

Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Téledétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

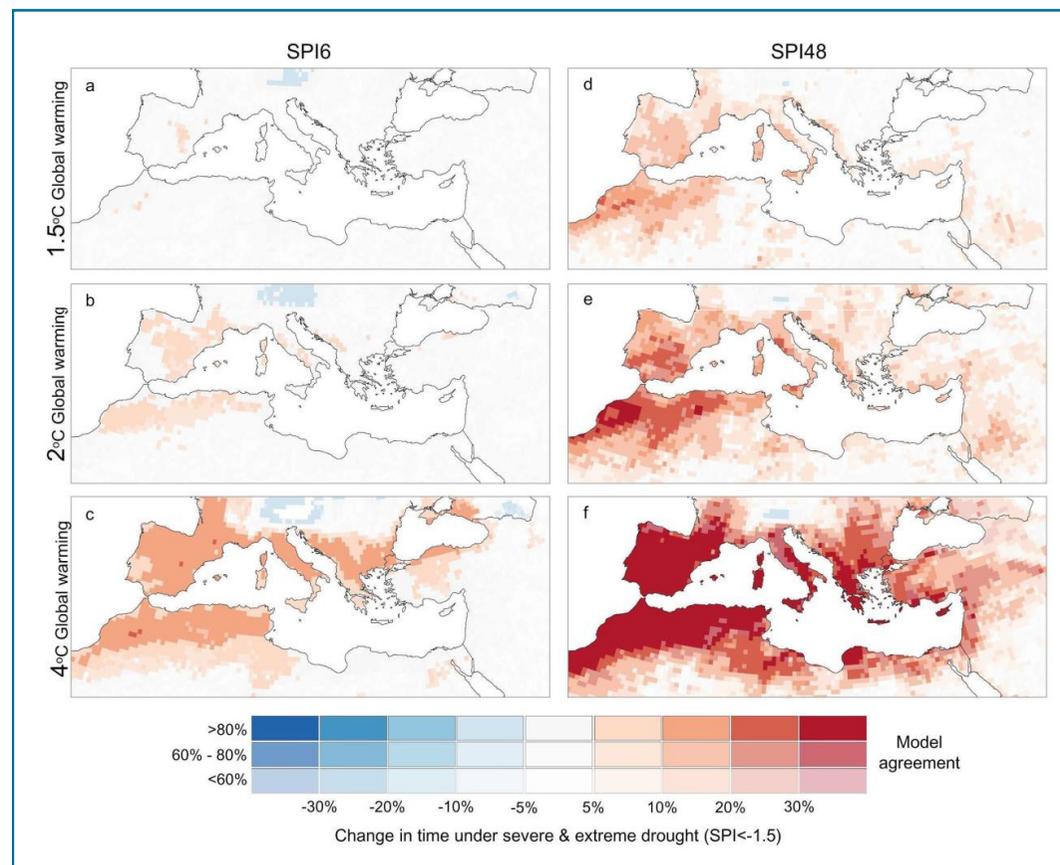
CES

La sécheresse est « **une période prolongée et anormale de manque d'humidité** » (Palmer, 1965).

La sécheresse :

- fait partie de la variabilité du climat.
- est anormale, on s'éloigne de la moyenne.
- n'est pas un état permanent du climat (aridité)
- n'est pas un état court de manque d'eau (stress hydrique)

Le sud de la Méditerranée est confronté à de sérieux défis avec des ressources en eau intrinsèquement faibles, irrégulières et en constante diminution. Une augmentation de la durée et intensité des sécheresse est attendue dans le futur (Tramblay et al., 2020).



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Trambly Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et Télédétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

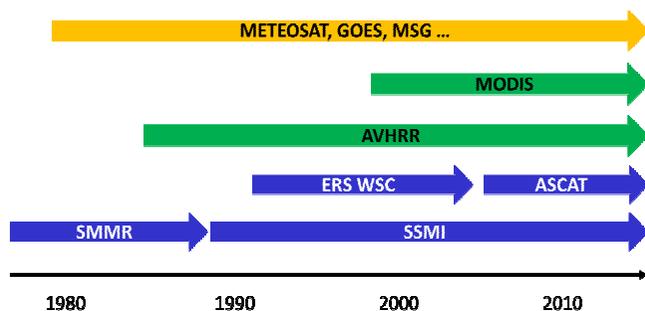
Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

CES

Les observations issues de la télédétection spatiale sont disponibles sans restriction à l'échelle mondiale sur les propriétés de la surface et parfois disponibles depuis quelques décennies.



La sécheresse provient d'un déficit de pluviométrie est qualifiée en terme d'impacts :

- **Météorologiques**: l'intensité, la fréquence et la durée de la période sèche.
- **Agronomiques**: les cultures sont habituellement les premières touchées par la sécheresse.
- **Hydrologiques**: les stocks d'eau (aquifères, barrages, manteau neigeux ...) sont touchés par un déficit de recharge et une augmentation de la demande en eau.

- **Précipitations**: TRMM, GPM ...
- **Humidité du sol en surface**: ASCAT, SMOS, SMAP ...
- **Développement et rendement de la végétation**: MODIS, SPOT, Sentinel ...
- **Stress de la végétation**: Landsat, MODIS ...
- **Niveau de l'eau dans les lacs et les rivières**: JASON, SWOT
- **Stockage des eaux souterraines**: GRACE
- **Couverture neigeuse**: MODIS, Sentinel ...

Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Télédétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

CES

Indicateurs d'état

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

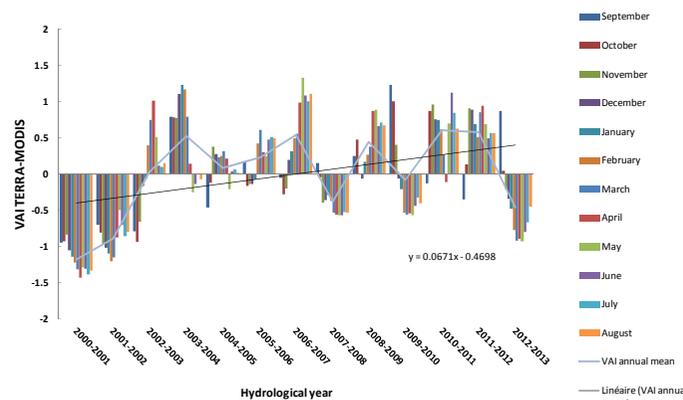
$$SWI(t) = \frac{\sum_i m_s(t_i) e^{-(t-t_i)/T}}{\sum_i e^{-(t-t_i)/T}}$$

Anomalies

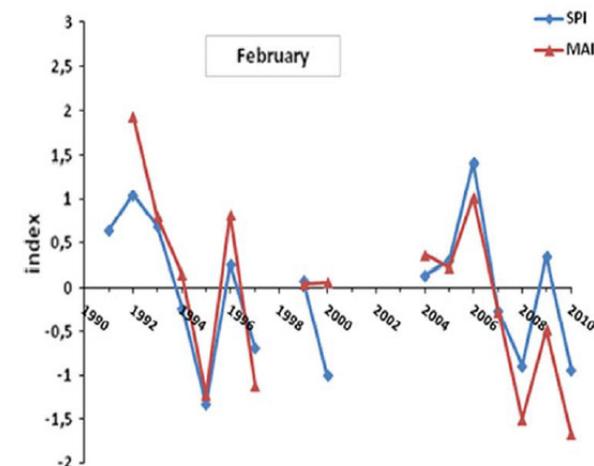
$$VAI = \frac{NDVI - NDVI_{mean}}{\sigma}$$

$$MAI = \frac{SWI - SWI_{mean}}{\sigma}$$

Anomalie VAI en sur la base du capteur MODIS. Tunisie (Zribi et al, 2016).



La comparaison de l'indice MAI dérivé des satellites ASCAT et ERS avec l'indice SPI calculé à partir de données météo montre une bonne correspondance dans la région de Kairouan en Tunisie (Amri et al., 2012)



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Téledétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

CES

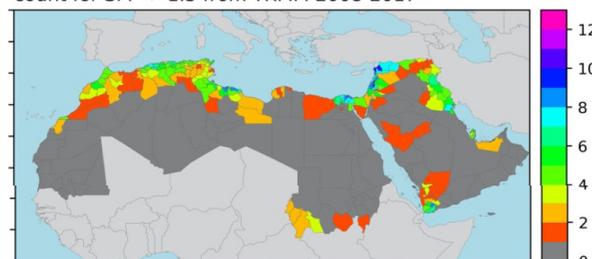
Najem et al. (2019) ont utilisé les données TRMM pour calculer l'indicateur SPI (Standardized Precipitation Index) et les données ESA CCI SM pour l'indicateur SMI (Standardized Soil Moisture Index). Il ont ainsi montré les complémentarités des informations obtenues par différents indicateurs.

Dans l'Atlas marocain, **Skhiri et al, (2019)** ont montré que le déficit pluviométrique (SPI6) est fortement corrélé avec un déficit de végétation (VAI).

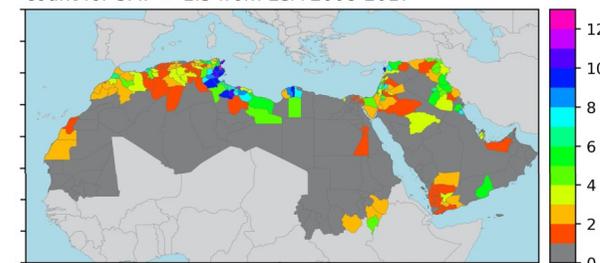
Les sécheresses identifiées en 1993-94 et 2000-2001 ont un fort impact sur l'aquifère du Haouz sollicité pour l'irrigation.

SPI vs SMI

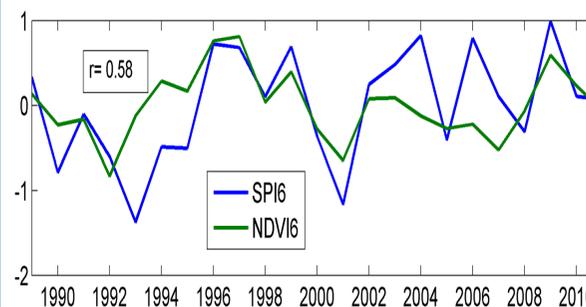
count for SPI < -1.5 from TRMM 2008-2017



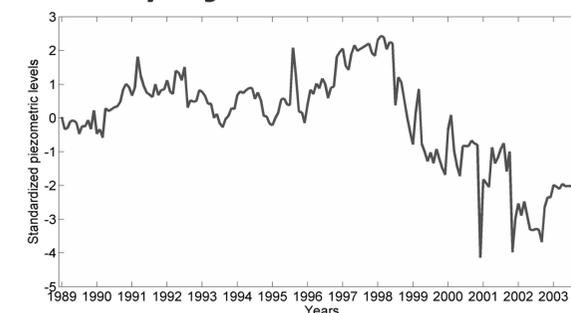
count for SMI < -1.5 from ESA 2008-2017



SPI vs NDVI



Aquifère



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Télédétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

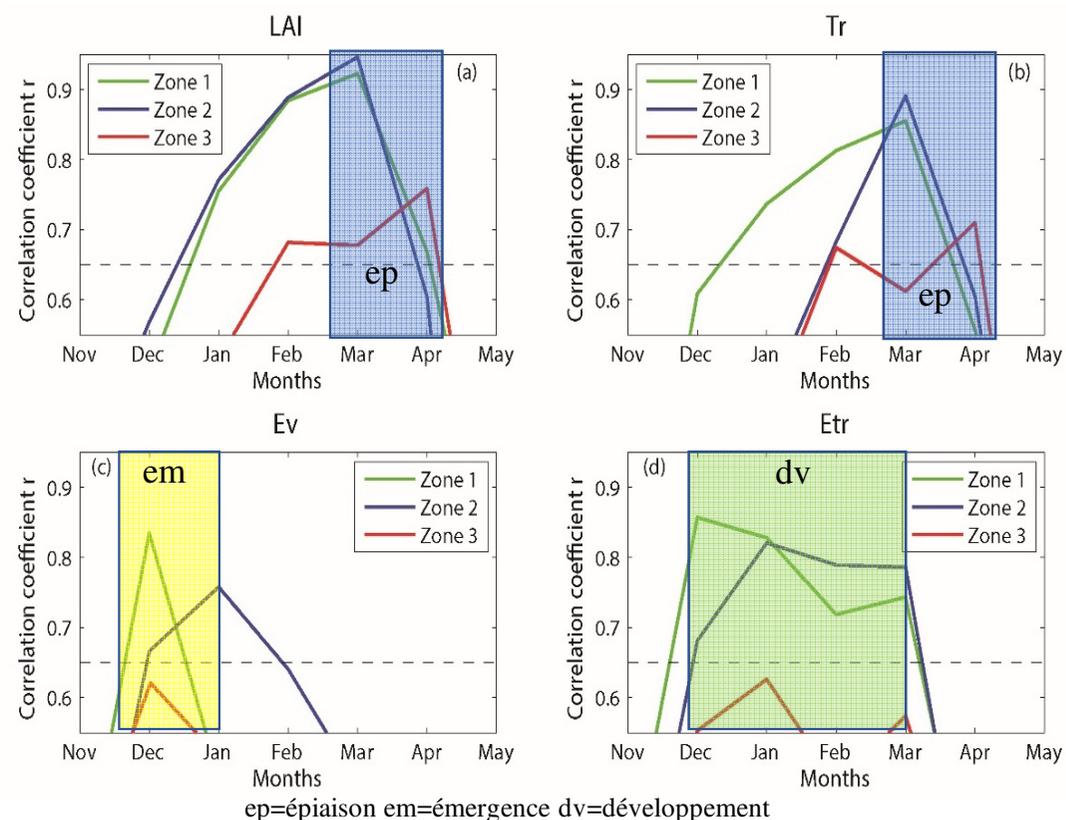
Prévisibilité

Application

CES

Dans une étude réalisée au Maroc (**Bouras et al. 2020**), la sécheresse est évaluée au moyen d'indices classiques dérivés de données de télédétection et des résultats d'un système d'assimilation de données dans un modèle de surface.

La corrélation entre le rendement céréalier et les indicateurs varie au cours de la saison agricole. En début de saison, la corrélation avec l'évaporation est importante. Lors du développement, c'est l'évapotranspiration qui l'emporte, alors qu'en fin de saison, c'est la relation avec le LAI et la température de surface qui est la plus forte.





Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

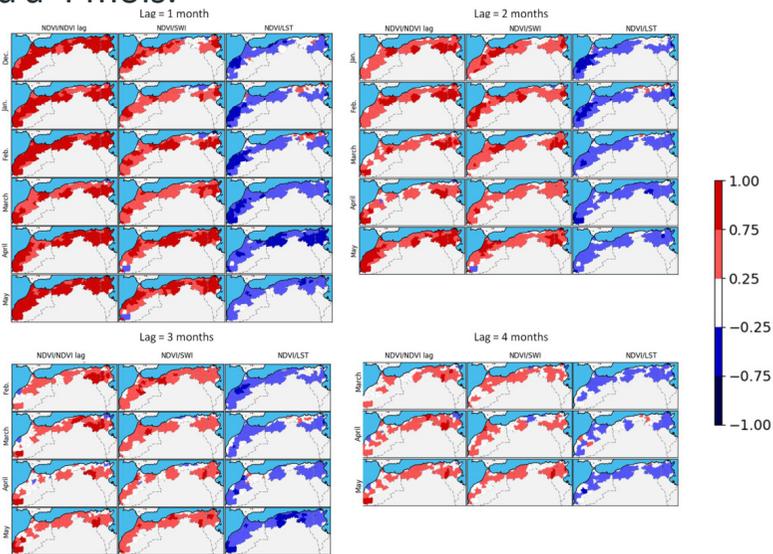
Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹



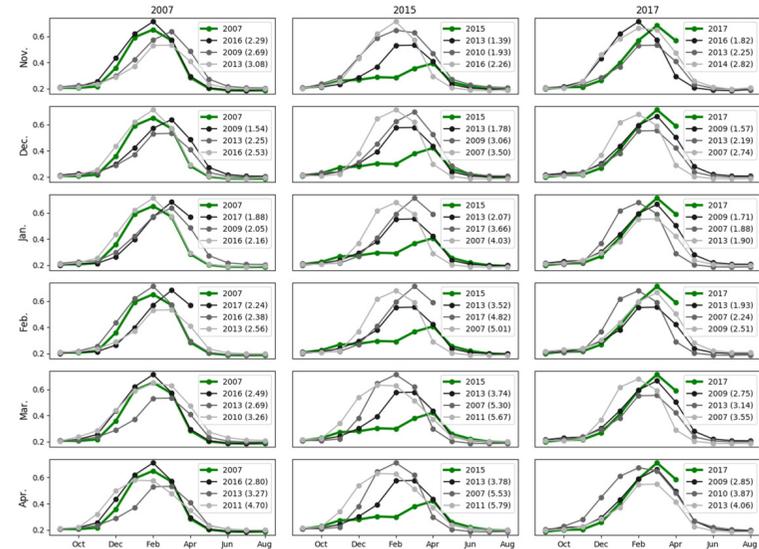
1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc

- Introduction
- Sécheresse et Télédétection
- Indicateurs
- Impacts spatialisés
- Impacts Rendements
- Prévisibilité
- Application
- CES

Dans une étude réalisée sur le nord-ouest de l'Afrique, **Le Page et Zribi (2019)** ont montré que la corrélation temporelle entre indicateurs de sécheresse dérivés de la télédétection persiste pour une durée qui peut aller jusqu'à 4 mois.



Une approche par recherches de **trajectoires analogues** dans les séries temporelles existantes d'indicateurs de sécheresse permet d'identifier la future trajectoire la plus probable avec deux à trois mois d'anticipation.



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et Télédétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

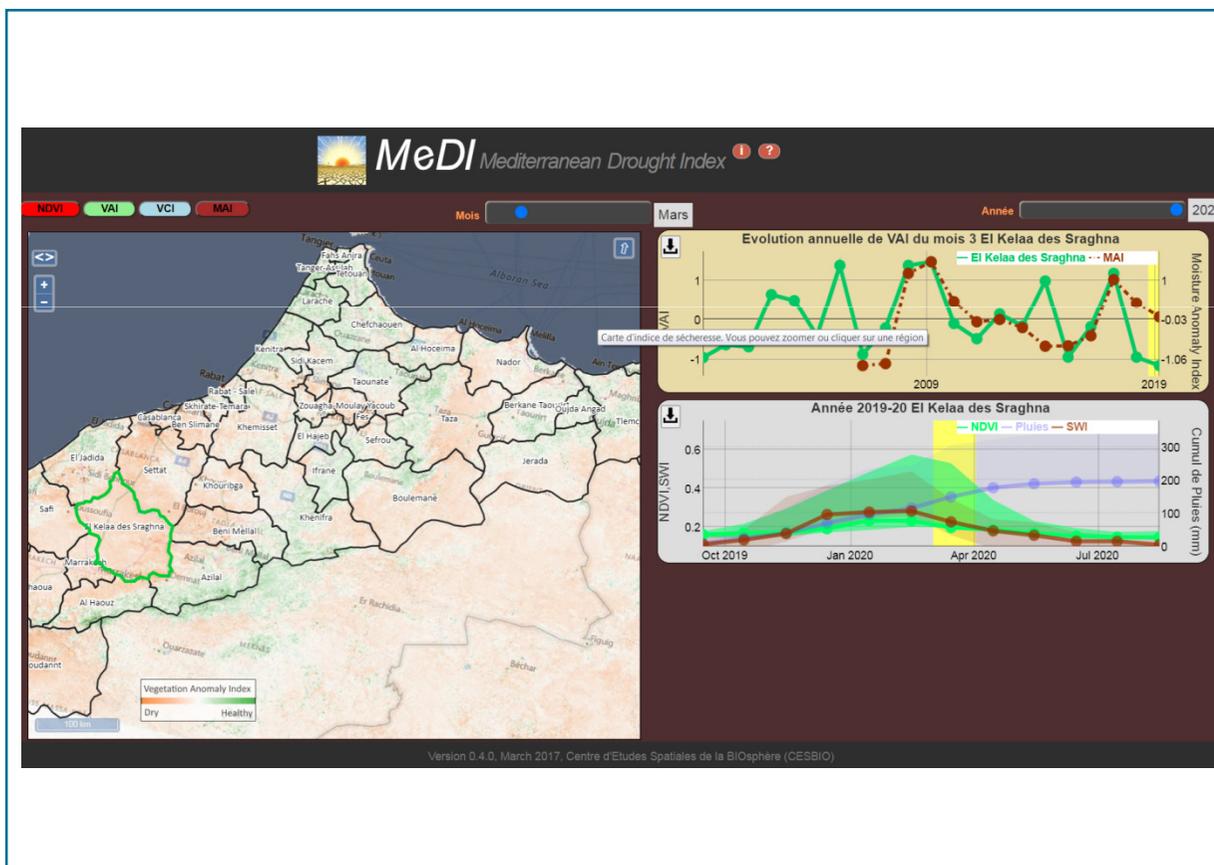
CES

Les applications MEDI (Mediterranean Drought Index) et FREDI (France Drought Index) reprennent une parties de ces éléments dans une interface qui permet d'explorer les dimensions spatiales et temporelle de la sécheresse.

Les sources de données qui sont actuellement exploitées sont le NDVI (MODIS 2000-2020) et le SWI (ASCAT 2007-2020).

<http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/medi>

<http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/fredi>



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguerir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Téledétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

CES

Lancement d'un nouveau Centre d'Expertise Scientifique « Sécheresse » dans le cadre de THEIA.

Laboratoires impliqués:



Centre d'Etudes Spatiale de la Biosphère, Toulouse



Institut des Géosciences de l'Environnement, Grenoble



Centre National de Recherches Météorologiques, Toulouse



HydroSciences Montpellier

		2021				2022-2023			
		T1	T2	T3	T4	S1	S2	S3	S4
I	Action de développement								
I.1	Phase I - Aléa de la sécheresse								
I.1.a	Base de données Indice de sécheresse								
I.1.b	Produit opérationnel SMOS								
I.1.c	Interface Web								
I.2	Phase II - Indice de risque (à définir en fonction de l'action II)								
II	Communauté CES Sécheresse								
II.1	Réunion de présentation								
II.2	Réunion consultation Phase II								
II.3	Réunions avancement Phase II								



Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée

Le Page M.¹, Al Bitar A.¹, Amri R.², Bouras E.³, Najem S.⁴, Zkhiri W.³, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,8}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,8}, Khabba S.^{5,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNES CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, INAT, Lr GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRSL, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UM6P, Benguérir, Maroc



Introduction

Sécheresse et
Télédétection

Indicateurs

Impacts spatialisés

Impacts Rendements

Prévisibilité

Application

Références

- Amri, R., Zribi, M., Lili-Chabaane, Z., Wagner, W. and Hasenauer, S.: Analysis of C-Band Scatterometer Moisture Estimations Derived Over a Semiarid Region, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(7), 2630–2638, doi:10.1109/TGRS.2012.2186458, 2012.
- Bouras E., Jarlan L., Er-Raki S., Albergel C., Richard B., Balaghi R., Khabba S., Linkages between rainfed cereal production and agricultural drought through remote sensing indices and a Land Data Assimilation System: a case study in Morocco., *Remote Sensing*, under review, 2020
- Le Page, M. and Zribi, M.: Analysis and Predictability of Drought In Northwest Africa Using Optical and Microwave Satellite Remote Sensing Products, *Scientific Reports*, 9(1), doi:10.1038/s41598-018-37911-x, 2019.
- Najem, S., Al Bitar, A., Faour, G., Jarlan, L., Mhawej, M., Fadel, A. and Zribi, M.: Drought Assessment using Micro-Wave Timeseries of Precipitation and Soil Moisture Over the Mena Region, in 2020 Mediterranean and Middle-East Geoscience and Remote Sensing Symposium (M2GARSS), pp. 289–292, IEEE, Tunis, Tunisia., 2020.
- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, V., Volaire, F., Boone, A., Le Page, M., Llasat, M. C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Kalic, K., Dupuy, J.-L., Greve, P., Grillakis, M., Hanich, L., Jarlan, L., Martin, N., Martinez-Vilalta, J., Mouillot, F., Pulido-Velazquez, D., Quintana-Segui, P., Renard, D., Turco, M., Türkes, M., Trigo, R., Vidal, J.-P. and Villagrosa, R.: Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios, *Earth-Science Reviews* 210 : 103348. [https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348.](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348), 2020
- Zkhiri, W., Tramblay, Y., Hanich, L., Jarlan, L. and Ruelland, D.: Spatiotemporal characterization of current and future droughts in the High Atlas basins (Morocco), *Theor Appl Climatol*, 135(1–2), 593–605, doi:10.1007/s00704-018-2388-6, 2019.
- Zribi, M., Dridi, G., Amri, R. and Lili-Chabaane, Z.: Analysis of the Effects of Drought on Vegetation Cover in a Mediterranean Region through the Use of SPOT-VGT and TERRA-MODIS Long Time Series, *Remote Sensing*, 8(12), 992, doi:10.3390/rs8120992, 2016.