

Un nouveau schéma optique pour le modèle de neige Crocus

Q. Libois¹, M. Dumont², G. Picard¹, L. Arnaud¹, S. Morin²,
M. Lafaysse² et C. Carmagnola¹

(1) LGGE, (2) CNRM-GAME/CEN

ANR JCJC MONISNOW

AMA 2013, 21-25 Janvier 2013, Toulouse



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

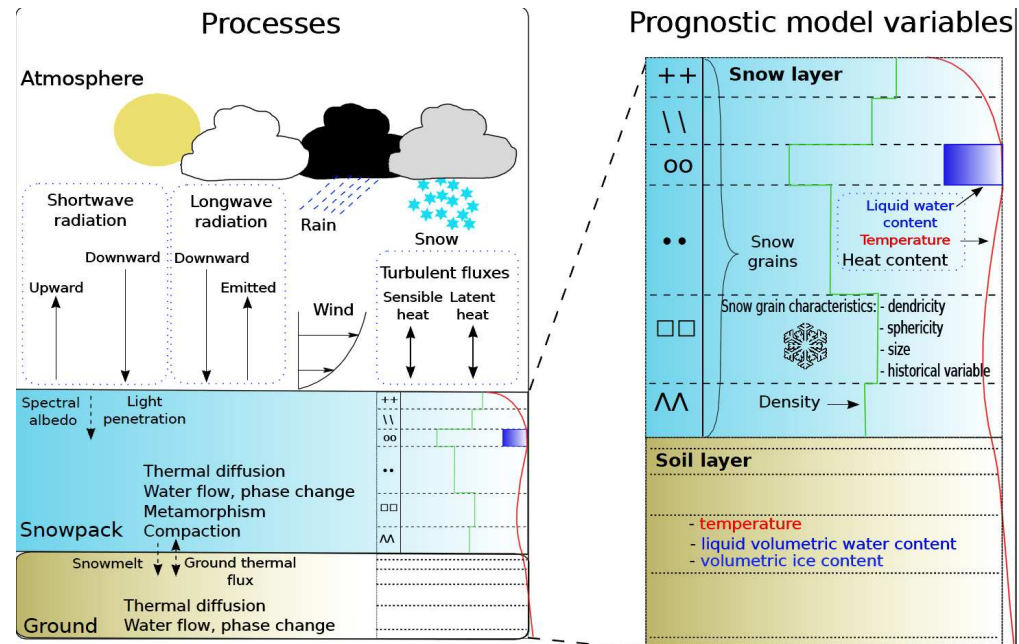
Le modèle de neige Crocus

Modèle détaillé multicouche
du manteau neigeux à bilan
d'énergie

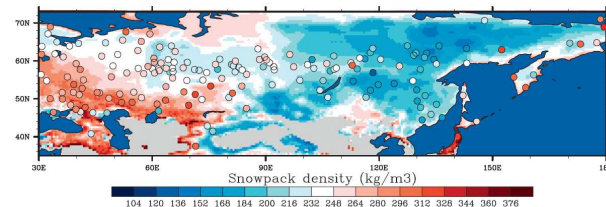
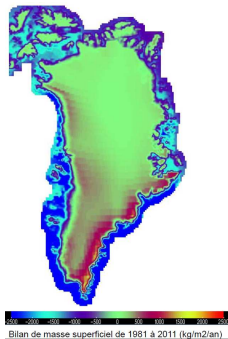
Maintenant dans le modèle
de surface externalisé
SURFEX

Brun et al., 1989, 1992

Vionnet et al., 2012

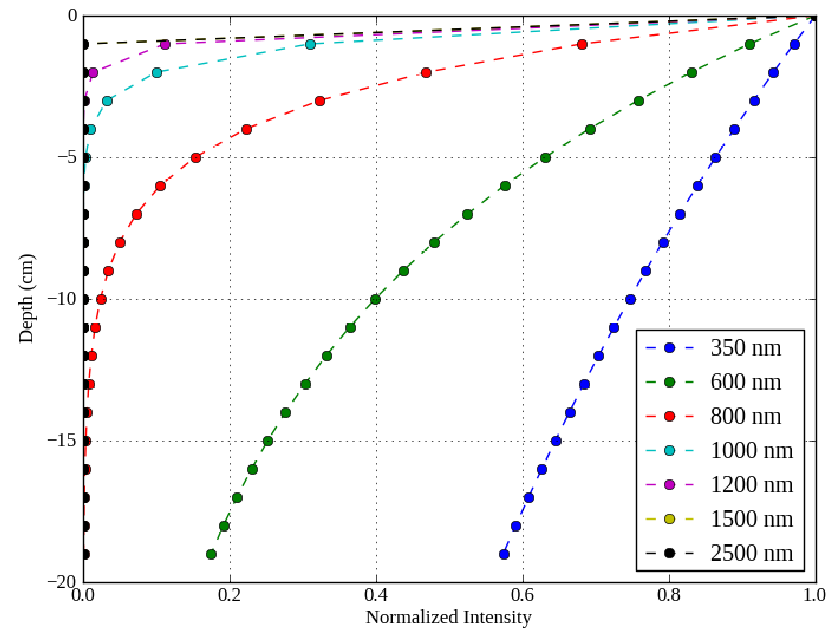
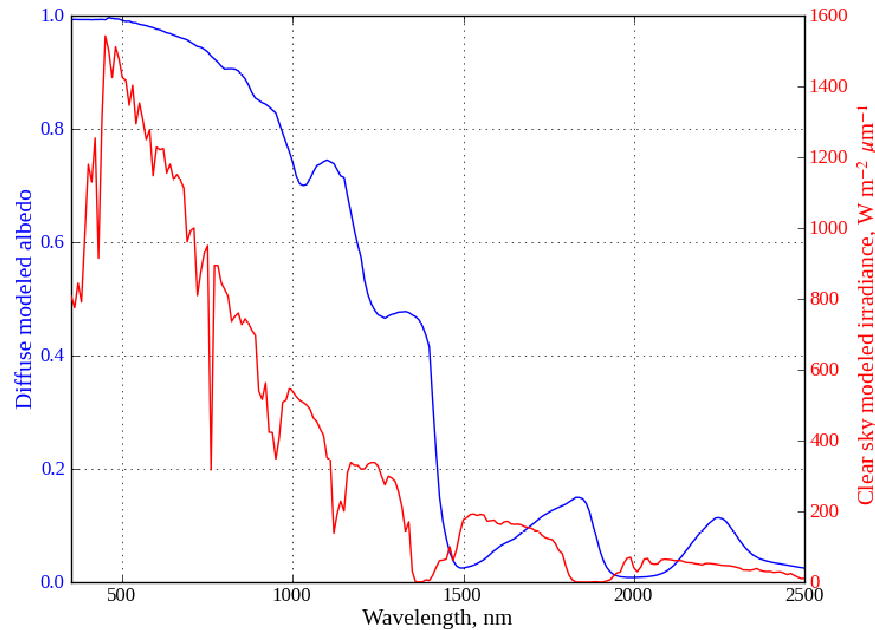


De nombreuses évaluations et applications : avalanches, climatologie, hydrologie nivale, bilan de masse glaciaire



Cf posters et présentations S. Morin, E. Brun, M. Lafaysse

Albédo et énergie solaire absorbée

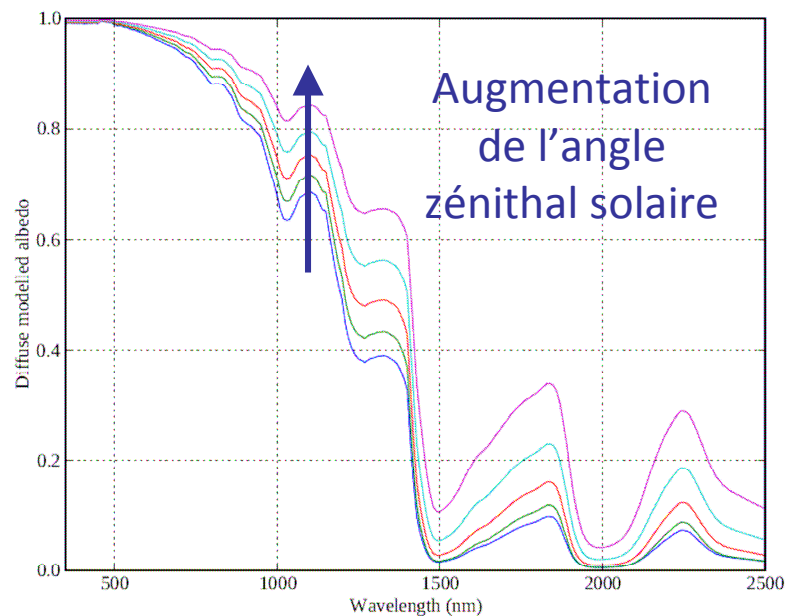
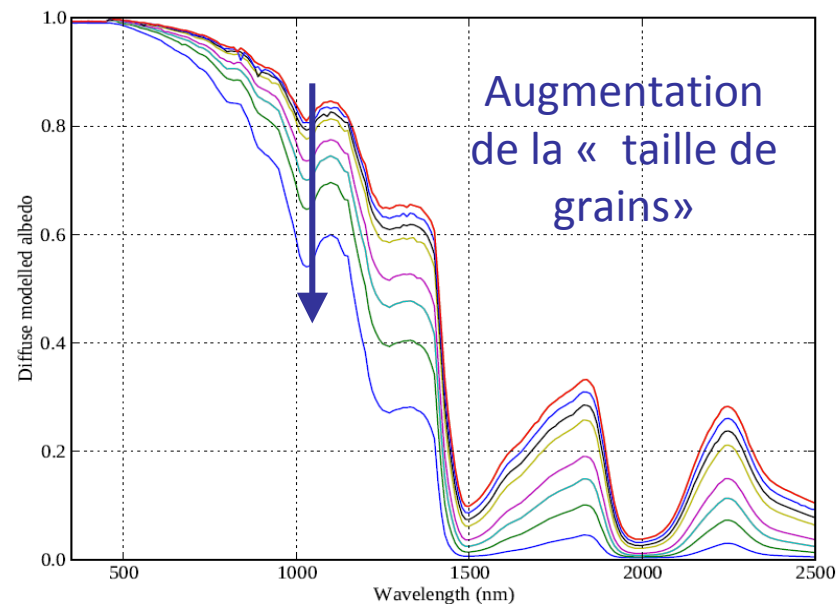
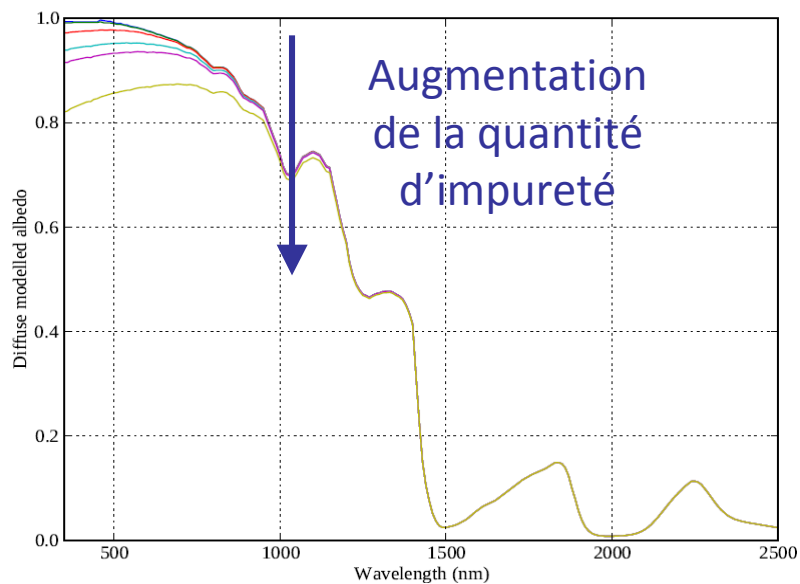


Neige -> albedo élevé dans les zones
« énergétiques » du spectre solaire

Forte influence sur le **bilan d'énergie** et
donc sur le bilan de masse

Pénétration du rayonnement solaire
dans la neige -> influence sur le bilan
d'énergie de **chaque couche**

Optique de la neige



Sensibilité :

- Propriétés physiques et chimiques du manteau neigeux -> stratification
- Propriétés spectrales et angulaires du rayonnement incident

De même pour le profil d'absorption

Problématique et plan

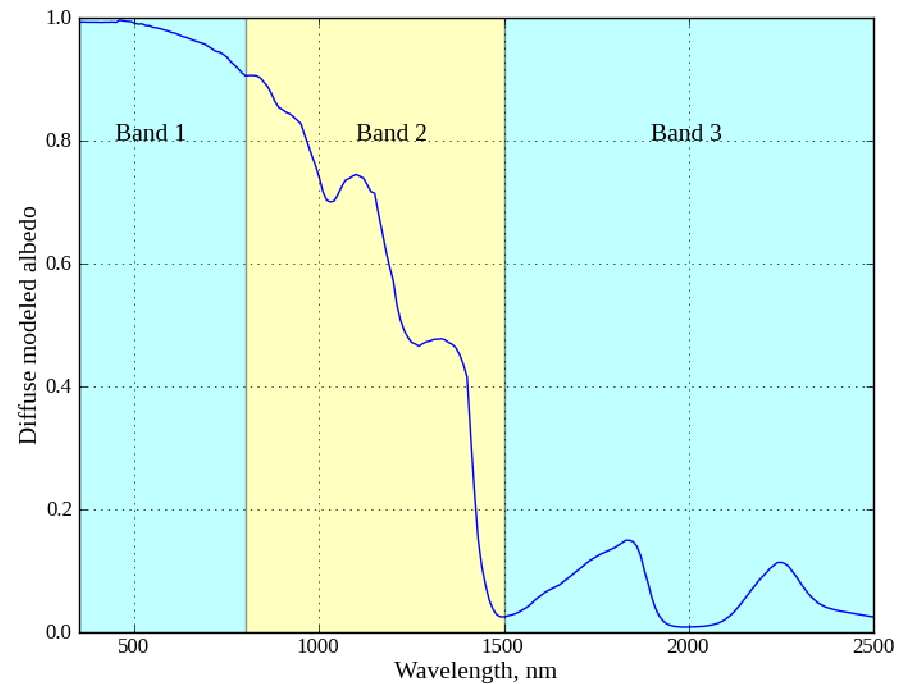
- Pour une modélisation physique de l'optique de la neige:
 - ✓ Représentation de l'effet des impuretés
 - ✓ Variabilité des conditions atmosphériques
 - ✓ Stratification
 - ✓ Résolution spectrale

Plan

1. Principe du schéma actuel et du nouveau schéma optique
2. Évaluation du nouveau schéma
3. Comparaison des deux schémas
4. Conclusions et perspectives

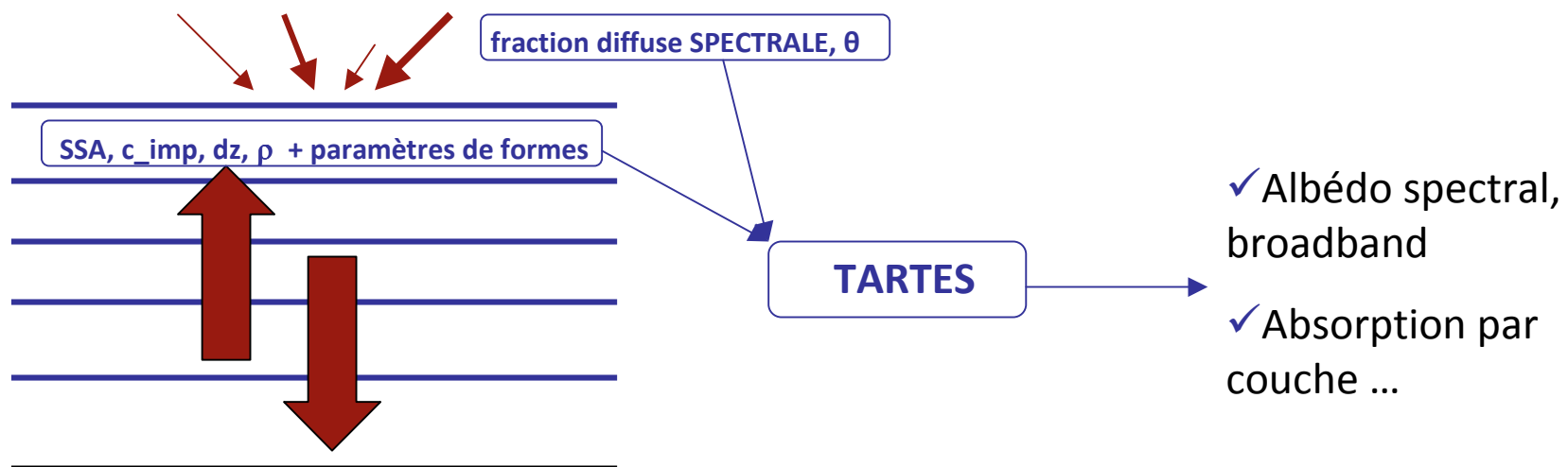
Schéma optique actuel

- ✓ Paramétrisations basées sur les résultats du modèle 2 flux de Wiscombe et Warren [1980].
- ✓ Prise en compte **implicite** de l'effet des impuretés (à travers une exponentielle décroissante fonction de l'âge de la couche)
- ✓ **3** bandes spectrales
- ✓ Calcul d'un rayon optique basée sur des variables descriptives de la forme de grains en cours de remplacement dans Crocus
- ✓ Pas de prise en compte de l'effet de l'angle zénithal solaire
- ✓ Une ou deux couches pour le calcul de l'albédo

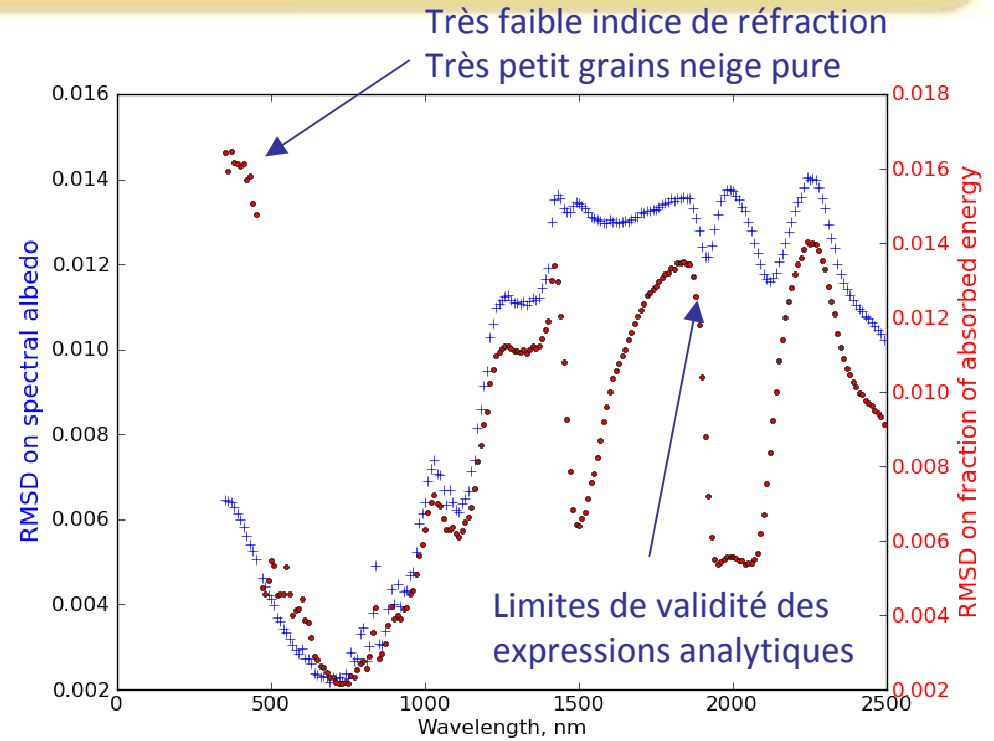
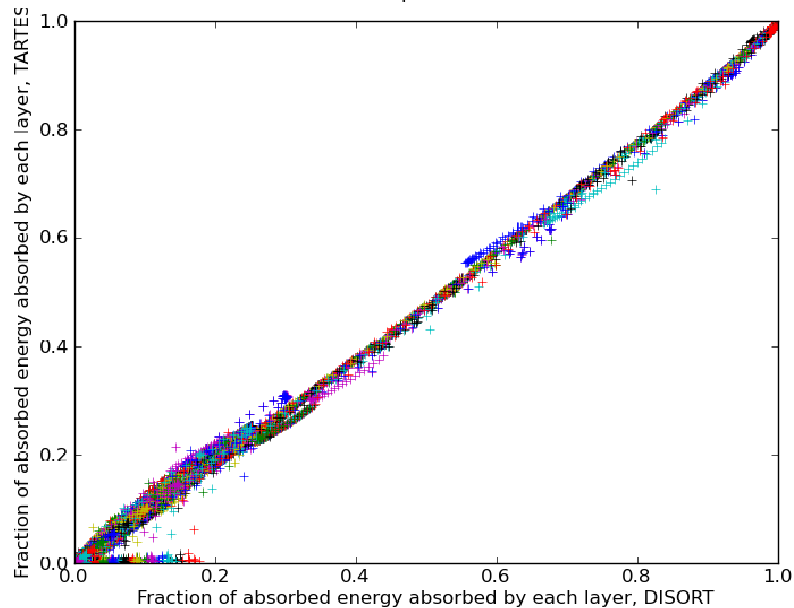
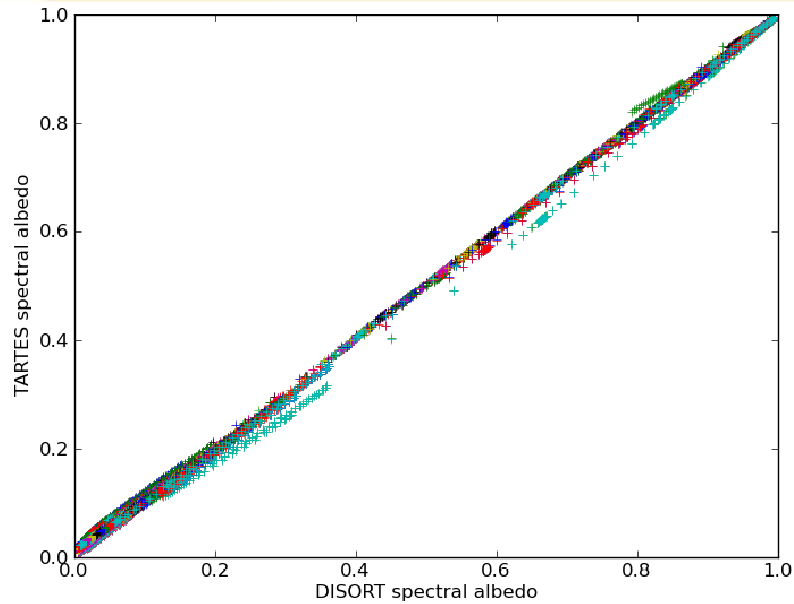


Two-stream Analytical Radiative TransfEr in Snow (TARTES) *[Libois et al., in prep]*

- ✓ Modèle deux flux (transfert radiatif) basé sur les équations analytiques dérivées de Kokhanovsky et Zege 2004 -> stratification exacte
- ✓ Prise en compte explicite de différents types d'impuretés
- ✓ Résolution spectrale 10 nm
- ✓ Possibilité de prendre en compte différentes formes de grains
- ✓ Prise en compte des caractéristiques angulaires du rayonnement incident



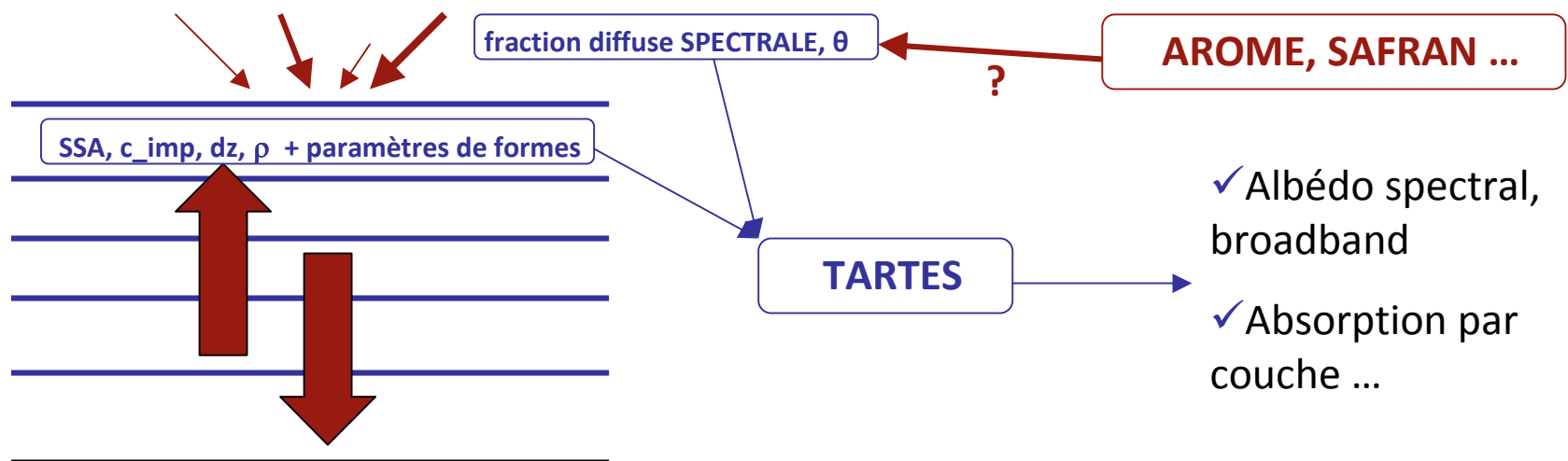
TARTES vs DISORT



- ✓ Tests sur 70 profils (variations tailles de grains, impuretés, angle solaire et épaisseur des couches)
- ✓ Accord très satisfaisant

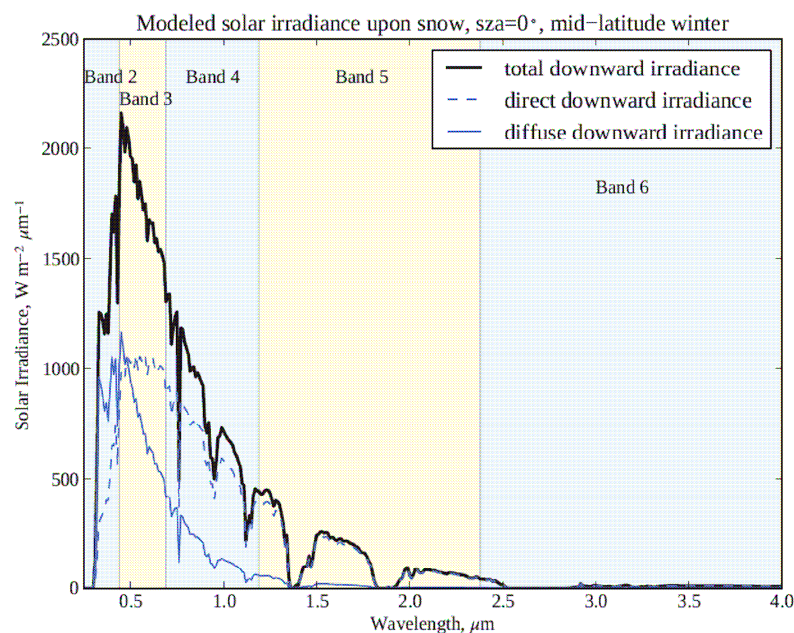
Two-stream Analytical Radiative TransfEr in Snow (TARTES) *[Libois et al., in prep]*

- ✓ Modèle deux flux (transfert radiatif) basé sur les équations analytiques dérivées de Kokhanovsky et Zege 2004 -> stratification exacte
- ✓ Prise en compte explicite de différents types d'impuretés
- ✓ Résolution spectrale 10 nm
- ✓ Possibilité de prendre en compte différentes formes de grains
- ✓ Prise en compte des caractéristiques angulaires du rayonnement incident



Modélisation de la répartition spectrale de l'irradiance solaire

... en attendant le couplage avec le modèle atmosphérique



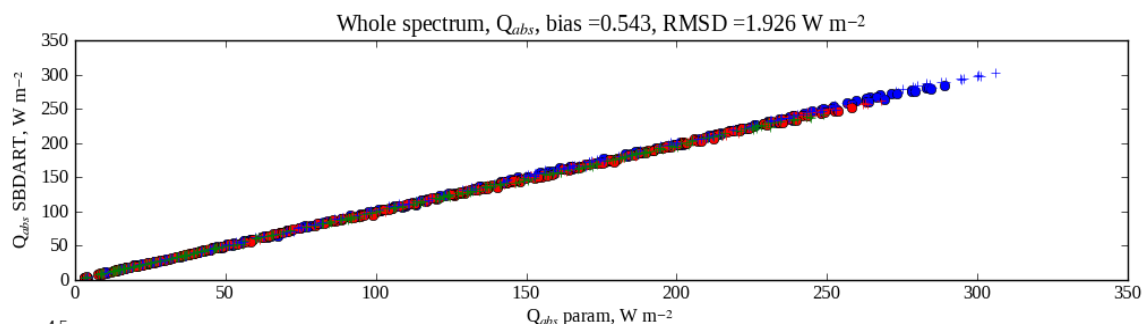
6 bandes (direct et diffus) d'AROME



Diagnostic de l'épaisseur optique de nuage (τ)



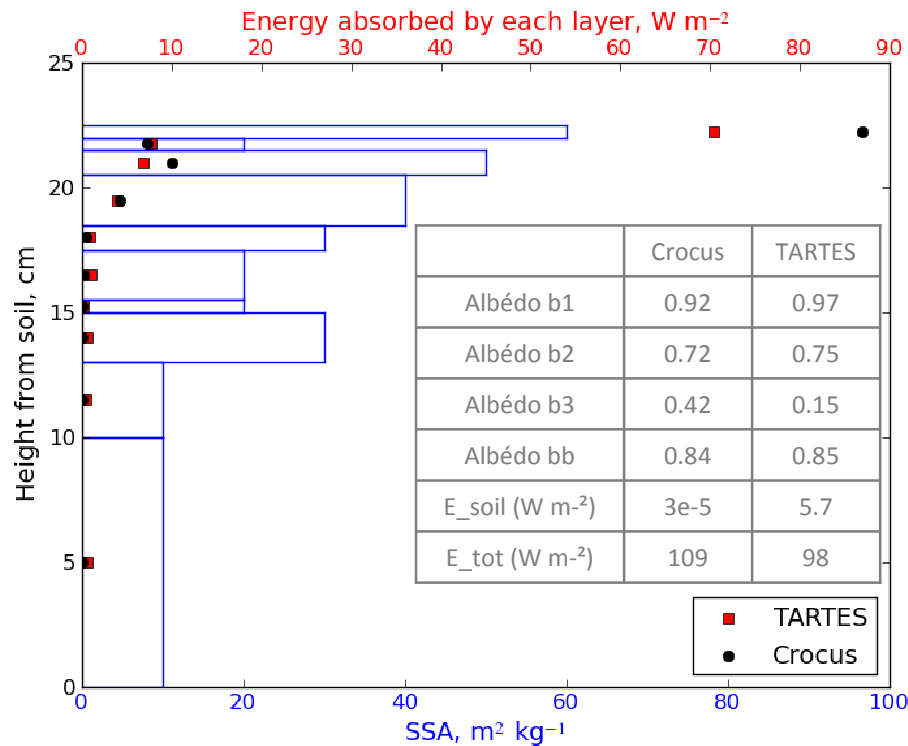
Paramétrisation spectrale pour le direct et le diffus $f(\theta, \tau)$ (développée sur la base du modèle SBDART, Richiazzi et al., 1998)



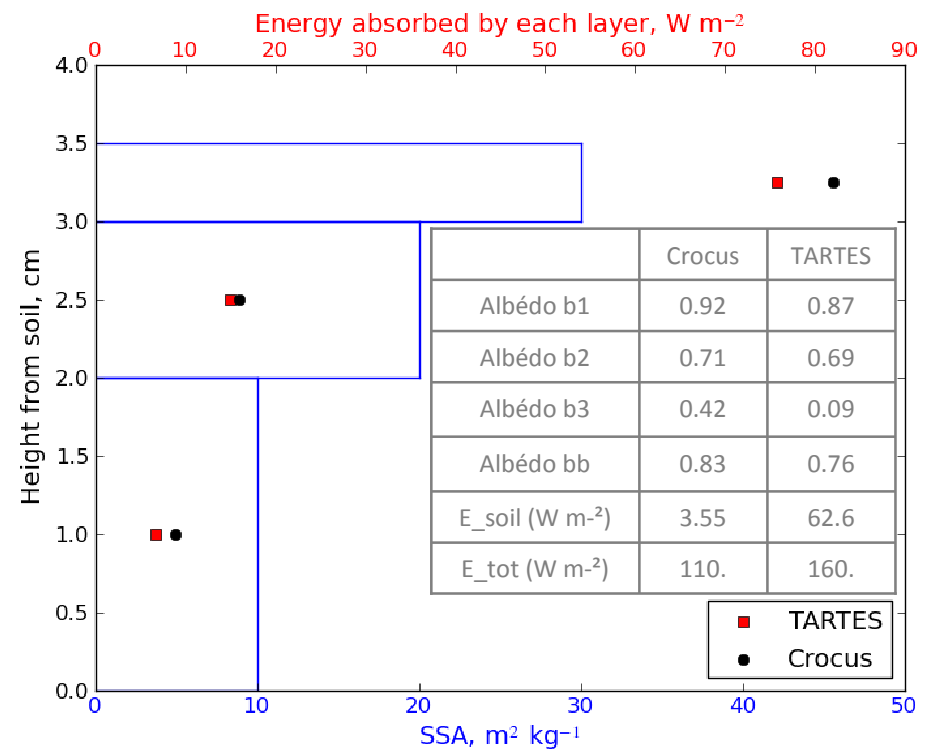
Bande	2	3	4	5
RMSD Q_{abs} $W m^{-2}$	0.012	0.09	2.18	1.63

Atmo+TARTES vs Crocus – Quelques exemples

Configuration permettant la comparaison à CROCUS : éclaircissement diffus, pas d'impuretés.



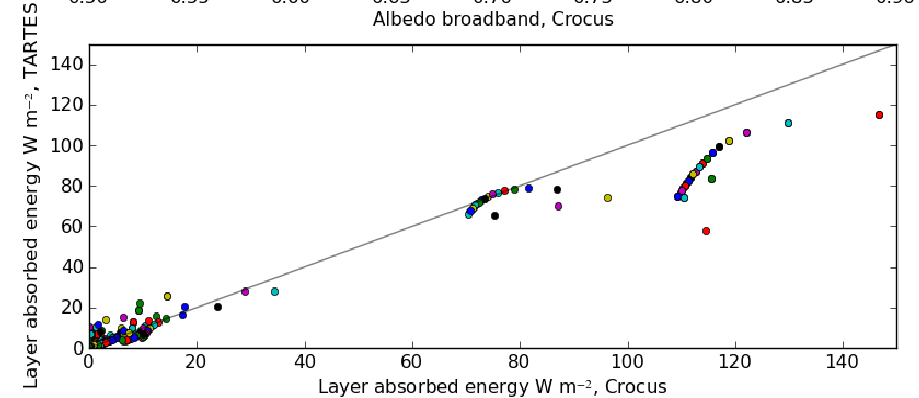
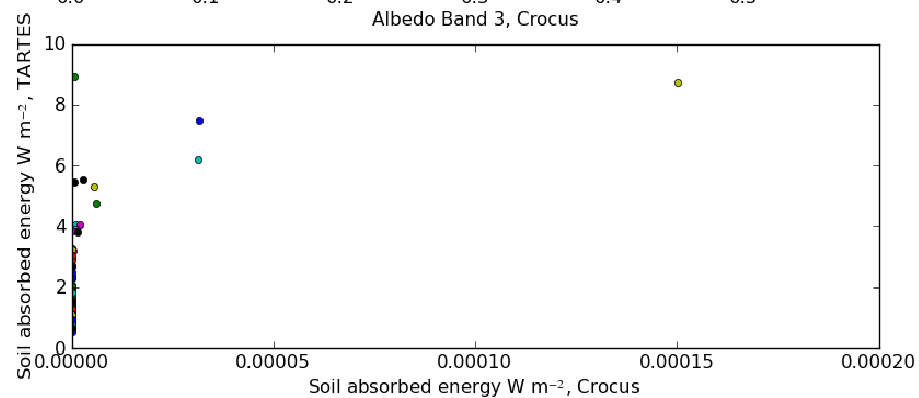
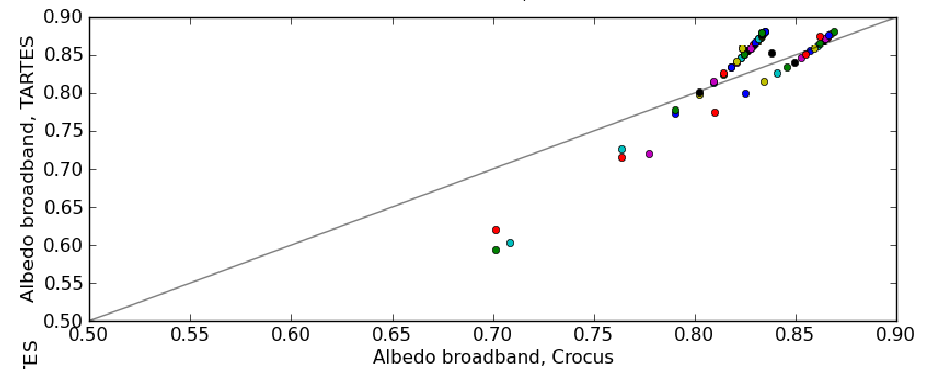
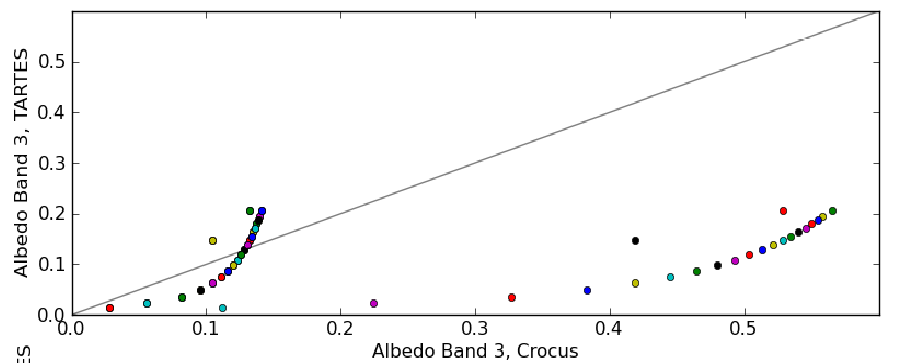
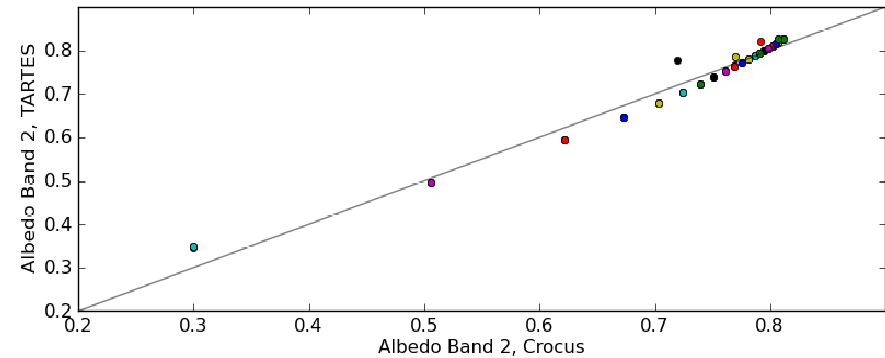
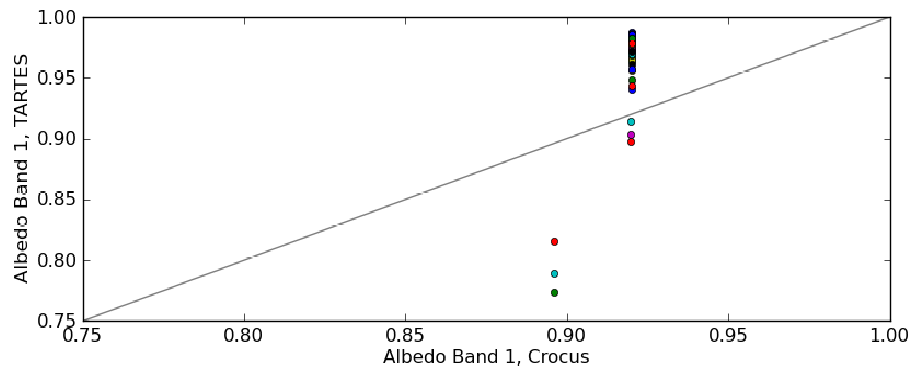
Epaisseur 22.5 cm, albédo sol 0.2



Epaisseur 3.5 cm, albédo sol 0.2

Atmo+TARTES vs Crocus

Configuration permettant la comparaison à CROCUS : éclairage diffus, pas d'impuretés.



Conclusions et perspectives

- ✓ Évaluation satisfaisante du module optique (atmo + TARTES) vs SBDART+DISORT (full radiative transfer) [évaluation sur la neige de ce dernier cf *Carmagnola et al., TCD, 2012*, attention aux simulations neige pure]
- ✓ Prise en compte explicite des impuretés, de la stratification et des caractéristiques du rayonnement incident
- ✓ Différences avec l'ancien schéma -> cohérence de celui-ci, effet attendu sur le métamorphisme, le profil de température.

Conclusions et perspectives

- ✓ Évaluation satisfaisante du module optique (atmo + TARTES) vs SBDART+DISORT (full radiative transfer) [évaluation sur la neige de ce dernier cf *Carmagnola et al., TCD, 2012*, attention aux simulations neige pure]
- ✓ Prise en compte explicite des impuretés, de la stratification et des caractéristiques du rayonnement incident
- ✓ Différences avec l'ancien schéma -> cohérence de celui-ci, effet attendu sur le métamorphisme, le profil de température

En cours

- ✓ Implémentation dans SURFEX/Isba-Crocus
- ✓ Validation terrain (mesure d'extinction et d'albédo spectraux continues dans le temps, Col de Porte)
- ✓ Évolution des impuretés dans le manteau neigeux, déposition

Conclusions et perspectives

- ✓ Évaluation satisfaisante du module optique (atmo + TARTES) vs SBDART+DISORT (full radiative transfer) [évaluation sur la neige de ce dernier cf *Carmagnola et al., TCD, 2012*, attention aux simulations neige pure]
- ✓ Prise en compte explicite des impuretés, de la stratification et des caractéristiques du rayonnement incident
- ✓ Différences avec l'ancien schéma -> cohérence de celui-ci, effet attendu sur le métamorphisme, le profil de température.

En cours

- ✓ Implémentation dans SURFEX/Isba-Crocus
- ✓ Validation terrain (mesures d'extinction et d'albédo spectral continues dans le temps, Col de Porte)
- ✓ Évolution des impuretés dans le manteau neigeux, déposition

Perspectives

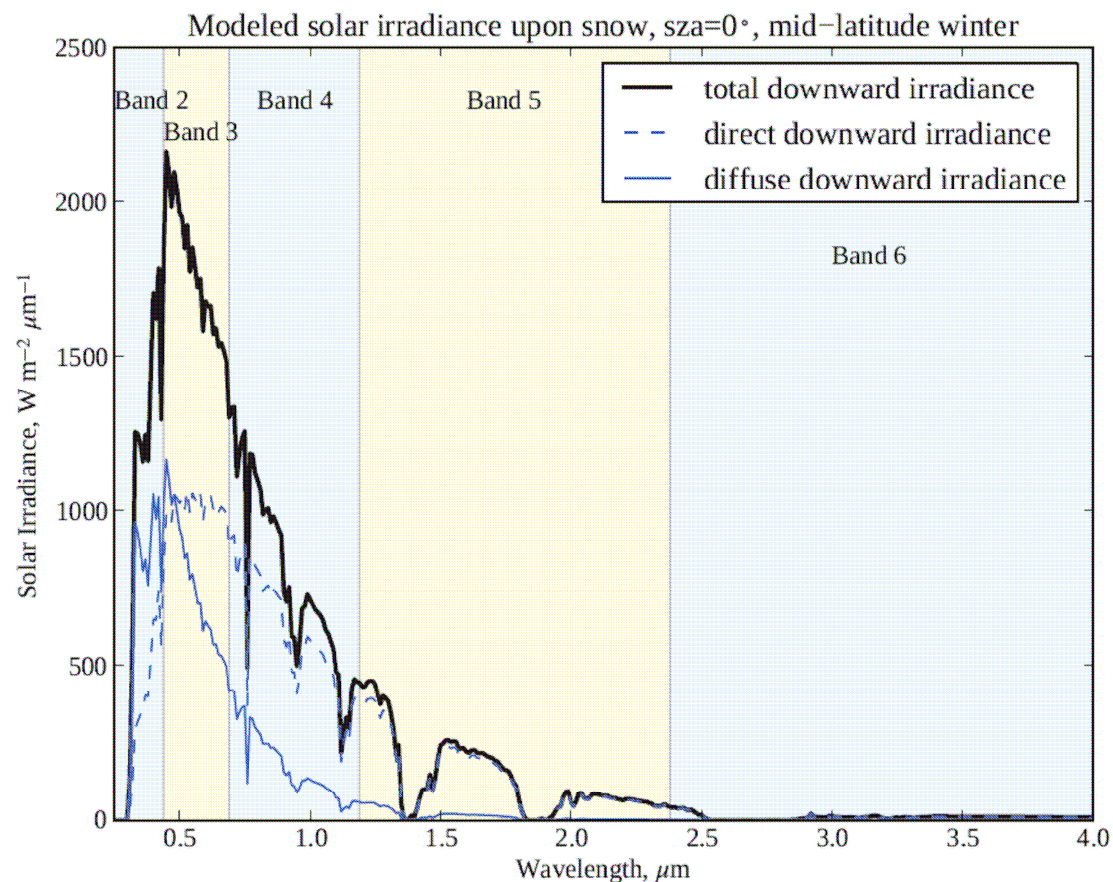
- ✓ Couplage à un modèle de chimie transport -> impact des aérosols sur la neige
- ✓ Modélisation physique -> possibilité d'assimilation de réflectances satellites sans opérateur d'observation compliqué et sans avoir besoin d'utiliser des produits (accumulation d'erreur), projet SPOT4-Take5
- ✓ Possibilité d'utiliser le schéma pour différents types de grains (prise en compte de l'effet de la forme)



Merci de votre attention

Modélisation de la répartition spectrale de l'irradiance solaire

... en attendant le couplage avec le modèle atmosphérique



6 bandes (direct et diffus) d'AROME

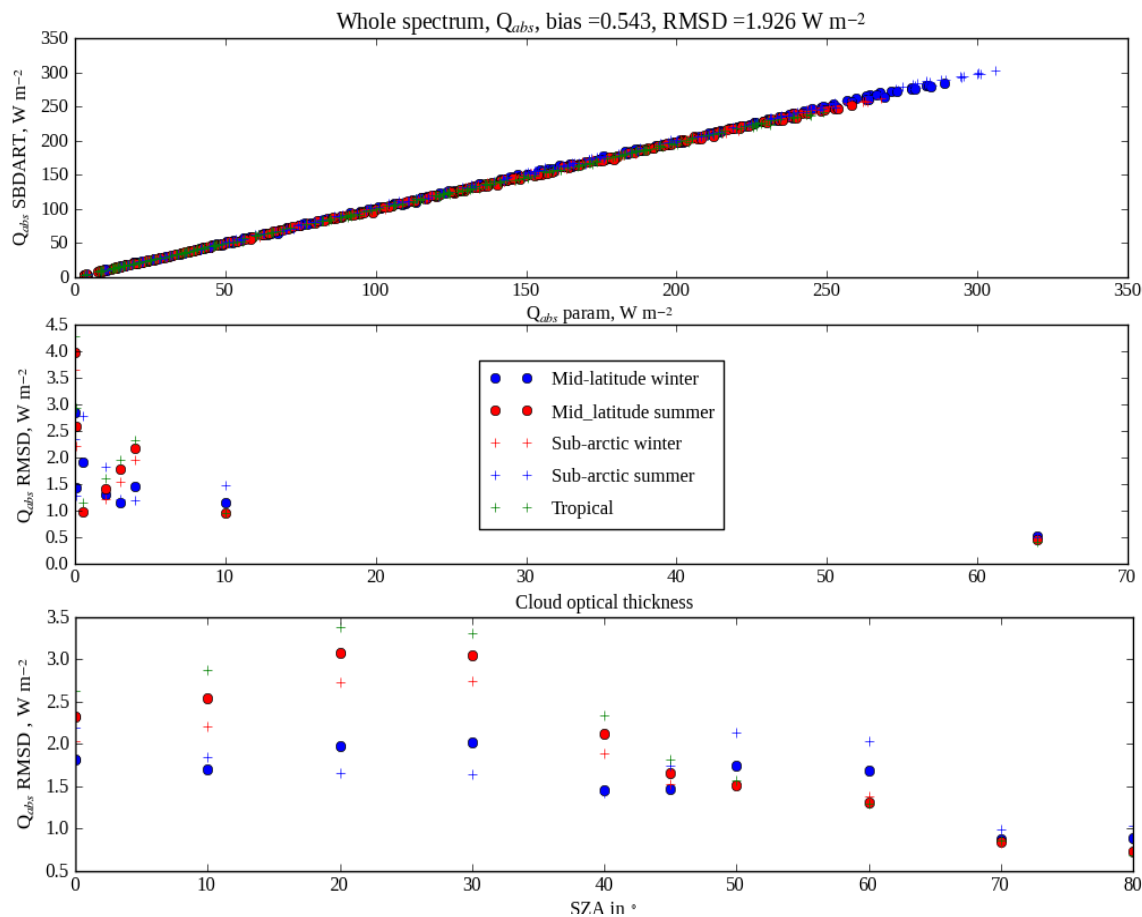
↓
Diagnostic de l'épaisseur optique de nuage (τ)

↓
Paramétrisation spectrale pour le direct et le diffus $f(\theta, \tau)$ (développée sur la base du modèle SBDART, Richiazzi et al., 1998)

$$Q_{dir}(\lambda, \theta) = Q_{AROME,dir} e^{f(\lambda, \mu)} h(\lambda)$$

$$h(\lambda) = \frac{Q_{dir}(\lambda, 0)}{\int_{\lambda_a}^{\lambda_b} Q_{dir}(\lambda, 0) d\lambda}$$

Evaluation de la partie atmosphérique (param vs SBDART)



Mid-lat hiver

Bande	2	3	4	5
RMSD Q_{abs} $W m^{-2}$	0.012	0.09	2.18	1.63

$r^2 > 0.999$

Accord satisfaisant sur
l'ensemble des profils testés