
Humidité	0-47% 6 niveaux d'humidité	0-50% 11 niveaux d'humidité	0-81% 4 niveaux d'humidité	0-35% 15-20 niveaux d'humidité
Mesure de la teneur en eau	Pondérale	Pondérale Volumique	Pondérale	Pondérale
Protocole	Assèchement de l'échantillon	Assèchement de l'échantillon	Assèchement de l'échantillon	Humidification de l'échantillon

Inversion du modèle de Bach

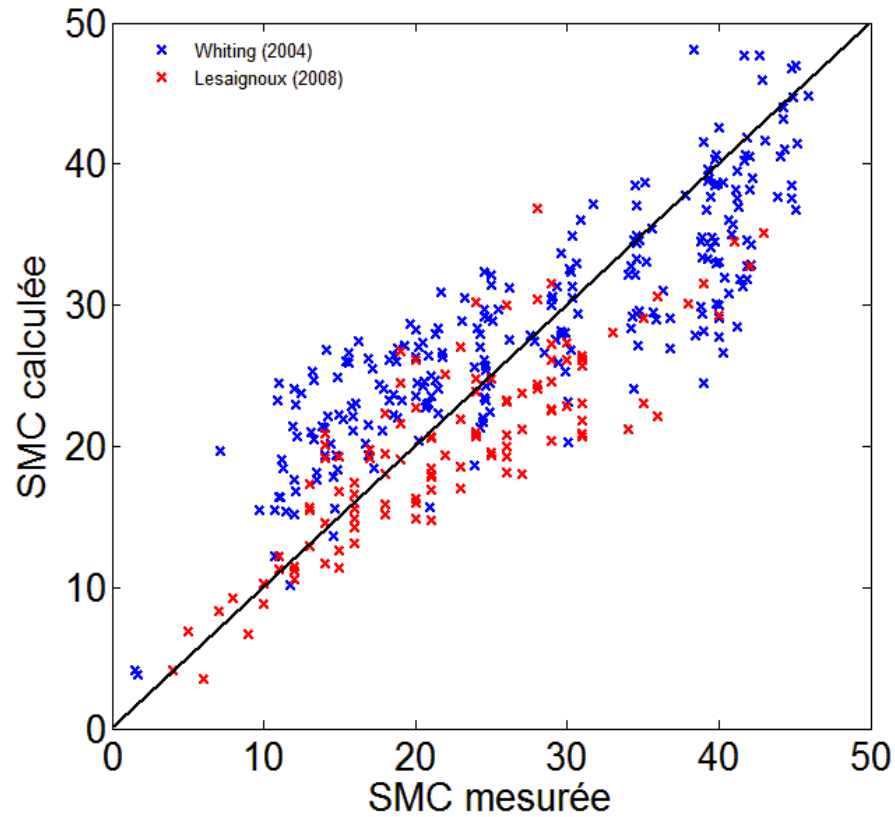


Inversion du modèle de Bach

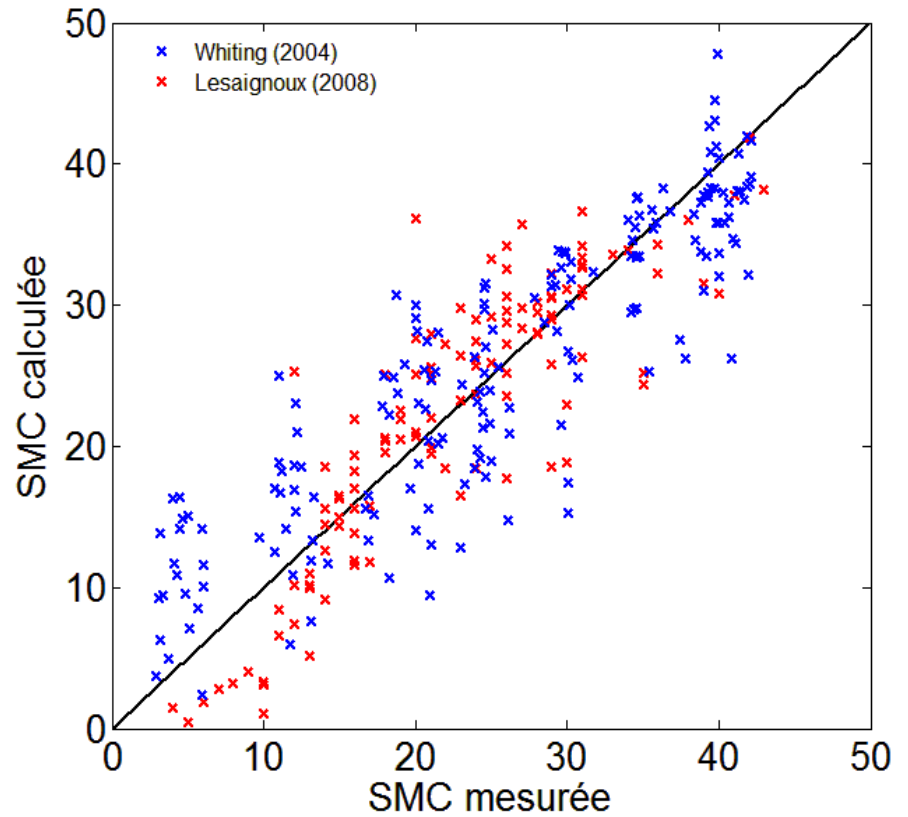


Résultats

Modèle de Bach

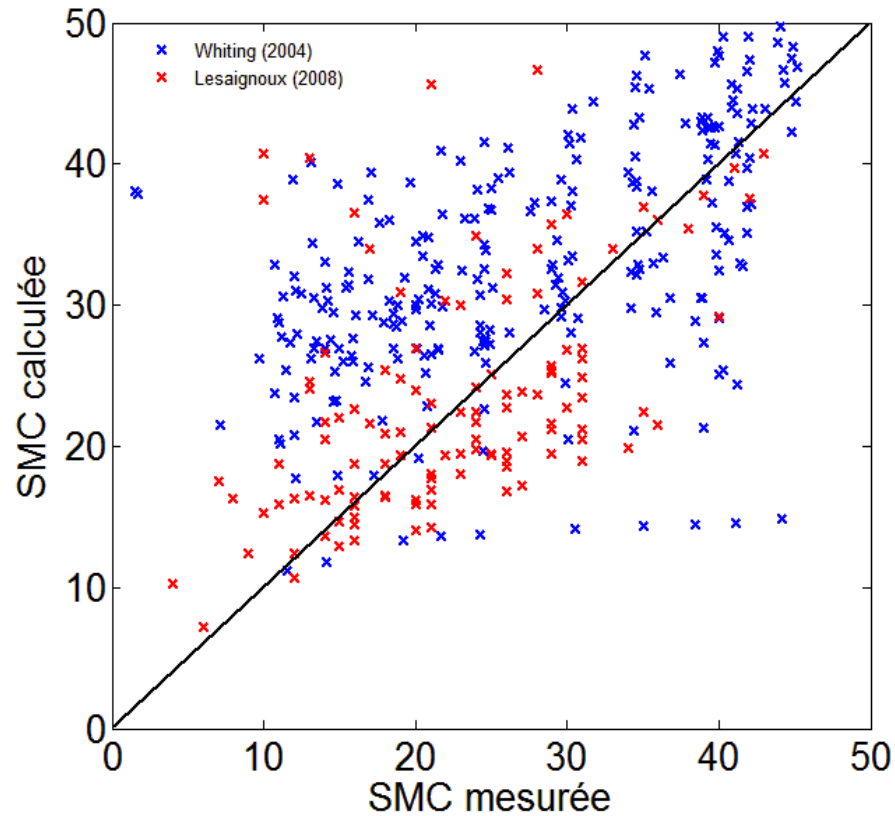


Modèle de Sadeghi

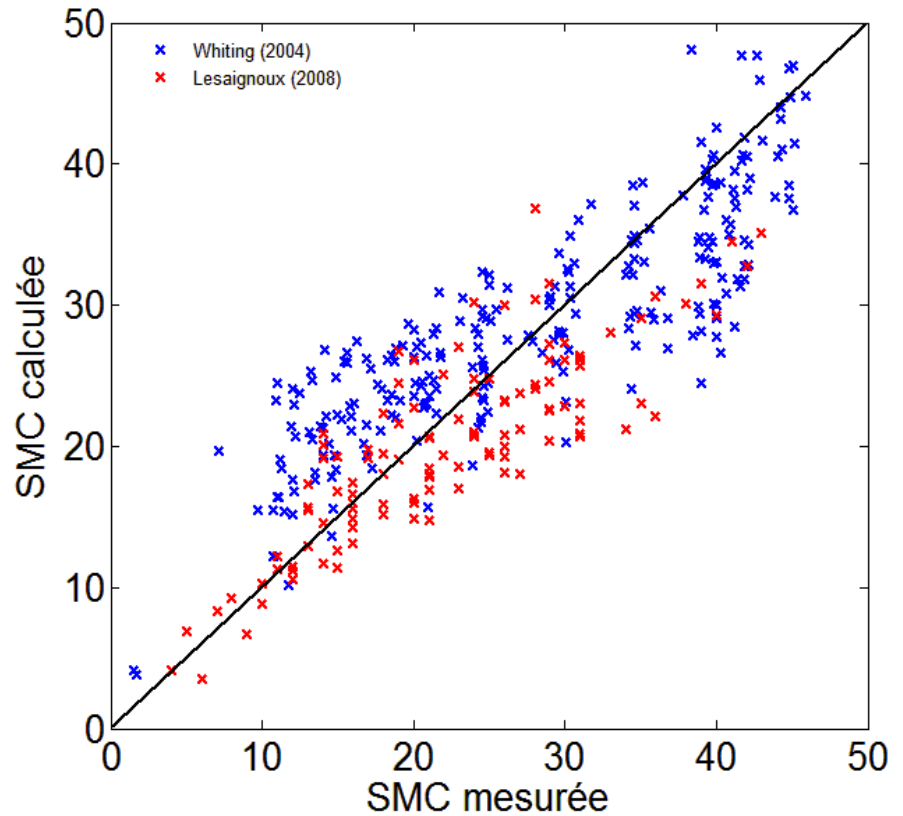


Amélioration du modèle de Bach

Modèle original



Modèle amélioré



Conclusions

- Modèle de Bach
 - général, permet de modéliser le spectre, améliorable
 - pas très réaliste d'un point de vue physique...
- Modèle de Sadeghi
 - pas de calibration nécessaire, modèle réaliste
 - pas de modélisation spectrale

Perspectives

- Etendre le modèle de Sadeghi au spectre solaire
- Acquérir une base de données spectrale sur des échantillons « lisses » au laboratoire (ONERA)
- Etudier l'effet de la rugosité de surface et investiguer le modèle de Hapke
- Acquérir des mesures spectrales et directionnelles sur le terrain (Chamelon)