

APPORT DES IMAGES SATELLITAIRES TRES HAUTE RESOLUTION SUR UNE ETUDE DE TRACE D'INFRASTRUCTURE ROUTIERE

Johan Kasperski¹, Marianne Chahine²

1: CETU, Bron, johan.kasperski@developpement-durable.gouv.fr

2: CEREMA, Direction Territoriale Centre Est, Clermont-Ferrand

Résumé

La quatrième rocade d'Alger a fait l'objet d'une étude préliminaire de faisabilité géotechnique en 2009 à partir d'images SPOT5. Adoptant une démarche naturaliste, une étude comparative est menée entre ces images et les images Pléiades panchromatiques (PAN) et multispectrales (MS). Six entités géologiques distinctes sont ainsi revisitées. La diversité des terrains rencontrés permet d'éprouver les deux types d'images selon leur résolution et leurs bandes spectrales. D'un point de vue géologique et à une échelle macroscopique, les deux satellites fournissent des images permettant une cartographie sommaire des linéaments. Les apports substantiels de Pléiades concernent surtout le mode PAN pour une cartographie structurale précise. Pour une résolution du même ordre de grandeur que celle des images SPOT5, les images Pléiades MS mettent parfois mieux en valeur les différentes lithologies par un contraste spectral plus prononcé. Des objets géologiques de détails de l'ordre du mètre sont distinctement accessibles et quantifiables sur les images Pléiades PAN. Ainsi, dans la mesure où les études préliminaires doivent être les plus complètes et avancées possible, il apparaît clairement que les images Pléiades (PAN et MS) correspondent à un produit plus adapté puisque permettant une cartographie exhaustive de la géomorphologie des terrains rencontrés.

Mots-clés : Télédétection, géologie, géomorphologie, Pléiades, SPOT5

Abstract

In 2009 a preliminary feasibility study on the fourth ring road of Alger was carried out based on SPOT5 images. A comparative study was also conducted with panchromatic (PAN) and multispectral (MS) Pléiades images. The focus of the studies has distinguished six different geological formations. The diversity of terrain encountered has enabled the comparison of parameters such as the resolution and the spectral band. From a geological point of view at macroscopic scale, both satellites enable an aerial sketch mapping of the lineaments. However, a more precise structural mapping was observed with Pléiades PAN images. For SPOT5 and Pléiades MS images, even though their resolution is quite similar (respectively 2,5 m and 2,8 m), a stronger spectral contrast was observed with Pléiades MS which have enabled to highlight the different lithologies. For smaller geological details (1 m), Pléiades PAN images have given good results. Hence, because preliminary studies have to be the most advanced possible, it is clear that Pléiades images are the one that can lead to an exhaustive mapping of the geomorphology encountered.

Keywords: Remote sensing, geology, geomorphology, Pléiades, SPOT5

1. Contexte

La quatrième rocade d'Alger a fait l'objet d'une étude de faisabilité en 2009 divisée en trois lots. L'étude du lot 3 comportait un volet géologique et géotechnique pour lequel une étude géologique, hydrogéologique et géotechnique préliminaire a été réalisée. Celle-ci s'organise principalement autour des éléments bibliographiques, de la photo-interprétation et d'une campagne de géologie de terrain. La campagne de 2009 a été réalisée après l'étude par télédétection : celle-ci avait donc pour but d'orienter les reconnaissances de terrain et d'alimenter l'analyse multicritère de deux variantes du tracé routier. Une fois cette étude réalisée, une action de recherche a été entreprise en 2013 pour quantifier l'apport des images Pléiades pour ce type d'étude. Cet article présente les conclusions de cette comparaison entre les images SPOT5 et Pléiades.

Les deux tracés étudiés relient la RN 8 (pénétrante Sud Nord d'Alger) à la ville de Bordj Bou Arreridj. Ils s'intègrent dans une bande de 10 km de large sur un linéaire d'une centaine de kilomètres globalement Est-Ouest (Figure 1). La première étape de l'étude réalisée

en 2009 (Guittard *et al.*, 2009, Institut National de Cartographie de l'Algérie, 1989, Cornet *et al.*, 1951) avait permis mis en évidence six grandes unités géologiques de l'Est vers l'Ouest : la région de Bordj Bou Arreridj (Crétacé supérieur marin), la région de Lecourbe – El Hamadia (Miocène inférieur marin), la région des Monts Hodna (Crétacé supérieur marin), la région des Djebels Djedoug et Tarf (Crétacé moyen – Cénomaniens), la région de la plaine du Hodna (alluvions, Pliocène continental, Miocène inférieur marin), et la région de Sidi-Aïssa (Miocène inférieur marin, Éocène inférieur marin, Crétacé supérieur marin et enclave triasique).

Pour cette même étude antérieure, la photo-interprétation des images SPOT5 sur ces six régions avait confirmé les formations géologiques traversées par les deux variantes. Elle avait permis également de déterminer leur contexte structural et d'identifier un certain nombre de points critiques. Ces points critiques étaient en lien avec la réalisation géotechnique du tracé. C'est sur la base de leur analyse que les deux variantes ont été comparées. Ces points critiques ont également orienté les reconnaissances terrain.

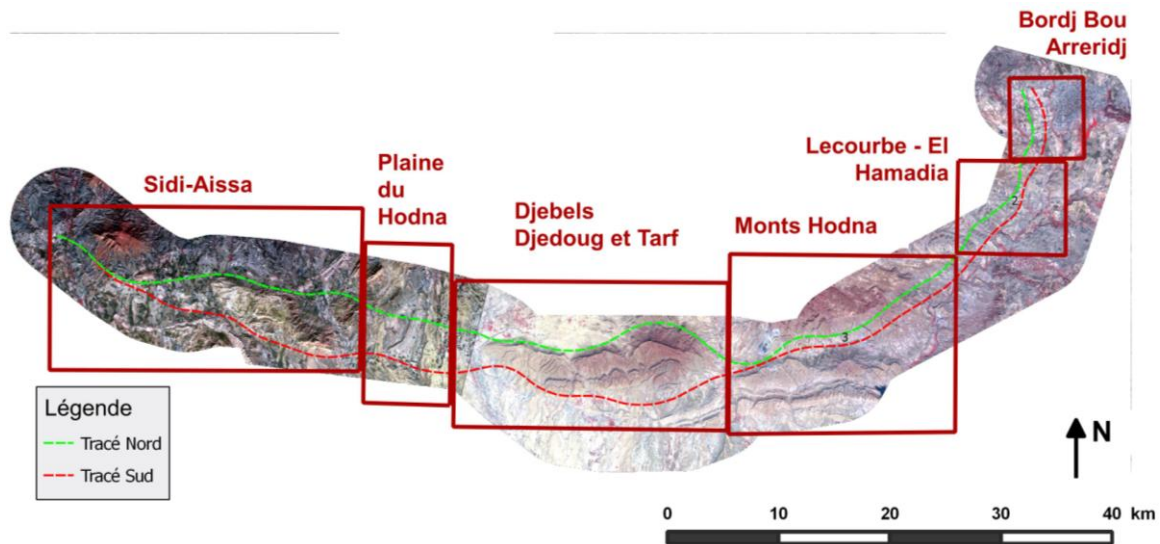


Figure 1 : Les tracés étudiés et les six unités géologiques identifiées sur mosaïque SPOT5.

2. Images et outils utilisés

Les images utilisées lors de l'étude de 2009 sont des images SPOT5 multi-spectrales avec découpage spécifique et assemblage le long de la zone d'étude (résolution 2,5 m). Les informations de date d'acquisition des images ayant servi à l'assemblage orthorectifié ne nous ont pas été communiquées de par notre position de sous-traitant.

Les images Pléiades utilisées sont panchromatiques (PAN) et multispectrales (MS). Elles sont livrées orthorectifiées et ré-échantillonnées dans les deux cas avec des résolutions respectives de 0,5 m et 2 m. En tout, ce sont six dalles Pléiades PAN et MS qui ont été comparées aux images SPOT5 (Figure 2).

Les logiciels utilisés sont QGIS (version 2.0.1 Dufour) et Monteverdi (version 2.0.6.0). Nous n'avons pas besoin de logiciels complexes dans la mesure où l'extraction des informations est faite directement par une approche naturaliste (Coque, 1993, Chrowicz et Deroin, 2003). Le logiciel QGIS s'est avéré très efficace dans la gestion des lourdes images images Pléiades. L'ensemble des données est directement géoréférencé : il est ainsi aisé d'en faire la comparaison. Remarquons que la manipulation des images ainsi que leurs éventuels traitements radiométriques requièrent des matériels performants aux puissances de calcul importantes, aux mémoires de stockage volumineuses et aux grandes mémoires vives afin de garantir un travail réactif sur l'ensemble des données. Ainsi, la comparaison des images évalue leur potentiel respectif à mener des études géomorphologiques.

Cet article reprend quelques exemples significatifs sur l'ensemble des images étudiées.

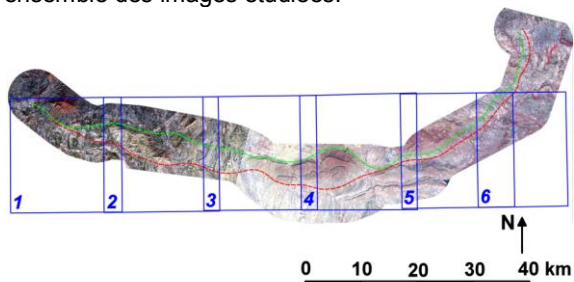


Figure 2 : Emprises des six images Pléiades utilisées.

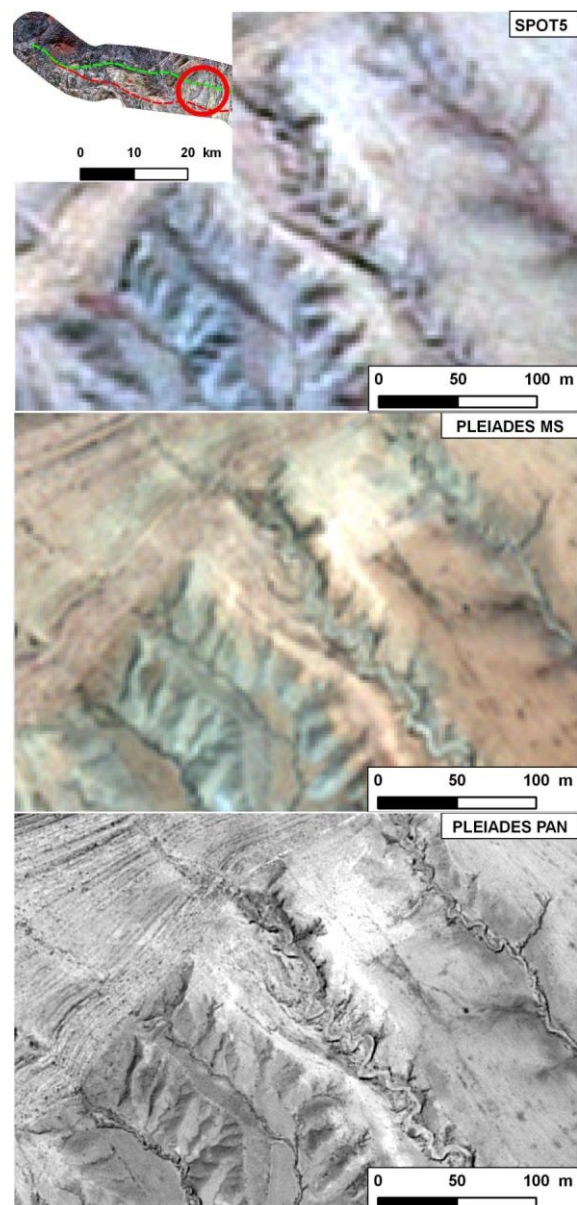


Figure 3 : Images d'un contact grès/marnes avec chevelu hydrographique (plaine du Hodna).

3. Détermination des modelés hydrographiques, révélateurs d'érosion : la région de Keskas Oum Chahrine

Au Nord du massif Keskas Oum Chahrine, les zones d'érosion active sont décelables sur les images SPOT5 sans être véritablement quantifiables (érosion hydrographique en Figure 3). Les traces de gypse peuvent également être repérées sous forme de pointements (Figures 4 et 5) faisant craindre des risques de dissolution et donc de présence de cavités. On note à certains endroits de ce massif des figures d'érosion importantes dues à la présence de marnes (chevelu hydrographique intense, Figure 4). Ainsi, les marnes présentent une érosion très marquée des oueds.

Les images Pléiades MS permettent de faire les mêmes observations avec une résolution un peu améliorée : la discrimination géologique des formations gypseuses et dolomitiques est plus aisée de par leur signature spectrale.

Le gain de résolution des images Pléiades PAN permet de zoomer sur des points particuliers (l'échelle au 1000^{ème} permet un travail exhaustif). La cartographie des contacts géologiques est améliorée : l'image Pléiades PAN met particulièrement en évidence le contact entre les grès et les marnes (Figure 3). La détermination et l'analyse des figures d'érosion est également meilleure avec l'image Pléiades P : les directions structurales qui guident les chevelus hydrographiques (Figures 3 et 4) sont facilement mesurables.

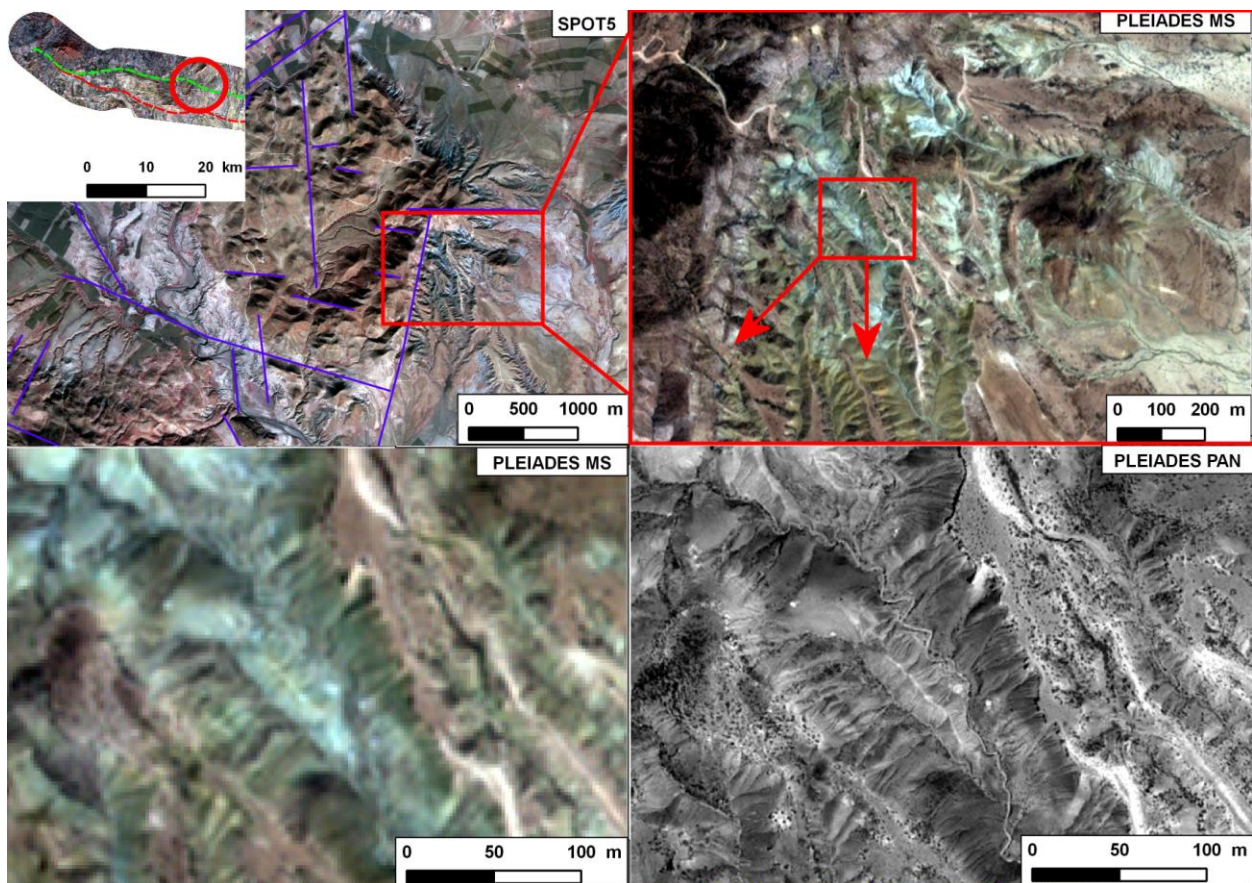


Figure 4 : Chevelu hydrographique en bordure d'un pointement de gypse. Zooms successifs sur les images Pléiades. Les détails hydrologiques intimement liés au contexte structural ne sont quantifiables que sur l'image Pléiades PAN.

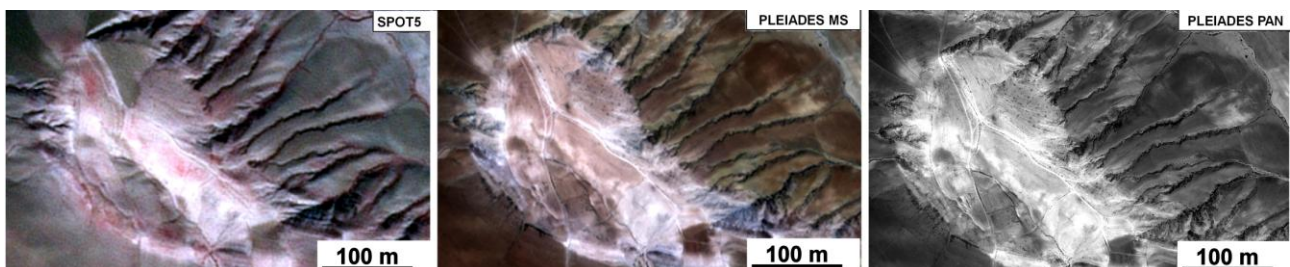


Figure 5 : Pointement de gypse et érosion intense en bordure.

4. Détermination détaillée du contexte structural : mont Keskas

L'image Pléiades PAN permet d'établir une direction principale de fracturation N160 à N20 qui découpe le massif du mont Keskas avec un espacement de l'ordre de 10 m (Figure 6). La rotation de cette direction de fracturation est quantifiable : elle passe de N160 à l'est à N20 à l'ouest. Cette direction de fracturation est éventuellement discernable sur l'image Pléiades XS, mais difficile à cartographier. Elle ne l'est pas du tout sur l'image SPOT5. Il apparaît ainsi que grâce à l'image Pléiades PAN, la mission de terrain qui suivra saura se

diriger à coup sûr vers les affleurements qui permettront de confirmer le découpage structural du massif dans cette zone. Au sommet de la butte, des affleurements rocheux sont parfaitement observables (Pléiades PAN) alors que ceux-ci sont seulement discernables sur les images Pléiades MS et SPOT5.

Par ailleurs, l'image panchromatique Pléiades permet de renseigner la présence de blocs éboulés en pied de falaise. Ils sont individualisables et une volumétrie peut en être proposée (volume maximum inférieur à 10 m^3). Un tel renseignement ne peut être obtenu par les deux autres images multispectrales.

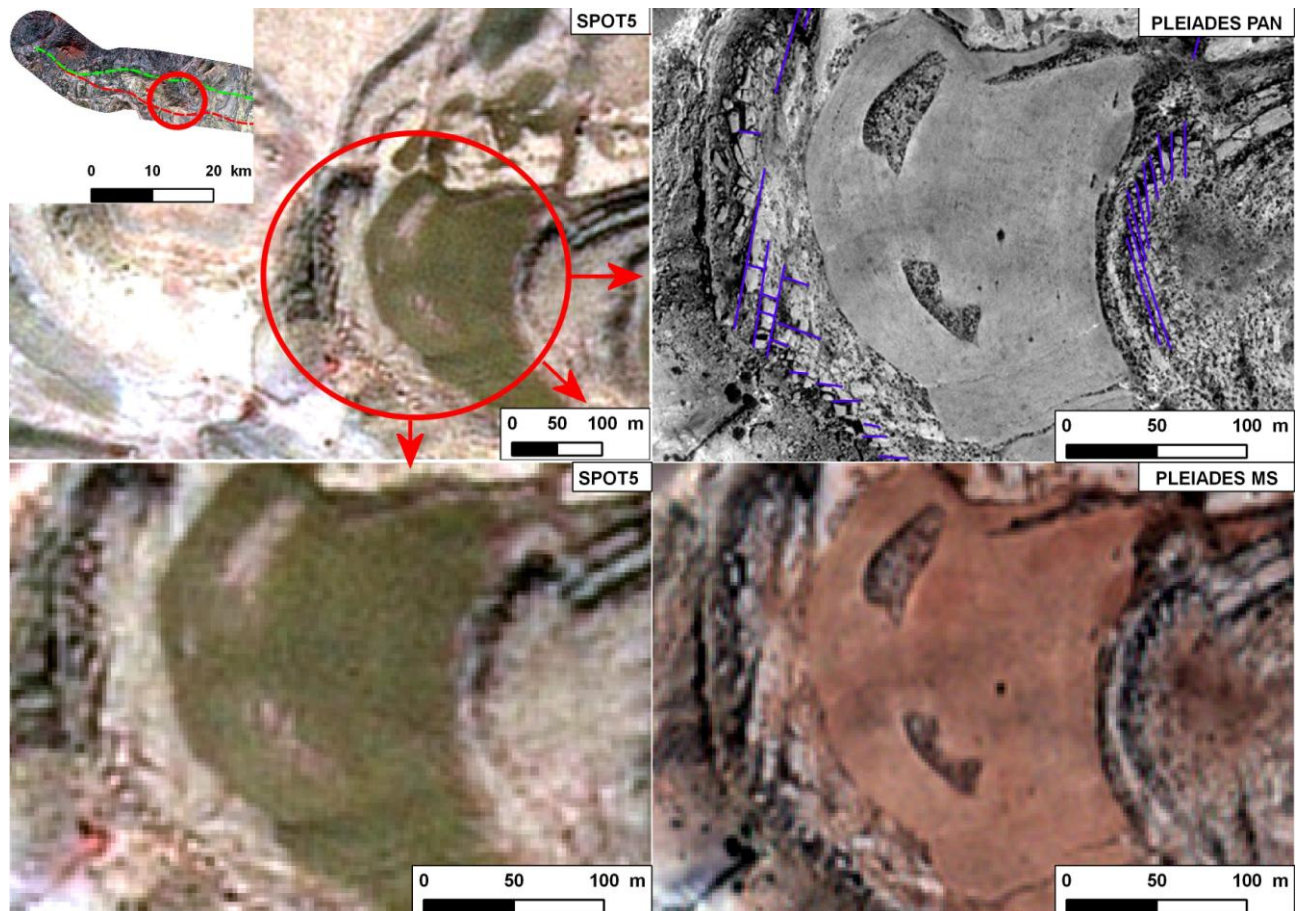


Figure 6 : Zooms successifs sur images Pléiades du mont Keskas. Détermination de la fracturation sur l'image Pléiades PAN.

5. Observation d'éléments topographiques déterminants

Les éléments topographiques déterminants peuvent être définis comme des falaises ou des dolines. Parce qu'ils sont les marqueurs des événements géologiques et des caractéristiques hydrogéologiques et géotechniques, ce sont des indices recherchés par les géologues lors des études photo-interprétatives. Considérant la quatrième rocade d'Alger, de tels éléments ont été cartés en utilisant l'image SPOT5. Par contre, il a été possible d'en détecter environ 25 % de plus au moyen de l'image panchromatique Pléiades (Figure 7). Située dans la région du djebel Djedoug,

cette falaise située en bord de talweg prend place à un contact lithologique entre des grès (qui forment la falaise) et des marnes. En utilisant l'image SPOT5, elle se confond avec le talweg qu'elle jouxte de sorte qu'elle ne pouvait pas être détectée de manière affirmative. En tant que point d'interrogation à lever, elle a fait l'objet d'un arrêt lors de la campagne de terrain en 2009 qui a permis de confirmer son existence. La capacité de Pléiades à détecter de tels éléments topographiques est donc avérée. Notons que l'image Pléiades MS ne permet pas non plus de la délimiter avec certitude : elle a quasiment la même résolution que l'image SPOT5.

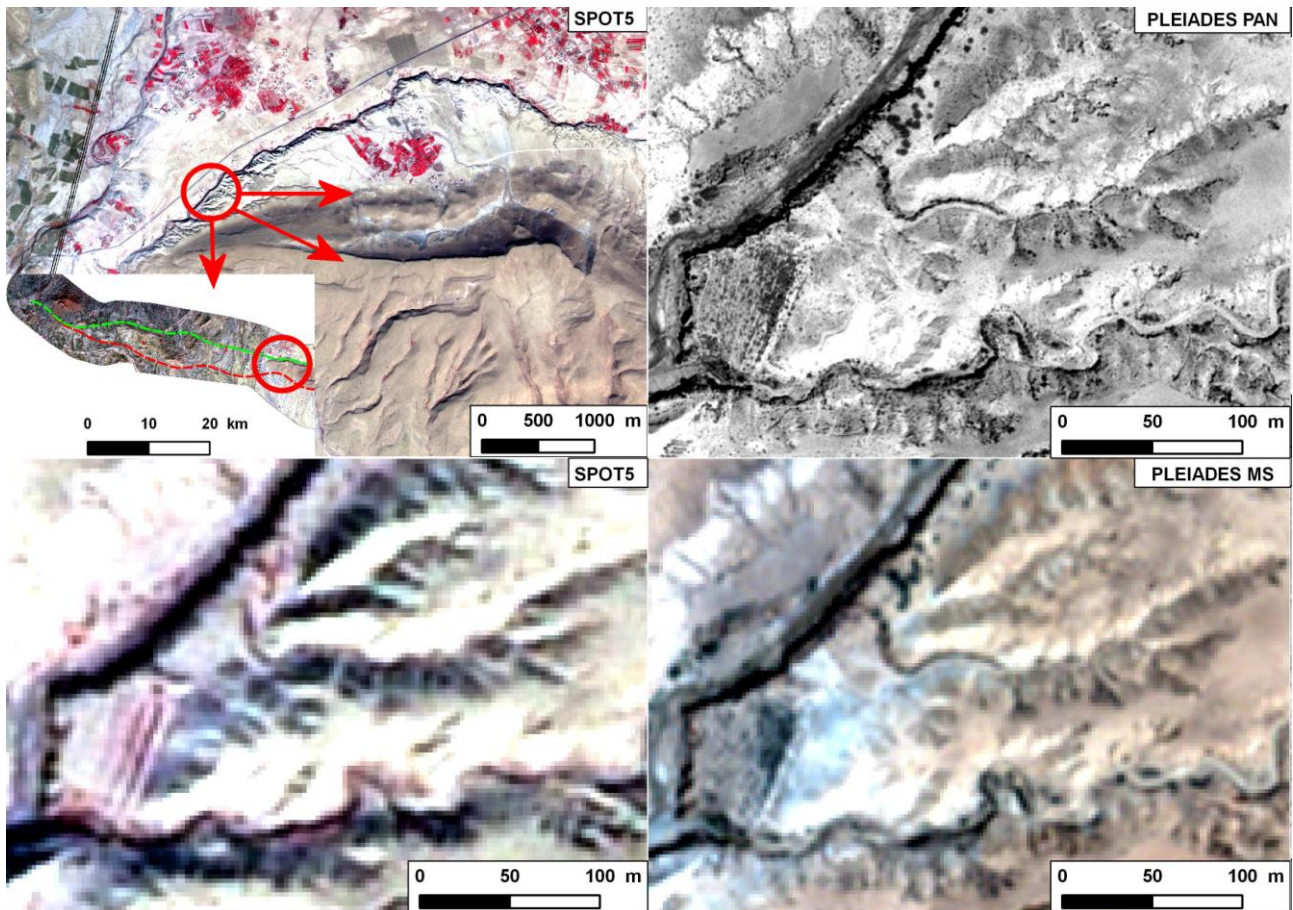


Figure 7 : Détection de falaise en lit de rivière révélant un contact lithologique, région du djebel Djedoug.

6. Conclusions

Cette comparaison d'apport entre les images SPOT5, Pléiades PAN et MS montre clairement que ce sont les images Pléiades qui permettent une cartographie la plus exhaustive de la géomorphologie des terrains rencontrés. Ce constat ne constitue pas une surprise dans la mesure où les images Pléiades PAN affichent une résolution sub-métrique là où les deux autres sont d'un ordre de grandeur double (> 2 m).

Cette exhaustivité se paye cependant cher du point de vue du temps d'étude : comme le nombre d'objets détectable est plus important, l'étude est plus complète mais est également plus chronophage. Notons enfin que le volume des données manipulées nécessite un équipement informatique adéquat. Le logiciel libre QGIS permet de réaliser l'ensemble des opérations dont ont besoin le géologue et le géotechnicien pour de telles études avec ces données satellitaires.

Remerciements

Les auteurs remercient le CNES pour la réalisation, la post-production et la fourniture gracieuse des images Pléiades © CNES (2013), distribution Airbus DS/Spot Image. Copyright des images SPOT5 : © CNES (2009), distribution Airbus DS / Spot Image. Ce travail n'aurait

jamais vu le jour sans l'aide active de D. Virely et J. Guittard de la Délégation Aménagement Laboratoire Expertise Transports de Toulouse (DALETT) de la direction territoriale Sud-Ouest du CEREMA.

Références

Chorowicz J., Deroin J.-P., 2003. *La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique*. Editions scientifiques GB, Paris, 141 p.

Coque R., 2003. *Géomorphologie*. Ed. Armand Colin, Paris (5^{ème}), 503 p.

Cornet A., Dalloni M., Deleau P., Flanchin J., 1951. *Feuille Alger nord*. Algeria geological map (1:500 000), Geological mapping department.

Guittard J., Chahine M., Kasperski J., 2009. *Quatrième rocade d'Alger – Lot n°3 Bordj-Bou-Arredj à Dirah – Etude géologique préliminaire*. LRPC Report (Toulouse).

Institut National de Cartographie de l'Algérie, 1989. *Bordj-Bou-Arredj (n°115), Maadid (n°212), Maginot (n°138), Sidi-Aïssa (n°134), Tarmont (n°101)*. Algeria geological maps (1:50 000).