



HAL
open science

CARHAB - Q2. Etude de sensibilité des données radar à l'hydromorphie des prairies sur le parc régional Scarpe Escaut.

Mohammad El-Hadj, Nicolas Baghdadi, Samuel Alleaume

► **To cite this version:**

Mohammad El-Hadj, Nicolas Baghdadi, Samuel Alleaume. CARHAB - Q2. Etude de sensibilité des données radar à l'hydromorphie des prairies sur le parc régional Scarpe Escaut.. Irstea. 2019, 17 p. <hal-04269897>

HAL Id: hal-04269897

<https://hal.inrae.fr/hal-04269897v1>

Submitted on 3 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

**CONVENTION MEDDE – DEB 2019-2021
pour la gestion des milieux et la biodiversité**

*Ces travaux bénéficient du soutien du Ministère chargé de l'Ecologie
dans le cadre de la convention n°2101870336*

CARHAB – Q2

Etude de sensibilité des données radar à l'hydromorphie des prairies sur le parc régional Scarpe Escaut.

- Octobre 2019

**Mohammad El-Hadj
Nicolas BAGHDADI
Samuel ALLEAUME**

Irstea- UMR TETIS



Table des matières

INTRODUCTION	3
OBJECTIF	3
2. ZONE D'ETUDE	4
3. DONNEES SPATIALES	5
4. DONNEES TERRAIN	6
5. METHODOLOGIE	7
6. RESULTATS	8
6.1. PROFILS TEMPORELS DU SIGNAL RADAR EN BANDE C	8
6.2. PROFIL TEMPOREL DE LA BANDE L	13
7. CONCLUSION	16

INTRODUCTION

OBJECTIF

Les images radars ont montré dans de nombreuses études un fort potentiel par la cartographie des milieux humides. Le CBN Bailleul a récemment réalisé des relevés de végétation ainsi que les cartes de niveaux d'humidité potentiels sur le parc régional Scarpe Escaut. Ces données d'échantillons peuvent contribuer à étudier la capacité des capteurs radars à caractériser les zones humides et plus particulièrement à capter l'hydromorphie des prairies humides. Grâce à sa forte répétitivité d'acquisition, Sentinel 1 permet d'accéder à la dynamique saisonnière des surfaces inondées et à la teneur en eau du sol. Un deuxième radar PALSAR sur ALOS est à tester puisqu'il fonctionne en bande L plus sensible à l'humidité du sol. Il s'agit donc de tester la détection d'une variable environnementale (hydromorphie) sur une physionomie particulière (prairies). Techniquement, il s'agit d'étudier le potentiel des données radar en bandes C et L pour la cartographie des coefficients d'humidité du sol définis selon la classification d'Ellenberg [1].

1. ZONE D'ETUDE

Le parc régional Scarpe Escaut est situé au nord de la France dans la région Hauts-de-France. La superficie du site est de 507 km² d'environ (figure 1).

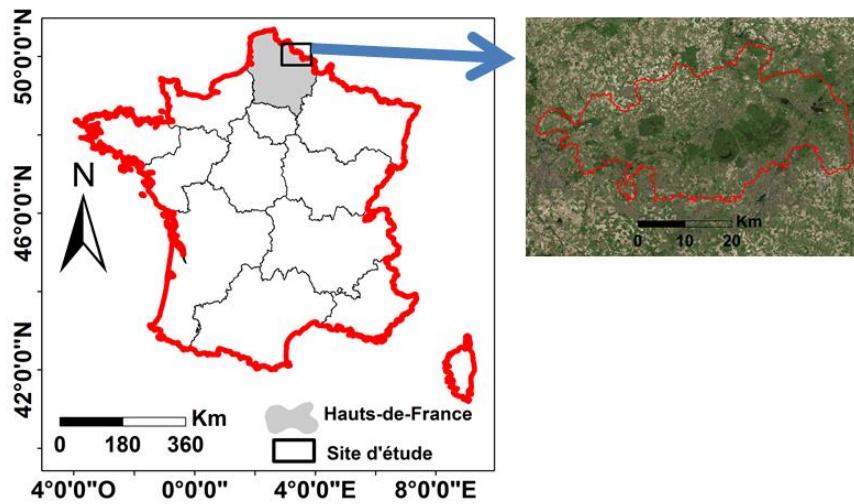


Figure 1 : Site d'étude

2. DONNEES SPATIALES

118 images radar en bande d'hyperfréquences C (4 à 8 Ghz) acquises par les capteurs Sentinel-1A (S1A) et Sentinel-1B (S1B) entre 04/01/2018 et 29/12/2018 ont été utilisées. Les images radar sont en mode GRD (*Ground Range Detected*) en double polarisations (VV+VH) avec une résolution spatial de 10 m x 10 m. La répétitivité temporelle des images S1A et S1B est de 6 jours pour chaque orbite. Ces produits Copernicus sont disponibles gratuitement sur la plateforme de l'ESA.

De plus, 5 images radar en bande L (1-2 Ghz) issues du satellite PALSAR/ALOS-2 ont été utilisées. Le tableau 1 montre les caractéristiques des images ALOS-2.

Les images radar ont été calibrées et ortho-rectifiées en utilisant le logiciel SNAP de l'ESA. La calibration consiste à convertir le compte numérique de l'image radar en valeur physique (coefficient de rétrodiffusion en échelle linéaire (σ_1^0)).

<i>Date d'acquisition</i>	<i>Polarisation</i>	<i>résolution</i>
30/01/2018	HH+HV	6 m x 6 m
22/05/2018	HH+HV	6 m x 6 m
17/07/2018	HH+HV	6 m x 6 m
06/11/2018	HH+HV	6 m x 6 m
28/08/2018	HH+HV	6 m x 6 m

Tableau 1 : Caractéristiques des images radar ALOS-2

3. DONNEES TERRAIN

Des mesures des coefficients d'humidité du sol associés à des unités spatiales (cellules paysagères) ont été utilisées. Les coefficients d'humidité se basent sur les indices d'Ellenberg (1988) qui attribue à chaque plante indicatrice une échelle d'humidité de 1 à 9.

Etant donné que le signal radar en bandes C et L ne pénètre pas dans un couvert forestier bien développé, seules les cellules minérales peu végétalisées, herbacées et prairiales et sont retenues pour l'analyse. (Tableau 2). Ces cellules ont des coefficients d'humidité du sol de 5, 6, 7 et 9. Le nombre des cellules est respectivement 106, 161, 21, et 2 pour les coefficients d'humidité du sol de 5, 6, 7 et 9.

<i>Nom de la cellule</i>
<i>Cellule herbacée haute de l'Irido pseudacori - Phalarido arundinaceae Permasigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule minérale peu végétalisée du Salico capreae Sigmatum Catteau 2017 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée de l'Alopecuro pratensis - Arrhenathero elatioris Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée de l'Endymio non-scriptae - Carpino betuli Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée de l'Endymio non-scriptae - Fago sylvaticae Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée de l'Heracleo sphondylii - Bromo hordeacei Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée de l'Humulo lupuli - Sambuco nigrae Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée du Carici remotae - Fraxino excelsioris Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée du Groupement à Humulus lupulus et Fraxinus excelsior Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale fauchée du Lonicero periclymeni - Fago sylvaticae Sigmatum Villejoubert 2017 nom. Ined.</i>
<i>Cellule prairiale pâturée de l'Alopecuro pratensis - Arrhenathero elatioris Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale pâturée de l'Heracleo sphondylii - Bromo hordeacei Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale pâturée de l'Humulo lupuli - Sambuco nigrae Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale pâturée du Groupement à Humulus lupulus et Fraxinus excelsior Sigmatum Catteau 2016 nom. ined.</i>
<i>Cellule prairiale pâturée du Lonicero periclymeni - Fago sylvaticae Sigmatum Villejoubert 2017 nom. Ined.</i>

Tableau 2 : Nom des cellules utilisées.

4. METHODOLOGIE

Le potentiel des données radar en bandes C et L pour la cartographie des coefficients d'humidité du sol est étudié en analysant le profil temporel du signal radar. Ce profil temporel est élaboré pour chaque bande séparément, mais aussi pour chaque polarisation. Les étapes pour élaborer le profil temporel sont :

- Etape 1 : Pour chaque cellule, la moyenne du signal radar en échelle linéaire (σ_1^0) a été calculée à partir des images radar. Cette moyenne est convertie ensuite en décibel (dB) [$\sigma_{dB}^0 = 10 \times \log_{10}(\sigma_1^0)$].
- Etape 2 : Pour chaque date, les signaux radar (étape 1) de chaque coefficient d'humidité du sol ont été moyennés et l'écart-type a été calculé.
- Etape 3 : Enfin, l'évolution temporelle de la moyenne radar (étape 2) a été analysée pour chaque bande. Pour la bande C, le profil temporel a été analysé pour les polarisations VV et VH mais aussi pour la différence entre VV et VH (VV-VH). Pour la bande L, le profil temporel a été élaboré pour les polarisations HH et HV ainsi que pour la différence entre HH et HV (HH-HV).

De plus, un indice de séparabilité $S_{i,j}$ a été calculé pour chaque paire de classes (coefficients d'humidité du sol). La séparabilité entre les classes i et j [2] est définie par:

$$S_{i,j} = \frac{|m_i - m_j|}{\sigma_i + \sigma_j}$$

où m_i et σ_i sont respectivement la moyenne et l'écart-type des signaux radar du coefficient d'humidité du sol i .

Les valeurs de séparation $S_{i,j}$ inférieures à 0.8 signifient que les séparabilités ne sont pas suffisamment importantes pour permettre de distinguer la classe i de la classe j . Dans ce cas, pas plus de 50% des coefficients i et j sont correctement séparés. Pour les valeurs de $S_{i,j}$ comprises entre 0.8 et 1.5, la qualité de la séparation entre les coefficients i et j est moyenne. Enfin, les valeurs de $S_{i,j}$ supérieures à 2.0 permettent une séparation presque complète des coefficients i et j .

5. RESULTATS

5.1. *PROFILS TEMPORELS DU SIGNAL RADAR EN BANDE C*

La figure 2 montre le profil temporel de la bande C (angle d'incidence entre 33° et 36°) pour les coefficients d'humidité du sol 5, 6, 7, et 9. Les trait liants les symboles entre eux sont tracés pour améliorer la visibilité de la figure et ne présentent pas une mesure physique du signal. La figure 2 montre que :

- La différence entre la polarisation VV et la polarisation VH (VV-VH) pourra séparer la classe 9 des classes 5, 6, et 7 (figure 2c). En effet, le signal VV-VH pour les jours de l'année 34-52 (Février) et 76-88 (Mars) est largement inférieur à ceux des classes 5, 6 et 7 (figure 2c). De plus, au cours des jours de l'année 34-52 et 76-88 les valeurs de l'indice de séparabilité pour les paires des coefficients d'humidité du sol 5-9, 6-9, 7-9 sont bonnes (Figure 3c). Par exemple, le jour 88 le signal VV-VH de la classe 9 est inférieur à celui des classes 5, 6, et 7 de 2.3 dB, 2.5 dB, et 3.3 dB, respectivement (figure 2c). De plus, l'indice de séparabilité calculé au jour 88 est de 2.1, 1.9, 1.6 pour les pairs des coefficients 5-9, 6-9, et 7-9, respectivement (figure 3c).
- Les polarisations VV et VH pourront séparer la classe 7 des classes 5 et 6 (figures 2a et 2b). En effet, au cours des jours de l'année 142-214 (Mai – Juin) le signal radar de la classe 7 reste constant (variation faible d'environ 0.5 dB en VV et VH) alors que le signal radar des classes 5 et 6 décroît fortement avec le temps (environ 3 dB en VV et 3.5 dB en VH). Cependant, les figures 3a et 3b montrent que l'indice de séparabilité pour les paires 5-7 et 6-7 est faible (inférieure à 0.5). Cet indice de séparabilité ne tient pas compte du comportement temporel du signal radar. Pour savoir si le comportement du signal sépare la classe 7 des classes 5 et 6, une approche de classification utilisant ce comportement en tant que variable de classification devrait être effectuée.
- Les figures 2 et 3 montrent que la bande C ne permet pas de séparer entre la classe 5 et la classe 6. En effet, les profils temporels de la bande C pour les classes 5 et 6 sont similaires avec des différences inférieure à 0.5 dB en VV, VH et VV-VH (indice de séparabilité ~ 0.1).

Enfin, la figure 4 montre le profil temporel de la bande C avec des angles d'incidence entre 42° et 46° (forte incidence). Les résultats montrent que la dynamique du signal radar en forte incidence est similaire à celui en moyenne incidence (entre 33° et 36°). L'indice de séparabilité montre que la polarisation VV-VH en forte incidence (figure 5c) permettrait de séparer la classe

9 des classes 5, 6 et 7 grâce au signaux VV-VH des jours de l'année 4 et 94 (indice de séparabilité ~ 2.0 pour les paires de coefficients d'humidité du sol 5-9, 6-9, et 7-9).

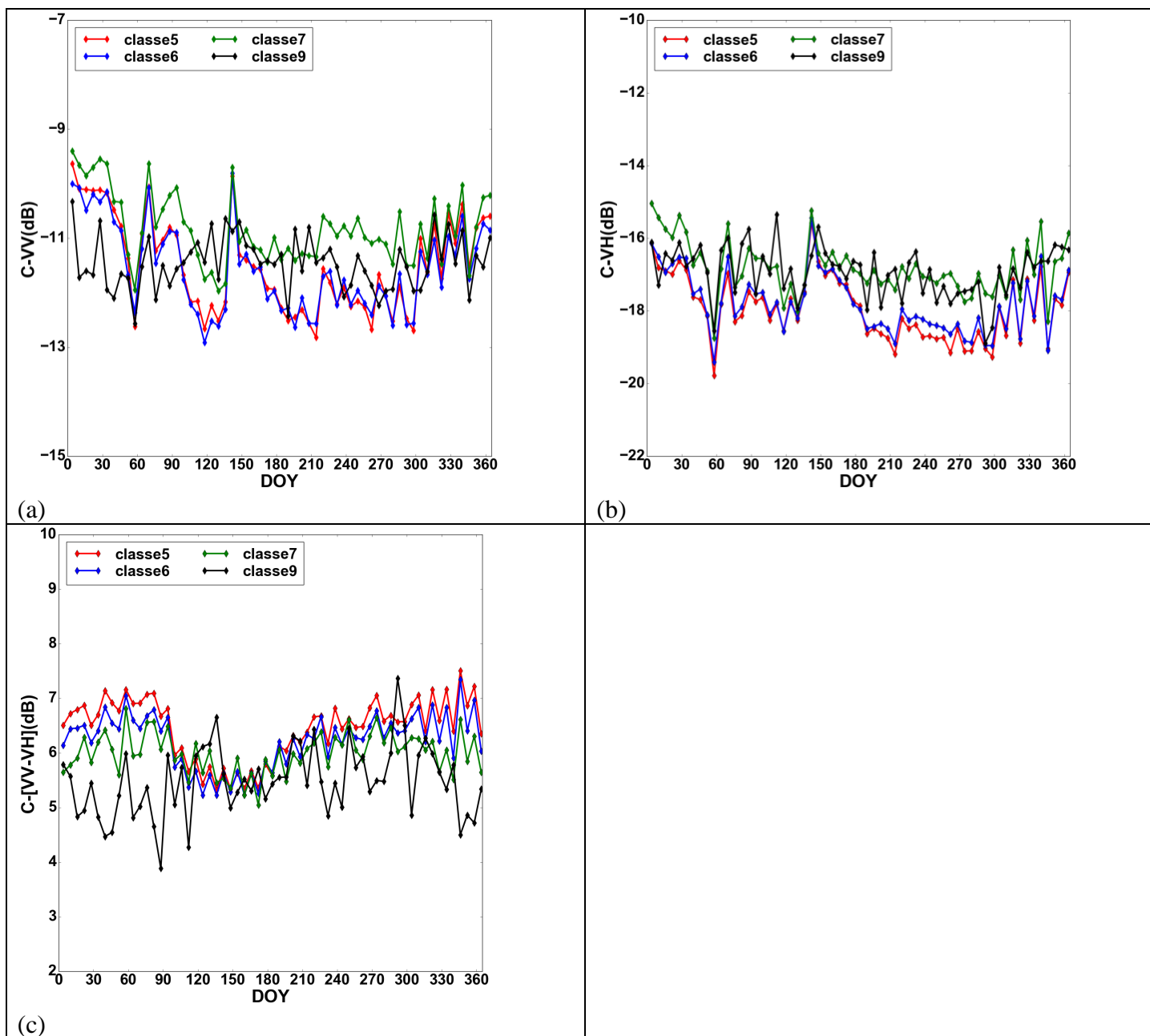
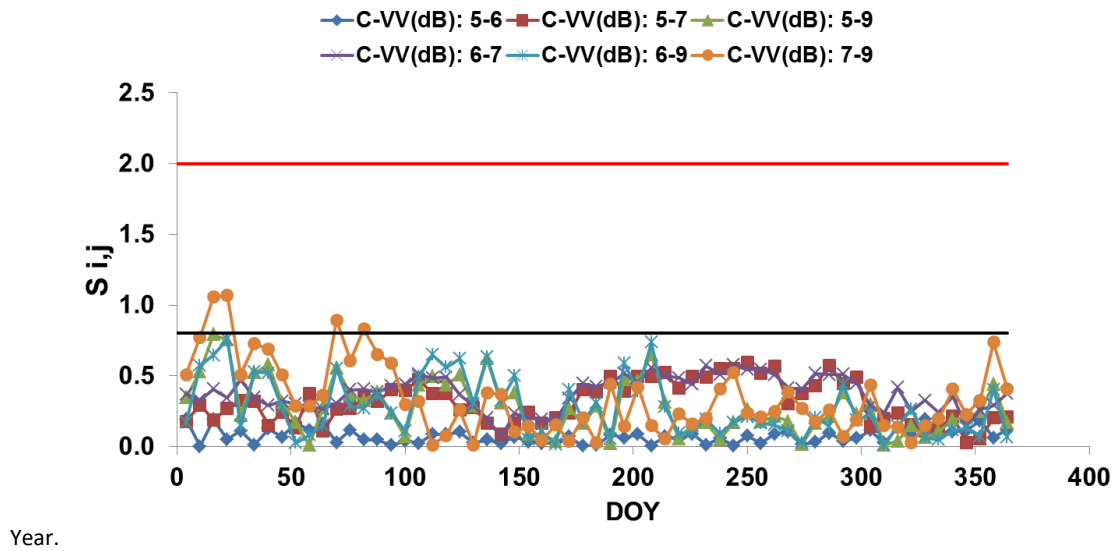
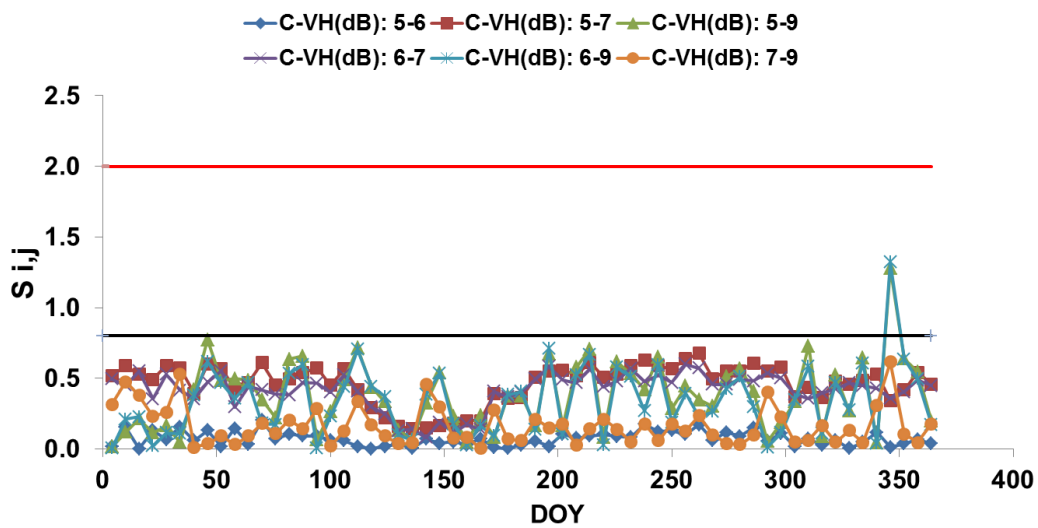


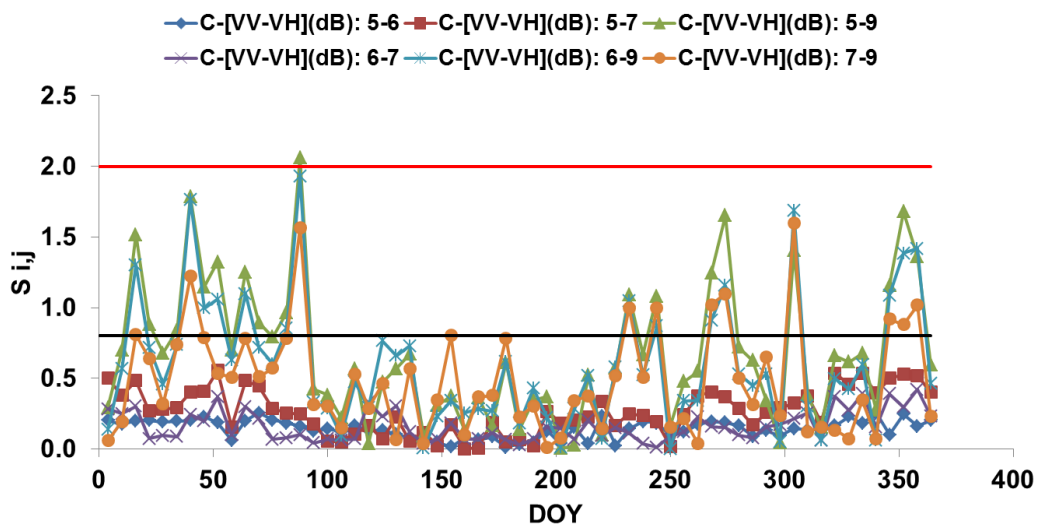
Figure 2 : Profil temporel du signal radar en bande C (angle d'incidence entre 33° et 36°). (a) polarisation VV, (b) polarisation VH, et (c) polarisation VV - polarisation VH . DOY = Day of



(a)



(b)



(c)

Figure 3 : Valeurs de l'indice de séparabilité calculé à partir des signaux radar en bande C (angle d'incidence entre 33° et 36°) pour chaque paire des coefficients d'humidité du sol (5-6, 5-7, 5-9, 6-7, 6-9, 7-9). Les traits horizontaux noir et rouge montrent un indice de séparabilité de 0.8 et 2, respectivement. . DOY = Day of Year.

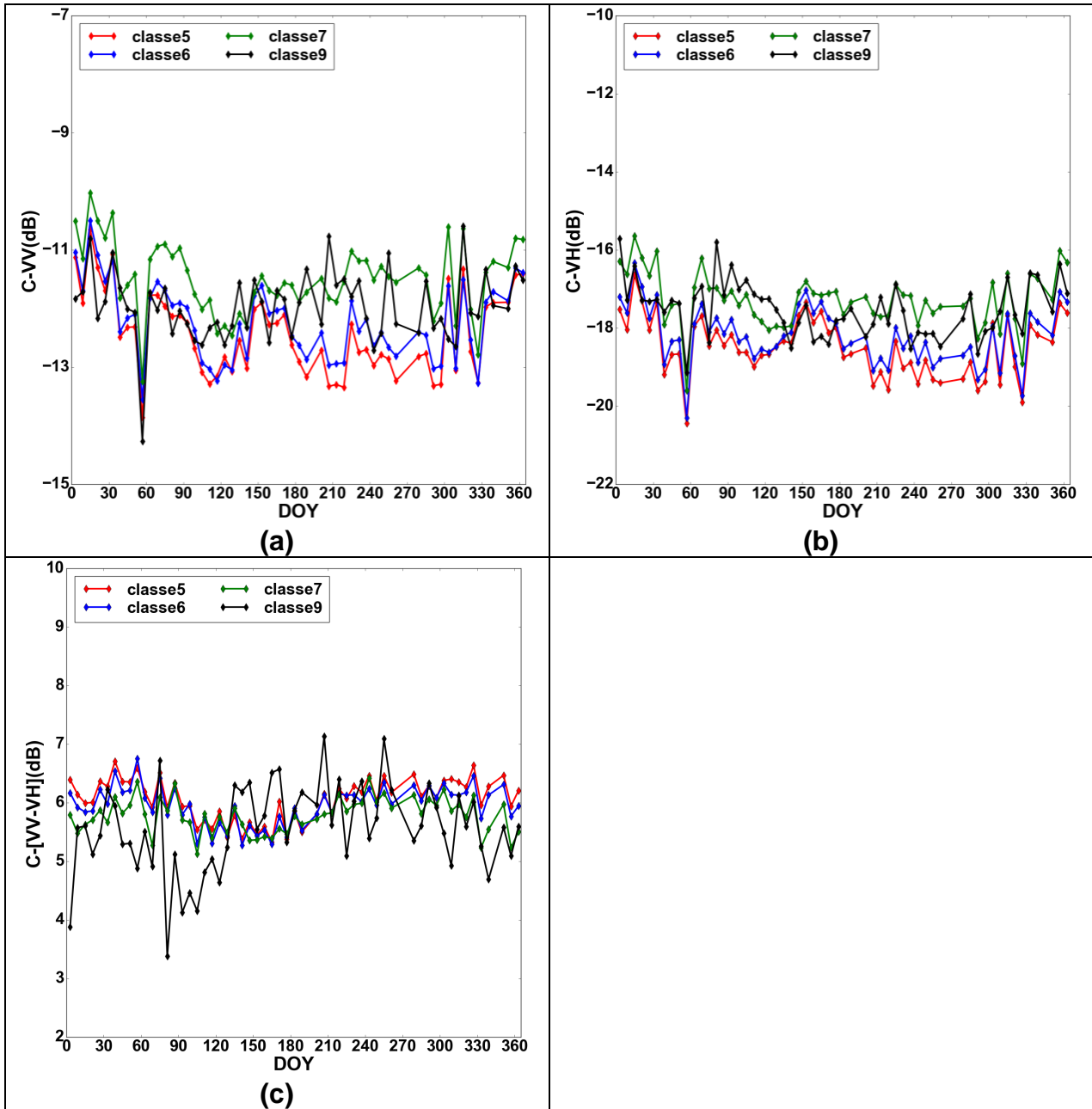


Figure 4 : Profil temporel du signal radar en bande C (angle d'incidence entre 42° et 46°). (a) polarisation VV, (b) polarisation VH, et (c) polarisation VV - polarisation VH. DOY = Day of Year.

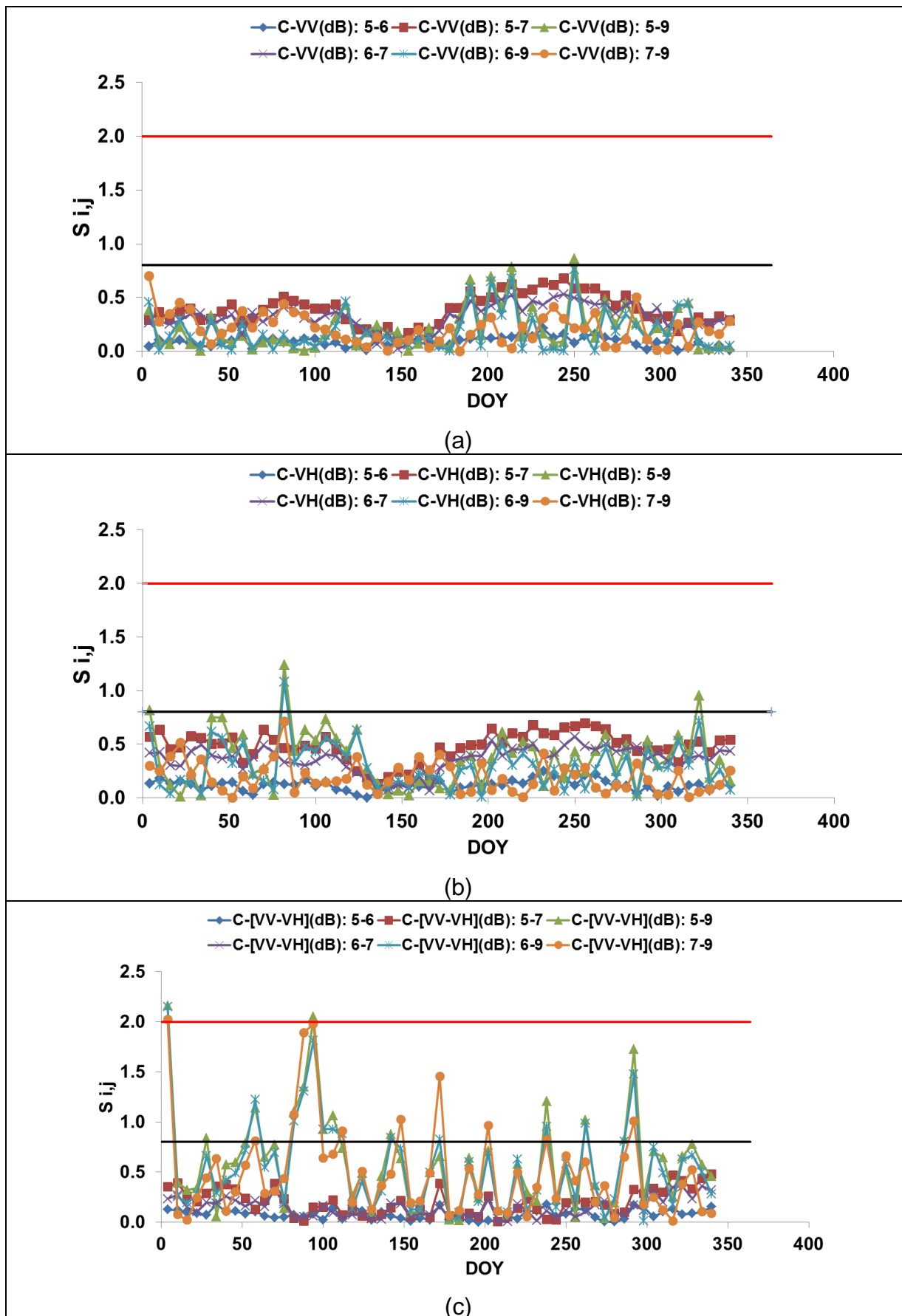
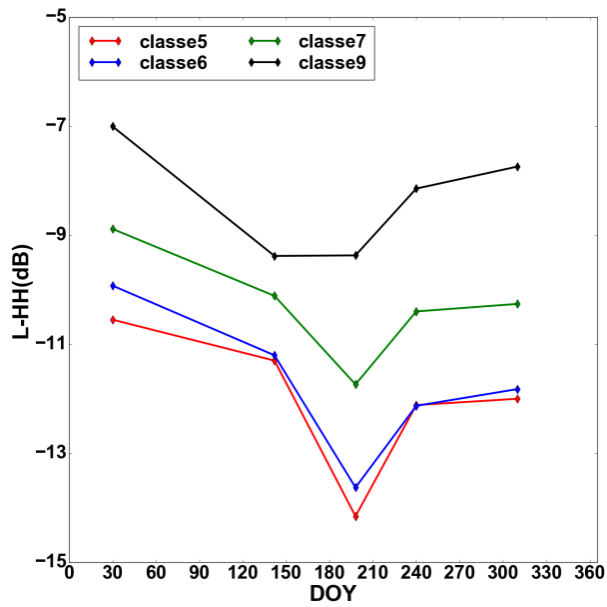


Figure 5 : Valeurs de l'indice de séparabilité calculé à partir des signaux radar en bande C (angle d'incidence entre 42° et 46°) pour chaque paire des coefficients d'humidité du sol (5-6, 5-7, 5-9, 6-7, 6-9, 7-9). Les traits horizontaux noir et rouge montrent un indice de séparabilité de 0.8 et 2, respectivement. . DOY = Day of Year.

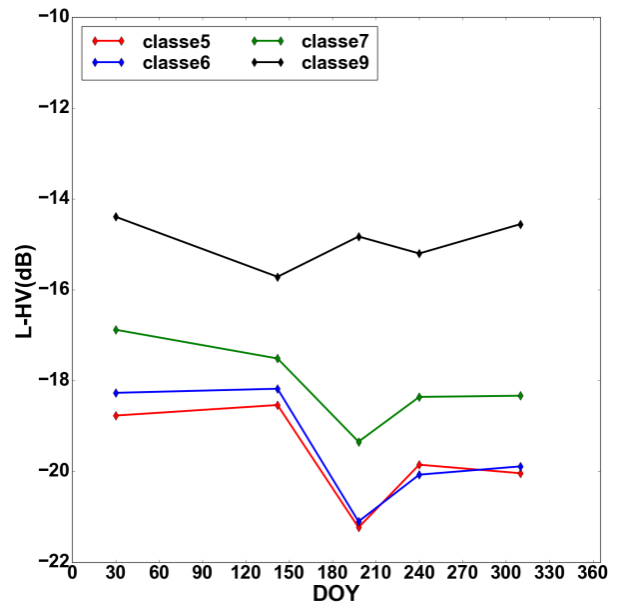
5.2. PROFIL TEMPOREL DE LA BANDE L

De même, le potentiel de la bande L pour la cartographie des coefficients de l'humidité des sols a été étudié. Les résultats ont montré que :

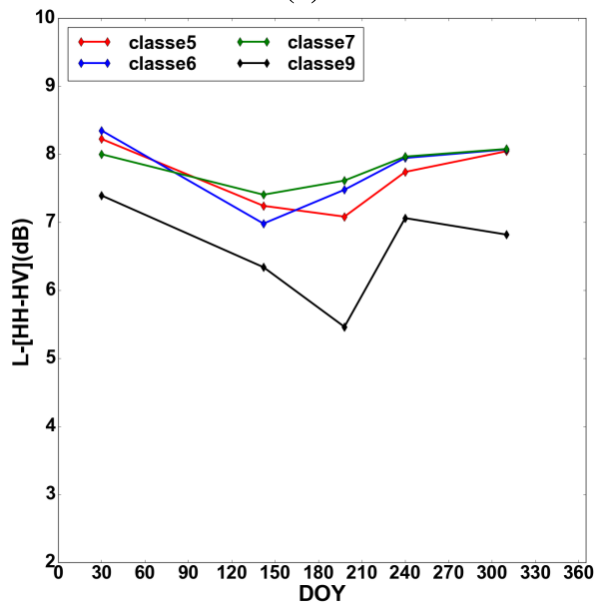
- La polarisation HV pourra séparer la classe 9 des classes 5, 6, et 7 (figure 6c). En effet, le signal HV au jour 310 (fin septembre) est supérieur de 5.3 dB comparativement aux signaux HV des classes 5 et 6 et de 3.8 dB comparativement au signal HV de la classe 7. De plus, la valeur de l'indice de séparabilité est d'environ 1.6 pour les paires des coefficients d'humidité du sol 5-9, 6-9, 7-9 (figure 7b).
- Contrairement à la bande C (VV et VH), la bande L (HH et HV) ne permet pas de séparer la classe 7 des classes 5 et 6. En effet, le comportement du signal radar en bande L pour les classes 5, 6, 7 est similaire (figures 6a et 6b). De plus, l'indice de séparabilité pour les paires de coefficient de l'humidité du sol 5-7 et 6-7 est inférieur à 0.5 (figures 7a et 7b).
- Enfin, la bande L ne permet pas de séparer la classe 5 de la classe 6. En effet, les profils temporels de la bande L pour les classes 5 et 6 sont similaires avec des différences qui ne dépassent pas le 0.5 dB en HH, HV et HH-HV (indice de séparabilité ~ 0.1) (figures 6 et 7).



(a)

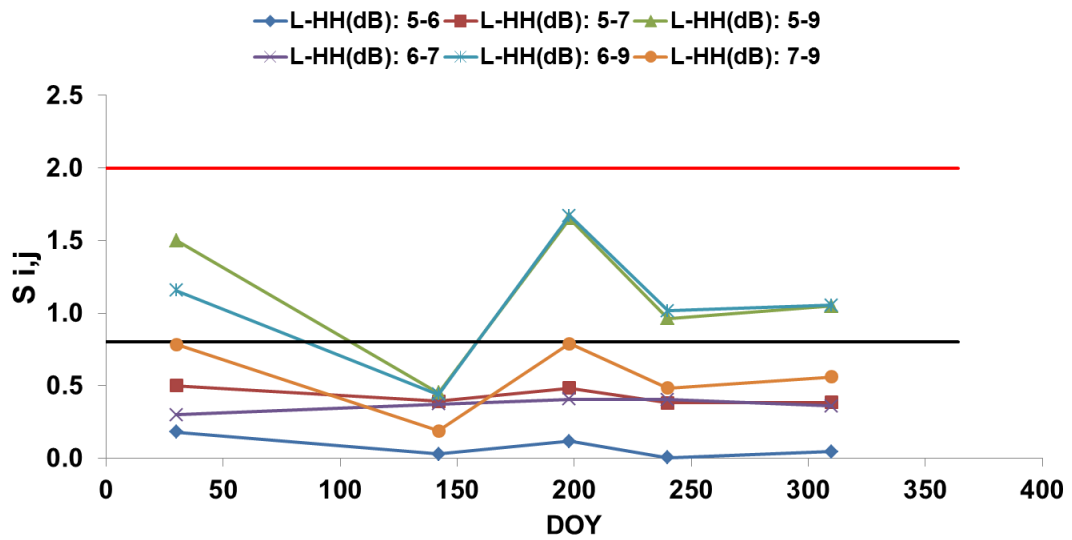


(b)

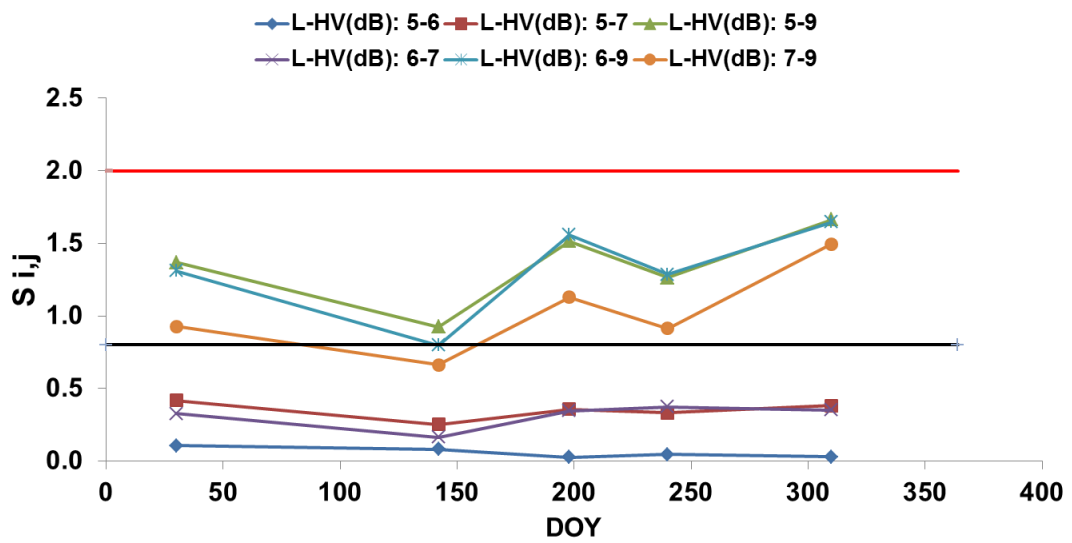


(c)

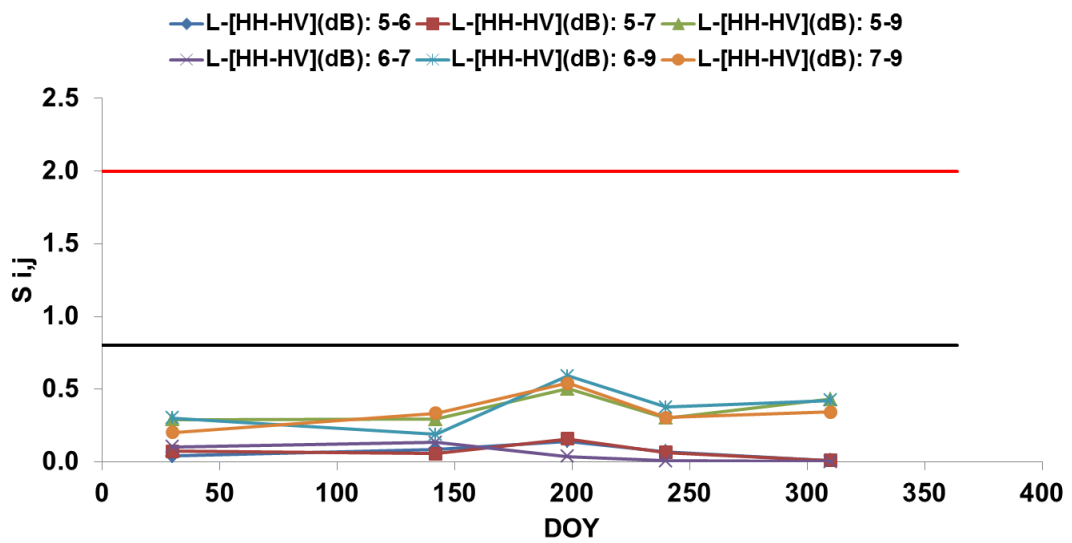
Figure 6 : Profil temporel du signal radar en bande L (angle d'incidence $\sim 35^\circ$). (a) polarisation HH, (b) polarisation HV, et (c) polarisation HH - polarisation HV. DOY = Day of Year.



(a)



(b)



(c)

Figure 7 : Valeurs de l'indice de séparabilités calculé à partir des signaux radar en bande L (angle d'incidence $\sim 35^\circ$) pour chaque paire des coefficients d'humidité du sol (5-6, 5-7, 5-9, 6-7, 6-9, 7-9). Les traits horizontaux noir et rouge montrent un indice de séparabilité de 0.8 et 2, respectivement. . DOY = Day of Year.

6. CONCLUSION

Les résultats ont montré que :

- Les capteurs radar aux bandes C et L permettraient de séparer le coefficient d'humidité 9 des coefficients 5, 6, et 7.
- Cette séparation est meilleure en bande C qu'en bande L puisque les indices de séparabilité plus important en bande C qu'en bande L pour les paires des coefficients 5-9, 6-9, et 7-9.
- Cependant, les résultats associés à la classe 9 restent à prendre avec précaution du fait qu'uniquement deux polygones ont été utilisés pour calculer les informations radar de cette classe.
- Seule la bande C (VV et VH) permettrait de séparer le coefficient 7 des coefficients 5 et 6.
- Enfin, les bandes C et L ne permettent pas de séparer entre les coefficients 5 et 6.

Par conséquent, l'utilisation du radar Sentinel 1 (Bande C) semble très pertinente pour capter l'humidité des végétations naturelles ouvertes. Il est important de retenir que le signal radar ne pénètre pas les couverts ligneux importants (buissons ou arbres). Les données Sentinel1 présentent l'avantage d'être disponibles gratuitement sur plusieurs plateformes associées à Copernicus. Une méthode de classification basée sur l'utilisation de la technique d'apprentissage automatique pourrait être envisagée mais reste à développer. Elle pourrait déboucher sur un algorithme permettant de cartographier les indicateurs d'humidité du sol. Bien que de telles approches existent sur la cartographie de l'humidité des zones de culture cela nécessite une adaptation des algorithmes utilisé et une augmentation de l'effort d'échantillonnage pour la calibration et la validation de ces modèles.

Irstea – Direction Générale
1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex
tél. +33 (0)140966121
fax +33 (0)140966225
www.irstea.fr