

Jean Paul RUDANT, [rudant@univ-mlv.fr](mailto:rudant@univ-mlv.fr)

Cours télédétection Radar

NOTES DE COURS , septembre 2020

## CHAPITRE V

### Conclusions, Perspectives

#### Grandes lignes sur le contenu du Chapitre V:

« **Conclusion, Perspectives** » présente quelques remarques sur la stratégie d'usage conjoint optique radar et les évolutions attendues dans le domaine de l'exploitation des données, principalement au travers de celles du futur satellite BIOMASS, de la fusion multi capteur et du développement attendu des techniques affichées du domaine de l'Intelligence Artificielle

#### Plan Chapitre V

##### V Conclusion, Perspectives

##### V-1 Rappel des points forts et point faibles des images radar

##### V-2 Stratégies d'usage conjoint Sentinel1, Sentinel2

##### V-3 Perspectives : BIOMASS

#### V-1 Points forts et points faibles des images radar

**points forts** : ce sont avant tout les propriétés qui n'ont pas d'équivalent dans des images optiques : acquisitions saisonnières tout temps, orbites montante et descendante conduisant à deux visées différentes, pénétration des sols secs et de la végétation, apports originaux polarimétriques et interférométriques en particulier des images de cohérence pour la cartographie, signatures multi-bandes centimétriques originales, bonne sensibilité à la rugosité, humidité des sols et à la biomasse présente en surface.

**points faibles** : trois sont dominants: les effets du relief accompagnés de distorsions géométriques et radiométriques souvent difficiles à cerner et parfois impossibles à corriger , une résolution spatiale jugée médiocre comparée à l'optique pour une même dimension de pixel (cet effet étant lié à l'existence de chatoiement).

Pour situer leurs difficultés d'usage , rediscutons rapidement des propriétés des images radar **Les effets du relief** sont très importants tant au niveau radiométrique que géométrique. Une pente, même faible, provoque une différence de puissance rétrodiffusée pour un pixel difficile à séparer des effets du milieu sous-jacent. Les images acquises avec des incidences différentes sur le même type d'orbite sont difficilement comparables, elles sont en particulier non superposables, à moins de disposer d'un MNT très précis sur la zone d'intérêt et d'effectuer des corrections géométriques de qualité. La situation est pire pour des images acquises à partir d'orbites montante et descendante du fait de l'inversion de l'alternance des zone claires-et zones foncées et de distorsions géométriques impossible à effacer (cf fin du chapitre II consacré au Mont Cameroun). Globalement, les utilisateurs d'images radar pour analyser les états de surface se cantonnent généralement à des terrains quasi-horizontaux.

**Existence de chatoiement** : c'est le facteur principal qui provoque une **dégradation de la résolution spatiale effective** par rapport à la résolution nominale de l'instrument. L'usage des

images nécessite des filtrages spatiaux ou temporels. Les classifications sont difficiles à opérer en dehors de filtrages puissants, ce qui fait que la photo-interprétation reste prioritaire pour certaines interprétations locales en pleine résolution.

Ré-insistons sur ce point. Pour une taille de pixel identique (par exemple 10m pour Sentinel1 et Sentinel2) la capacité des images radar (en l'absence de cumul de nombreuses images) à distinguer des détails est nettement inférieure à celle des images optiques.

Lorsque l'utilisateur souhaite regrouper images radar et optiques de même taille de pixel il éprouve des difficultés à les associer simplement. Il naît de cette difficulté une part d'incompréhension, laquelle tient en partie au langage courant qui confond en optique taille de pixel et résolution spatiale. Pour le radar un facteur de dégradation situé entre 2 et 3 est plus réaliste, c'est d'ailleurs ce que l'on trouve dans les caractéristiques techniques des systèmes, où la taille du pixel est affichée comme le pas d'échantillonnage d'une donnée acquise par un capteur de résolution spatiale voisine de 3 fois cette taille. Mentionnons que si un filtrage spatial a lieu, avec par exemple une fenêtre de moyenne portant sur 5\*5 pixel, la dégradation de la résolution spatiale associée est dégradée d'un facteur 5 par rapport aux données initiales, mais la réduction du chatoiement compense globalement cette dégradation pour rendre les images plus lisibles et faciles à exploiter.

Retenons pour Sentinel1 (pixel de 10m, polar VV, HV) un résultat pratique, pour une seule image, l'échelle de travail est de l'ordre au 1/100000 (objets détectables de l'ordre de l'hectare), cette échelle est améliorable jusqu'au 1/20000 pour des combinaisons multi-images (quelques dizaines) de la même zone (avec des objets détectables de dimension quelques pixels) (cf chap III, exemple de la plaine de Kourou).

Ces remarques comparatives valables pour Sentinel1 et 2 restent valables pour des données radar mieux résolues, avec un facteur d'échelle voisin du rapport des résolutions concernées. Souvent les images radar de pixel métrique conduisent à des réponses difficiles à comprendre du fait de l'existence de cibles dominantes qui ajoutent au chatoiement naturel un effet accroissant l'impression de bruit. Dans ce cas, comme précédemment avec Sentinel1, il reste possible d'opérer des filtrages spatiaux ou temporels par combinaisons d'images successives. Une limitation pratique, pour des raisons techniques liées au système radar, l'amélioration de la résolution spatiale s'accompagne d'une diminution de la fauchée donc de la surface couverte par une image, ce qui rend les études à petite échelle plus contraignantes (nombre d'images à acquérir, volume des données, coût croissant comme le facteur  $(1 / (\text{taille pixel})^2)$ ). Par exemple, passer d'un pixel de 10m à 3,5 m conduirait à un volume de données multiplié par 10. On retrouve cette propriété en consultant le catalogue de Radarsat qui propose des images de résolutions variées.

Mentionnons d'autres handicaps partagés par le radar avec l'optique :

-l'afflux de données qui, pour certaines études n'autorise plus une analyse détaillée de toutes les images mais conduit à des traitements massifs associés à une stratégie de contrôles par échantillonnages ciblés, pas toujours faciles à organiser et à réaliser

-les difficultés associées aux prétraitements de géoréférencement et de calibration (incluant ou non les effets du relief) échappent quelque peu à l'utilisateur qui doit s'en remettre aux logiciels disponibles. Ces logiciels s'apparentent à des « boîtes noires » pour certaines fonctions, ce qui complique parfois la compréhension des démarches entreprises.

Bilan : La situation est plus compliquée qu'en optique et certains travaux touchant les états de la surface continentale peinent à donner lieu à des applications généralisables. Vu sous un angle positif, le panorama des applications est celui de très nombreuses études de cas réussies par des opérateurs dotés de savoir-faire. Sous un angle négatif, disons qu'il est parfois difficile de répéter

l'opération sur un nouveau site, ou avec un nouvel opérateur, ou encore lors d'un simple changement de contexte. Il est ainsi difficile aussi de faire des prévisions sur le succès d'une méthodologie qui a donné des résultats intéressants sur un premier site. L'approche expérimentale est alors essentielle pour clarifier la situation. La notion de signature radar, fonction des multiples paramètres qui interviennent dans la réponse obtenue est beaucoup moins simple à cerner qu'en optique, et elle ne peut concerner qu'une surface assez grande présentant des caractéristiques homogènes.

## **V-2 Usage conjoint S1, S2, quelles stratégies**

Focalisons nous sur les images Sentinel 1 radar et sentinel 2 optique, dont l'usage conjoint semble se généraliser pour de nombreuses applications, malgré leur différence de résolution spatiale effective. Toutes deux sont caractérisées par une forte répétitivité, et deux grands modes d'utilisation conjointe des images se dégagent:

Optique majoritaire avec l'appui de quelques images radar:

Cela correspond au cas où les séries temporelles optiques sont limitées en saison humide. L'insertion de quelques images radar dans les périodes pluvieuses va enrichir la base de données, faciliter l'analyse et améliorer les classifications. C'est le cas en particulier pour le suivi des zones humides et du parcellaire agricole.

Radar majoritaire avec l'appui de quelques images optiques :

Les séries temporelles radar sont disponibles en tous lieux. Elles permettent de délimiter des zones homogènes mais les entités obtenues sont parfois difficiles à qualifier avec ces seules images. L'appui occasionnel de l'optique peut alors aider à préciser certaines limites et surtout à identifier les milieux correspondants. L'image optique apparaît alors comme complémentaire des contrôles de terrain (une portion d'image sans nuages suffit pour mener cette opération). L'optique peut aussi intervenir pour permettre un tracé de parcelles sur lesquelles une radiométrie moyenne radar pourra être calculée en vue d'un suivi temporel. Il s'agit alors d'un filtrage hyper puissant par moyenne sur toute une parcelle en vue d'une segmentation. Ce mode d'usage pourra être retenu en particulier en contexte tropical humide.

Combiné à quelques images optiques, la disponibilité d'un grand jeu d'images radar sera un atout pour détecter des changements, évolutions simples et lente ou brusques perturbations à des échelles de travail adaptées hectométrique pour Sentinel1.

Remarquons qu'il n'existe pas de démarche particulière lorsque les jeux d'images optique et radar sont équilibrés en nombre ; faute probablement à l'absence de mode fusion optique radar véritablement simple et efficace qui aiderait à affiner une stratégie.

Une mention particulière pour les images du module de cohérence radar qui donnent des informations sans équivalent sur la stabilité des états de surface à l'échelle de la longueur d'onde, entre les deux dates d'acquisition. Avec Sentinel1, pour un intervalle de quelques jours, le module de cohérence renseignera sur l'état du couvert végétal ou sur les propriétés de la surface du sol selon les cas. Des changements de comportement de ce module au cours du temps sont à attendre selon le calendrier des opérations menées par l'exploitant agricole et l'évolution des cultures. Notons que la résolution spatiale n'est pas très fine car l'élaboration du module de cohérence se fait sur des voisinages de 3\*3 ou 5\*5 pixels pour chaque point image considéré.

### V-3 Quelques Perspectives :

Nous évoquerons ici l'arrivée prochaine du satellite BIOMASS

#### Le satellite BIOMASS :

La bande P prévue pour le satellite BIOMASS correspond à une longueur d'onde voisine de 60cm, beaucoup plus pénétrante que les bandes spatiales actuellement disponibles. Une grande longueur d'onde par rapport à la taille des cibles élémentaires conduit à une moindre sensibilité au chatoiement et à un effet de moyenne dans l'interaction avec ces cibles. Le rôle dans la rétrodiffusion des cibles de tailles décimétriques (branches, troncs) sera alors prépondérant alors que les longueurs d'ondes plus courtes seront sensibles à des éléments de moindre dimension (par exemple, feuilles et tiges fines en bandeX). La corrélation entre réponse et paramètres biogéophysiques caractérisant la végétation sera ainsi plus facile à établir qu'avec les longueurs d'onde plus courtes des bandes X, C et L, cela pour de grandes surfaces homogènes permettant de travailler à petite échelle.

La stabilité en phase associée à la répétition des acquisitions en mode POLINSAR (polarimétrique et interférométrique) permettra d'approcher simultanément biomasse, hauteur des couverts et pente locale du terrain, à partir d'images acquises sur des orbites voisines.

Une période d'acquisition particulière permettra de tester la technique tomographique (TOMOSAR) en vue d'accéder à la structure des couverts.

La détection de changements ou perturbations (liés à la déforestation ou dégradation d'une zone) se fera, en particulier, par l'étude de la cohérence temporelle des données. Normalement la dégradation en profondeur de la végétation, sera plus aisée à repérer et quantifier qu'avec les images actuelles de longueurs d'ondes plus courtes.

Toutes ces études se feront avec une résolution spatiale hectométrique, (il est annoncé 4 ha, pour des études relatives à de grandes surfaces continentales), ce qui laissera largement la place aux autres images radar et optiques disponibles pour apporter localement des compléments d'information.

Autre facteur qui devra être pris en compte dans l'exploitation des données en bande P. Les traitements sur les données brutes seront avant tout effectués par de grands laboratoires ou agences spécialisés, et l'utilisateur classique sera moins proche des données que précédemment. Il lui restera évidemment à contribuer aux contrôles de terrain et à effectuer des approches multi capteurs localisées.

**La figure V-1** ci-dessous, illustre la capacité des réponses en bande P, polarisation HV, à quantifier la biomasse forestière aérienne. Figure extraite de Letoan 2008. La mesure analysée est le coefficient de rétrodiffusion  $\gamma_0 = \sigma_0 / \cos(ip)$  introduit au chapII. L'allure générale logarithmique de la courbe donne une impression de saturation propre aux fonctions logarithmes. En valeurs naturelles cette impression de saturation disparaîtrait mais la dispersion des mesures croîtrait de manière exponentielle, ce qui signifie que la précision de mesure des fortes biomasses sera très médiocre.

Le Toan T., Baltzer H., Paillou P., Papathanassiou K., Plummer S., Quegan S., Rocca F., Ulander L., Saatchi S., Shugart H., Freeman A., Erb K., Schaphoff S., Lucht W., 2008: ESA, SP-1313/2 Candidate Earth Explorer Core Missions – Reports for assessment: BIOMASS, Novembre 2008. Disponible sur le site: [http://www.esa.int/esaLP/SEMUE0AWYNF\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaLP/SEMUE0AWYNF_index_0.html)

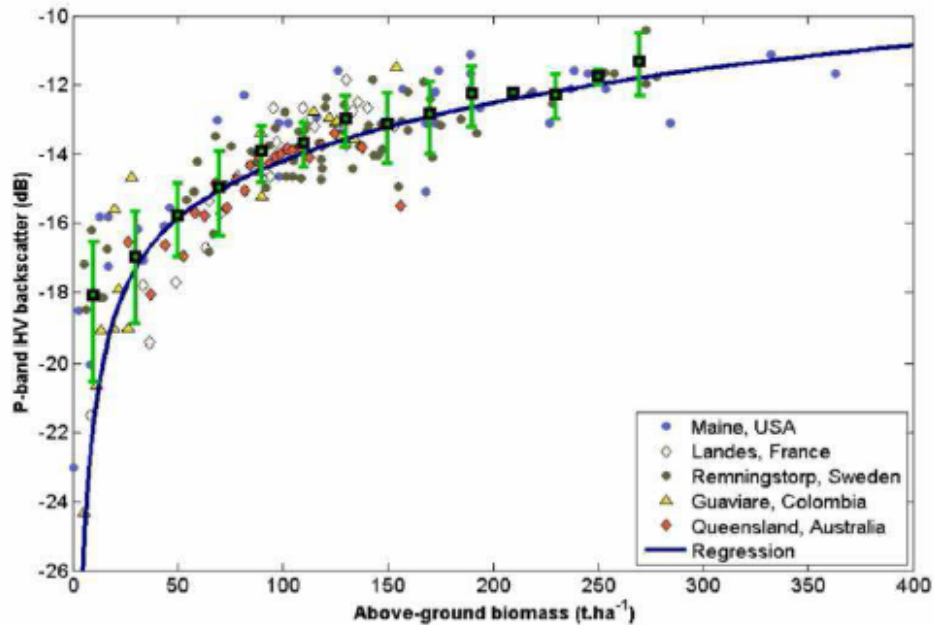
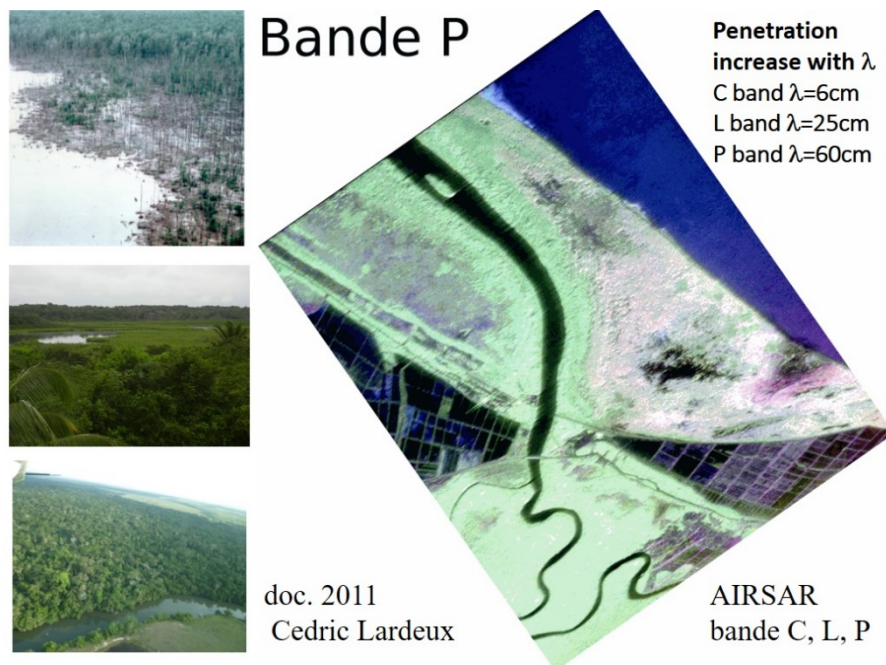


Figure 1 : Variation de la réponse radar normalisée selon l'angle d'incidence d'acquisition  $q$  ( $g^0 = s^0 / \cos(q)$ ), exprimé en dB) en bande P en fonction de la biomasse mesurée sur 5 sites d'études différents. Source : Le Toan *et al.*, 2008.

Illustration complémentaire du potentiel des données polarimétriques en bande P sur une zone de forêt de mangrove guyanaise. **Figure V-2**



**Figure V-2** Composition polarimétrique en bande P sur les mangroves de Sinnamary en Guyane. Comparée aux illustrations rencontrées précédemment (**figures III-2**), nous voyons que la bande P, fournit des informations plus en profondeur que les bandes C et L, de longueur d'onde plus courtes