
OSS-NC 2020

L'OBSERVATION SPATIALE AU SERVICE DE LA NOUVELLE- CALEDONIE

*Utilisation de l'imagerie spatiale au profit de la gestion durable du
territoire et des ressources*

Atelier Thématique n°1 : SECHERESSE

Mercredi 18 Novembre 2020

Compte Rendu



1. ATELIERS THEMATIQUES

De nombreux sujets et thématiques peuvent être considérés comme importants voire prioritaires en Nouvelle-Calédonie. Dans le cadre dudit séminaire, il est en outre envisagé la tenue d'Ateliers Thématiques (AT) selon des domaines particuliers prédéfinis.

Le but de ces AT est de pouvoir rassembler autour d'une même table les différents acteurs, qu'ils soient producteurs, commanditaires ou utilisateurs de données, ayant attrait à une thématique ciblée, ce afin de tenir des **discussions collégiales** sur le sujet.

L'enjeu de ces discussions est, d'une part, la définition d'une **méthodologie** globale tenant compte des différents tenants et aboutissants liés au domaine de la géomatique et à l'imagerie spatiale, et, d'autre part, la mise en place d'une **typologie** relative à la thématique ciblée qui puisse être la plus adaptée aux différents besoins des utilisateurs.

Ces ateliers constituent en outre une étape importante dans la mise en place de réels « **outils-pays** », en tant que base solide d'une démarche globale puisqu'ils constituent la première étape d'une **démarche itérative** ayant pour but d'atteindre la meilleure qualité possible pour l'outil final.

Plusieurs thématiques sont donc envisagées dans le cadre dudit séminaire :

-  AT 1 : Sécheresse
-  AT 2 : Mode d'Occupation des Sols (MOS)
-  AT 3 : Suivi de l'espace maritime
-  AT 4 : Biomasse

2. ATELIER : SECHERESSE

2.1. Description

Coordination et Animation

- **CES THEIA** "Humidité des sols" (**Michel Lepage** - Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère - UMR CESBIO-IRD) et **Ahmad Al Bitar** (CESBIO-CNRS)

En 1965, Palmer propose de définir la sécheresse comme "une période prolongée et anormale de manque d'humidité". Le sud de la Méditerranée est identifié dans plusieurs rapport du GIEC comme une région critique vis-à-vis des futurs événements de sécheresse. Dans cette région aux ressources en eau intrinsèquement faibles, irrégulières et en constante diminution, les sécheresses récurrentes ne sont pas le moindre des challenges (Tramblay et al., 2020). Plusieurs recherches ont montré que l'observation spatiale est une source fiable et systématique pour l'analyse et la prédiction de la sécheresse dans cette région. En Tunisie, de longues séries temporelles de données optiques ont été utilisées pour l'analyse de la sécheresse (Amri et al., 2011; Zribi et al., 2016). Amri et al. (2012) ont comparé les humidités du sol estimées à partir des observations micro-onde (ENVISAR, ASCAT) pour aboutir à un indice normalisé de sécheresse du sol. Au Maroc, Zkhirri et al., (2019) ont montré qu'il y avait une forte corrélation entre l'indice SPI calculé à partir de stations locales et les anomalies de végétation obtenues à partir du produit NDVI AVHRR-GIMS. Najem et al., (2020) ont comparé sur le Liban le SPI dérivé d'un produit de précipitation issu de la télédétection (produit NASA TRMM), avec un indice normalisé d'humidité du sol provenant lui aussi de l'observation spatiale (produit ESA CCI). Bouras et al., (2020) ont examiné l'impact de la sécheresse sur les rendements en combinant plusieurs produits de télédétection. Le Page and Zribi, (2019) ont combiné des produits d'humidité du sol (ASCAT), de végétation et de température de surface (MODIS) pour analyser et prédire la sécheresse dans la région Maghreb. Une application web a été développée dans ce sens (<http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/medi>). Enfin, à l'échelle globale, le suivi des anomalies d'humidité en zone racinaires issus de capteur en micro-onde passive permettent d'identifier les zones critiques des mois en avance (Al Bitar et al. 2013, Lopez et al. 2020) (<https://www.catds.fr>).

- **Météo France** (**Alexandre Peltier** – Responsable division climatologie)

Actuellement, Météo-France NC utilise les données issues des pluviomètres (Standardized Precipitation Index) pour faire le suivi des épisodes de sécheresse météorologiques (<http://www.meteo.nc/en-savoir-plus/accueil/actualites/500-point-sur-la-secheresse-meteorologique-en-cours-en-nouvelle-caledonie>) Les pluviomètres ne couvrent pas toutes les communes et il existe une hétérogénéité spatiale dans les épisodes de sécheresses, notamment dans les phases de déclenchement et d'atténuation, ce qui complique la tâche des décideurs lors des procédures de reconnaissance des calamités agricoles. Le recours à un indice de végétation spatialisé pourrait combler cette lacune. De plus, un indice qualifiant l'état de la végétation semble a priori plus adapté pour caractériser la sécheresse agricole que l'outil actuel ne tient pas compte que du déficit pluviométrique alors que la température, l'humidité, le vent et le rayonnement solaire global contribuent eux aussi au stress hydrique des végétaux.

- **ART GeoDEV-NC**

Liste des inscrits (35)

Nom Prénom	Entité	Nom Prénom	Entité
AFRO Pascal	AQUA TERRA	GOUSSARD Basile	Promethee
AMOLE Dyamella	Service des Travaux-Publics	LE DAIN Olivier	DAC NC
ARATA Clément	GICAN	LEREBOURS Johanna	SHOM
AUBERT Maelle		MANDAOUE Louise	Province Nord
AVRON Thomas	UNC	MANGEAS Morgan	IRD
BOULAIRE Yoann	Shom	MENARD Thomas	Gouv. NC
BOURASSIN Emmanuel	IFREMER	MENKES Christophe	IRD
BOUZAYANI Fethi	GEREP	NGUYEN Giao-Minh	Prométhée
BRISSET Maelle	IFREMER	NOURY Samuel	Province Nord
BUISSON Damien	Gouv. NC	PESTAÑA Pierre	Ville de NEA
DELATHIERE Clifford	Gouv. NC / DITTT	PETIT Chantal	DDDT
DI MEO Aurélien	province Sud	SOULARD Benoit	Ifremer
DUCOURET Emilie	Association Noé	TCHANA Elisee	FAO
DUPRAT Marine	VDN	VILLEMMAIN Jérôme	Province Sud
ELIA Jean-Pierre	Province des Iles Loyauté	VIRAPIN Laure	Agence rurale
ERRAJI Ahmed	Univ. Toulouse	WINCHESTER Pearl	DAVAR / SDE
ESTEBE Mathieu	Province Nord	WOTLING Geoffroy	DAVAR/SDE
FLEUROT Dominique	Province Nord		

2.2. Contexte

Tous les ans, la Nouvelle-Calédonie est en proie à une période de sécheresse dont les conséquences peuvent être multiples et concerner les domaines très divers comme : les feux de forêt, l'agriculture, les ressources en eau... Par ailleurs, fruit des changements globaux, on observe l'intensification des effets des phénomènes El Nino et La Nina, influant inéluctablement sur les périodes de sécheresses et leurs impacts.

Il convient en outre que des modèles de sécheresse météorologique sont déjà en place et que ceux-ci répondent à bon nombre d'usages. Il apparait en revanche que certaines problématiques mériteraient d'être adressées en considérant des données complémentaires.

L'objectif général est ainsi de mettre autour de la table les différents acteurs ayant attrait de près ou de loin à la problématique de la sécheresse, de sorte notamment à travailler

collégalement sur une compréhension globale des problématiques rencontrées et des possibles solutions que le spatial pourrait apporter.

Objectifs de cet atelier :

- Présenter certains travaux menés en lien avec la thématique
- Partager les problématiques rencontrées en lien avec la thématique et les attentes éventuelles
- Imaginer les possibles solutions que le spatial pourrait apporter
- Etablir des actions à court, moyen ou long terme afin de répondre aux besoins des utilisateurs

2.3. Présentation des intervenants

Les intervenants se sont appuyés sur des présentations dont les PDF sont joints à ce compte rendu.

1. *Présentation de Météo France*

Contexte climatique de la NC

- Typologie des événements pluvieux
- Variations saisonnières et interannuelles
- Distribution spatiale des pluies 2008-2018 (côte est versus côte ouest)
- La Nina versus el niño

SPI : Indice de sécheresse météorologique en NC

- Définition : pas de définition unique de la sécheresse. Pour météo france = déficit par rapport à la normale sur longue durée
- Suivi opérationnel : Indice SPI, indice météo...

Historique des épisodes de sécheresse en NC

Le vent, facteur aggravant la sécheresse météorologique (exemple de 2019)

Qualifier et prévoir la sécheresse en Nouvelle-Calédonie : pour quels usages ? (Exemple de VKP ou de l'agence rurale)

2. *Présentation de Michel Le Page : « Utilisation du spatial pour la sécheresse : exemple sur le Sud méditerranée (applications MEDI et FREDI) »*

- Comparaison de plusieurs indicateurs utilisant sur les images satellitaires pour l'étude de la sécheresse
- Impacts spatialisés par indicateurs (SPI vs SMI et NDVI)
- Impacts des rendements (LAI, Tr, Ev et Etr)

- Prévisibilité
- Applications (MEDI, FREDI)
- Création prochainement d'un CES « sécheresse »
 - Pertinence de la mise en place d'un indice de sécheresse pour la NC
 - Phase 1 : interface et utilisation des produits existant
 - Phase 2 : Comité Scientifique pour identifier piste les plus importantes pour la recherche pour ce CES

3. Présentation d'Ahmad Al Bitar

L'intervention de M. Al Bitar s'est faite sur une base de plusieurs exemples tirés de plusieurs projets. Nous n'avons pas, à l'heure actuelle, la compilation de ces diapos. Nous ne pouvons donc que lister les sujets abordés lors de son intervention.

- Définition de la sécheresse
- Évolution de la sécheresse dans le temps
- Anomalies d'indice de sécheresse = séries temporelles
- Difficulté d'obtention des données actives (micro wave) sur NC (mais intéressant en Australie et influence pour la NC ?)
- Pour la NC : données plutôt radar de type SAR (Sentinel, ALOS...) ou visible (Sentinel 2) et thermique (Sentinel 3).

2.4. Réactions et questionnements

Ce chapitre est rédigé sous forme Question – Réponses. Tous les points ne sont pas forcément associés à des auteurs. Les réponses aux questions posées en séances, sont encadrées.

[Assemblée] Combien de données antérieures est-il nécessaire pour une analyse (pour anticipation notamment) ?

[CES] Dans l'exemple présenté sur MODIS, le début de période des données est 2016. Sur des événements très extrêmes il n'existe pas de données suffisantes pour rechercher des trajectoires analogues. Avantage des séries plus longues qu'utilise Météo France.

[Météo France] : Nos séries temporelles sont plus importantes mais que pour les quantités de précipitations et ce sur 27 points sur la NC. Ce qui correspond aux besoins des usagers principaux (décideurs...) qui préfèrent avoir une vision communale (où s'arrête la sécheresse par exemple pour l'indemnisation ?). Il est donc important pour Météo France d'être à cette échelle.

Cependant, il y a également de la disparité dans les données au sein de la commune.

Donc : Limité dans la spatialisation de l'info en NC si on tient compte que des précipitations.

Exemple : Il y a des épisodes de sécheresse que l'on ne voit pas si l'on considère uniquement les images satellitaires.

Donc il faut fusionner les sources d'information pour combler. La Météo ne voit que la pluie mais pas les impacts (ce que voient les satellites).

[Assemblée] Sur les 27 points il n'y a pas assez d'information pour interpolation ?

[Météo France] *Oui et non, car sur certaines communes il n'y a pas de station (ex. ouegoa où il y a plein d'agriculteurs)*

[Agence Rurale] : échelle communale = biais. Mais il faut se référer à qqle chose. Ex 15 oct 2019 au 31 mars 2020 (aides) sauf pour qqles communes qui ont eu 3 mois supplémentaires d'aide car plus d'impact de la sécheresse. Donc, dans ce cas de figure, une échelle plus intéressante serait : l'exploitation. Réflexion sur nos besoins avec différents partenaires sur ces points.

[ART] *Rappel des enjeux de l'atelier*

- *ce qui se fait ailleurs*
- *identification des particularités locales*
- *Moyens, solutions*

[Assemblée] : Le CES a-t'il pris en compte les zones urbaines ? croisement avec l'hydrologie (car comportement des sols différents) et avec l'artificialisation des sols ?

[CES] *L'intérêt principal de nos études est l'agriculture.*

Sur les constructions pas beaucoup de travaux de l'utilisation Sat et impact ont été fait.

Il y a néanmoins une caractérisation très fine depuis 2016 avec Sentinel pour le suivi des parcelles mais attention, il y a des blocages. Par exemple il y a bcp de pente en NC ce qui restreint l'utilisation des images radar (S1).

Pour S1 difficilement utilisable à 10m mais plutôt à 100m (speckle). Pour la sécheresse action à mener avec des indices de sécheresse sur longue période et évaluation impact à fine échelle récente par sat. sur l'agriculture.

[ART] Les premiers travaux datent de 2016 en Afr Nrd. Remontés d'utilisateurs sur vos informations ?

[CES] *C'est de la recherche faite avec des étudiants mais on travaille en parallèle avec organisme de gestion des ressources (en eau ou irrigation) pour la mise en place indemnisation. Côté sécheresse on n'est pas encore à ce niveau-là.*

[Assemblée]: Existents-ils d'autres applications sur l'utilisation des informations issues de leurs études ?

[CES] *Oui surtout pour la société civile. Par exemple le cloud seeding (composés d'argent par avion pour faire pleuvoir) : où lancer ce produit ?*

Pour les feux plus compliqué car fuel + conditions de sécheresse = produit plus spécifiques (assurances)

Grâce à la haute résol spatiale on a regardé aussi de séparer les classes d'occ sol (boisé, culture annuelle...) et identifier ce qui évolution

[DAVAR / Service de l'eau]

- Merci pour les présentations
- Indice vég prend bien en compte du verdissement (sécheresse en mars = 0 impact par exemple) ou l'humidité des sols permet être plus représentatif de la sécheresse.
- Question : pour la NC de quoi dispose t'on en terme d'indice, à quelle échelle spatiale et temporelle ?

[Météo France] Actuellement limite du suivi => regard sur les diff. indices mais pas de longues série de données et donc indices MODIS depuis 2000 = bonne corrélation entre SPI et EVI MODIS (anomalies standardisées). Marche plutôt bien avec fréquence tous les 16 jours. Si indice sur plus long terme : AVHRR depuis 1980.

[ART] Frein avec non disponibilité des données en NC (nuages...) ?

[CES] Couvert nuageux sur certaines zones géographiques récurrentes mais utilisation du radar est possible.

[ART] Qu'est-ce que l'on pourrait mettre en place en NC ? Michel et Hamad

[CES] MODIS est ok pour la NC (250 m de résolution) avec autres capteurs MODIS sur température de surface.

Produit synthèse 15j pratique car moins de nuages.

Pour AVHRR : très ancien et plus remplacé aujourd'hui par GOES

Fréquences pour la sécheresse : 15j est suffisant

Impacts sur veg, sol et humidité du sol.

Publication sur outils qui évalue la qualité des données S2 (% cloud cover sur NC par ex) : eo-compass.zgis.at/#/granulemaps

Exemple d'application : pour chaque parcelle : plusieurs images = cycle phénologiques de la végétation (ex. millet) = indice de rendement par parcelle

Connection importante la Nina et el niño qui permettrait d'analyser les impacts sur les rendements à l'avance.

[ART] : THEIA (A. Selle) production d'indice qui est déjà produit. Bon point de départ.

[CES] : c'est O. Hagolle fait cela (Maja). Données disponibles.

2.5. Identification des besoins dans cette thématique pour la NC (remontée des partenaires en séance)

- **[Assemblée]** Il y a un besoin évident de gestion de l'eau en NC

- **[Observatoire de l'Environnement (Oeil)]** Un suivi de la végétation et des incendies/surf. Brulées est réalisé avec une spatialisation fine de ces données à une échelle d'observation intra-communale sur l'ensemble du territoire. Par expérience les images MODIS (journalières mais entre 250m et 1km de résolutions spatiales) ne sont pas suffisantes en terme de précision mais donne une première approche. L'utilisation des données Sentinel (décamétrique) à l'échelle du territoire serait mieux adaptée car couverture totale avec ce capteur, annuellement possible et exploitable (gratuit).
- **[Urbanisme]** : lien entre images sat et occ sol. Ex. placer les limites entre zones agricoles et zones protégées. Permet d'affiner les cartes d'étude aujourd'hui. Orienté sur le risque (incendie, glissement de terrain...) = pour les exécutifs municipaux.
- **[Assemblée]** Ces données et indicateurs ne sont pas uniquement importants pour l'agriculture mais jouent également un rôle important pour l'Indemnisation pour l'Élevage et l'arboriculture.
- **[Assemblée]** Importance également sur l'aquaculture
- **[Assemblée]** En foresterie ces produits seraient intéressants sur le long terme (plusieurs dizaines d'année) pour la mesure d'impacts.
- **[Assemblée]** Gestion environnementale de zones naturelles: indice S pour couvert végétal, incendie... alimente des réflexions plus globales sur les impacts pour identifier des espaces à protéger
- **[DAVAR – service de l'Eau]** L'utilisation de la télédétection est utile pour la gestion de l'eau (par ex. produits de variation niveau surface : SWOT) mais ont bien souvent des résolutions spatiales non adaptées pour la NC. Mais pourquoi ne pas essayer. Besoins : répondre aux demandes des élus (états des rivières, niveaux). Idée : corrélér avec le terrain les éléments satellitaires.
- **[Assemblée]** Réservoirs en NC ?
 - **[Davar – service de l'Eau]** Lac de Yaté pour l'hydroélectricité essentiellement
- **[ART M. Lepage]** Il existe des satellites fait pour la gestion de l'eau : "Grace" et "Grace all1" (soutis car qualité spatiale moins bonne) est à 300 km de résolution spatiale. Observation de la hauteur des réservoirs par altimétrie radar et regarder les modifications des contours.
- **[ART]** Données SMOS sur sols ont résolution spatiale faible mais algo de désagrégation au CESBIO permettant d'améliorer la résolution spatiale.
- **[ART - A. Al Bitar]** Ces algo sont applicables mais bcp pour la mise en place (un nœud = 40km = difficile pour indice de brillance). Pb = données d'origine de SMOS (série de fourrier : bruits).

2.6. Conclusions

[ART - A. Al Bitar] Il est intéressant de voir plusieurs opérateurs dans la salle ; qqles challenges car l'environnement en NC est compliqué ; dans le prochain CES sur la secheresse il y a 2 phases

- basse résolution
- haute résolution qui sera plus adapté pour la NC en créant un produit adapté.

[ART] Mise en place d'un CES sécheresse. Confirmer l'intérêt pour la NC ? Idée : intégrer la NC dans ce CES en s'adossant au CES qui existe aujourd'hui. Monter un GT Sécheresse (capacité, type de capteur...) ou GT risque (feux...) ?

Temporalité de ce nouveau CES et est-ce que la NC serait accueillie ?

M. Lepage : oui pourquoi pas. Le plan de travail :

- 2021 : rendre opérationnel les produits existants sur certaines zones (pourtour méditerranéen, zone sub-saharienne en priorité).
- Ensuite ce sera ouvert car THEIA rendra opérationnel les chaînes et produits.

[Gouvernement NC] Au départ, la thématique « gestion trait de côte » a été recadré sur « gestion des aléas ». Elle sera présentée au congrès et le financement sera probablement de l'Europe. Contact Fred Guillard

2.7. Actions

Proposition ART : Discussion sur plan d'action court moyen terme puis de contacter la communauté locale pour GT sur besoins.

ANNEXES : PRESENTATIONS POWERPOINT

Présentation 1 : Observation Spatiale pour l'Analyse de la Sécheresse au Sud de la Méditerranée (Le Page, Al Bitar)

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.^{3,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.², Zribi M.³, Jarlan L.³

1 UMR CESBIO (CNRS,IRD, UPS, INRA), Toulouse France; 2 Université de Carthage (UNAT, UGEBE)-TEAM, Tunis, Tunisie; 3 IZT, UCA, Marrakech, Maroc; 4 CNRS, Beyrouth, Liban; 5 FSOA, UCA, Marrakech, Maroc; 6 ESA Climate Office, Harwell, UK; 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS,IRD, Montpellier, France; 8 CRSA, UMSP, Bengueli, Maroc

Introduction Sécheresse et Télédétection 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 sécheresses est attendue dans le futur (Tramblay et al., 2020).

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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.^{3,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.², Zribi M.³, Jarlan L.³

1 UMR CESBIO (CNRS,IRD, UPS, INRA), Toulouse France; 2 Université de Carthage (UNAT, UGEBE)-TEAM, Tunis, Tunisie; 3 IZT, UCA, Marrakech, Maroc; 4 CNRS, Beyrouth, Liban; 5 FSOA, UCA, Marrakech, Maroc; 6 ESA Climate Office, Harwell, UK; 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS,IRD, Montpellier, France; 8 CRSA, UMSP, Bengueli, 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 ...

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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.^{3,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.², Zribi M.³, Jarlan L.³

1 UMR CESBIO (CNRS,IRD, UPS, INRA), Toulouse France; 2 Université de Carthage (UNAT, UGEBE)-TEAM, Tunis, Tunisie; 3 IZT, UCA, Marrakech, Maroc; 4 CNRS, Beyrouth, Liban; 5 FSOA, UCA, Marrakech, Maroc; 6 ESA Climate Office, Harwell, UK; 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS,IRD, Montpellier, France; 8 CRSA, UMSP, Bengueli, Maroc

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

Indicateurs d'état

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

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

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)

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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.^{3,8}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.², Zribi M.³, Jarlan L.³

1 UMR CESBIO (CNRS,IRD, UPS, INRA), Toulouse France; 2 Université de Carthage (UNAT, UGEBE)-TEAM, Tunis, Tunisie; 3 IZT, UCA, Marrakech, Maroc; 4 CNRS, Beyrouth, Liban; 5 FSOA, UCA, Marrakech, Maroc; 6 ESA Climate Office, Harwell, UK; 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS,IRD, Montpellier, France; 8 CRSA, UMSP, Bengueli, Maroc

Introduction Sécheresse et Télédétection 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

SPI vs NDVI

Aquifère

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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, Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

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

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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, Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

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

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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, Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMR CESBIO (CNRS, CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse France, 2 Université de Carthage, IRAT, U GREEN-TEAM, Tunis, Tunisie, 3 FST, UCA, Marrakech, Maroc, 4 CNRS, Beyrouth, Liban, 5 FSSM, UCA, Marrakech, Maroc, 6 ESA Climate Office, Harwell, UK, 7 HSM (Univ. Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France, 8 CRSA, UMRP, Bengadir, 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 partie de ces éléments dans une interface qui permet d'explorer les dimensions spatiales et temporelles 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>

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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, Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

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

Introduction Sécheresse et Télédétection 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 - Aïléa 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								

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 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.⁵, Albergel C.⁶, Er-Raki S.^{3,4}, Fadel A.⁴, Faour G.⁴, Hanich L.^{3,4}, Khabba S.^{3,4}, Lili-Chabaane L.², Tramblay Y.⁷, Zribi M.¹, Jarlan L.¹

1 UMIR CESBIO (CNRS CNRS, IRD, UPS, INRA), Toulouse, France; 2 Université de Carthage, IRAT, 3 GREEN-TSAR, Tunis, Tunisie; 4 IRT, UCA, Marrakech, Maroc; 5 CIROIL, Beyrouth, Liban; 6 FISM, UCA, Marrakech, Maroc; 8 ESA Climate Office, Harwell, UK; 7 HSM (Inah, Montpellier, CNRS, IRD), Montpellier, France; 8 CRSA UMOP, Bangui, Mali

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., Türke, 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>, 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.

Séminaire Sécheresse OSS NC, 18 Nov. 2020 9

Présentation 2 : Outils de suivi des épisodes de sécheresse météorologique en Nouvelle-Calédonie (A. Peltier)



Outils de suivi des épisodes de sécheresse météorologique en Nouvelle-Calédonie

Météo-France Nouvelle-Calédonie
Division de la climatologie

Mercredi 18 novembre 2020
Séminaire OSS - NC



Sommaire

1. Contexte climatique en Nouvelle-Calédonie
2. SPI : l'indice de sécheresse météorologique.
3. Historique des épisodes de sécheresse en Nouvelle-Calédonie
4. Le vent, facteur aggravant la sécheresse météo (exemple de 2019).
5. Qualifier et prévoir la sécheresse en Nouvelle-Calédonie : pour quels usages ? (Exemple de VKP ou de l'agence rurale)

Météo-France

Le contexte climatique en Nouvelle-Calédonie

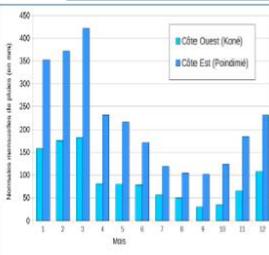
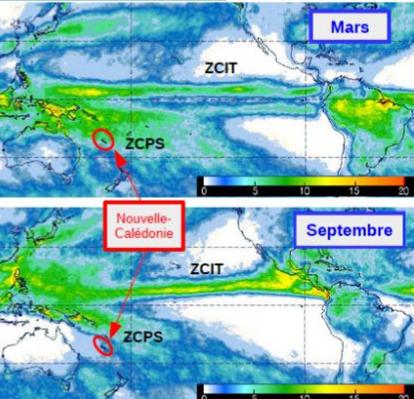


Diagramme des normales mensuelles (1981-2010) de précipitations à Koné (Côte Ouest) et à Poindimié (Côte Est)
(Source : Météo-France Nouvelle-Calédonie)



Climatologie mensuelle des précipitations en mars et septembre (en mm par pixel de 0,25°x0,25°) observées par les satellites TRMM entre 1997 et 2017
(Source : NASA - Tropical Rainfall Measuring Mission)

Page 3

Typologie des événements pluvieux



Temps sec prédominant (>1 jour sur 3):

- Anticyclone bien marqué sur l'Australie
- Masse d'air sèche et stable
- Saison fraîche

Satellite Aqua (NASA) MODIS - True Color 01/10/2017

Page 4

Typologie des évènements pluvieux

Alizé porteur d'averses :

- Anticyclone sur la mer de Tasman
- Mouvements ascendants limités
- Saison chaude

Côte est + extrême sud :
pluies faibles et éparses (5-10 mm)

Côte ouest : pas de pluie

Satellite Aqua (NASA) MODIS - True Color 03/12/2016

Page 5

Typologie des évènements pluvieux

Courant d'est :

- Anticyclone sur la NZ
- Masse d'air humide tropicale
- Mouvements ascendants favorisés
- Saison chaude

Côte est + extrémités :
Averses soutenues, voire orageuses (~10-30 mm)

Côte ouest + extrême sud :
averses faibles et éparses (5-10 mm)

Satellite Aqua (NASA) MODIS - True Color 10/01/2014

Page 6

Typologie des évènements pluvieux

Flux de sud-ouest perturbé :

- Dépression circulant au sud de la Nouvelle-Calédonie
- Saison fraîche

Quart nord ouest :
Pas de pluie

Côte est :
Pas de pluie

Côte ouest + extrême sud :
averses faibles et éparses (5-10 mm)

Satellite Aqua (NASA) MODIS - True Color 01/07/2014

Page 7

Typologie des évènements pluvieux

Dépression tropicale (saison chaude)

Dépression subtropicale (saison fraîche)

Épisodes pluvieux généralisés

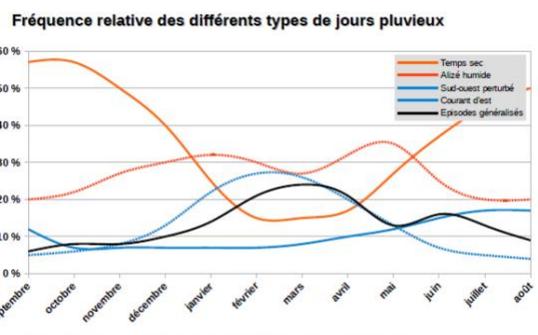
- 20 jours par an
- 50 % du cumul annuel
- > 100 mm par endroit

Zone de Convergence du Pacifique Sud (ZCPS)

Composition colorée du 18 janvier 2016 (satellite Himawari-8 JMA/JAXA Météo-France)

Composition colorée du 5 juin 2016 (satellite Himawari-8 JMA/JAXA Météo-France)

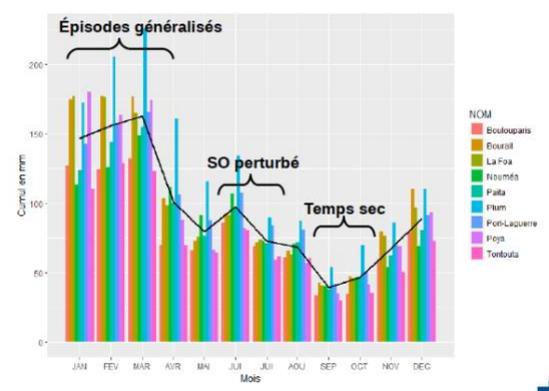
Typologie des évènements pluvieux



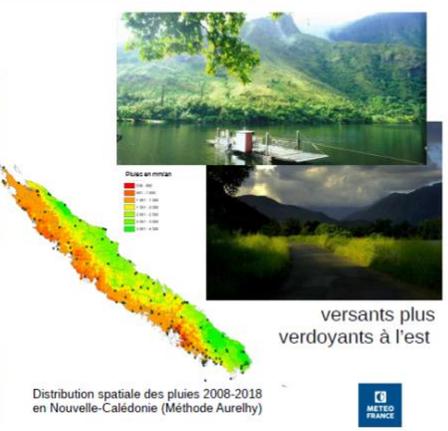
Moron, V., Barbero, R. & Robertson, A.W. Clim Dyn (2016) 46: 2449. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2712-0>



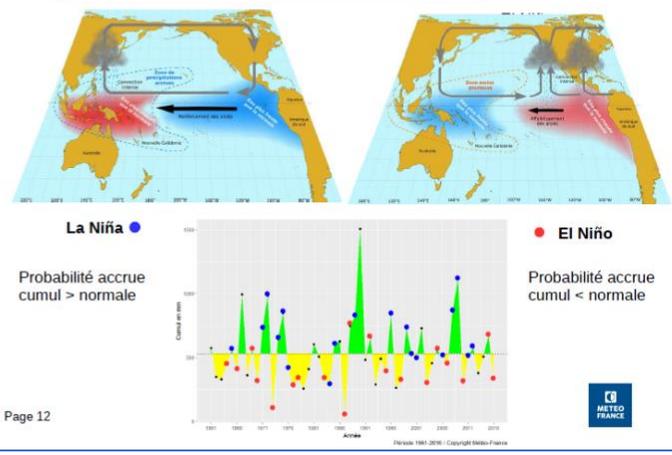
Les variations saisonnières



Disparités géographiques des pluies



Les variations interannuelles



Conséquences de la sécheresse en 2017



Élevage : Vaches familiales dans un élevage du nord de la grande-Terre (août 2017) - source : Les Nouvelles Calédoniennes



Feux de brousse : 12979 ha détruits en 3 mois, fin 2017 – source : Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie



Eau potable : Livraison d'eau potable aux habitants à Ouvéa (novembre 2017) – Source : NC 1ère



Agriculture : Sacrifice de production dans la région VKP (novembre 2017) – Source : LNC

Les épisodes de sécheresse météorologique

- **Il n'existe pas une définition unique de la sécheresse.**
- La sécheresse est un terme relatif, dont la définition précise va dépendre de l'activité humaine ou du milieu naturel affecté par le manque de pluies. Elle est dite :
 - « météorologique » lorsqu'il y a un manque significatif de précipitations sur une longue durée par rapport à la normale.
 - « agricole » dès que le manque de précipitations ralentit ou empêche la croissance des plantes par déficit hydrique (type de végétation, sol).
 - « hydrologique » lorsque le manque de pluies affecte le niveau des eaux de surface et souterraines (rivières, lacs, lacs artificiels, nappes phréatiques...)
 - « socio-économique » lorsque la demande pour un bien économique (eau potable, fourrage, céréales, énergie hydroélectrique, etc.) dépasse l'offre en raison d'une baisse significative de l'approvisionnement en eau due aux conditions climatiques.



SPI : l'indice de sécheresse météorologique

- SPI (Standard Precipitation Index) = indice universel pour caractériser les épisodes de sécheresse météorologique.
- Il reflète la récurrence des cumuls de précipitations, quel que soit le laps de temps considéré, par référence aux relevés effectués durant au moins 40 ans.

J'ai relevé 100 mm à Bourail de mai à juillet 2017.
Comment qualifier un tel cumul pour cette période ?

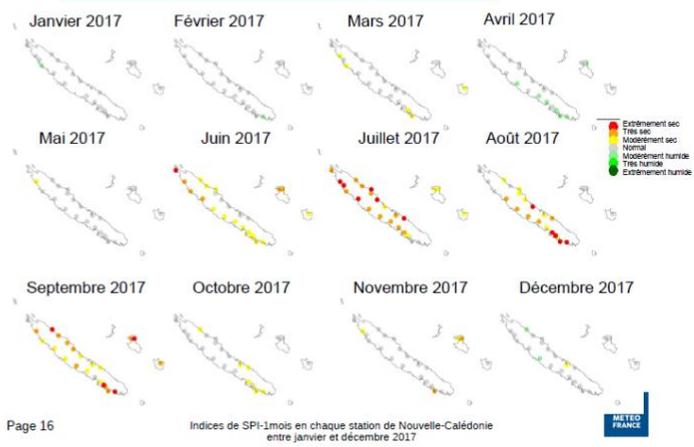
Valeurs du SPI	Qualification	Durée de retour
2.00 et plus	Extrêmement humide	≥ 43 ans
1.50 à 1.99	Très humide	≥ 15 ans
1.00 à 1.49	Moyennement humide	≥ 6 ans
-0.99 à 0.99	Proche de la normale	≥ 6 ans
-1.49 à -1.00	Moyennement sec	≥ 6 ans
-1.99 à -1.50	Très sec	≥ 15 ans
-2.00 et moins	Extrêmement sec	≥ 43 ans

SPI(Bourail, 3 mois, juillet) = -1,6

- Le SPI a été conçu pour quantifier le déficit de précipitations pour plusieurs échelles de temps : 1 mois, 2 mois, 3 mois, ..., 24 mois. Ces laps de temps reflètent l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différentes ressources en eau :
 - humidité dans le sol -> anomalies sur une période courte
 - niveaux des réservoirs de stockage -> anomalies à plus long terme.

Présentation plus complète de l'indice SPI :
Note OMM-N°1090, Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé, 2012

Le suivi opérationnel : 27 stations de mesure



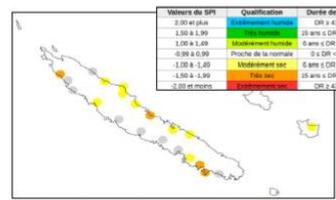
Indices de SPI-1mois en chaque station de Nouvelle-Calédonie entre janvier et décembre 2017



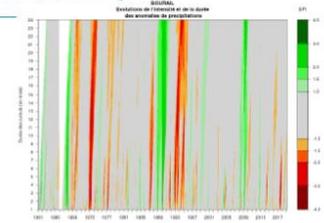
Le suivi opérationnel : quelques exemples

NOM	5 mois	2 mois	3 mois	6 mois	9 mois	12 mois	18 mois	24 mois
PELLM	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
WOMBA	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27	-1.27
PORT LAQUERRIE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LA TONTOUTA	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
BONJOURNAIRE	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
LA FCA	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
BOUMAL	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
POVA	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20
KOVR	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
OMAGO	-0.82	-0.82	-0.82	-0.82	-0.82	-0.82	-0.82	-0.82
OMER	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
KOUANAC	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
POUM	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48	-0.48
WACV	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

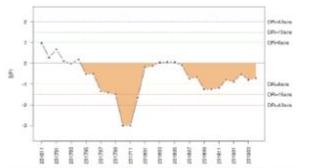
Valeurs des SPI pour plusieurs communes de NC au 1^{er} septembre 2017



Valeurs des SPI-12mois au 1^{er} janvier 2018 (pour caractériser l'ensemble de l'année 2017)



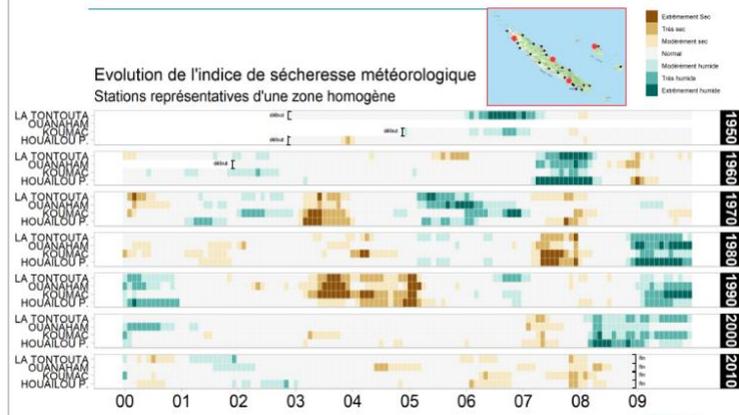
Évolution de l'intensité et de la durée des sécheresses à Bourail entre 1961 et 2019



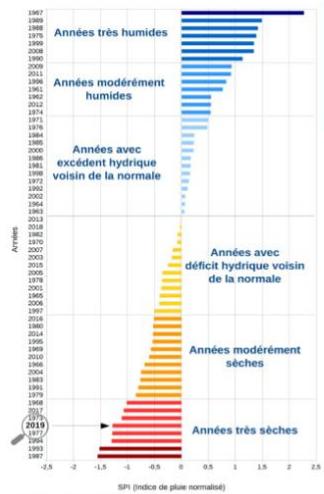
Évolution des SPI-6mois à Koné entre novembre 2016 et avril 2019

Historique des épisodes de sécheresse météo.

Evolution de l'indice de sécheresse météorologique Stations représentatives d'une zone homogène

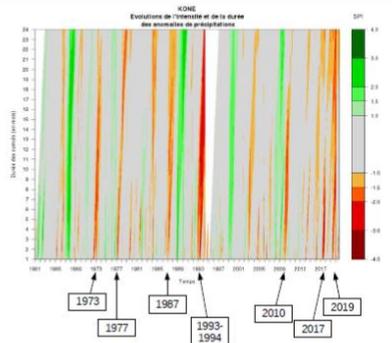


Page 18



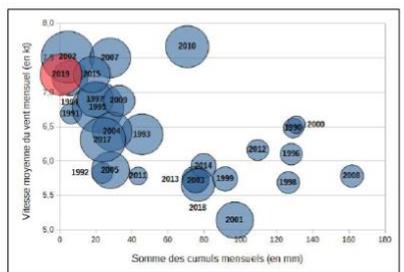
Classement pluviométrique des années entre 1961 et 2019 établi sur la base des cumuls annuels normalisés (SPI 12mois) de 25 stations de référence en Nouvelle-Calédonie

Historique des épisodes de sécheresse en Nouvelle-Calédonie



Classement pluviométrique des années entre 1961 et 2019 établi sur la base des cumuls normalisés (SPI 1 à 24 mois) pour une seule station : Koné

Le vent, un facteur aggravant en l'absence de pluies



Cumul d'ETP (pouvoir évaporant de l'atmosphère) en fonction des précipitations et du vent au cours des mois d'octobre et novembre à La Tontouta entre 1990 et 2019 (la taille des bulles représente les cumuls d'ETP).

Les bulles dans la partie haute du graphique sont plus grandes que les bulles dans la partie basse du graphique : l'augmentation de la vitesse du vent amplifie donc la valeur de l'ETP, donc l'état de sécheresse.

2019 (en rouge), année record en terme d'incendies

« Avec 676 incendies détectés depuis le 1er janvier et 29 000 hectares de végétation brûlés, l'année 2019 est à considérer comme l'année la plus destructrice de ce début de siècle, selon l'observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie. »



Suivi et prévision des épisodes de sécheresse : Quelques exemples d'usagers ?



Page 25

PROVINCE NORD
Service de gestion de l'eau :
Plan sécheresse
et niveaux d'alerte sur VKP



AGENCE RURALE :
Plan foin et dispositifs d'aide à l'élevage
en situation de sécheresse

