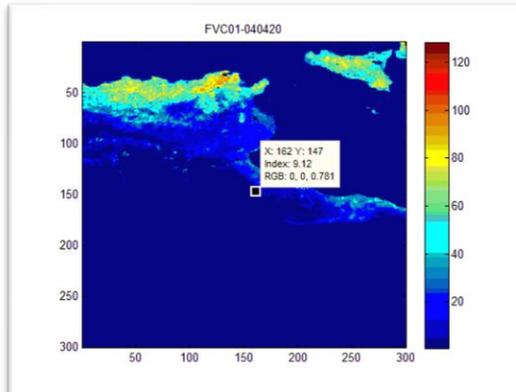
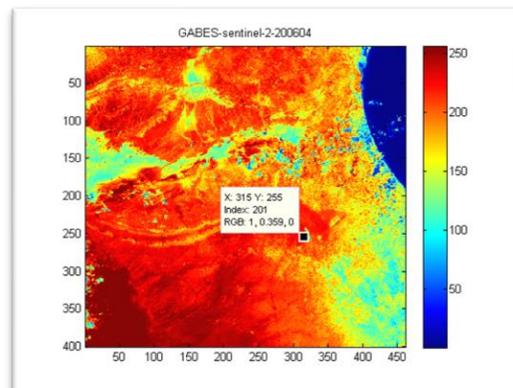


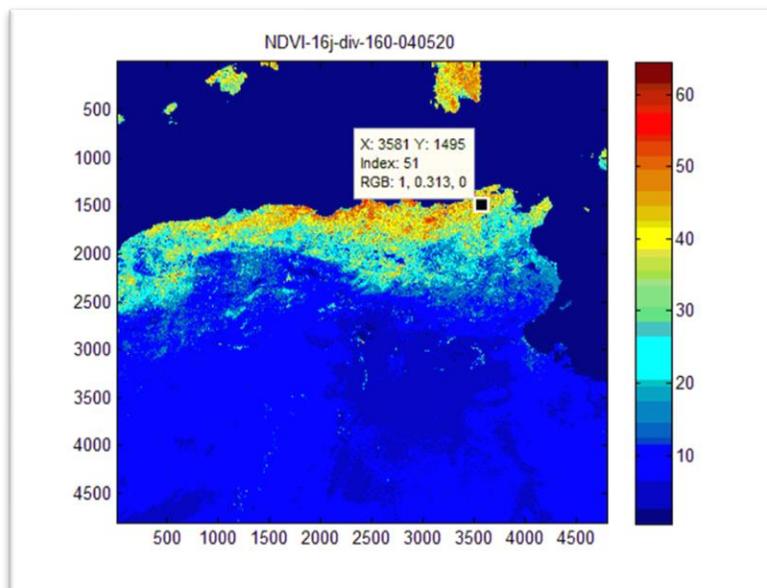
Veille agrométéorologique satellitaire en Tunisie présaharienne liée à l'expansion des prélèvements dans les aquifères du Sahara septentrional et au changement climatique



Source : METEOSAT/ESA.



Source : Sentinel-2 (ESA) Gabes sud. 2020 06 04.



Source : MODIS/NASA.

Fayçal BEN DAKHLIA

Agromet & Sig ARIANA, 2020.

PLAN

Introduction : présentation et problématique.

Partie I.

Cadre géo-climatique : milieu présaharien.

- 1.1.- Rappels sur les caractéristiques géo-climatiques du milieu.**
- 1.2.- Le Système des Chotts.**
- 1.3.- Aire d'intérêt.**
- 1.4.- Le Système du SAHARA SEPTENTRIONAL (SASS).**
- 1.5.- Le Système des Chotts et les projets de développement associés.**

Partie II.

Téledétection & produits analytiques satellitaires.

- 2.1.- VARIABILITE CLIMATIQUE & DYNAMIQUE AGROMETEOROLOGIQUE.**
 - 2.1.1.- Variabilité et changement climatique**
 - 2.1.2.- Bilans hydriques et cycles climatiques.**
- 2.2.- Produits METEOSAT.**
- 2.3.- Produits TERRA/AQUA.**
- 2.4.- Produits SENTINEL-2.**

Conclusions.

Références Bibliographiques.

ANNEXES.

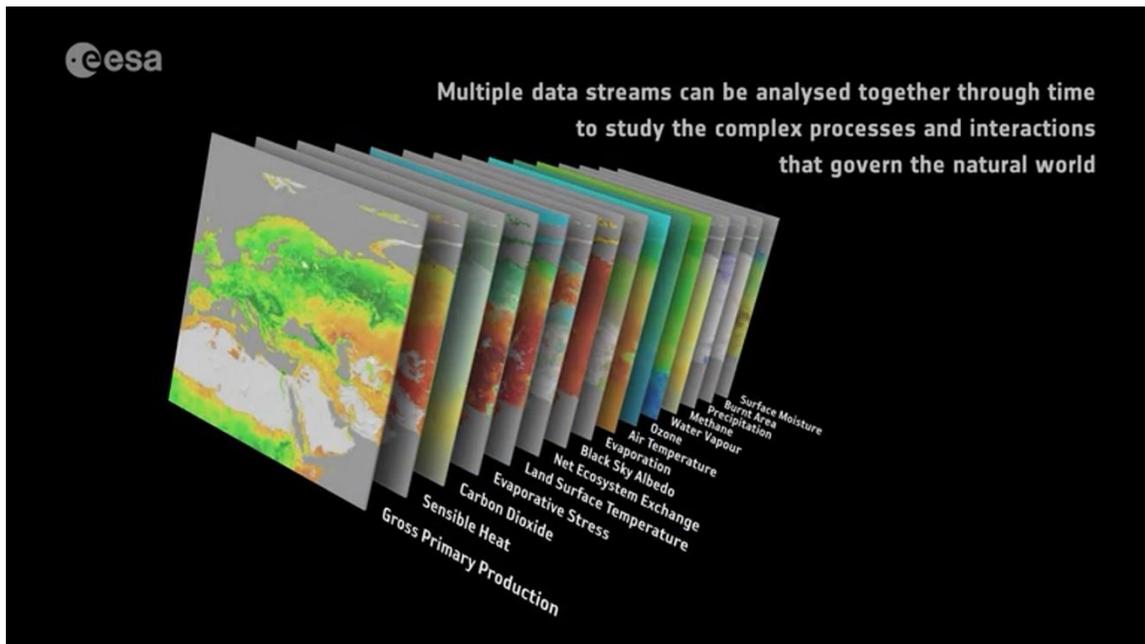
Résumé :

Notre approche d'assistance environnementale, pour la Tunisie, orientée surveillance de la dynamique agrométéorologique, et basée sur la complémentarité des produits satellitaires METEOSAT, MODIS TERRA/AQUA et SENTINEL-2/ ESA, disséminés gracieusement par la communauté internationale scientifique et technique en ligne, est un souhait attendu depuis plusieurs décennies.

Les régions présahariennes nationales, encore largement inexplorées scientifiquement, pourraient inciter divers chercheurs multidisciplinaires à participer à cet effort, dont nous souhaitons rester parmi les plus entreprenants.

INTRODUCTION & PROBLEMATIQUE.

1.- Problématique : Tunisie présaharienne et équilibres environnementaux.



Source : Composantes HYPERCUBE-ESA-2019.

Récemment l'Agence Européenne Spatiale (ESA) a diffusé des produits de grande valeur aussi bien technologique que scientifique.

La vidéo « Hypercube 2019 », dont cette illustration est extraite, visualise le degré d'analyses possibles de composantes utilisables pour appréhender les problèmes complexes multidisciplinaires en méthodologies à caractère systémique.

L'approche envisagée pour aborder le Système Nord Saharien Tunisien se voudrait la plus intégrante, en se basant sur les données spatiales complémentaires les plus indiquées, pour mettre en relief le maximum de dynamisme de ses différentes composantes.

Une problématique inhérente à ce milieu est liée à l'aridité et aux équilibres écologiques de ses oasis.

La faiblesse de couvertures d'informations est une autre caractéristique de ces régions marginalisées.

Représentant plus de la moitié de notre pays, cette Tunisie présaharienne bénéficie, de notre part, d'un grand intérêt et d'une curiosité naturelle renforcée à fur et à mesure de l'expansion du développement de ses contrées.

1.2.- EVENEMENT MAJEUR : UNESCO 1972.

En 1972, la parution du rapport de l'UNESCO sur le Système Aquifère du Sahara Occidental (UNESCO, 1972), a déclenché la ruée vers les forages de ces nappes « providentielles » pour les riverains, en état de besoins hydriques endémiques.

Le rapport récent (LABIDI, 2019), sur le « Bilan Hydrique des Oasis des gouvernorats de KEBILI, TOZEUR, GAFSA et GABES », sous l'égide du ministère des Affaires Locales et de l'Environnement, éclaire la situation actuelle de ces écosystèmes fragiles, de façon détaillée scientifiquement et technologiquement, basée sur les produits satellitaires de l'ESA (/SENTINELL) et de la NASA (TERRA/AQUA).

Une analyse hexaustive dans ce milieu pose le problème de saturation, d'excès et de déséquilibre, en irrigation géothermique, et en besoins d'eau pour les activités humaines et touristiques, particulièrement.

Un suivi quantitatif, spatio-temporel utilisant les informations satellitaires disponibles, constituerait un outil moderne d'aide à la décision dynamique de grande valeur.

1.3.- POTENTIEL AGROMETEOROLOGIQUE SUD TUNISIE 1970-2020.

Différents auteurs (EMBERGER, 1971 ; FERCHICHI, 1996 ; FLORET & PONTANIER, 1982 ; BEN DAKHLIA, 1999) ont appréhendé le potentiel agrométéorologique de cette zone de transition présaharienne, en privilégiant l'aspect aridité et déficit chronique hydrique.

Quant aux oasis, elles ont bénéficié d'une grande attention de la part de chercheurs comme SALLAMI, CHALBAOUI & BEN DHIA et HANNAFI en apportant une contribution scientifique assez récente sur les écosystèmes oasiens.

Le changement climatique s'est aussi invité dans les études de projets de développement et des scénarios multiples se proposent d'anticiper les projections dans les prochaines décennies.

Notre approche système viserait à permettre de réaliser un suivi analytique de la dynamique agrométéorologique, en nous basant sur les produits satellitaires METEOSAT, MODIS TERRA/AQUA et SENTINEL-2/ ESA.

Partie I.

Cadre géo-climatique : milieu présaharien.

1.1.- Rappels sur les caractéristiques géo-climatiques du milieu.

RAPPEL : Caractérisation du milieu présaharien.

Le climat de la Tunisie présaharienne (...) se trouve dans l'aire isoclimatique méditerranéenne qui peut être définie, de point de vue écologique, comme un climat de zone tempérée, donc à photopériodisme saisonnier et quotidien et à pluviosité concentrée sur la saison froide ou relativement froide, l'été étant sec (Emberger, 1971). Normale: La Tunisie présaharienne est soumise, d'après Despois (1955), à deux centres d'action climatique totalement opposés: l'un, situé au Sud-Ouest, est le lieu d'un climat subtropical saharien sec et chaud, l'autre, situé à l'Est dans le golfe de Gabès, est sous l'influence d'un climat méditerranéen relativement tempéré. L'essentiel des précipitations est originaire soit du golfe de Gabès (pluies d'automne et début d'hiver), soit du bassin occidental de la Méditerranée (pluies de printemps et d'hiver) et rarement de l'Atlantique (Floret et Pontanier, 1982). D'après Ben Dakhli (1995), Les perturbations sahariennes, qui exercent une grande influence sur le climat de la Tunisie présaharienne, sont issues des dépressions liées au Front Inter-Tropical. Ces dépressions se déplacent d'Ouest en Est, longeant le trentième parallèle, pour déboucher sur le golfe de Gabès. L'air chaud venant du Sahara, par suite de l'introduction de l'air froid, passe d'abord par la Méditerranée, s'humidifie, aborde de nouveau la terre plus chaude, se réchauffe à la base et devient instable. Il donne lieu à des développements pluvieux orageux assez importants.

Source : Extrait : (FERCHICHI, A., 1996).

1.-2.- Risque de déséquilibre du Système des Chotts Oasiens (Bassin des Chotts et Aquifères).

Ce système, confronté à une surexploitation croissante et à des événements climatiques remarquables, peut engendrer des déséquilibres tels que le phénomène de remontées des eaux des aquifères, dans la région d'EL OUED (sud-est algérien, limitrophe du gouvernorat de TOZEUR), ou les inondations exceptionnelles de 1969, dans ces zones présahariennes.



Source : Grand Sud Tunisien. CRTT 2020 INTERNET.

1.3.- Aire d'intérêt :

Le Bassin des Chotts, zone de transition de l'Atlas et de la plateforme saharienne, représentait un carrefour de liaison trans-saharien pour plusieurs civilisations.

LE GRAND ERG ORIENTAL...

... extrait wikipédia 2020.

« Il est composé aux deux tiers de [dunes](#) dont les plus élevées peuvent atteindre 250 mètres de hauteur, et parsemé d'[oasis](#) dans ses limites septentrionales. En Tunisie, les principales sont [Douz](#), [Tozeur](#) et [Nefta](#), en Algérie [El Oued](#) et [Touggourt](#). »

...

Au nord de l'erg, les montagnes des [Aurès](#) fournissent un [ruissellement](#) abondant. Ces eaux alimentent la nappe phréatique du [Jérid](#), en dépit de sa surface couverte de [chotts](#). Ici grandissent « les plus belles [dattes](#) de tout le Maghreb »⁶. En hiver, les vents soufflent du nord-ouest et du nord, l'erg semblant « avoir été poussé sur ses versants est et sud-est » vers [Ghadamès](#) à la frontière libyenne⁷.

... « Le long de la bordure nord du Grand Erg oriental, l'écologie physique et la culture humaine survivant depuis des temps reculés forment un continuum. De Biskra en Algérie, à travers les Aurès, cette région s'étend à l'est jusqu'au Jérid tunisien. Il s'agit d'une zone de basse altitude parsemée de chotts et d'oasis occasionnelles, où on trouve une culture intensive de dizaines de milliers de palmiers-dattiers. »

1.4. Le Système du SAHARA SEPTENTRIONAL. (SASS)

Le complexe terminal est représenté par trois (3) horizons aquifères ; les deux premières correspondent respectivement aux aquifères des sables d'âge Mio-Pliocène, fortement exploités, dans la région d'étude elles se trouvent en moyenne entre 280 et 450 mètres de profondeur, les forages captant cette nappe donnent un débit variant de 10 l/s à 30 l/s. La dernière horizon aquifère est constituée de calcaire fissurés, d'âge Eocène Inférieur et Sénonien carbonaté, peu exploitée dans la région à cause de leur salinité élevée 8g/l, il se trouve à une profondeur entre 500 m et 800m.

Le continentale intercalaire représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional. Elle est constituée par des sables et des grès d'âge crétacé inférieur. Cette nappe est confinée entre un toit, constituée par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomaniens et un mur constitué d'argiles, ce réservoir aquifère est considérable dans son extension (surplus de 600000 Km²) et à son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. L'intérêt majeur de ce système aquifère c'est les grandes quantités d'eau, qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du quaternaire et peuvent être maintenant exploitées, la nappe est captée à une profondeur moyenne de 1500 à 2100 m, les forages captant cet aquifère donnent un débit entre 100 et 150 l/s, la température de l'eau est très élevée atteignant plus de 60 °C, et le résidu sec oscille entre 1.8 et 3 g/l.

Source : wikipédia

**le Continental Intercalaire de l'ensemble inférieur,
le Complexe Terminal de l'ensemble supérieur.**

**Au nord-est du domaine, en Tunisie, les failles de
Medenine et d'El Hamma ont abaissé considérablement
le compartiment oriental, rejetant le Continental Inter-
calaire à de grandes profondeurs sous le qofle de Gabès.**

Extrait : Les failles de Medenine et d'El Hamma. UNESCO 1972.

Dans le bassin occidental, la majeure partie des eaux rejoint la nappe sous-jacente du Continental Intercalaire, tandis qu'à l'extrême ouest, les eaux du Complexe Terminal vont rejoindre l'underflow de l'oued Saoura.

Dans le bassin oriental qui seul a fait l'objet d'une étude distincte des deux nappes, le trait marquant est la convergence de l'écoulement vers les chotts (Merouane, Melrhir en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie).

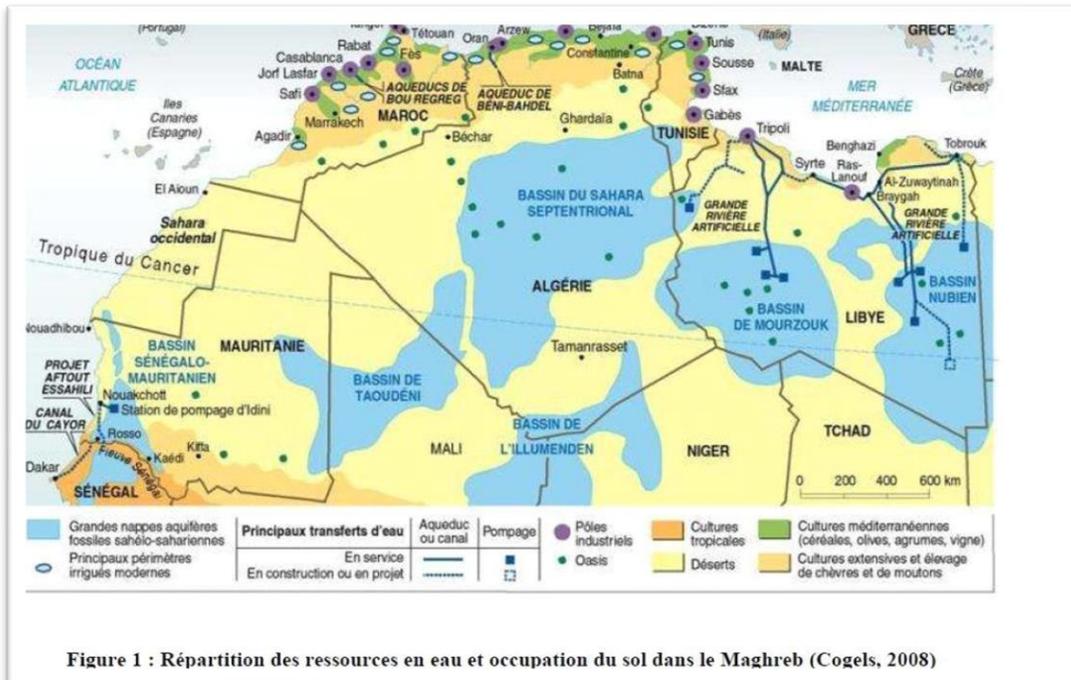
Les pentes de la nappe sont très faibles sur les bordures (0,2%), sauf au nord où l'eau venant de l'Atlas doit rejoindre, sur une faible distance, le niveau des chotts. Aux abords des chotts, la pente s'accélère (1,5%), d'autant plus que c'est autour de ces dépressions que se sont développées les exploitations.

d) Exutoires

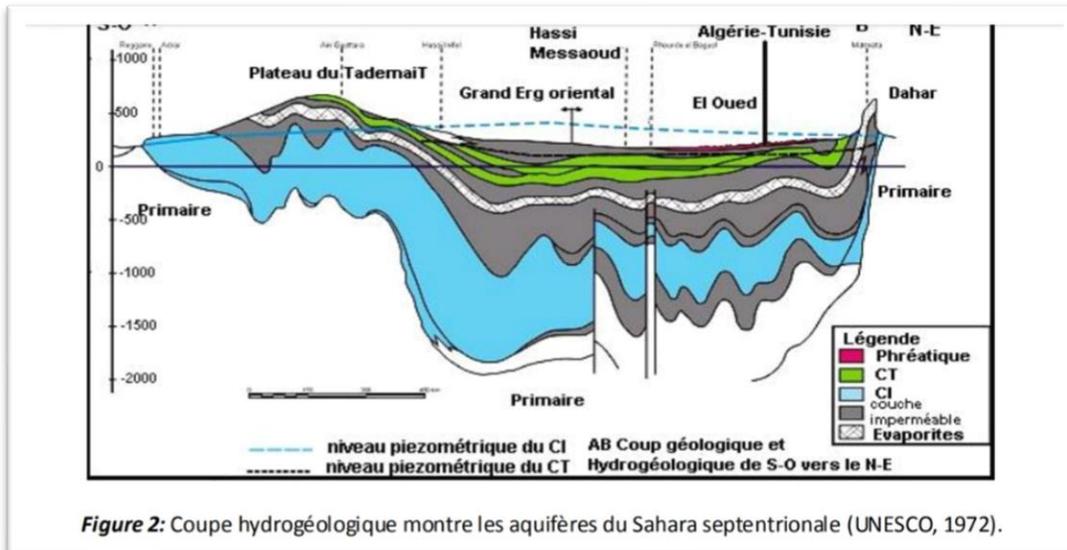
i) Les exutoires naturels. Ils sont constitués par les sources et par les zones d'évaporation.

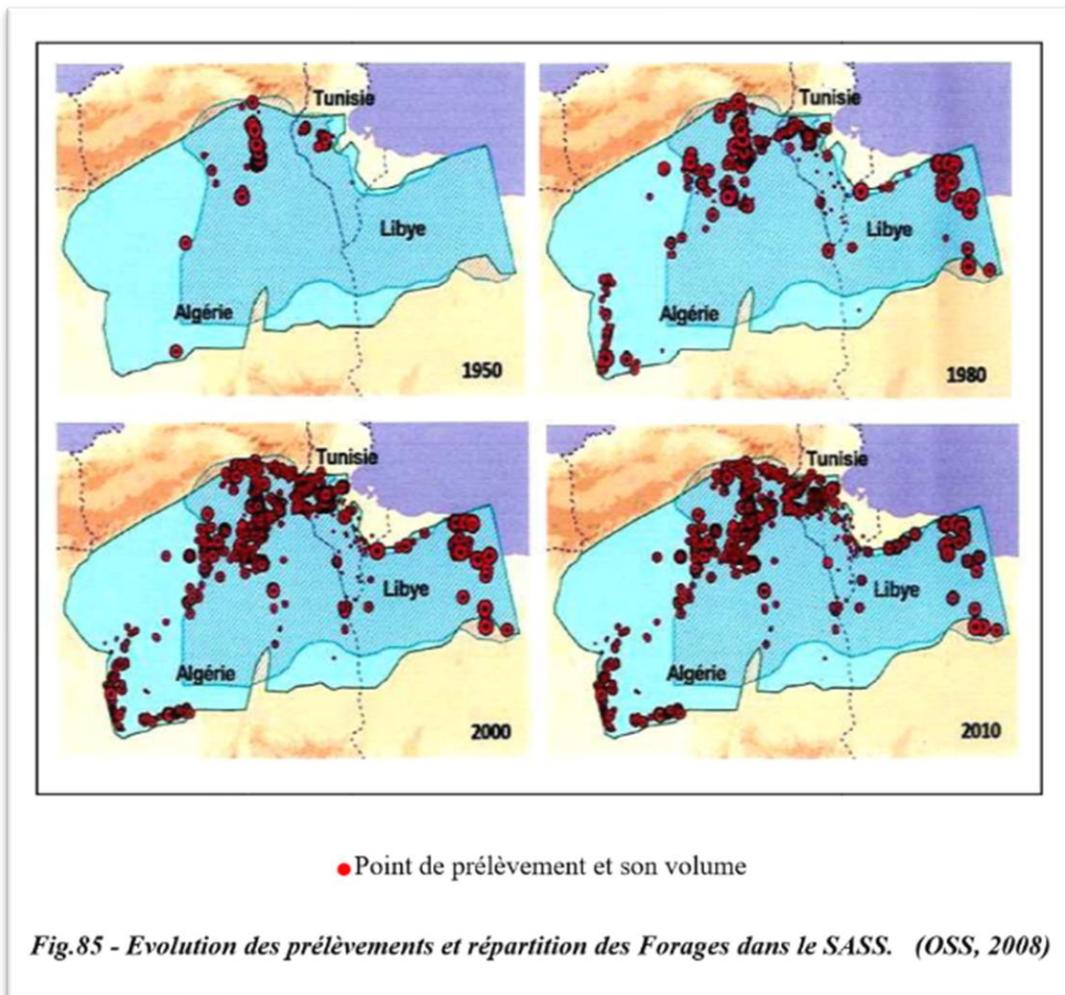
Les *sources* sont toutes situées dans des points topographiquement bas. Des sources étaient connues, il y a moins d'un siècle, dans la vallée de l'oued Rhir; elles ont aujourd'hui disparu par suite de la baisse du niveau de la nappe. Seules ont subsisté les sources émergeant dans les

Source : wikipédia. (2020).



Source : internet 2020.



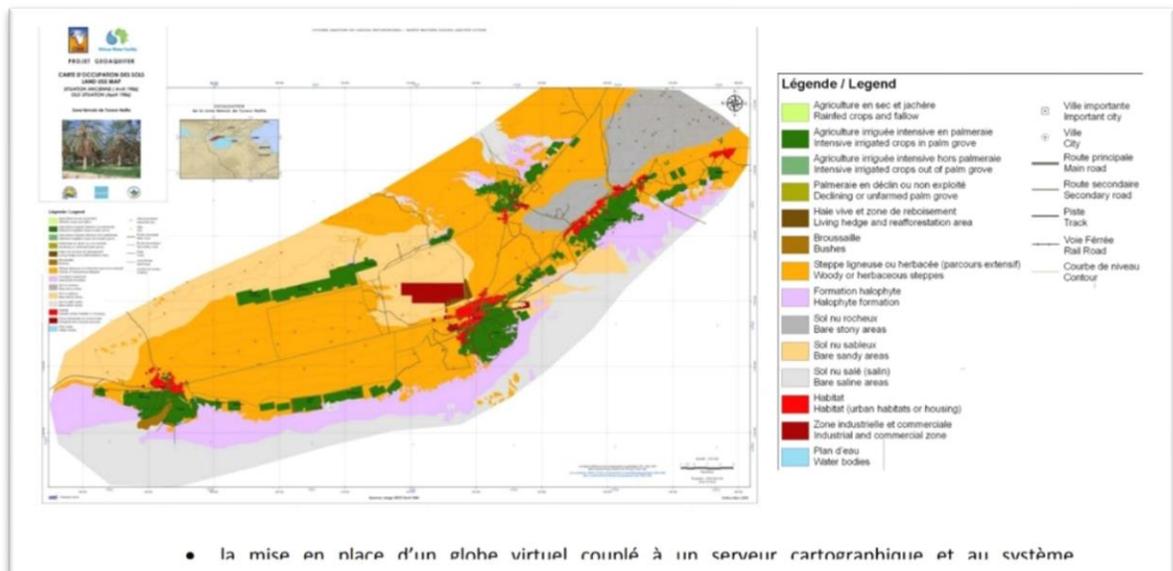


1.5.- Le Système des Chotts et les projets de développement associés.

Les oasis de NEFTA et de TOZEUR sont parmi les célèbres dans toute l'histoire du SUD Tunisien.



Source : Office Tourisme -Médinas du désert. 2020.



Source : OSS : NEFTA-TOZEUR. 2003-2008.

De même, les grands projets des palmeraies de KEBILI et la mise en oeuvre du projet pilote de RJIM MAATOUG représentent une illustration des plus réussies dans la région nord saharienne.

(PROJET- DEVELOPPEMENT PILOTE : RJIM MAATOUG. Voir détails en annexes).



Source : RJIM MAATOUG , internet 2017.

Partie II.

Téledétection & produits analytiques satellitaires.

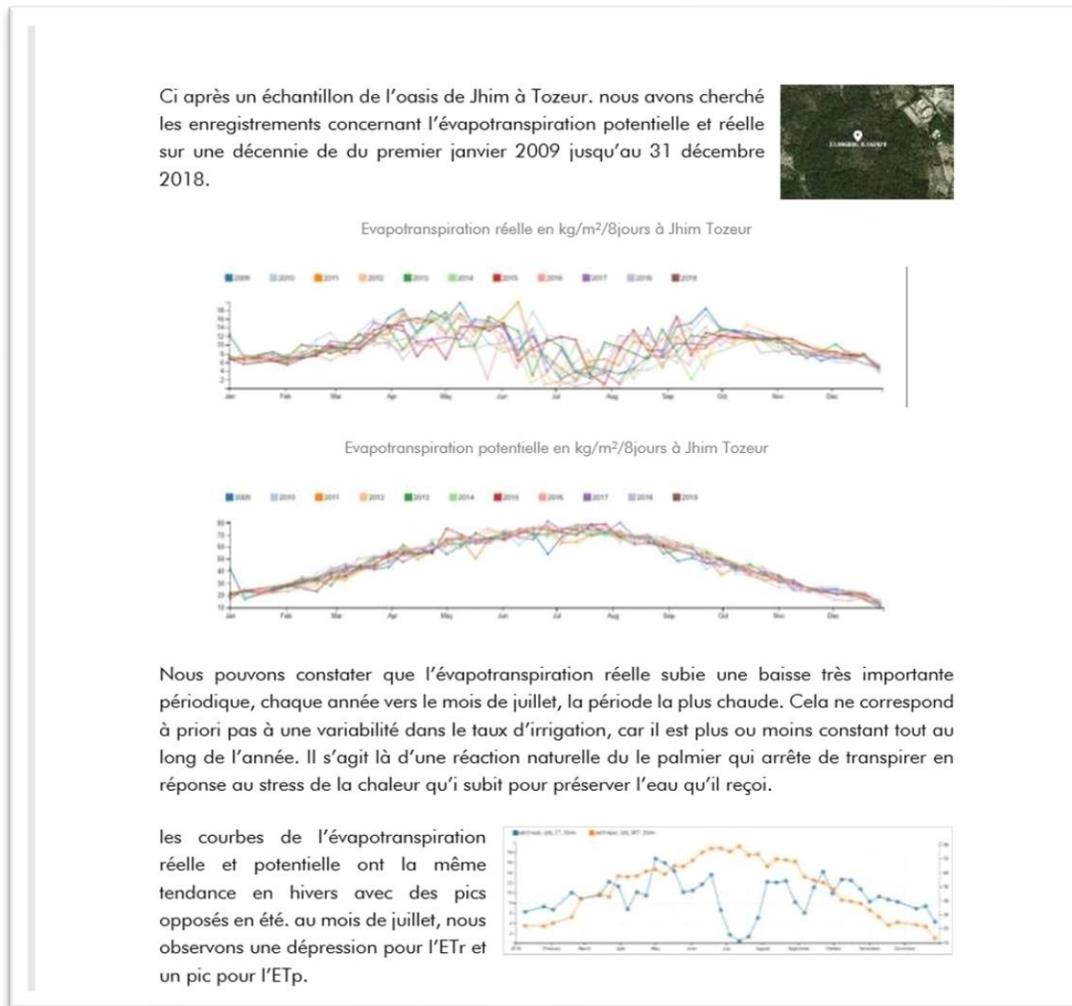
2.1.- VARIABILITE CLIMATIQUE & DYNAMIQUE AGROMETEOROLOGIQUE.

2.1.1.- Variabilité et changement climatique :

Le document « Evapotranspiration METEOSAT du Nord Sahara Tunisien dans la dynamique des cycles climatiques » (BEN DAKHLIA, 2020b),

aborde la composante des cycles climatiques intéressant la Tunisie et certains effets de leurs interférences.

L'étude de la variabilité de l'évapotranspiration réelle d'une oasis de TOZEUR, par les algorithmes MODIS de la NASA, reproduite dans le rapport du Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement (LABIDI, 2019), confirme cette cyclicité pseudo-décennale, caractérisant notre climat à double influence, méditerranéenne et saharienne.

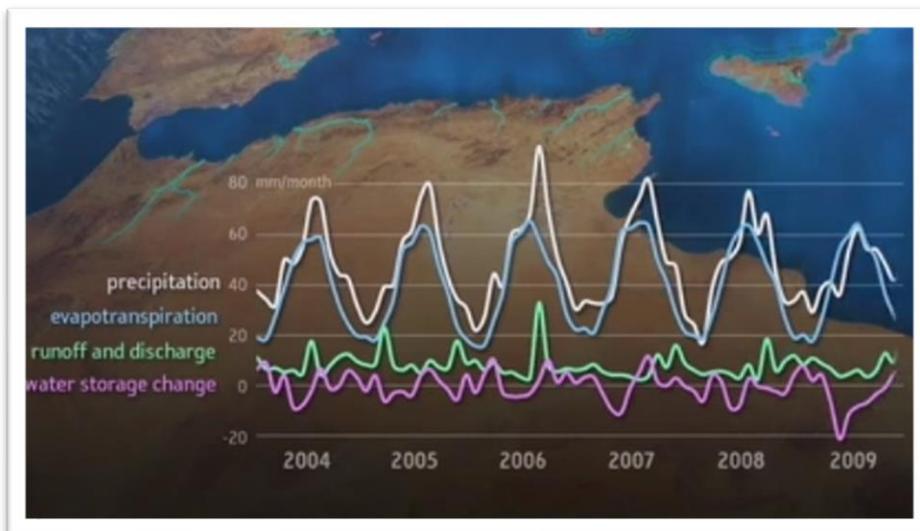


Source : Extrait du rapport sur le bilan hydrique des oasis des gouvernorats de Kébili, Tozeur, Gafsa et Gabès (Labidi, 2019).

Le rôle grandissant de l'apport satellitaire dans l'approche des nouvelles sciences de l'Environnement nous incite à revoir les approches classiques, ponctuelles et à rechercher plus d'intégrations spatio-temporelles issues des séries chronologiques reconstituées à partir des méthodes les plus éprouvées et les plus récentes, scientifiquement et technologiquement.

2.1.2.- Bilans hydriques et cycles climatiques.

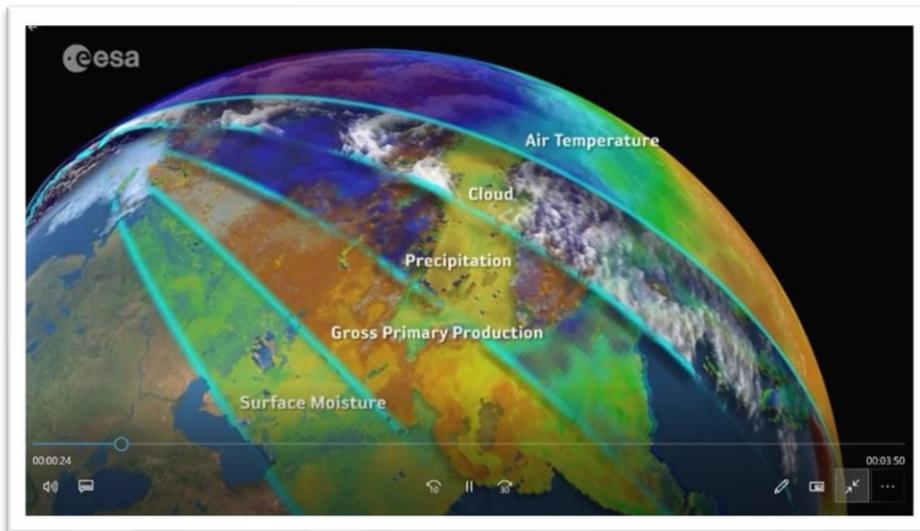
Grâce à ces avancées technologiques et à la possibilité d'accéder à ces informations vulgarisées, richement visualisées du point de vue pédagogique et artistique, nous pouvons adapter nos repères et actualiser nos connaissances par cet apport satellitaire de très haut niveau. (voir extraits ESA,2019: vidéo Mediterranean Cycle of Water).



Source : extrait ESA, 2019.



Source : Extrait cycle hydrique méditerranéen – ESA 2019.



Source: EARTH SYSTEM DATA LAB ESA 2019.

2.2.- PRODUITS METEOSAT - ESA : LAND SURFACE ANALYSIS : LSA SAF.

Le LSA SAF développe des techniques pour récupérer des produits liés à la terre, aux interactions terre-atmosphère et aux applications biosphériques.

NOM DU SERVICE OFFICIEL SAF

Installation d'application de satellites sur l'analyse de la surface terrestre (LSA)

► SAF sur l'analyse de la surface terrestre

OBJECTIFS SAF

Le but de la LSA SAF est de tirer pleinement parti des données de télédétection sur la terre, les interactions terre-atmosphère et les applications de la biosphère. Un fort accent est mis sur le développement et la mise en œuvre d'algorithmes qui permettront une utilisation opérationnelle des données des satellites EUMETSAT. Le système LSA SAF, principalement centralisé à l'Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), Portugal, génère, archive et diffuse, sur une base opérationnelle, un ensemble de paramètres liés au bilan de rayonnement de surface, à la végétation (y compris l'état de la végétation, le stress et incendies de forêt) et les échanges d'énergie, d'eau et de carbone entre l'atmosphère et la surface.

Le SAF de la LSA s'adresse à une large communauté d'utilisateurs, allant de la modélisation des processus de surface (par exemple, la prévision numérique du temps, la prévision numérique des saisons et climatiques aux applications agricoles et forestières (par exemple, les risques d'incendie, la production alimentaire et l'hydrologie). Les



Source: EUMETSAT 2020.

METEOSAT

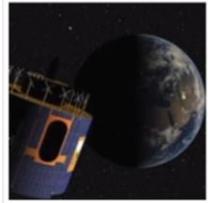
- SATELLITES
- SATELLITES ACTUELS
- METEOSAT
- CONCEPTION DE METEOSAT
- STATION AU SOL METEOSAT
- METOP
- SENTINEL-3
- JASON-3
- FUTURS SATELLITES
- SATELLITES PASSÉS
- LANCEMENTS ET ORBITES
- SEGMENT SOL
- ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES
- LES DOCUMENTS TECHNIQUES
- GLOSSAIRE

Meteosat Second Generation (MSG) fournit des images du disque complet de la Terre et des données pour les prévisions météorologiques.

Aujourd'hui, les satellites météorologiques balayent la Terre entière, ce qui signifie qu'aucune tempête tropicale ou système météorologique violent ne passe inaperçu. La détection précoce et les avertissements qu'ils fournissent ont sauvé des milliers de vies.

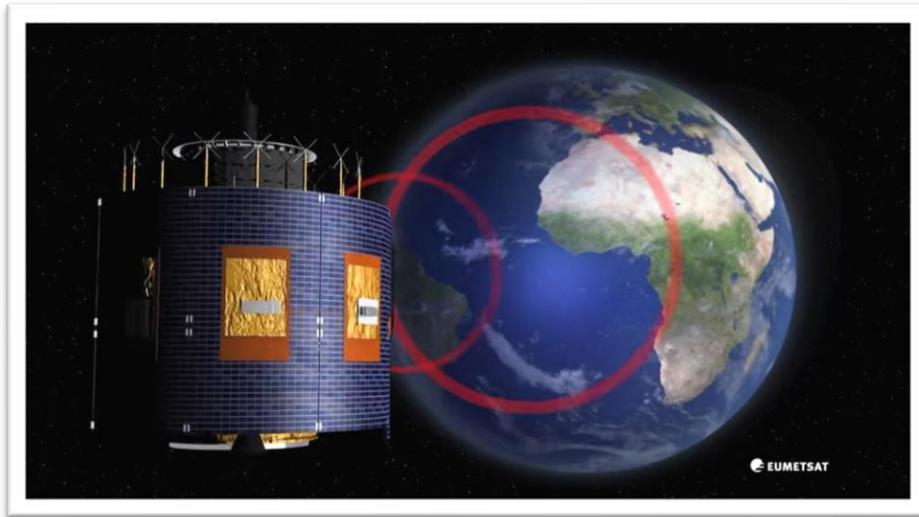
Les données Meteosat sont d'une valeur unique pour la prévision immédiate des conditions météorologiques à fort impact en faveur de la sécurité des personnes et des biens.

Il a été démontré qu'il améliore les prévisions météorologiques et les avertissements de temps violent, ce qui contribue à limiter les dommages aux biens et profite à l'industrie, par exemple aux transports, à l'agriculture et à l'énergie.



Satellites Meteosat actuels			
SATELLITE	DURÉE DE VIE	POSITION	PRESTATIONS DE SERVICE
Meteosat-11	15/07/2015 - La durée de vie de disponibilité est jusqu'en 2033	0 ° 36 000 km	► 0° Service, y compris le service de collecte de données et l'imagerie Web. Remplacé Meteosat-10 à 0° le 20 février 2018.
Meteosat-	05/07/2012 - La durée	9.5 ° E	► Service de numérisation rapide. Remplacement de

Source: EUMETSAT 2020.



Source: internet / Youtube 2020. METEOSAT-11-SEVIRI.

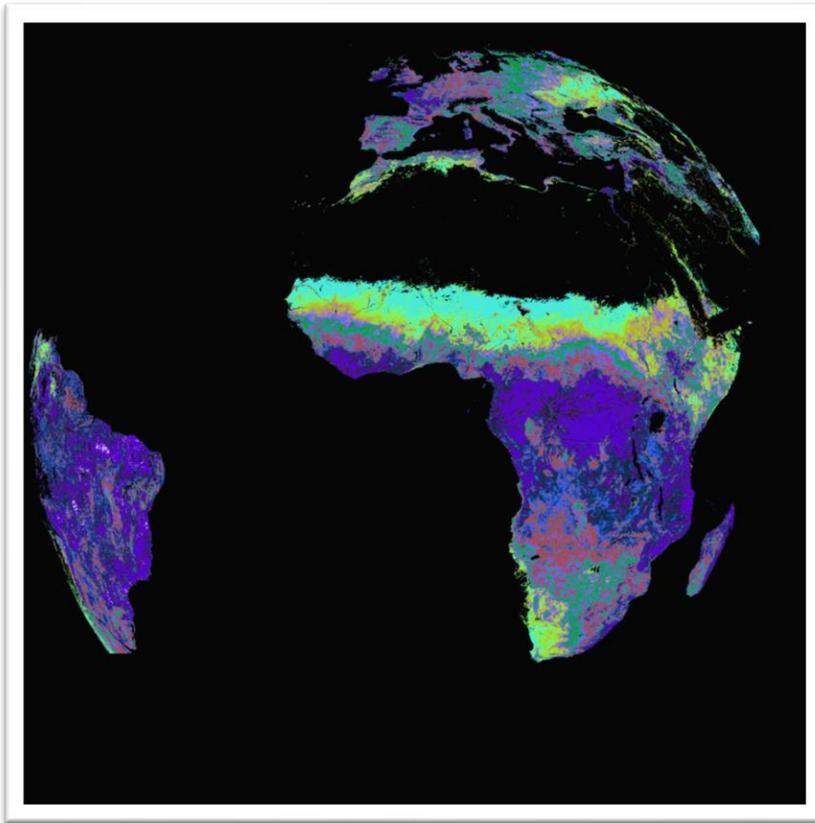
Le format des données distribuées par le Consortium LSA SAF est le HDF5 (format de données hiérarchiques, version 5), développé par le NCSA, le Centre National des Applications des Super-Ordinateurs.

Il est à remarquer que ce format DATASET HDF5 nécessite l'exploitation d'un logiciel tel que HDFVIEW pour le convertir en format « .h5 », reconnu par MATLAB, notamment. (Pour plus de détails, voir BEN DAKHLIA, 2020b).

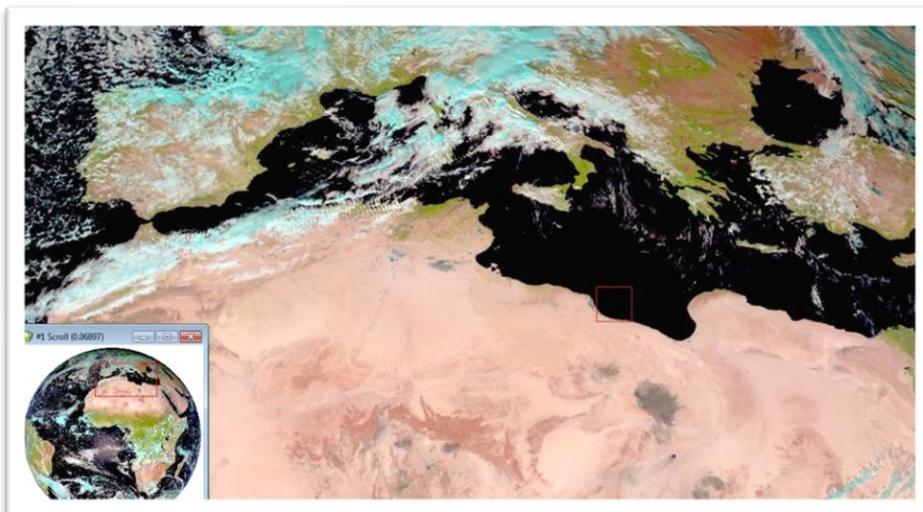
Le site web LSASAF permet la dissémination des produits archivés de METEOSAT SECONDE GENERATION (MSG/SEVIRI) pour le disque entier avec une résolution de 3*3 km² par pixel, au nadir.

Deux produits quotidiens sont extraits :

- Le FVC : fraction de couverture végétale,
- L'ET quotidien : évapotranspiration réelle journalière.



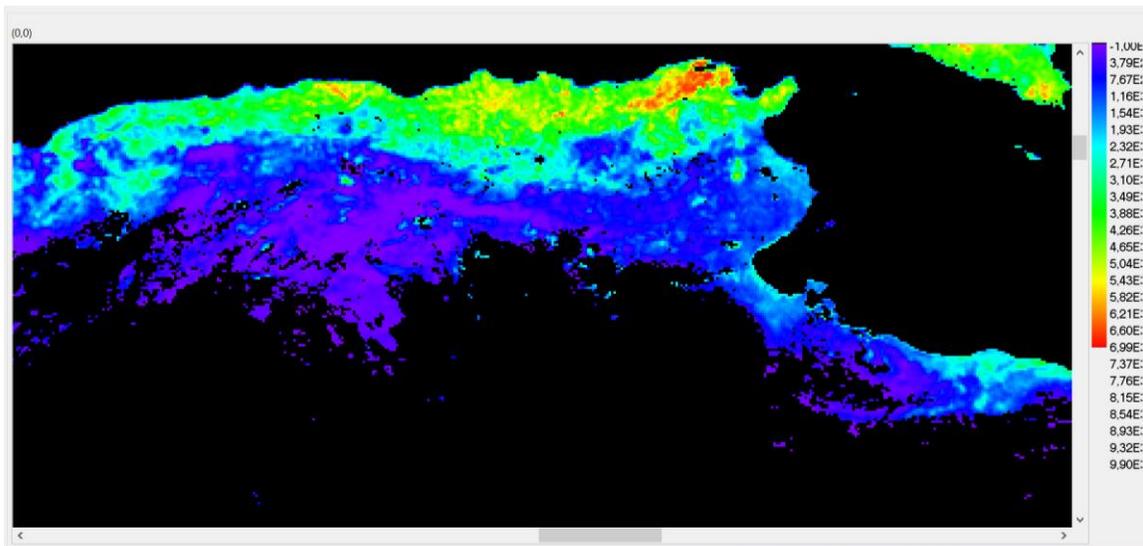
Source: EUMETSAT Full Disk METEOSAT /VC-full-MSG Avril 2020.



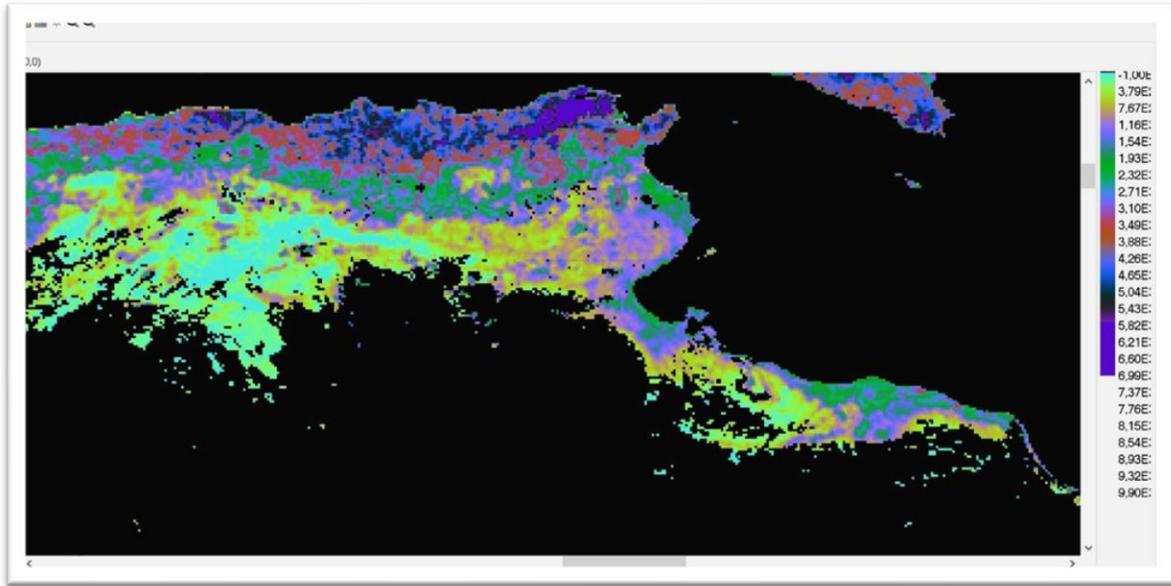
Source : METEOSAT-EUMETSAT.2020.

Un des objectifs de cette étude vise à recentrer les moyens et méthodes de traitement de l'information radiométrique sur le thème du « SUIVI SATELLITAIRE AGROMETEOROLOGIQUE des régions du Centre et du Sud de la Tunisie.

Différents indices et produits ont été développés concernant le STRESS HYDRIQUE SATELLITAIRE, ajoutés aux nouveaux produits METEOSAT quotidiens et leurs homologues TERRA/AQUA, hebdomadaires à des résolutions variant de 3 km à 0.5 km.

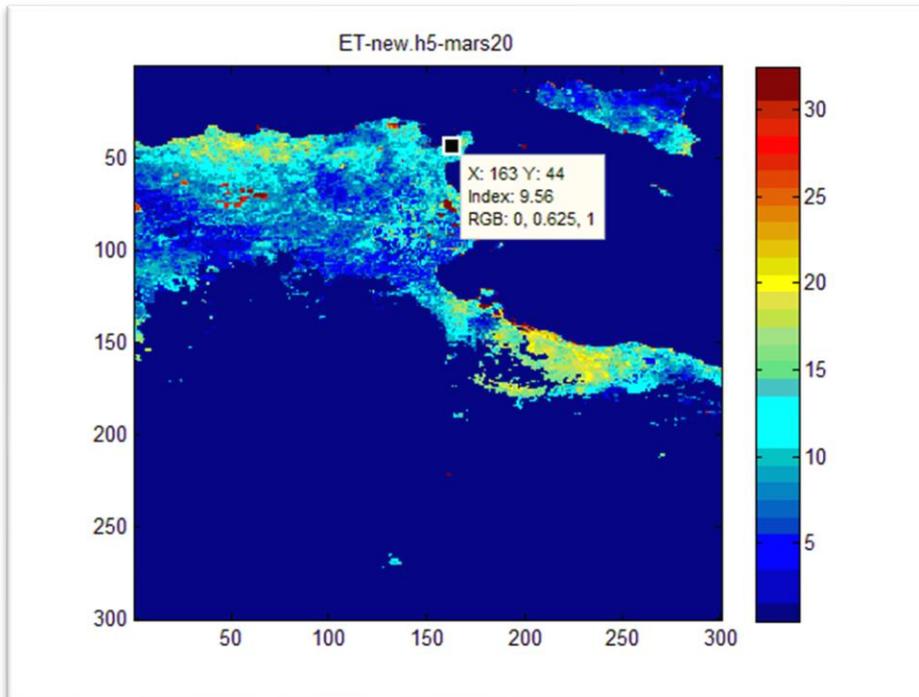


Source : extrait fraction de couverture de la végétation (FVC) LSA SAF/EUMETSAT.

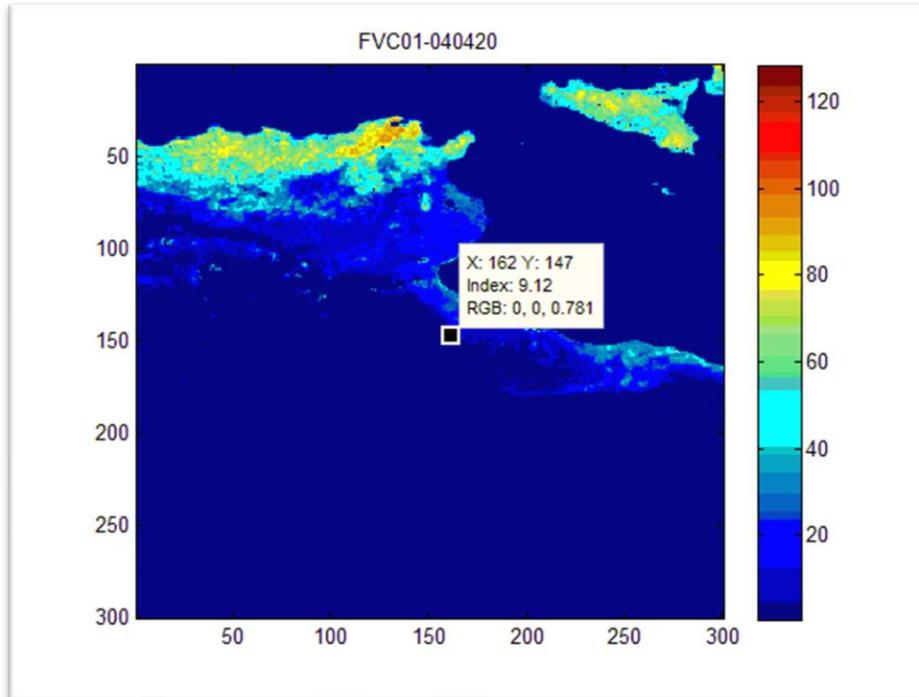


Source : extrait LSA SAF / FVC 05-04-20.

2.2.2.- PRODUITS METEOSAT SOUS MATLAB.



Evapotranspiration réelle quotidienne-mars 2020.



Fraction de couverture végétale FVC du 04-04-20.

II. 2.-3.- PRODUITS MODIS / TERRA-AQUA.



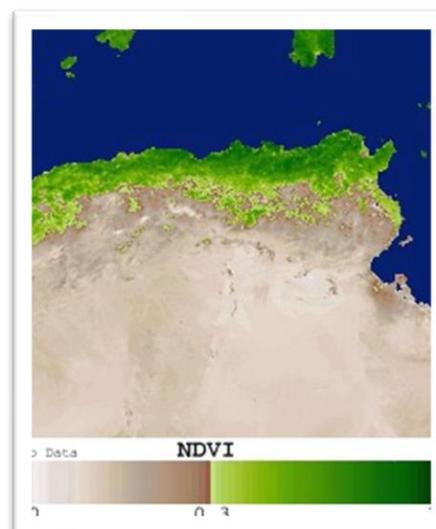
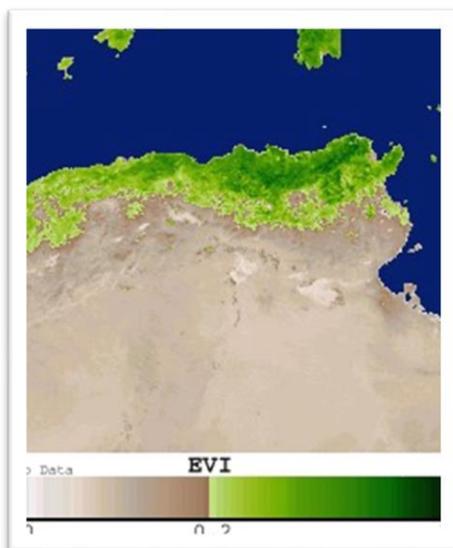
Source : Terra wikipédia 2020.

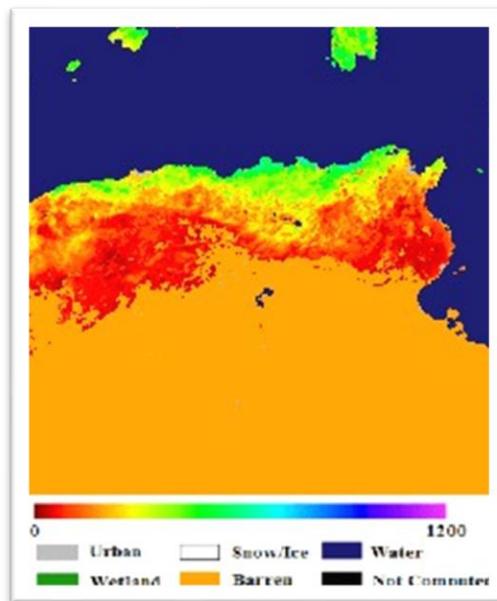
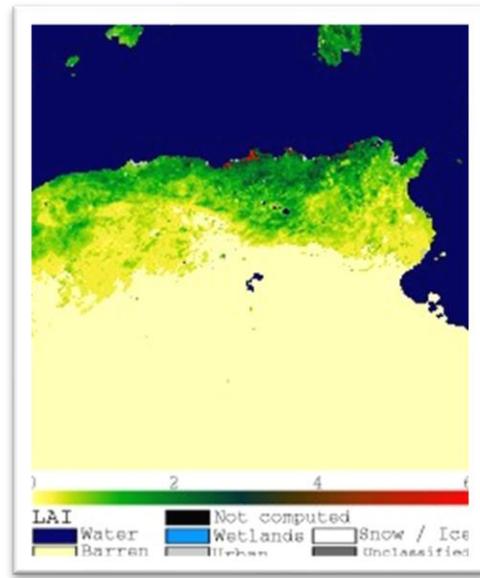
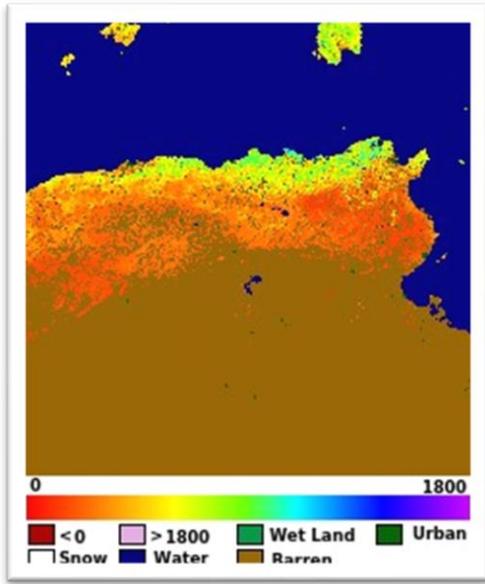
Le projet NASA EOS distribue via le site web LP DAAC, en format « hdf », un jeu de données terrestres réguliers de 1 km², pour les zones de végétation mondiales de 109 millions de km², à intervalles de 8 jours.



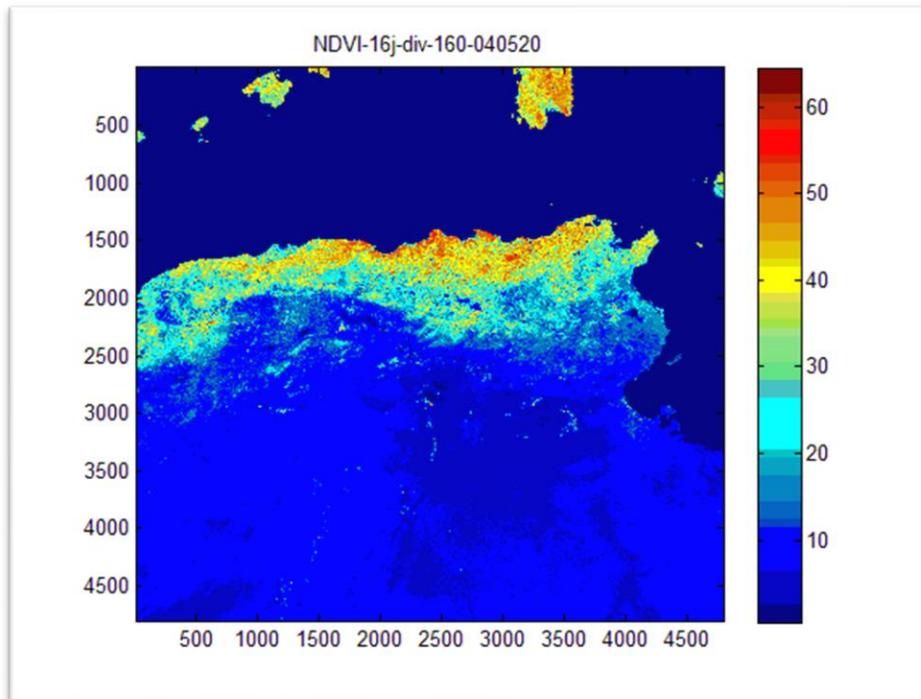
Source : LP-DAAC USGC 2020.

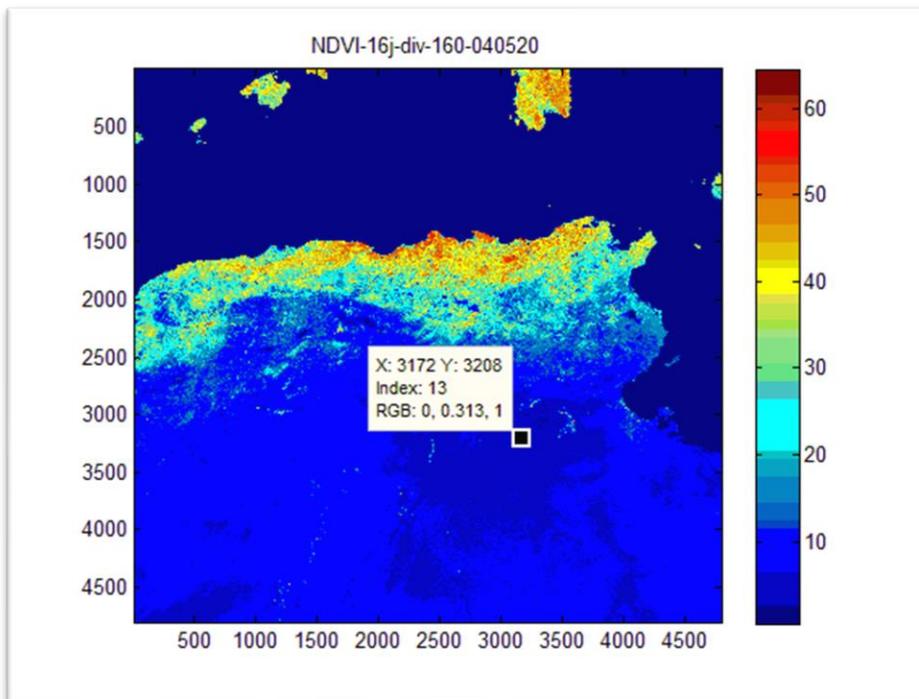
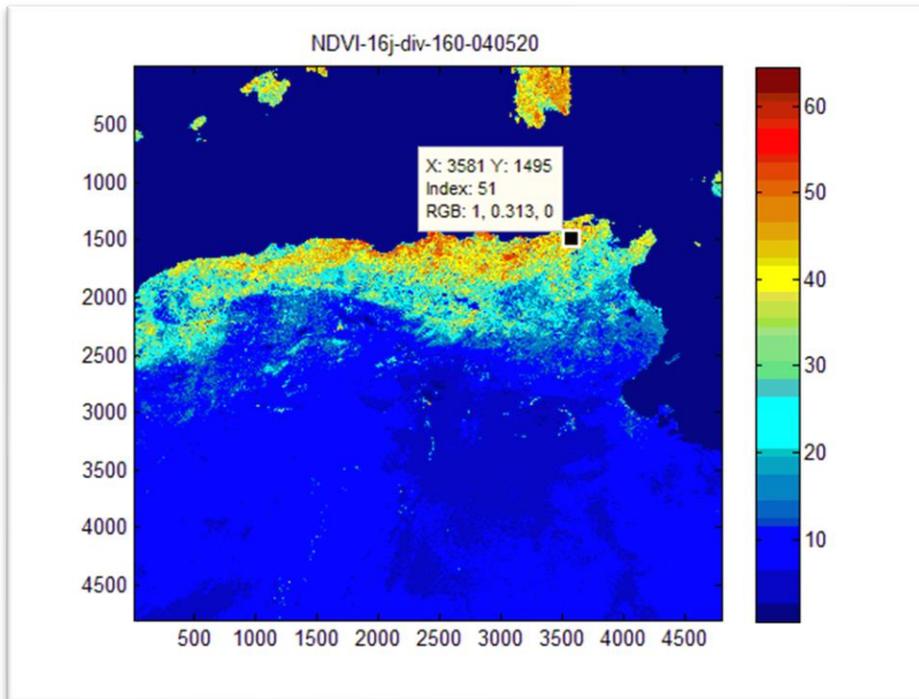
Les produits sont proposés en format « JPG » et « HDF ». Quelques exemples sont présentés, à titre informatif.

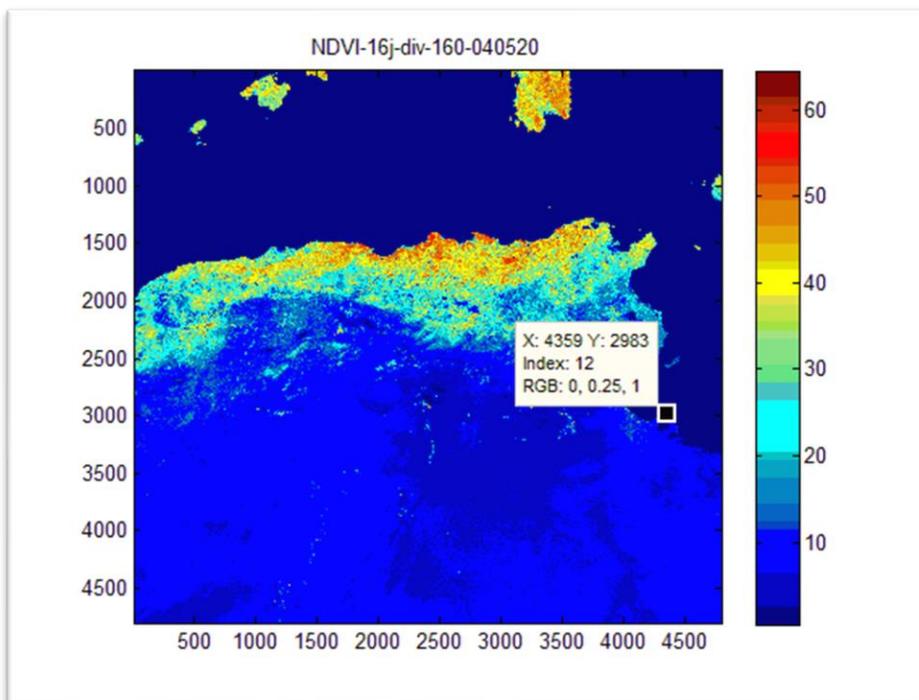
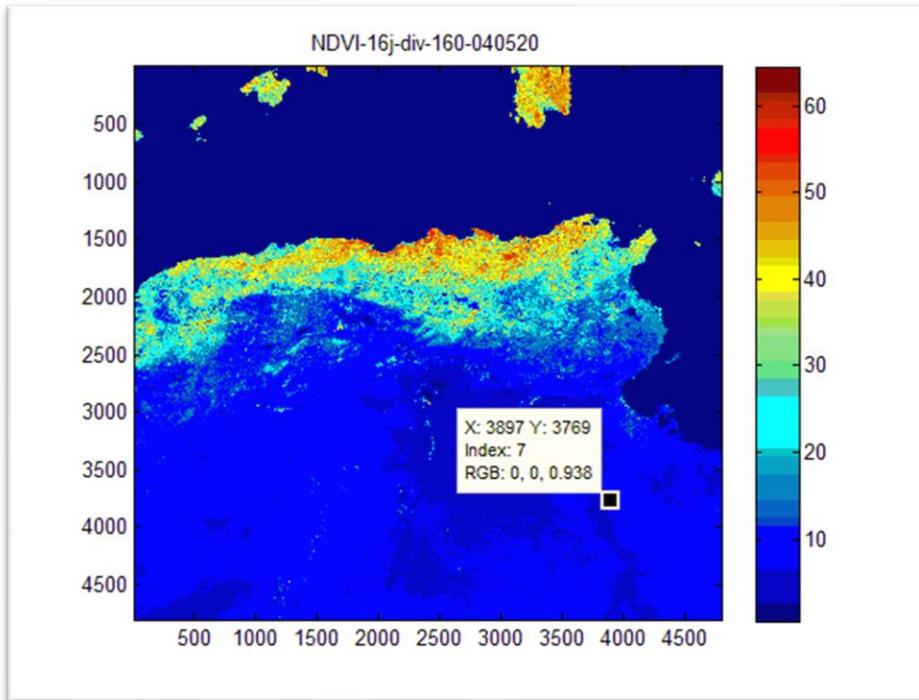


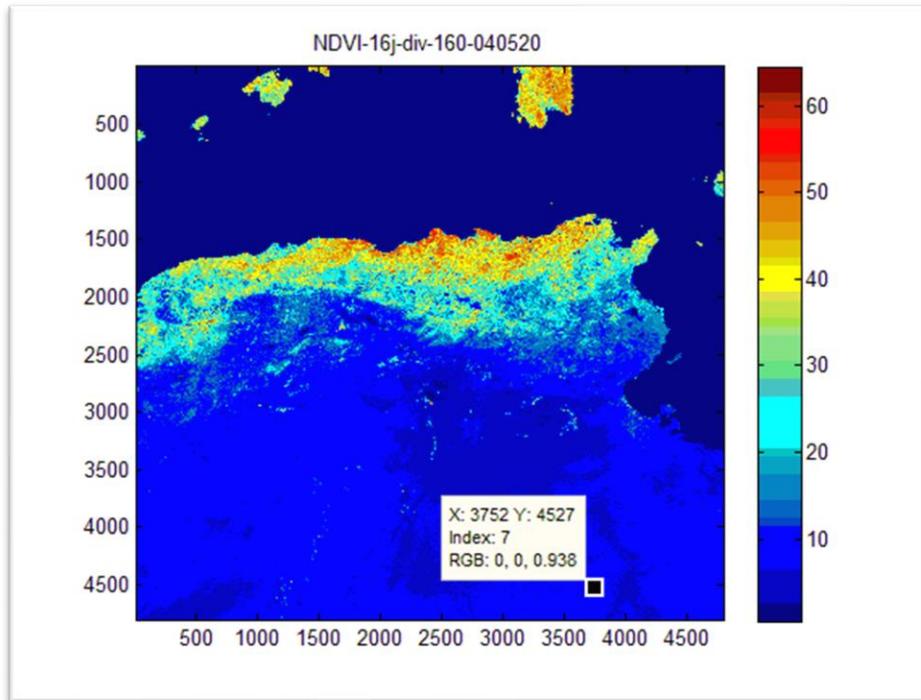


2.-3.-2.- PRODUITS MODIS sous MATLAB.









2.- 4.- PRODUITS EUMETSAT SENTINEL-2.



Source : Sentinel-2 wikipédia. 2020.

Une autre catégorie de produits satellitaires disponibles de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), concerne la série des satellites orbitaux SENTINEL, dont l'exploitation pourrait servir de complément haute résolution aussi riche et prometteur dans toute stratégie de VEILLE ENVIRONNEMENTALE dans ces zones présahariennes à très faible visibilité par les moyens de suivi liés à la dynamique socio-économique.

La catégorie SENTINEL-2, composée de deux satellites orbitaux 2A et 2B, mis en service en 2015 et 2017, avec une révolution de 10 jours, permet de distribuer, en ligne des types de produits de niveau d'accès 1C et 2A, dans le cadre du Programme COPERNICUS, orienté Observation Sol Végétation.

Ces données sont accessibles, à partir de plusieurs serveurs, dont : COPERNICUS OPEN ACCESS HUB / ESA.

Les données se présentent sous le format « SAFE » (Standard Archives Format for Europe), qui encapsule un dossier contenant des données d'images, dans un format de données binaires et des métadonnées en XML. Une toolbox SENTINEL-2 ESA-SNAP sert de plateforme pour les divers traitements numériques sur ces produits.

Ces données SENTINEL-2, largement accessibles (niveaux 1C et 2A) se présentent sous forme de 13 fichiers correspondant à ml'enregistrement des réflectances au sol dans différentes bandes du spectre électromagnétique.

Les 4 premières sont à 10 m de résolution,
Les 5 autres sont à 20 mètres ,
Et le reste à 60m.

Spatialement, ces produits sont une compilation de granules élémentaires, de taille fixe, sur une seule orbite.

Un granulé représente la partition minimale indivisible d'un produit (contenant toutes les bandes spectrales possibles).

Ainsi, pour les niveaux 1C et 2A, les granules, également appelés « TUILES », sont des ORTHO-IMAGES de 100*100 km², en projection UTM/WGS84.

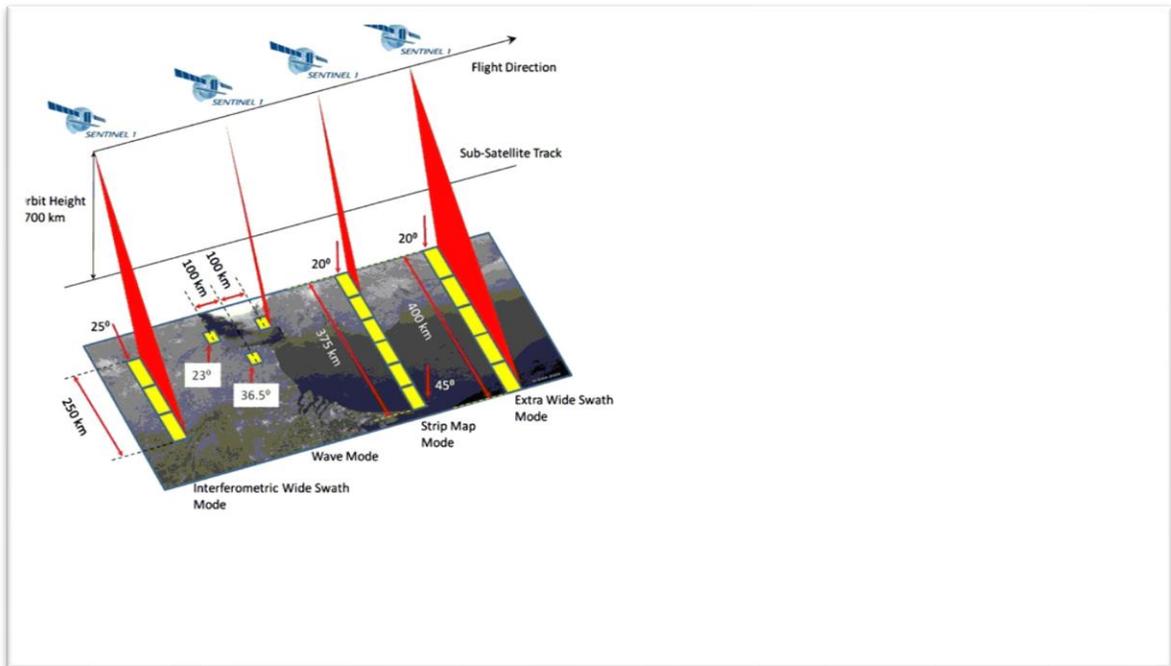
Il est à rappeler que le Système UTM (Universal Transverse MERCATOR) divise la surface de la Terre en 60 zones, dont chacune est caractérisée par une largeur verticale de 6 degrés de longitude et une largeur horizontale de 8 degrés de latitude. (extrait de wikipédia).

Les Tuiles mesurent environ 600 Méga octets et certains carreaux peuvent être entièrement ou partiellement couverts par des données d'images.

Les exemples de traitement présentés sont fournis, directement, par la plateforme SNAP de l'ESA (toolbox Sentinel-2).

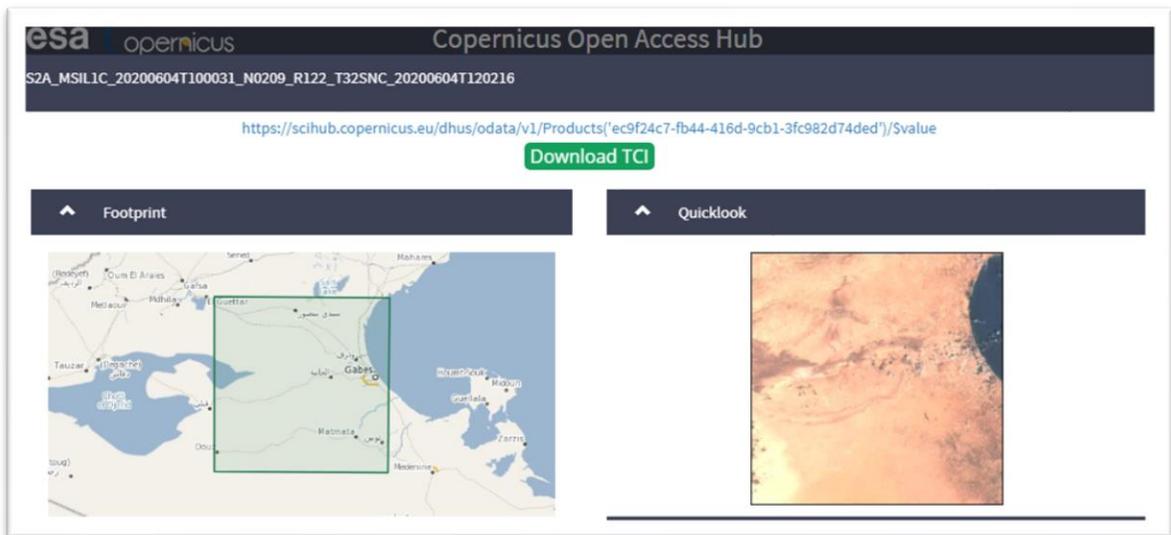
En deuxième niveau, certaines images ou sélection spatiale d'image peuvent être traitées sous MATLAB en tant que fichiers numériques en format virgule flottante 32 ou 64 bits.

Dans ce cas leur manipulation mathématique matricielle permet des investigations plus poussées, de plus grand intérêt.

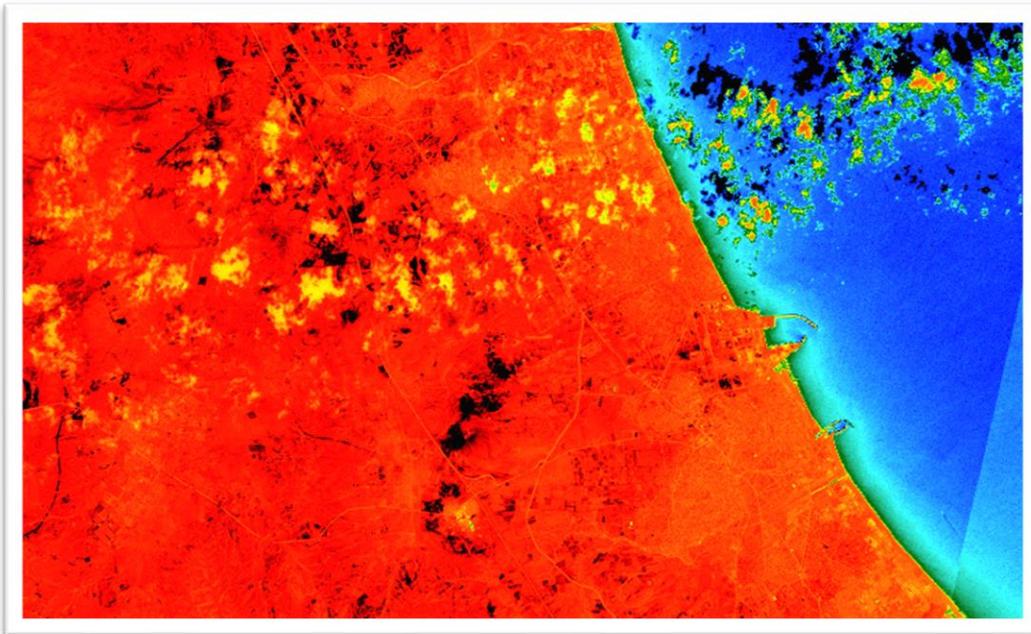


Source : caractéristiques capteurs SENTINEL-2. ESA.

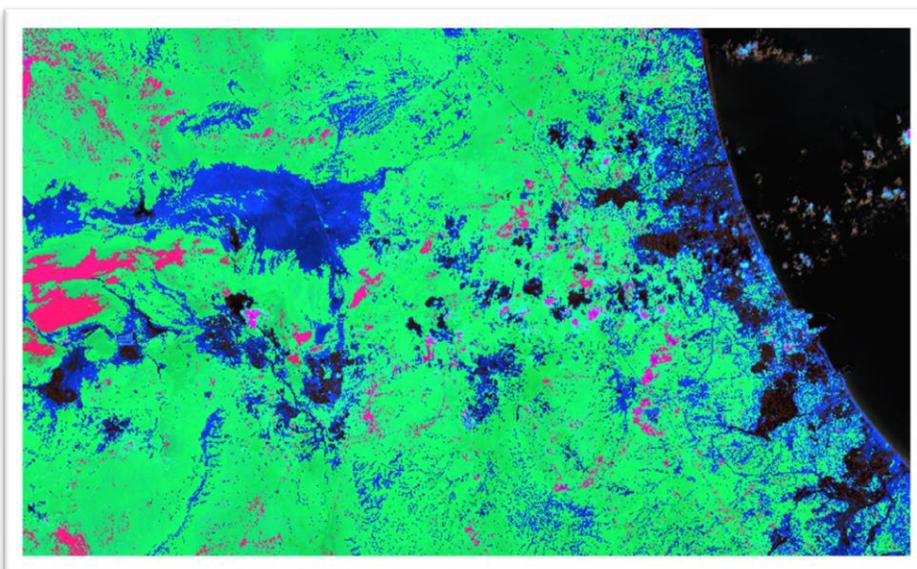
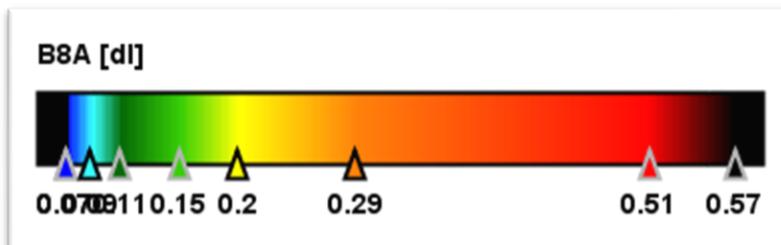
2.3.1.- PRODUITS SENTINEL-2 sous SNAP/ESA :



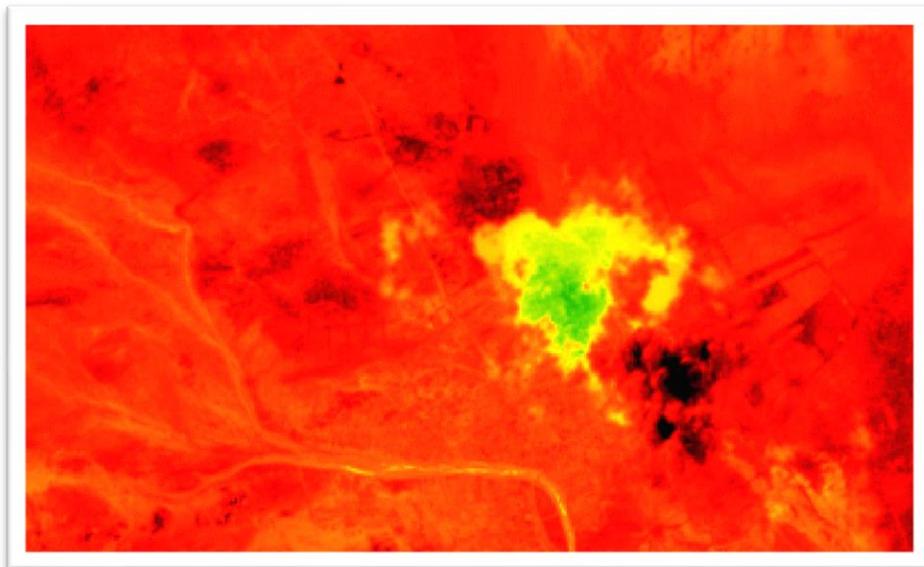
Localisation tuile gabès.



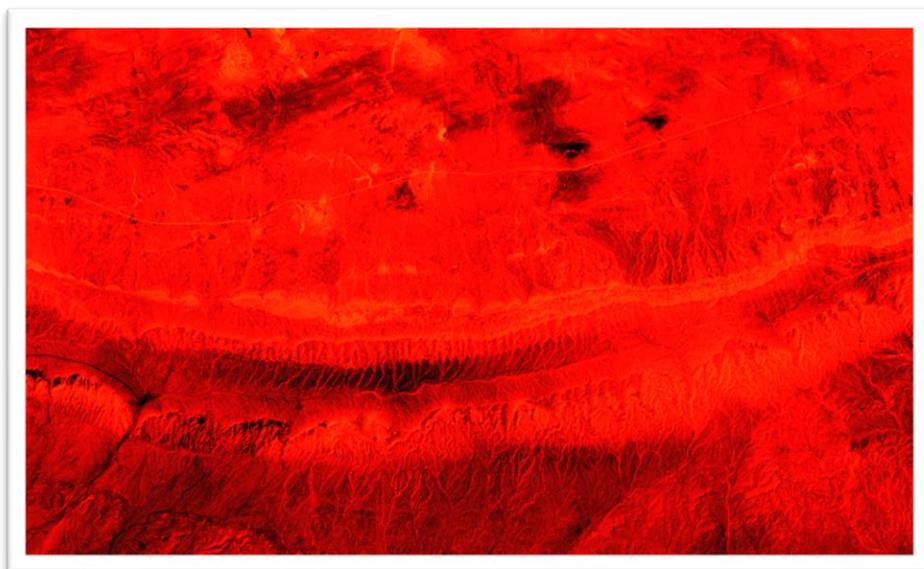
Source : ESA/Copernicus- S2A MSI LC1 2020 06 04 – GABES- SUD.



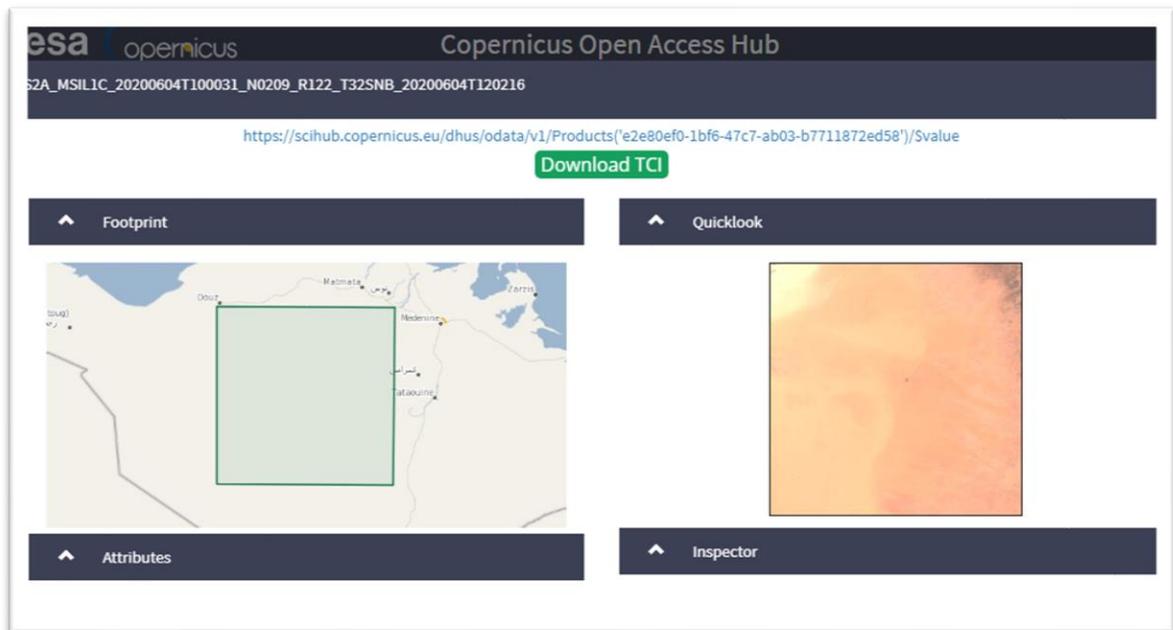
S2A Gabès Sud.



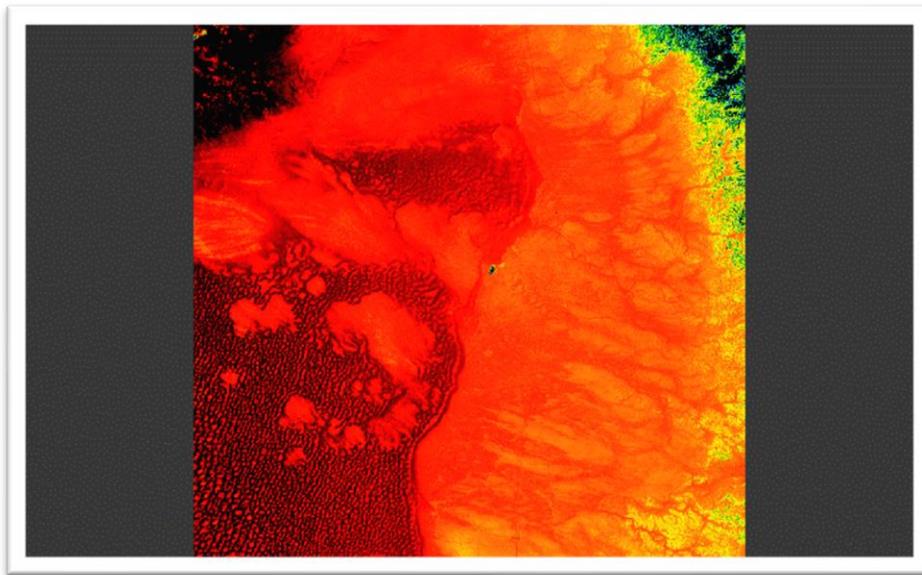
Source : Sentinel-2 Oasis EL HAMMA gabs. 2020 06 04 zoom.



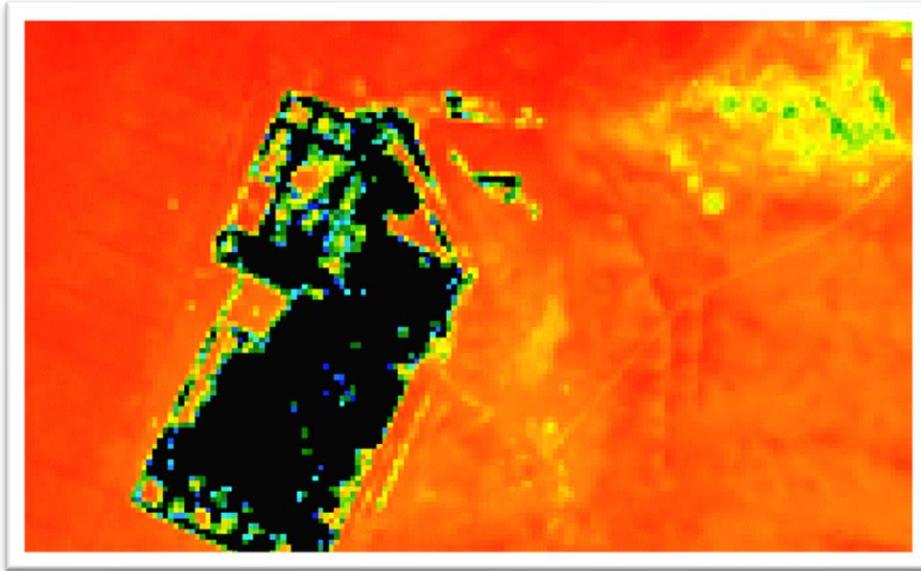
Extrait chott el fedjej.



Localisation Tuile Ksar Guilène.



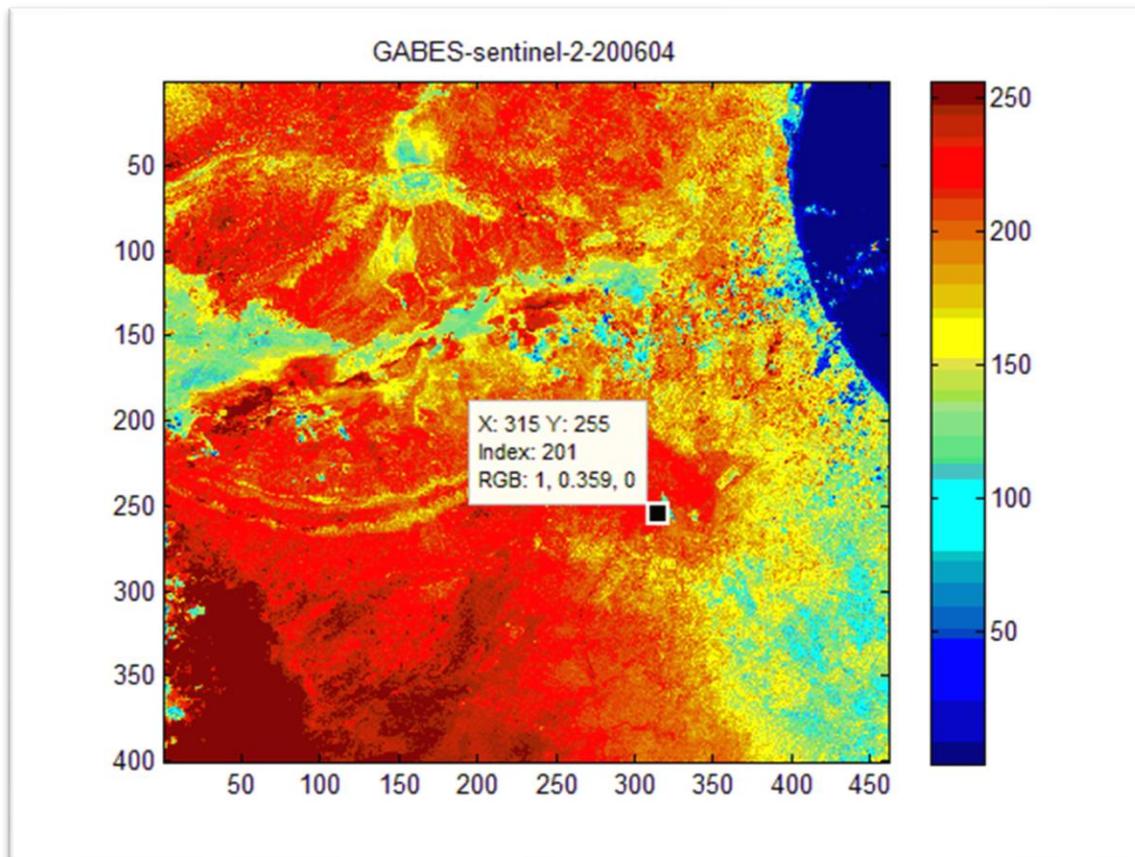
Source : Sentinel-2 / ESA ksar guilene- 2020 06 04.



Source : Sentinel-2 / ESA ksar guilene- 2020 06 04 zoom.

2.4.2.- PRODUITS SENTINEL-2 sous MATLAB.

Le format RGB, converti par la plateforme SNAP / ESA, peut être traité en tant que matrice numérique par le logiciel MATLAB et ouvrir la voie à toutes les manipulations scalaires.



CONCLUSIONS :

La Tunisie présaharienne, régions méconnues et peu visibles par l'absence des infrastructures caractérisants les zones plus riches du Sahel et du Nord. Les cartes géographiques et thématiques les déclassent et les marginalisent le plus souvent.

L'information satellitaire apporte une grande opportunité pour couvrir ces espaces et permettre une exploration à différentes échelles spatio-temporelles. Mais leur coût d'exploitation n'était accessible que pour une catégorie de spécialistes.

L'avènement d'Internet et la fulgurante technologie des micro-ordinateurs permet, depuis plus d'une décennie, un accès assez large à toutes ces applications numériques basées sur l'Imagerie Satellitaire.

Récemment, les applications sur les produits des agences spatiales NASA et ESA, particulièrement pour notre région, nous permettent d'espérer la multiplicité de développement et d'exploitation de tous ces produits, afin de garantir une VEILLE SATELLITAIRE du SUD TUNISIEN.

La complémentarité des résolutions représente un atout d'investigation détaillé de grande précision. L'imagerie de SENTINEL-2 présentée précédemment souligne bien le rôle prometteur de ces recherches environnementales ciblées dans des contrées peu accessibles et peu mises en valeur.

BIBLIOGRAPHIE

Despois J., 1955, La Tunisie Orientale. Sahel et basses steppes. PUF, Paris, 554 p

Emberger L., 1971, Travaux de Botanique et d'Ecologie. Masson et Cie. Paris, 520 p.

UNESCO (1972). — Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional. Nappe du Continental Intercalaire, Projet ERESS.

Floret Ch. et Pontanier R., 1982, L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documents de l'Orstom, n. 150, 544 p.

BEN DAKHLIA F., 1993 : L'environnement agroclimatique tunisien des systèmes agricoles concernant la culture pluviale de l'orge ; in « The Agrometeorology of Rainfed Barley Farming Systems. ICARDA . Syrie.

BEN DAKHLIA F., 1995, Caractéristiques générales du climat de la Tunisie, p. 63-90, in NABLI et al., Essai de Synthèse sur la végétation et la phytoécologie tunisiennes, II et III, le milieu physique et la végétation, écologie végétale appliquée, Tunis, 542 p.

FERCHICHI. A., 1996 : Etude climatique en Tunisie présaharienne. Medit, vol 7, n.3, (September 1996), pp. 46-53. Language: FR.

OSS (2003). — Système Aquifère du Sahara Septentrional, gestion commune d'un bassin transfrontière, Edition Observatoire du Sahara et du Sahel. (SASS).

OSS (2008). Evolution des prélèvements et répartition des forages dans le SASS.

UNEP, 2009 : UNEP(DEPI)/MED WG. 339/Inf.2 FRANÇAIS. PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE, 13ème réunion de la Commission méditerranéenne du développement durable Le Caire (Égypte), 28-30 septembre 2009.

CNCT, 2014 : Office de Développement de Rjim Maatoug- projet . Leaders, 2017 : Réjim Maatoug, trente ans après. (video) 28-04-2017. (internet).

BEN DAKHLIA F., 2017 : Le Calendrier AJMI tunisien : un complément agrométéorologique de précision à l'observation météorologique et radiométrique. 61 pp. Agromet & Sig, Ariana- Tunisie, 2017.

BANQUE MONDIALE : La Tunisie face aux Changements Climatiques. Rapport MED, 2018.

BEN DAKHLIA F., 2018 : Procédures d'exploitation de l'évapotranspiration spatialisée sous MATLAB en Tunisie. 53 pp. Agromet & Sig, Ariana, Tunisie.

LABIDI, O., 2019 : Bilan Hydrique des Oasis des gouvernorats de KEBILI, TOZEUR, GAFSA et GABES. Rapport définitif. Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement. Projet écotourisme présahara. Tunisie.

CRTT : Commissariat Régional au Tourisme de Tozeur Avenue Aboukacem Chebbi 2200Tozeur.

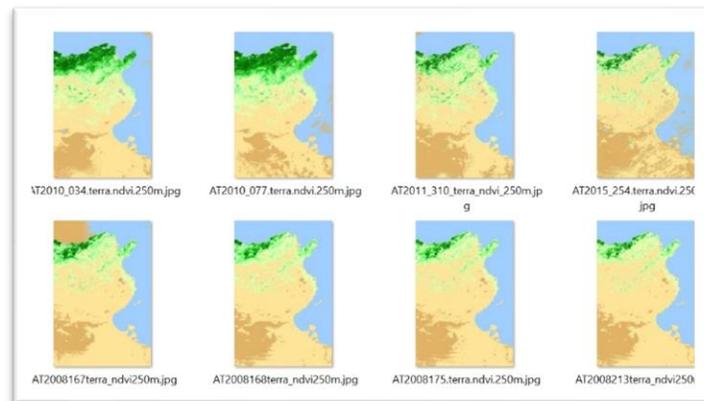
BEN DAKHLIA F., 2018 : Procédures d'exploitation de l'évapotranspiration spatialisée sous MATLAB en Tunisie. Agromet & Sig, Ariana, Tunisie.

ESA,2019: Mediterranean Cycle of Water. Video.

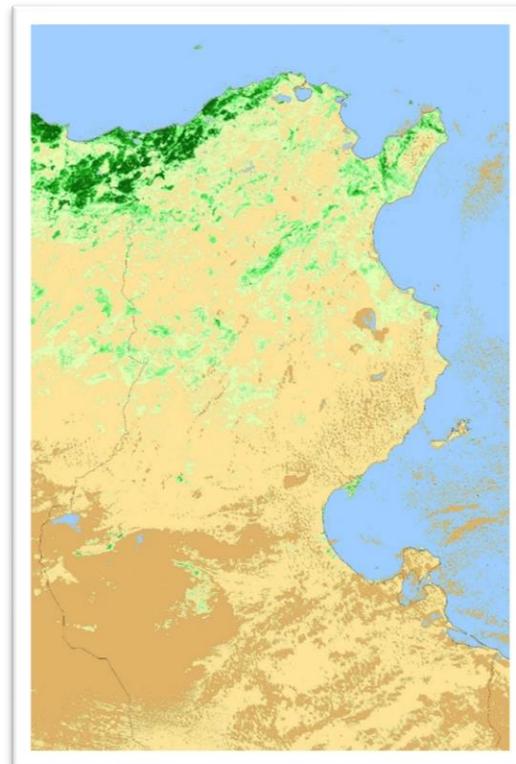
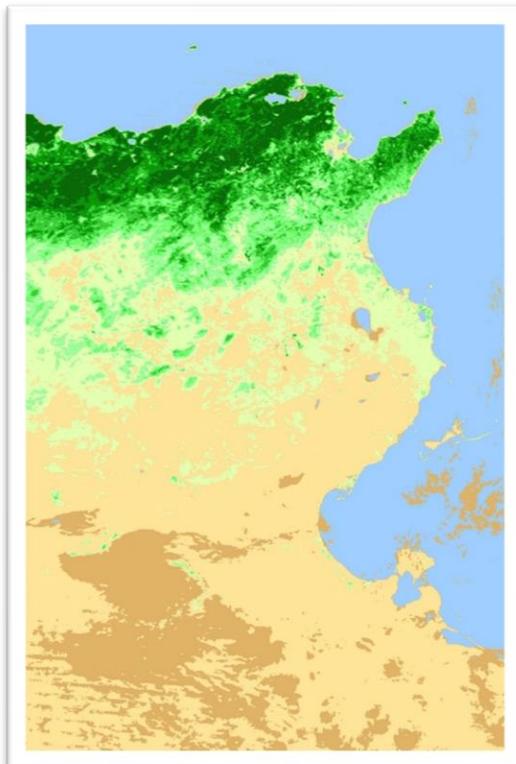
**BEN DAKHLIA F.,2020 : Tunisie Evapotranspiration METEOSAT, 23 pp
Agromet & Sig Ariana tunisie 2020.**

**BEN DAKHLIA F., 2020b : Evapotranspiration METEOSAT du Nord Sahara
Tunisien dans la dynamique des cycles climatiques, 51pp., Agromet & Sig,
ARIANA Tunisie, 2020.**

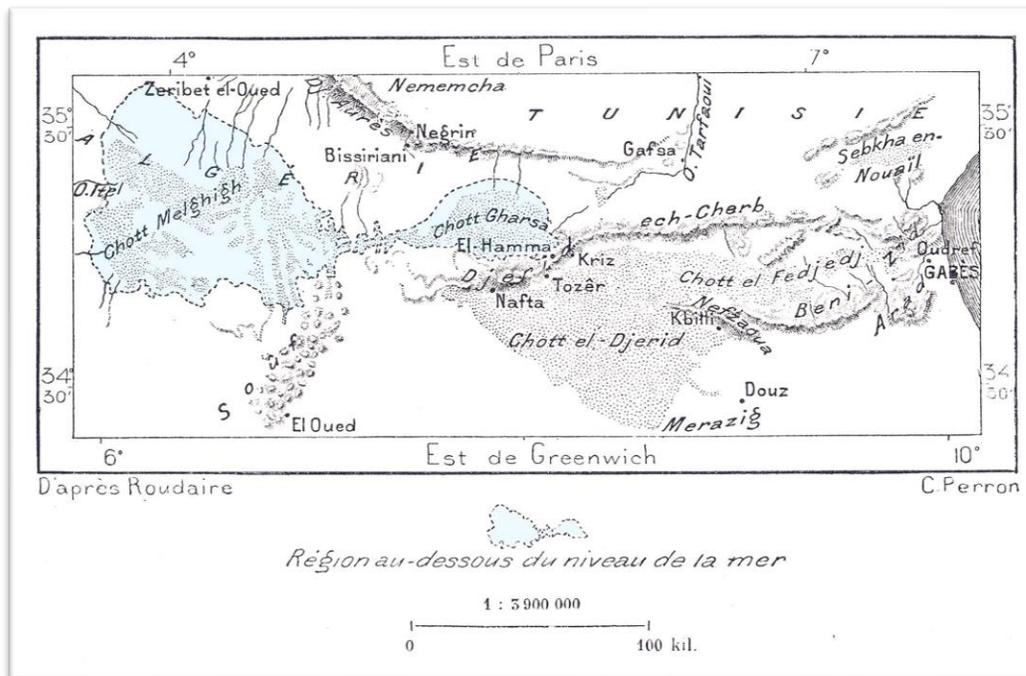
A N N E X E S.



Source : extraits NDVI MODIS TERRA/AQUA.

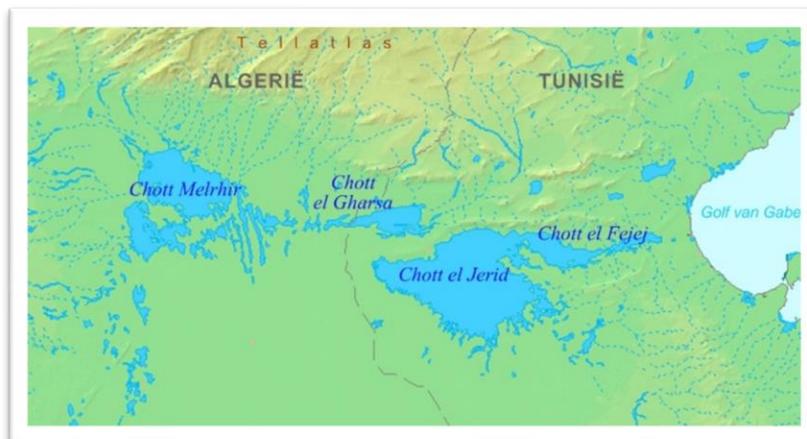


NDVI /TERRA/ MODIS/NASA.

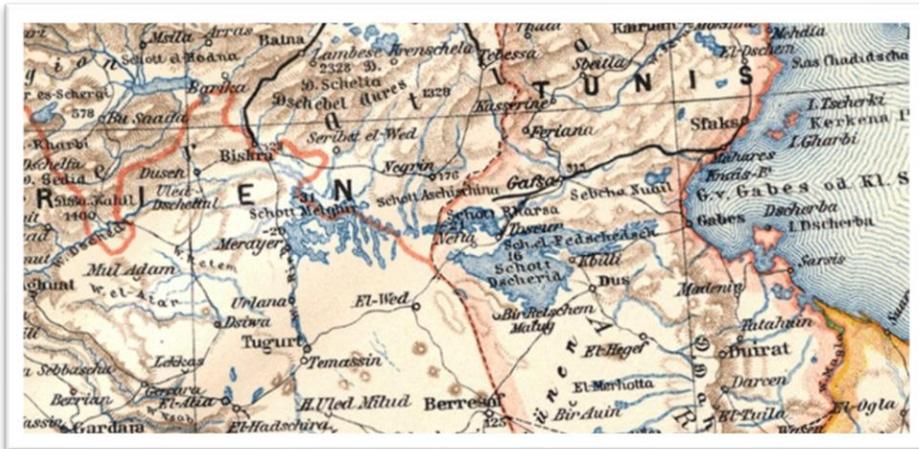


Source : Internet 2020 - Carte ROUDAIRE,1905.

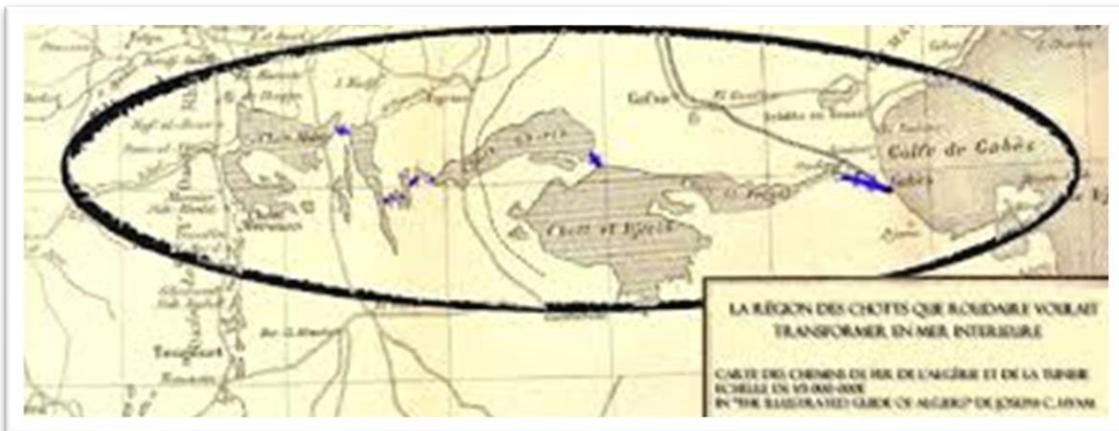
LE BASSIN DES CHOTTS.



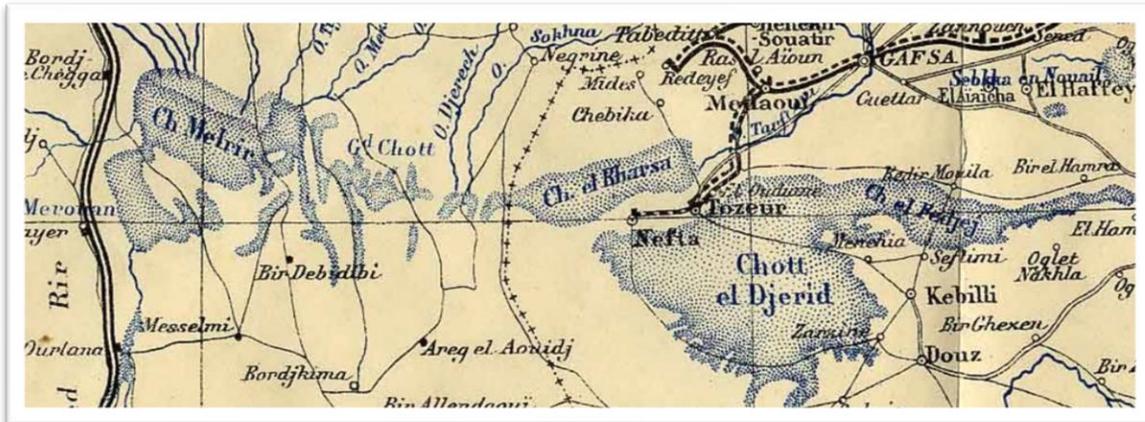
Source: LAURENS CC BY-SA 3.0 -2006. [HTTPS://commons.wiki](https://commons.wiki).



Source : Internet 2020.



Source : projet mer intérieure.



Extrait de la carte ferroviaire sud de la Tunisie.

PROJET RJIM MAATOUG :

1 - APERCU HISTORIQUE :

Le développement des zones déshéritées du sud du pays a été depuis l'aube de l'indépendance un des soucis majeurs du gouvernement tunisien.

C'est pourquoi la découverte, en 1972, dans la région de Rjim Maâtoug d'une importante nappe d'eau permettant la culture des palmiers dattiers a été un facteur déterminant pour entreprendre

une expérience de développement dans cette région située au Sud de chott Eljerid. Outre cet objectif socio économique cette découverte va permettre de lutter contre la menace perpétuelle de désertification causée par le grand Erg oriental qui ravage tout sur son passage.

Ainsi a été créé l'Office de Développement de Rjim Maâtoug par décret n° 145-88 du 21-12-1988 portant loi de finance de 1989. C'est un établissement public à caractère non administratif sous tutelle du Ministère de la Défense Nationale.

2 - LA ZONE DU PROJET :

2.1- Localisation:

Gouvernorat : Kébili

Région : Nefzaoua

Délégation : El faouar

De part et d'autre de la route Rjim-Matrouha

3 -PRESENTATION DU PROJET :

Mise en valeur de 2500 ha de terre désertique par le biais de sa plantation en palmiers dattier en vue de les attribuer aux agriculteurs à raison de 1,5 ha par bénéficiaire avec un logement rural.

3.1 - Objectifs du projet :

Lutte contre la désertification par la création d'un cordon vert entre le grand erg oriental et Chott Djérid

Fixation des populations nomades en améliorant leurs conditions de vie

Création de nouveaux emplois

Décongestion des anciennes oasis

Augmentation de la productions des dattes «Deglat Nour» de 20000 Tonnes.

3.2 - Phases de réalisation

Phase expérimentale de 300 ha : Rjim Maâtoug et Matrouha (1984-1987)

Première tranche de 1152 ha : (1990-2001)

Deuxième tranche de 1008 ha : (2002-2009)

4 - PREMIERE TRANCHE DU PROJET :

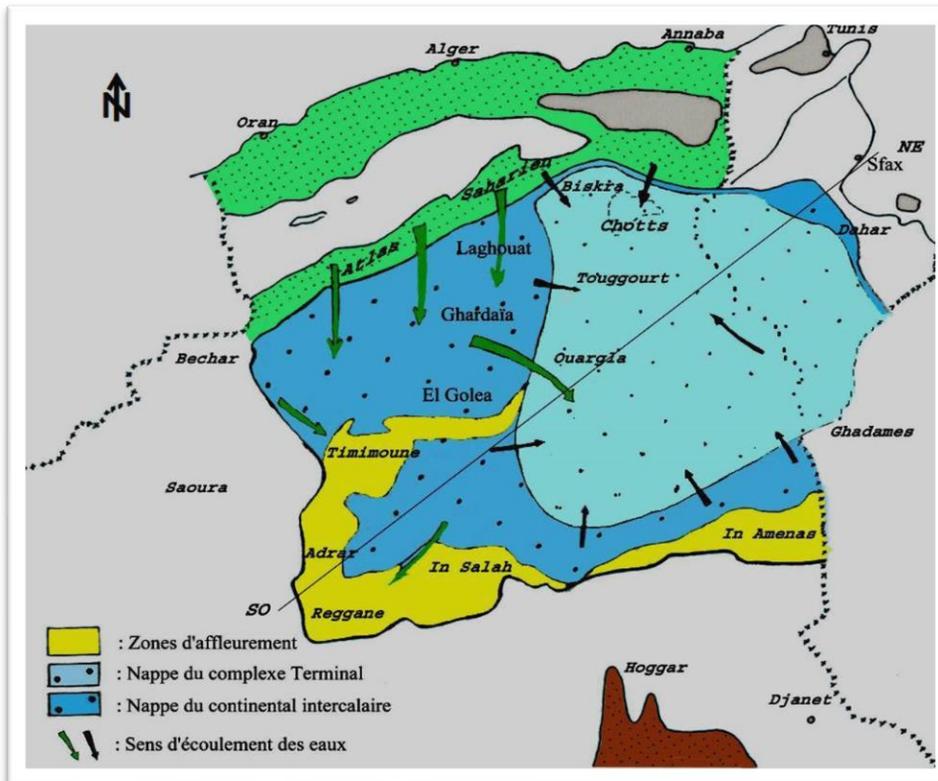
4.1 - Objet:

Le Système des Aquifères : (SASS).

Objectifs

Le « Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) » partagé par l'Algérie, la Libye et la Tunisie, est un bassin à ressources en eau peu renouvelables qui couvre une superficie de près d'un million de km². Dans l'objectif d'asseoir un développement durable dans la région, l'OSS a mené, dans un passé récent 2000-2010, des études à travers deux projets (SASS I et SASS II). Ces études ont permis une meilleure connaissance hydraulique du système, la mise en place d'un système d'information commun et l'instauration d'un mécanisme de concertation permanent entre les trois pays.

En outre, ces études ont mis en exergue le fait que le développement sous sa forme actuelle notamment agricole basé sur l'offre, est source de risques liés aux coûts de mobilisation de l'eau et à sa salinisation ainsi qu'à la dégradation de la qualité des sols. Elles ont aussi apporté un éclairage sur le manque d'efficacité de l'irrigation et la faible valorisation de l'eau. Cette situation risque de s'aggraver dans le futur compte tenu de la croissance des besoins et des impacts liés aux changements climatiques. C'est à ce titre qu'a été initié le projet SASS III qui a pour finalité de produire des recommandations opérationnelles pour une agriculture durable avec une préservation des ressources en eau et en sol.



Source internet 2020.

CADRE GEOLOGIQUE TUNISIE PRESAHARIENNE.

CADRE GEOLOGIQUE

Les structures géologiques sont étudiées en détail dans les plaquettes 2, 3 et 4. Très schématiquement, les formations géologiques post primaires au Sahara sont constituées par une série de dépôts alternativement marins et continentaux dans un vaste bassin au fond modelé sur les dorsales primaires qui, parfois, ont interrompu la sédimentation (dorsale d'Amguid).

Deux grands ensembles sont séparés par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses de la base du Crétacé supérieur. L'ensemble inférieur (anté-Cénomaniens) contient de puissantes séries continentales argilo-gréseuses dont la définition stratigraphique est très variable suivant la région mais qui conservent néanmoins, sur tout le territoire étudié, une assez grande continuité. L'ensemble supérieur (post-Sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une épaisse série continentale du Miocène. Cette distinction a servi de base à la définition des réservoirs aquifères :

le Continental Intercalaire de l'ensemble inférieur, le Complexe Terminal de l'ensemble supérieur.

tout le domaine d'étude. Dans la zone côtière tunisienne, elle perd cependant de son intérêt, du fait de sa grande profondeur.

Le trait marquant de ce réservoir aquifère est son volume considérable dû à la fois à son extension sur plus de 600.000 km² et son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. Cependant, bien que l'intérêt majeur de ce système aquifère soit constitué par les grandes quantités d'eau qui y ont été stockées pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées, il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoires représentés schématiquement sur la carte au 1/4.000.000 de la figure 2. Sur la figure 3 est reportée une coupe schématique sud-ouest - nord-est à travers le Sahara qui montre la position variable du réservoir utile dans l'échelle stratigraphique et son isolement par rapport aux aquifères sus-jacents du Complexe Terminal.

Les accidents importants qui jalonnent la dorsale d'Amguid El Biod ont affecté le réservoir du Continental Intercalaire dans la partie sud du domaine (voir coupe

Légende de la carte géologique

Légende		PALEOZOÏQUE	
QUATERNAIRE CENOZOÏQUE			Carbonifère indifférencié.
	QUATERNAIRE.		Carbonifère supérieur et Permien.
	Sebkhâ, lacs.		Carbonifère inférieur.
	Dunes.		Dévonien indifférencié.
	Néogène + Oligocène.		Dévonien supérieur et moyen.
	Eocène.		Dévonien inférieur.
MESOZOÏQUE			Silurien.
	Crétacé indifférencié.		Ordovicien.
	Crétacé supérieur et moyen.		Cambrien.
	Crétacé inférieur.		Primaire indifférencié.
	Jurassique indifférencié.		Champ de dykes.
	Jurassique supérieur et moyen.		Contour, limite d'affleurement.
	Jurassique inférieur.		Faille, décrochement.
	Trias ou Permo-Trias.		Front de chevauchement.

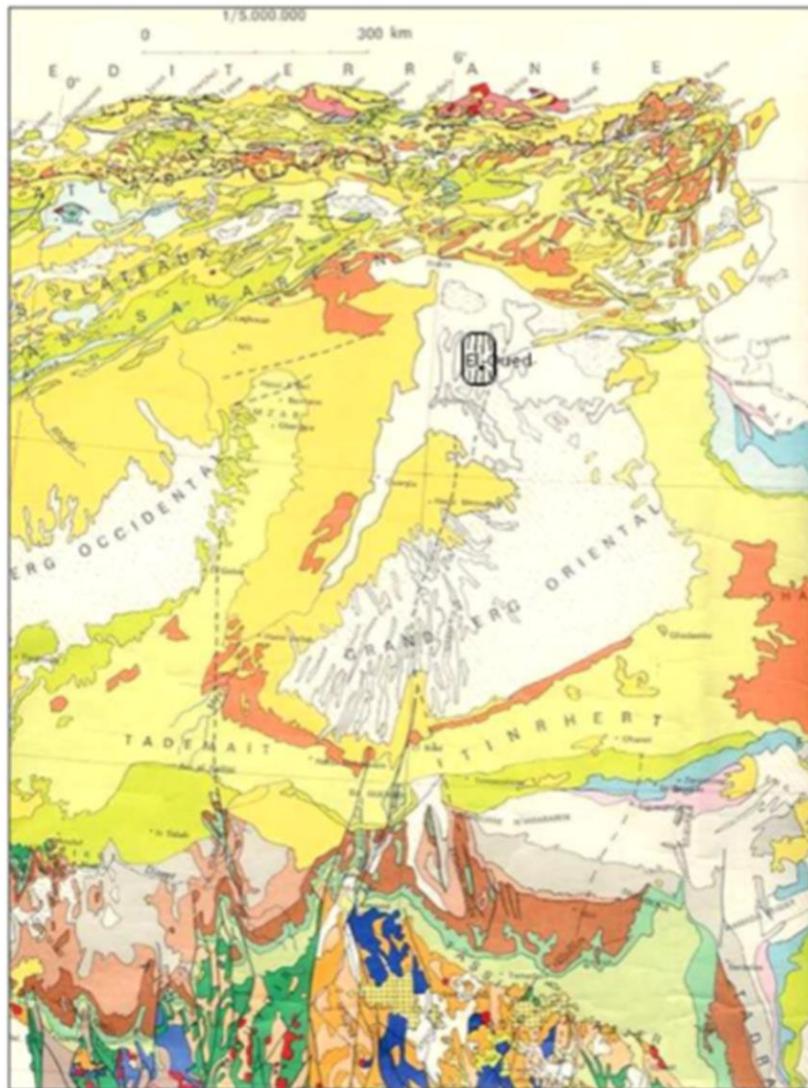


Fig.7- Carte géologique régionale du Sahara(extraite de la carte géologique du Noord de l'Afrique :1/5.000.000)