



Identification spectrale des croûtes biologiques (BSC) en zone Sahélienne (Niger), effets de la composition minéralogique, géochimique et biologique sur la réponse spectrale

A. Bourguignon, O. Cerdan, J.F Desprats (2), O. Malam Issa, B. Marin et B. Cances (1), C. Valentin et J.L. Rajot (2)

(1) Université de Reims Champagne Ardenne, GEGENA EA 3795, France, (2) BRGM ARN Aménagement et risques naturels, France, (3) IRD : UR 176 SOLUTIONS, France

Contexte du projet

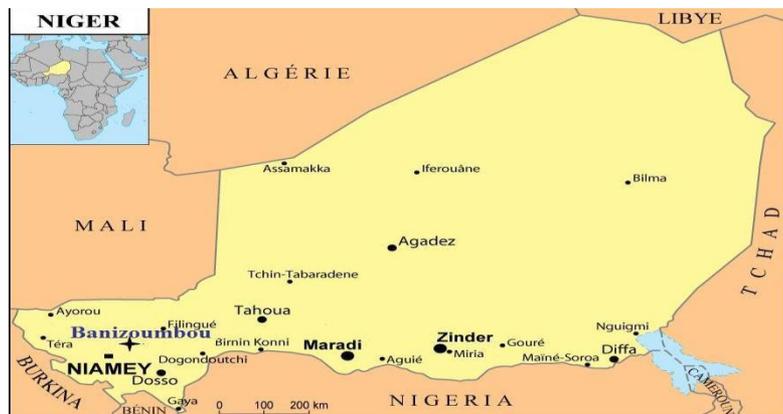
- > **Les Croûtes Biologiques de Surface (BSC), ou croûtes microbiotiques, résultent essentiellement de la colonisation de la surface du sol par des micro-organismes, en majorité des cyanobactéries.**
 - Elles sont un état structural typique des sols nus dans les écosystèmes semi-arides, arides et désertiques.
 - Elles ont des fonctions écologiques de première importance à l'interface entre l'atmosphère et la pédosphère, elles influencent directement les cycles de l'eau du carbone et de l'azote.
 - Le développement et le fonctionnement de ces croûtes sont profondément affectés par les changements climatiques associés à une pression humaine croissante.



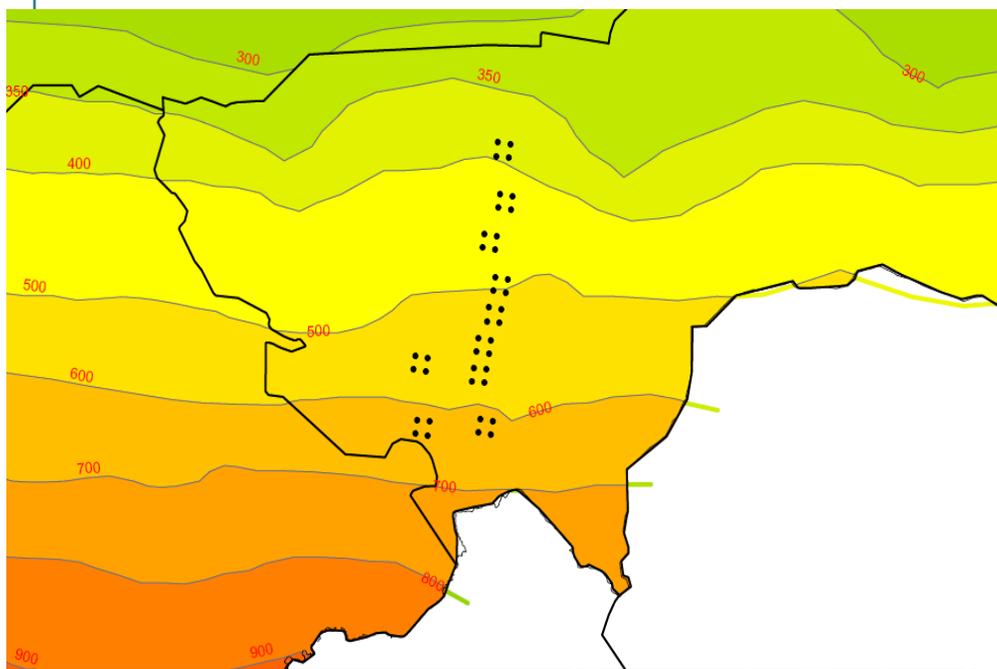
Objectifs

- > **Ce travail participe à l'une des actions du programme Biocrust « Vulnérabilité des croûtes biologiques et dégradation des sols en zone sahélienne » (ANR VMCS 2008 BIOCRUST)**
 - Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques spectrales des croûtes biologiques, du substrat et de la végétation associée. Base de données spectrale.
 - Identification d'indices spectraux permettant de caractériser la présence de croûtes microphytiques par rapport au substrat et à la végétation
 - Deux échelles de mesures : l'échantillon en condition de laboratoire et la mesure sur le terrain
- > **Identification des variations de la composition minéralogique, géochimique et biologique sur les réponses spectrales.**
 - Analyse fines des figures spectrales pour différencier différents types de croûtes microphytique en relation avec leur composition biologique et chimique
 - Estimation de l'influence des débris végétaux sur les spectres de terrain pour semi-quantification de la couverture végétale
- > **Exportation des résultats à l'échelle spatiale**

Localisation de la zone d'étude



- Zone sahélienne du Niger
- Agriculture dominée par la culture du mil
- Activités pastorales : élevage extensif de bovins, ovins et caprins
- Le climat se caractérise par une courte saison humide estivale suivie d'une longue saison sèche hivernale (8-10 mois).
- La zone sahélienne forme une bande avec des limites nord et sud représentatifs des isohyètes 100 à 250 mm et 400 à 500 m.



Zone d'étude

- > Le paysage de l'ouest du Niger est composé d'une succession de trois grandes unités géomorphologiques
- un plateau formées par des dépôts fluvio-sédimentaires du Tertiaire présentant une légère pente < 1% ;
 - des dunes sableuses formé par la stabilisation de sable du Pléistocène avec une pente moyenne d'environ 2 à 5 % ;
 - des systèmes de vallées formées par des sables éoliens, colluviaux et fluviaux avec une pente moyenne de 3 à 5 %.



Croûtes biologiques



Brousse tigrée



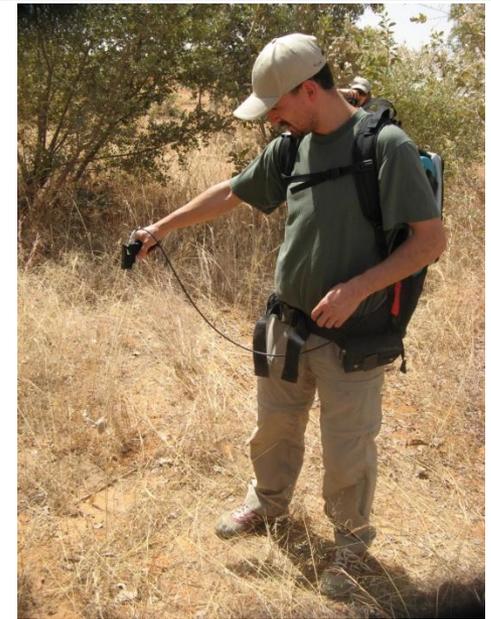
sols en jachère

Nom du service émetteur

lundi 11 avril 2011

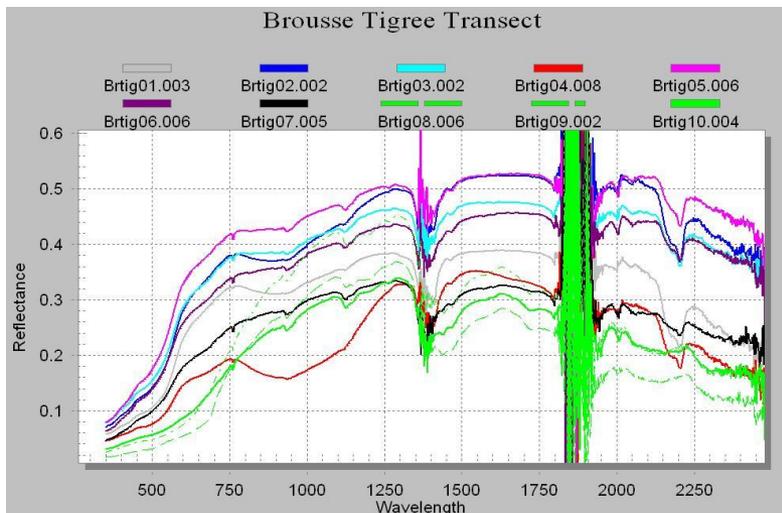
Spectroradiométrie

- Acquisition de spectres de réflectance à l'aide d'un spectromètre de terrain ASD FieldSpec 3 (moyenne de 10 spectres)
- Identification des caractéristiques spectrales propres aux matériaux étudiés dans le domaine spectral du Visible, du proche et moyen Infra-rouge
 - 350-2500 nanomètres
 - Résolution spectrale: 10 à 12 nm
- En conditions naturelles sur le terrain
- En conditions artificielles sur des échantillons
- Constitution de bibliothèques spectrales



Spectroradiométrie de terrain
Eclairage solaire

Etalonnage du spectroradiomètre



> 7



Echantillonnage

> Echelle locale : Six sites au sud de Niamey

- 108 spectres de terrains, 68 spectres de laboratoire
- Echantillonnage sur des parcelles en « défens »
 - Transects avec mesure tous les mètres
- Echantillonnage hors parcelles
- Profil de Brousse tigrée

> Echelle régionale : 10 sites

- Echantillonnage des croûtes biologiques au sein de 10 zones de 10 km X 10 km réparties sur un transect nord sud chacune intégrant une toposéquence complète caractéristique de l'ouest du Niger (Juliette Languille).
- Les échantillons ont été prélevés dans chacune des 10 zones à la fois sur des surfaces caractéristiques des versants sableux (jachères) et de plateaux (zone nue de brousse tigrée).
- Les mesures spectrales ont toutes été effectuées en laboratoire

Base de données

> Données intégrées sous excel :

- Localisation GPS
- Descriptif terrain
- Valeurs de réflectance de 350 nm à 2450 nm
- Photos
- Existence de prélèvements biologiques et/ou géochimiques

spectres niger récapitulatif

	C	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	N° Spectre	N	Photos	N° Spectre	Lieu	Field	Labo	Nature terrain	Description	Transect	Profil	Point	Croute	Substrat
3	Banch01	1	Banichef101.JPG	Banch01	Banichef		1	0	Parcelle defens	Sable jaune debris vegetaux	Bani 1		0	1
4	Banch02	2	Banichef102.JPG	Banch02	Banichef		1	0	Parcelle defens	Croute noire plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
5	Banch03	3	Banichef103.JPG	Banch03	Banichef		1	0	Parcelle defens	Croute noire plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
6	Banch04	4	Banichef104.JPG	Banch04	Banichef		1	0	Parcelle defens	Croute noire ++ plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
7	Banch05	5	Banichef105.JPG	Banch05				0	Parcelle defens	Croute noire ++ plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
8	Banch06	6	Banichef106.JPG	Banch06				0	Parcelle defens	Croute noire plus placage termite plus debris veg	Bani 1		1	1
9	Banch07	7	Banichef107.JPG	Banch07				0	Parcelle defens	Croute noire plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
10	Banch08	8	Banichef108.JPG	Banch08				0	Parcelle defens	Sable plus debris veg	Bani 1		0	1
11	Banch09	9		Banch09				0	Parcelle defens		Bani 1			
12	Banch10	10	Banichef110.JPG	Banch10				0	Parcelle defens	Croute noire ++ plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
13	Banch11	11	Banichef111.JPG	Banch11				0	Parcelle defens	Croute noire plus sable plus debris veg	Bani 1		1	1
14	Banch201	12	Banichef201.JPG	Banch201				0	Parcelle defens	Sable plus debris veg	Bani 2		0	1
15	Banch202	13	Banichef202.JPG	Banch202				0	Parcelle defens	Sable gris	Bani 2		0	1
16	Banch203	14	Banichef203.JPG	Banch203				0	Parcelle defens	Croute noire +++ plus sable plus debris veg	Bani 2		1	1
17	Banch204	15	Banichef204.JPG	Banch204				0	Parcelle defens	Crout plus sable plus debris veg	Bani 2		1	1
18	Banch205	16	Banichef205.JPG	Banch205				0	Parcelle defens	Crout plus sable plus debris veg	Bani 2		1	1
19	Banch206	17	Banichef206.JPG	Banch206				0	Parcelle defens	Croute plus placage termite plus debris veg	Bani 2		1	1
20	Banch207	18	Banichef207.JPG	Banch207				0	Parcelle defens	Plante verte et sable	Bani 2		0	1
21	Banch208	19	Banichef208.JPG	Banch208				0	Parcelle defens	Sable et debris vegetaux	Bani 2		0	1
22	Brique01	20		Brique01				0				1	0	1
23	Brtig01	21	BRTiq01.JPG	Brtig01				0	Brousse tigrée	Termitiere erodee		BT	0	1
24	Brtig02	22	BRTiq02.JPG	Brtig02				0	Brousse tigrée	Croute ST3		BT	1	0
25	Brtig03	23	BRTiq03.JPG	Brtig03				0	Brousse tigrée	Croute d'érosion un peu microphytique		BT	1	0
26	Brtig04	24	BRTiq04.JPG	Brtig04				0	Brousse tigrée	Croute gravillonnaire		BT	1	0
27	Brtig05	25	BRTiq05.JPG	Brtig05				0	Brousse tigrée	Croute de decantation non colonisee desquame sable		BT	1	1
28	Brtig06	26	BRTiq06.JPG	Brtig06				0	Brousse tigrée	Croute de decantation non colonisee desquame sable		BT	1	1
29	Brtig07	27	BRTiq07.JPG	Brtig07				0	Brousse tigrée	Croute de decantation colonisee microphytes		BT	1	0

Banichef

Transects sur parcelle en défens



brgm

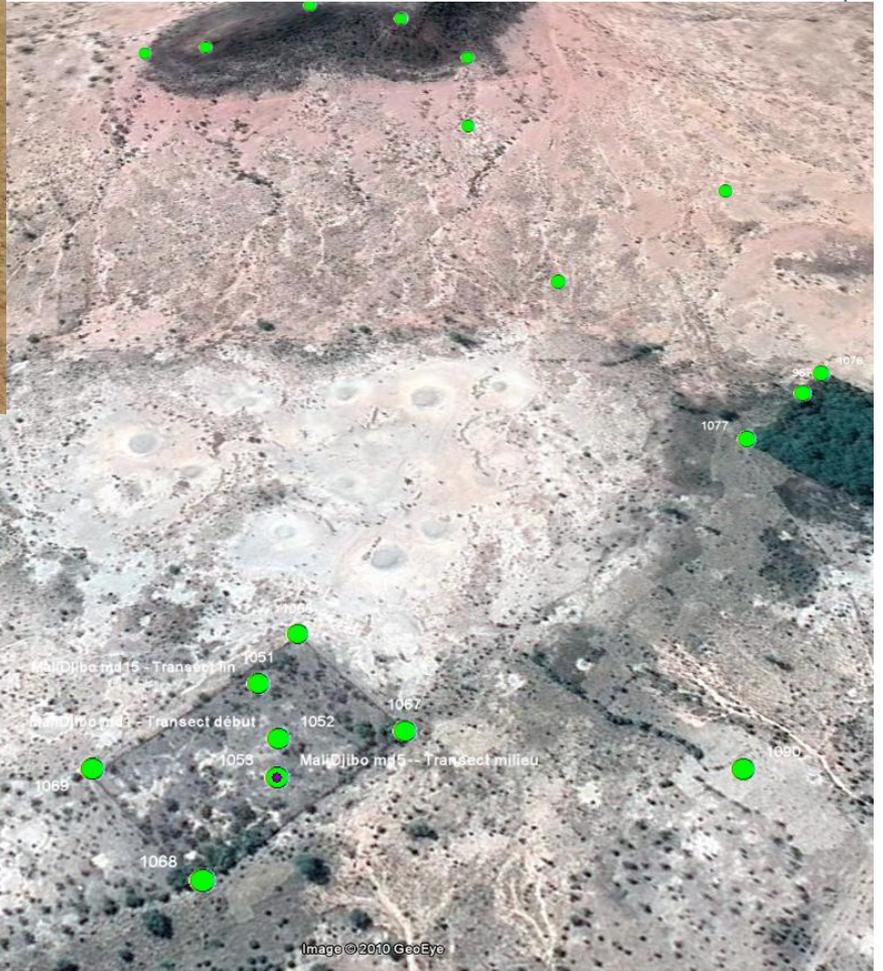
MaliDjibo



Malidjibo : Hors parcelle



Malidjibo : Parcelle



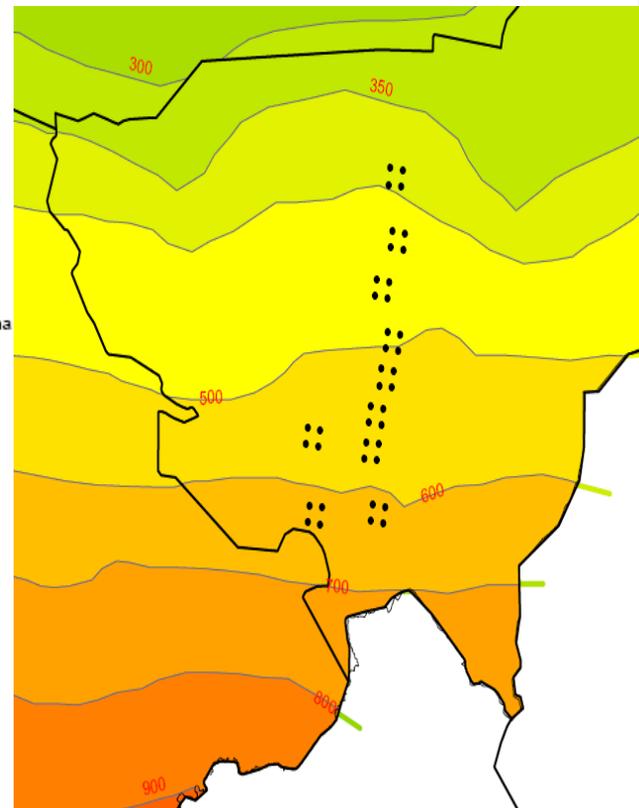
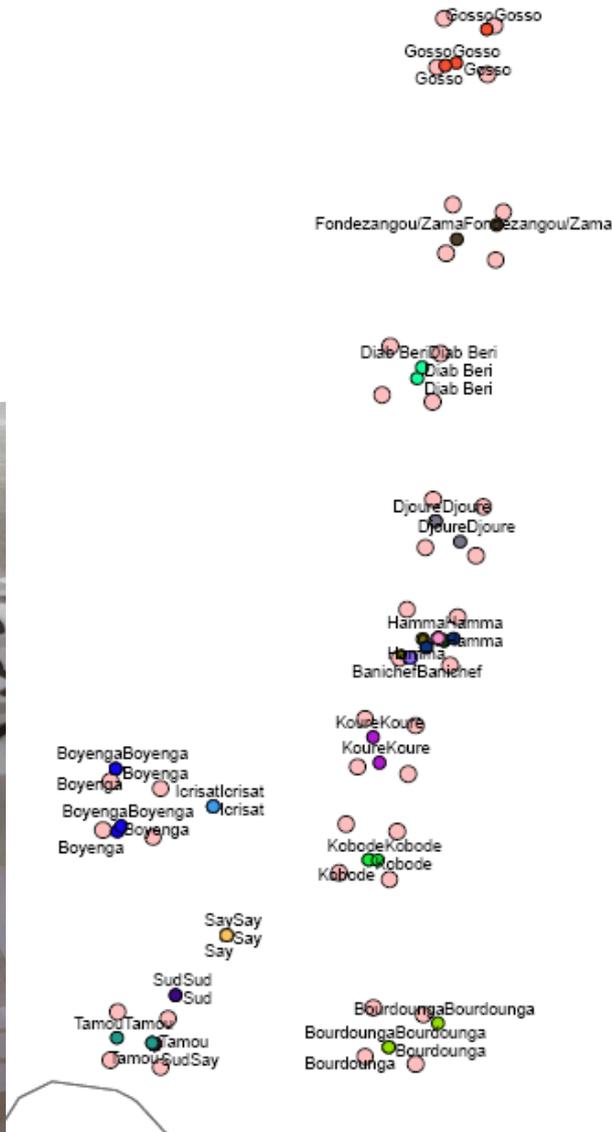
Imago © 2010 GeoEye

Echantillonnage régional



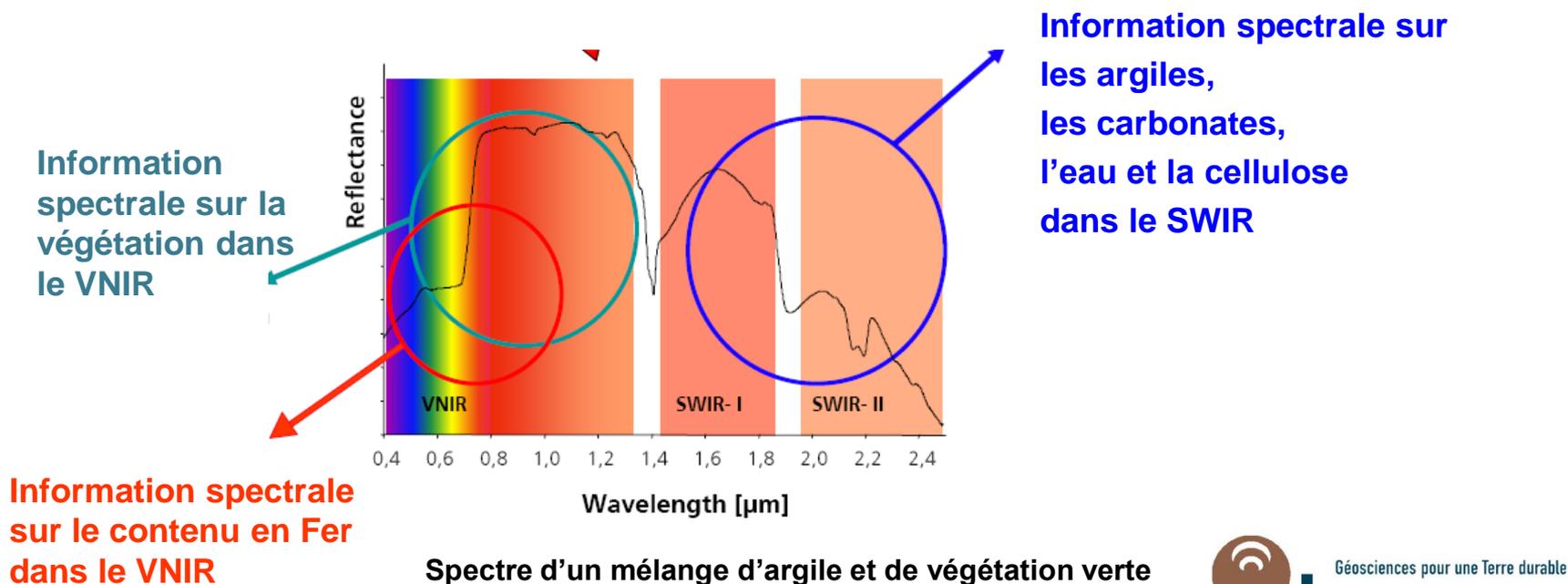
Nom du s

lundi 11 avril 2011

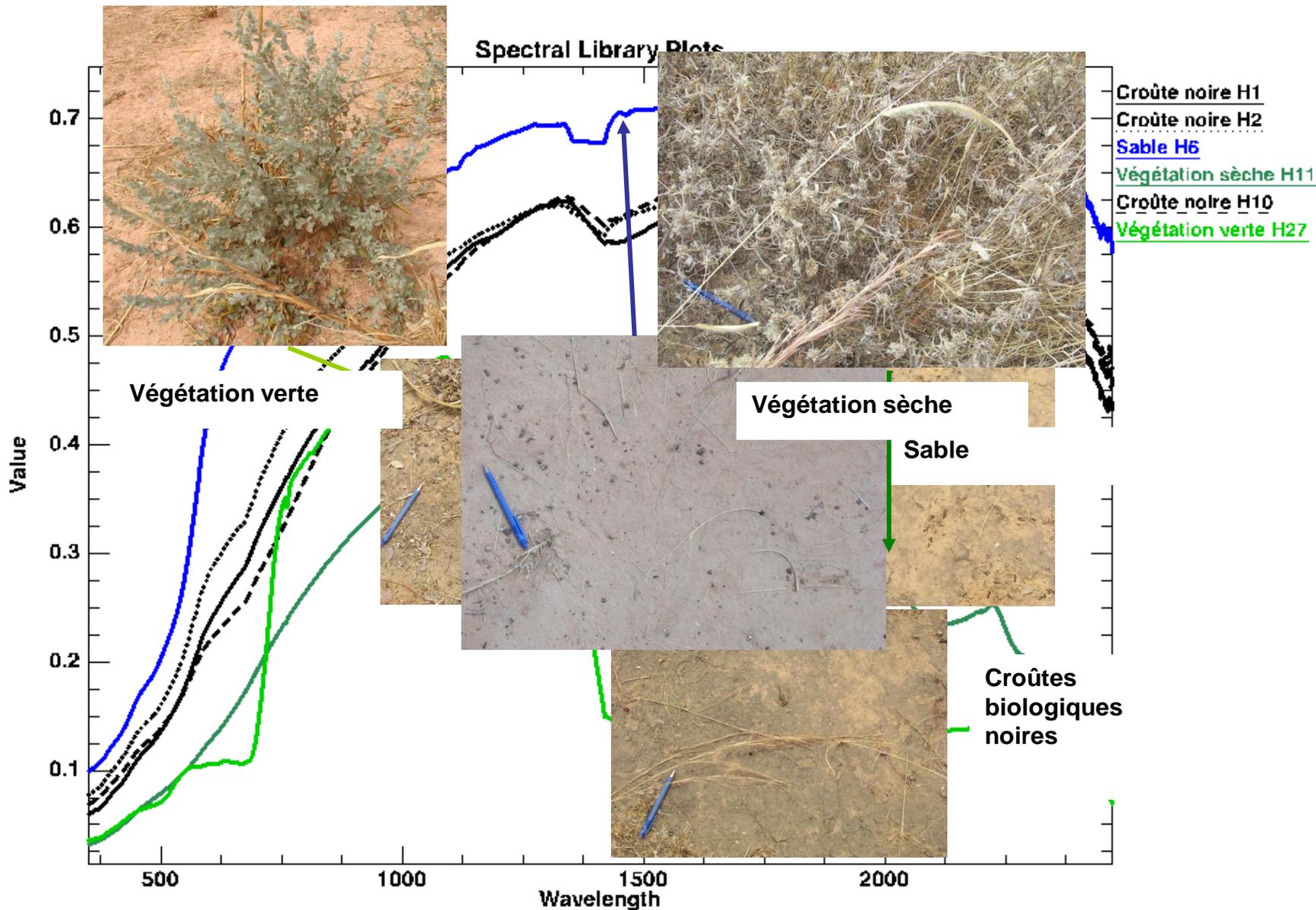


Information spectrale

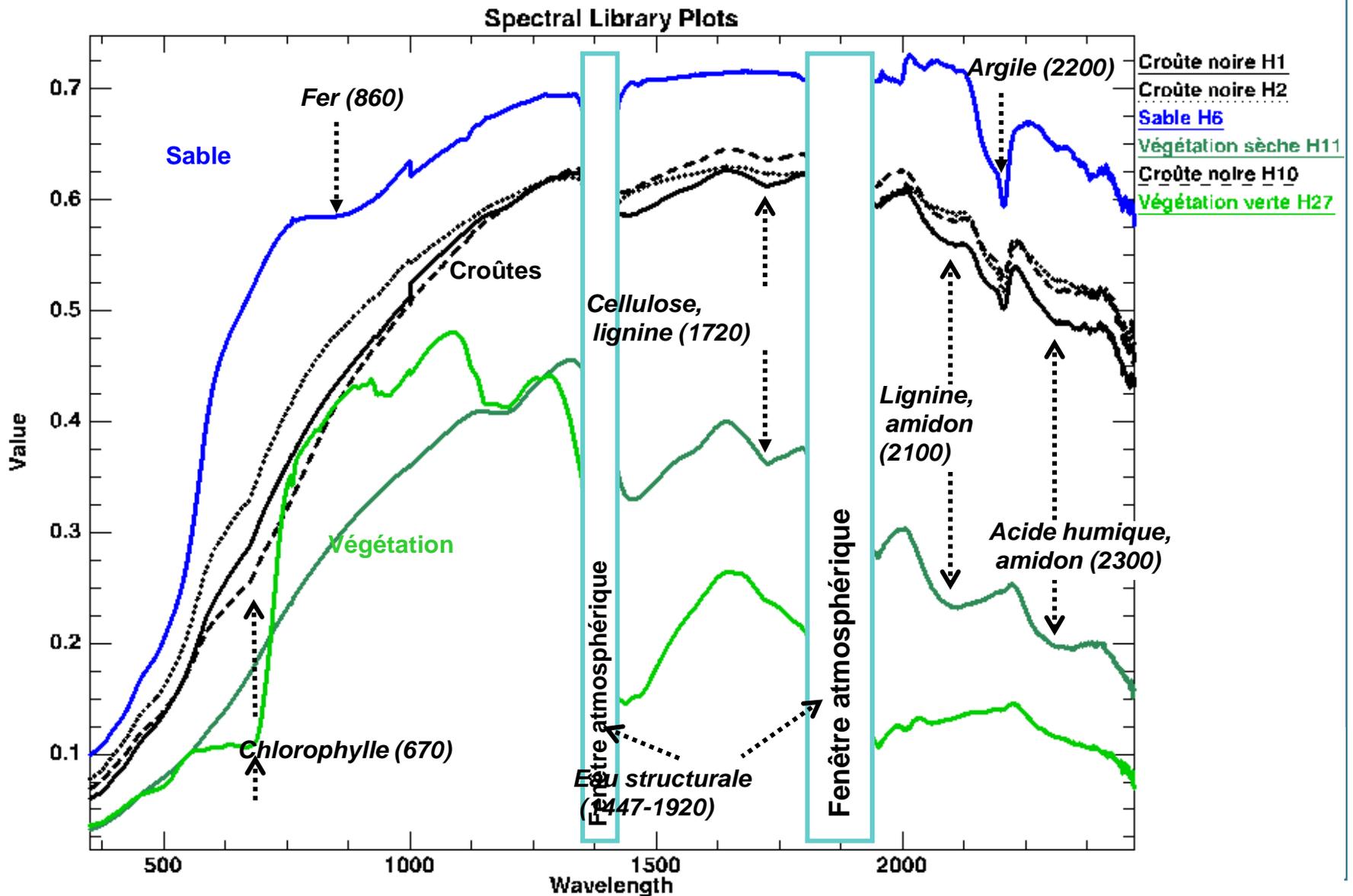
- Chaque matériau, végétal ou minéral, possède une signature spectrale unique constituée par un ensemble de pics d'absorption distinctifs caractéristiques, dont la position est bien connue sur le spectre :
- Visible, proche infrarouge (VNIR) : 400 -1100 nm
- Moyen infrarouge (SWIR) : 1100 – 2500 nm



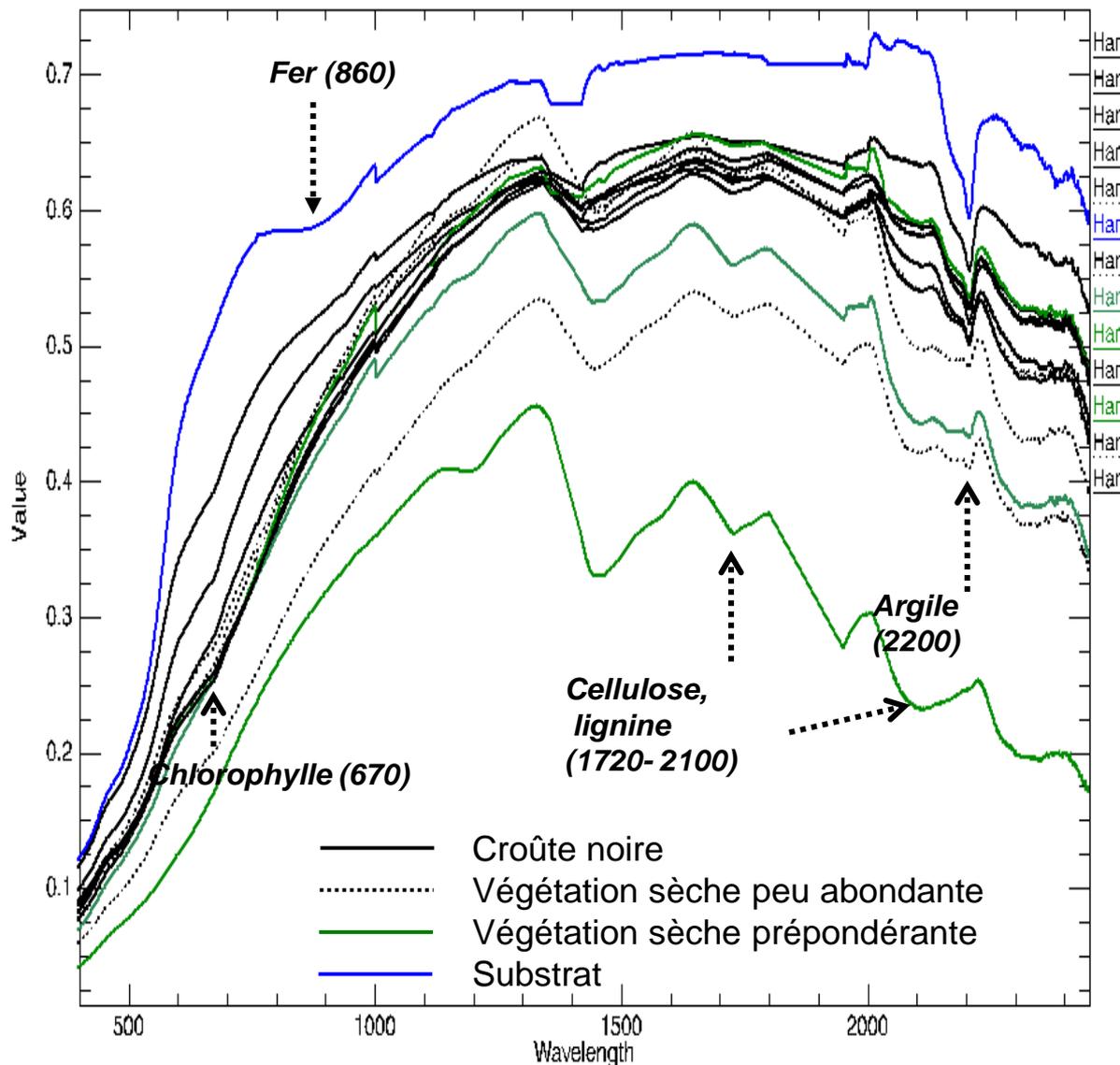
Spectres de terrain, librairie spectrale : Hamma



Choix de spectres de terrain et leurs caractéristiques spectrales



Mesures de terrain : Hamma Transect defens



Trois groupes d'échantillons :

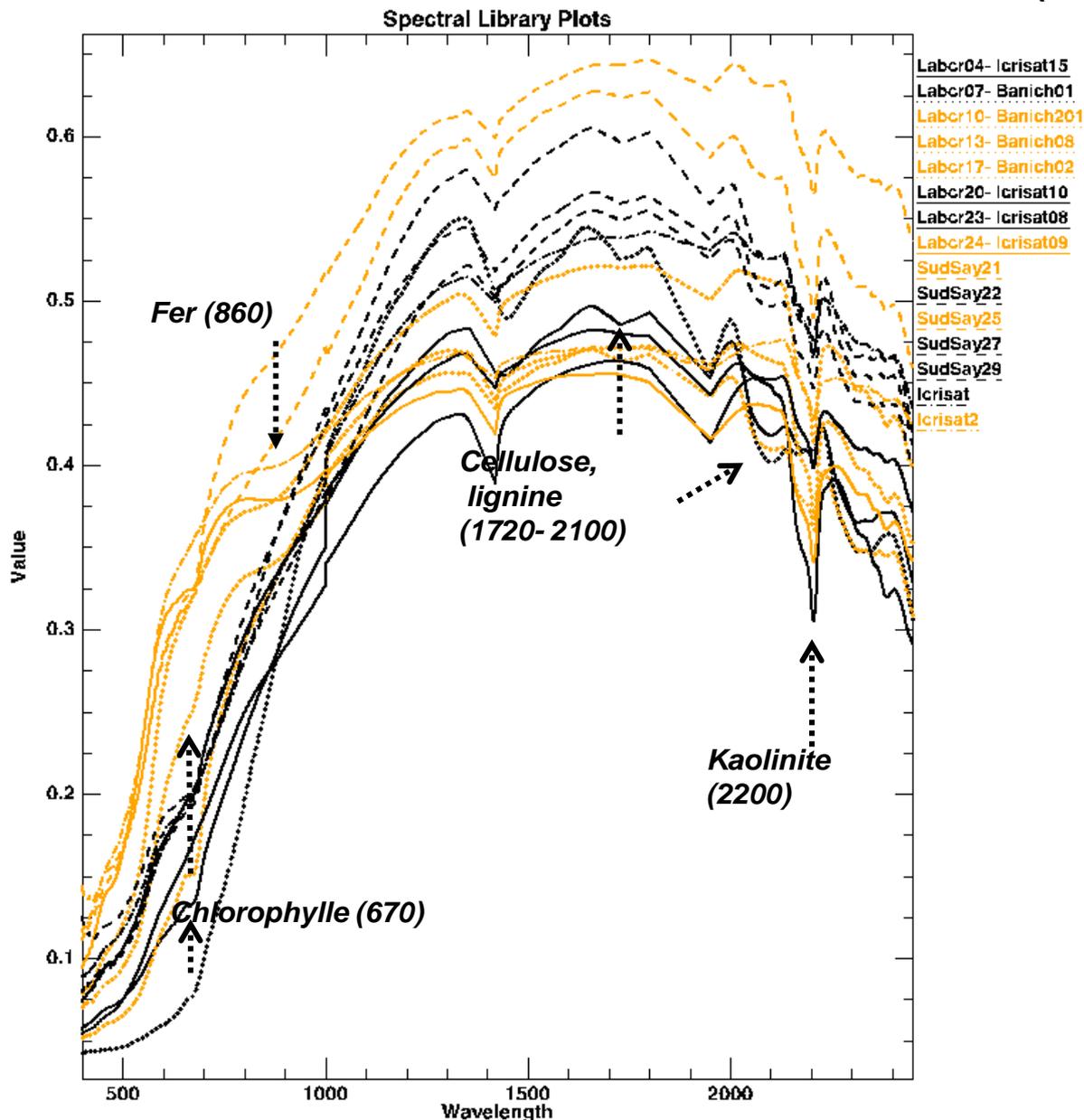
Croûte noire microphytique : figures spectrales homogènes. Le pic de la chlorophylle à 670 nm est marqué.

La végétation sèche, oblitère plus ou moins la signature spectrale de la croûte sous-jacente selon son abondance.

Le substrat, sa composition argileuse est toujours visible (2200nm) le pic d'absorption de la kaolinite est plus ou moins profond selon la quantité de sable recouvrant la croûte.



Mesures de laboratoire : Croûtes (3 sites)



Pics d'absorption liés :

Présence de microphytes

- Chlorophylle (670 nm)

- Matière organique :

(1720 – 2100 nm)

Sols :

- Oxydes de Fer (860 nm)

- Argiles (kaolinite 2200 nm)

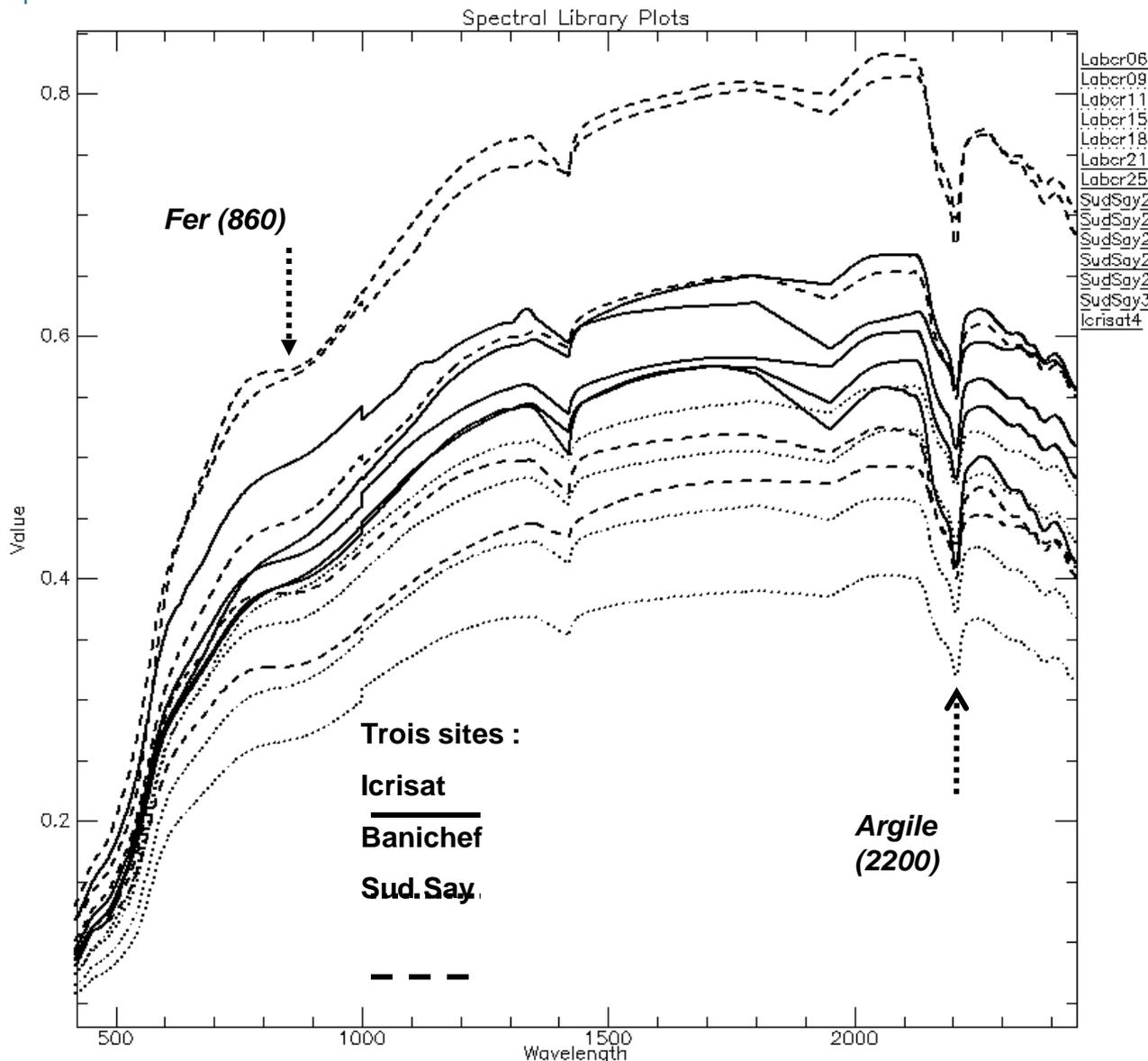
Trois sites :

Icrisat ———

Banichef

Sud Say - - -

Mesures de laboratoire : Substrats (3 sites)



Substrats spectralement homogènes. Les seules figures d'adsorption visibles sont celles des sols :

La présence d'oxydes de fer est plus ou moins marquée (860 nm)

L'argile est omniprésente et le pic à 2200 nm évasé vers la gauche marque la présence de kaolinite.

(confirmation par DRX)

Caractérisation spectrale Labo / Terrain

> Constituants des sols

- Les oxydes de fer (goethite et/ou hématite)
- La kaolinite (DRX) omniprésente

> Constituants des croûtes microphytiques

- La chlorophylle
- La matière organique
- Les oxydes de fer et la kaolinite sont omniprésents

> Végétation verte et sèche

- Sur échantillons de terrain seulement

> Cohérence entre mesures de laboratoire et mesures de terrain malgré la différence d'échelle et les mélanges existant sur les mesures de terrain

Indices spectraux

> **Caractérisation par l'utilisation d'indices spectraux de la présence de croûtes microphytiques par rapport au substrat et à la végétation**

- Méthode robuste
- En vue d'utilisation sur des images hyperspectrales

> **Caractérisation des sols**

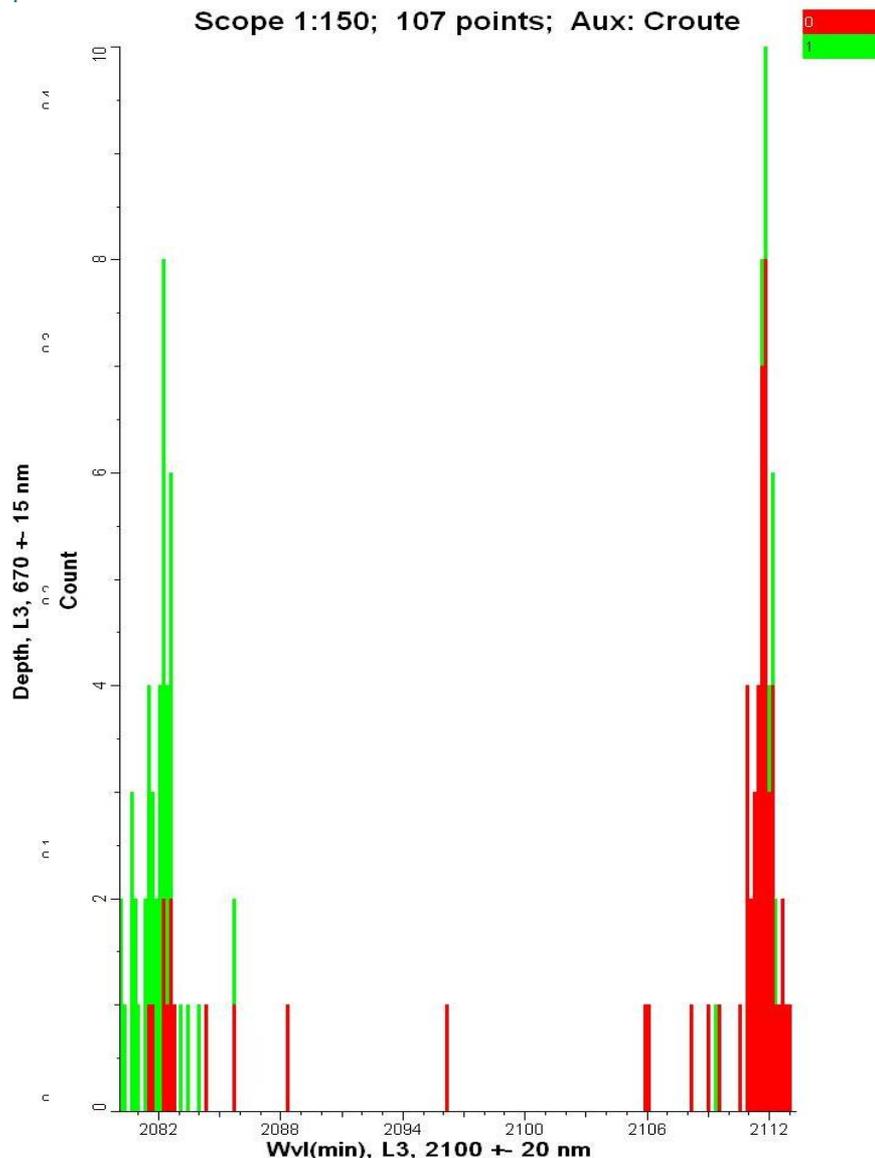
- Argiles :
 - profondeur du pic à 2204 nm
 - Largeur du pic à 2204 nm
- Oxydes de fer
 - Pente entre 500 nm et 740 nm

> **Caractérisation des croûtes microphytiques**

- Profondeur des pics à 670 et 1720 nm

> **Caractérisation de la végétation sèche (résidus)**

Indices spectraux croûte/substrat laboratoire



Caractérisation des croûtes microphytiques

Mesure de la **croûte** et du **substrat** sur chaque échantillon
150 spectres mesurés en conditions de laboratoire

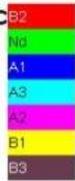
Corrélation de la nature croute et substrat avec :

- la profondeur des pics à 670 et 1720 nm (chlorophylle et MO)
- La position du minimum du pic d'absorption à 2100 nm

Deux indices spectraux permettent de caractériser les croûtes microphytiques par rapport au substrat sur les échantillons mesurés en laboratoire

Indices spectraux / paramètres biologiques et physiques

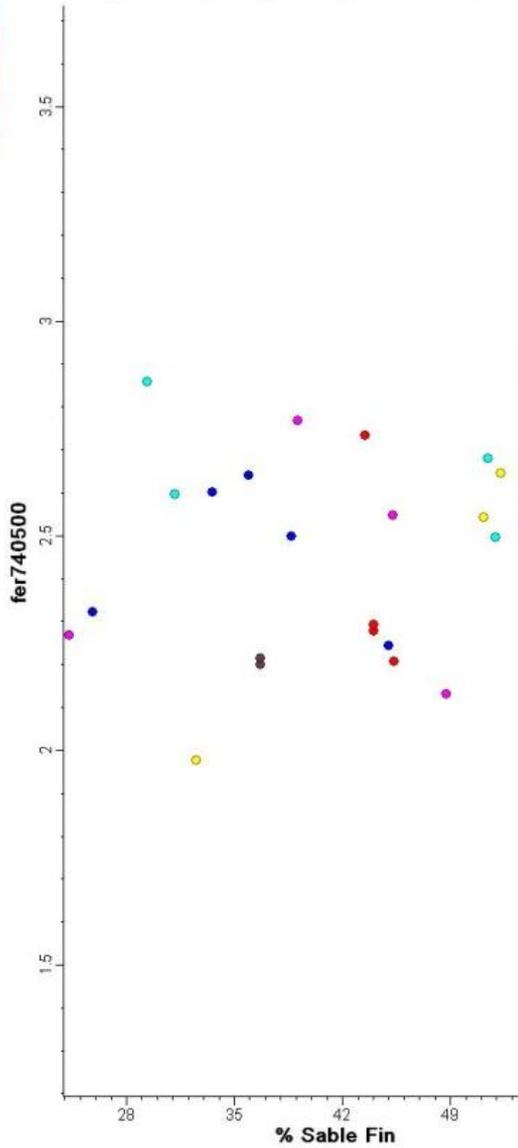
Scope 1:32; 29 points, $R^2 = 0.459$; Aux: BSCbac



Echantillonnage régional

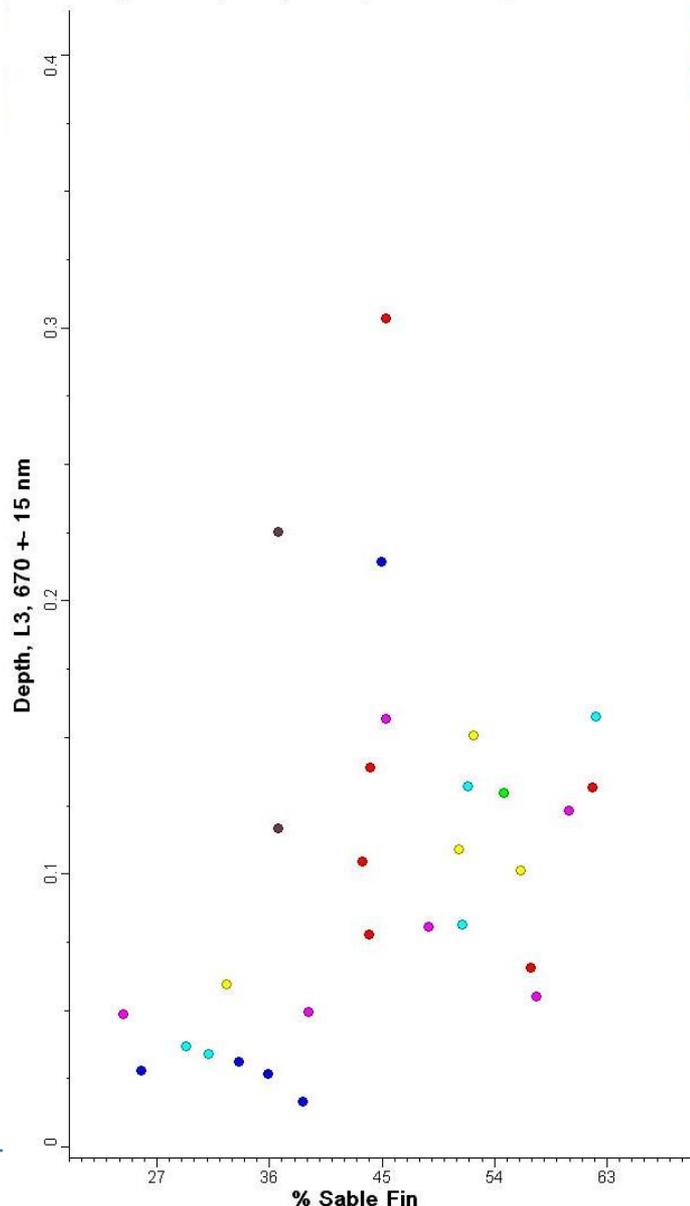
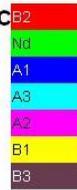
Mesure de la **croûte** et du **substrat** sur chaque échantillon

- 64 spectres mesurés en conditions de laboratoire (substrat et croûte)



Indices spectraux / paramètres biologiques et physiques

Scope 1:32; 29 points, $R^2 = 0.376$; Aux: BSCbac



Echantillonnage régional

Mesure de la **croûte** et du **substrat** sur chaque échantillon

- 64 spectres mesurés en conditions de laboratoire (substrat et croûte)
- 10 sites de mesures
- Mesures granulométriques
- Analyse des profils de diversité bactérienne en CE-SSCP

Croûtes :

Corrélation faible de la profondeur du pic de la chlorophylle avec la teneur en sable fin (%)

Pas de corrélation avec les profils de diversité bactérienne (6 profils)

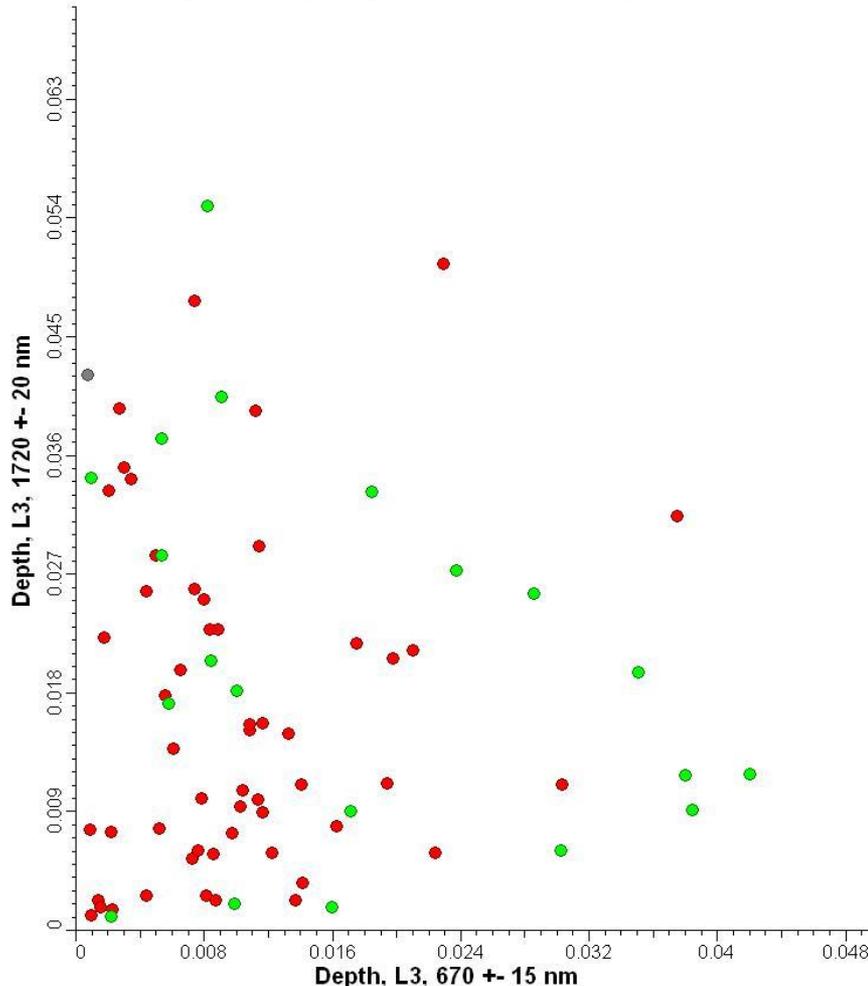
Indices spectraux / paramètres biologiques et physiques

Scope 1:108; 74 points, $R^2 = -0.048$; Aux: Substrat

Echantillonnage local

Mesure de terrain des mélanges : **croûte**, **substrat** et végétation

- 108 spectres mesurés en conditions de terrains
- 6 sites de mesures
- Mesures granulométriques (en attente)
- Analyses chimiques (majeurs et traces) (en attente)



Estimation de l'influence des débris végétaux sur les spectres de terrain pour semi-quantification de la couverture végétale.

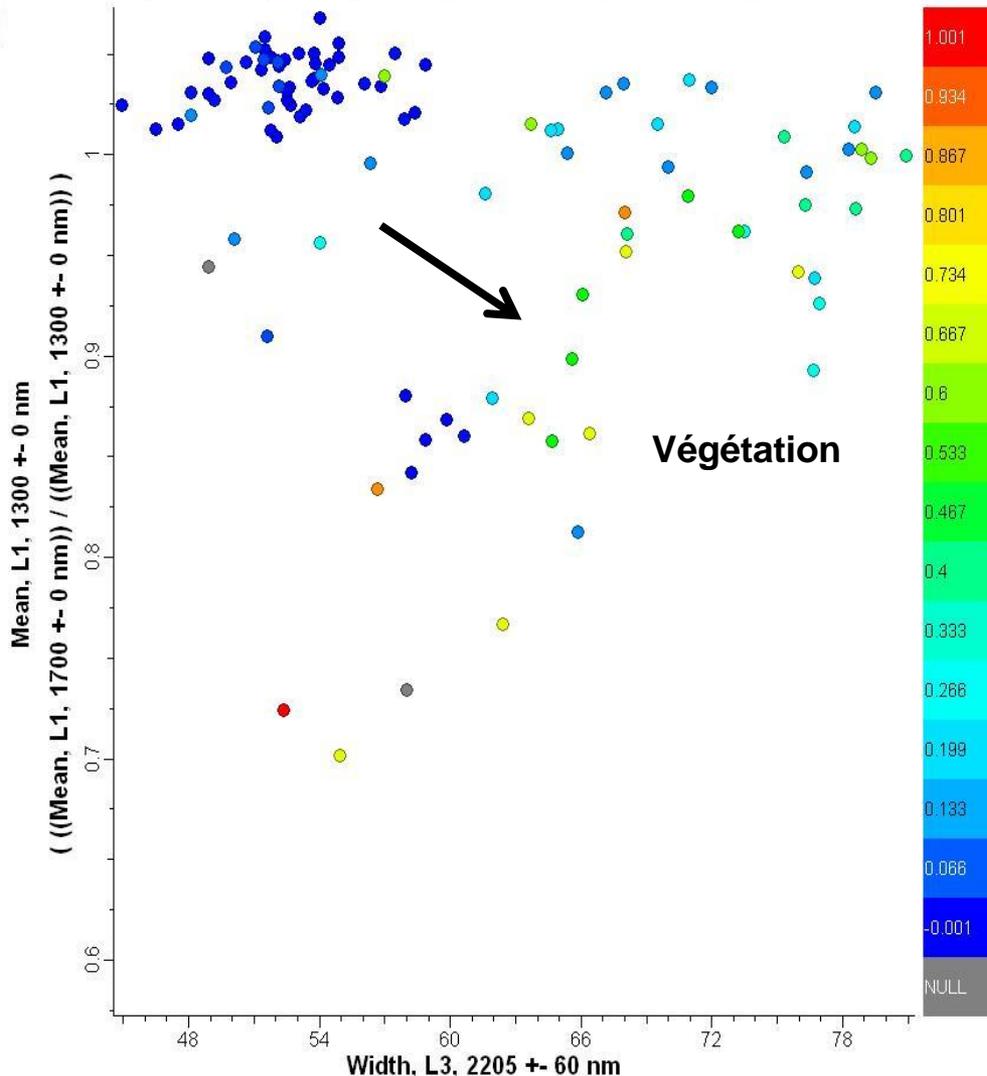
La présence de la végétation annule la corrélation de la nature croûte et substrat avec :

- la profondeur des pics à 670 et 1720 nm (chlorophylle et MO)
- La position du minimum du pic d'absorption à 2100 nm

Nom du service émetteur

Indices spectraux / Estimation de l'influence de la végétation

Scope 1:108; 103 points, $R^2 = -0.212$; Aux: Végétation sèche



Echantillonnage local

Estimation de l'influence des débris végétaux sur les spectres de terrain pour semi-quantification de la couverture végétale.

L'abondance de la végétation a été estimée sur le terrain visuellement.

Le ratio R1700/R1300 nm utilisé pour distinguer les sols de la végétation.

La largeur du pic d'absorption des argiles à 2204 nm

Indices spectraux envisageables pour caractériser sur les spectres de terrain les proportions des mélanges présents.

Nom du service émetteur



Conclusions et perspectives

- > **Caractérisation spectrale des croûtes biologiques, du substrat et de la végétation associée**
 - > **Quatre constituants identifiables : Fer, Argiles, Microphytes, végétation**
 - > **Indices spectraux pour caractériser les différents constituants des spectres mesurés en laboratoire**
- > **Cohérence entre mesures de laboratoire et mesures de terrain malgré la différence d'échelles et les mélanges existant sur les mesures de terrain.**
- > **Pas de corrélation mise en évidence entre profils de diversité bactérienne et profils spectraux**
- > **Peu de corrélation entre profils spectraux et caractéristiques physiques (granulométrie)**
- > **Poursuite de l'étude avec échantillonnage régionale sur le Burkina Faso**