

## « De l'impluviosité à la sécheresse dans le sud-est de la France : entre aridité et tension sur la ressource en eau »

---

**Hadrien Di Costanzo**

**Sous la direction de Philippe Martin et Delphine Blanke**

**UMR Espace / LMA**

---

La thèse a débuté en novembre 2019. La crise du Coronavirus a fortement perturbé le déroulement de cette première année de thèse dans la mesure où un travail en présentiel des directeurs et du doctorant était impossible. Malgré cela la bibliographie a été réalisée pour l'essentiel ; les références collectées sont en cours de dépouillement et d'analyse (cf. ci-dessous).

Cette recherche a permis de conforter et d'étendre la problématique. Il est apparu que l'angle choisi qui définit le niveau de la sécheresse comme un niveau de tension entre la ressource en eau disponible en un lieu et les besoins de la communauté locale est assez original. Peu de travaux ont développé cette perspective alors que beaucoup de réflexions s'appuient sur une approche bilancielle (entrée – sortie) ou sont simplement basés sur des considérations climatiques (niveaux des précipitations...) ou hydrologiques (niveaux piézométriques, de débits...). De même nous sommes confortés dans l'idée d'une approche statistique à partir de distributions de probabilité, lesquelles devraient être traitées au travers de réseaux bayésiens est une solution prometteuse. Une réflexion sur ces outils qui se démocratisent, est en cours.

Le logiciel de gestion des basses eaux, dit GBO, initié avant la thèse dans le cadre d'un travail en CDD, a été complété, complexifié, étendu, et rendu de plus en plus ergonomique. Cet outil permettra, dès que les modules d'extraction de données et de traitements primaires auront été finalisés, de fournir des données sous une forme exploitable. GBO est une architecture pensée pour faciliter la bancarisation, la manipulation et l'exportation des données produites dans le cadre d'un réseau temporaire de suivi des étiages de la Cèze et du Gardon, mais aussi de stations pérennes. Actuellement un modèle logique de données a été mis en place pour permettre un stockage de l'ensemble des informations produites au cours des différentes campagnes de mesures (de 2015 à 2020 pour les stations d'étiage).

Le premier objectif de cette base de données est de bancariser toutes les données produites au cours des campagnes de mesure. Elle joue donc un rôle d'archive sécurisée facilement duplicable.

Le second est de permettre à tout utilisateur de retrouver les différentes étapes du calcul de débits afin de pouvoir juger de la qualité de l'information produite, au cours des différentes campagnes. Traditionnellement, un producteur de données hydrométriques ne communique pas (ou peu ; code à quelques valeurs : bon, douteux, manquant...) sur la qualité de la mesure du débit réalisée dans le cours d'eau. Grâce à cette base de données, les utilisateurs pourront disposer de l'intégralité de l'information et donc juger par eux-mêmes des mesures produites. La structure de la base de données permet donc une circulation de l'information rendant possible le traçage de toutes les manipulations de données réalisées depuis les mesures brutes jusqu'au produit final. Ceci devrait pouvoir être fait à terme pour tous les débits, mais aussi pour la température, la conductivité..., et plus largement pour toutes les variables continues qui peuvent être acquises à un pas de temps plus ou moins fin. Actuellement le pas d'acquisition est de 5 mn, ce qui conduit à de très lourds fichiers.

Le troisième objectif est de contextualiser l'information géographiquement (fond cartographique : réseaux hydrographiques et Orthophotos de l'IGN par exemple). Elle permet en outre le traçage du déplacement du matériel (sondes...) au cours des différentes campagnes. Les stations peuvent ainsi être positionnées facilement dans l'espace géographique, et en particulier dans les bassins versants qu'elles drainent. Une grande partie des données disponibles, y compris sociales, anthropologiques, etc. a, à ce jour, été collectée et structurée dans cette base de données. Les informations spatiales contenues dans ces bassins versants peuvent alors être rapprochées des modalités de fonctionnement observées que ce soit des débits ou des concentrations, etc.

La base de données (débits, hauteurs d'eau, température, etc.) est donc complétée progressivement (entrées de nouvelles données ; elle fait actuellement presque 5 GO), mais aussi étendue à de nouveaux champs ou considérations : autres variables, dont des variables relevant des Sciences de l'Homme et de la Société, etc. La question qui va donc se poser rapidement est de limiter, et donc de clore son périmètre, afin de garder un outil qui ne soit pas trop complexe, trop lourd, trop difficile à maintenir, etc. pour un usage possible par des gestionnaires et non plus par des chercheurs.

Elle permet finalement de centraliser l'ensemble de l'information dans un même objet informatique et ainsi faciliter la remobilisation ou la modification d'information grâce au langage SQL. Cette base est donc un exemple d'usage intensif des possibilités numériques dans le cadre d'une recherche géographique originale à la charnière : Homme – Milieu.

Un travail de définition des variables indispensables a donc été entrepris (lesquelles et comment les acquérir dans le cas de variables non mesurées par nos soins). En particulier, le retour à l'atmosphère d'une partie de l'eau des bassins versants via la végétation (ETR = ÉvapoTranspiration Réelle) a été étudié.

L'acquisition spatialisée de l'ETR, à des résolutions spatiales et temporelles acceptables pour l'étude de la sécheresse, est complexe. Brièvement, l'évapotranspiration réelle intègre tous les processus physico-chimiques d'évaporation d'un sol nu et biochimiques de transpiration de l'eau drainée dans les sols par la végétation. La diversité du phénomène d'évapotranspiration rend difficile son estimation sur un large espace géographique. Différentes méthodes d'estimation de l'ETR ont été envisagées : modélisation du bilan des sols, équation du cycle hydrologique de type Thornwaith ou Turc, télédétection. Il apparaît que vraisemblablement la meilleure solution est d'utiliser des informations satellitaires. Un protocole informatique a été écrit afin d'extraire d'images l'évapotranspiration pour tous les lieux qui nous intéressent.

Toutes ces méthodes comportent de nombreux biais que cela soit en termes de précision ou bien de données nécessaires à leurs applications. Nous avons finalement retenu l'utilisation des données produites par imagerie satellite, car elles permettent de délivrer facilement de l'information, spatiale et temporelle à des résolutions très acceptables pour l'étude de la sécheresse. Les données ont été extraites sur l'ensemble du bassin versant du Gardon à l'aide d'un script en langage de programmation R. L'avantage de cette solution est qu'elle nous permet de disposer d'une information directe sur l'ETR pour l'ensemble de la période 2000-2020 cumulée sur 8 jours, et à une résolution de 500 m<sup>2</sup>.

Sur un plan plus analytique, les phases de tarissement (écoulement en régime non influencé par la pluie) ont commencé à être étudiées et un protocole informatique a été créé pour déterminer automatiquement, entre chaque date du tarissement, un coefficient. Ces valeurs peuvent ensuite être statistiquement étudiées au travers d'une distribution de probabilité.

Ce travail associé à d'autres considérations a donné lieu à un poster accepté dans le colloque HyMex de Toulouse du 25 au 29 mai 2020 qui malheureusement a été renvoyé au printemps 2021. Un article sur la philosophie générale de la base GBO est en préparation. Il devrait pouvoir être soumis à en 2020.

### **Les apports (et limites) du travail interdisciplinaire**

Les données disponibles sont de nature très variables (physiques et humaines) et parfois fort médiocres comme la consommation d'eau potable, lorsqu'il s'agit de données SHS. Cette dimension ainsi que parfois leur caractère massif (par exemple près de 4 000 000 de données de débit, autant de température sont collectées chaque année) conduit à mettre en œuvre des approches statistiques fréquentielles et/ou bayésiennes.

L'apport de la statistique est donc indispensable, mais nécessite, pour être tout à fait opérationnelle et productive, une formation complémentaire lors de la thèse. Celle-ci sera acquise au fil de l'eau, en particulier dans des séminaires bayésiens (<https://www.bayesfusion.com>).

Des compétences supplémentaires en informatique ont été acquises afin de pouvoir développer certains modules de GBO. Ceci conduit en particulier à mettre en œuvre des méthodes relevant de :

- L'hydroclimatologie (modélisation des dynamiques) et de la géographie (cartographie assistée par ordinateur, krigeage...);
- La statistique (statistique descriptive, modélisation parétienne, statistique bayésienne...);
- L'intelligence conceptuelle (cartes mentales, diagrammes causaux...);

- L'informatique (programmation sous R, big data et base de données) ;
- La quasi-totalité de ces travaux étant de nature numérique.

La multiplicité des disciplines mobilisées et la diversité des méthodes à déployer traduisent bien le caractère interdisciplinaire de cette thèse qui trouve sa place logiquement dans l'axe 1 de la Fédération de recherche Agorantic.

Il s'agit donc bien de croiser et de faire discuter des disciplines afin de rendre compte d'un aspect de la complexité socio-naturelle afin d'établir, pour chaque territoire, des trajectoires socialement et écologiquement durables.

### **Son intérêt par rapport à l'axe identitaire « Culture, Patrimoines, Sociétés numériques »**

La dimension numérique de la thèse est en partie décrite par les propos tenus ci-dessus. Sans un développement numérique massif, cette thèse ne pourrait être réalisée. Elle implique le croisement de données issues des Sciences de la Terre et des données établies dans le domaine des Sciences Humaines et Sociales.

L'avancement de ce travail a été communiqué dans plusieurs séminaires disciplinaires dont les journées de l'OHMCV (Observatoire Hydro Hydrométéorologique Méditerranéen Cévènes-Vivarais) le 29/09/2019, mais aussi dans le module interne de formation et d'échange d'ESPACE (dit ERE : Espace Rencontre Espace) le 18/02/2020.

Ce travail vise aussi à conforter un développement local dans des zones périphériques de l'intérieur du territoire métropolitain qui peuvent être définies comme les espaces interstitiels entre les métropoles ou grandes villes. Il s'agit là aussi, d'une certaine façon, de réfléchir pour savoir comment faire société autrement en fonction du changement climatique et des limites de plus en plus évidentes à l'augmentation des densités humaines sur certains points très limités en surface, du territoire national.

### **Situation actuelle et la mission de votre travail**

Globalement le candidat devra répondre aux deux questions suivantes :

-1- quelle est la variation dans le temps (sur un siècle et demi pour les chroniques les plus longues), mais aussi dans l'espace (répartition territoriale), en fonction de niveaux de probabilité choisis, de l'impluviosité, sous un seuil  $n$  de précipitation en tenant compte, ou non de l'ETP (voire de l'ETR et donc de la couverture végétale) ?

-2- en fonction de la caractérisation locale des besoins en eau, comment modéliser le niveau de la situation de tension (sous critique, critique, sur critique) et son évolution (installation de la sécheresse). L'objectif étant d'avoir un outil qui permette de comprendre la situation observée et/ou à venir et qui permette de déployer la gouvernance appropriée, et la gestion territoriale la plus satisfaisante.

Pour atteindre ces objectifs, différentes formations doctorales obligatoires ont été suivies dans le but de faciliter le travail de communication (formation Word, Zotero, prise de parole en public). Une autre formation plus spécifique aux thématiques abordées dans la thèse sur la bancarisation de données hydrométriques a été suivie (formation d'une journée au CVRH de Macon le 12/11/2019). Une partie des données utilisées dans le cadre cette thèse est issue de l'Opendata. Cela a conduit à une participation à un atelier Opendata (mairie d'Avignon le 28/11/2019) afin de mieux se renseigner sur les politiques actuelles d'Open acces des données géographiques.

Même avec les difficultés rencontrées en raison de la pandémie qui sévit actuellement, le déroulement de la thèse est aussi satisfaisant que possible. La mission que nous nous sommes donnée se déroule donc actuellement relativement de façon satisfaisante.

Toutefois, nous espérons que, rapidement la pandémie qui affecte différents partenaires, ne soit plus qu'un mauvais souvenir et que nous puissions reprendre le travail dans des conditions normales. Cela étant, une très grande partie des mois de juillet et d'août sera utilisée pour rattraper un léger retard sur notre planning.

## – Bibliographie

- Alcamo, Joseph, Martina Flörke, et Michael Märker. « Future Long-Term Changes in Global Water Resources Driven by Socio-Economic and Climatic Changes ». *Hydrological Sciences Journal* 52, no 2 (avril 2007): 247- 75. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.2.247>.
- Almhab, Ayoub Ahmed, et Ibrahim Busu. « Estimation of Evapotranspiration with Modified SEBAL Model Using Landsat-TM and NOAA-AVHRR Images in Arid Mountains Area. » In *2008 Second Asia International Conference on Modelling & Simulation (AMS)*, 350- 55. IEEE, 2008. <https://doi.org/10.1109/AMS.2008.42>.
- Anderson, Martha C., Christopher Hain, Brian Wardlaw, Agustín Pimstein, John R. Mecikalski, et William P. Kustas. « Evaluation of Drought Indices Based on Thermal Remote Sensing of Evapotranspiration over the Continental United States ». *Journal of Climate* 24, no 8 (avril 2011): 2025- 44. <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3812.1>.
- Apurv, Tushar, Murugesu Sivapalan, et Ximing Cai. « Understanding the Role of Climate Characteristics in Drought Propagation: CLIMATE INFLUENCE ON DROUGHT PROPAGATION ». *Water Resources Research* 53, no 11 (novembre 2017): 9304- 29. <https://doi.org/10.1002/2017WR021445>.
- Ault, Toby R., Justin S. Mankin, Benjamin I. Cook, et Jason E. Smerdon. « Relative Impacts of Mitigation, Temperature, and Precipitation on 21st-Century Megadrought Risk in the American Southwest ». *Science Advance* 2, no 10 (octobre 2016): e1600873. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600873>.
- Avilés, Alex, Rolando Céleri, Abel Solera, et Javier Paredes. « Probabilistic Forecasting of Drought Events Using Markov Chain- and Bayesian Network-Based Models: A Case Study of an Andean Regulated River Basin ». *Water* 8, no 2 (23 janvier 2016): 37. <https://doi.org/10.3390/w8020037>.
- Baccour, Hatem, Haifa Feki, Mohamed Slimani, et Christophe Cudennec. « Interpolation de l'évaporation de référence en Tunisie par la méthode de krigeage ordinaire », s. d.
- Bae, Deg-Hyo, Kyung-Hwan Son, et Jae-Min So. « Utilization of the Bayesian Method to Improve Hydrological Drought Prediction Accuracy ». *Water Resources Management* 31, no 11 (septembre 2017): 3527- 41. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1682-x>.
- Baldy, Charles, et Olivier Igounet. « Variabilité des situations météorologiques pluvieuses pendant le semestre estival en Languedoc-Roussillon (France) », s. d.
- Byun, Hi-Ryong, et Donald A Wilhite. « Objective Quantification of Drought Severity and Duration ». *JOURNAL OF CLIMATE* 12 (1999): 10.
- Caloiero, Tommaso, Roberto Coscarelli, Ennio Ferrari, et Beniamino Sirangelo. « Analysis of Dry Spells in Southern Italy (Calabria) ». *Water* 7, no 12 (17 juin 2015): 3009- 23. <https://doi.org/10.3390/w7063009>.
- Canellas, Claire, Anne-Laure Gibelin, Pierre Lassègues, Maryvonne Kerdoncuff, Philippe Dandin, et Pascal Simon. « Les normales climatiques spatialisées Aurelhy 1981-2010 : températures et précipitations ». *La Météorologie* 8, n° 85 (2014) : 47. <https://doi.org/10.4267/2042/53750>.
- Canovas, Ingrid, Philippe Martin, et Sophie Sauvagnargues. « Modélisation heuristique de la criticité des basses eaux en région méditerranéenne ». *Physio-Géo*, n° Volume 10 (13 janvier 2016) : 191-210. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4994>.
- Carrega, Pierre. « L'évapotranspiration potentielle et réelle dans le Midi méditerranéen. Son originalité par rapport au reste de la France ». *Méditerranée* 66, n° 4 (1988): 3-8. <https://doi.org/10.3406/medit.1988.2575>.
- Chen, Serena H., et Carmel A. Pollino. « Good Practice in Bayesian Network Modelling. » *Environmental Modelling & Software* 37 (novembre 2012): 134-45. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.03.012>.
- Cheret, Véronique, Jean-Philippe Denux, Christelle Gacherieu, et Jean-Pierre Ortisset. « Utilisation de séries temporelles d'images satellitaires pour cartographier le dépérissement des boisements résineux du Sud Massif central », s. d., 10.
- Cindrić, K., Z. Pasarić, et M. Gajić-Čapka. « Spatial and Temporal Analysis of Dry Spells in Croatia ». *Theoretical and Applied Climatology* 102, n° 1-2 (octobre 2010): 171-84. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0250-6>.
- Coles, Stuart. *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Series in Statistics. London ; New York: Springer, 2001.
- Combourieu Nebout, Nathalie, Viviane Bout-Roumazeilles, Isabelle Dormay, et Odile Peyron. « Sécheresses récurrentes en Méditerranée au cours des derniers 50 000 ans ». *Sécheresse* 20, no 2 (2009): 210-16.



- Cudennec, Christophe, Christian Leduc, et Demetris Koutsoyiannis. « Dryland Hydrology in Mediterranean Regions – a Review ». *Hydrological Sciences Journal* 52, n° 6 (décembre 2007): 1077-87. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.6.1077>.
- Dauphiné, André, et Damien Provitolo. *Risques et catastrophes: observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris: Colin, 2013.
- Delarozier-Bouillin, O. « Utilisation comparée des formules de THORNTHWAITE, TURC mensuelle, TURC annuelle et PENMAN, pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle et de l'évapotranspiration réelle moyenne. » Orléans: Ministère du Développement industriel et scientifique, 1971.
- Didan, Kamel, Armando Barreto Munoz, et Alfredo Huete. « MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series) », s. d., 35.
- Dlamini, Wisdom M. « A Bayesian Belief Network Analysis of Factors Influencing Wildfire Occurrence in Swaziland ». *Environmental Modelling & Software* 25, n° 2 (février 2010): 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.08.002>.
- Dorize, Lucien. « La sécheresse: en quête d'une définition ». *Sécheresse* 1, n° 1 (1990): 1.
- Douguedroit, Annick. « La sécheresse estivale dans la région Provence — Alpes — Côte d'Azur ». *Méditerranée* 39, n° 2 (1980): 13-21. <https://doi.org/10.3406/medit.1980.1936>.
- Douguedroit, Annick. « Spécificité et variations de la sécheresse le long du littoral méditerranéen français / Specificity and variations of dryness along the French Mediterranean coast ». *Revue de géographie de Lyon* 65, n° 2 (1990): 123-28. <https://doi.org/10.3406/geoca.1990.5722>.
- Douguedroit, Annick. « The Variations of Dry Spells in Marseilles from 1865 to 1984 ». *Journal of Climatology* 7, n° 6 (novembre 1987): 541-51. <https://doi.org/10.1002/joc.3370070603>.
- Douguedroit, Annick. « Un siècle de sécheresse estivale à Marseille ». *Hommes et Terres du Nord* 3, n° 1 (1983): 34-38. <https://doi.org/10.3406/htn.1983.1883>.
- Drouet, Isabelle. *Le bayésianisme aujourd'hui: fondements et pratiques*, 2016.
- Dubreuil, V. « Synthèse géographique de la sécheresse dans les régions océaniques ». *La Météorologie* 8, n° 15 (1996): 22. <https://doi.org/10.4267/2042/46994>.
- Dubreuil, Vincent. « La sécheresse dans la France de l'Ouest: une contrainte climatique trop souvent oubliée », s. d.
- Eslamian, Saeid, et Faezeh A. Eslamian, éd. *Handbook of Drought and Water Scarcity*. New York: CRC Press, 2016.
- Fernandez, Sara, et Audrey Mouliérac. « Évaluation économique de la gestion de la demande en eau en Méditerranée ». Étude. Plan Bleu, septembre 2010.
- Fernandez, Sara. « Much Ado About Minimum Flows... Unpacking Indicators to Reveal Water Politics. » *Geoforum* 57 (novembre 2014): 258-71. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.04.017>.
- Fernandez, Sara, et Thomas Debril. « Qualifier le manque d'eau et gouverner les conflits d'usage: le cas des débits d'objectif d'étiage (DOE) en Adour-Garonne ».
- Développement durable et territoires*, n° Vol. 7, n° 3 (21 décembre 2016). <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11463>.
- Field, Christopher B., Vicente Barros, Thomas F. Stocker, et Qin Dahe, éd. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>.
- Garcia, Carmelo Conesa, et Javier Martin-Vide. « Analyse par la chaîne de Markov de la sécheresse dans le sud-est de l'Espagne », s. d.
- Gardarin, Georges. *Bases de données*. Paris: Eyrolles, 2004.
- Garnier, Emmanuel. « Bassesses extraordinaires et grandes chaleurs. 500 ans de sécheresses et de chaleurs en France et dans les pays limitrophes ». *La Houille blanche*, n° 4 (septembre 2010): 26-42. <https://doi.org/10.1051/lhb/2010039>.
- Garnier, Emmanuel. *Les dérangements du temps: 500 ans de chaud et de froid en Europe*. Paris: Plon, 2010.
- Giret, Alain. « 1971-1976 et 1989-1992: deux anomalies de l'écoulement en Poitou-Charentes: exemple de l'Envine », s. d.
- . « Contribution de l'analyse des décrues et des tarissements dans la connaissance des réserves hydrologiques. Exemple de l'Envine entre 1968 et 1994. » *Sécheresse* 7, n° 4 (1996): 253-68.
- . « Contribution de l'analyse des décrues et des tarissements dans la connaissance des réserves hydrologiques: exemple de l'Envine entre 1968 et 1994 », s. d.
- Gischer, Loïc, Eric Hallot, Geoffrey Houbrechts, Jean VAN Campenhout, et François Petit. « Analyse des débits en période de tarissement: essai d'une typologie régionale appliquée à des rivières du bassin de la meuse (Belgique) », s. d., 22.
- Gräler, Benedikt, Edzer Pebesma, et Gerard Heuvelink. « Spatio-Temporal Interpolation Using

- Gstat». *The R Journal* 8, n° 1 (2016): 204. <https://doi.org/10.32614/RJ-2016-014>.
- Haida, Souad, Jean-Luc Probst, et Maria Snoussi. «Hydrologie et fluctuation hydroclimatiques dans le bassin versant du Sebou entre 1940 et 1994», s. d.
- Hamimed, Abderrahmane, Rabha Menaa, Mohamed Benslimane, et Lamia Bouabdellah. «Cartographie de l'évapotranspiration réelle journalière dans les conditions semi-arides en Algérie à partir des données satellitaires Aster » 19 (2008): 9.
- Hamimed, Abderrahmane, Laounia Nehal, Abdelkader Khaldi, et Habib Azzaz. « Contribution à la spatialisaton de l'évapotranspiration d'un agrosystème semi-aride en Algérie par utilisation de la télédétection et du modèle METRIC ». *Physio-Géo*, n° Volume 8 (12 janvier 2014): 197 - 213. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4063>.
- Hao, Zengchao, Vijay P. Singh, et Youlong Xia. «Seasonal Drought Prediction: Advances, Challenges, and Future Prospects». *Reviews of Geophysics* 56, n° 1 (mars 2018): 108-41. <https://doi.org/10.1002/2016RG000549>.
- Hartkamp, A Dewi, Alfred Stein, et Jeffrey W White. «Interpolation Techniques for Climate Variables », s. d., 34.
- Hasan, M M, et B F W Croke. «Filling Gaps in Daily Rainfall Data: A Statistical Approach », s. d., 7.
- Hoerling, Martin, Jon Eischeid, Judith Perlwitz, Xiaowei Quan, Tao Zhang, et Philip Pegion. « On the Increased Frequency of Mediterranean Drought ». *Journal of Climate* 25, n° 6 (mars 2012): 2146-61. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00296.1>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, éd. *Climate change 2013: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2013.
- Jean Soubeyroux, J-P Vidal, J. Najac, N. Kitova, M. Blanchard, Philippe Dandin, Éric Martin, C. Pages, et F. Habets. «Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol ». Meteo France, mai 2011.
- Joly, Daniel, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailles, Mohamed Hilal, et Pierre Wavresky. «Les types de climats en France, une construction spatiale ». *Cybergeog*, 18 juin 2010. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.23155>.
- Joly, Daniel, Brossard Thierry, Hervé Cardot, Jean Cavailles, Mohamed Hilal, et Pierre Wavresky. «Interpolation par régressions locales : application aux précipitations en France ». *Espace géographique* 38, n° 2 (2009): 157. <https://doi.org/10.3917/eg.382.0157>.
- Kim, Soojun, Pradipta Parhi, Hwandon Jun, et Jiho Lee. «Evaluation of Drought Severity with a Bayesian Network Analysis of Multiple Drought Indices ». *Journal of Water Resources Planning and Management* 144, n° 1 (janvier 2018): 05017016. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000804](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000804).
- Laaidi, karine. «Relation climat-végétation en milieu méditerranéen français : le cas de l'oléolentisque ». *Sécheresse* 8, n° 3 (1997): 207-2015.
- Lamarque, Philippe, et Sylvie Jourdain. «Élaboration de longues séries climatologiques homogènes pour l'étude de l'évolution climatique ». *La Météorologie* 8, n° 7 (1994): 61. <https://doi.org/10.4267/2042/53443>.
- Lamy, Chloé, et Vincent Dubreuil. «Impact potentiel du changement climatique sur les sécheresses pédologiques en Bretagne au 21e siècle ». *Climatologie*, n° Volume 10 (2013). <https://doi.org/10.4267/climatologie.96>.
- Lana, X., A. Burgueño, M.D. Martínez, et C. Serra. «Statistical Distributions and Sampling Strategies for the Analysis of Extreme Dry Spells in Catalonia (NE Spain) ». *Journal of Hydrology* 324, n° 1-4 (juin 2006): 94-114. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.09.013>.
- Lana, X., M. D. Martínez, A. Burgueño, et C. Serra. «Return Period Maps of Dry Spells for Catalonia (Northeastern Spain) Based on the Weibull Distribution / Périodes de Retour des périodes sèches en Catalogne (Nord-Est de l'Espagne) à partir de La Distribution de Weibull ». *Hydrological Sciences Journal* 53, n° 1 (février 2008): 48-64. <https://doi.org/10.1623/hysj.53.1.48>.
- Lang, Claire, et Emmanuel Gille. « Une méthode d'analyse du tarissement des cours d'eau pour la prévision des débits d'été ». *Norois*, n° 201 (1 décembre 2006): 31-43. <https://doi.org/10.4000/norois.1743>.
- Lecarpentier, Claude. «L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques ». *Annales de Géographie* 84, n° 464 (1975) : 385-414. <https://doi.org/10.3406/geo.1975.18972>.
- Ly, Sarann, Catherine Charles, et Aurore Degré. «Different Methods for Spatial Interpolation of Rainfall Data for Operational Hydrology and Hydrological Modeling at Watershed Scale. A Review ». *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2013, 15.
- Madadgar, Shahrbanou, et Hamid Moradkhani. « A Bayesian Framework for Probabilistic Seasonal Drought Forecasting ». *Journal of*

- Hydrometeorology* 14, n° 6 (décembre 2013): 1685-1705. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-13-010.1>.
- « Spatio-Temporal Drought Forecasting within Bayesian Networks ». *Journal of Hydrology* 512 (mai 2014): 134-46. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.039>.
- Mahé, Gil, et Jean-Claude Olivry. « Variation des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989 ». *Sécheresse* 6, n° 1 (1995): 109-17.
- Mair, Alan, et Ali Fares. « Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island ». *Journal of Hydrologic Engineering* 16, n° 4 (avril 2011): 371-83. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000330](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000330).
- Margat, Jean, et Domitille Vallee. « Vision méditerranéenne sur l'eau, la population et l'environnement au XXIe siècle », s. d., 83.
- Mariotti, Annarita, Yutong Pan, Ning Zeng, et Andrea Alessandri. « Long-Term Climate Change in the Mediterranean Region in the Midst of Decadal Variability ». *Climate Dynamics* 44, n° 5-6 (mars 2015): 1437-56. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2487-3>.
- Marquez, Angel. *PostGIS Essentials: Learn How to Build Powerful Spatial Database Solutions with PostGIS Quickly and Efficiently*. Community Experience Distilled. Birmingham: Packt Publishing, 2015.
- Marsiliny, Ghislain de. « L'eau et ses grands enjeux au XXI siècle : effet sur la zone aride », s. d.
- Martin, Philippe. « Modélisation des longueurs des périodes sans pluies supérieures à différents seuils de la chronique de Marseille (1864-2008) ». *Physio-Géo*, n° Volume 10 (13 janvier 2016): 81-104. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.4805>.
- Martin, Philippe, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, et Nadine Grard. « 3e rapport sur huit stations temporaires d'étiage et deux stations pérennes », 2017.
- Martin, Philippe, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard. « L'étiage 2016 dans le Gardon amont (Cévennes) ». Convention débits d'étiage. Avignon: UMR ESPACE, 2016.
- Martin, Philippe, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard. « L'étiage 2017 dans les Gardons amont (Cévennes). Projet pilote de suivi des débits d'étiages. 3eme rapport sur huit stations temporaires d'étiage et deux stations pérennes. » Convention débits d'étiage. Avignon: UMR ESPACE, 2017.
- Martin, Philippe, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard, et Mathieu Coulon. « L'étiage 2018 dans les Gardons amont (Cévennes). Projet pilote de suivi des débits d'étiage. Premier rapport sur huit stations temporaires d'étiage et deux stations pérennes ». Convention débits d'étiage. Avignon: UMR ESPACE, 2018.
- Martin, Philippe, Jean-François Didon-Lescot, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Marc Domergue, Nadine Grard, et Jean Metais. « L'étiage 2015 dans le Gardon amont (Cévennes) ». Convention débits d'étiage. Avignon: UMR ESPACE, 2015.
- Mayfield, Helen J., Carl S. Smith, John H. Lowry, Conall H. Watson, Michael G. Baker, Mike Kama, Eric J. Nilles, et Colleen L. Lau. « Predictive Risk Mapping of an Environmentally-Driven Infectious Disease Using Spatial Bayesian Networks: A Case Study of Leptospirosis in Fiji ». Édité par Marilia Sá Carvalho. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 12, n° 10 (11 octobre 2018): e0006857. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006857>.
- Milano, Marianne, Denis Ruelland, Sara Fernandez, Alain Dezetter, Julie Fabre, Eric Servat, Jean-Marie Fritsch, Sandra Ardoin-Bardin, et Gaëlle Thivet. « Current State of Mediterranean Water Resources and Future Trends under Climatic and Anthropogenic Changes ». *Hydrological Sciences Journal* 58, n° 3 (avril 2013): 498-518. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.774458>.
- Mishra, Ashok K., et Vijay P. Singh. « A Review of Drought Concepts ». *Journal of Hydrology* 391, n° 1-2 (septembre 2010): 202-16. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.
- « Drought Modeling – A Review ». *Journal of Hydrology* 403, n° 1-2 (juin 2011): 157-75. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>.
- Mjezra, Mustapha, et Latifa Henia. « Apport de l'imagerie satellitale à l'estimation de l'évapotranspiration réelle journalière dans le delta de la Mjerda en Tunisie », 2012, 7.
- Moisselin, Jean-Marc, et Brigitte Dubuisson. « Évolution des valeurs extrêmes de température et de précipitations au cours du XXe siècle en France ». *La Météorologie* 8, n° 54 (2006): 33. <https://doi.org/10.4267/2042/20099>.
- Mollet, Jean-Marie, Philippe Lagacherie, Marc Voltz, Michel Bornand, et Claude Saint-Pierre. « Choisir des sols aptes aux grandes cultures sèches en milieu méditerranéen », s. d.
- Mu, Qiaozhen, Maosheng Zhao, Steven W. Running, John S. Kimball, et Nathan G. McDowell. « Using MODIS weekly evapotranspiration to monitor drought ». Édité par Wei Gao et Ni-Bin Chang, 997 502. San Diego, California, United States, 2016. <https://doi.org/10.1117/12.2237749>.



- Musy, André, Christophe Higy, et Emmanuel Reynard. *Hydrologie I: une science de la nature, une gestion sociétale*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014.
- Nizinski, Jerzy Jan, Gérard Galat, Anh Galat-Luong, Michaël Dingkuhn, et Denis Fabre. «Évapotranspiration réelle et résistance du couvert d'une savane à *loudetia arundinacea* (bassin du Kouilou, Congo-Brazzaville)». *Climatologie*, n° Volume 6 (2009). <https://doi.org/10.4267/climatologie.460>.
- Norrant, C., et A. Douguédroit. «Monthly and Daily Precipitation Trends in the Mediterranean (1950–2000)». *Theoretical and Applied Climatology* 83, n° 1-4 (janvier 2006): 89-106. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0163-y>.
- Obe, Regina O., et Leo S. Hsu. *PostGIS in Action*. Second edition. Shelter Island, NY: Manning, 2015.
- Pagney, Pierre. *Les climats de la terre*. Paris: Masson, 1994.
- Peiris, TSG. «Critical Evaluation of Dry Spell Research» 11, n° 06 (2011): 8.
- Philandras, C. M., P. T. Nastos, J. Kapsomenakis, K. C. Douvis, G. Tselioudis, et C. S. Zerefos. «Long Term Precipitation Trends and Variability within the Mediterranean Region». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11, n° 12 (10 décembre 2011): 3235-50. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3235-2011>.
- Piedallu, Christian, Jean-Claude Gégout, Vincent Perez, et François Lebourgeois. «Soil Water Balance Performs Better than Climatic Water Variables in Tree Species Distribution Modelling: Soil Water Balance Improves Tree Species Distribution Models». *Global Ecology and Biogeography* 22, n° 4 (avril 2013): 470-82. <https://doi.org/10.1111/geb.12012>.
- «Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique». Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2015.
- Planton, Serge, Michel Déqué, Fabrice Chauvin, et Laurent Terray. «Expected Impacts of Climate Change on Extreme Climate Events». *Comptes Rendus Geoscience* 340, n° 9-10 (septembre 2008): 564-74. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.07.009>.
- Raymond, Florian, Albin Ullmann, Pierre Camberlin, Philippe Drobinski, et Carmela Chateau Smith. «Extreme Dry Spell Detection and Climatology over the Mediterranean Basin during the Wet Season: DRY SPELL OVER THE MEDITERRANEAN BASIN». *Geophysical Research Letters* 43, n° 13 (16 juillet 2016): 7196-7204. <https://doi.org/10.1002/2016GL069758>.
- Raymond, Florian, Albin Ullmann, Pierre Camberlin, Boutheina Oueslati, et Philippe Drobinski. «Atmospheric Conditions and Weather Regimes Associated with Extreme Winter Dry Spells over the Mediterranean Basin». *Climate Dynamics* 50, n° 11-12 (juin 2018): 4437-53. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3884-6>.
- «Atmospheric Conditions and Weather Regimes Associated with Extreme Winter Dry Spells over the Mediterranean Basin». *Climate Dynamics* 50, n° 11-12 (juin 2018): 4437-53. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3884-6>.
- René Frécaut, et Pierre Pagney. *Dynamique des climats et de l'écoulement fluvial*. Masson, s. d.
- Riaux, Jeanne, et Rémi Barbier. «Construire et argumenter des enjeux de vulnérabilité en comité sécheresse», 2009, 15.
- Riou. «La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale», s. d.
- Riou, Ch. «Quelques exemples d'application des mesures de rayonnement à la détermination de l'évapotranspiration en climat tropical». *Hydrological Sciences Bulletin* 17, n° 2 (juillet 1972): 189-208. <https://doi.org/10.1080/02626667209493821>.
- Riou, ch. «Une formule empirique simple pour estimer l'évapotranspiration potentielle moyenne en Tunisie», 1980.
- Rivoire, Pauline, Yves Trambly, Luc Neppel, Elke Hertig, et Sergio M. Vicente-Serrano. «Impact of the Dry Day Definition on Mediterranean Extreme Dry Spells Analysis», 20 février 2019. <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-31>.
- Robinson, Peter J., et Gregory Madden. «The Frequency of Dry Spells in the Southern United States». *Physical Geography* 18, n° 2 (mars 1997): 114-24. <https://doi.org/10.1080/02723646.1997.10642611>.
- Roche, Michel-Alain. «Évapotranspiration réelle de la forêt amazonienne en Guyane», s. d., 8.
- Roy, René, Louis Mathier, et Robert Bobée. «Analyse probabiliste des conditions de faible hydraulicité dans une perspective de production hydro-électrique (mars 1995)». *Sécheresse* 6, n° 4 (1995): 355-63.
- Running, Steven W, Qiaozhen Mu, Maosheng Zhao, et Alvaro Moreno. «MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration (ET) Product», s. d., 23.
- Salack, Seyni, Bertrand Muller, Amadou T. Gaye, Frédéric Hourdin, et Cisse Ndiaga. «Analyse multiéchelle des pauses pluviométriques au Niger et au Sénégal», s. d.
- Sattar, Muhammad Nouman, et Tae-Woong Kim. «Probabilistic Characteristics of Lag Time between Meteorological and Hydrological Droughts Using a Bayesian Model». *Terrestrial*,



- Atmospheric and Oceanic Sciences* 29, n° 6 (2018): 709-20.  
<https://doi.org/10.3319/TAO.2018.07.01.01>.
- Sattari, Mohammad-Taghi, Ali Rezazadeh-Joudi, et Andrew Kusiak. « Assessment of Different Methods for Estimation of Missing Data in Precipitation Studies ». *Hydrology Research* 48, n° 4 (août 2017): 1032-44.  
<https://doi.org/10.2166/nh.2016.364>.
- Seguin, B., et B. Itier. « Using Midday Surface Temperature to Estimate Daily Evaporation from Satellite Thermal IR Data ». *International Journal of Remote Sensing* 4, n° 2 (janvier 1983): 371-83.  
<https://doi.org/10.1080/01431168308948554>.
- Seguin, Bernard. « Approche de l'évapotranspiration par télédétection : utilisation des satellites météorologiques Meteosat et Noaa en Afrique sahélienne », s. d.
- Seguin, Bernard, Suzanne Baelz, Jean-Marie Monget, et Vincent Petit. « Utilisation de la thermographie IR pour l'estimation de l'évaporation régionale I. Mise au point méthodologique sur le site de la Crau ». *Agronomie* 2, n° 1 (1982): 7-16.  
<https://doi.org/10.1051/agro:19820102>.
- « Utilisation de la thermographie IR pour l'estimation de l'évaporation régionale II. - Résultats obtenus à partir des données de satellite ». *Agronomie* 2, n° 2 (1982): 113-15.  
<https://doi.org/10.1051/agro:19820202>.
- Şenaut, Zekâi. *Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation*. Amsterdam: Elsevier, 2015.
- Shin, Ji Yae, Muhammad Ajmal, Jiyoun Yoo, et Tae-Woong Kim. « A Bayesian Network-Based Probabilistic Framework for Drought Forecasting and Outlook ». *Advances in Meteorology* 2016 (2016): 1-10.  
<https://doi.org/10.1155/2016/9472605>.
- Shin, Ji Yae, Hyun-Han Kwon, Joo-Heon Lee, et Tae-Woong Kim. « Probabilistic Long-term Hydrological Drought Forecast Using Bayesian Networks and Drought Propagation ». *Meteorological Applications* 27, n° 1 (janvier 2020). <https://doi.org/10.1002/met.1827>.
- Singh, D., I. Herlin, J. P. Berroir, et S. Bouzidi. « An Approach to Estimate the Evapotranspiration Using NOAA/AVHRR DATA ». *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 33, n° 2 (juin 2005): 211-17. <https://doi.org/10.1007/BF02990037>.
- Sluiter, Dr R. « Interpolation Methods for Climate Data Literature Review », s. d., 28.
- Smakhtin, V.U. « Low Flow Hydrology: A Review ». *Journal of Hydrology* 240, n° 3-4 (janvier 2001): 147-86.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00340-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00340-1).
- Solomon, Susan, Intergovernmental Panel on Climate Change, et Intergovernmental Panel on Climate Change, éd. *Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2007.
- Soro, Tanina Drissa, Nagnin Soro, Yéi Marie-Solange Oga, Théophile Lasm, Gbombélé Soro, Kouassi Ernest Ahoussi, et Jean Biémi. « La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) ». *Physio-Géo*, n° Volume 5 (3 janvier 2011): 55-73.  
<https://doi.org/10.4000/physio-geo.1581>.
- Soubeyroux, Jean-Michel, Nadia Kitova, Michèle Blanchard, Jean-Philippe Vidal, Éric Martin, et Philippe Dandin. « Sécheresses des sols en France et changement climatique : Résultats et applications du projet ClimSec ». *La Météorologie* 8, n° 78 (2012): 21. <https://doi.org/10.4267/2042/47512>.
- Soubeyroux, Jean-Michel, Jean-Philippe Vidal, Martine Baillon, Michèle Blanchard, Jean-Pierre Céron, Laurent Franchistéguy, Fabienne Régimbeau, Éric Martin, et Jean-Christophe Vincendon. « Caractérisation et prévision des sécheresses et étiages en France à partir de la chaîne hydrométéorologique Safran-Isba-Modcou ». *La Houille blanche*, n° 5 (octobre 2010): 30-39. <https://doi.org/10.1051/lhb/2010051>.
- Souidi, Zahira, Abderrahmane Hamimed, Frédéric Donze, Abdelali Seddini, et Khalladi Mederbal. « Estimation de l'évapotranspiration d'un couvert forestier en Algérie par télédétection », s. d., 19.
- Stocker, Thomas F, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M B Tignor, Simon K Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, et Pauline M Midgley. « Résumé à l'intention des décideurs », s. d., 34.
- Stone, James V. *Bayes' Rule with R: A Tutorial Introduction to Bayesian Analysis*. First edition. Sheffield: Sebtel Press, 2016.
- Taesombat, Wisuwat, et Nutchant Sriwongsitanon. « Areal Rainfall Estimation Using Spatial Interpolation Techniques ». *ScienceAsia* 35, n° 3 (2009): 268.  
<https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.268>.
- Todorovic, Mladen, Biljana Karic, et Luis S. Pereira. « Reference Evapotranspiration Estimate with Limited Weather Data across a Range of Mediterranean Climates ». *Journal of Hydrology*

- 481 (février 2013): 166-76. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.034>.
- Tramblay, Yves, et Elke Hertig. « Modelling Extreme Dry Spells in the Mediterranean Region in Connection with Atmospheric Circulation ». *Atmospheric Research* 202 (avril 2018): 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.015>.
- Van Loon, A. F., et H. A. J. Van Lanen. « Making the Distinction between Water Scarcity and Drought Using an Observation-Modeling Framework: DISTINGUISHING BETWEEN WATER SCARCITY AND DROUGHT. » *Water Resources Research* 49, n° 3 (mars 2013): 1483-1502. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20147>.
- Van Loon, A.F., et G. Laaha. « Hydrological Drought Severity Explained by Climate and Catchment Characteristics. » *Journal of Hydrology* 526 (juillet 2015): 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059>.
- Van Loon, Anne F. « Hydrological Drought Explained: Hydrological Drought Explained ». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 2, n° 4 (juillet 2015): 359-92. <https://doi.org/10.1002/wat2.1085>.
- Van Loon, Anne F., Tom Gleeson, Julian Clark, Albert I. J. M. Van Dijk, Kerstin Stahl, Jamie Hannaford, Giuliano Di Baldassarre, et al. « Drought in the Anthropocene ». *Nature Geoscience* 9, n° 2 (février 2016): 89-91. <https://doi.org/10.1038/ngeo2646>.
- Vicente-Serrano, Sm, Jc González-Hidalgo, M de Luis, et J Raventós. « Drought Patterns in the Mediterranean Area: The Valencia Region (Eastern Spain) ». *Climate Research* 26 (2004): 5-15. <https://doi.org/10.3354/cr026005>.
- Vidal, Jean-Philippe, Eric Martin, Laurent Franchisteguy, Florence Habets, Jean-Michel Soubeyrou, M. Blanchard, et M. Baillon. « Multilevel and multiscale drought reanalysis over France with the SAFRAN-ISBA-MODCOU hydrometeorological suite ». *Hydrology and Earth System Sciences* 14 (2010): 6455-6501. <https://doi.org/10.5194/hess-14-459-2010>.
- Yacoubi, Mohamed, Mohamed El Mourid, Nabil Chbouki, et Claudio O. Stockle. « Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride marocain ». *Sécheresse* 9, n° 4 (1998): 269-76.
- Zhang, Ke, John S. Kimball, et Steven W. Running. « A Review of Remote Sensing Based Actual Evapotranspiration Estimation: A Review of Remote Sensing Evapotranspiration ». *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 3, n° 6 (novembre 2016): 834-53. <https://doi.org/10.1002/wat2.1168>.
- Zhao, Wei, Ainong Li, et Wei Deng. « Time Series Evapotranspiration Estimation Based on MODIS/Terra Satellite Data over South Asia ». In *2013 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS*, 473-76. Melbourne, Australia: IEEE, 2013. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2013.6721195>.