

# PROPOSITION SUJETS DE THESE CONTRATS DOCTORAUX 2019-2022

**Appel ciblé (merci de cocher la case correspondante):**

**X Contrat doctoral fléché FR Agorantic**

*Les critères pour cet appel sont :*

1. La dimension interdisciplinaire du sujet ;
2. L'adéquation entre le projet et les axes scientifiques de la FR ;
3. Priorité sera donnée aux codirections impliquant deux laboratoires/unités membres de la FR Agorantic (ou en cours d'association) ;
4. L'un des codirecteurs doit être un enseignant-chercheur d'Avignon Université rattaché à une des deux Écoles Doctorales

-----  
**Directeur de thèse :** (nom + laboratoire)

**Codirecteur de thèse :** Philippe Martin (Prof. AU – UMR ESPACE)

Mail et Téléphone :

Mail : [philippe.martin@univ-avignon.fr](mailto:philippe.martin@univ-avignon.fr) Téléphone : 04.90.16.26.95

**Co-directeur (obligatoire pour la FR Agorantic) :** (nom + laboratoire) :

**Codirectrice :** Delphine Blanke (Prof. AU – LMA )

**Co-encadrant :**

**Titre en français :**

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

**Titre en anglais :**

*From impluviosness to drought in Southeast France: between aridity and tension on the water resource*

**Résumé en 7 lignes et Mots-clés :**

La sécheresse est une tension entre l'offre naturelle d'eau et la demande anthropique d'eau sous un double forçage (changement climatique,

développement anthropique). Le sud de la France est particulièrement exposé à ce phénomène qui peut mettre en difficulté la gouvernance locale (cf. la situation de la Californie). Sa modélisation nécessite -1- de caractériser statistiquement l'absence de pluie, -2- de rendre compte de l'aridité après évapotranspiration, -3- de modéliser la tension elle-même entre offre et besoin. C'est l'objectif de la thèse.

**Mots-clés :** Changement climatique, absence de pluie, statistique, structure spatiale.

## **1 - Présentation détaillée du sujet :**

La sécheresse est un phénomène récurrent en France métropolitaine, mais elle affecte parfois différemment le sud-est de la France et le reste du territoire comme en 1976 et 2015 ; l'année 2017 ayant été fortement déficitaire en Languedoc. On se souvient encore de celle de 2003 (doublée d'une canicule) et peut être moins de celles de 1945 et de 1921. L'analyse historique des périodes de sécheresse du XX<sup>e</sup> siècle montre que celle-ci s'installe progressivement et qu'elle peut peser sur un territoire pendant plusieurs années. C'est souvent un phénomène de grande extension ce qui limite les péréquations territoriales et qui pourrait mettre en difficulté la gouvernance locale, voire nationale. L'impact sur la société peut ainsi être important (cf. la situation de la Californie).

Le changement climatique produit une augmentation des températures et affecte la couverture neigeuse ce qui conduit, par exemple, à attendre une baisse des débits de la Durance et du Rhône en été (-30 %) dans les prochaines années. Il affecte et affectera l'impluviosité (l'absence de pluies ; périodes longues sans pluies notables) de l'aire méditerranéenne. Pour les affluents de la basse vallée du Rhône en sus de l'effet thermique avéré qui jouera sur les conditions d'évaporation, il faut ajouter l'effet d'un couvert végétal en croissance et peut-être une modification de l'importance des précipitations (quantités ?) et du régime des pluies (saisonnalité ? variabilité ?).

Cela étant la sécheresse doit être bien différenciée d'une situation d'aridité (normale en été en climat méditerranéen) et doit être envisagée comme une situation déficitaire (insuffisance de la disponibilité en eau) au regard des besoins anthropiques. Ceux-ci sont importants (eaux industrielle, agricole, ludique, potable, etc.) et devraient être croissants dans le sud-est de la France en raison d'une fréquentation touristique importante, d'un solde migratoire positif et d'un développement économique héliocentré. Il semble donc logique de se préparer à des situations estivales avec de fortes tensions sur la ressource en eau certaines années et à des conséquences corrélatives comme l'augmentation des risques de feux dans les territoires éloignés des cours d'eau majeurs (Rhône, Durance...) alimentés par la zone interne des Alpes.

### **Contexte et enjeux**

Si l'importance de la sécheresse observée se traduit par une inadéquation entre l'offre en eau disponible à un moment sur un territoire pour une (ou des) activité(s), celle-ci peut être plus ou moins grave en fonction des systèmes hydrologiques qu'elle affecte. On distingue ainsi une sécheresse édaphique (qui atteint les sols), une sécheresse hydrologique (qui atteint les fleuves et les rivières), et une sécheresse anthropique (qui atteint les fonctionnements de base de la société).

Dans tous les cas, le phénomène s'initie dans un écart négatif à la moyenne des précipitations (sécheresse atmosphérique) et se traduit souvent par de longues périodes sans pluies ou ne connaissant que de faibles pluies (impluviosité), lesquelles peuvent être très rapidement évapotranspirées. La connaissance de ces faibles précipitations et de la longueur des périodes sans pluies sous un seuil choisi est donc fondamentale pour comprendre la montée vers une situation localement critique, laquelle se construit souvent sur plusieurs années.

À partir d'approches statistiques le candidat aura d'une part à modéliser les périodes sans pluies au moins dans la basse vallée du Rhône (mais si possible au-delà, en PACA et en Languedoc Roussillon) à partir de chroniques de précipitations, puis, d'autre part, étudiera la variation au cours du temps de la situation d'absence de pluies, pour enfin proposer une cartographie raisonnée des paramètres des modèles qui constitueront les premiers résultats. Il s'agira ainsi de cartographier les probabilités des longueurs de périodes sans pluies, c'est-à-dire au fond une absence. Différentes méthodes géostatistiques pourraient être testées qui intégreraient, ou non, certaines structures spatiales (relief, distance à la mer, axe du Mistral...) pour réaliser cette cartographie.

Sur cette base il sera alors possible d'introduire l'effet de l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur la longueur des périodes connaissant de très faibles pluies et de produire une cartographie en tenant compte de ce facteur. L'étape suivante, sur une partie limitée du territoire (zone de socle du SA\_RivCev), serait de tenir compte de la réserve utile des sols et du couvert végétal et de calculer l'évapotranspiration réelle (ETR), laquelle serait déduite des précipitations.

Ceci conduit à essayer de déterminer la déficience d'évaporation (DE) soit la différence entre l'ETP et l'ETR. Cet écart peut, dans une certaine mesure, être comblé par la réserve utile des sols (RU). Laquelle contient des volumes précipités soumis d'une part à une évaporation différée et d'autre part à une circulation vers des aquifères profonds et/ou des écoulements de surface (ruisseau, rivière...).

En théorie, il devient donc possible de se placer dans une situation de fonctionnement hydrologique totalement non influencé par les précipitations et de calculer les débits correspondants. Cette modélisation devrait permettre, dans les secteurs où fonctionnent les stations de la plateforme expérimentale d'ESPACE, de produire une bonne extrapolation des écoulements toutes choses étant égales par ailleurs. Cette approche croisée entre les apports, l'état des aquifères superficiels et l'écoulement devrait conduire éclairer, pour partie, les risques locaux de feux.

Enfin il sera possible, à partir de cycles hydrologiques de référence de mettre en évidence (ou pas) une évolution de la longueur des périodes sans pluies en rapport avec le changement climatique.

Sur cette base il sera possible de voir localement quelle a pu être et quelle pourra être la tension sur la ressource en fonction de la demande anthropique (Adduction d'eau potable, irrigation, eau ludique – piscine...), laquelle est mal connue, peu synthétisée, car dispersée dans différentes bases de données. Nos travaux pourront donc être concourants et complémentaires de ceux conduits par exemple par l'EPTB Gardons qui doit aussi évaluer la demande en eau afin de définir, après satisfaction des besoins de la nature (poissons...) les volumes qui restent utilisables par l'homme, ce que l'on appelle les volumes prélevables.

### **Méthode**

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, la gestion territoriale la plus satisfaisante.

Ceci conduira à traiter, en particulier, les problèmes suivants :

- Comment modéliser les longueurs des périodes sans pluies, en fonction de seuils de précipitation et en tenant compte, ou pas, de l'ETP (et/ou de l'ETR) ?
  - Comment établir une évolution (si elle existe) de la probabilité de longueur de ces périodes et/ou d'un décalage dans leur apparition ?
  - Comment spatialiser les paramètres des modélisations statistiques obtenues nécessairement pour un petit nombre de postes pluviométriques, après avoir donné du sens à ces paramètres ?
  - Comment relier les modalités de fonctionnement hydrologiques en très basses eaux aux situations atmosphériques décrites ?
  - Comment caractériser les besoins en eau en fonction des usages variables dans le temps (saison d'été...) et dans l'espace (lieux touristiques...) ?
  - Comment modéliser dans un cadre probabiliste la tension entre la disponibilité en eau et les besoins anthropiques ?

Ceci conduira 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 de ces 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 un aspect de la complexité socio-naturelle afin d'établir pour chaque territoire des trajectoires socialement et écologiquement durables.

Les verrous scientifiques qu'il conviendra de lever portent sur :

- La construction de solutions statistiques ;
- Le test de la robustesse des indicateurs ;
- L'automatisation de la critique et de la manipulation de nombreuses séries souvent longues de précipitation, de débit, de consommation d'eau ;
  - L'automatisation du calcul de la solution la meilleure du calcul de l'ETP ;
  - La recherche de relations entre les longueurs des périodes sans pluies et les débits spécifiques ;
    - La spatialisation de la probabilité de la longueur des périodes sans pluies à partir d'informations territorialement peu denses (peu de postes pluviométriques) ;
    - Les moyens de décrire de façon probabiliste la tension entre disponibilité et demande et l'évolution de cette tension.

Les retombées attendues seront les suivantes :

- Le développement et validation d'indicateurs susceptibles de rendre compte des évolutions temporelles et spatiales des probabilités des longueurs de périodes sans pluies sous certains seuils comme le seuil de 1 mm retenu pour caractériser un état d'aridité ;
  - La cartographie des niveaux d'absence de précipitation selon différents niveaux de probabilités et seuils ;
  - L'évaluation de l'influence de l'évapotranspiration (ETP-ETR) sur les longueurs et leurs probabilités des périodes sans pluies sous certains seuils ;
  - La recherche de relations entre les longueurs des périodes sans pluies et les débits spécifiques de bassins versants monitorés avec des stations temporaires d'étiage ;
  - Une meilleure connaissance des ressources en eau ;

- Le rôle de la végétation à partir de comparaison de situations existant dans différents bassins et l'étude de certains épisodes de pluies (orage...);
  - Une meilleure compréhension locale du risque d'incendie ;
  - Une meilleure évaluation quantitative des sécheresses historiques (1921, 1945...) replacées dans un cadre large ;
    - L'amélioration quantitative du modèle heuristique de montée vers une situation critique de basse eau (CBE) esquissée dans une première thèse (I. Canovas) ;
      - De faciliter l'évolution du modèle heuristique vers une solution opérationnelle numérique de suivi de la criticité des basses eaux ;
      - L'accroissement des collaborations entre équipes ;
      - De compléter le programme HydroPop : De l'hydrologie populaire et participative (2017 – 2020) ;
      - Le développement du site atelier rivières cévenoles de la ZABR (SA\_RivCev) et des travaux réalisés dans l'Infrastructure de Recherche OZCAR qui développe un Observatoire de la Zone Critique dans les cadres desquels cette thèse sera inscrite.

En fonction de cet arrière-plan scientifique et technique développé ci-dessus, nous avons sélectionné un candidat qui nous semble avoir toutes les qualités pour conduire à bien ce travail ; bien des thèses aujourd'hui n'arrivent pas à leur terme normal.

Hadrien Di Costanzo est géographe avec une formation en climatologie poussée. Son parcours montre très clairement un intérêt majeur et permanent pour les questions environnementales et socio-environnementales. Lors de son cursus, il a ainsi suivi des formations relevant des UFR de Sciences et des enseignements donnés par des UFR de Sciences Humaines et Sociales. Il se situe donc très clairement depuis l'obtention de son baccalauréat (série S) à la charnière dite Homme – Milieu dont une des formes d'expression réside dans la tension entre les disponibilités et les besoins en eau lors des phases de sécheresse. On relève ainsi :

- un master 1 de Science de l'environnement terrestre obtenu à Marseille,
- un master 2 de géographie (Structure et dynamique spatiale) obtenu à l'AMU en 2017
- et un master 2 pro de cartographie, SIG, base de données (CarthaGéo) à Paris 1 Panthéon.

Par ailleurs nous avons recruté H. Di Costanzo sur un CDD d'ingénieur de 3 mois (mars – avril – mai) qui pourrait être prolongé de 6 semaines (jusqu'à la fermeture de l'université) dans le cadre du programme HydroPop (2017 – 2020) afin qu'il nous aide à optimiser la base des données collectées en Cévennes autour des questions de sécheresse par l'UMR ESPACE et sa plateforme expérimentale (PlaTex). Par ailleurs cet ingénieur effectuera un premier travail d'analyse statistique des données disponibles (pluie, débit, AEP, géochimie...). Tout ceci pouvant aussi être envisagé comme une sorte d'introduction à la thèse que nous lui avons proposée et qu'il a acceptée avec enthousiasme.

Techniquement H. Di Costanzo maîtrise déjà bien des techniques, des outils, des solutions logicielles... que nécessite la conduite de cette thèse (solutions de traitement et de cartographie de l'information géoréférencée : SIG – Base de données ; programmation de solutions informatiques : sous R ou autre, Python... Ces compétences ont aussi été acquises lors de stages, en particulier :

- un stage au CEREGE de deux mois sur la variabilité temporelle des précipitations en Martinique sous la direction de Vincent Moron (AMU) ;
- un travail (01/07/16 – 31/08/16) comme assistant en production et analyse de données (ASI RF) à l'AMU sous la direction de Nicole Darmon de l'UMR MOISA : Marché, Organisations, Institutions, Stratégies d'Acteurs ;
- un stage au CEREGE (01/02/17 – 31/05/17) sur les vagues de chaleur et la surmortalité en Afrique de l'Ouest sous la direction de Vincent Moron (AMU) ;

Pour cette thèse il sera accompagné par un Comité de thèse aux compétences larges, car c'est l'une des difficultés de ce travail : pouvoir maîtriser et dominer des problèmes qui, pour certains, relèvent de la climatologie, pour d'autres des statistiques, pour d'autres de la géographie, pour d'autres de l'informatique, etc. Sans aller jusqu'à parler de pluridisciplinarité, le profil d'Hadrien Di Costanzo révèle une disposition nette à la multidisciplinarité, un goût pour ce qui est autre, afin *in fine* de croiser les informations et d'enrichir ses travaux.

### 3 - Références bibliographiques :

- Agence de bassin RMC (2014) – Plan de bassin d’adaptation au changement climatique dans le domaine de l’eau. Bassin Rhône Méditerranée. En ligne, 32 p.
- BOË J. (2007) – Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France. Thèse de l’Université Toulouse III – Paul Sabatier, 256 pp + annexes.
- CANOVAS I., MARTIN Ph, CICILLE P., PEREZ S., SALZE D., DIDON-LESCOT J.F., DOUGUÉDROIT A., en révision, Le concept de criticité des basses eaux : un moyen de penser les situations de manque hydrologique en région méditerranéenne française Nature Science et Société
- CANOVAS I., MARTIN Ph, SAUVAGNARGUES S., 2016, Modélisation heuristique de la criticité des basses eaux en régions méditerranéennes, Physio Géo.
- CARREGA P. (1988) – L’évapotranspiration potentielle et réelle dans le Midi méditerranéen. Son originalité par rapport au reste de la France. Méditerranée, vol. 66, n° 4, p. 3-8.
- CHARRE J. (1977) – À propos de sécheresse. Revue de Géographie de Lyon, vol. 52, n° 2, p. 215-226.
- CONESA GARCIA C. et MARTIN-VIDE J. (1993) – Analyse par la chaîne de Markov de la sécheresse dans le sud-est de l’Espagne. Sécheresse, vol. 4, n° 2, p. 123-129.
- CUDENNEC C., LEDUC C. et KOUTSOYIANNIS D. (2007) - Dryland hydrology in Mediterranean regions – a review. Hydrological Sciences Journal, vol. 52, n° 6, p. 1077–1087.
- DOUGUEDROIT A. (1987) – The variation of dry spells in Marseilles from 1865 to 1984. Journal of Climatology, vol. 7, p. 541–551.
- DOUGUEDROIT A. (1990) – Spécificité et variation de la sécheresse le long du littoral méditerranéen français. Revue de Géographie de Lyon, vol. 65, n° 2, p. 123-128.
- DUBREUIL V., (1996), Synthèse géographique de la sécheresse dans les régions océaniques. La Météorologie, 8e série, n° 15, p.22-33.
- GARNIER E. (2010) – Les dérangements du temps. 500 ans de chaud et de froid en Europe. Édit. PLON, Paris, 244 p.
- JACOB-ROUSSEAU N. et ASTRADE L. (2010) – Sécheresse et pénurie d’eau dans la France méridionale entre 1815 et 1840. La Houille Blanche, n° 4, p. 43-50.
- LAMARQUE P. et JOURDAIN S. (1994) – Élaboration de longues séries climatologiques homogènes pour l’étude de l’évolution climatique. La Météorologie, vol. 7, p. 61-68.
- LANA X., BURGUENO A., MARTINEZ M.D. et SERRA C. (2006) – Statistical distributions and sampling strategies for the analysis of extreme dry spells in Catalonia (NE Spain). Journal of Hydrology, vol. 394, n° 1–4, p. 94–114.
- LANA X., MARTINEZ M.D., BURGUENO A. et SERRA C. (2008) – Return period maps of dry spells for Catalonia (northeastern Spain) based on the Weibull distribution. Hydrological Sciences Journal, vol. 53, n° 1, p. 48–64.
- MARGAT J. et VALLÉE D. (1999) – Vision méditerranéenne sur l’eau, la population et l’environnement au XXIe siècle. Édit. GWP/MEDTAC, document pour le IIe Forum Mondial sur l’Eau (La Haye, Pays-Bas), Plan Bleu, Sophia-Antipolis, 83 p.
- MARTIN Ph., (2016) – Modélisation des longueurs des périodes sans pluies supérieures à différents seuils de la chronique de Marseille (1864-2008), Physio-Géo, Volume 10, 1, 81-104.
- MARTIN Ph., (accepté) –Modélisations parétiennes des longueurs des périodes sans pluies. Mise en œuvre avec des chroniques méditerranéennes. Congrès de l’Association Internationale de Climatologie, Thessalonique, Grèce, mai 2019, 6 p.
- OUZEAU G., DÉQUÉ M., JOUINI M., PLANTON S. et VAUTARD R., sous la direction de JOUZEL J. (2014) – Le climat de la France au XXIe siècle. Volume 4. Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d’outre-mer. Édit. Ministère de l’Écologie du Développement Durable et de l’Énergie, Paris, 62 p.
- SÉGUIN B. (1977) – Estimation de l’ETP en climat méditerranéen du sud-est de la France. Comparaison des méthodes à l’échelle locale et problèmes posés par l’extension à l’échelle régionale. La Météorologie, vol. VI, série, II, n° 11, p. 33-40.
- TALLASKEN L.M. et VAN LANEN H.A.J. (2004) - Hydrological drought – Processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Édit. ELSEVIER, Amsterdam (Pays-Bas), 579 p.
- SZCZYPTA C. (2012) – Hydrologie spatiale pour le suivi des sécheresses du bassin méditerranéen. Thèse de l’Institut Polytechnique de Toulouse, Université de Toulouse, 178 p.

Maximum 7 pages

Les sujets devront être adressés à

[agorantic@univ-avignon.fr](mailto:agorantic@univ-avignon.fr)

**Avant le 24 Février 2019 minuit**