

APPORT DE L'IMAGERIE ALSAT 2A POUR L'IDENTIFICATION DES MINERAUX ARGILEUX ET CARBONATES ET AIDE A LA DETERMINATION DES ZONES KARSTIQUES A CHLEF

Meriem Lina MOULANA, USTHB

RESUME

Ce travail présente les résultats de l'identification des minéraux argileux et carbonatés obtenus à partir de l'imagerie ALSAT 2A à travers la classification supervisée de l'algorithme Spectral Angle Mapper (SAM) en introduisant les signatures spectrales de la montmorillonite et de la calcite issues de la bibliothèque spectrale JPL. Ces dernières ont été comparées aux résultats de la classification SAM utilisant des signatures spectrales obtenues à partir de l'algorithme SMACC Endmember Extractor. Cette méthode permet donc l'identification d'un minérale à travers sa signature spectrale et ainsi pourvoir utiliser cette technique pour l'aide à la détermination des zones vulnérables aux phénomènes Karstiques.

Mots Clés: Alsat 2A, Calcite, Montmorillonite, SMACC, SAM.

1. INTRODUCTION

Le satellite Alsat-2A a été mis en orbite le 12 juillet 2010, depuis le site de lancement de Sriharikota (Inde) par le lanceur Indien PSLV-C15, à une altitude nominale de 680 Km avec une inclinaison orbitale de 98.2°. C'est un satellite d'observation de la terre à haute résolution, avec une résolution spatiale de 2.5 m en mode panchromatique, et de 10 m en mode multi-spectrale couvert par les 04 bandes spectrales suivantes : le bleu, le vert, le rouge et le proche infrarouge.

Le capteur ALSAT-2A constitue l'une des plus importantes sources d'information pour la cartographie des minéraux présents sur la surface de la terre. Plusieurs scientifiques et chercheurs en télédétection ont développé de nombreuses méthodes de traitement des images satellitaires afin de détecter et d'identifier les minéraux (Goetz et al., 1985; Lang et al. 1987; Kruse, 1988; Crowley, 1993; Boardman and Kruse, 1994; Clark et al., 1996; Boardman and Huntington, 1996; Crowley and Zimbelman, 1996, Kruse et al., 1993a, 1999, 2001, 2002, 2003).

Ce travail vise à identifier les zones de concentration en calcite pour la région de BOUKADIR –CHLEF et en

montmorillonite pour la région de M'ZILA – MOSTAGANEM- à travers des scènes ALSAT 2A datant respectivement de 2014 et de 2015 sans avoir recours à d'autres images, ni au terrain, ni même aux analyses minéralogiques de laboratoire, le plus souvent très coûteuses. Les résultats des signatures spectrales de l'algorithme Spectral Angle Mapper (SAM) seront comparés aux signatures spectrales obtenues à partir de l'algorithme SMACC Endmember Extractor.

L'objectif premier de ce travail est de démontrer comment procéder à l'identification et de la cartographie des zones à risque Karstiques à travers leurs signatures spectrales sans avoir recours au terrain d'où le principe et l'importance dans l'utilisation de la télédétection.

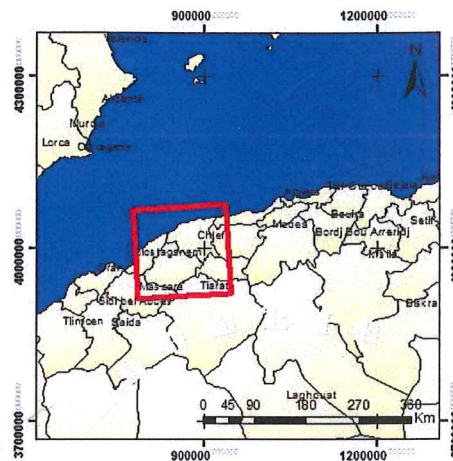
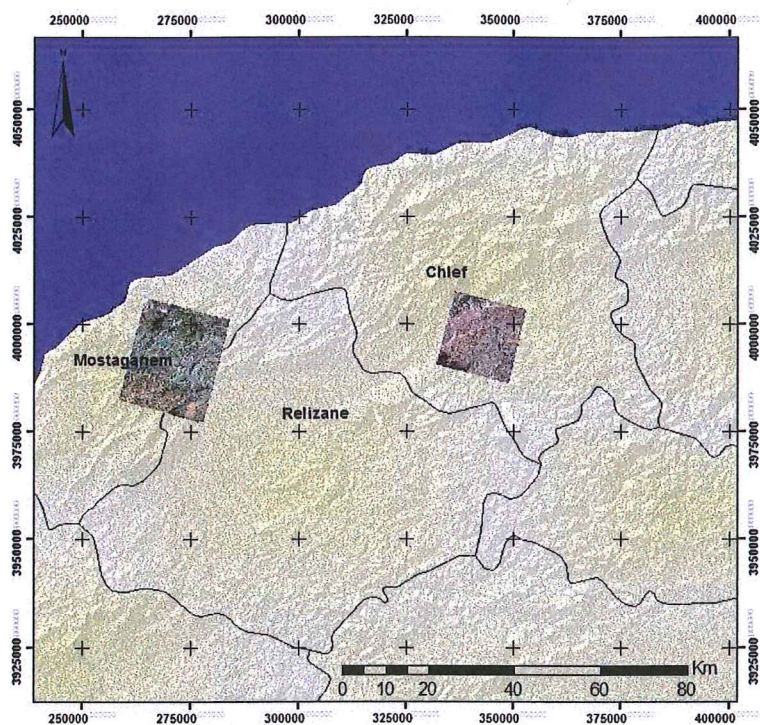
2. LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La plaine de Boukadir se situe à 20 Km à l'Ouest de la ville de Chlef, soit à 220 Km à l'Ouest d'Alger, et appartient à la partie du bassin du moyen Chelif occidental et s'étend sur une superficie de 30 Km² d'Est en Ouest entre les longitudes 0°97' et 1°22' à l'est et entre les latitudes 36° et 36°10' Nord (fig1). Le climat est classé comme tempéré chaud, avec un été très chaud et un hiver froid. En moyenne, les précipitations annuelles sont d'environ 381 mm alors que la température annuelle moyenne est de 18,3 ° C. L'environnement naturel et géographique particulier de cette région, en plus de la formation géologique (fig.2) qui lui confère une particularité favorable au développement des formes karstiques.

Quant à la zone de Mostaganem, elle est située dans le NORD OUEST de l'Algérie, entre les latitudes 36 ° 04 '28.06 64 "et 36 ° 03' 45.11" N et les longitudes 0 ° 23 '15.02 "et 0 ° 31' 08.59" E (fig1), elle est caractérisée par superficie d'environ 125 Km², avec une altitude moyenne entre 100 et 200m. (fig1). Elle présente un climat semi-aride avec une moyenne annuelle des précipitations de 350mm. Cette zone est recouverte de formations argileuse et marneuse (fig.2).

C'est pour cette raison que nous avons choisie de prendre ces zones comme exemple pour l'application de cette méthode.

Localisation des scènes ALSAT 2A -CHLEF- MOSTAGANEME



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 30N
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: -3,0000
 Scale Factor: 0,9996
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Fig1 : Localisation des images ALSAT 2A

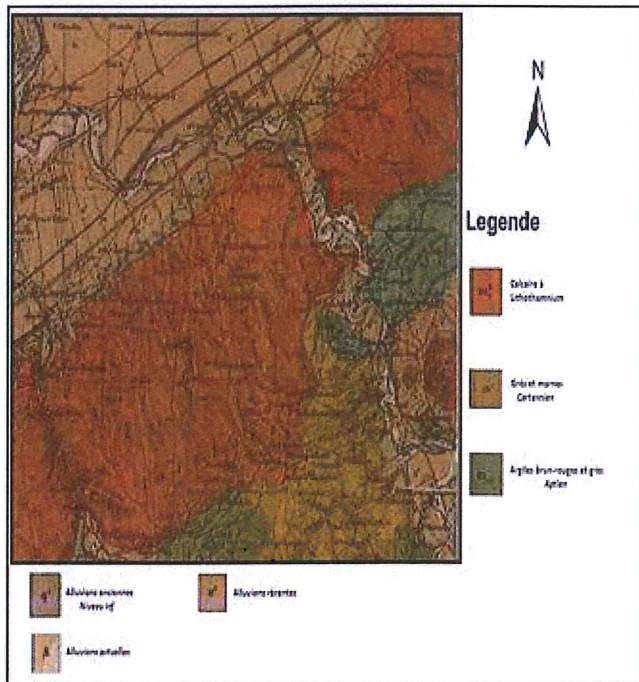


Fig 2a

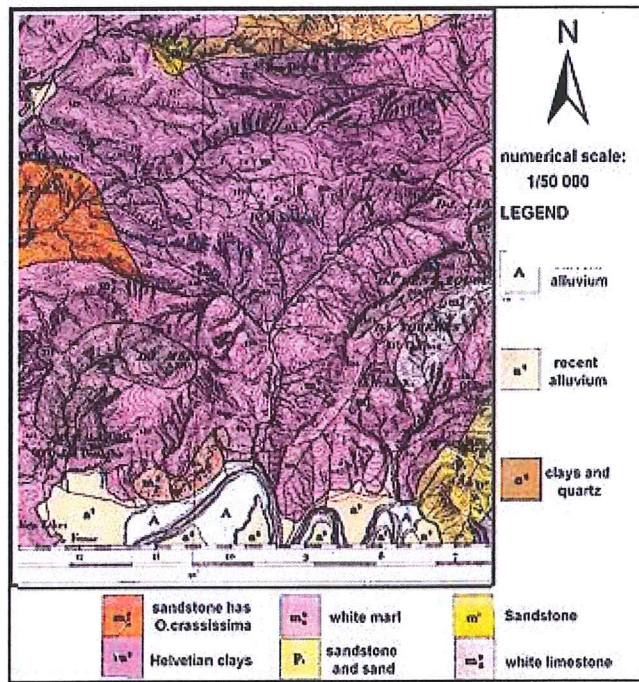


Fig 2b

Fig2a : Carte géologique de BOUKADIR ex CHARON,
 Fig 2b : Carte géologique de Hadjadj ex Bosquet (JACOB, 1902)

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le cheminement méthodologique adopté pour l'identification et la cartographie des minéraux argileux et carbonatés, est illustré dans le diagramme suivant fig3

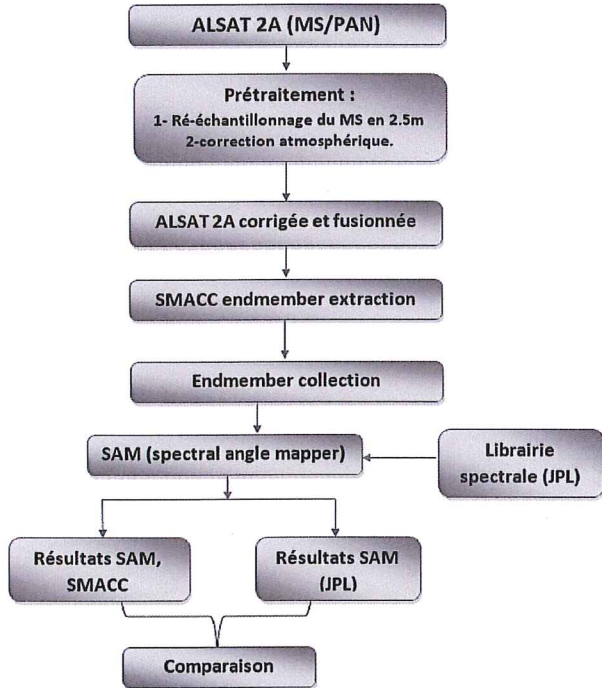


Fig3 : Etapes des traitements de l'image ALSAT-2A.

Prétraitement

- Correction atmosphérique :

L'une des étapes les plus critiques dans la plupart des données multispectrales est la correction atmosphérique. Les mesures de télédétection de la surface de la Terre sont fortement influencées par l'atmosphère. La diffusion et l'absorption par les gaz et les particules affectent la quantité et les longueurs d'onde de la lumière atteignant les capteurs. L'absorption par les gaz atmosphériques est dominée par la vapeur d'eau avec de plus faibles apports de dioxyde de carbone, d'ozone et d'autres gaz (Gao and Goetz, 1990), La scène ALSAT-2A utilisée a subi une correction atmosphérique en utilisant le module QUAC.

QUAC® définit les paramètres de correction atmosphérique directement à partir des spectres de pixels observés dans une scène, sans informations auxiliaires. QUAC réalise une correction atmosphérique plus approfondie que le module FLAASH® ou d'autres méthodes fondées sur des principes physiques, produisant généralement des spectres de réflectance dans la plage d'environ 10% de la vérité au sol (Bernstein et al. 2012).

- Extraction des Endmembers en utilisant l'algorithme SMACC:

La première étape du processus consiste à extraire diverses signatures spectrales et à construire une bibliothèque spectrale (SMACC Endmember collection)

L'outil spectral de cône concave à angle maximal séquentiel (SMACC) trouve des extrémités spectrales et leurs abondances à travers une image.

En conséquence, il est très important que la zone soit bien définie où les minéraux argileux sont plus abondants, ainsi l'algorithme d'extraction SMACC extrait les signatures spectrales les plus abondantes dans la zone sélectionnée

Mathématiquement, SMACC utilise l'expansion de cône convexe suivante pour chaque spectre de pixel (Endmember), définie comme suit :

$$H(c,j) = \sum_k^N R(c,k) A(k,j)$$

Où :

i est l'indice de pixels

j et k sont les indices d'extrémité de 1 à la longueur de dilatation, N

R est une matrice qui contient les spectres d'extrémité comme colonnes

C est l'indice de canal spectral

A est une matrice qui contient la contribution fractionnaire (abondance) de chaque Endmember de fin j dans chaque Endmember k pour chaque pixel (Gruninger et al. 2004)

Après l'application de la correction atmosphérique, l'algorithme d'extracteur SMACC a été utilisé. L'algorithme sélectionne un certain nombre de spectres souhaités (endmember) et leurs abondances correspondantes avec une certaine tolérance.

L'algorithme a été paramétré de manière à voir 30 endmembers cependant il ressort une vingtaine endmemembers seulement qui ont été définies fig4.

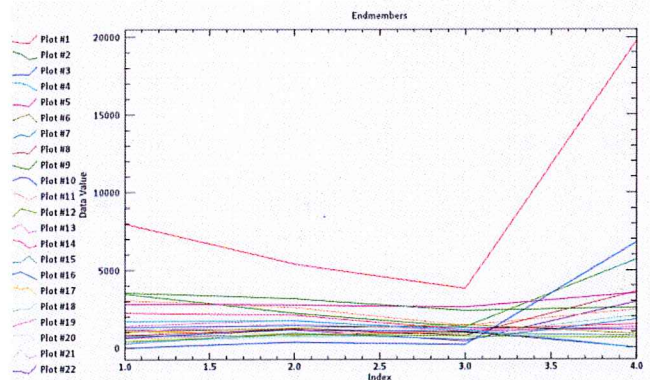


Fig 4.a : SMACC endmembers des minéraux Carbonatés.

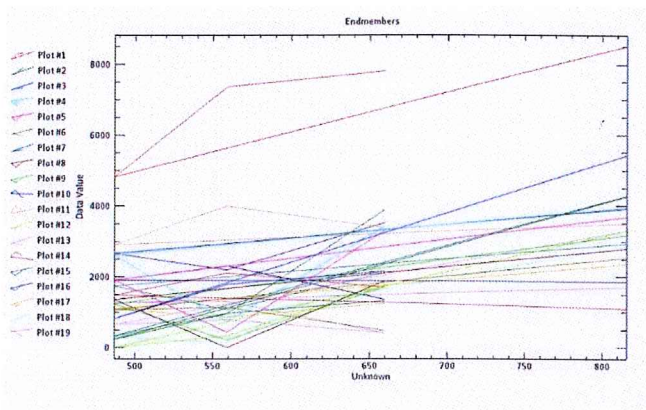


Fig 4.b : SMACC endmembers des minéraux argileux.

Figure4. a-b : Librairie spectrale SMACC de 22 endmembers de l'image ALSAT-2A.

Après avoir construit une bibliothèque spectrale SMACC, nous remarquons que les signatures spectrales n'ont aucune attribution comme les autres bibliothèques spectrales, exemple (la bibliothèque spectrale du JPL)

Par conséquent, l'idée est venue d'utiliser cette bibliothèque spectrale pour la classification (SAM) et de comparer les résultats obtenus. Du fait qu'il est très difficile de comparer des signatures spectrales celles-ci ont été comparées au résultat obtenu de la classification SAM en utilisant les signatures spectrales de minéraux argileux de la librairie spectral du JPL

- Spectral Angle Mapper (SAM)

Le SAM est une méthode de classification qui permet une cartographie rapide en calculant la similarité spectrale entre les spectres d'image pour faire référence aux spectres de réflectance (Yuhas et al., 1992; Kruse et al., 1993; Van der Meer et al., 1997; Crosta et al., 1998; De Carvalho and Meneses, 2000; Schwarz and Staenz, 2001; Hunter and Power, 2002).

Le mappeur d'angle spectral (SAM) est une méthode automatisée pour comparer des spectres d'image à des spectres individuels (Boardman, données non publiées, Kruse et al. 1993b). L'algorithme détermine la similarité entre deux spectres en calculant l'angle spectral entre eux, en les traitant comme vecteurs dans un espace de dimensionnalité égale au nombre de bandes. Comme cette méthode n'utilise que le vecteur «direction» des spectres et non leur «longueur» du vecteur, la méthode est insensible à l'illumination. Le résultat de la classification SAM est une image codée par couleur montrant la meilleure correspondance SAM à chaque pixel. Les spectres de référence peuvent être soit pris à partir de mesures de laboratoire ou de terrain ou extraits directement de l'image. SAM mesure la similarité spectrale en calculant l'angle entre les deux spectres, en les traitant comme des vecteurs dans

l'espace n-dimensionnel (Kruse et al. 1993 ; Van der Meer et al. 1997 ; Rowan and Mars., 2003)

L'algorithme SAM généralise cette interprétation géométrique dans l'espace nb-dimensionnel. SAM détermine la similarité d'un spectre inconnu t à un spectre de référence r, en appliquant l'équation suivante (CSES, 1992)

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{1/2}} \right)$$

Où nb = nombre de bandes

ti = test spectrum

ri = reference spectrum

Les signatures spectrales introduites dans l'algorithme SAM proviennent de celles extraites de l'algorithme SMACC (fig. 4). Cependant afin d'identifier quelle type de classes minérales, une autre classification SAM a été réalisée suivant la même zonation par contre celle-ci a été paramétrée avec les signatures spectrales des minéraux argileux en provenance de la librairie spectrale du JPL fig.5

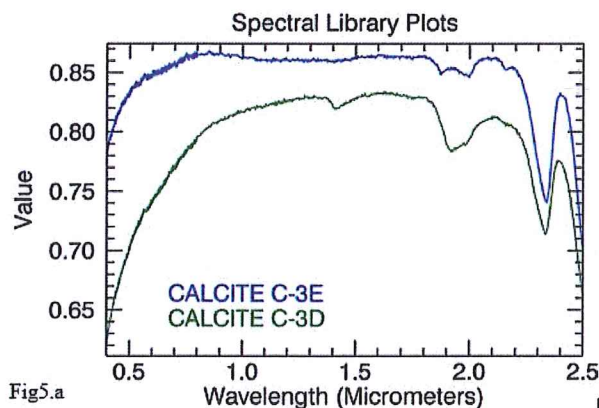


Fig5.a

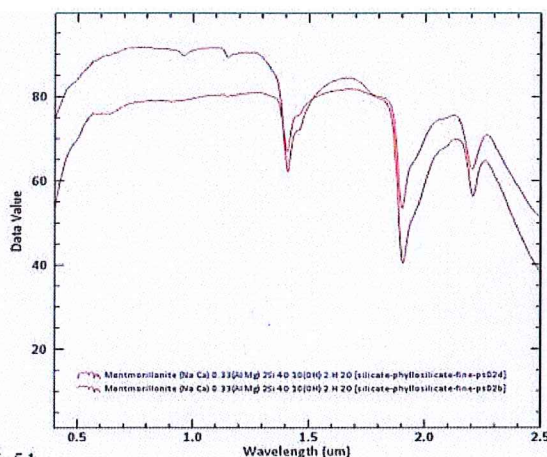


Fig5.b

Fig 5 : Signatures spectrale de la calcite (Fig5.a) et de la montmorillonite (Fig5.b) provenant de la librairie spectrale du JPL

4. RÉSULTAT ET DISCUSSION

Le résultat de la classification SAM (figure 8, a) montre la prédominance de deux (endmembers). L'orange représenté par le (endmember 11), et le rouge par le (endmember 1).

La (figure 8, b) montre la prédominance d'un seul (endmember 5) apparaissant en magenta.

Il apparaît que les zones classées coïncident plus au moins précisément aux mêmes zones classées issues de la classification SAM de la bibliothèque spectrale JPL (Fig. 8, b) présentées respectivement par la calcite et montmorillonite. De plus, une très ressemblance en de

l'allure des signatures spectrales obtenues à partir de la Library SMACC Endmember collection et celle des signatures des minéraux carbonatés et argileux provenant de la librairie spectral du JPL.

La comparaison des deux résultats montre que la classification SAM paramétrée avec les signatures obtenue du (SMACC endmember extractor), produit des résultats semblables de cartographie minéraux carbonatés et argileux en comparaison avec, la classification SAM paramétrée avec les signatures spectrale des minéraux argileux provenant du JPL.

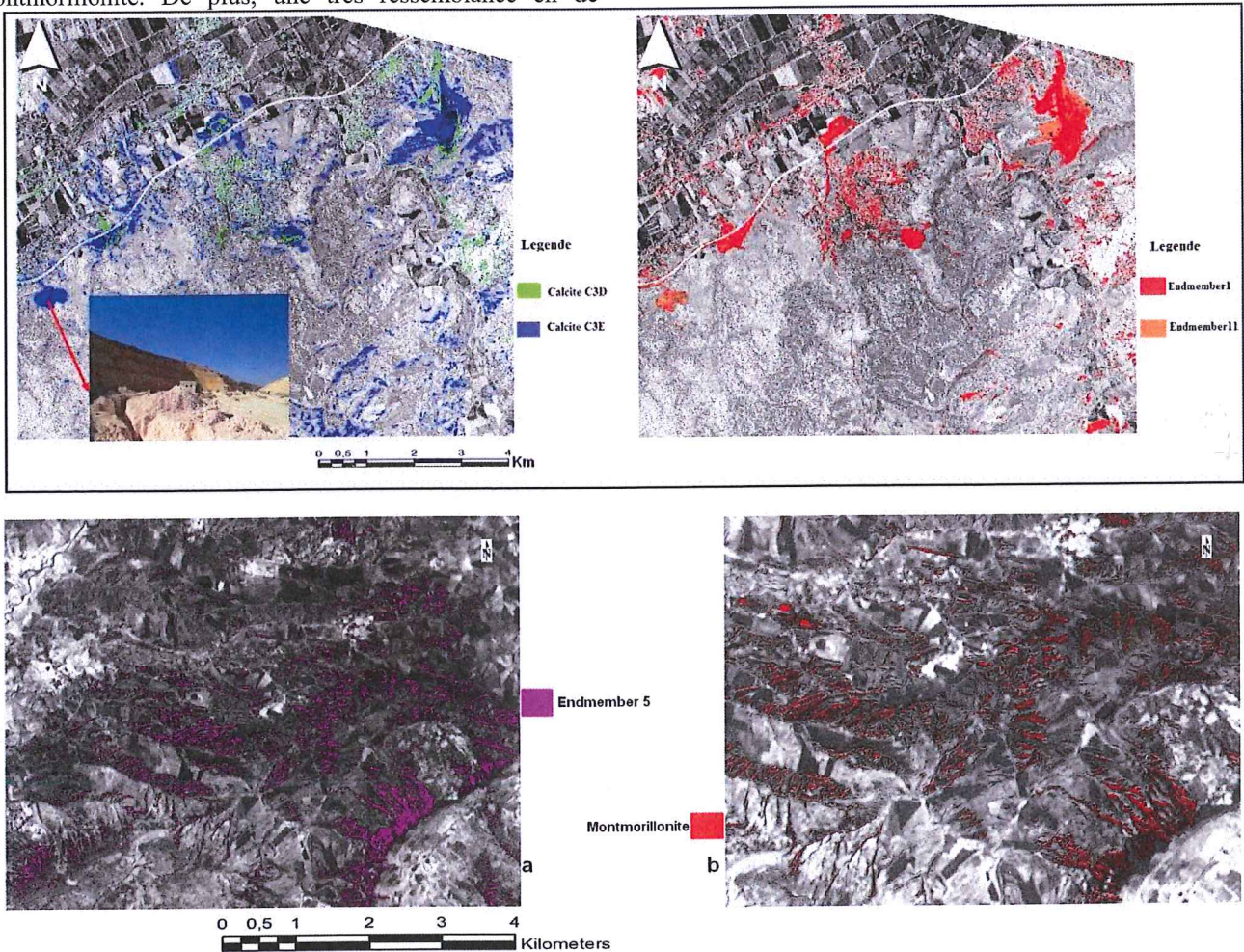


Fig6 : Comparaison des classifications SAM et SMACC

5. CONCLUSION

Cette étude a étudié le potentiel de l'imagerie à très haute résolution ALSAT-2A pour la détection et la cartographie des minéraux carbonatés et argileux, au moyen de l'algorithme (SMACC Endmember extractor). Ce type d'image peut être utilisé pour la gestion des risques naturels

pour extraire de l'information géologique (minéralogique) utile.

Il est important de savoir que les signatures spectrales de la bibliothèque spectrale JPL, représentent des minéraux purs analysés dans les conditions de laboratoire contrairement aux signatures extraites avec SMACC, qui proviennent directement des données ALSAT-2A, qui en quelques sorte représentent la vérité du terrain étudié.

6. REFERENCES

- Boardman, J. W., & Huntington, J. F. (1996). Mineral mapping with 1995 AVIRIS data. NASA, (19980201623).ISO 690
- Boardman, J. W., & Kruse, F. A. (1994). Automated spectral analysis: a geological example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada. In Proceedings of the Thematic Conference on Geologic Remote Sensing (Vol. 1, pp. 1-407). Environmental Research Institute of Michigan.
- Bernstein, L. S., Adler-Golden, S. M., Jin, X., Gregor, B., & Sundberg, R. L. (2012, June). Quick atmospheric correction (QUAC) code for VNIR-SWIR spectral imagery: Algorithm details. In Hyperspectral Image and Signal Processing (WHISPERS), 2012 4th Workshop on (pp. 1-4). IEEE.
- Clark, R. N., & Swayze, G. A. (1995). Mapping minerals, amorphous materials, environmental materials, vegetation, water, ice and snow, and other materials: the USGS Tricorder algorithm.
- Crosta, A. P., Sabine, C., & Taranik, J. V. (1998). Hydrothermal alteration mapping at Bodie, California, using AVIRIS hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*, 65(3), 309-319.
- Crowley, J. K. (1993). Mapping playa evaporite minerals with AVIRIS data: A first report from Death Valley, California. *Remote Sensing of Environment*, 44(2-3), 337-356.
- Crowley, J. K., & Zimbelman, D. R. (1996). Mapping Hydrothermally Altered Rock on Mount Rainier, Washington: Application of Airborne Imaging Spectrometry to Volcanic Hazards Assessment. In PROCEEDINGS OF THE THEMATIC CONFERENCE ON GEOLOGIC REMOTE SENSING (Vol. 2, pp. II-460). ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE OF MICHIGAN.
- Datt, B., McVicar, T. R., Van Niel, T. G., Jupp, D. L. B., & Pearlman, J. S. (2003). Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 41(6), 1246-1259.
- De Carvalho, O. A., & Meneses, P. R. (2000, February). Spectral correlation mapper (SCM) : an improvement on the spectral angle mapper (SAM). In Summaries of the 9th JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 00-18 (Vol. 9). Pasadena, CA: JPL Publication.
- De Carvalho, O. A., & Meneses, P. R. (2000, February). Spectral correlation mapper (SCM): an improvement on the spectral angle mapper (SAM). In Summaries of the 9th JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 00-18 (Vol. 9). Pasadena, CA: JPL Publication.
- Goetz, A. F., & Srivastava, V. I. N. A. Y. (1985). Mineralogical mapping in the Cuprite mining district, Nevada.