AGROMET-SIG الأرصاد الجوية الفلاحية وأنظمة المعلومات الجغرافية

Stress hydrique et économie d'eau en agrométéorologie spatiale : la nouvelle approche basée sur la combinaison des facteurs pluie, évapotranspiration et indice de végétation.

Copyright NOAA Laboratoire des Sciences Physiques 2020.

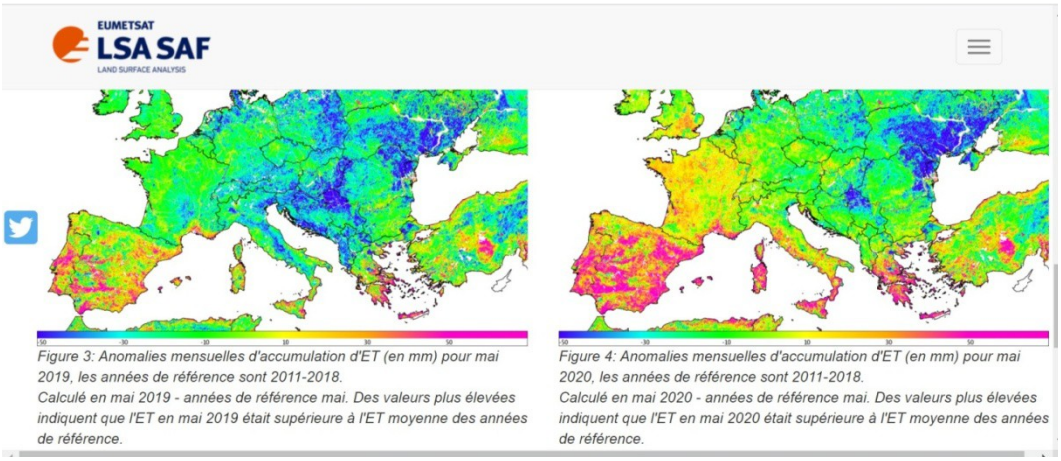
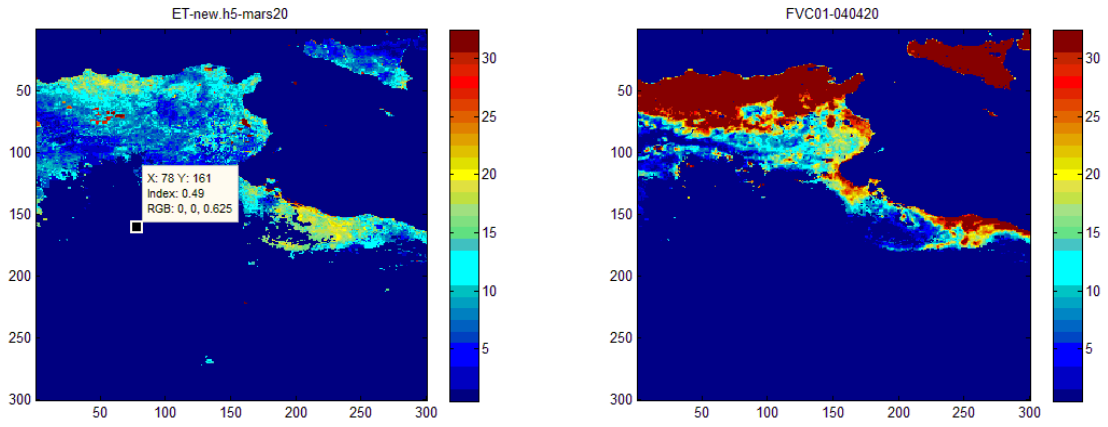


Figure 3: Anomalies mensuelles d'accumulation d'ET (en mm) pour mai 2019, les années de référence sont 2011-2018.
Calculé en mai 2019 - années de référence mai. Des valeurs plus élevées indiquent que l'ET en mai 2019 était supérieure à l'ET moyenne des années de référence.

Figure 4: Anomalies mensuelles d'accumulation d'ET (en mm) pour mai 2020, les années de référence sont 2011-2018.
Calculé en mai 2020 - années de référence mai. Des valeurs plus élevées indiquent que l'ET en mai 2020 était supérieure à l'ET moyenne des années de référence.

Copyright LSASAF (EUMETSAT, 2020).



Source : EUMETSAT / LSASAF 2020.ET/ FVC (BEN DAKHLIA, 2020).

Fayçal BEN DAKHLIA **AGROMET & SIG 2021.**

P L A N

Introduction.

PARTIE I.

1.Nouvelle approche méthodologique en agrométéorologie spatiale.

1.1.- 40 ans d'évolution de l'agrométéorologie spatiale : 1980 – 2020.

1.2.- Evolution des bilans hydriques 1980-2020.

1.3.- Nouvelle approche méthodologique en agrométéorologie spatiale: combinaison des facteurs pluie-évapotranspiration-végétation, orientée stress hydrique et sècheresse.

1.4.- Apport de l'information radiométrique en agrométéorologie spatiale pixélisée.

1.4.1.- Facteur précipitations.

1.4.2.- Facteur évapotranspiration.

1.4.3.- Facteur végétation.

PARTIE II.

2.- RESULTATS : PRODUITSprétraitées par le logiciel MATLAB :

2.1.- Applications domaine Tunisie sous MATLABde prétraitement et de dissémination.

2.1.1.-Produits images ET MODIS./ ET LSASAF, distribués sur site web www. agromet-sig.com.tn.

2.1.2.- Produits application MATLAB / PC :installation Procédures ET MODIS./ Procédures ET LSASAF.

2.2.- Accès aux données agrométéorologiques des réseaux de stations d'observation terrestres, distribuées par les serveurs nationaux, régionaux et internationaux.

Conclusions.

Bibliographie.

Annexes.

INTRODUCTION

La richesse de l'information satellitaire, l'intérêt grandissant de l'utilisation de l'INTERNET avec les smartphones, les tablettes, les micro-ordinateurs et tout produit connectable a propulsé la COMMUNICATION à un niveau d'exploitation sans précédent.

La fonction de traitement de l'information, générée par les ordinateurs-calculateurs de première génération s'est obligée à cohabiter en intégrant toute cette explosion technologique et y maintenir une certaine main-mise et une grande rationalité.

Le foisonnement actuel des APPLICATIONS et leurs mises-à-jour continue exige une réactivité élevée et une maitrise organisationnelle soutenue.

L'agrométéorologie bénéficie largement de toute cette expansion de l'information spécialisée, déclinée en plusieurs langues et permettant aux agriculteurs de disposer d'une ASSISTANCE PERSONNALISEE performante et CONNECTEE.

Ces réseaux apportent un soutien bénéfique et encourageant à tout internaute oeuvrant dans le domaine agricole.

PARTIE I.

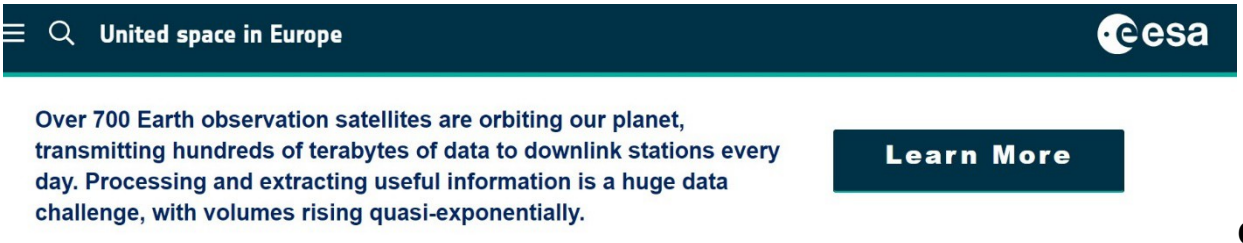
1.1.- 40 ans d'évolution de l'agrométéorologie spatiale : 1980 – 2020.

40 ans [1980 – 2020] …et… plus de 700 satellites d'observation de la terre…, ont permis d'observer et d'analyser différents cycles temporels climatiques des diverses régions géographiques du monde…

Les projets scientifiques et techniques n'ont cessé de scruter une panoplie de méthodes associant l'information spatiale pour concrétiser l'assistance à toutes les populations et accroitre la satisfaction de leurs besoins grandissants.

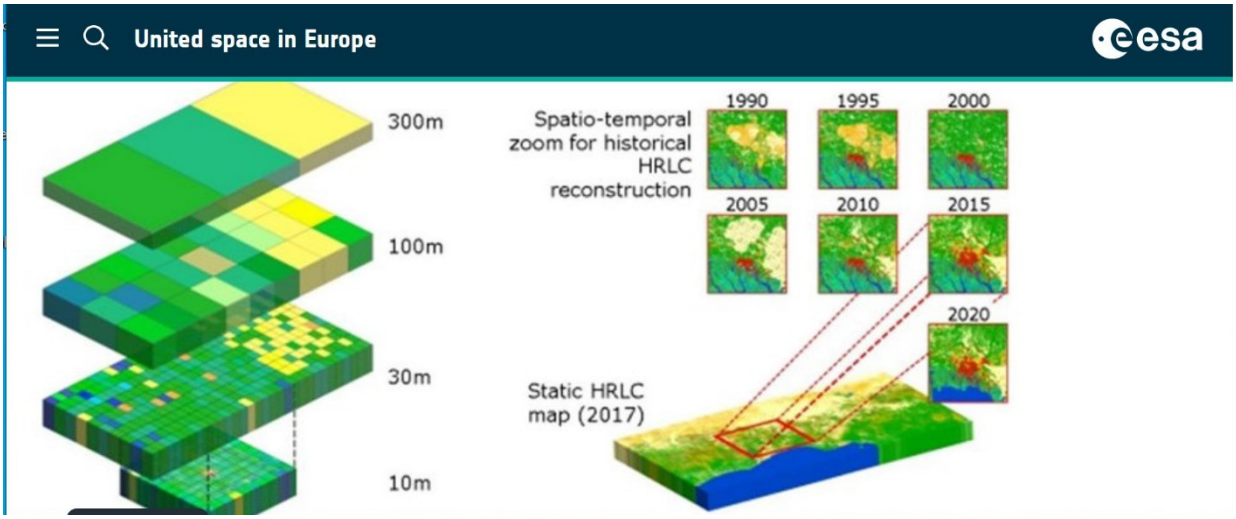
En agrométéorologie, particulièrement, nous avons assisté aux différentes étapes de surveillance de l'état de la végétation, pour atteindre le niveau actuel d'une maitrise de grande ampleur de toutes les composantes classiques du système environnemental de notre géosphère…

40 ans de données climatiques collectées spatialement…



Co

pyright LSASAF / EUMETSAT (2020).



Evolution des scènes satellitaires 1990-2017 ESA.

Source : LSASAF / ESA 2020.

1.2.- EVOLUTION DES BILANS HYDRIQUES 1980-2020.

La météorologie agricole, avec toutes ses branches connexes de bioclimatologie, d'écologie, de génie rural, d'hydrologie, et plus récemment, de spécialistes en sciences de l'environnement et en climatologie moderne, a suscité dès le début du 20ième siècle un développement spectaculaire dans plusieurs pays.

La gestion optimisée de l'eau représentait la composante commune et l'irrigation, le mode cultural le plus recherché.

Bilans d'énergie et bilans d'eau continuent à susciter beaucoup d'intérêt, surtout dans les pays souffrant d'aridité climatique.

La F.A.O, l'O.M.M , les Centres de Recherche Agronomique, les Universités ont, ainsi collaboré pour proposer des solutions de toute nature. Des méthodologies ont pu émerger et bénéficier de concensus internationaux, tels que la méthode de PENMAN-MONTEITH- FAO-95, basée sur la norme FAO-56.

Différents auteurs ont participé, dans chaque pays pour contribuer à réaliser des applications permettant d'estimer l'évapotranspiration sur base de cette méthode reconnue, à l'échelle internationale. En Tunisie, une rétrospective hexaustive, assez incomplète, permet de mesurer l'intétêt du thème « évapotranspiration » et de la large contribution réalisée.(RIOU C., 1980; NAAMANI,M.S., 1980; LATIRI,L.,1982; HENIA L., 1993 – 2020; BEN BOUBAKER H., 2006 -2016;FEKI M., 2006; GAMMAR. A.M., et HLAOUI Z., 2012 ; MOUGOU R., 1978 ; MOUGOU R., et HENIA L., 1996 ; BEN DAKHLIA F., 1993 – 2020 ;BACCOUR,H., et al., 2012 ; HLAOUI, Z., 2006;GAMMAR. A.M., et HLAOUI Z., 2012; MJEJRA, M., 2015 ; AMRI R., 2013 ;JABLOUN, M. et SAHLI, A., 2008;HBAEIB H., et CHIRAZ M., 2003; LABIDI, O., 2019 ;…et plusieurs autres ingénieurs et universitaires méritants).

Parallèlement, le facteur « pluie » a réussi à capter l'intérêt du plus grand nombre de collègues chercheurs, climatologues, météorologues, géographes, agronomes, hydrologues, écologistes (SAADAOUI M. et BEN SAKKA M., 2007 ;EL MELKI T., 1997;HENIA L., 2008;ABDERRAHMAN A., 2009 ; BEN BOUBAKER,H., 2016;BACCOUR H., SLIMANI M., et CUDENNEC C., 2012b ;…)

Du bilan hydrique agrométéorologique O.M.M. – F.A.O., orienté stress végétal et irrigation, à considérer à l'échelle des parcelles, au bilan hydrologique des bassins versants, le problème de l'échelle spatiale et de la densité des réseaux d'observation et de mesures a freiné, depuis des décennies toute les modélisations à mailles fines.

L'apport satellitaire s'est révélé très prometteur, depuis les années quatre vingt. L'avènement de la micro-informatique, de l'ordinateur individuel, et surtout d'Internet déclencheront, avec le développement de la télédétection, ce formidable saut technologique de la station d'observation à la gestion d'applications, totalement satellitales.

L'approche systémique de Bruno AMBOISE (2008), précise, de façon bien formalisée tous les aspects des bilans hydrologiques des bassins versants.

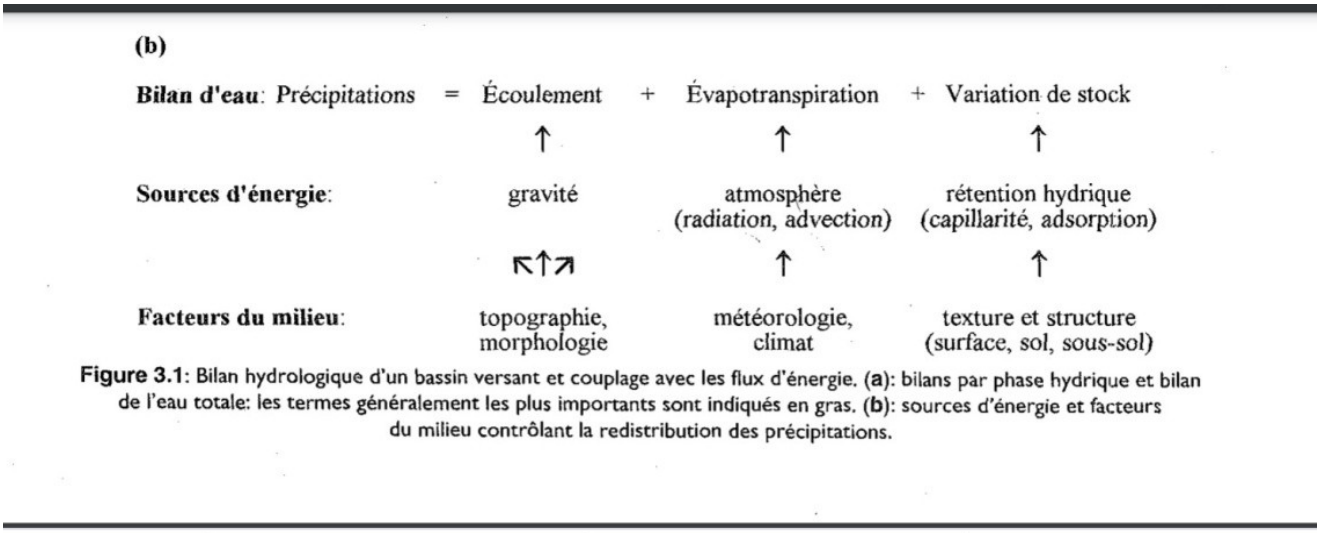


Figure 3.1: Bilan hydrologique d'un bassin versant et couplage avec les flux d'énergie. **(a)**: bilans par phase hydrique et bilan de l'eau totale: les termes généralement les plus importants sont indiqués en gras. **(b)**: sources d'énergie et facteurs du milieu contrôlant la redistribution des précipitations.

AMBROISE B., 1998. ***La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin-versant.***

Quant au bilan agrométéorologique, orienté besoins en eau des cultures, un exemple de variabilité inter-annuelle des stocks d'eau disponibles pour les plantes est présnté dans le graphique suivant :

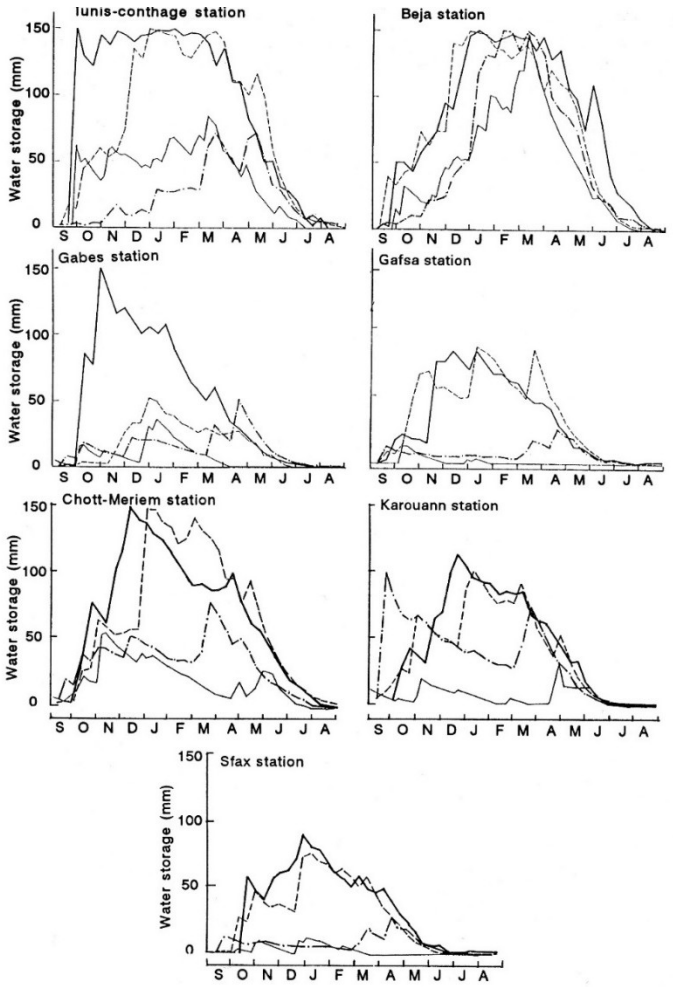


Fig. 3 Stock d'eau dans un bon sol (Stock max = 150 mm) pour sept stations en Tunisie: – – – 84-85, -·-·- 85-86, —— 86-87, —— 87-88

91

Variabilité du bilan agrométéorologique (BEN DAKHLIA, 1989).

La corrélation étages bioclimatiques, régions agroclimatiques et évapotranspiration potentielle, en Tunisie, a été, largement mise en évidence par plusieurs auteurs et diverses approches méthodologiques. (BEN BOUBAKER, 2016).

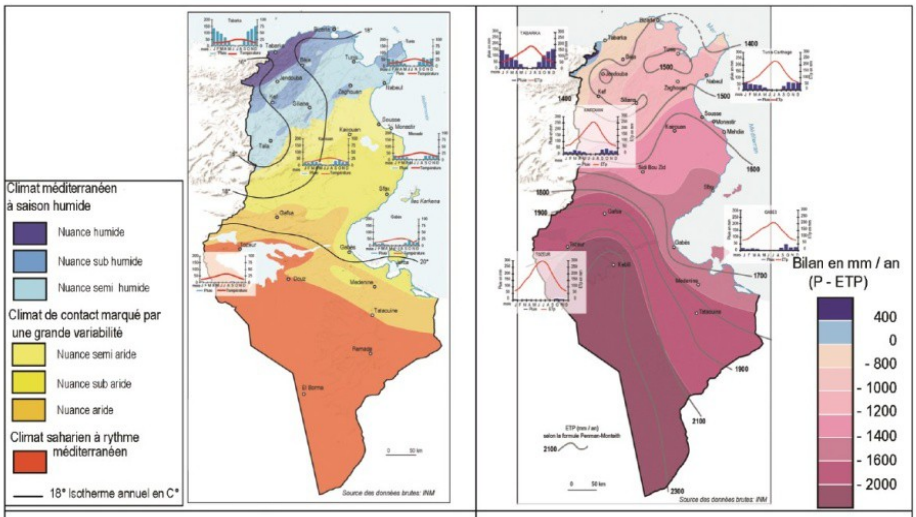


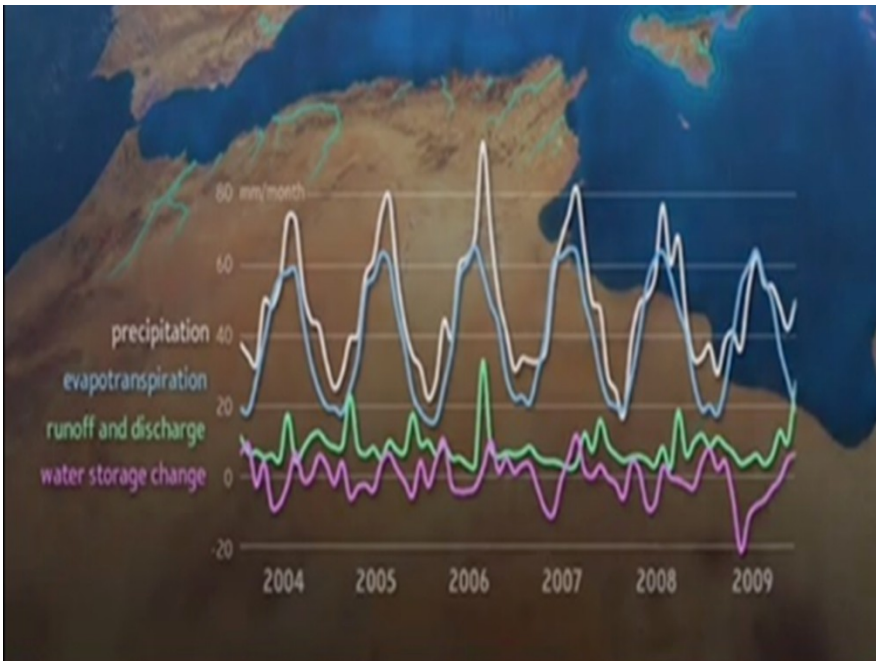
Figure 1 : Les régions climatiques de la Tunisie

Figure 2 : Evapotranspiration potentielle et bilan hydrique climatique en Tunisie

Auteur : L. Henia Source : Atlas de l'eau en Tunisie, (Edition L. Henia, FSHS Tunis, 2008)

(Extrait BEN BOUBAKER,H., 2016) centre de recherches méditerranéennes-Fondation KONRAD.

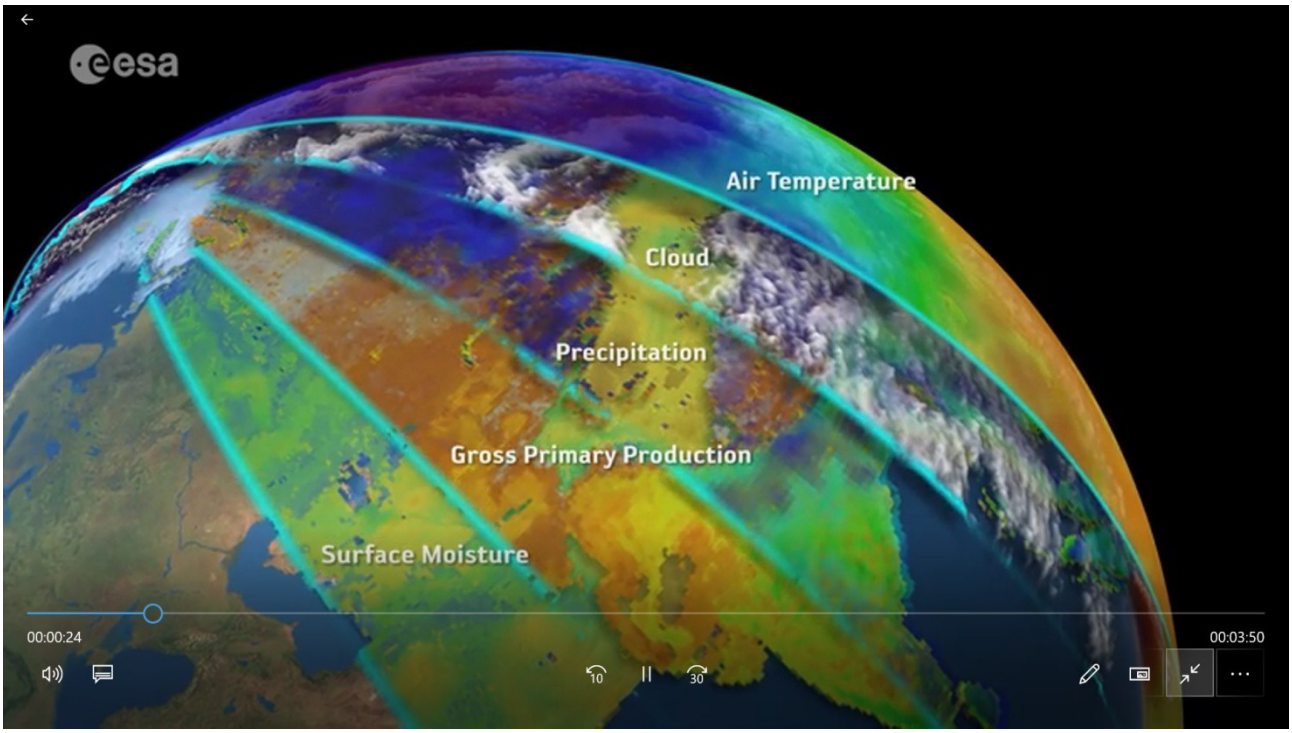
Le bilan hydrique, issu de données satellitaire, assez récent conforte les efforts réalisés depuis plusieurs décennies, concernant l'intégration des données satellitaires aux donnés des réseaux conventionnels au sol. (ci-après, un extrait du bilan hydrique du bassin méditerranéen réalisé par l'ESA en 2019).



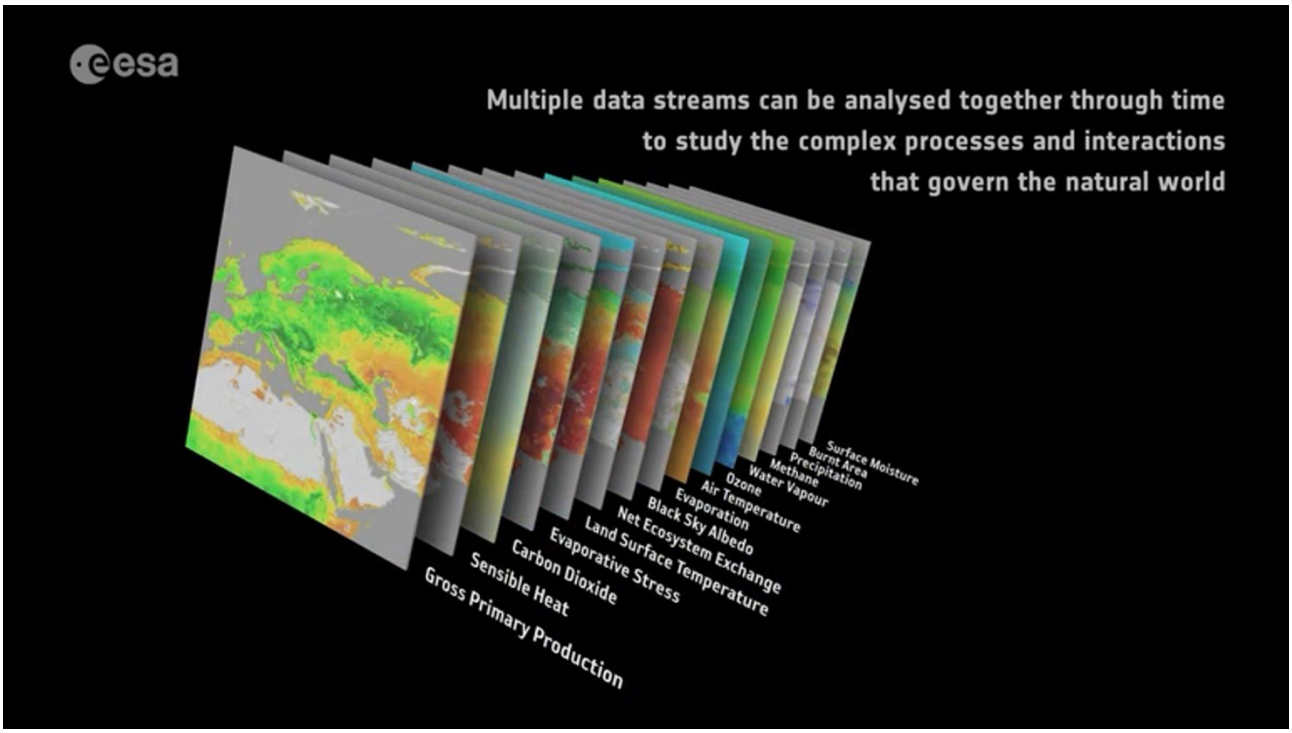
Extrait : mediterraneen water budget. (video ESA 2019).

1.3.- Nouvelle approche méthodologique en agrométéorologie spatiale: combinaison des facteurs pluie-évapotranspiration-végétation, orientée stress hydrique et sècheresse.

1.3.1.- Approche systémique multicomposantes du système data-lab Terre.



Earth-system-data-lab-ESA (2019).Copyright ESA 2019.



Source : LSASAF / ESA 2020.

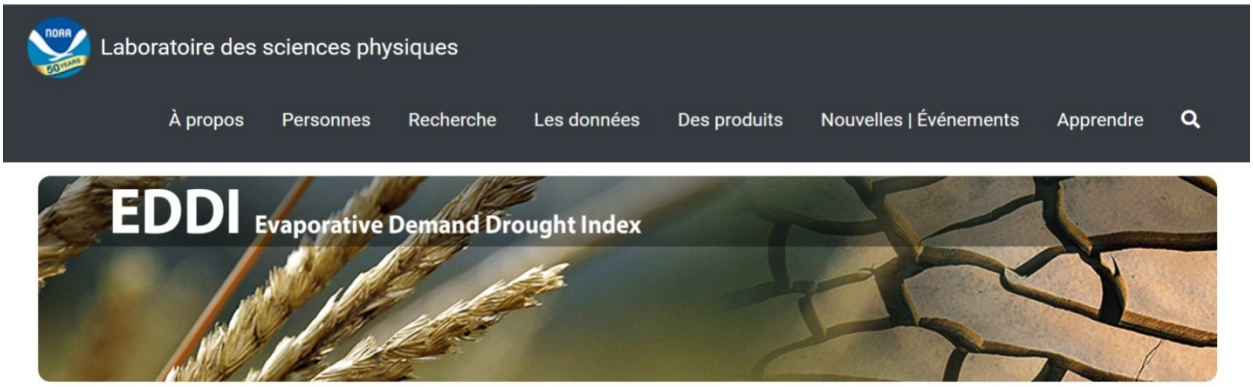
1.3.2.- RAPPELS : notion de sècheresse.

« La sècheresse est une caractéristique climatique récurrente qui résulte d'un déficit en eau (précipitations, eaux de surface ou souterraines) sur une période prolongée.La sècheresse météorologiqueprécède généralement d'autres types de sécheresse et survient lorsqu'il y a une période prolongée avec des précipitations inférieures à la moyenne. La sècheresse agricole se développe lorsque la sécheresse météorologique entraîne un déficit d'humidité du sol qui limite la disponibilité de l'eau pour les cultures. La sècheresse hydrologique et ses effets mettent plus de temps à apparaître et sont la conséquence de niveaux d'eau nettement plus bas dans les rivières, les réservoirs et les aquifères en raison des pénuries de précipitations à long terme. » (Extrait LSASAF, 2020).

« …Une combinaison d'évapotranspiration par satellite et de signal de végétation est avantageuse pour la détection de la sècheresse… » (extrait LSASAF, 2020.)

« ...En combinant les précipitations, la végétation et l'évapotranspiration, une évaluation plus robuste et plus fiable des impacts de la sécheresse peut être réalisée ... Les indices basés sur l'évapotranspiration sont bons pour offrir une alerte précoce en cas de sécheresse agricole. »(extrait LSASAF,2020).

Initiée par le projet EDDI de la NOAA vers 2016, cette nouvelle approche « tri-dimensionnelle » , confirmée par l'ESA / LSASAF en 2019, appréhendrait les composantes du système SOL-PLANTE-AIR (S-P-A) par des produits issus de la télédétection à diverses échéances spatio-temporelles.



Copyright NOAA, 2020.L'indice de sècheresse de la demande évaporative EDDI.

Qu'est-ce que l'EDDI?

L'indice de sécheresse de la demande évaporative (EDDI) est un outil expérimental de surveillance de la sécheresse et de guidage d'alerte précoce. Il examine le degré d'anomalie de la demande d'évaporation atmosphérique (E_0 ; également appelée «soif de l'atmosphère») pour un endroit donné et sur une période d'intérêt. L'EDDI est multi-scalaire, ce qui signifie que cette période - ou «échelle de temps» - peut varier pour capturer la dynamique de séchage qui elle-même opère à des échelles de temps différentes; nous générons EDDI à des échelles de 1 semaine à 12 mois.

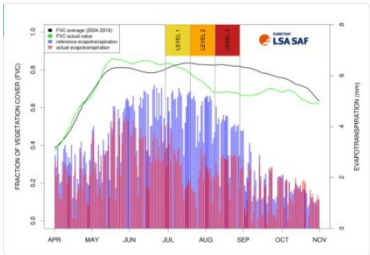
«… L'avantage des indices de végétation est qu'ils fournissent des conditions réelles de végétation au sol. Cependant, ils indiquent généralement des conditions de sécheresse plus tardives que les indices basés sur l'évapotranspiration et peuvent montrer des dommages à la végétation causés par d'autres phénomènes météorologiques que la sécheresse. » (extrait LSASAF 2020).

2.- Apport satellitaire LSASAF / ESA et moyens actuels disponibles.

« Surveillance de l'état de la végétation.

EUMETSAT LSA SAF
LAND SURFACE ANALYSIS

Agrométéorologie



Surveillance de l'état de la végétation

Exemple de détection de sécheresse en combinant les précipitations, les indices de végétation et l'évapotranspiration dérivée des satellites

La sécheresse est une caractéristique climatique récurrente qui résulte d'un déficit en eau (précipitations, eaux de surface ou souterraines) sur une période prolongée.
Sécheresse météorologiqueprécède généralement d'autres types de sécheresse et survient lorsqu'il y a une période prolongée avec des précipitations inférieures à la moyenne. UNE

Exemple de « détection de sécheresse en combinant les précipitations,

« ….Comme cela a été démontré dans l' évapotranspiration dérivée par satellite est avantageuse pour la détection de la sécheresse, une combinaison d'évapotranspiration par satellite et de signal de végétation est avantageuse pour la détection de sécheresse. L'avantage de combiner l'évapotranspiration et la végétation pour la surveillance de la sécheresse est double. Premièrement, le rapport entre l'évapotranspiration réelle et de référence (ET RATIO) donne un avertissement plus précoce pour le développement de la sécheresse, car le signal de sécheresse provenant de l'évapotranspiration précède généralement celui de la végétation. Deuxièmement, lorsque la végétation et l'évapotranspiration sont dirigées dans le sens des conditions de sécheresse, le signal de sécheresse est plus fiable car il provient des deux sources. La figure 1 illustre un cas où les signaux de l'évapotranspiration et de la végétation indiquaient une sécheresse. Une sécheresse modérée s'est produite pendant les mois d'été dans les zones agricoles du sud-est et de l'est de la Slovénie en 2017. Un seul pixel satellite est affiché pour un emplacement représentatif du sud-est de la Slovénie. Le type de terrain de l'emplacement concerné est principalement des terres agricoles avec quelques poches de forêt mixte. Fraction du couvert végétal (FVC, LSA-421), l'évapotranspiration réelle (DMET, LSA-312) et l'évapotranspiration de référence (METREF, LSA-303) sont affichées sur la figure. Toutes les données sont obtenues à partir du satellite MSG et sont traitées dans le LSA SAF d'EUMETSAT. » (extrait LSASAF, 2020).

Quant aux niveaux de sécheresse…

« Les indices individuels pourraient être combinés de manière à mettre en évidence différents niveaux de sécheresse. Un indice de sécheresse utile peut être construit en fusionnant les anomalies de précipitations (SPI), ET RATIO et les anomalies FVC des satellites MSG et Metop. Le SPI est un indicateur de sécheresse météorologique tandis que les anomalies ET RATIO et FVC sont plus associées à la sé-

cheresse agricole. La méthodologie appliquée est similaire à celle utilisée pour l'Observatoire européen de la sécheresse du CCR (voir https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000).

…L'évaluation de la gravité de la sécheresse est basée sur l'analyse d'indices individuels de sécheresse. Il y a trois niveaux de sécheresse, qui sont définis chaque fois que les indices dépassent les seuils définis individuellement et correspondent à différents stades et sévérité des sécheresses. Le niveau 1 est associé aux précipitations et aux déficits d'humidité du sol. Le niveau 2 correspond au développement de la sécheresse tandis que le niveau 3 correspond à une sécheresse pleinement développée…. »(extrait LSASAF, 2019).

1.4.- Apport de l'information radiométrique en agrométéorologie spatiale pixélisée.

1. 4.1.- Composante précipitations.

1.4.1.1.- Eléments de météorologie : Rappels.

La dynamique météorologique concernant la Tunisie est liée, principalement, aux interactions des principaux centres d'action, à savoir,

- **L'anticyclone des ACORES,**
- **L'anticyclone EGYPTO-LYBIEN,**
- **La Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT),**

ainsi que les effets combinés des cycles des OSCILLATIONS METEOROLOGIQUES australe (ENSO), Nord Atlantique (NAO),et des CYCLES SOLAIRES de onze (11) et de vingt-deux (22) ans.

La nécessaire complémentarité entre les observations et prévisions d'EUMETSAT, disséminées dans le cadre du « domaine météorologique Européen », dont nous partageons une partie de la limite SUD, intégrant l'analyse de tous les flux et perturbations du régime de Nord-Ouest (NW), intéressant les zones Atlantique et Méditerranée, évoluant autour de l'Anticyclone des Açores et de l'Oscillation Nord Atlantique associée (NAO), nous oblige à tenir compte pour nos régions, et, en particulier, les présahariennes, des PERTURBATIONS liées au Front Intertropical (FIT), et à l'action du JET d'EST AFRICAIN (JEA), composante importante de la Mousson AFRICAINE et associé à l'Anticyclone Egypto-Lybien.

Dans nos classifications « traditionnelles », nous considérons, pour les régions du sud, particulièrement les perturbations météorologiques d'origine « DEPRESSION SAHARIENNE ».

Nous associons dans ce type de temps plusieurs origines, sans distinguer les cas liés aux MOUSSONS AFRICAINES, ou à l'ANTICYCLONE EGYPTO-LYBIEN.

Dans les analyses des cartes météorologiques, la très faible densité de données d'observation ne permettait pas une visualisation suffisante pour cette grande région à géophysique minérale.

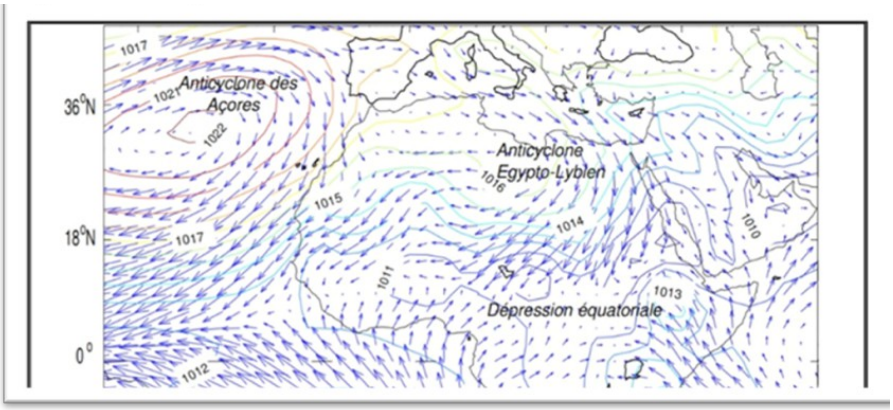


Figure II-4: Pressions (SLP), vents moyens annuels en surface (925hPa) en août, et principaux « centres d'action dynamiques » de surface et/ou d'altitude; moyennes calculées suivant les réanalyses du NCEP/DOE2 entre 1979 et 2002.

Source : DJOUFACK, 2011.

Il est à rappeler que « …De manière générale, la mise en place de la MOUSSON est une REPONSE DYNAMIQUE au déplacement de la Zone de CONVERGENCE INTER-TROPICALE (ZCIT), ainsi qu'aux GRADIENTS THERMIQUES associés ». (DJOUFACK, 2011).

« …Le JET d'EST AFRICAIN (JEA) est un flux d'origine thermique de moyenne atmosphère,(environ 600hpa), qui prend naissance sur le continent africain (SOUDAN OCCIDENTAL).

Le JEA est associé au gradient du Méridien de Température entre le SAHARA et les eaux froides du Golfe de GUINEE, d'une part, et les Basses Latitudes, d'autre part.

Ce flux d'Estexiste, de manière intermittente, entre Avril et Novembre, et atteint sa position la plus Nord, en Aout, vers 15°N, ou sa vitesse atteint 15m/s.

Il est l'une des plus IMPORTANTES COMPOSANTES de la Mousson Africaine. » (DJOUFACK, 2011).

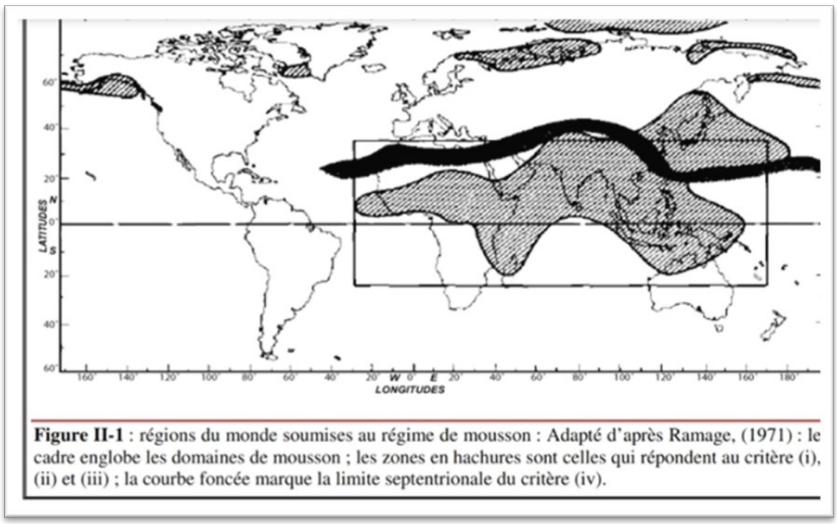
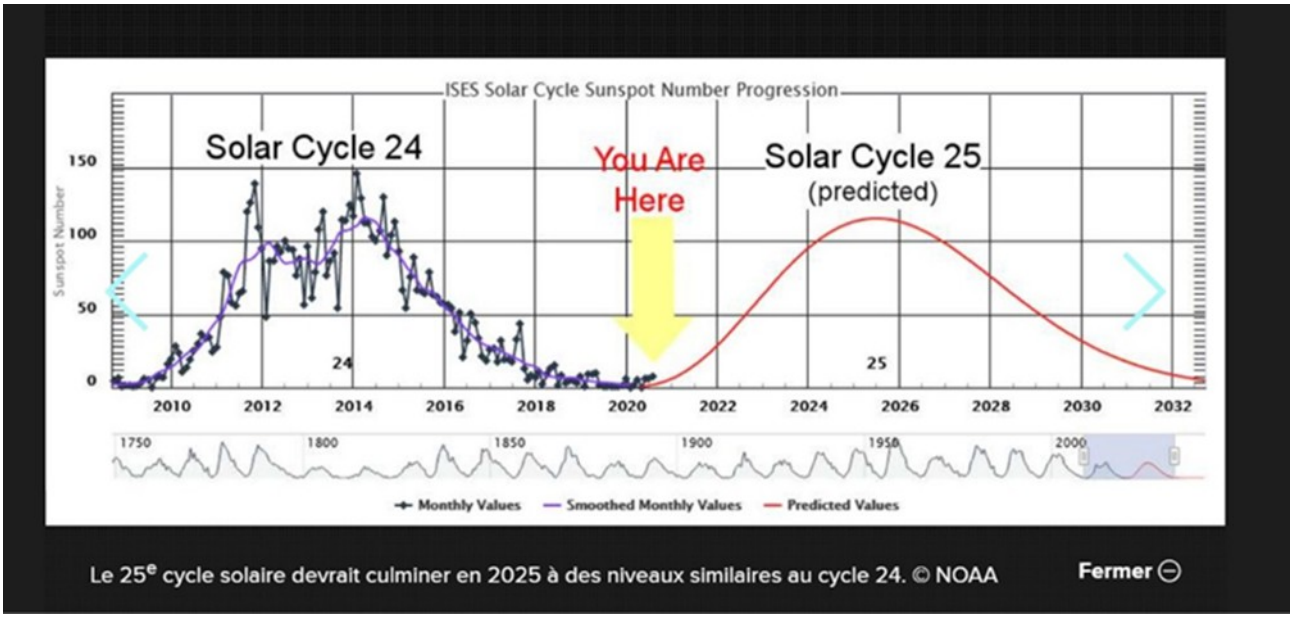


Figure II-1 : régions du monde soumises au régime de mousson : Adapté d'après Ramage, (1971) : le cadre englobe les domaines de mousson ; les zones en hachures sont celles qui répondent au critère (i), (ii) et (iii) ; la courbe foncée marque la limite septentrionale du critère (iv).

Source : DJOUFACK, 2011.

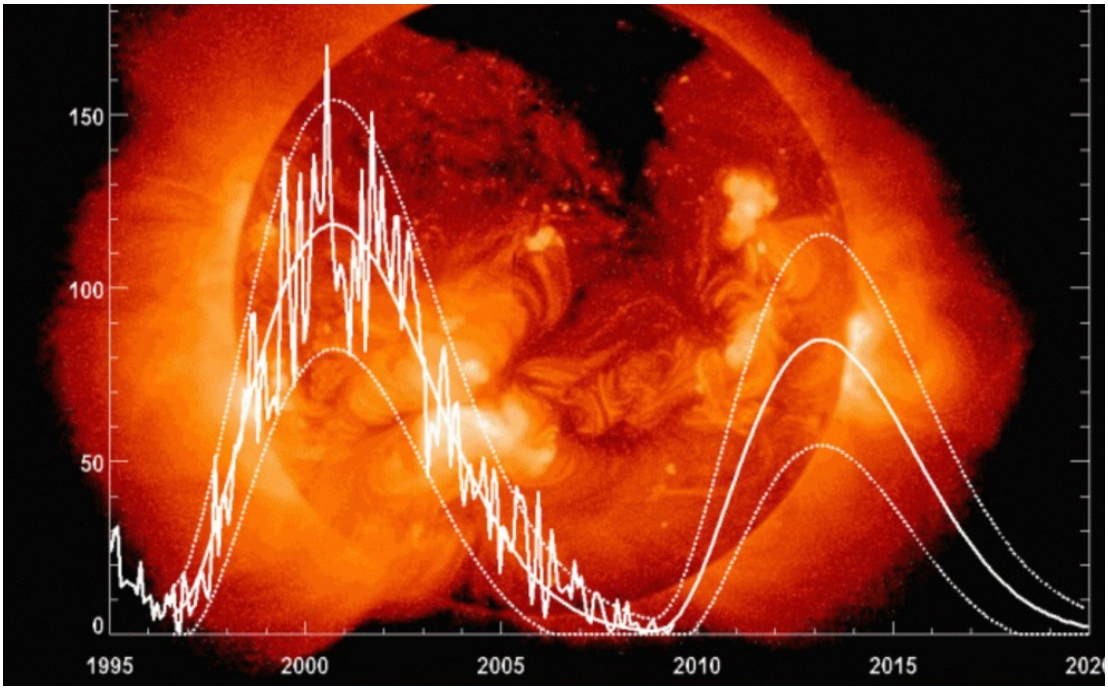
1.4.1.1.2- DYNAMIQUE et VARIABILITE : INFLUENCE des CYCLES ASTRONOMIQUES et CLIMATIQUES.

4.1.1.- Cycles Solaires :



Copyright NOAA 2020.

Les cycles de onze (11) ans et de vingt deux (22) ans, sont parmi les plus célèbres, en relation avec l'activité des taches solaires.



Copyright NOAA 2020.

1.4.1.1.3.- INTEGATION DES CYCLES CLIMATIQUES.

Les comportements climatiques subissent les effets d'oscillations ou modulations, dont les caractéristiques peuvent être détectées par des analyses spectrales sur des séries chronologiques de plusieurs décades.

En Tunisie, les cycles de 2-3 ans et de 6-10 ans ont été mis en relief et confirmés par des auteurs tels que MELICE, JL.,(1983) BEN SAKKA, M.(2007), SAADAOUI(2007).

1.4.1.1.4.- ANOMALIES et CHANGEMENTS CLIMATIQUES :

Diverses sources nous renseignent de bouleversements ou d'anomalies climatiques, liées à des origines mal définies, mélangeant la variabilité naturelle et les effets anthropiques possibles.

1.4.1. 2.-Données des précipitations par satellite fournie par NOAA

La pixellisation de la pluie observée par les radarsat et déduite des nuages pluviogènes et leur mise au service de l'humanité représente une avancée sans précédent dans le domaine agrométéorologique.

De l'impossibilité à couvrir toutes les parcelles avec des pluviomètres, l'agriculteur internaute se voit doté d'une source d'informations de très haut niveau d'utilité, intégrant les zones les plus déshéritées et les plus inaccessibles.

Les données satellitairesTRMM : (extrait Rapport Banque Mondiale 2012).

« Les données satellitaires TRMM ont fourni des observations supplémentaires des variations spatio-temporelles des précipitations dans l'ensemble de la Tunisie. Le régime décennal moyen confirme le gradient fort des précipitations nord-sud (Figure 1), avec des totaux annuels allant de moins de 100 mm sur les marges du Sahara à plus de 700 mm sur la côte méditerranéenne (Figure 11). Cette tendance est accentuée dans les hivers où l'Oscillation nord-atlantique (NAO) est fortement négative (Figure 12, à droite) par rapport aux années où NAO est fortement positif au cours desquelles les trajets dominants des tempêtes se situent beaucoup plus au nord, sur l'Europe (Figure 12, à gauche). L'influence du NAO sur l'ouest de l'Afrique du Nord a été signalée ailleurs (p. ex., Sâadaoui et Sakka, 2007).

Exemple de données de pluie spatialisée TRMM (hiver 2007-2008 et 2009-2010). »

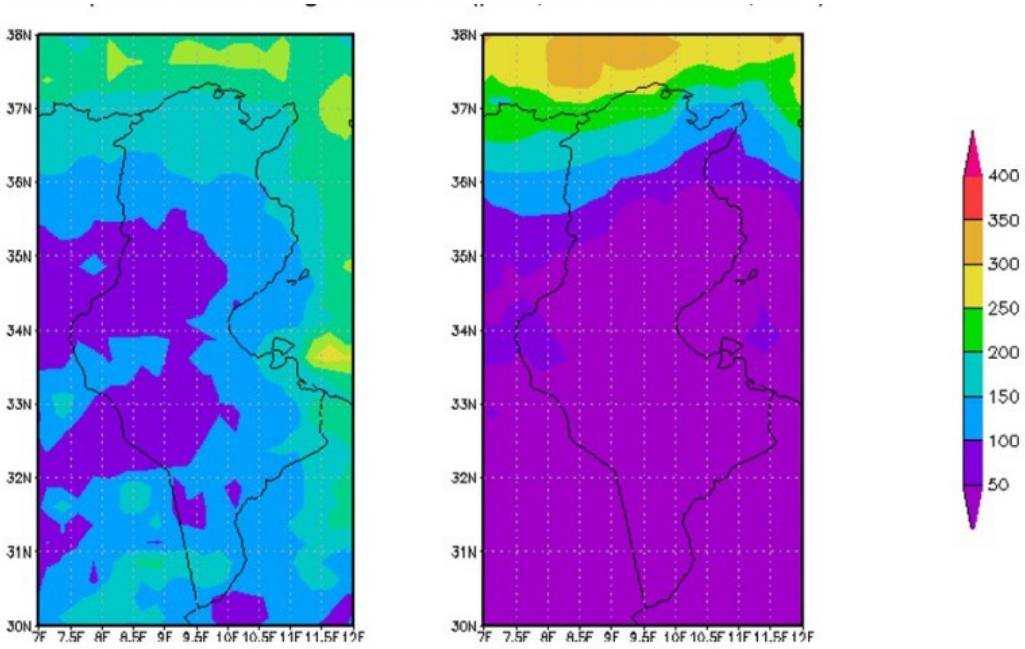


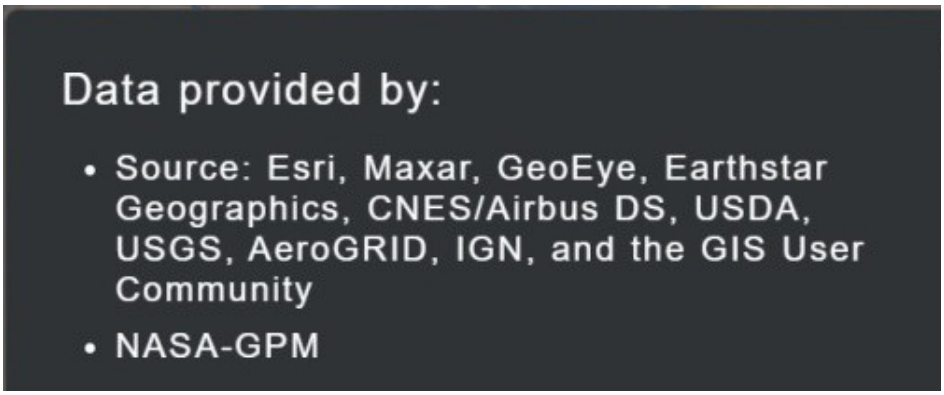
Figure 12 Précipitations totales (mm) en hiver (décembre-janvier -février) en 2007/2008 (à gauche, NAO positive) et 2009/2010 (à droite, NAO négative). Source des indices NAO : http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.sht(ml

Source : Rapport de la Banque Mondiale 2012.

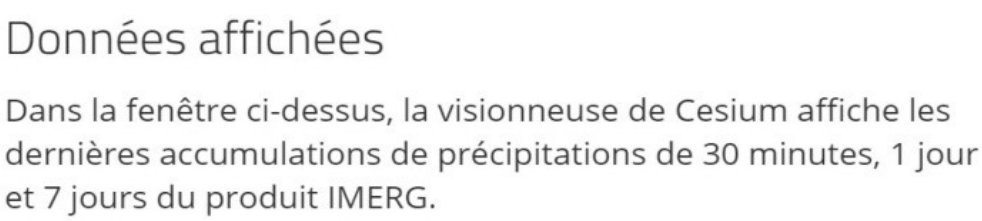
MISSION MONDIALE de MESURE des PRECIPITATIONS de la NASA (GPM).

Copyright NOAA, 2020.

La visionneuse« IMERG - Cesium « du CPC / NOAA.

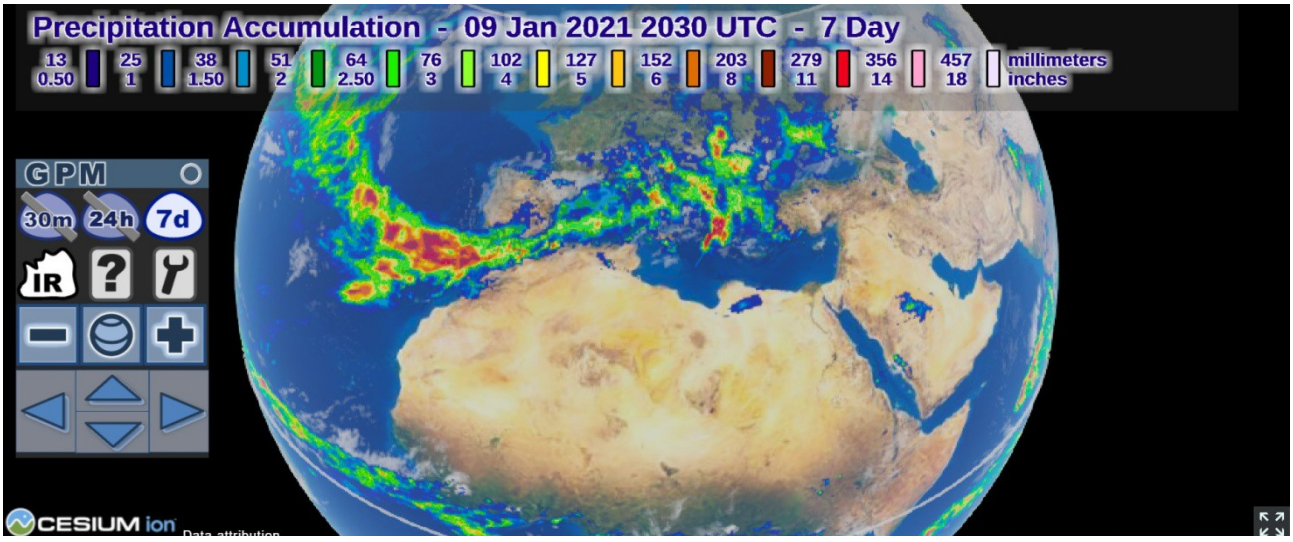


Copyright NOAA – CPC, 2020.



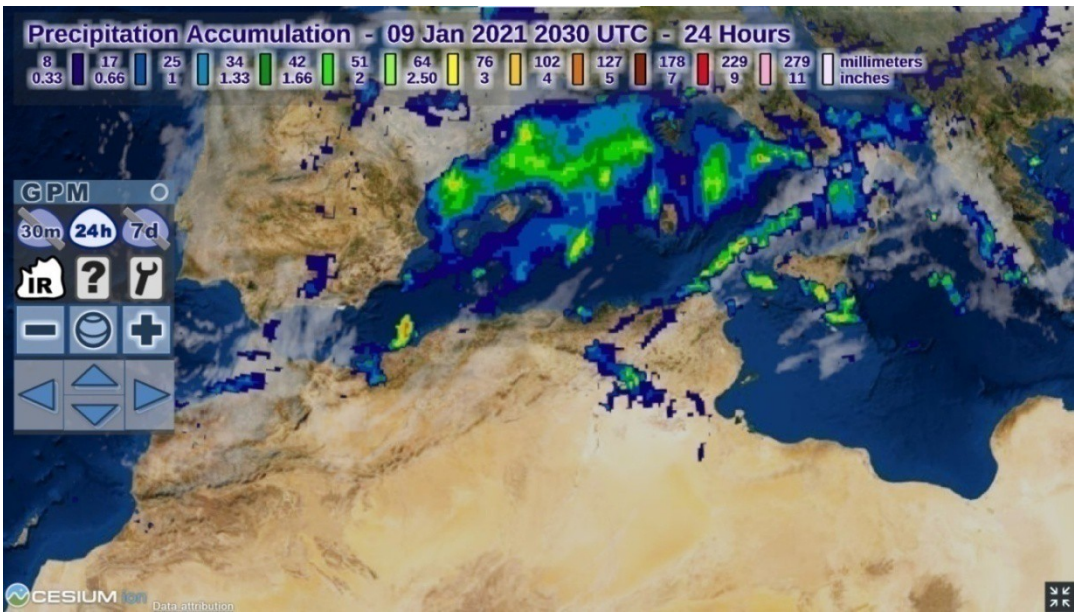
Copyright NOAA – CPC, 2020.

Copyright NOAA – CPC, 2020.



Copyright NOAA – CPC, 2020.

Copyright NOAA – CPC, 2020.



Copyright NOAA – CPC, 2020.

1.4.2.- COMPOSANTE EVAPOTRANSPIRATION.

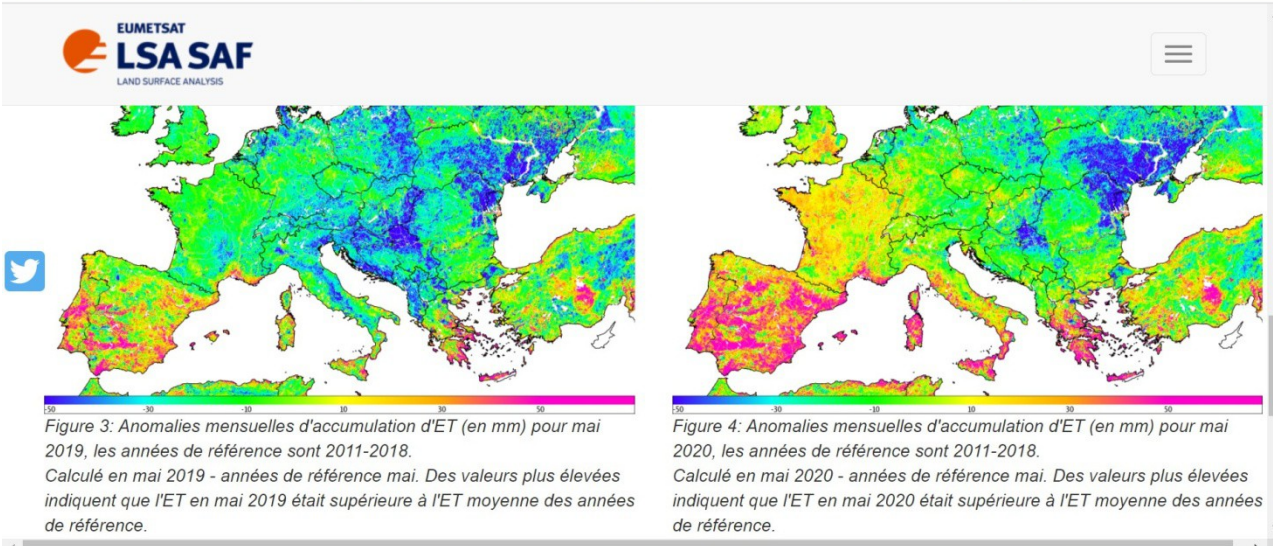
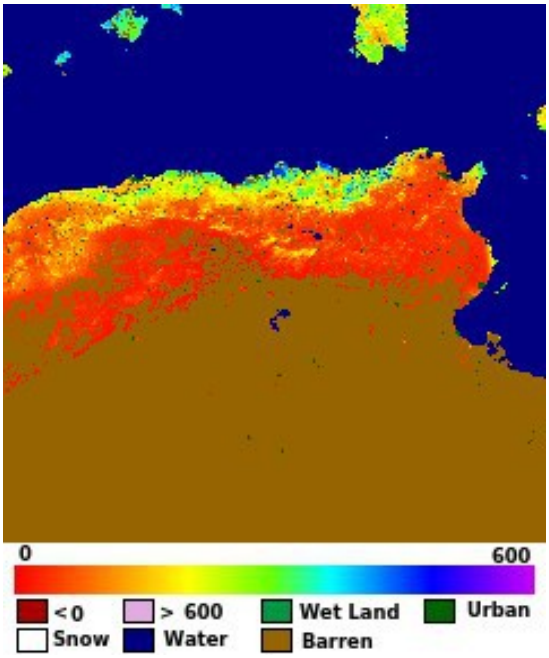


Figure 3: Anomalies mensuelles d'accumulation d'ET (en mm) pour mai 2019, les années de référence sont 2011-2018.
Calculé en mai 2019 - années de référence mai. Des valeurs plus élevées indiquent que l'ET en mai 2019 était supérieure à l'ET moyenne des années de référence.

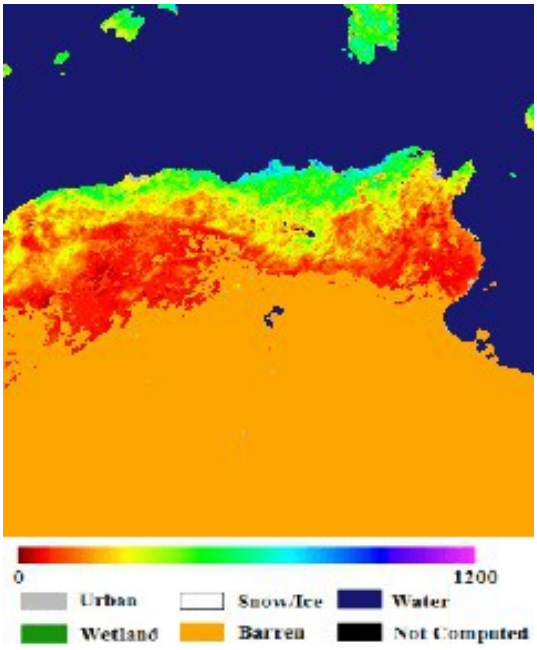
Figure 4: Anomalies mensuelles d'accumulation d'ET (en mm) pour mai 2020, les années de référence sont 2011-2018.
Calculé en mai 2020 - années de référence mai. Des valeurs plus élevées indiquent que l'ET en mai 2020 était supérieure à l'ET moyenne des années de référence.

Copyright LSASAF, 2020.

EVAPOTRANSPIRATION MODIS :

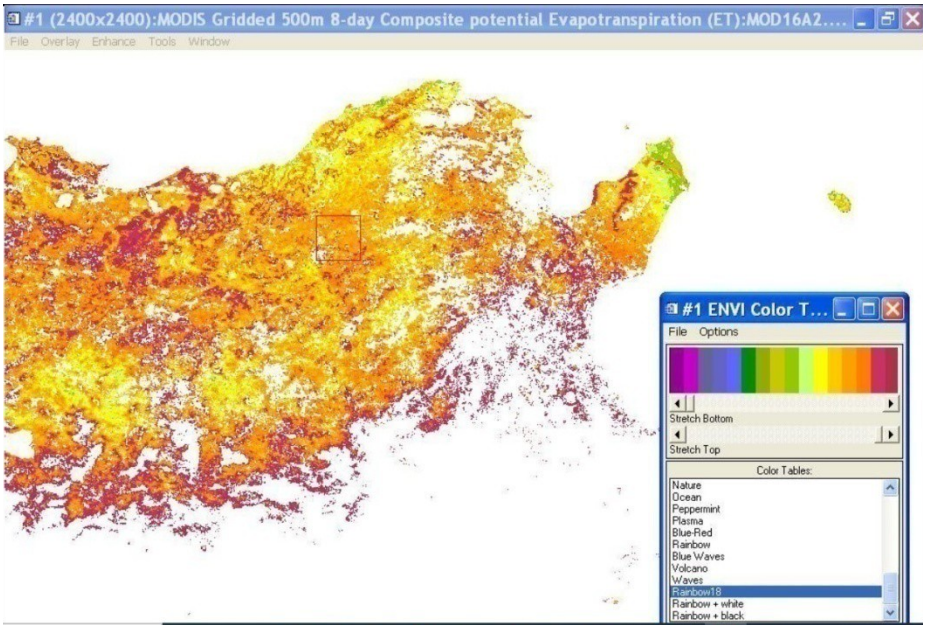


Source : MOD16A2 2020 097 NASA 2020. (évapotranspiration 8j).



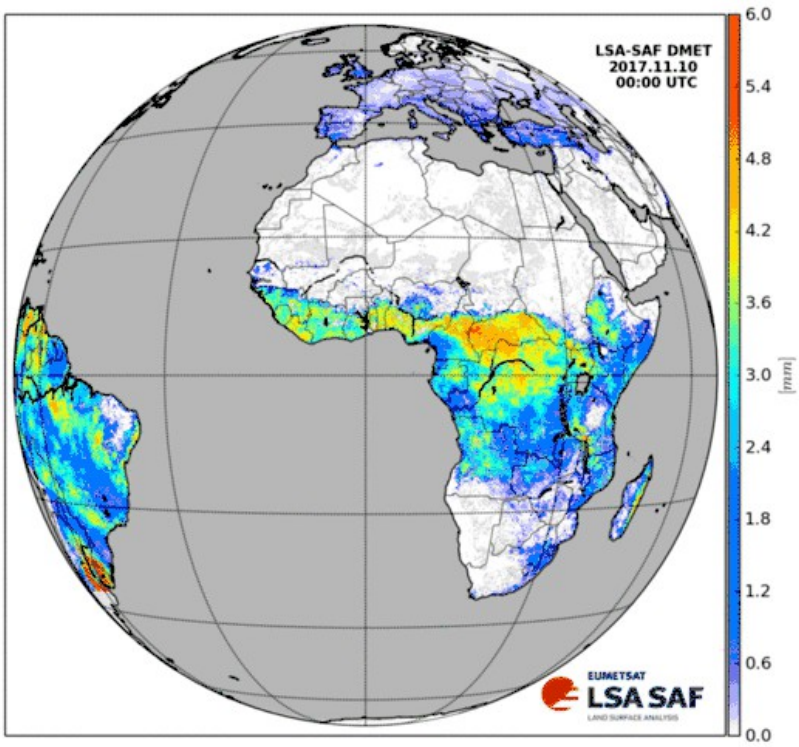
Source : MYD17A2 113 NASA 2020 (productivité primaire brute).

MOD16A2 2018 201. NASA 2018.



ET MODIS sous ENVI.2018. source NASA, 2018.

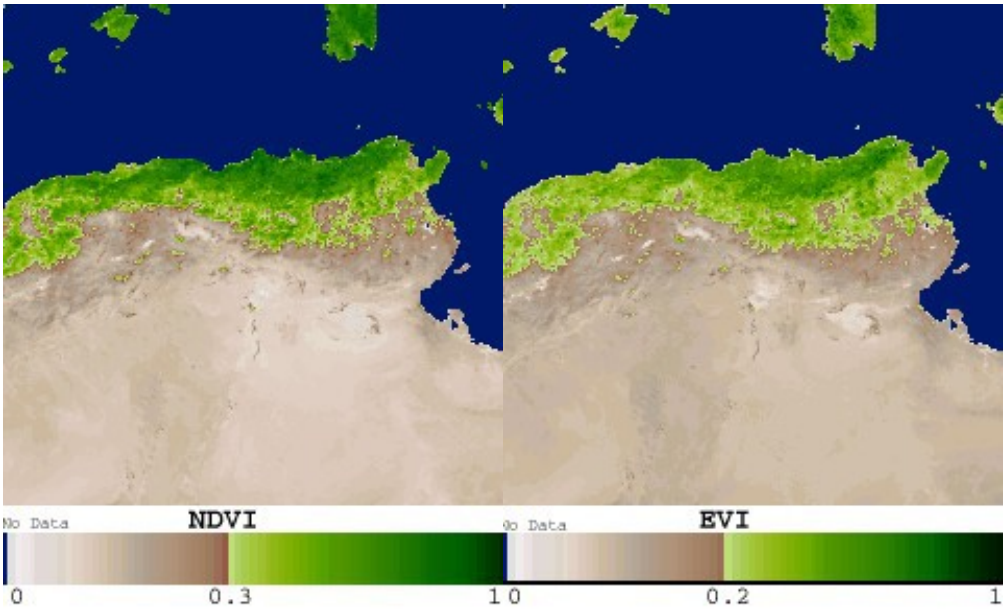
EVAPOTRANSPIRATION METEOSAT.



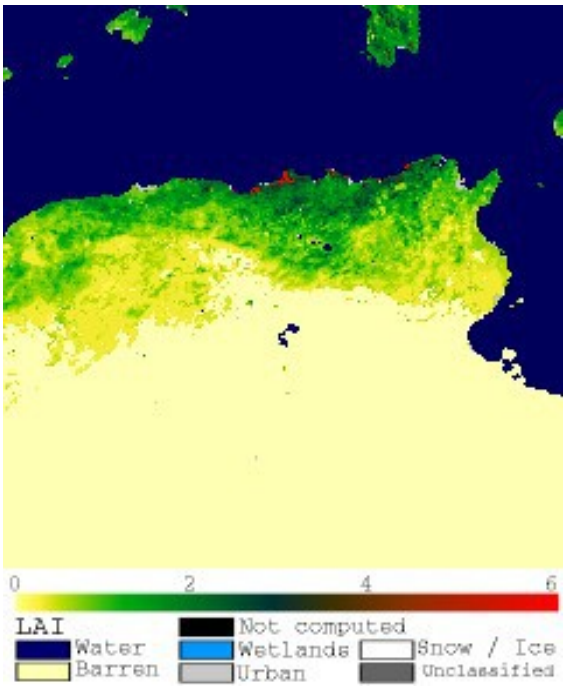
Evapotranspiration quotidienne METEOSAT. Copyright EUMETSAT LSASAF 2019.

1.4.3.- COMPOSANTE VEGETATION.

1.4.3.1 : INDICE DE VEGETATION MODIS.



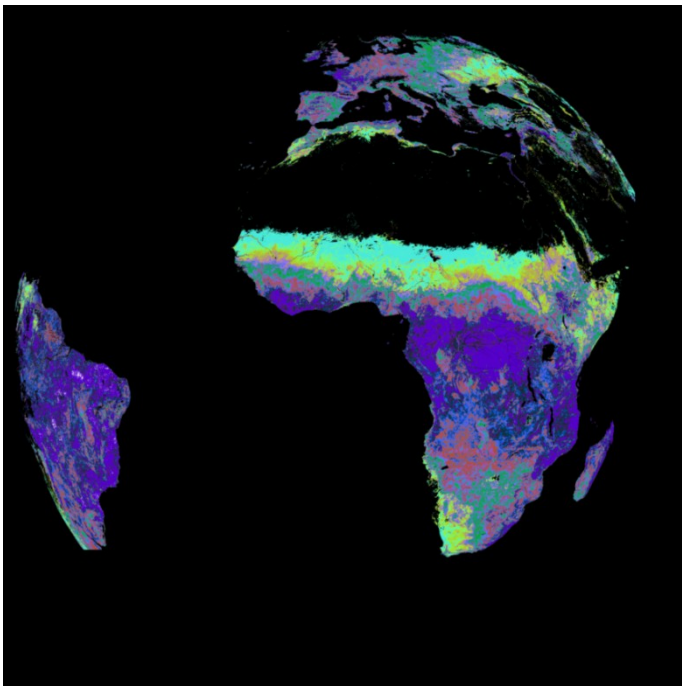
Source : MYD13Q1 2020 105 NASA 2020.



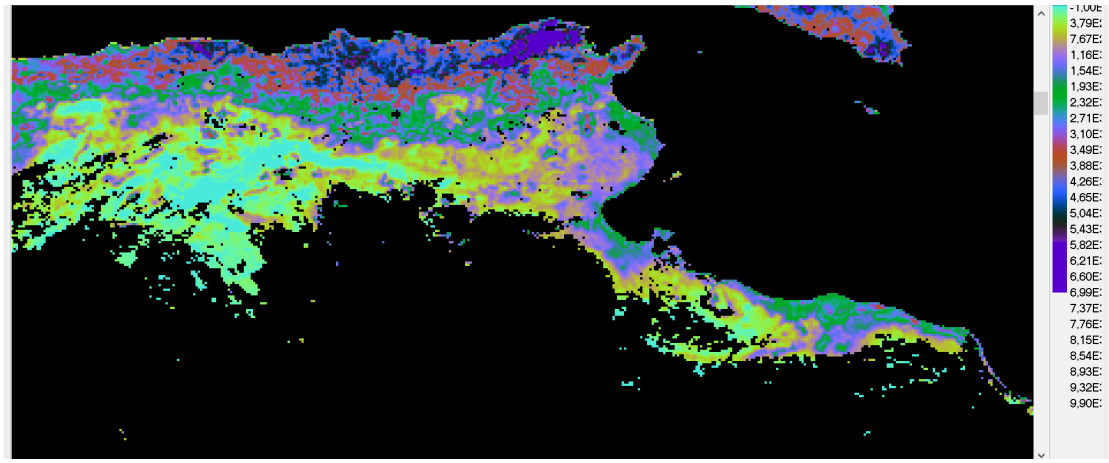
Source : MYD15A2 113 NASA 2020.

1.4.3.2 : INDICE DE VEGETATION METEOSAT : FVC : fraction de couverture végétale.

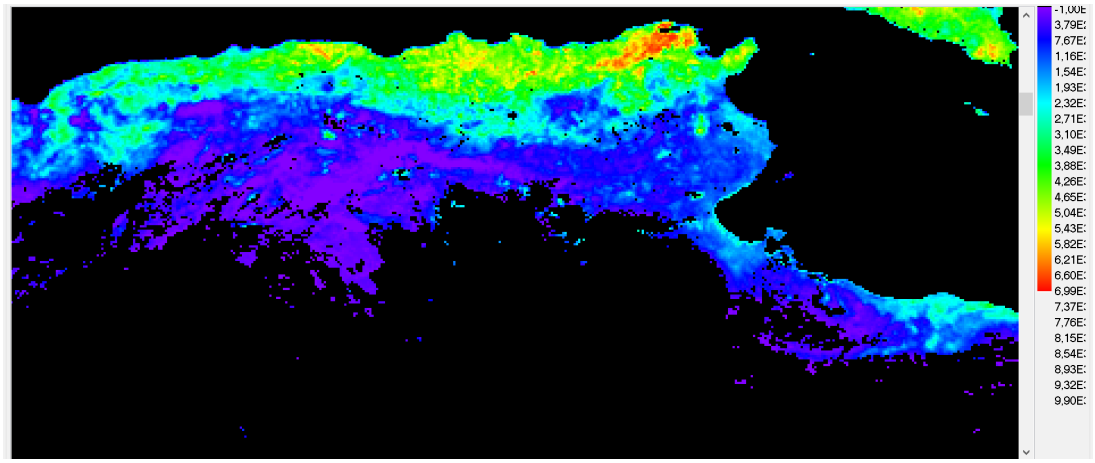
FRACTION DE COUVERTURE VEGETALE FVC.



FVC. Full Disk HDFVIEW. Source : copyright LSASAF- EUMETSAT 2020.



ExtraitFVC. HDFVIEW. Source : copyright LSASAF- EUMETSAT 2020.



FVC HDFVIEW 2020 04 05 LSA SAF ESA.

1.4.3.3 :a. Exemple devariation temporelle de *NDVI :*

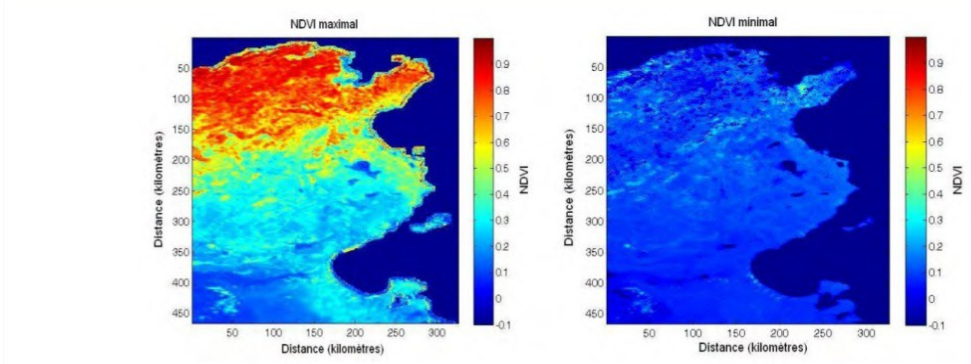
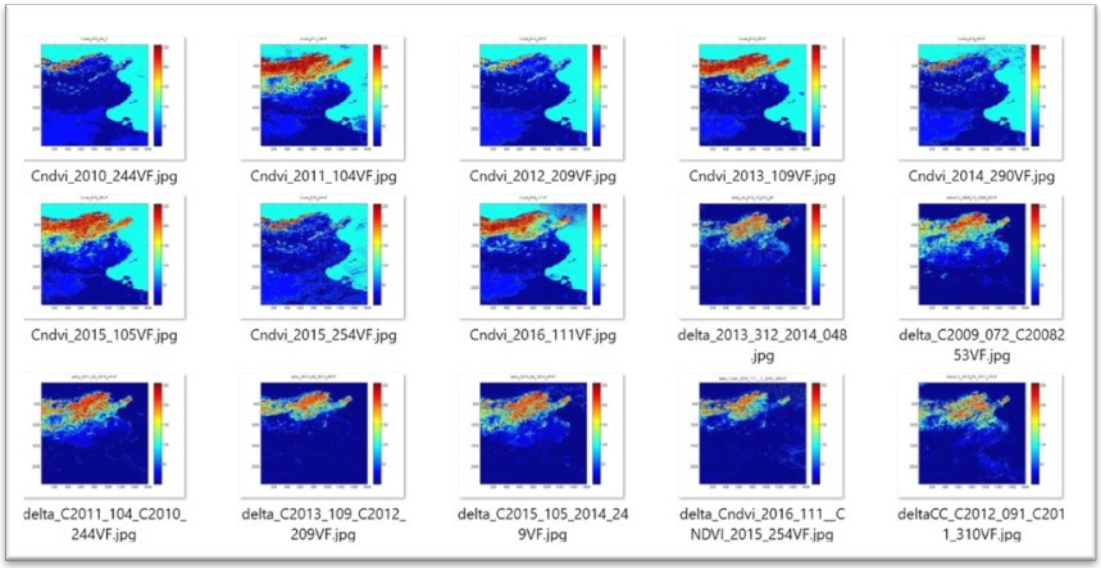


Figure III.1 : Cartes de *NDVI* max et min de la Tunisie trouvés au cours de la période allant de 1998 à 2010.

Cartes de *NDVI* max et min de la Tunisie réalisé sur la période de 1998 à 2010. (Extrait : AMRI, R., 2013).

b. Exemple d'exploitation de la variable NDVI dans une série chronologique…



CNDVI-DELTA – variabilité biomasse céréalière 2008-2015. BEN DAKHLIA 2016.

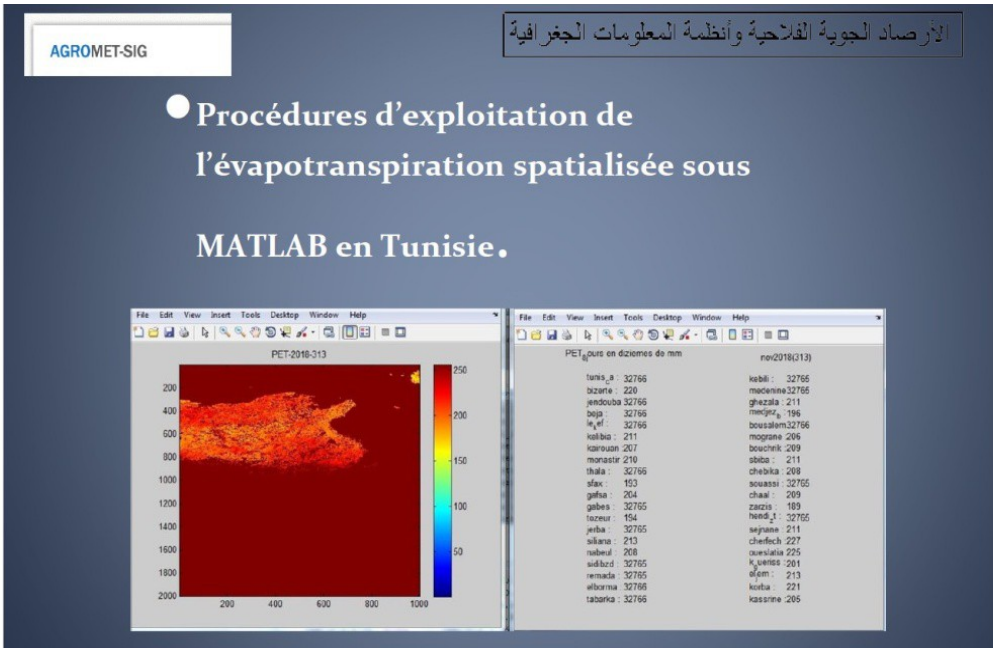
PARTIE II.

2.- RESULTATS : PRODUITSprétraitées par le logiciel MATLAB :

2.1.- Applications domaine Tunisie sous MATLAB de prétraitement et de dissémination.

2.1.1.-Produits images ET MODIS./ ET LSASAF, distribués sur site web national.

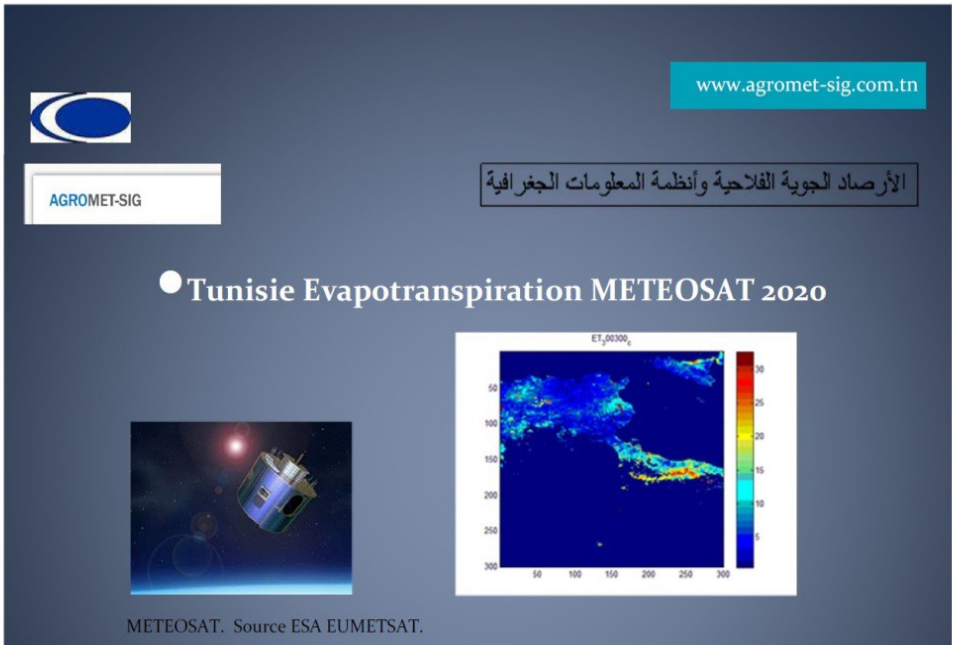
Cesproduits avec extraction de valeurs des principales stations du réseau météorologique national, sont traitées selon la procédure numérique détaillée dans la note technique présentée, et édités, en format image « .JPG » dans le site web www.agromet-sig.com.tn.



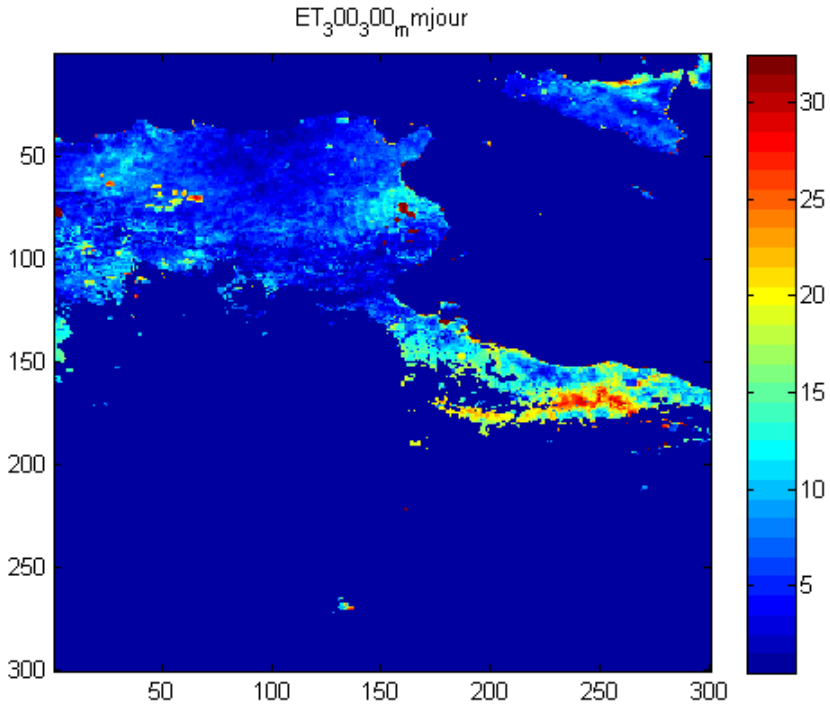
Source : BEN DAKHLIA, 2018.

Les données édités sont issues des projets NASA-EOS / LPDAAC , qui « distribueun jeu de données terrestres réguliers de 1 km2 pour les zones de végétation mondiales de 108 mi9llions de km2 à intervalle de huit (8) jours » (extrait source NASA),

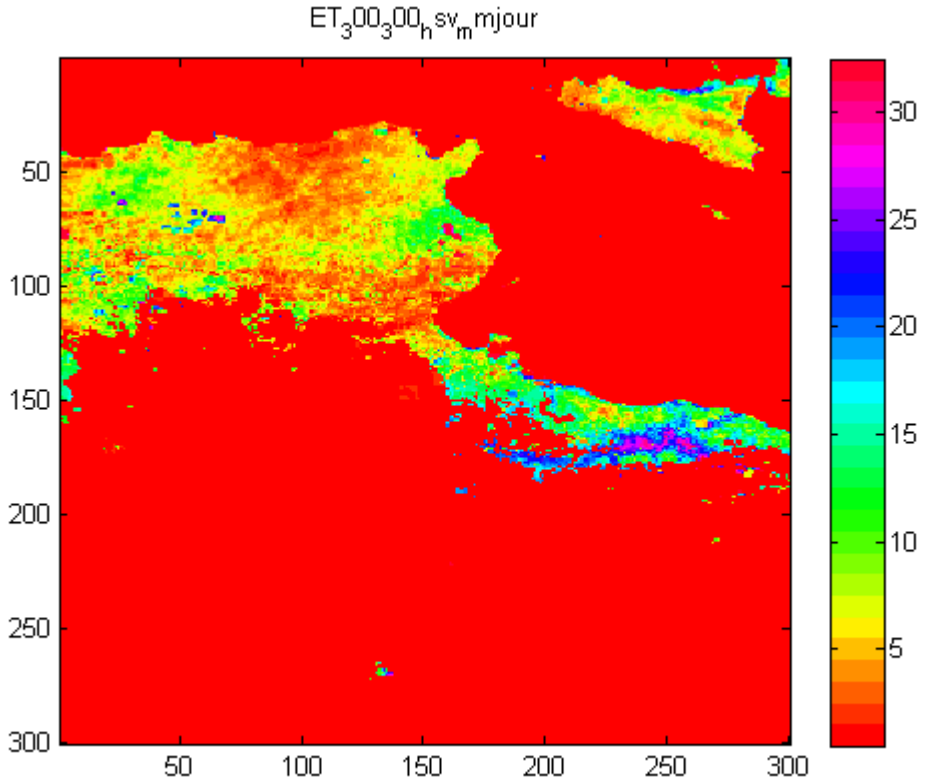
et du projet LSASAF / ESA , pour les produits extraits concernent : DMET (évapotranspiration quotidienne) et FVC (la fraction de la couverture végétale quotidienne de METEOSAT) (voir procédure informatique en annexes).



Source : BEN DAKHLIA, 2020.



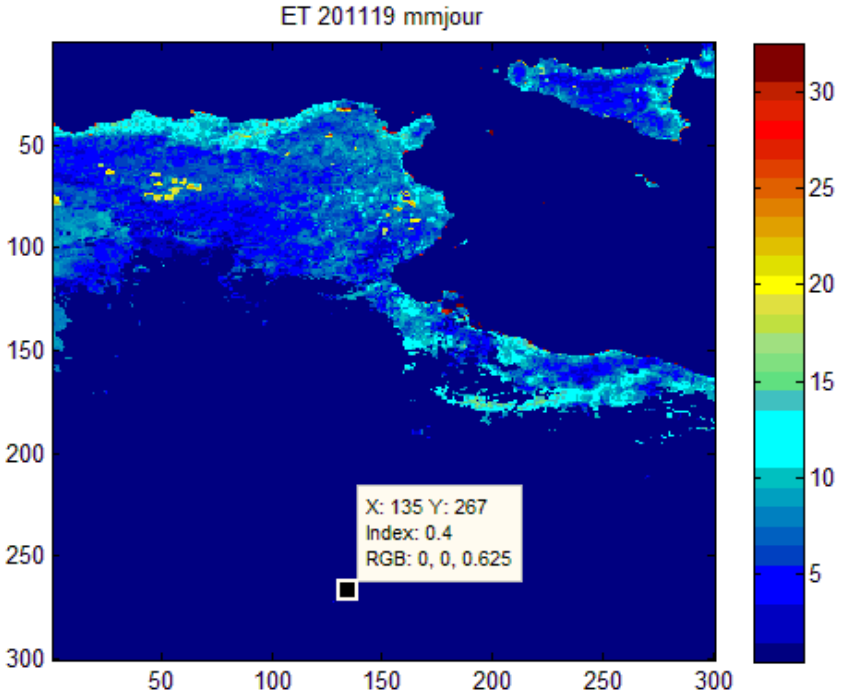
Source : BEN DAKHLIA, 2020.

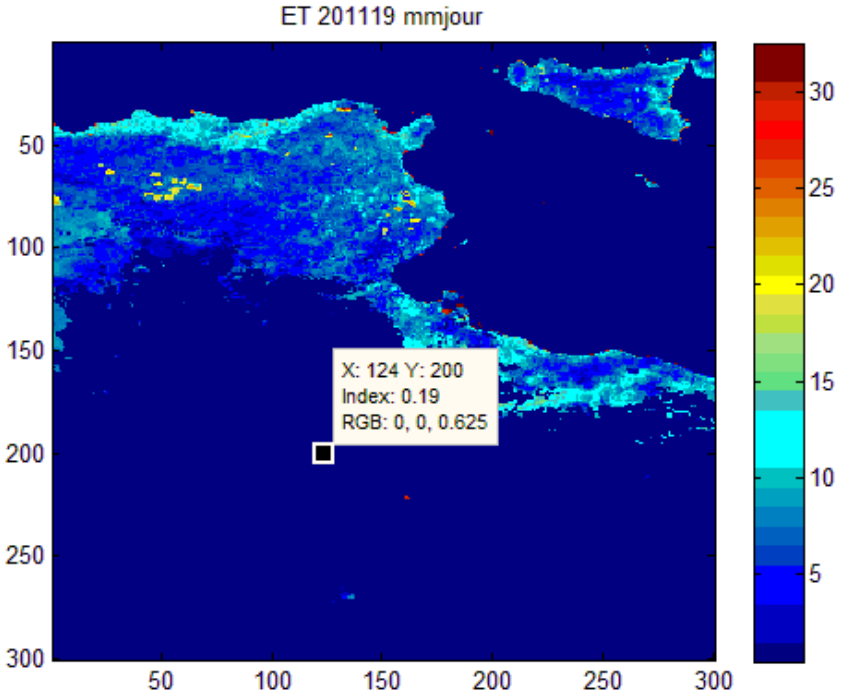


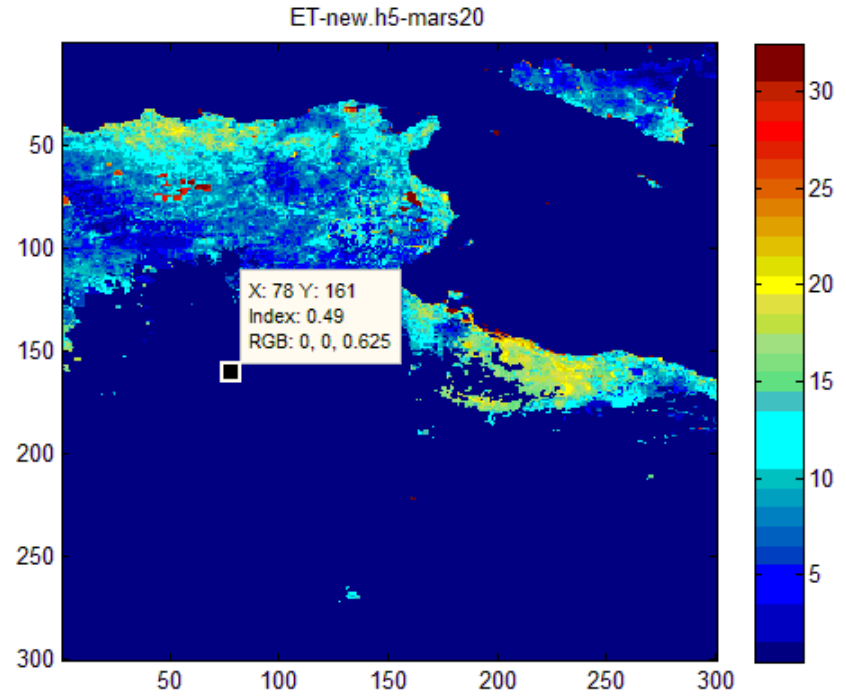
Source : BEN DAKHLIA, 2020.

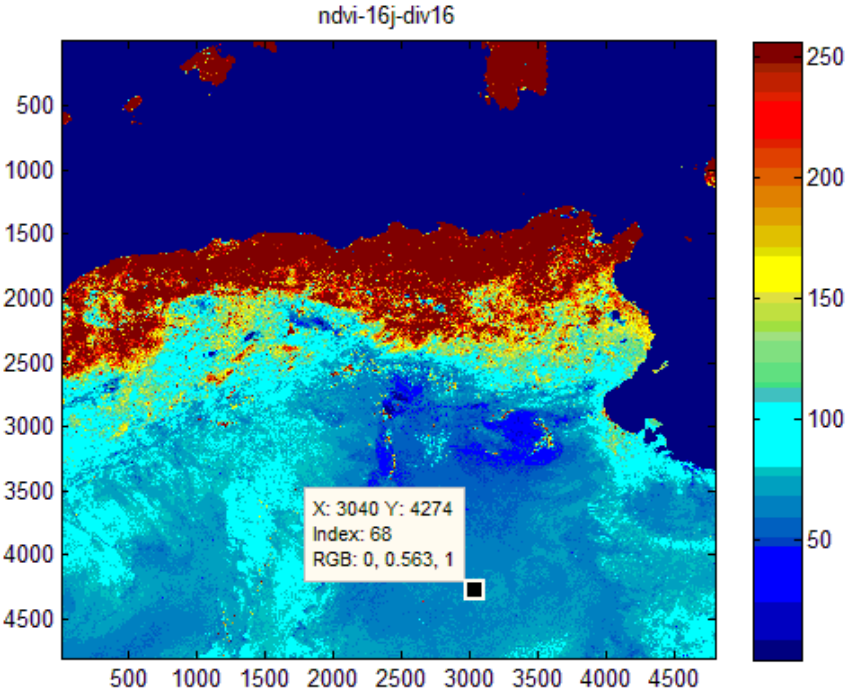
2.1.2.- Produits application MATLAB / PC :installation Procédures ET MODIS./ Procédures ET LSASAF

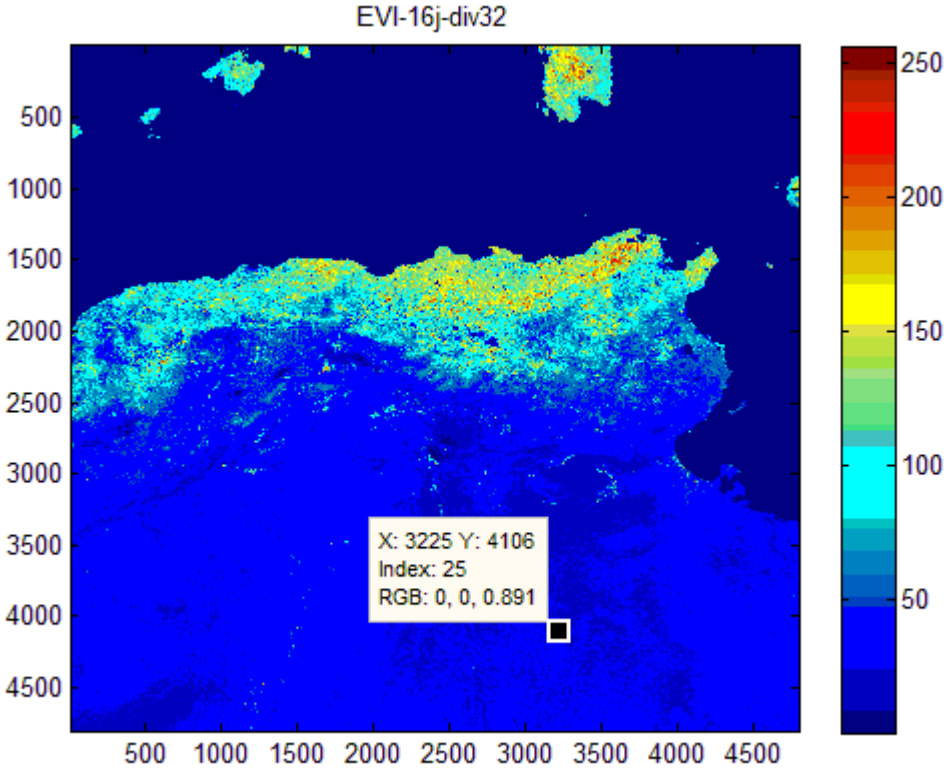
Ces produits sous MATLAB dérivés des images de format «.fig », pour consultation des valeurs de tous les pixels de l'image numérique sélectionnée.

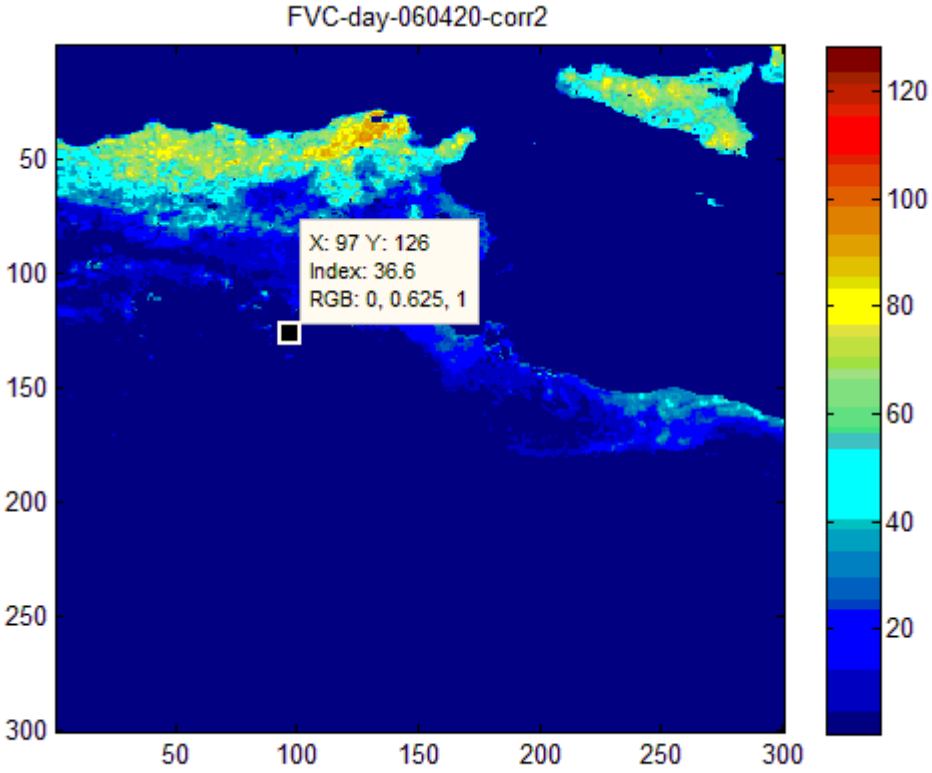

ET 201119 mmjour
X: 135 Y: 267
Index: 0.4
RGB: 0, 0, 0.625
50
100
150
200
250
300
30
25
20
15
10
5


ET 201119 mmjour
X: 124 Y: 200
Index: 0.19
RGB: 0, 0, 0.625
50
100
150
200
250
300
30
25
20
15
10
5

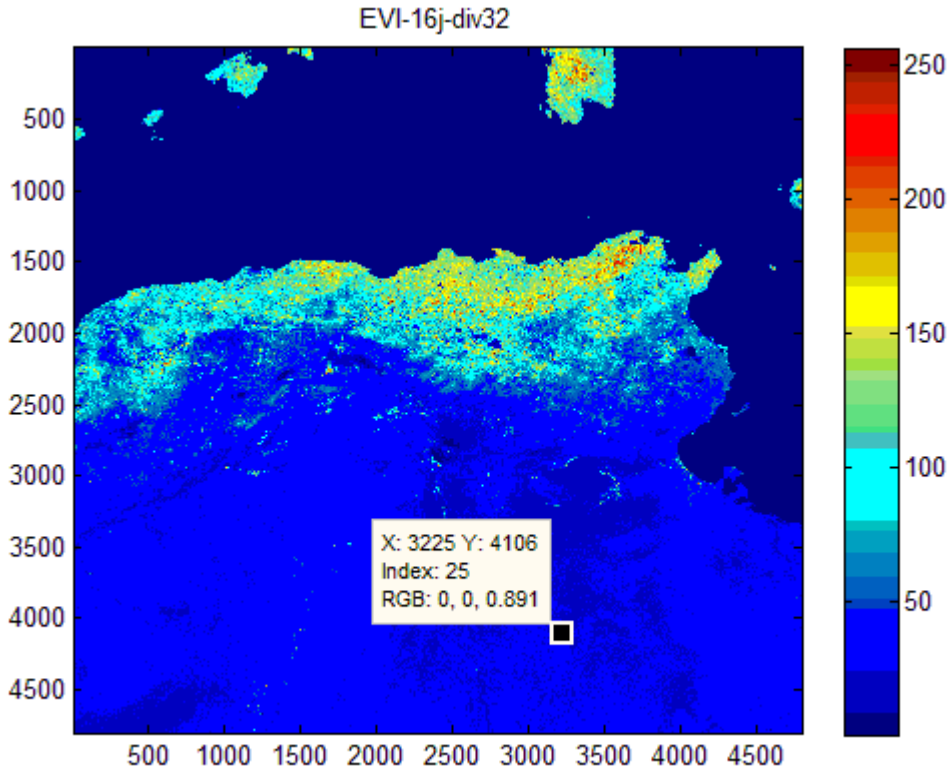

ET-new.h5-mars20
X: 78 Y: 161
Index: 0.49
RGB: 0, 0, 0.625
50
100
150
200
250
300
30
25
20
15
10
5


ndvi-16j-div16
X: 3040 Y: 4274
Index: 68
RGB: 0, 0.563, 1
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
250
200
150
100
50


EVI-16j-div32
X: 3225 Y: 4106
Index: 25
RGB: 0, 0, 0.891
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
250
200
150
100
50


FVC-day-060420-corr2
X: 97 Y: 126
Index: 36.6
RGB: 0, 0.625, 1
50
100
150
200
250
300
120
100
80
60
40
20

.



3.- Accès aux données agrométéorologiques des réseaux de stations d'observation terrestres, distribuées par les serveurs nationaux, régionaux et internationaux.

En 2020, une gestion assistée de l'exploitation de l'eau, en agriculture, répond à la complexité des moyens et outils d'aide à la décision disponibles, directement pour tous les individus disposant d'un simple « mobile – smartphone ».

La seule contrainte devient liée au niveau de connaissances des exploitants dans ce domaine technique assez évolué.

Les Nations Unies ont contribué grandement à cette démocratisation de l'exploitation de l'information utile au secteur de l'agriculture, en général, par des organismes majeurs tels que l'U.N.E.S.C.O., la F.A.O. et l'O.M.M.

Une connaissance générée depuis plus de cinquante années a permis d'atteindre ce niveau actuel disséminé par toute la technologie digitale et numérique.

La maîtrise de toutes ces récentes connaissances et de toutes les techniques y afférentes, sont nécessaires pour garantir un niveau d'intégration acceptable dans ce nouveau système mondial de développement civilisationnel continu.

L'interconnexion des différents centres de traitement de l'information agrométéorologique aux divers serveurs reliés par le réseau INTERNET permet un très large accès accès aux données d'observation et à toute l'information connexe en relation avec la thématique recherchée.

Le site web www.agromet-sig.com a profité de cet accès aux données du Système Mondial de Télécommunication (SMT) de l'O.M.M. (Organisation Météorologique Mondiale), pour alimenter les diverses procédures proposées.

De même, l'accès aux produits satellitaires disséminés par les Agences Spatiales NASA et ESA fournissent l'information spatiale de base prétraitée et exploitable sur les ordinateurs intégrant des logiciels orientées imageries satellitaires.

Le site web www.agromet-sig.com.tn présente des applications adaptant le domaine national, sous le logiciel MATLAB principalement.

Observations agrométéorologiques sur l'ensemble du territoire tunisien :

- **Le réseau des 24 stations synoptiques automatiques de l'Institut National de la Météorologie (I.N.M.) www.meteo.tn.**

- **Le réseau des 5 stations automatiques du Sud Tunisie de l'Agence de la Vulgarisation et de la Formation agricole. (A.V.F.A.) (Serveur AGRIDATA de L'ONAGRI), en Open Data depuis 2017.www.agridata.tn**

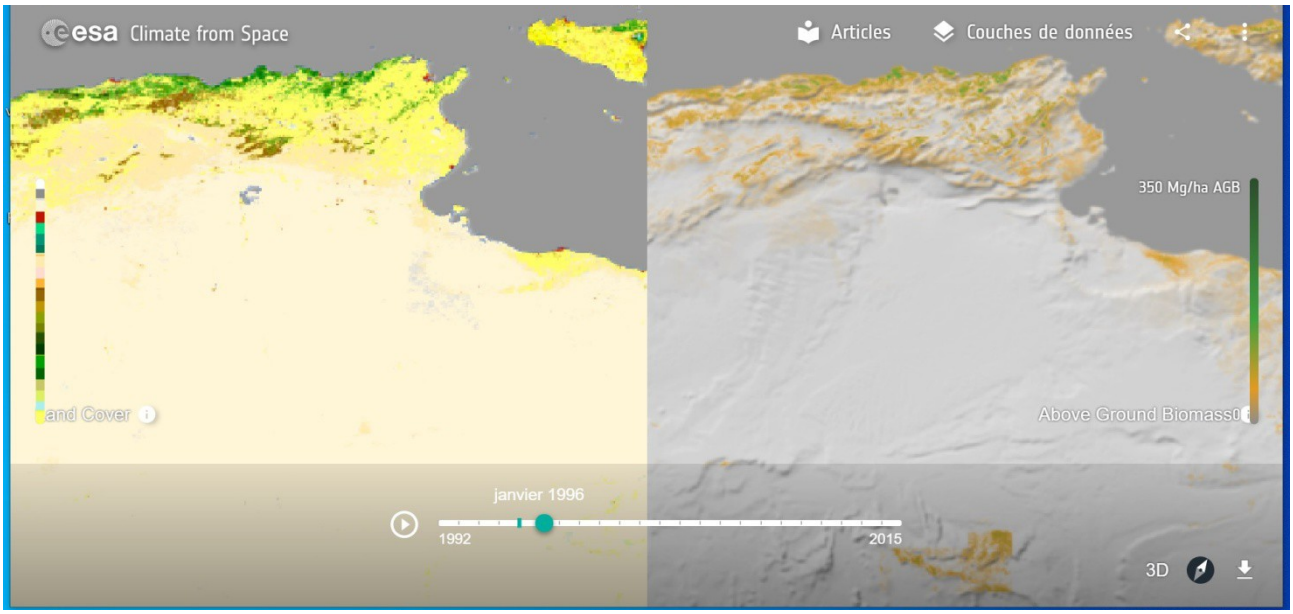
- **Complément divers de stations automatiques de recherche et de développement.**

5.- Conclusions.

La disponibilité des séries chronologiques de plus de quarante ans de données numériques spatialisées, va transformer les méthodes de traitement et répondre à beaucoup de faiblesse d'interprétation, due au manque de données et à leur très faible densité, dans beaucoup de régions.

La cartographie classique, particulièrement, se voit supplanter largement par toutes les possibilités de visualisation numérique disponibles.

Le Centre ESA / Climate from Space, avec son visionneurbase de données Climat pourra répondre à beaucoup de demandes, encore insatisfaites.



Copyright ESA 2020.

2018, 2019, 2020 auraient été les années évènement, pour les applications orientées agrométéorologie, avec les produits satellitaires concernant l'évapotranspiration spatialisée par satellite en temps quasi-réel et en léger différé, aux échelles spatio-temporelles de 1 à 8 jours et de 1 à 9 km2, disséminées par les agences spatiales NASA et ESA, aux échelles mondiales et régionales.

Cet évènement scientifique de haut niveau constitue un aboutissement à un défi de plus de quarante ans.

La surveillance de la végétation est aussi incluse dans toutes ces disséminations, ainsi que l'état des précipitations, à des pas de temps permettant toutes les combinaisons avec d'autres facteurs environnementaux.

Cet apport, représente la COMPLEMENTARITE, espérée, depuis plusieurs années, et rendue possible, actuellement, grâce au développement technologique réalisé et à la politique d'ouverture des grands sysytèmes mondiaux, oeuvrant à une plus large démocratisation du Savoir, de la Connaissance et du Développement.

L'objectif de notre contribution s'inscrit dans l'élargissement de l'intégration de ces possibilités dans notre espace géo-national.

Bibliographie.

ABDERRAHMAN A., 2009 : *Les intensités des pluies dans la Tunisie orientale*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis. 310 p.

ABDERRAHMAN A., HENIA L., et HLAOUI Z., 2013 : contribution à l'étude de la saison des pluies en Tunisie : variabilité des marges et fréquences des épisodes secs. 26éme colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Cotonou-Bénin, pp. 31-36.

AMBROISE B., 1998. *La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin-versant. Processus, facteurs, modèles*. Éditions H.G.A, Collection Tempus, Bucarest, 200 p.

AMRI R., 2013 : *Estimation régionale de l'évapotranspiration sur la plaine de Kairouan (Tunisie) à partir de données satellites multi-capteurs*, Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 176 p.

BACCOUR H, FEKI H, SLIMANI M, CUDENNEC C, 2012a : Interpolation de l'évapotranspiration de référence en Tunisie par la méthode de krigeage ordinaire. *Revue Sècheresse,* vol. 23, n°2, pp 21-132.

BACCOUR H., SLIMANI M., et CUDENNEC C., 2012b : Structures spatiales de l'évapotranspiration de référence et des variables climatiques corrélées en Tunisie. *Hydrological Sciences Journal*, 57 (4),pp. 818–829.

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

BEN BOUBAKER H., 2006 : Évaluation des dispositifs d'alerte précoce à la sécheresse existants à l'échelle nationale – cas de la Tunisie. Expertise dans le cadre du *projet SMAS/OSS*. Rapport de l'étude, 80 p + annexes.

BEN BOUBAKER, H., 2016 : l'eau en Tunisie : faut-il s'attendre au pire? Centre de Recherche Méditerranéen., Fondation KONRAD.

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

BEN DAKHLIA F., 1999 : Caractéristiques météorologiques et agrométéorologiques des régions arides du Nord Sahara Tunisien ; in « Adaptation des végétaux au milieu aride », NABLI et al., 43-68. Tunis.

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

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.

BEN DAKHLIA F., 2020c :Veille agrométéorologique satellitaire en Tunisie présaharienne liée à l'expansion des prélèvements dans les aquifères du Sahara septentrionalet auchangement climatique. Agromet&Sig, ARIANA Tunisie, 2020.

BEN SAKKA M., 2007 : Modes de variabilité interannuels de l'Anomalie de Température de la Mer (SSTA) et Pluviométrie en Tunisie. In XXème Colloque de l'AIC de Carthage- Tunisie 2007.

DJOUFACK, V. 2011: Etude multi-échelles des précipitations et du couvert végétal du CAMEROUN : analyses spatiales, tendances temporelles, facteurs climatiques et anthropiques de variabilité du NDVI. 322pp.

ESA,2019: Mediterranean Cycle of Water. Vidéo.

I.N.M., 1999 : *L'Atlas climatique, 130p.*

I.N.M., 2001-2002 : Al Manach. Pub, de l"INM.

NAAMANI, M.S.,1980 : Le bilan hydrique climatique. Série Almanach INM.

LAATIRI, L., 1982 : Contribution à l'étude de l'évapotranspiration en Tunisie. INM.

HENIA L., 1980b : *Les précipitations pluvieuses dans la Tunisie tellienne*. Pub de l'Université de Tunis, 263 p.

BEN DAKHLIA F., 2003a : Logiciel d'analyse numérique de données HRPT/NOAA, *Note techniquel.N.M*, Tunis, 30 p.

BEN DAKHLIA F., 2003b : avertissement à l'irrigation : contribution à l'estimation de l'évaporationrégionale combinée aux indices dérivés satellitaires HRPT/NOAA, *Note technique I.N.M,* Tunis, 30 p.

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 phyto-écologie tunisiennes, II et III, le milieu physique et lavégétation, écologie végétale appliquée*, Tunis, 542 p.

BEN DAKHLIA F., 1994 : Le bilan hydrique agro-météorologique actuel et prévu pour le suivi de lasècheresse agricole. Note technique INM Tunis. 32 p.

BEN DAKHLIA F.,2016 : Prévision céréalière dynamique sous MODIS. Agromet & Sig, 43 pp. Tunis.

BEN ROMDHANE S., 2009 : *Régionalisation bio-climatologique de la Tunisie : essai declassification dynamique à partir de l'imagerie NOAA*. Mémoire de Mastère, FLAH Manouba, 101 p.

BRAHMI N., HATIRA A., et RABIA MOHAMED-CHEDLY., 2010: Contribution de la télédétection et des systèmes d'information géographique à la prise en compte du risque deprolifération des Aedes dans les zones humides de Bizerte (Nord de la Tunisie). *Revue Physio-géo*,Vol 4, 2010 ; pp. 151-168.

EL GAROUNI A., BOUSSEMA M., ENNABLI M., 2001 : Utilisation du système d'informationgéographique (SIG) et des données de télédétection pour l'estimation de l'évapotranspiration réelle àl'échelle régionale, *Le Bulletin d'information du Réseau Télédétection de l'AUF,* n° 52, pp. 75-82

**EL MELKI T., 1997 : *Les masses d'air sur la Tunisie,* Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences
Humaines et Sociales de Tunis, 323 p.**

FEKI M., 2013 : Variabilité spatiotemporelle de l'activité végétative au nord de la Tunisie. *Actes du26ème colloque de l'AIC, Cotonou,* 236-241.

FEKI M., 2006 : La sècheresse bioclimatique estivale en Kroumirie et dans les Mogods (Tunisie) :estimation à partir du stress hydrique de la végétation. Thèse de doctorat de l'Université Aix-Marseille, 181 p + annexes.

GAMMAR. A.M., et HLAOUI Z., 2012 : Utilisation des indicateurs du déficit hydrique dans lessynthèsesbioclimatiques méditerranéennes. *Actes du 25ème Colloque de l'Association Internationalede Climatologie.* Grenoble, pp. 321-326.

HBAEIB H., et CHIRAZ M., 2003 : Calcul des besoins en eau des principales cultures exploitées au nord de la Tunisie : estimation de l'évapotranspiration de référence

par différentes formulesempiriques (cas des régions de Tunis, Béja et Bizerte). *Revue Sécheresse.* Volume 14, Numéro 4, 257-265.

Henia L., 1993 : *Climat et bilans de l'eau en Tunisie, Essai de régionalisation climatique par les bilanshydriques*, publication de l'université de Tunis I, 391 p.

HENIA L., 2015 (coordination) : *Contribution à l'étude des aléas et risques climatiques en Tunisie*.Université de Tunis, unité de recherche GREVACHOT, 319 p.

**HENIA L., 2008 (sous la direction) : *Atlas de l'eau en Tunisie*, unité de recherche GREVACHOT,
186p.**

HENIA L., 1993 : *Climat et bilan de l'eau en Tunisie : Essai de régionalisation climatique par lesbilans hydriques*, Publications de l'Université de Tunis, 391p.

HLAOUI Z., 2006 : Bilans hydriques agro-climatiques de l'olivier en Tunisie. *Revue Tunisienne deGéographie,* 37, pp. 43-73.

JABLOUN, M. et SAHLI, A., 2008: Evaluation of FAO-56 methodology for estimating referenceevapotranspiration using limited climatic data. Application to Tunisia. *Agricultural WaterManagement* 95, 707–715.

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.

MJEJRA, M., 2015. Étude del'évapotranspiration dans le bassin versant de l'Oued Mejerda (en Tunisie) : apportde la télédétection satellitaire et des systèmes d'information géographique, thèse de doctorat 2015.

M.A.R.H, et G.T.Z., 2005 : *Changements Climatiques : Effets sur l'économie tunisienne et stratégied'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles.* Rapport 1 ère étape, 266p.M.A.R.H., 1998 : *EAU 21 : Stratégie à long terme du secteur de l'eau en Tunisie (2030).* 85p.

MELICE J.L. and WENDLER G., 1983: Precipitations Statistics in Southern Tunisia – a Contribution to the Desertification Problem in the Sahel Zone.-in Arch. Met. Geoph. Biocl. Ser. B333, 331-348 81984).

MOUGOU R., et HENIA L., 1996 : La sècheresse agroclimatique en Tunisie : cas de la culture du blé.*Variabilité du climat et stratégies d'adaptation humaines en Tunisie*, publication de l'Université deTunis, Série colloque 7ème, vol. VI, pp. 231-248.

MOUGOU R., 1978 : Estimation de l'évapotranspiration potentielle : cas de la Tunisie. *Notetechnique INM*, Tunis, 58 p.

ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE., 1966 : *Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration,* WMO-No. 201, Note technique N° 83, p. 102-115, Genève.

RIOU C., 1980 : Évapotranspiration potentielle et bilan hydrique en Tunisie. *Rapport inedit, ORSTOM*,20 p.

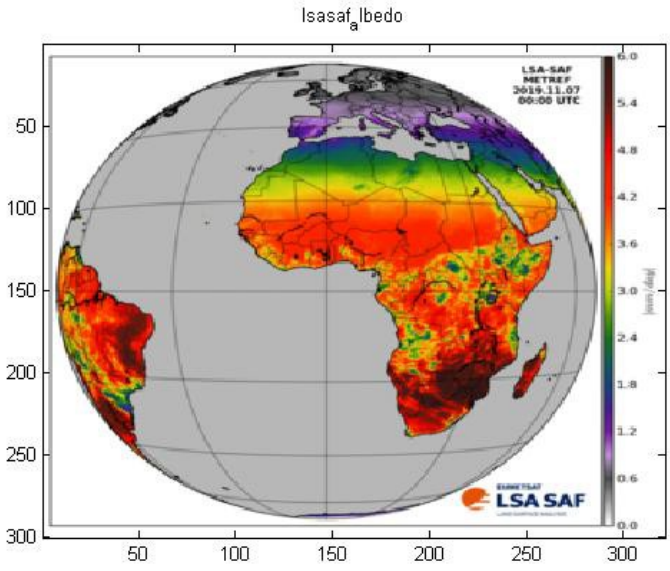
SHABOU M., 2010 : Suivi de l'état hydrique du couvert végétal par télédétection spatiale sur le sitesemi-aride de Merguellil (Tunisie centrale). *Mémoire de Mastère recherche de l'Institut nationalagronomique de Tunisie*, 76p.

SAADAOUI M. et BEN SAKKA M., 2007 : Pluviométrie en Méditerranée Occidentale et Oscillation Nord Atlantique (NAO)- in XXème Colloque de l'AIC de Carthage- Tunisie 2007.

XANTHOULIS D., 2010 : *Calcul ET0-Penman.pdf*. 54 pp.

ZRIBI, M., CHAHBI, A., SHABOU, M., LILI-CHABAANE, Z., DUCHEMIN, B., BAGHDADI, N, AMRI, R., and CHEHBOUNI, A., 2011: Soil surface moisture estimation over a semi-arid region using ENVISAT ASAR radar data for soil evaporation evaluation.*Hydrology and Earth SystemSciences*., vol.15(1), pp. 345-358.

Annexes.



ALBEDO. Source : copyright LSASAF- EUMETSAT 2020.

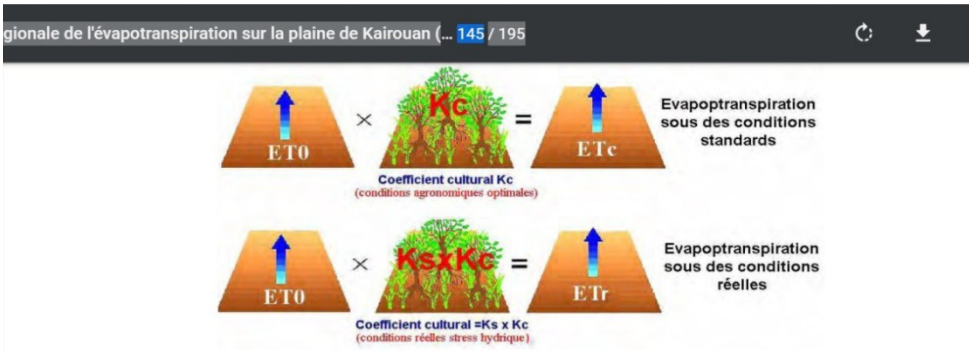
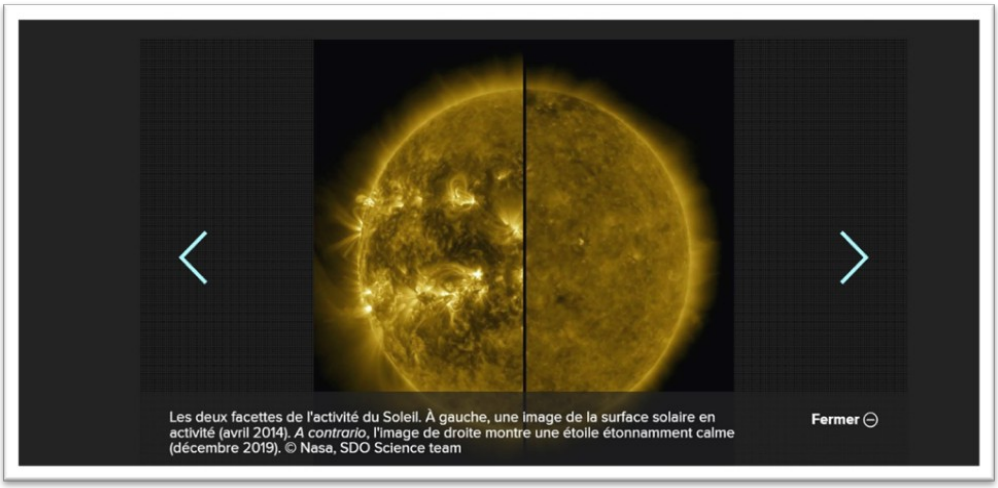
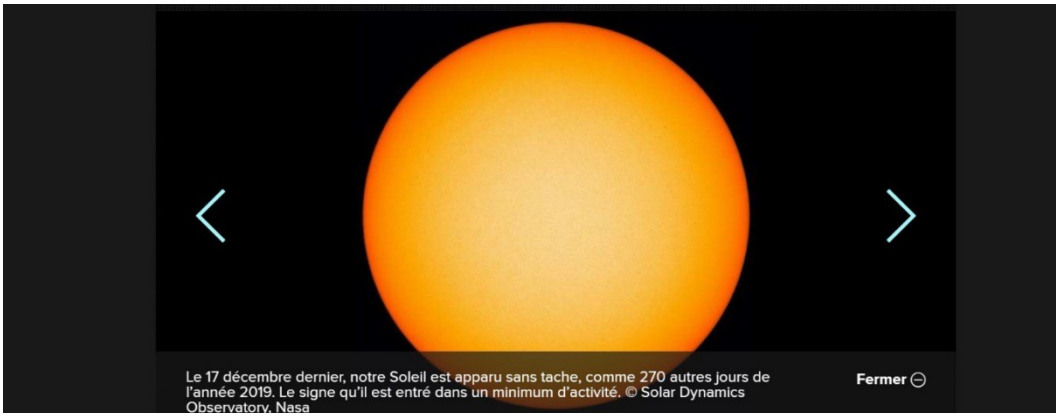


Figure V.1. Trois types d'évapotranspiration estimés par le modèle FAO-56 : Evapotranspiration de référence (ET_0), évapotranspiration sous les conditions standard (ET_c) et sous les conditions réelles. (ET_r) (Allen *et al.*, 1998).

Source : FAO-56, 1995.

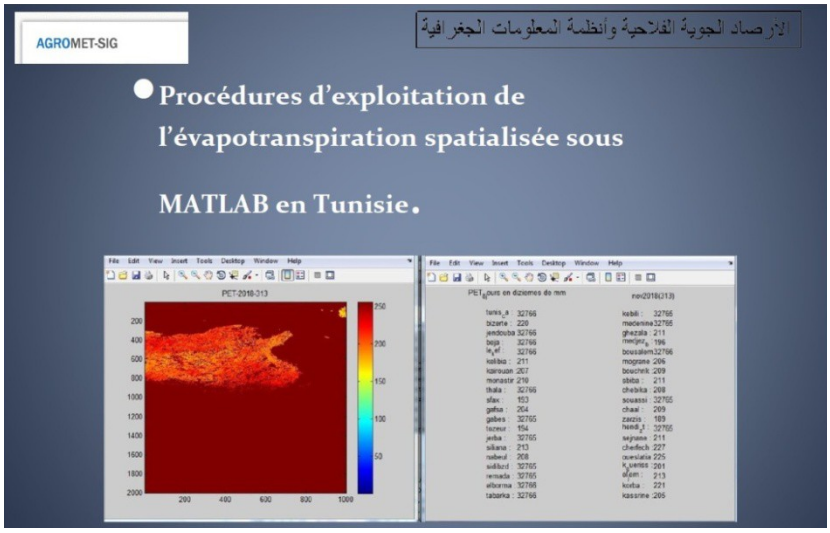




Courrier international

Il faut en moyenne 11 ans pour que le Soleil, naine jaune dont le rayonnement permet la vie sur Terre, accomplisse un cycle d'activité complet. Depuis février 2010 et jusqu'au mois de juin 2020, l'Observatoire des dynamiques solaires (SDO) de la NASA a photographié l'astre en orbite autour du centre de notre système solaire. La vidéo en timelapse publiée le 24 juin par l'agence spatiale américaine compile pas moins de *"425 millions d'images en haute résolution"* du Soleil, rapporte **The Guardian**.

Ce film *"hypnotisant"* de 61 minutes montre *"les grandes transformations que vit le soleil pendant les 11 années d'un cycle solaire : les pôles nord et sud de l'étoile s'inversent et des taches solaires apparaissent en raison des gaz qui modifient les champs magnétiques stellaires"*, détaille le quotidien britannique. Chaque seconde de cette vidéo correspond à une journée dans la vie du Soleil : la première image retenue dans ce timelapse a été prise le 2 juin 2010, et la dernière, le 1er juin 2020.



ET-MODIS (NASA) – BEN DAKHLIA, 2018.

Procédure MATLAB de prétraitement des images MODIS / NASA et d'extraction des données des sites correspondants aux coordonnées des stations météorologiques principales.

```
fid1=10;
fid2=20;
y16int =PET_500m;
%figure(1);
%colormap(jet(128));
%image (y16int);
%
fid2=fopen('C:\\Users\\bdakhlia\\Documents\\MATLAB\\mano32','w+','b');
%conversion format uint8 ou 16 en virgule flottante 32 bits
fwrite(fid2,y16int,'float');
fclose(fid2);
fid1=fopen('C:\\Users\\bdakhlia\\Documents\\MATLAB\\mano32','r','b');
%recuperation de la matrice de donnees  domaine 2400_2400;
%yVF32 = fread(fid1,[2400,2400],'float');
%fclose(fid1);
%figure(2);
%yVF32_dix = yVF32 / 10.;
%colormap(jet(128));
%image(yVF32_dix);
%image(yVF32);
%fid1=10;
%fid2=20;
fid3=30;
%fid1=fopen('C:\\Users\\bdakhlia\\Documents\\MATLAB\\mano32','r','b');
fid3=fopen('C:\\Users\\bdakhlia\\Documents\\MATLAB\\fmat','w+');
e2=fread(fid1,[2400,2400],'float');
```

```
 %
%
for k=400:2400
   for l=1400:2400
       if k < 400 ee(k,l) = 0;
      elseif l < 1400 ee(k,l) = 0;
      else ee(k,l) = e2(k,l);

       end
   end
end
%colormap(jet(256));
%
%
%figure(1);
%
%image(ee);
for m=1:1000
   for n=1:2000
       mat(m,n) = ee(n+400,m+1400);
   end
end
fprintf(fid3,'%4d',mat);
%
%
figure(1);
title('PET_2018_313/dixieme mm');
colormap(jet(256));
c=rot90(mat);
%cc=flipud(c);
ET = flipud(c);
%image(cc);
image(ET);
%fclose(fid1);
%fclose(fid2);
fclose(fid3);
%
figure(2);
% ecriture dans graphe
title('PET_8_jours en diziemes de mm');
 subplot(1,2,1);
      % str_mn=int2str(ET(xp(12),yp(12)));
      % str_mn2=int2str(ET(xp(8),yp(6)));
       %str_mn3=int2str(ET(xp(5),yp(5)));
 x=CRTNS_c(:,1);
y=CRTNS_c(:,2);
yy= 600 - y;
% % extraction ET-stations
 % ET_tunis_ca = int2str(ET(xp(1),yp(1)));
```

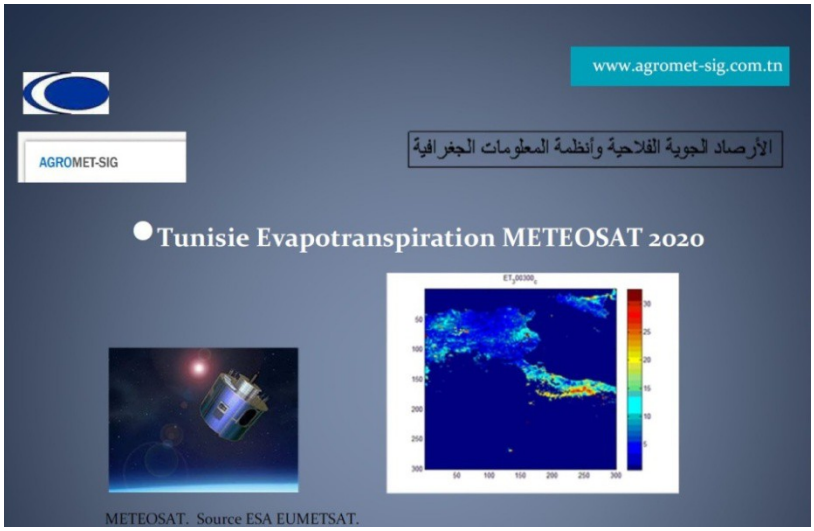
```
ET_tabarka = int2str(ET(xp(2),yp(2)));
ET_bizerte = int2str(ET(xp(3),yp(3)));
ET_jendouba = int2str(ET(xp(4),yp(4)));
ET_beja = int2str(ET(xp(5),yp(5)));
ET_le_kef = int2str(ET(xp(6),yp(6)));
ET_kelibia = int2str(ET(xp(7),yp(7)));
ET_kairouan = int2str(ET(xp(8),yp(8)));
ET_monastir = int2str(ET(xp(9),yp(9)));
ET_thala = int2str(ET(xp(10),yp(10)));
ET_sfax =  int2str(ET(xp(11),yp(11)));
ET_gafsa =  int2str(ET(xp(12),yp(12)));
ET_gabes =  int2str(ET(xp(13),yp(13)));
ET_tozeur =  int2str(ET(xp(14),yp(14)));
ET_jerba = int2str(ET(xp(15),yp(15)));
ET_siliana = int2str(ET(xp(16),yp(16)));
ET_nabeul =  int2str(ET(xp(17),yp(17)));
ET_sidibzd = int2str(ET(xp(18),yp(18)));
ET_remada =  int2str(ET(xp(19),yp(19)));
ET_elborma =  int2str(ET(xp(20),yp(20)));
ET_medenine = int2str(ET(xp(21),yp(21)));
ET_kebili = int2str(ET(xp(22),yp(22)));
%
% stations secondaires
%
ET_ghezala = int2str(ET(xp(23),yp(23)));
ET_medjez_b = int2str(ET(xp(24),yp(24)));
ET_bousalem = int2str(ET(xp(25),yp(25)));
ET_mograne = int2str(ET(xp(26),yp(26)));
ET_bouchrik = int2str(ET(xp(27),yp(27)));
ET_sbiba = int2str(ET(xp(28),yp(28)));
ET_chebika = int2str(ET(xp(29),yp(29)));
ET_souassi = int2str(ET(xp(30),yp(30)));
ET_chaal = int2str(ET(xp(31),yp(31)));
%
ET_zarzis = int2str(ET(xp(32),yp(32)));
ET_hendi_zt = int2str(ET(xp(33),yp(33)));
ET_sejnane = int2str(ET(xp(34),yp(34)));
ET_cherfech = int2str(ET(xp(35),yp(35)));
ET_oueslatia = int2str(ET(xp(36),yp(36)));
ET_k_gueriss = int2str(ET(xp(37),yp(37)));
ET_el_jem = int2str(ET(xp(38),yp(38)));
ET_korba = int2str(ET(xp(39),yp(39)));
%
ET_kassrine = int2str(ET(xp(40),yp(40)));
%
%
%
disp(ET_sidibzd);
disp(ET_remada);
```

```
disp(ET_nabeul);
disp(ET_tabarka);
disp(str_mn);
      disp(str_mn2);
      disp(str_mn3);
      %
      hold on;
title('PET_8_jours en diziemes de mm');
     % title('stations principales');
     % text(0,0.2,str_mn);
     % text(0,0.4,str_mn2);
text(0.2,0.95,'tunis_ca :'); text(0.5,0.95,ET_tunis_ca);
%text(0.2,0.95,'tabarka :'); %text(0.5,0.95,ET_tabarka);
text(0.2,0.9,'bizerte :'); text(0.5,0.9,ET_bizerte);
text(0.2,0.85,'jendouba :'); text(0.5,0.85,ET_jendouba);
text(0.2,0.8,'beja :'); text(0.5,0.8,ET_beja);
text(0.2,0.75,'le_kef :'); text(0.5,0.75,ET_le_kef);
text(0.2,0.7,'kelibia :'); text(0.5,0.7,ET_kelibia);
text(0.2,0.65,'kairouan :'); text(0.5,0.65,ET_kairouan);
text(0.2,0.6,'monastir :'); text(0.5,0.6,ET_monastir);
text(0.2,0.55,'thala :'); text(0.5,0.55,ET_thala);
text(0.2,0.5,'sfax :'); text(0.5,0.5,ET_sfax);
text(0.2,0.45,'gafsa :'); text(0.5,0.45,ET_gafsa);
text(0.2,0.4,'gabes :'); text(0.5,0.4,ET_gabes);
text(0.2,0.35,'tozeur :'); text(0.5,0.35,ET_tozeur);
%
text(0.2,0.3,'jerba :'); text(0.5,0.3,ET_jerba);
text(0.2,0.25,'siliana :'); text(0.5,0.25,ET_siliana);
text(0.2,0.2,'nabeul :'); text(0.5,0.2,ET_nabeul);
text(0.2,0.15,'sidibzd :'); text(0.5,0.15,ET_sidibzd);
text(0.2,0.1,'remada :'); text(0.5,0.1,ET_remada);
text(0.2,0.05,'elborma :'); text(0.5,0.05,ET_elborma);
%text(0.2,0.025,'medenine :');% text(0.5,0.025,ET_medenine);
%text(0.2,0.0,'kebili :'); %text(0.5,0.0,ET_kebili);
text(0.2,0.0,'tabarka :'); text(0.5,0.0,ET_tabarka);

%
%
    %  text(0,0.5,str_mn3);
     % text(0,0.6,nomsta(2));
     % text(0,0.7,str_mn3);
     % text(0.5,0.5,nomsta);
%
axis off
%
figure(2);
subplot(1,2,2);
hold on;
%title
```

```
%text(0,0,str400);
%text(1,0.6,'ESSAI');
%
%
%
%title('ET_8_jours en diziemes de mm');
title('nov2018(313)');
   text(0.2,0.95,'kebili :'); text(0.5,0.95,ET_kebili);
text(0.2,0.9,'medenine :'); text(0.5,0.9,ET_medenine);
text(0.2,0.85,'ghezala :'); text(0.5,0.85,ET_ghezala);
text(0.2,0.8,'medjez_b :'); text(0.5,0.8,ET_medjez_b);
text(0.2,0.75,'bousalem :'); text(0.5,0.75,ET_bousalem);
text(0.2,0.7,'mograne :'); text(0.5,0.7,ET_mograne);
text(0.2,0.65,'bouchrik :'); text(0.5,0.65,ET_bouchrik);
text(0.2,0.6,'sbiba :'); text(0.5,0.6,ET_sbiba);
text(0.2,0.55,'chebika :'); text(0.5,0.55,ET_chebika);
text(0.2,0.5,'souassi :'); text(0.5,0.5,ET_souassi);
text(0.2,0.45,'chaal :'); text(0.5,0.45,ET_chaal);
text(0.2,0.4,'zarzis :'); text(0.5,0.4,ET_zarzis);
text(0.2,0.35,'hendi_zt :'); text(0.5,0.35,ET_hendi_zt);
text(0.2,0.3,'sejnane :'); text(0.5,0.3,ET_sejnane);
text(0.2,0.25,'cherfech :'); text(0.5,0.25,ET_cherfech);
text(0.2,0.2,'oueslatia :'); text(0.5,0.2,ET_oueslatia);
text(0.2,0.15,'k_gueriss :'); text(0.5,0.15,ET_k_gueriss);
text(0.2,0.1,'el_jem :'); text(0.5,0.1,ET_el_jem);
text(0.2,0.05,'korba :'); text(0.5,0.05,ET_korba);
text(0.2,0.0,'kassrine :'); text(0.5,0.0,ET_kassrine);
axis off

%
```



ET- METEOSAT (ESA) BEN DAKHLIA 2020.

Procédure MATLAB de prétraitement des images METEOSAT et d'extraction des données des sites correspondants aux coordonnées des stations météorologiques principales.

ET-ESA-300-300

```
start = [2000,600];
count = [300,300];
fid1 = 10;
fid2 = 20;
%fid3 = 30;


A300_300 = h5read('C:\Users\benda\Documents\new.h5','/ET',start,count);
%close(fid);
data300 = A300_300;
fid2 = fopen('C:\Users\benda\Documents\manofloat','w+','b');
%
fwrite(fid2,data300,'float');
fid1 = fopen('C:\Users\benda\Documents\manofloat','r','b');
ETreel = fread(fid1,[300,300],'float');
figure(1);
colormap(jet(32));
ETreel300 = ETreel *(1./100.);
image(ETreel300);
%fprintf(fid3),


%FullImage = image (data100);
B = double(ETreel300);
C = rot90(B,1);
D = flipud(C); colormap(jet(32));
FullImage = image(D);

ET = D;
%colormap(jet(256));
%
%
close(fid1);
close(fid2);
%figure(1);
stations = grille300300tun1;
%image(ee);
 %
figure(2);
% ecriture dans graphe
title('ET jour mm');
```

```
% subplot(1,2,1);
      % str_mn=int2str(ET(xp(12),yp(12)));
      % str_mn2=int2str(ET(xp(8),yp(6)));
       %str_mn3=int2str(ET(xp(5),yp(5)));
%x=CRTNS_c(:,1);
 xp = stations(:,5);
 yp = stations(:,6);
%y=CRTNS_c(:,2);
%yy= 600 - y;
% % extraction ET-stations
ET_bizerte = num2str(ET(xp(1),yp(1)));
ET_tabarka = num2str(ET(xp(2),yp(2)));
ET_kelibia = num2str(ET(xp(3),yp(3)));
ET_tunis = num2str(ET(xp(4),yp(4)));
ET_jendouba = num2str(ET(xp(5),yp(5)));
ET_nabeul = num2str(ET(xp(6),yp(6)));
ET_siliana = num2str(ET(xp(7),yp(7)));
ET_monastir = num2str(ET(xp(8),yp(8)));
ET_kairouan = num2str(ET(xp(9),yp(9)));
ET_thala = num2str(ET(xp(10),yp(10)));
ET_sidibzd = num2str(ET(xp(11),yp(11)));
ET_sfax=  num2str(ET(xp(12),yp(12)));
ET_gafsa =  num2str(ET(xp(13),yp(13)));
ET_tozeur =  num2str(ET(xp(14),yp(14)));
ET_gabes = num2str(ET(xp(15),yp(15)));
ET_kebili = num2str(ET(xp(16),yp(16)));
ET_medenine =  num2str(ET(xp(17),yp(17)));
ET_remada = num2str(ET(xp(18),yp(18)));
ET_elborma =  num2str(ET(xp(19),yp(19)));

%
%disp(ET_sidibzd);
disp(ET_remada);
disp(ET_nabeul);
disp(ET_tabarka);

       %
 %      hold on;
title('PET_jour mm');
      % title('stations principales');
      % text(0,0.2,str_mn);
      % text(0,0.4,str_mn2);
text(0.2,0.95,'tunis_ca :'); text(0.5,0.95,ET_tunis);
text(0.2,0.92,'tabarka :'); text(0.5,0.92,ET_tabarka);
text(0.2,0.9,'bizerte :'); text(0.5,0.9,ET_bizerte);
text(0.2,0.85,'jendouba :'); text(0.5,0.85,ET_jendouba);
%text(0.2,0.8,'beja :'); text(0.5,0.8,ET_beja);
%text(0.2,0.75,'le_kef :'); text(0.5,0.75,ET_le_kef);
text(0.2,0.7,'kelibia :'); text(0.5,0.7,ET_kelibia);
```

```
text(0.2,0.65,'kairouan :'); text(0.5,0.65,ET_kairouan);
text(0.2,0.6,'monastir :'); text(0.5,0.6,ET_monastir);
text(0.2,0.55,'thala :'); text(0.5,0.55,ET_thala);
text(0.2,0.5,'sfax :'); text(0.5,0.5,ET_sfax);
text(0.2,0.45,'gafsa :'); text(0.5,0.45,ET_gafsa);
text(0.2,0.4,'gabes :'); text(0.5,0.4,ET_gabes);
text(0.2,0.35,'tozeur :'); text(0.5,0.35,ET_tozeur);
%
%text(0.2,0.3,'jerba :'); text(0.5,0.3,ET_jerba);
text(0.2,0.25,'siliana :'); text(0.5,0.25,ET_siliana);
text(0.2,0.2,'nabeul :'); text(0.5,0.2,ET_nabeul);
%text(0.2,0.15,'sidibzd :'); text(0.5,0.15,ET_sidibzd);
text(0.2,0.1,'remada :'); text(0.5,0.1,ET_remada);
text(0.2,0.05,'elborma :'); text(0.5,0.05,ET_elborma);
%text(0.2,0.025,'medenine :');% text(0.5,0.025,ET_medenine);
%text(0.2,0.0,'kebili :'); %text(0.5,0.0,ET_kebili);
%text(0.2,0.0,'tabarka :'); text(0.5,0.0,ET_tabarka);

%
%
%  text(0,0.5,str_mn3);
      % text(0,0.6,nomsta(2));
      % text(0,0.7,str_mn3);
      % text(0.5,0.5,nomsta);
%
axis off
%
%subplot(1,2,2);
% hold on;
%title
%text(0,0,str400);
text(1,0.6,'ESSAI');
%
%
%
```