

Etude de l'impact des effets atmosphériques et de la résolution spatiale, sur l'estimation de l'Argile par Imagerie Hyperspectrale Vis-PIR (0.4-2.5µm)

C. Gomez¹, R. Oltra-Carrió², S. Bacha³, P. Lagacherie⁴ and X. Briottet⁵

¹ IRD, UMR LISAH, Montpellier, France

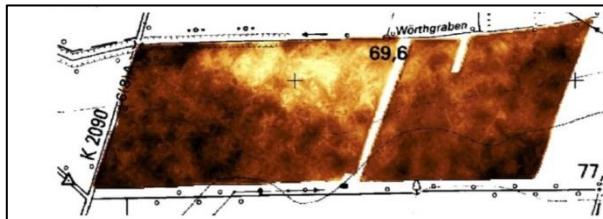
² CESBIO, Toulouse, France

³ CNCT, Tunis, Tunisie

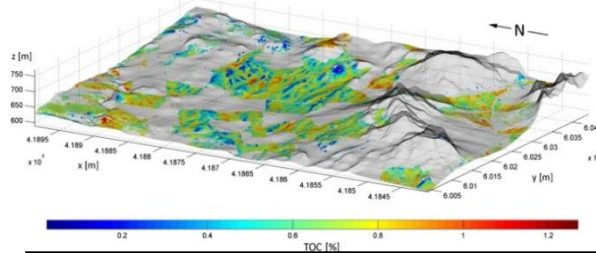
⁴ INRA, UMR LISAH, Montpellier, France

⁵ ONERA, Toulouse, France

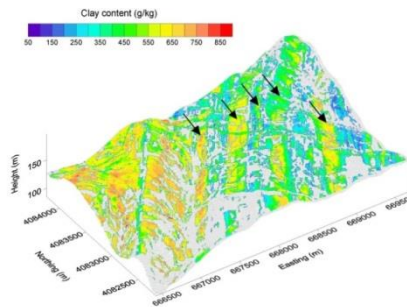
Augmentation de l'utilisation des données Hyperspectrales aéroportées



Carte de taux de sable obtenue à partir de données HyMap
(Selige et al., 2006)



Carte de taux de Carbone Organique obtenue à partir de données HyMap
(Schwanghart & Jarmer, 2011)



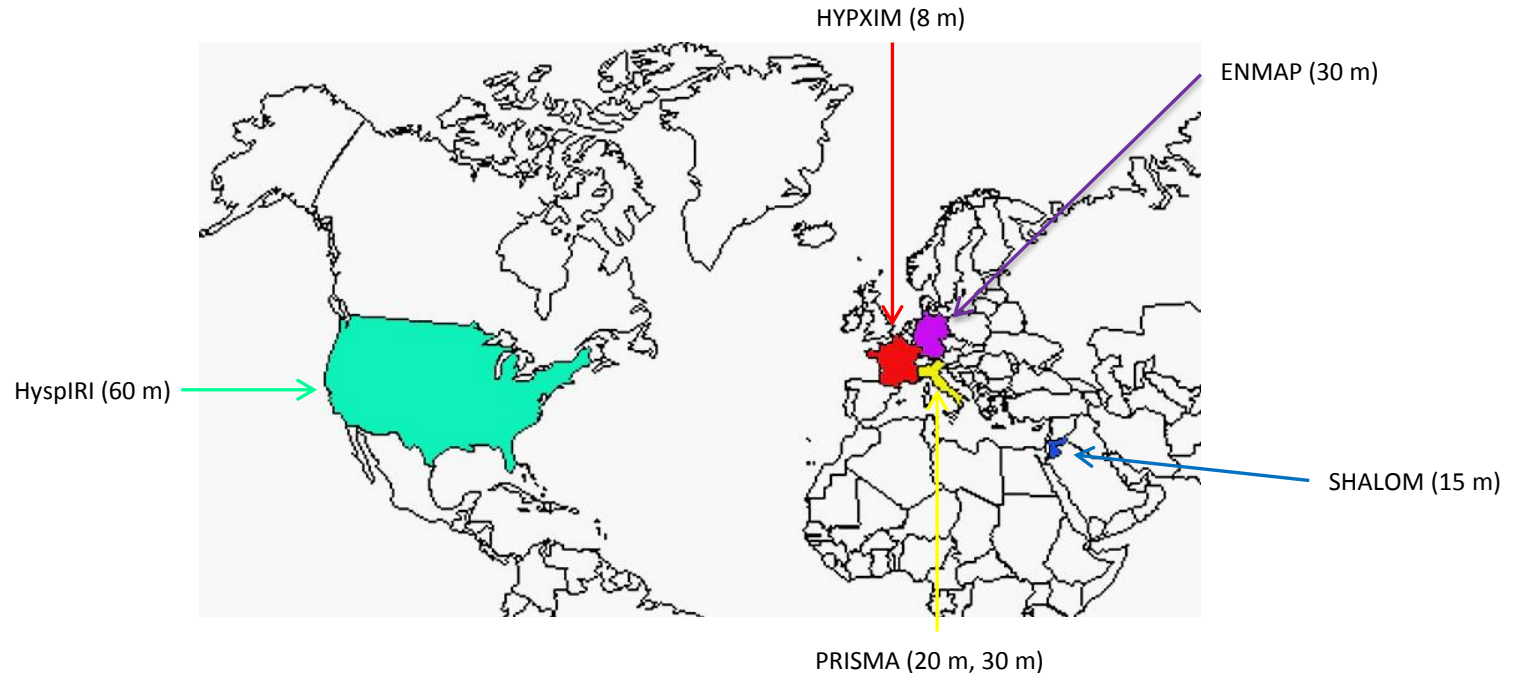
Carte de taux d'Argile obtenue à partir de données AISA-Dual
(Gomez et al, 2012)

Cartes à Haute résolution spatiale (environ 5 m) pouvant permettre :

- une étude des sols intra-parcellaire
- une utilisation des cartes comme paramètres de modèles environnementaux
- une meilleure cartographie pédologique des zones d'étude

Objectif scientifique

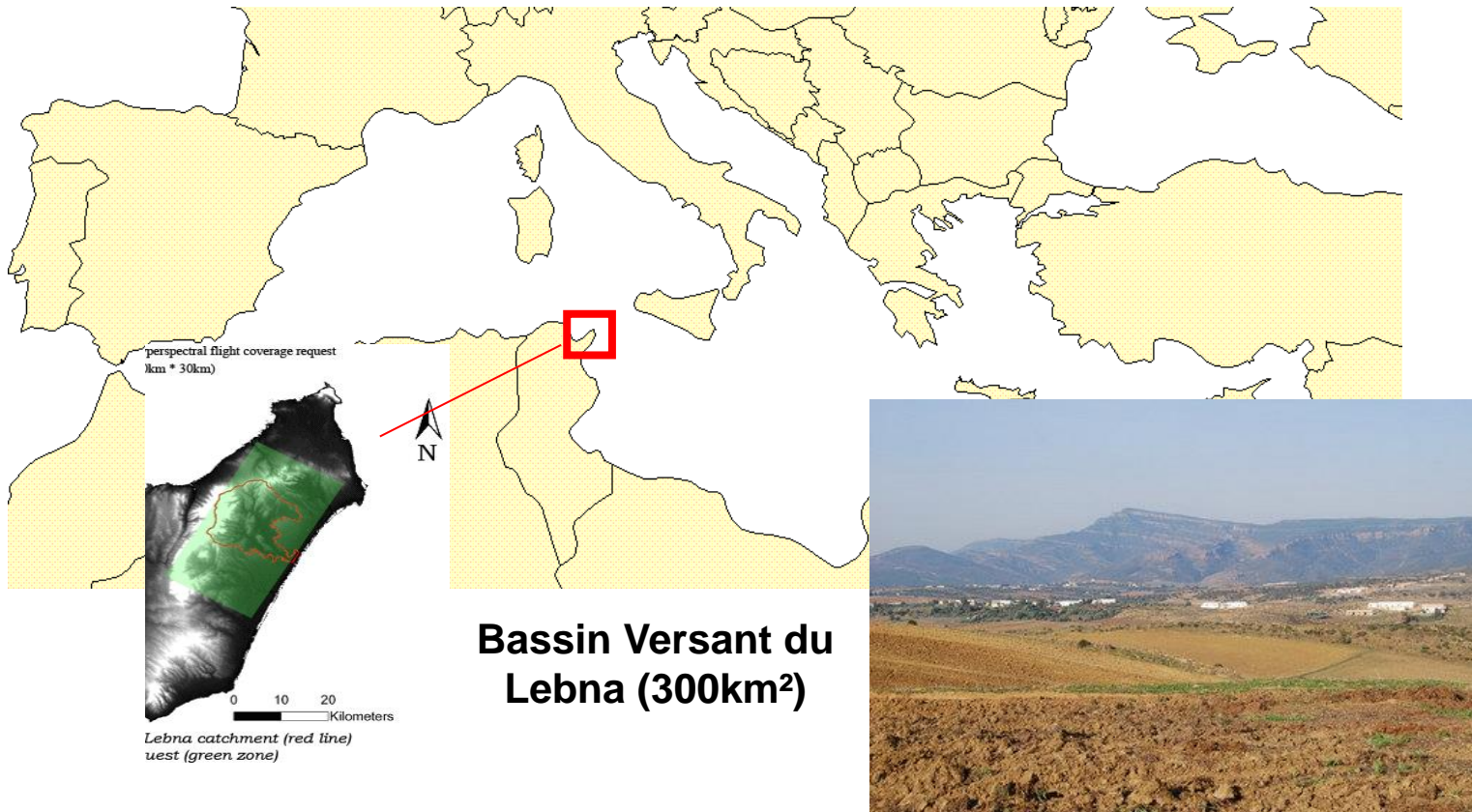
Anticiper le potentiel des futures missions spatiales Hyperspectrales pour la cartographie des propriétés de sol



Etude de l'impact sur l'estimation d'Argile :

- Des effets atmosphériques
- D'une dégradation de résolution spatiale

Site d'étude



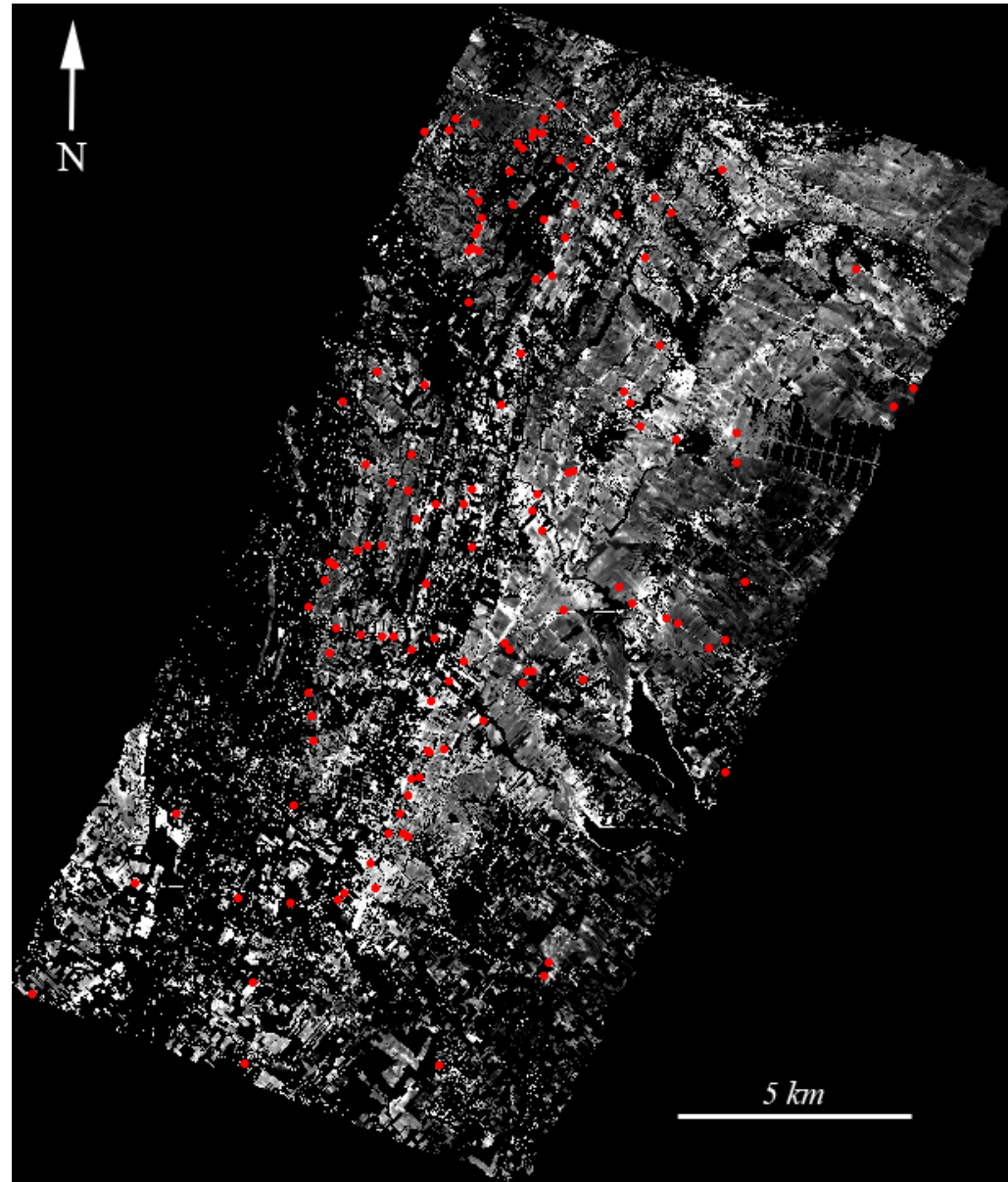
Base de Données

Image aéroportée hyperspectrale AISA-DUAL (2010) :

- 359 bandes spectrales entre 400 et 2500 nm
- Résolution spatiale : 5 m
- 47% de la zone couverte par des sols nus
- 300km² de superficie imagée

129 échantillons de sol récoltés sur des surfaces couvertes par du sol nu au moment de l'acquisition de l'image

Avec Analyse du Taux d'Argile (g/kg)



Base de Données

Image aéroportée hyperspectrale AISA-DUAL (2010) :

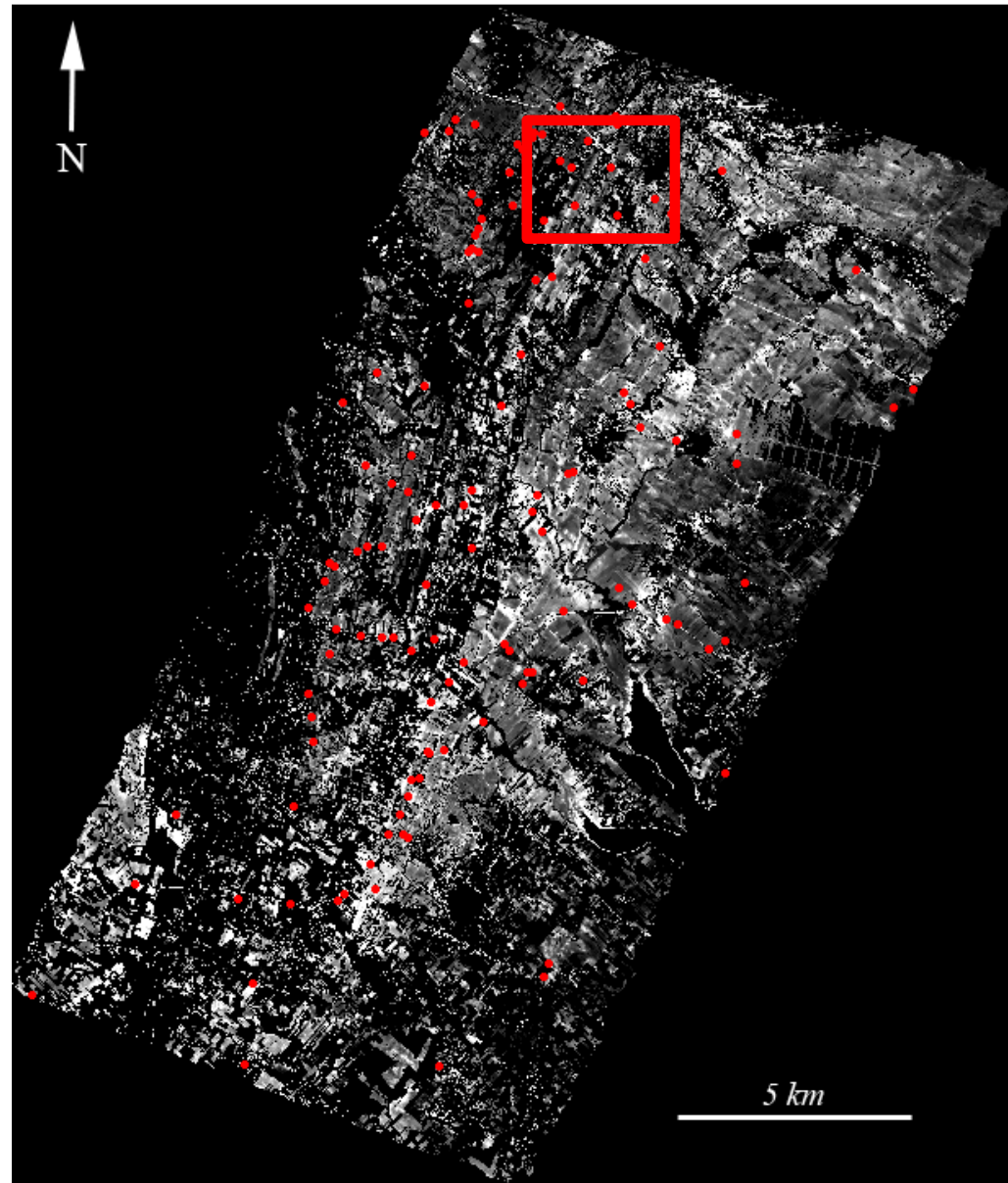
- 359 bandes spectrales entre 400 et 2500 nm
- Résolution spatiale : 5 m
- 47% de la zone couverte par des sols nus
- 300km² de superficie imagée

129 échantillons de sol récoltés sur des surfaces couvertes par du sol nu au moment de l'acquisition de l'image

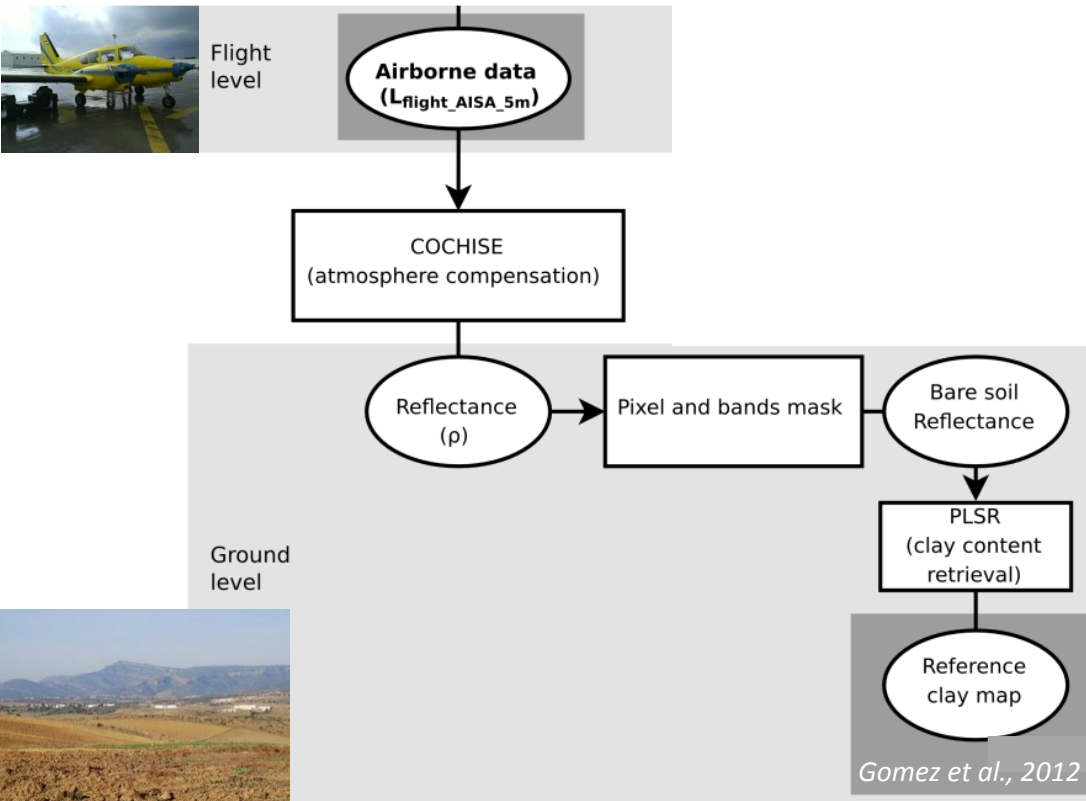
Avec Analyse du Taux d'Argile (g/kg)

Zone d'étude privilégiée :

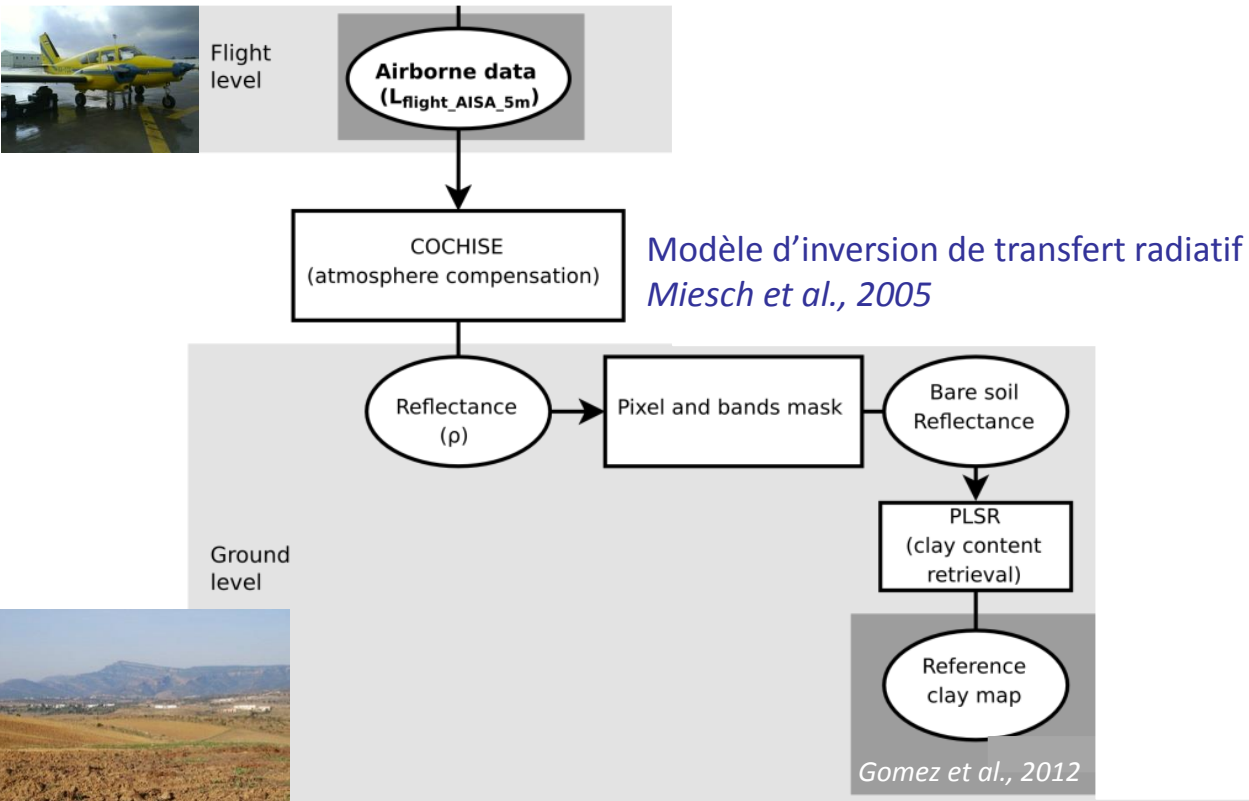
- Bassin versant de **Kamech** (6.7 km²)
- 43.4% de sol nu
- Forte variation pédologique à courte échelle (succession de bancs de grès et de marne)



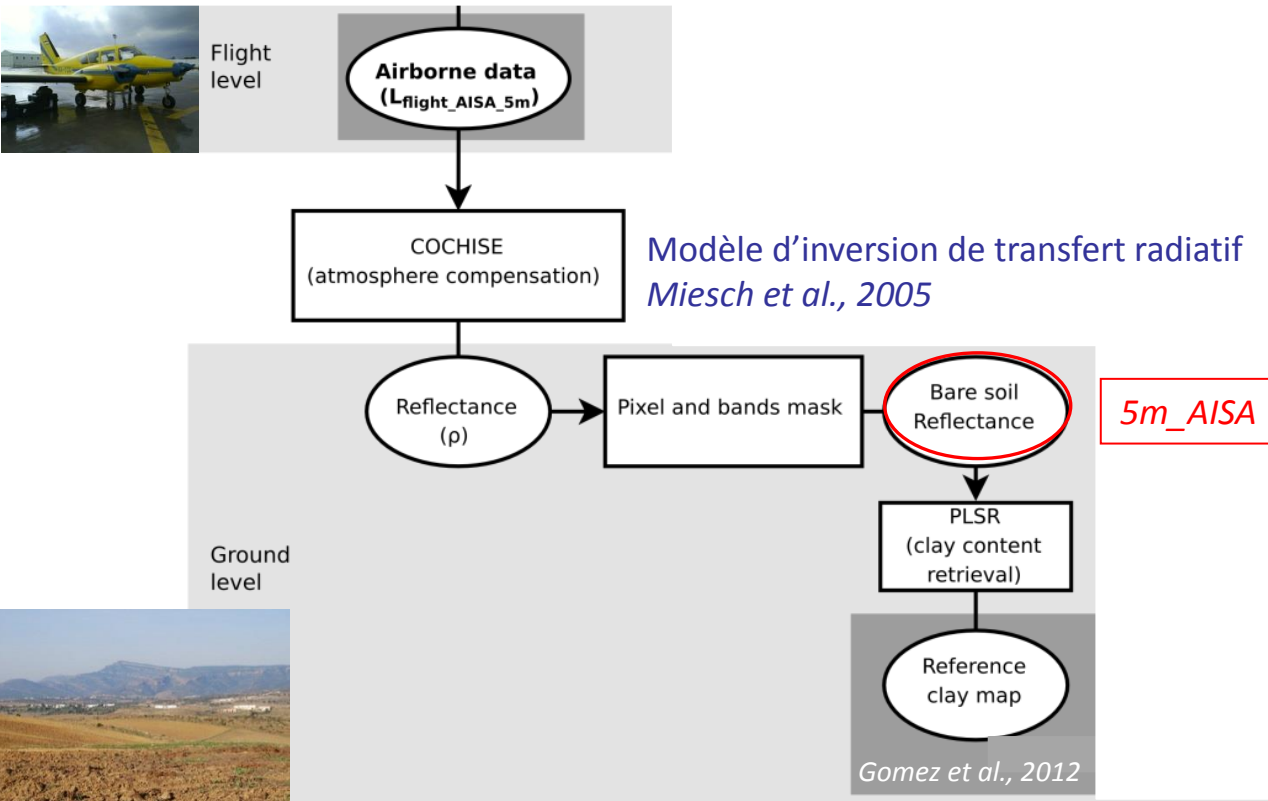
Méthodologie (1/3)



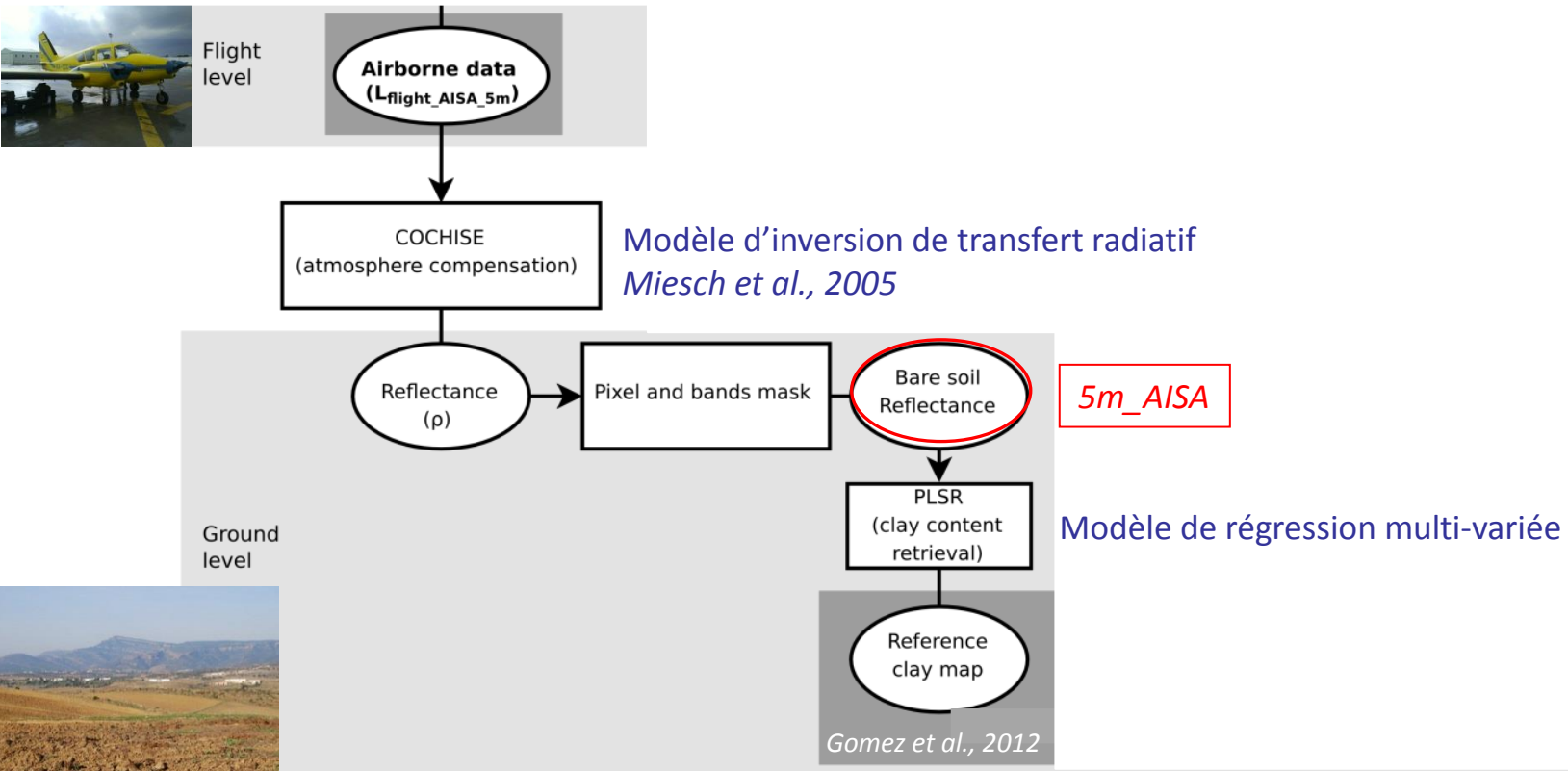
Méthodologie (1/3)



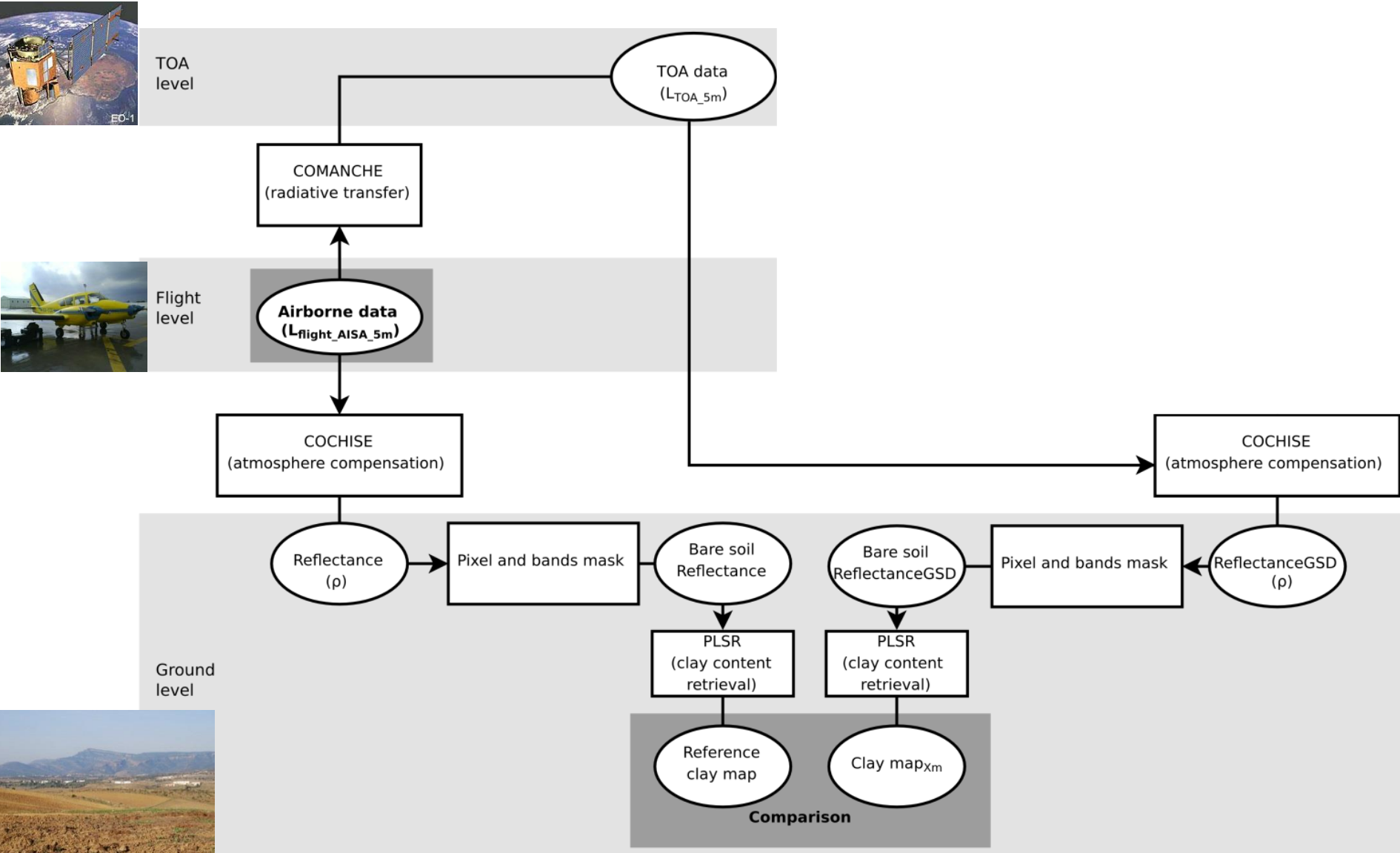
Méthodologie (1/3)



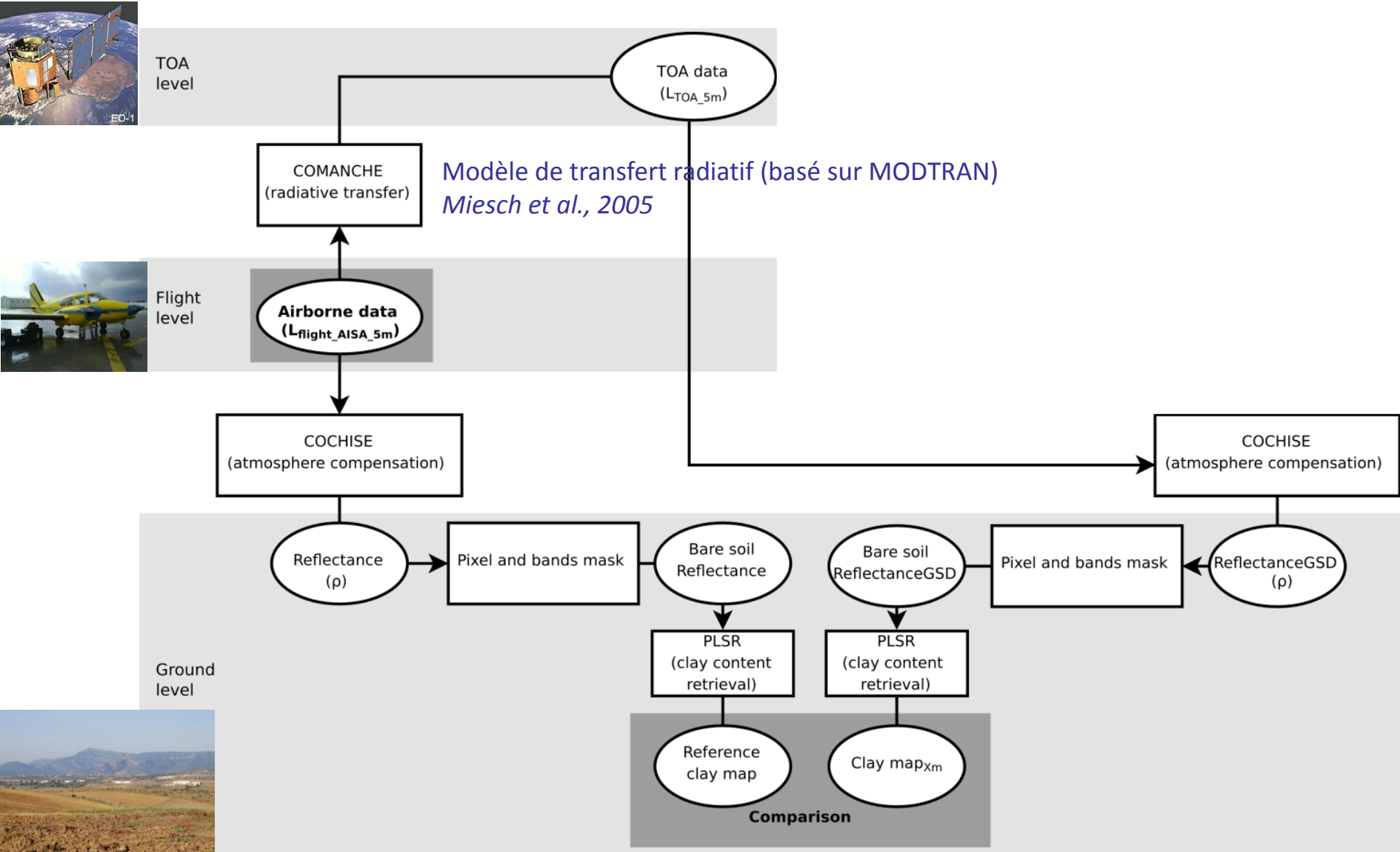
Méthodologie (1/3)



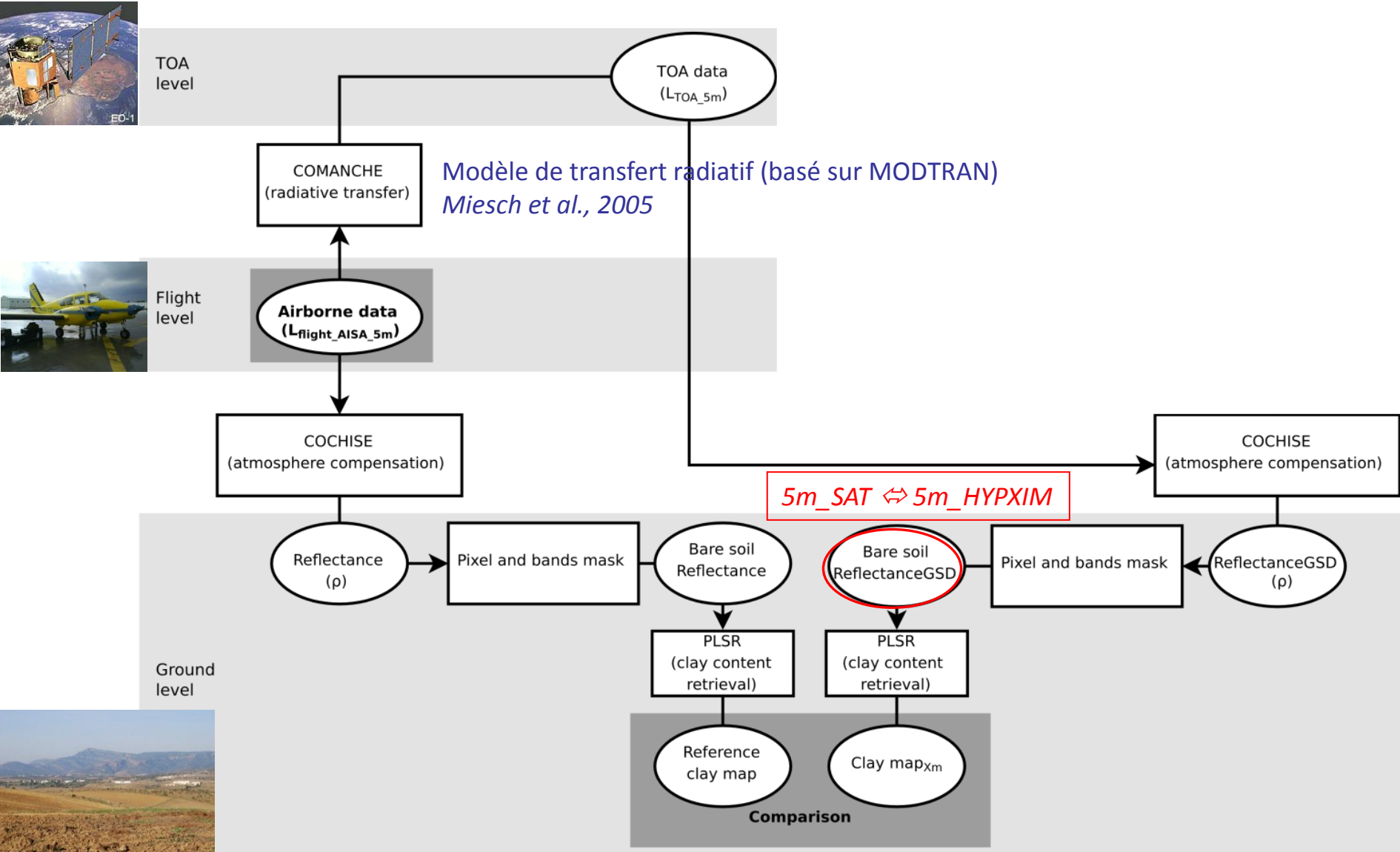
Méthodologie (2/3)



Méthodologie (2/3)

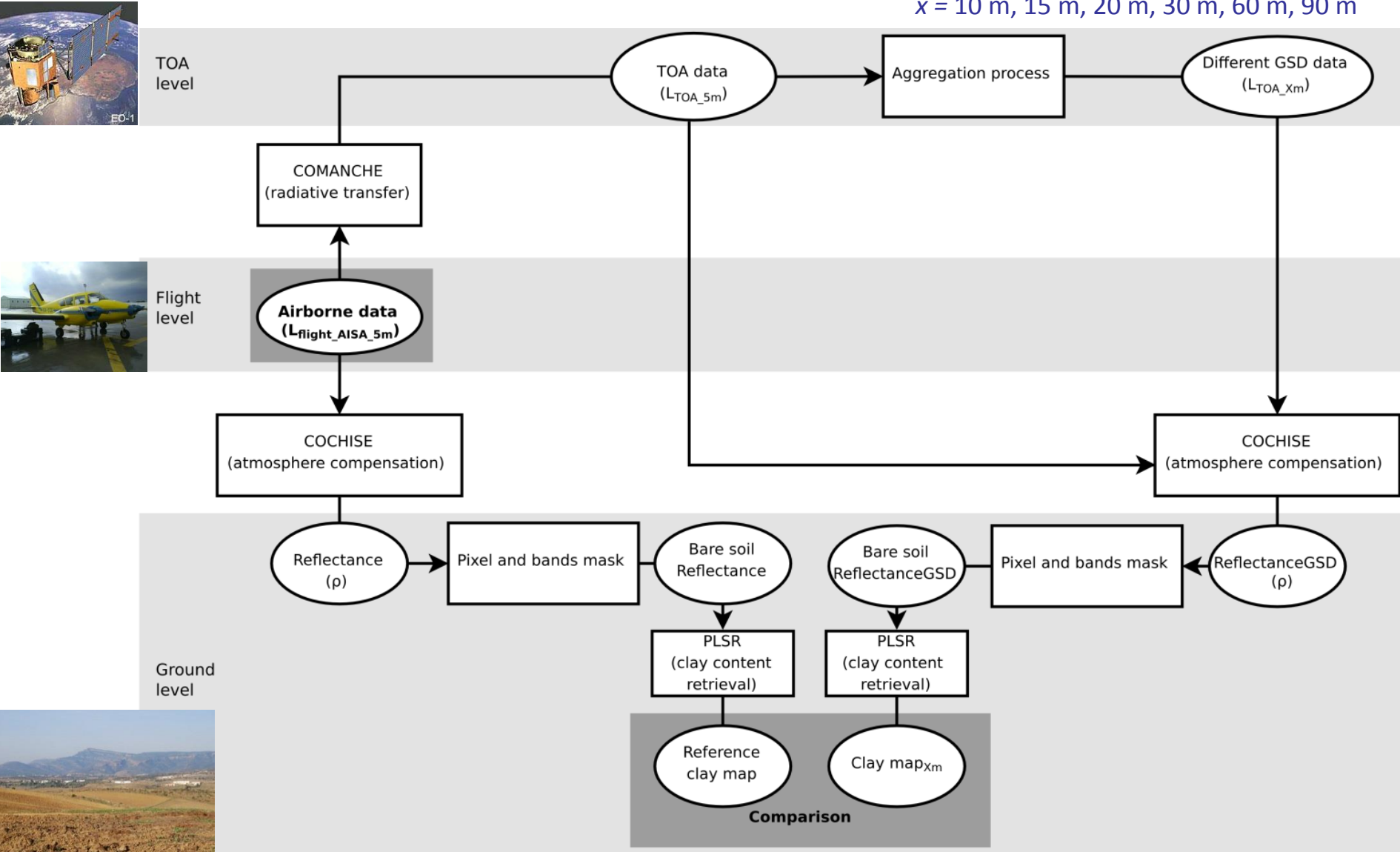


Méthodologie (2/3)



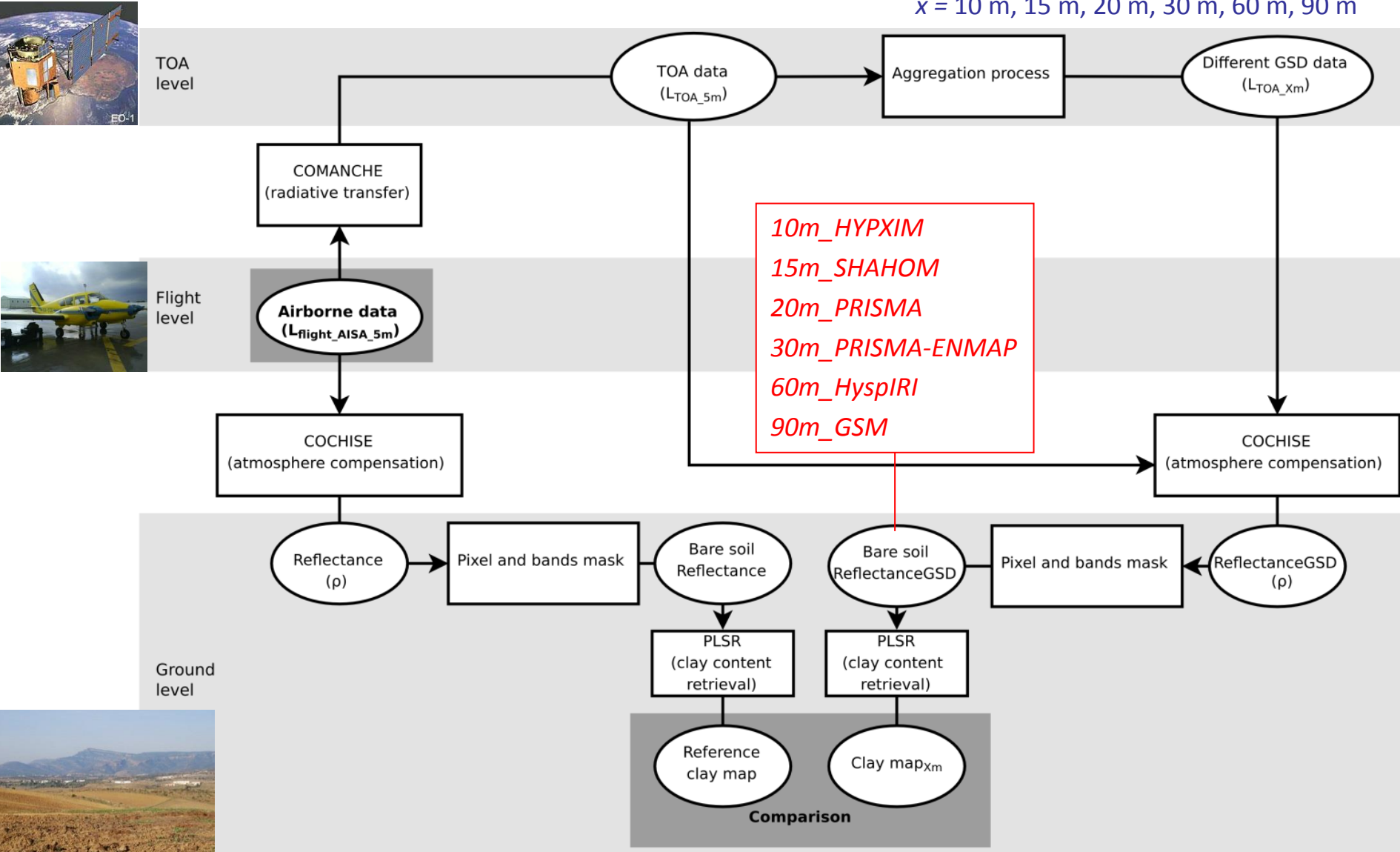
Méthodologie (3/3)

$x = 10 \text{ m}, 15 \text{ m}, 20 \text{ m}, 30 \text{ m}, 60 \text{ m}, 90 \text{ m}$



Méthodologie (3/3)

$x = 10\text{ m}, 15\text{ m}, 20\text{ m}, 30\text{ m}, 60\text{ m}, 90\text{ m}$



Sensibilité aux effets atmo

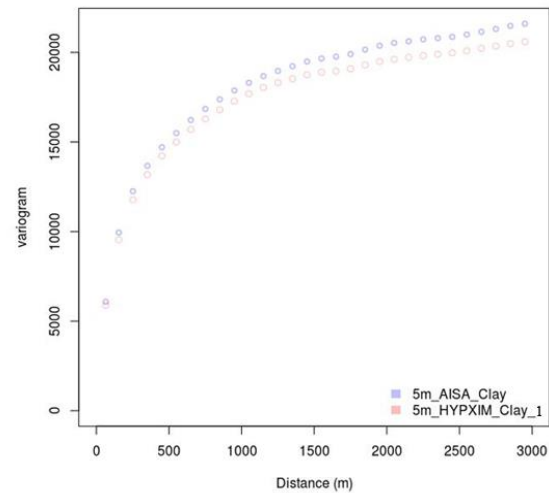
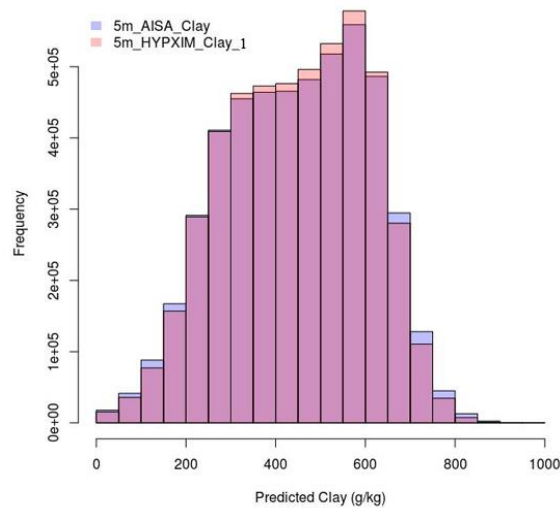
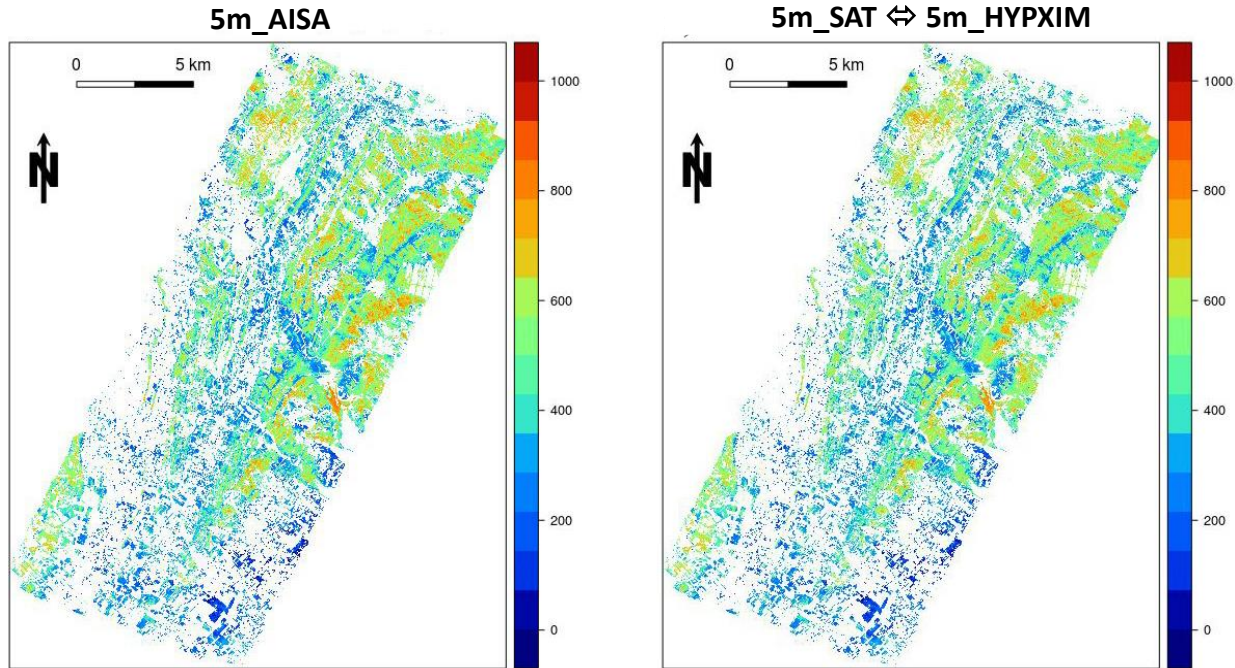
	Number of Calibration data	R^2_{cal}	RMSEC	Number of Validation data	R^2_{val}	RMSEP	RPD
5m_AISA	90	0,74	86 (g/kg)	30	0,75	86 (g/kg)	2
5m_SAT	90	0,74	86 (g/kg)	30	0,71	94 (g/kg)	1,9

⇒ Modèles de régression performants ($R^2_{val} > 0,7$)

⇒ Aucune différence de performance

⇒ A première vue, aucun impact de l'atmosphère

Sensibilité aux effets atmo



Sensibilité à la résolution spatiale

	Number of Calibration data	R^2_{cal}	RMSEC (g/kg)	Number of Validation data	R^2_{val}	RMSEP (g/kg)	RPD
5m_HYPXIM	62	0,68	99	20	0,71	90	1,9
10m_HYPXIM	62	0,71	94	20	0,6	105	1,6
15m_SHALOM	62	0,67	99	20	0,7	91	1,9
20m_PRISMA	62	0,72	91,22	20	0,81	73	2,3
30m_PRISMA-ENMAP	62	0,66	100	20	0,7	90	1,9
60m_HyspIRI	67	0,21	156	0			
90m_GSM	65	0,36	135	0			

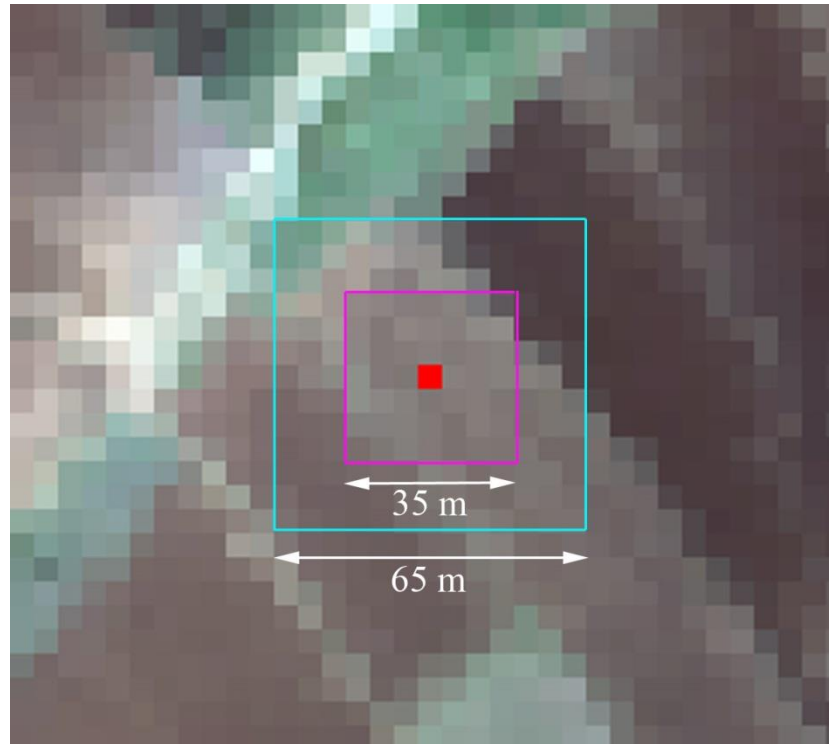
1

2

2 Groupes de capteurs :

- Résolution de 5 à 30m
 ⇒ Modèles de régression performants ($R^2_{val} > 0,6$)
 ⇒ Pas de différence significative de performance
- Résolution > 30m
 ⇒ Performances faibles. Pas de cartographie possible

Sensibilité à la résolution spatiale

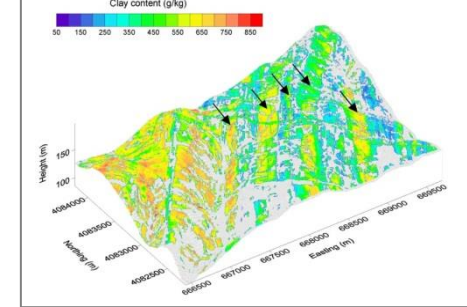
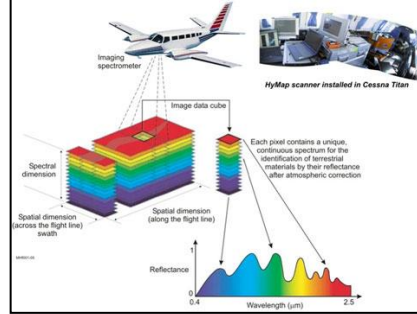


Conclusion

- Pas d'impact des effets atmosphériques après correction par COCHISE
- Performances de cartographie d'Argile similaires de 5 à 30 m de résolution spatiale...
.... avec perte de finesse des limites de bancs de marne à partir de 20m.
- Satellites Hyperspectraux à des résolutions supérieures à 30m ne permettront pas de cartographier les taux d'argile

Perspectives

- Etendre l'étude à d'autres propriétés de sol et d'autres contextes pédologiques.
- Etudier la sensibilité à la résolution spectrale pour l'estimation de propriétés de sol (*projet TOSCA 2014-2015 en cours*).

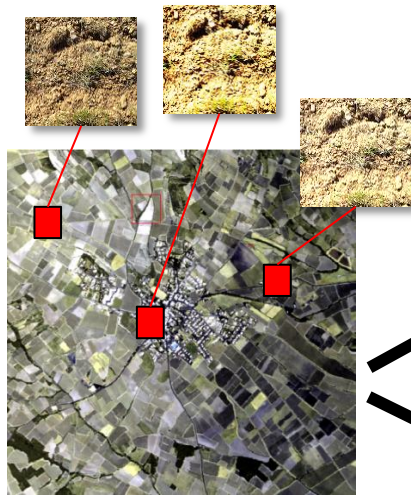


Merci de votre attention

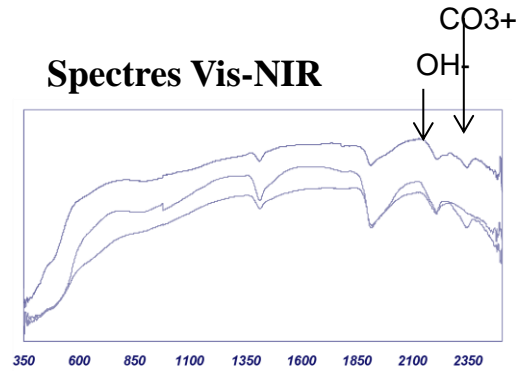
Cette recherche a été financé par :

- TOSCA-CNES « HUMPER - Mission HYPXIM : Apport de la résolution spatiale de la mission HYPXIM pour l'étude des propriétés pérennes des sols et de leur humidité de surface » 2013-2014.
- ANR-Blanc DIGISOL-HYMED 2009-2012

Modèle de régression (1/2)



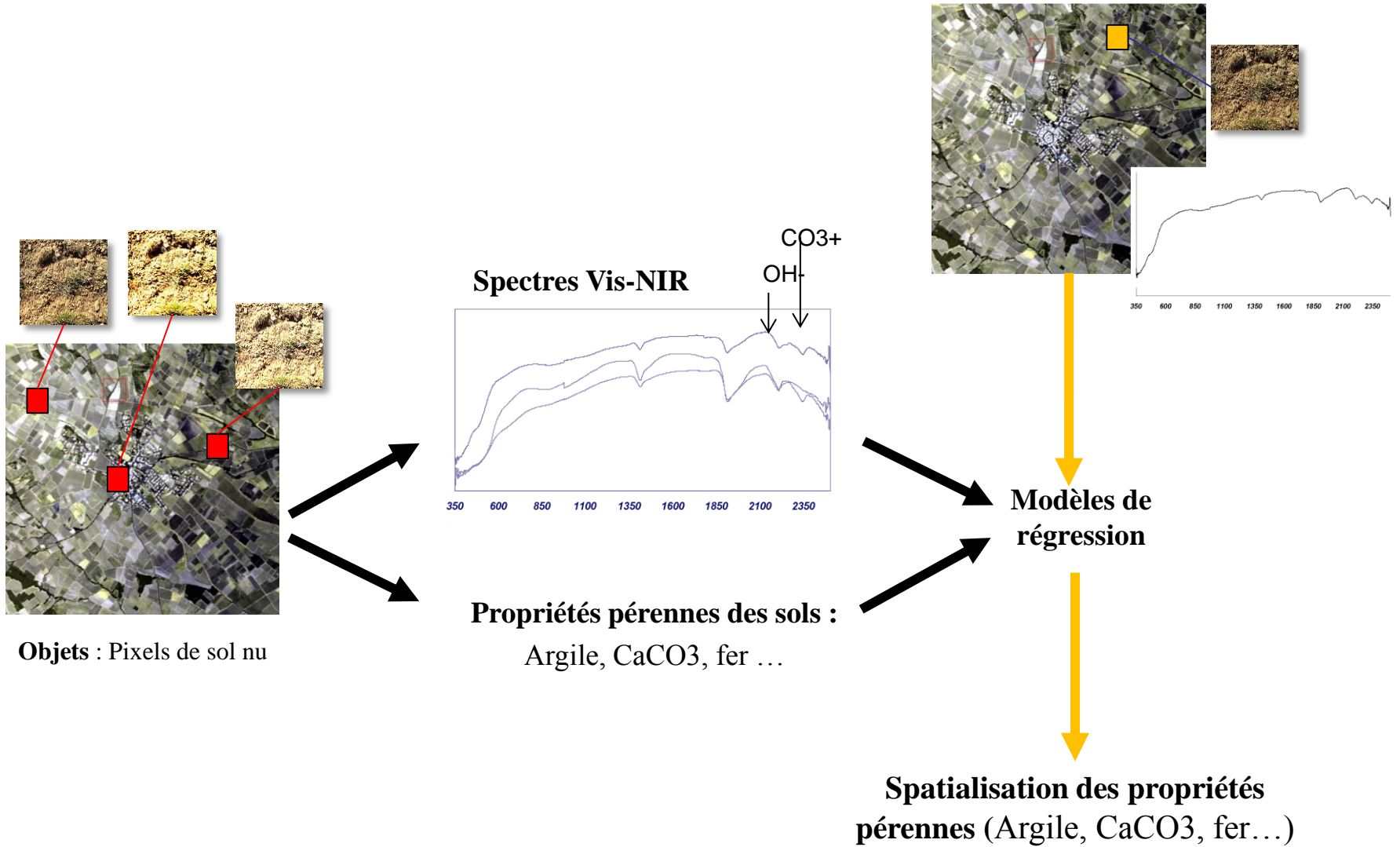
Objets : Pixels de sol nu



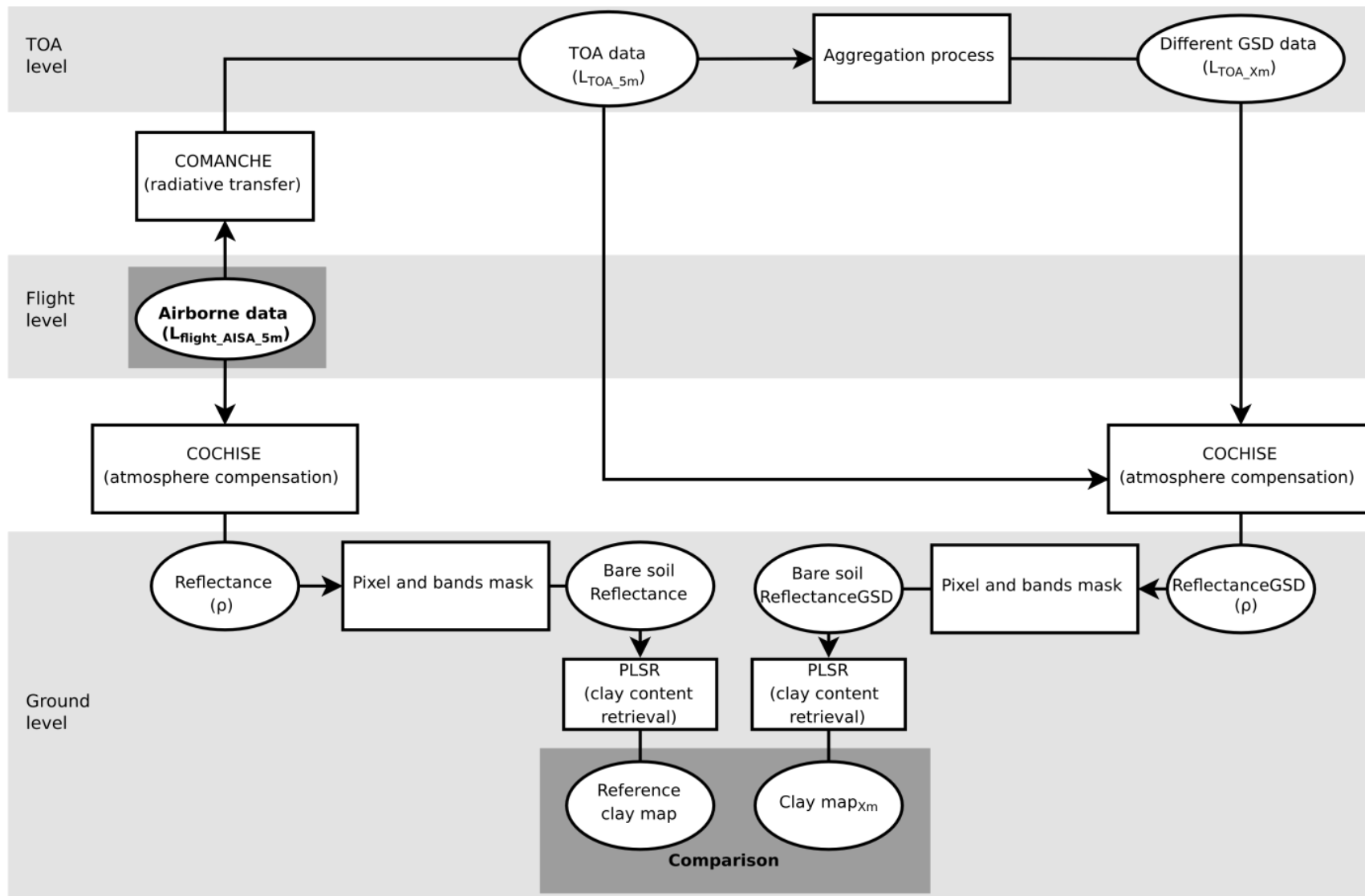
Propriétés pérennes des sols :
Argile, CaCO₃, fer ...

Modèles de
régression

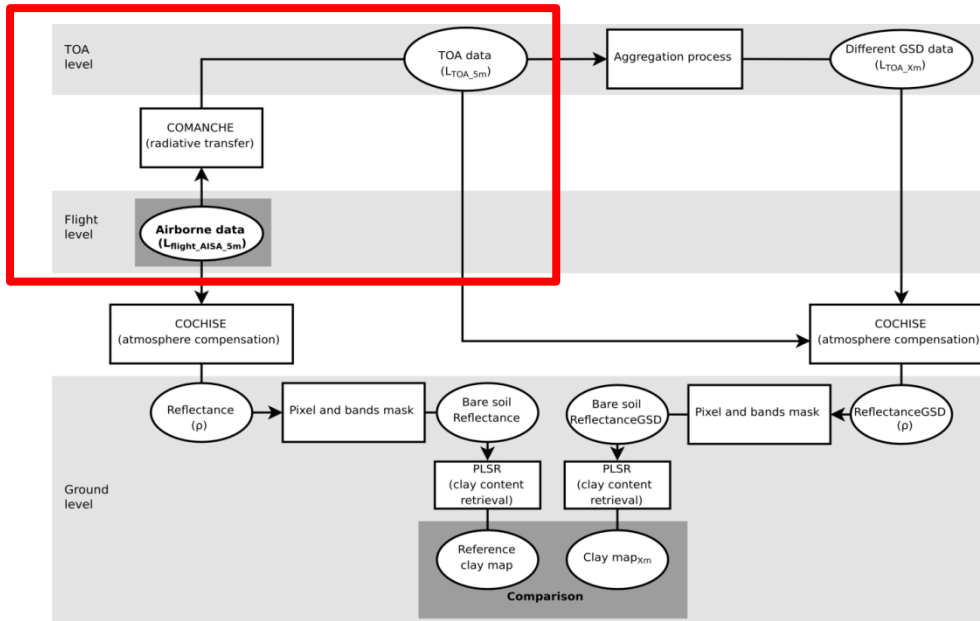
Modèle de régression (2/2)



Methodology



Methodology: TOA radiances



$$L_{TOA_5m} = (\tau_{dir} + \tau_{dif}) L_{flight_AISA_5m} + L_{atm}$$

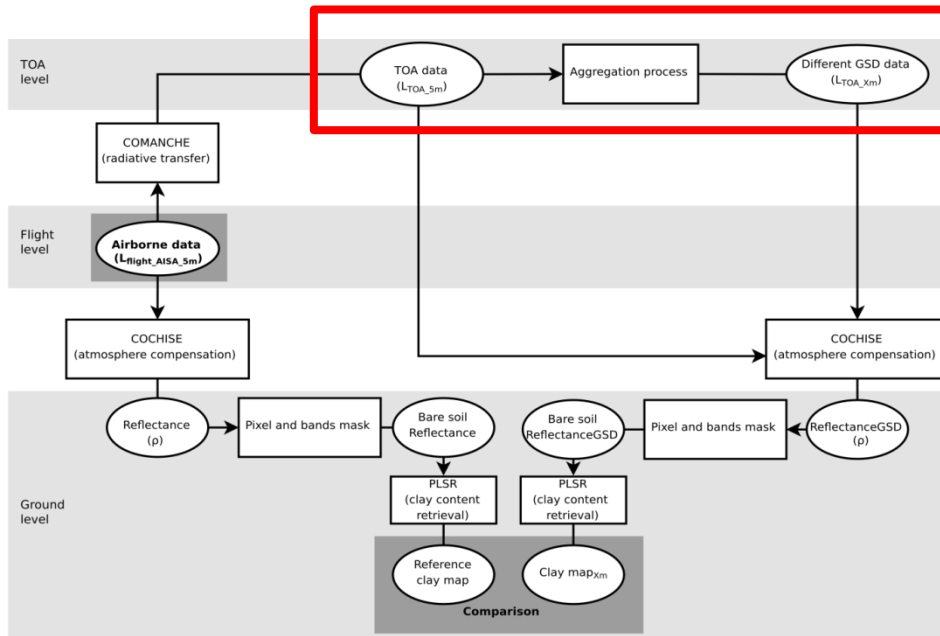
τ_{dir} : Atmospheric direct transmittance
 τ_{dif} : Atmospheric diffuse transmittance
 L_{atm} : Upwelling atmospheric radiance

Direct radiative transfer model **COMANCHE*** (using MODTRAN 4** radiative transfer code)

*Miesch et al., (2005). Direct and inverse radiative transfer solutions for visible and near-infrared hyperspectral imagery. *IEEE TGRS*, 437(7):1552-1562.

**Berk et al., (1999). MODTRAN 4 radiative transfer modeling for atmospheric correction. *Opt. Spectr. Tech. and Instr. for Atm. and Space Res. III*, 3756:348-253

Methodology: Aggregation process



The new aggregated pixels (L_{TOA_xm}) were obtained by averaging all the pixels values that contributed to the output pixel ($L_{TOA_5m,i}$)

$$L_{TOA_xm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{TOA_5m,i}$$

$$\Omega_{agg} L_{TOA_xm} = \sum_{i=1}^N \Omega_i L_{TOA_5m,i}$$

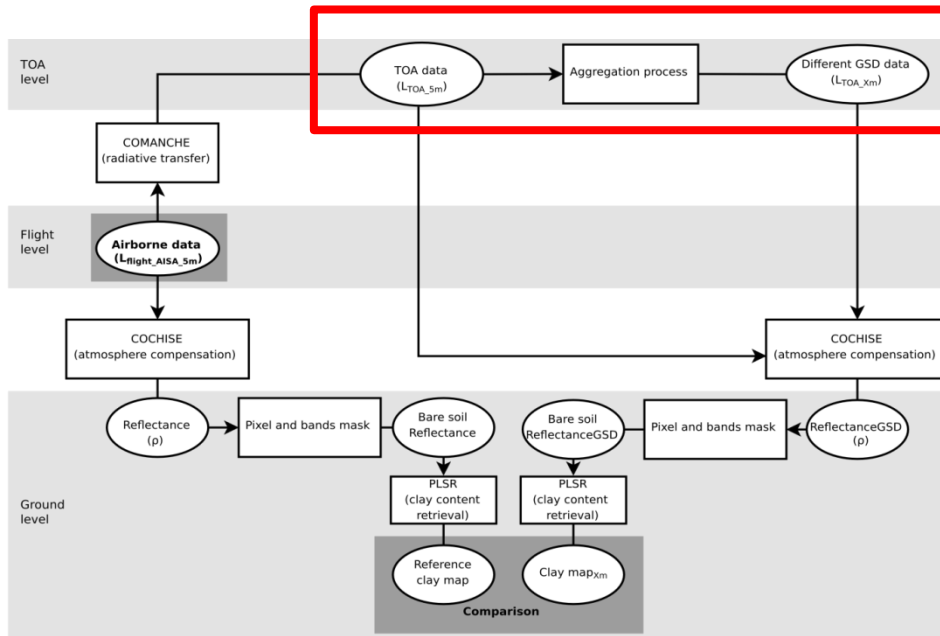
$$\Omega_{agg} = N \Omega_i$$

$x = 10 \text{ m}, 15 \text{ m}, 20 \text{ m}, 30 \text{ m}, 60 \text{ m}, 90 \text{ m}$

Ω_i is the solid angle corresponding to the IFOV of the original image

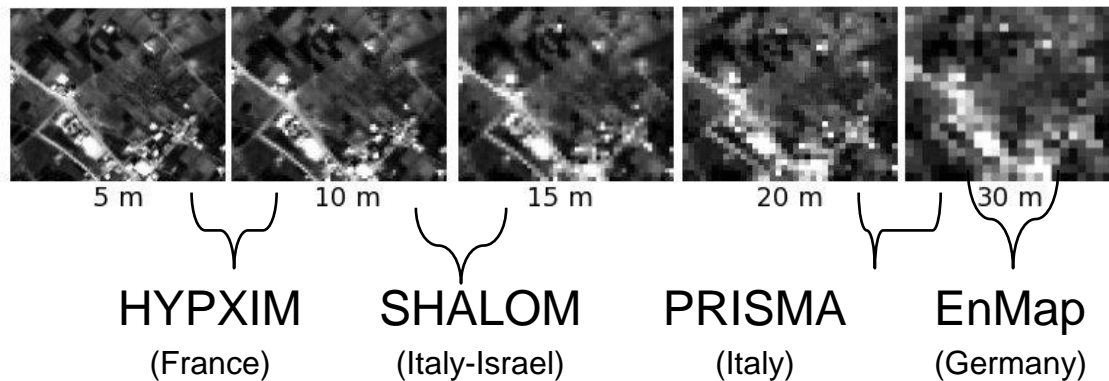
Ω_{agg} is the solid angle corresponding to the IFOV of the aggregated image

Methodology: Aggregation process



The new aggregated pixels (L_{TOA_xm}) were obtained by averaging all the pixels values that contributed to the output pixel ($L_{TOA_5m,i}$)

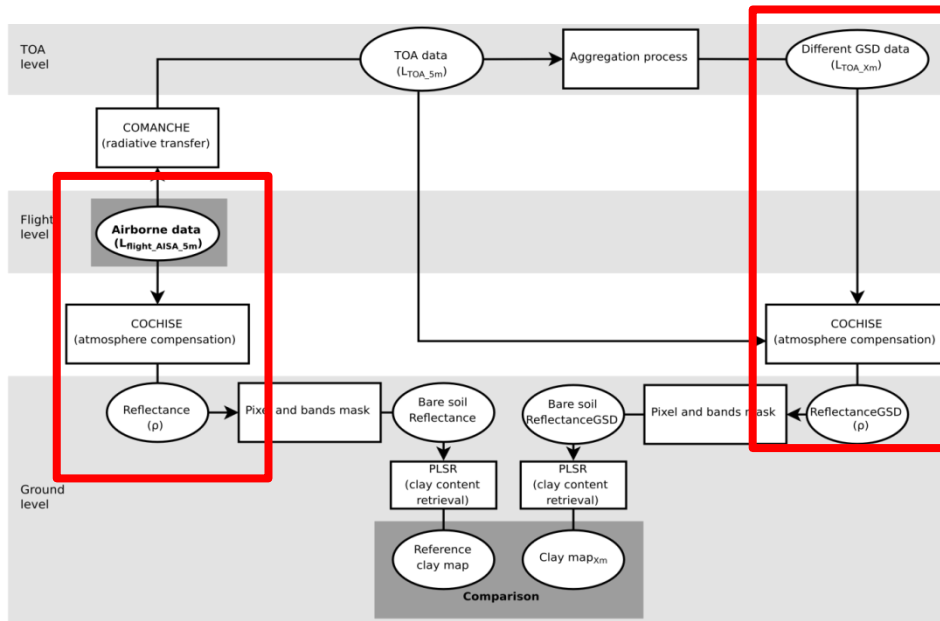
$$L_{TOA_xm} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{TOA_5m,i}$$



60 m: HypsIRI (USA)

90 m: Global Soil Map project

Methodology: Atmospheric compensation

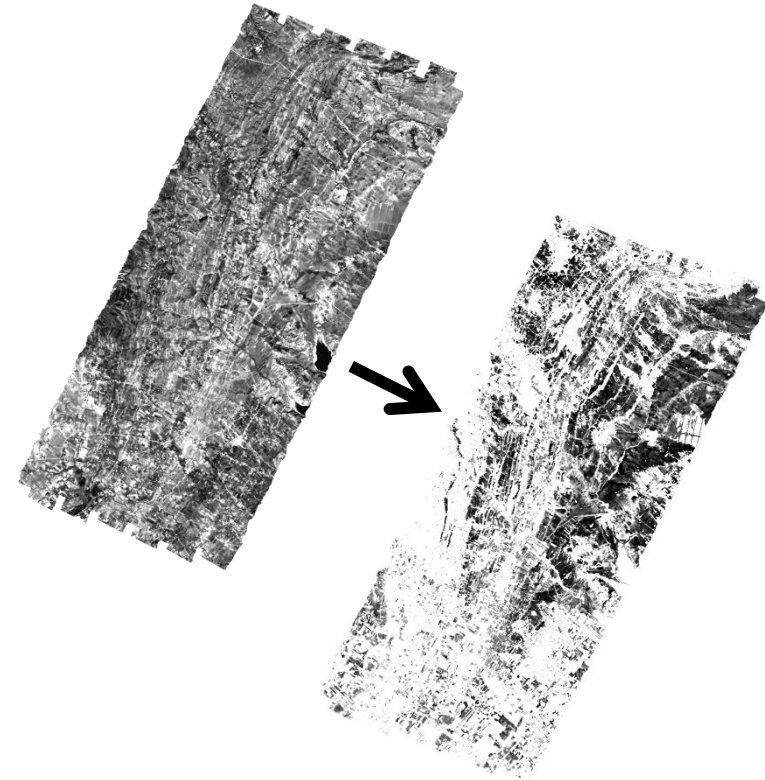
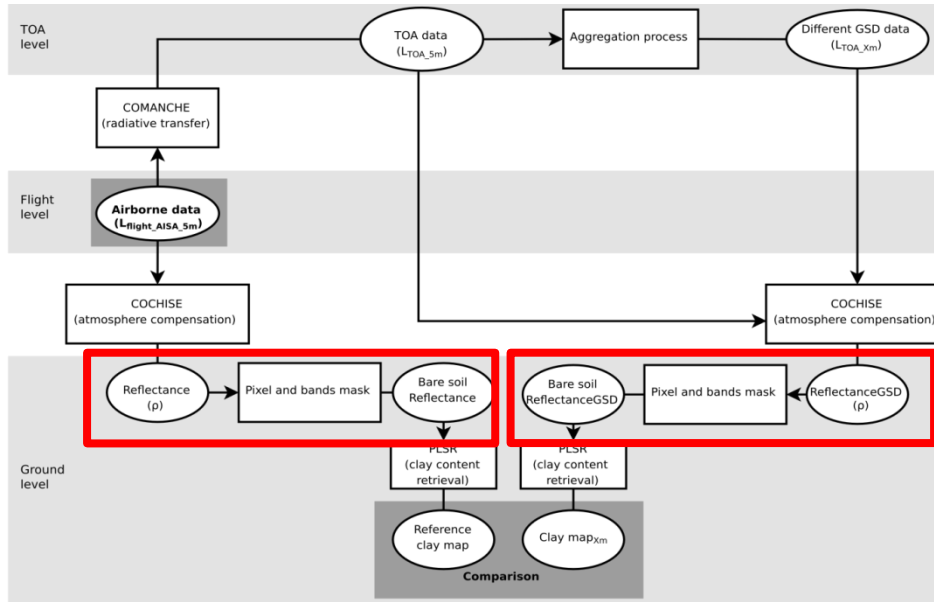


The atmosphere compensation is done with the inverse radiative transfer model **COCHISE***, which retrieves the ground reflectance (ρ) considering environmental effects.

Noisy effects are removed by a smoothing filter: $\rho_i^{smooth} = \frac{1}{N} \sum_{j=i-m}^{i+m} \rho_j$, $m = \frac{N-1}{2}$, $N=3$

*Miesch et al., (2005). Direct and inverse radiative transfer solutions for visible and near-infrared hyperspectral imagery. *IEEE TGRS*, 437(7):1552-1562.

Methodology: Identification of bare soil pixels

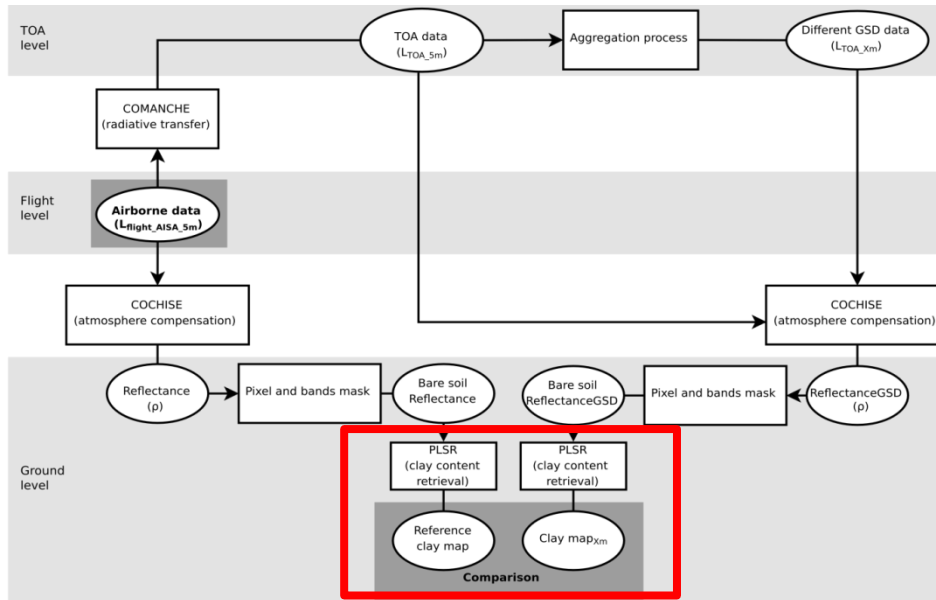


No bare soil pixels are masked:

- Vegetation: pixels with $NDVI > 0.2$ are masked
- Urban: 13 urban areas identified and masked
- Water: pixels with $\rho_{0.799\mu m} < 8\%$ are masked

Proportion of bare soil

GSD (m)	5	10	15	20	30	60	90
%	43.4	42.6	41.5	40.6	39	35.2	32.6



PLSR prediction capability

- R^2 calibration et validation
- RMSE calibration et validation
- Ratio of Performance to deviation $RPD = \sigma / RMSE_{validation}$

$RPD < 1.4$: model with **no prediction** ability

$1.4 < RPD < 2$: model with **limited predictive** ability

$RPD > 2$: model with **good predictive** ability

Clay maps comparison

- Visual inspection
- Variograms