Démélange linéaire pour la détection et la caractérisation d'hydrocarbure onshore

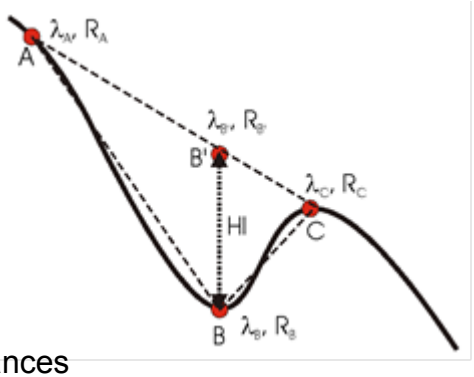
V. Achard*, X. Ceamanos*, D. Dubucq**

**** ONERA, Toulouse, ** TOTAL, Pau***

NAOMI : Partenariat Recherche et Innovation Total/ONERA)

Contexte

- **Détection** : Une méthode couramment utilisée : calcul d'indices
  - Kuhn et al.



Avec λ_A = 1705 nm, λ_B = 1729 nm et λ_C = 1741 nm

  - Rapports de bandes : $I_{1,2} = \dfrac{R_{A_{1,2}}}{R_{B_{1,2}}}$ avec R_{A_1} R_{B_1} réflectances à 1658 nm et 1718 nm

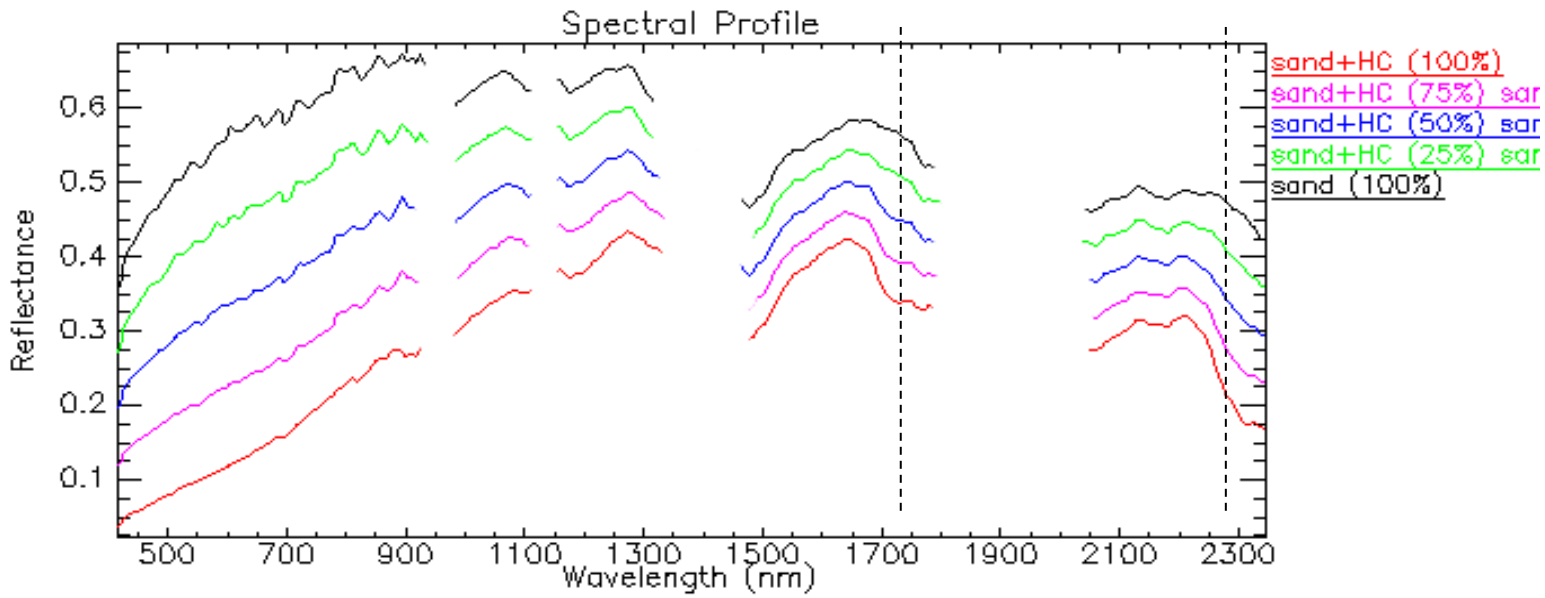
    R_{A_2} R_{B_2} réflectances à 2187 nm et 2300 nm

- **Caractérisation** des mélanges intimes sol+HC :

  Modèle PLSR étalonné à partir de mesures labo (Thèse Vincent Lever, Whispers, 2016)

Contexte

Ci-dessous : spectres de mélange surfacique de **sable pur (humide)** et de **mélange intime sable+HC** (Mélange intime : sable+HC avec ~ 3%m de HC)



- Détection par HI : difficile si le mélange subpixellique
- Caractérisation des mélanges intimes par méthodes PLSR : nécessite l'extraction dans l'image des spectres de mélanges intimes

→ Apport des méthodes de démélange linéaire (surfacique) :

pour la détection et en préalable à la caractérisation ?

Plan

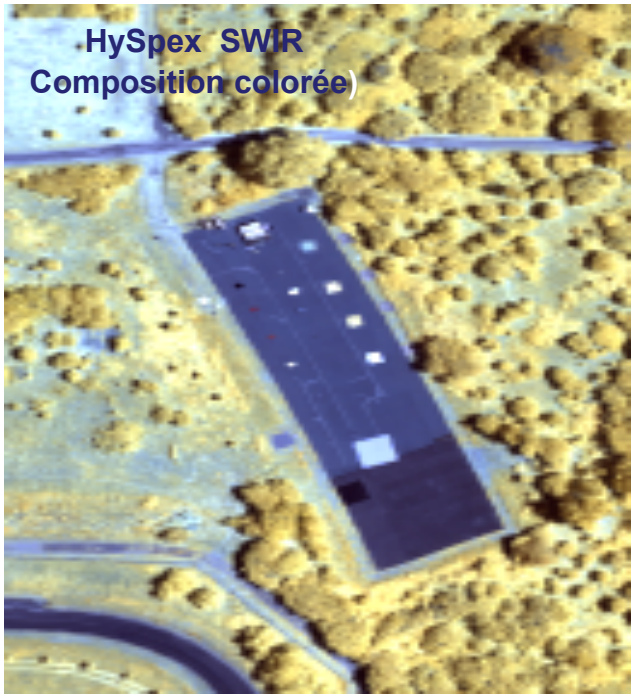
- Création d'une image semi-synthétique
- Critères de sélection des méthodes de unmixing
- Résultats
- Conclusions et perspectives

Création d'une image semi-synthétique

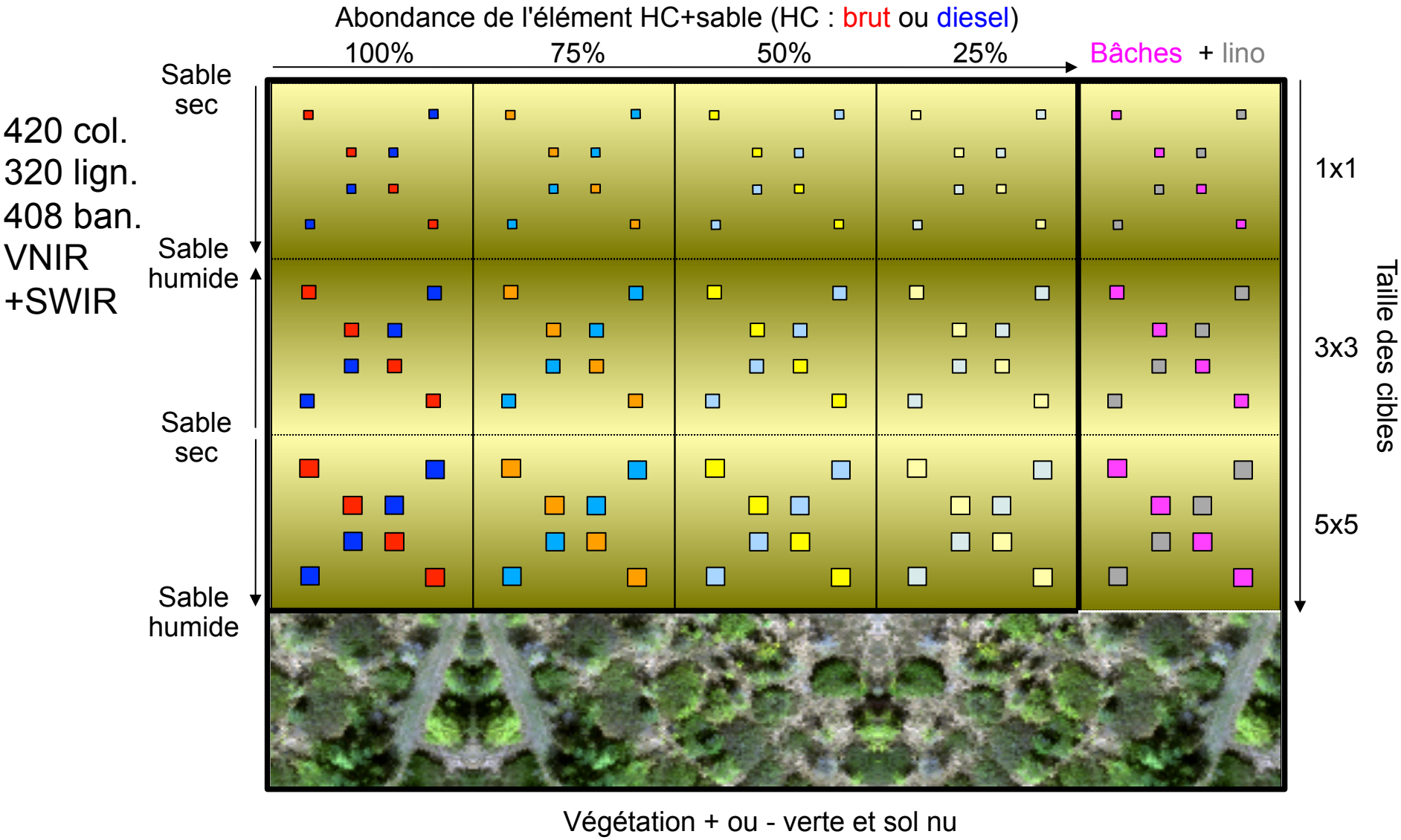
Création d'une image synthétique à partir de pixels d'images réelles

Instrument HySpex VNIR
- 0,4 - 1µm
- Taille pixel : 0,5 m x 0,5 m
- Résolution spectr. 3,6 nm

Instrument HySpex SWIR
- 1 – 2,4 µm
- Taille pixel : 1 m x 1 m
- Résolution spectr. 6 nm

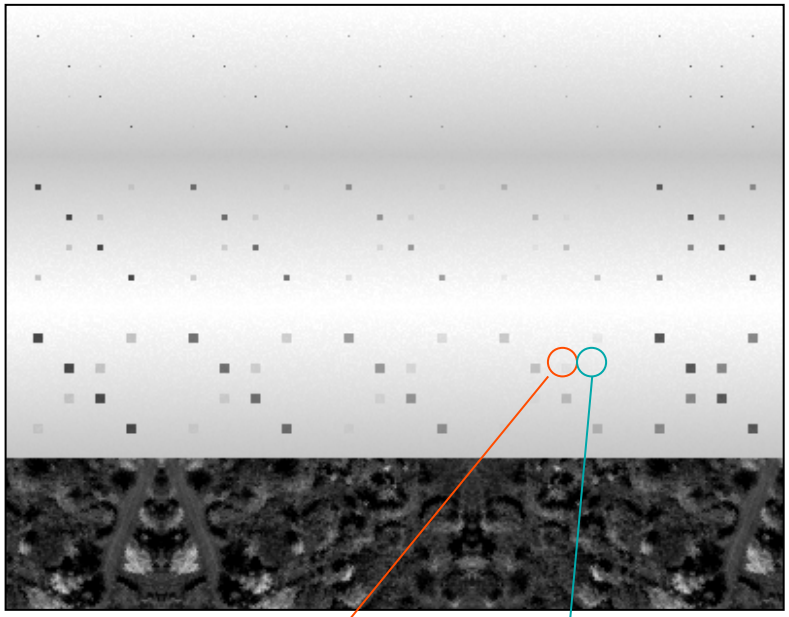


Création d'une image semi-synthétique

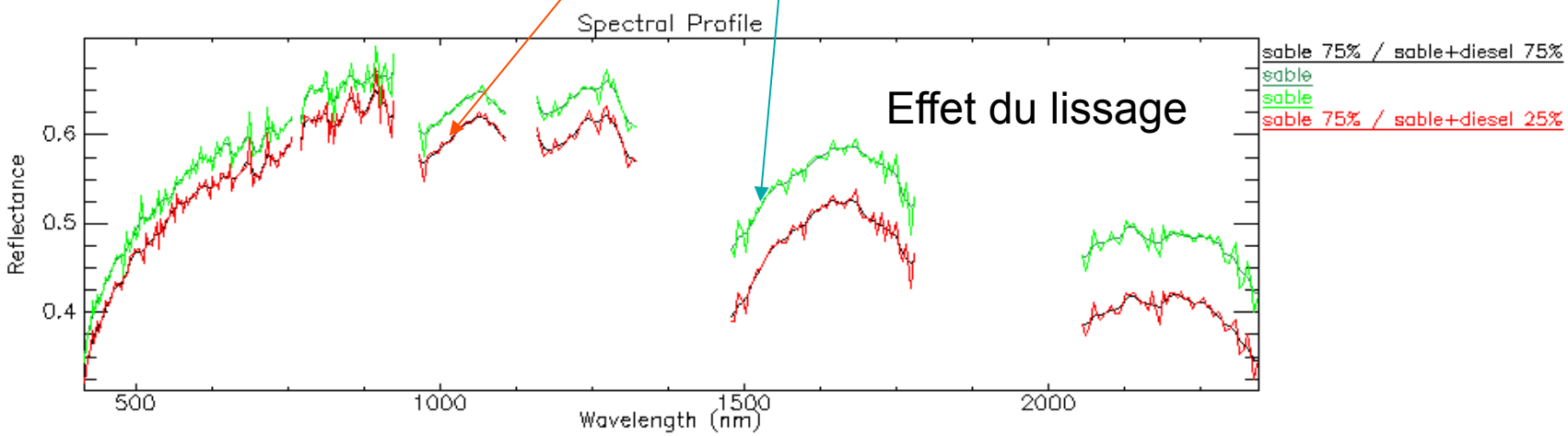


Création d'une image semi-synthétique

Lissage spectral gaussien



Bandes 128 (876 nm)



Critères de sélection des méthodes d'extraction de pôles de mélange

Hypothèses :

– mélange linéaire

$$\vec{p}_j = \sum_{k=1,K} \vec{e}_k a_{kj} \quad \textit{Avec} \quad 0 \le a_{kj} \le 1 \quad \textit{et} \quad \sum_{k=1,K} a_{kj} = 1$$

– Existence de pixels purs correspondant à chaque pôle $\vec{e}_k$

Critère pour le choix de la méthode

- Robuste aux nombres de pôles de mélange
- Résultats reproductibles
- Peu sensibles à l'initialisation
- Rapide

→ Méthodes géométriques

- Estimation des pôles de mélange (endmembers)
  - Méthodes testées : VCA, OSP, NFINDR
- Estimation des abondances : FCLSU

Critères de sélection des méthodes d'extraction de pôles de mélange

Méthodes testées

- NFINDR :
  - ☹ Pas assez rapide, même en optimisant l'initialisation
- VCA :
  - ☺ Rapide
  - ☺ Très bons résultats si on ne considère que la zone de sable (6 pôles de mélange)
  - ☹ Résultats instables lorsque le nombre de pôles de mélange augmente (image entière > 15 pôles mélange)
- OSP :
  - ☺ Rapide
  - ☺ Résultats reproductibles. Quand le nombre de pôles de mélange recherché augmente → rajoute des pôles, mais ne change pas les premiers pôles extraits.

Résultats

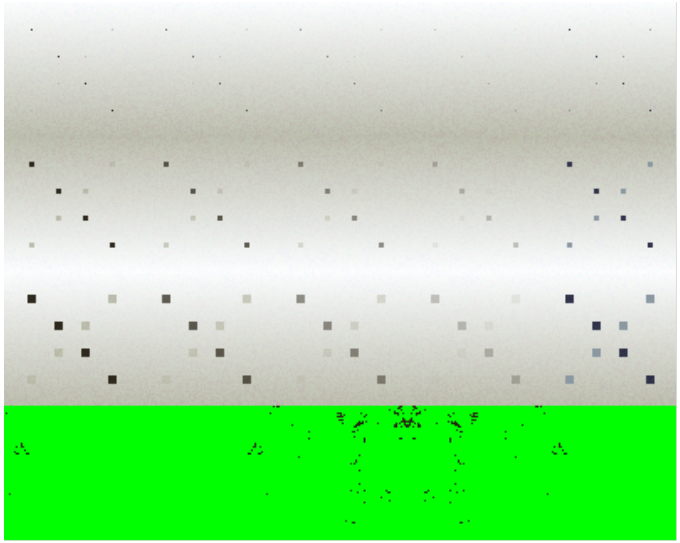
Pré-traitement : tri des pixels végétation

Zone de végétation seule : forte variabilité

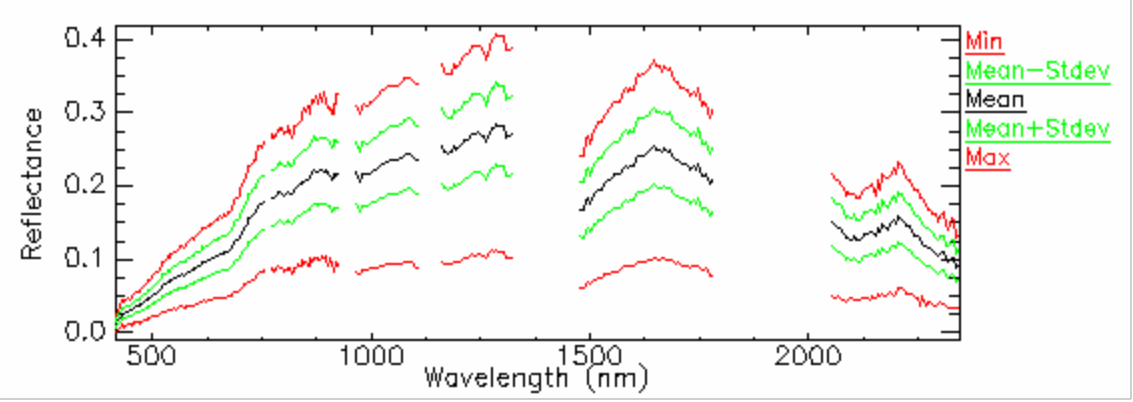
→ tri par NDVI

→ sur les pixels de la zone « végétation » restants : variabilité importante

⇒ Nécessité de rechercher un nombre de pôles de mélange important



zone de ndvi >0.25



Statistique des spectres de la zone végétation non éliminés par le test NDVI

Résultats

- Extraction de 15 pôles de mélange par OSP

Recherche des pôles de mélanges « hydrocarbures » et sables

→ Calcul des angles spectraux entre les 15 pôles des mélange extraits (e_i) et les spectres « hydrocarbures » et sables vrais

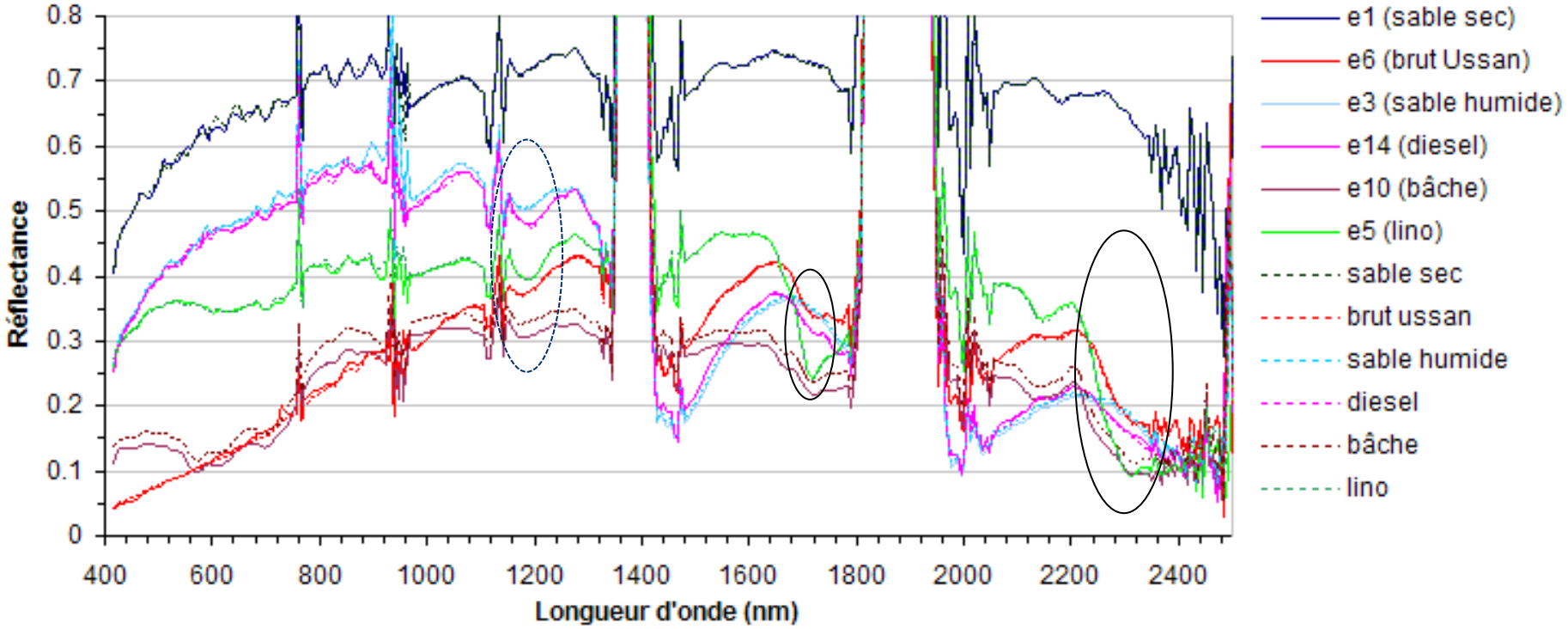
Angles spectraux et RMSE entre spectres des matériaux « hydrocarbures » et « sables » et les spectres des pôles de mélange les plus ressemblants au sens du SAM

Matériau /pôle de mélange le plus proche	SAM (rad)	RMSE
Sable sec / e1	0.016	0.012
Sable+Brut Usan / e6	0.022	0.009
Sable humide / e3	0.026	0.013
Sable+Diesel / e14	0.015	0.007
Bâche plastique / e10	0.024	0.010
Lino / e5	0.032	0.014

Résultats

- Extraction de 15 pôles de mélange par OSP

Pôles de mélange présents dans la zone sable

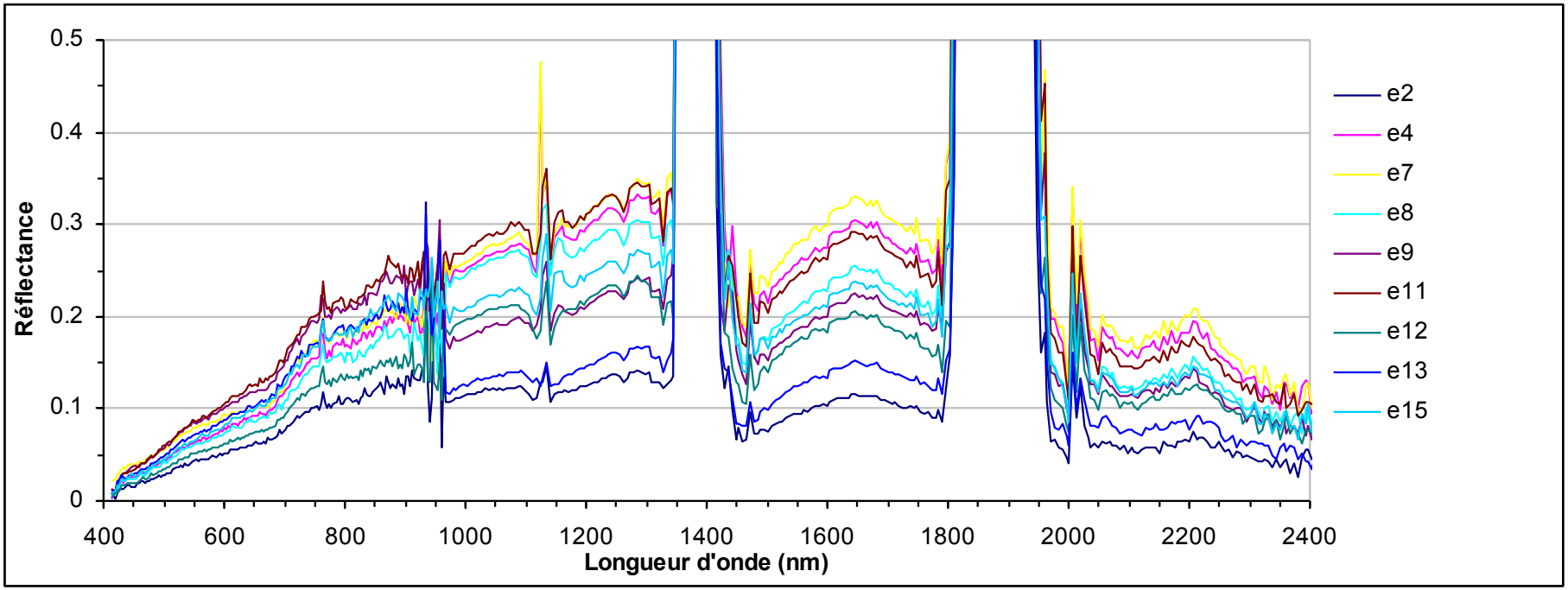


Tous les pôles de mélange de la zone sable sont extraits, y compris les pôles sable +diesel et sable humide qui sont très semblables

Résultats

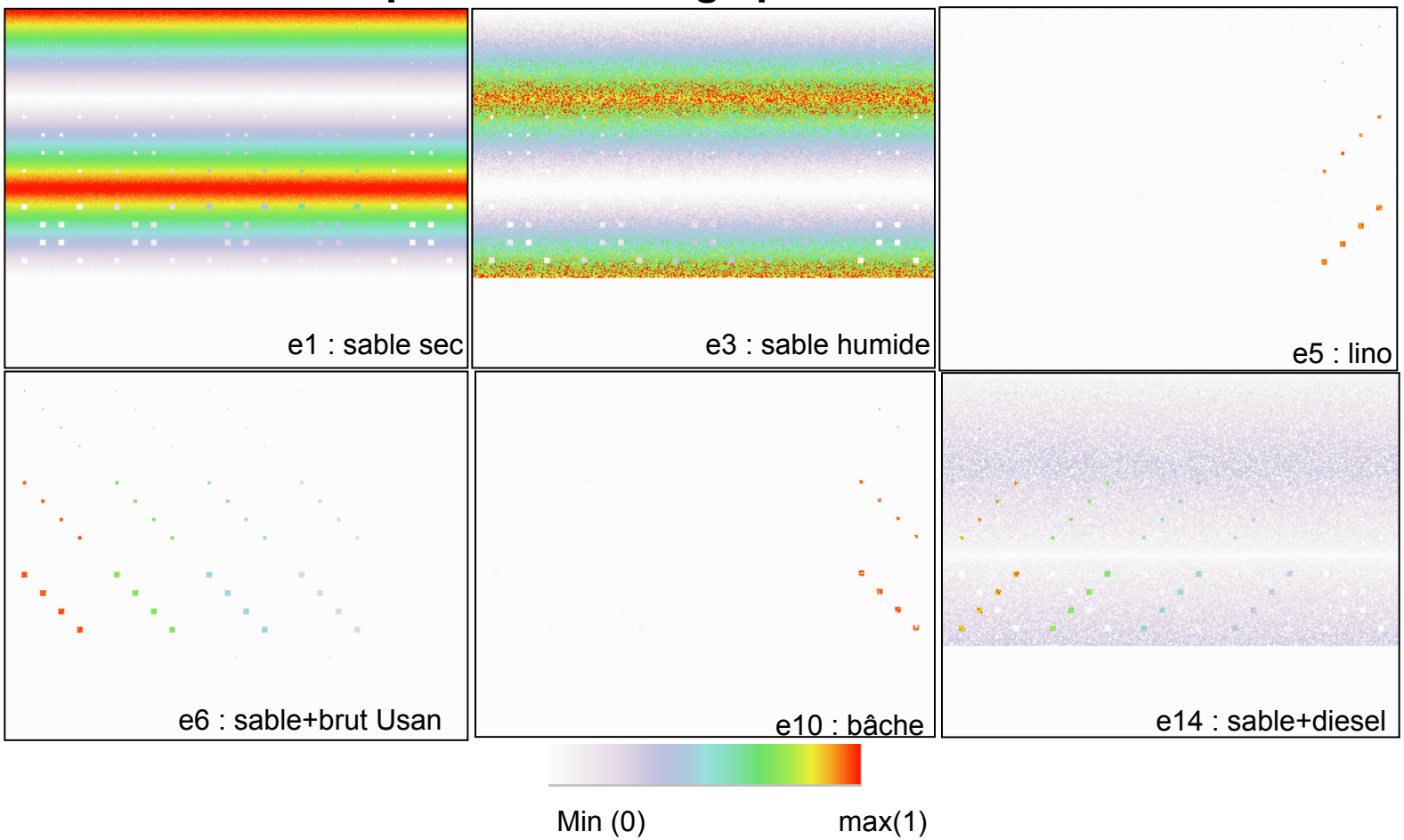
- Extraction de 15 pôles de mélange par OSP

Pôles de mélange présents dans la zone « végétation »



Résultats

Abondances des pôles de mélange présents sur la zone sable

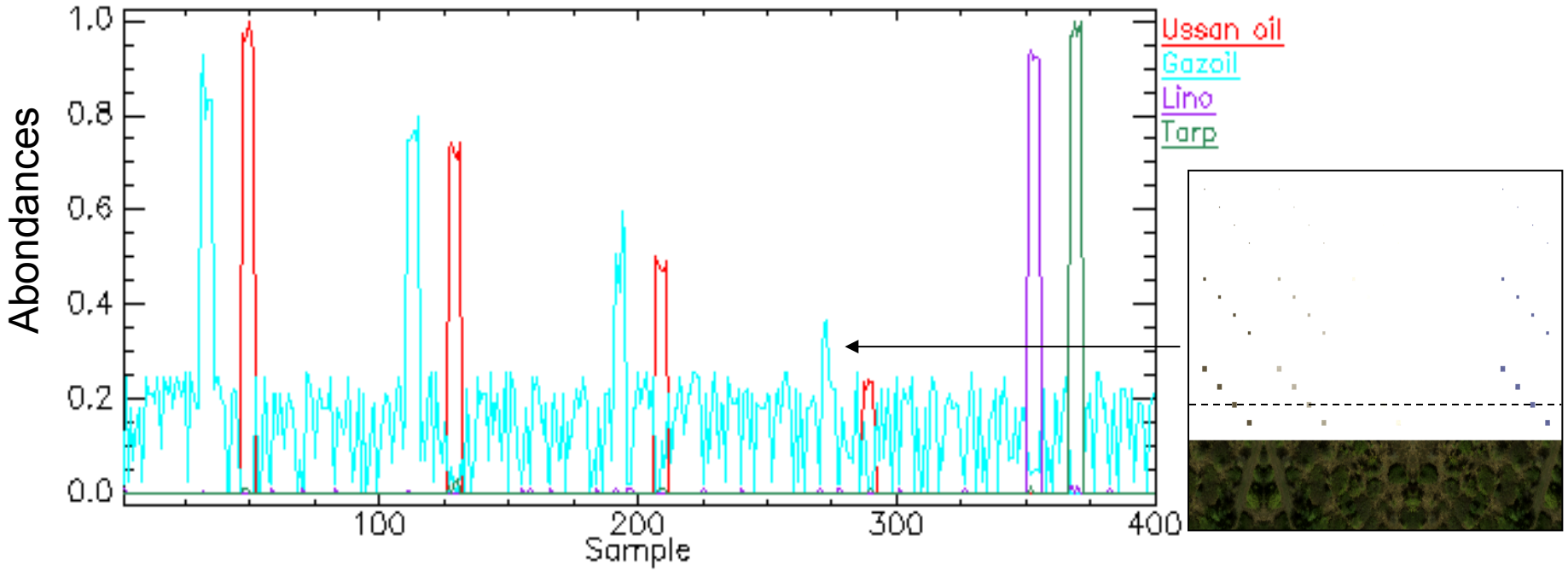


Les plus difficiles à différencier : sable humide et sable + diesel

Autres pôles : - e12 : sable humide/sable diesel (faiblement abondant sur l'image)
- e2, e4, e7, e8, e9, e11, e13, e15 présents sur faible nombre de pixels dans la zone végétation

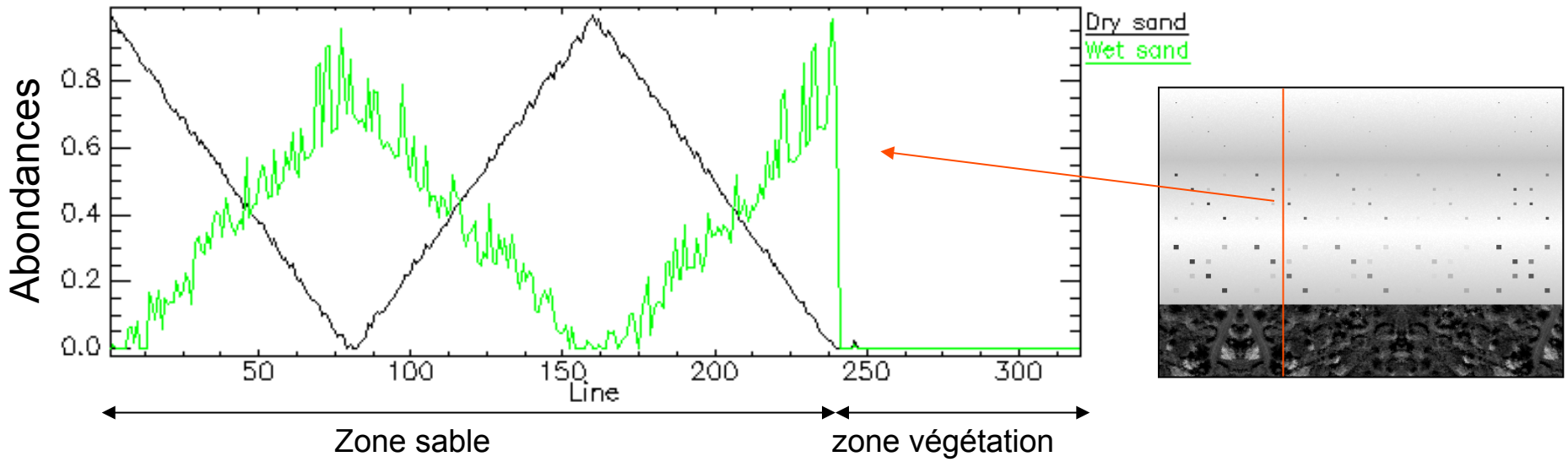
Résultats

Abondances des 4 pôles « hydrocarbures » le long d'une ligne de l'image :
→ on retrouve les abondances de chaque pôle.
Moins précises pour le mélange sable+diesel à cause d'une confusion avec le sable humide



Résultats

Abondances des pôles sable sec et sable humide le long d'une ligne de l'image :
→ on retrouve les abondances
(moins précises pour le sable humide: confusion avec le mélange sable+diesel)



Résultats

Comment trier de façon automatique les pôles de mélange ?

→ Calcul d'indices hydrocarbure sur les spectres des pôles de mélange

Différenciation mélange HC /et végétation sèche difficile → à compléter avec un calcul d'indice de végétation

I1	Pôle de mélange	I2	Pôle de mélange	somme	pôle de mélange
1.69	**e5**	**3.800**	**e5**	**5.49**	**e5 (lino)**
1.23	**e6**	**2.13**	**e10**	**3.33**	**e10 (bâche)**
1.20	**e10**	**1.75**	**e6**	**2.97**	**e6 (brut usan)**
1.18	**e14**	**1.39**	**e14**	**2.57**	**e14 (diesel)**
1.11	e2	1.38	e2	2.49	e2 (zone vég.)
1.10	e15	1.37	e11	2.47	e11 (zone vég.)
1.10	e8	1.36	e13	2.44	e13 (zone vég.)
1.10	e11	1.34	e4	2.43	e4 (zone vég.)
1.093	e4	1.33	e8	2.42	e8 (zone vég.)
1.09	e12	1.32	e7	2.42	e7 (zone vég.)
1.09	e7	1.27	e15	2.36	e15 (zone vég.)
1.09	e9	1.26	e12	2.36	e12 (zone vég./HC/sable sec)
1.09	e13	1.25	e9	2.34	e9 (zone vég.)
1.05	e3	1.14	e3	2.19	e3 (sable humide)
1.02	e1	1.03	e1	2.05	e1 (sable sec)

Conclusions

Mise en place d'une stratégie pour extraire les pôles de mélange « hydrocarbure »

- Rejet des pixels végétation par NDVI
- Extraction des pôles de mélange : OSP méthode rapide, robuste
- Possibilité de trier les pôles de mélange « hydrocarbures » par calcul d'indices HC
  → mais à compléter par un calcul d'indice de végétation
- Discrimination des différents hydrocarbures : sable+diesel, sable+USAN, plastique, lino

Perspectives

- Application à une image semi-synthétique plus complexe :
  - Autre types de mélanges intimes terre/HC
  - Autres mélanges surfaciques (terre/HC et végétation; terre et végétation)
- Application à des cas réels