

Proposition de sujet de thèse 2026

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé *:

Comprendre les dynamiques multi-échelles des communautés végétales face au changement climatique : mécanismes, hétérogénéité locale et contraintes hydriques en région méditerranéenne

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *: SAATKAMP, Arne, arne.saatkamp@imbe.fr

Laboratoire *: IMBE, UMR 7263

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e) ⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	Pas encore connu
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Comprendre les dynamiques multi-échelles des communautés végétales face au changement climatique : mécanismes, hétérogénéité locale et contraintes hydriques en région méditerranéenne
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Arne SAATKAMP, IMBE, MCF-AMU (HDR) Eric MEINER, IMBE, MCF-AMU
Laboratoire*	IMBE
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	<ul style="list-style-type: none">• i3REF phase III région SUD (2025-2028)• i3REF phases I et II ont financé la majeure partie des données acquises utilisées durant le projet

Sujet de doctorat proposé*

Intitulé* :

Comprendre les dynamiques multi-échelles des communautés végétales face au changement climatique : mécanismes, hétérogénéité locale et contraintes hydriques en région méditerranéenne

Descriptif *:

Le changement climatique global constitue aujourd'hui l'un des principaux moteurs de transformation des écosystèmes terrestres, avec une accélération marquée des températures moyennes, une intensification des événements extrêmes et une modification profonde du cycle de l'eau, dont les trajectoires restent encore difficilement prévisibles à des échelles fines (IPCC, 2021 ; Calvin et al., 2023). Cette dynamique est particulièrement exacerbée dans les régions méditerranéennes, reconnues à la fois comme des hotspots de biodiversité et comme des zones fortement exposées aux changements climatiques, au-delà d'un réchauffement au-dessus de la moyenne globale, notamment via l'intensification des sécheresses et une variabilité interannuelle des précipitations accrue (Berg et al., 2017 ; Scheff & Frierson, 2014 ; Saatkamp et al., 2023 ; Myers, 2000). Nos recherches ont mis en évidence la profonde réorganisation des gradients bioclimatiques et biogéographiques en région méditerranéenne (Figure 1). Dans les systèmes méditerranéens, situés à l'interface entre climats tempérés et semi-arides, les modifications des régimes hydriques et thermiques affectent directement la structure et le fonctionnement des communautés végétales, avec des conséquences majeures sur les services écosystémiques tels que le stockage du carbone, la régulation microclimatique, la stabilisation des sols ou encore la résilience face aux extrêmes climatiques (Díaz et al., 2016 ; Peñuelas et al., 2018).

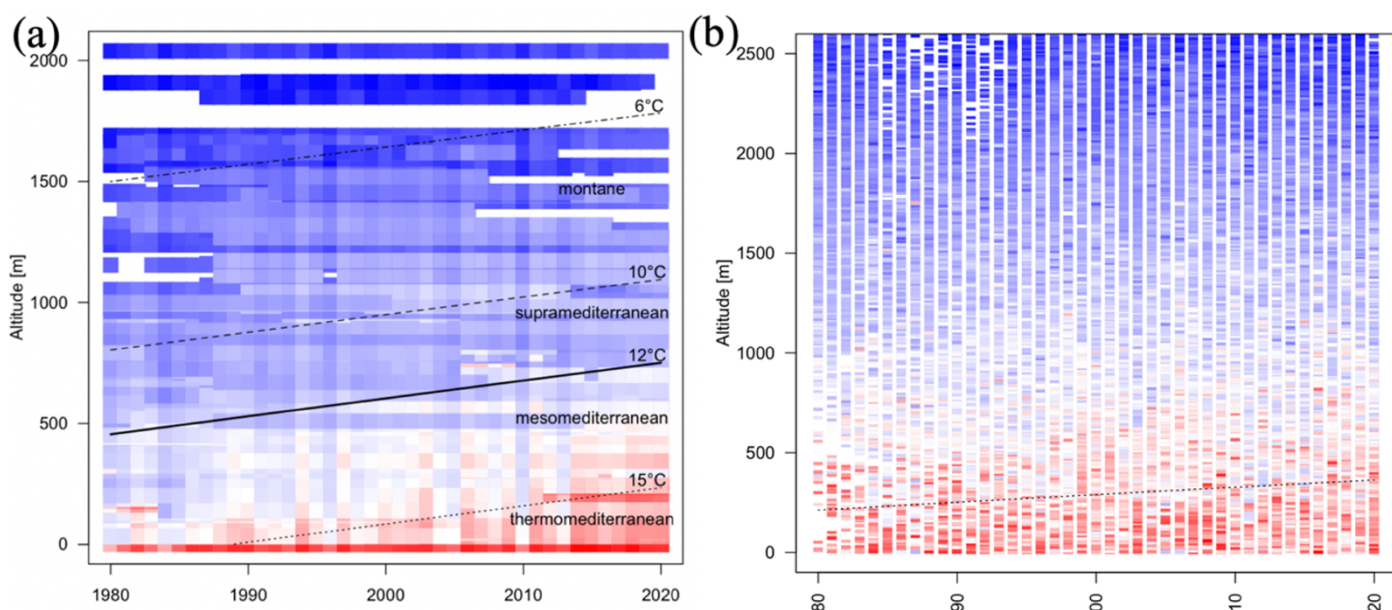


Figure 1 (a) Température annuelle moyenne issue de 321 stations météorologiques de Météo-France dans le sud de la France sur la période 1980–2020 ; les lignes indiquent les isothermes ainsi que les limites supérieures approximatives des étages bioclimatiques (modèle linéaire) ; (b) Exigences thermiques des communautés végétales en fonction de l'année d'observation, ligne pointillée : exigences thermiques méso-méditerranéennes moyennes, modifié d'après Saatkamp et al., (2023).

Malgré l'intensité des recherches menées sur les effets du changement climatique sur la biodiversité végétale, notre capacité à prédire les trajectoires de ces communautés reste limitée, en particulier en raison de la complexité des interactions entre température, précipitations, évapotranspiration et propriétés locales des sols et du relief, qui déterminent la disponibilité effective en eau pour les plantes sur de petites échelles spatiales (Pepin et al., 2015 ; Kopecký et al., 2021). Les études en hydrologie du sol montrent que l'humidité locale du sol, variable intégratrice du cycle de l'eau, dépend à la fois des bilans hydriques climatiques et des propriétés édaphiques telles que la texture, la profondeur et la teneur en matière organique, lesquelles modulent la réserve utile et la capacité de rétention en eau (Fry et al., 2021 ; Gavrilescu, 2021). Cette complexité explique en partie pourquoi les réponses de la végétation ne suivent pas toujours de manière directe les tendances climatiques régionales, mais peuvent être fortement modulées par des conditions locales et microclimatiques.

À l'échelle globale, plusieurs réponses cohérentes des communautés végétales au réchauffement ont été identifiées, notamment la thermophilisation, caractérisée par une augmentation relative des espèces adaptées à des conditions plus chaudes, ainsi que des déplacements altitudinaux et latitudinaux des aires de distribution (Gottfried et al., 2012 ; Lenoir et al., 2008 ; Lenoir & Svenning, 2015 ; Zellweger et al., 2020). Ces dynamiques s'accompagnent souvent d'un décalage temporel entre changement climatique et réponse biologique (Figure 1), connu sous le terme de dette climatique, traduisant une inertie des communautés face aux modifications environnementales (Svenning & Sandel, 2013 ; Bertrand et al., 2011 ; Duchenne et al., 2021). Toutefois, ces tendances générales masquent une forte variabilité régionale et locale. En région méditerranéenne, les travaux récents suggèrent des dynamiques plus complexes, incluant à la fois des phénomènes de thermophilisation et de xérophytisation, mais également des réponses contrastées selon

les milieux ouverts ou fermés, les gradients altitudinaux et les conditions microclimatiques locales (Saatkamp et al., 2023 ; Martin et al., 2019).

Ces résultats soulignent l'existence de verrous scientifiques majeurs. D'une part, les mécanismes sous-jacents aux changements de composition des communautés restent mal identifiés, la thermophilisation pouvant résulter d'extinctions locales, de colonisations ou de modifications d'abondance relative, dont la contribution respective demeure difficile à quantifier (Alexander et al., 2018 ; Pacheco-Riaño et al., 2023). D'autre part, les communautés végétales sont fortement structurées par des processus locaux tels que la limitation de dispersion, les effets de priorité ou la persistance d'individus adultes, qui peuvent ralentir ou contraindre les réponses au climat (Fukami, 2015 ; Zobel, 2016 ; Bertrand et al., 2011). Ces processus sont étroitement liés à l'hétérogénéité environnementale fine, notamment aux variations de topographie, de texture du sol et de microclimat, qui peuvent créer des microrefuges capables d'atténuer localement les effets du réchauffement (Lenoir et al., 2013 ; Finocchiaro et al., 2023). Enfin, la détection des changements dépend fortement de l'échelle d'observation, certaines dynamiques étant perceptibles uniquement à des échelles fines, comme le montrent les résultats précédents du projet i3REF où les changements de préférences écologiques sont détectables au mètre carré mais disparaissent à plus grande échelle (Vittoz et al., 2010 ; Damgaard, 2014).

Ces constats conduisent à une question centrale en écologie du changement global : **à quelles échelles et par quels mécanismes les communautés végétales se réorganisent-elles face au changement climatique, et dans quelle mesure les contraintes hydriques locales modulent-elles ces réponses ?** Cette incertitude limite non seulement la capacité prédictive des modèles de végétation, mais aussi l'anticipation des risques écologiques associés, tels que la perte de diversité, l'homogénéisation des communautés ou l'augmentation de leur vulnérabilité aux perturbations.

Dans ce contexte, **l'objectif de cette thèse** est de comprendre les dynamiques multi-échelles des communautés végétales méditerranéennes face au changement climatique, en identifiant les mécanismes écologiques à l'origine des changements observés et en intégrant explicitement le rôle de l'hétérogénéité hydrique locale. Ce projet s'appuie sur le dispositif expérimental du réseau i3REF, qui constitue un système d'observation unique reposant sur des placettes permanentes, un protocole standardisé et un design emboîté permettant de comparer les dynamiques floristiques à différentes échelles spatiales (Figure 2). Ce protocole, combinant des surfaces allant de 1 m² à 707 m² et intégrant des mesures microclimatiques fines via des capteurs in situ, permet d'articuler de manière inédite les échelles locales et régionales dans l'analyse des réponses de la végétation. Le projet s'organise autour de trois axes complémentaires.

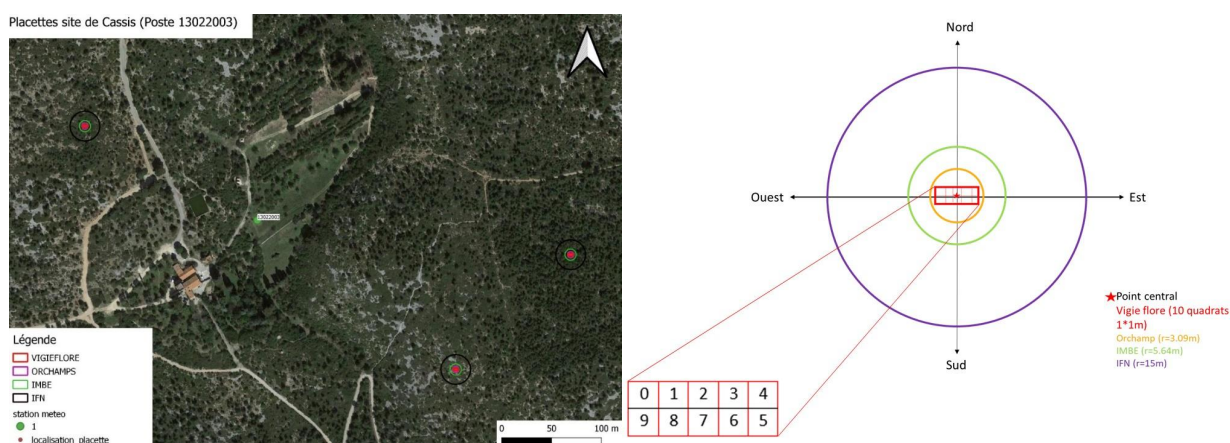


Figure 2: Organisation de sites et de l'échantillonnage de la végétation.

Le **premier axe** vise à déterminer à **quelles échelles spatiales les changements de communautés sont les plus détectables et comment leur intensité varie selon l'échelle**, en exploitant la structure emboîtée du protocole i3REF et en analysant les variations de composition, d'abondance et de préférences écologiques sur plusieurs années. Les résultats préliminaires suggèrent que les signaux de changement sont particulièrement marqués à fine échelle, ce qui soulève des questions fondamentales sur la manière dont les processus locaux s'agrègent à des échelles plus larges.

Le **deuxième axe** s'attache à identifier les **mécanismes responsables des changements observés, en distinguant les contributions respectives de la dispersion, de la dynamique démographique et des variations d'abondance**, notamment à travers des approches combinant piégeage de graines, suivi du succès reproducteur et analyse des dynamiques de présence/absence. Cette approche mécaniste est essentielle pour dépasser les analyses descriptives et comprendre les processus écologiques sous-jacents aux changements de communautés.

Le **troisième axe** vise à caractériser le **rôle des contraintes hydriques en identifiant les variables les plus pertinentes pour expliquer la structuration des communautés végétales**, en intégrant de manière conjointe les données climatiques, édaphiques et topographiques au sein de modèles intégratifs, notamment via des approches de modélisation causale. Cette démarche permettra de reconstruire des espaces de niche thermique et hydrique et d'évaluer leur influence respective sur la composition des communautés.

Détail du Programme finançant la recherche* :

Ce projet profite d'une quantité importante de données déjà acquises dans le cadre des projets i3REF phase I, II et III (qui se termine fin 2028). Un certain nombre de données sont prévus à acquérir sur les prochains mois en 2026, et une partie de données réduite est prévue d'être acquise en début de thèse (2027/2028). En termes de fonctionnement, la thèse bénéficiera du projet en cours (i3REF phase III). Il est envisagé de déposer fin 2026 et 2027 différents projets dans les appels à venir Biodiversa, région SUD/ADEME et ANR.

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : SAATKAMP Arne

Corps : MCF AMU

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

IMBE Aix Marseille Université Avignon Université CNRS IRD UMR 7263

Adresse mail : arne.saatkamp@imbe.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Saatkamp A., Argagnon O., Noble, V., Finocchiaro, M., Meineri M. 2023 Climate change impacts on Mediterranean vegetation are amplified at low altitudes. *Global Ecology and Biogeography* 32: 1113-1126.
- Saatkamp, Arne, Nicolas Falzon, Olivier Argagnon, Virgile Noble, Thierry Dutoit, and Eric Meineri. 2023 Calibrating Ecological Indicator Values and Niche Width for a Mediterranean Flora. *Plant Biosystems*, 157 (2) 301-311
- Saatkamp A., Henry F. & Dutoit T. 2021 Romans shape today's vegetation and soils : two millennia of land-use legacy dynamics in Mediterranean grasslands. *Ecosystems* 24: 1268-1280.
- Saatkamp A., Cochrane A., Commander L., Guja LK., Jimenez-Alfaro B., Larson J., Nicotra A., Poschlod P., Silveira FAO., Cross AT., Dalziel ET., Dickie J., Erickson TE., Fidelis A., Fuchs A., Golos PJ, Hope M., Lewandrowski W., Merritt DJ., Miller BP., Miller RG., Offord CA., Ooi MKJ., Satyanti A., Sommerville KD., Tangney R, Tomlinson S., Turner S., Walck JL. 2019. A research agenda for seed-trait functional ecology. *New Phytologist* 221: 1764–1775
- Martin-Queller E., Albert C., Dumas JP & Saatkamp A. 2017. Islands, mainland and terrestrial fragments : how isolation shapes plant diversity. *Ecology & Evolution* 7 : 6904-6917

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Je n'ai pas encadré de thèse durant les quatre dernières années. Auparavant, j'ai été co-directeur pour Fabien Arène, bourse région SUD, (2014-2017) à 90% ensemble avec Laurence Affre et Hazem Hashoum (2015-2018) à 10% avec Anne Bousquet-Melou. J'ai dirigé les travaux de deux post-docs Aggeliki Doxa, et Emi Martin-

Queller (2014-2017) durant le projet européen GREAT-MED. J'ai encadré 13 étudiants Master 2 et 25 étudiants Master 1 durant leur stage de fin d'études.

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : MEINERI

Corps : MCF Aix Marseille Université

Adresse mail : eric.meineri@imbe.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

IMBE Aix Marseille Université Avignon Université CNRS IRD UMR 7263

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Finocchiaro M, Médail F, Saatkamp A, Diadema D, Pavon D, Brousset L, Meineri E. 2024 Microrefugia and microclimate: Unraveling decoupling potential and resistance to heatwaves *Science of the Total Environment* 924: 171696
- Finocchiaro, M, F Médail, A Saatkamp, K Diadema, D Pavon, and E Meineri. 2023 Bridging the Gap between Microclimate and Microrefugia: A Bottom-up Approach Reveals Strong Climatic and Biological Offsets. *Global Change Biology*, 29 (4), 1024-1036
- Saatkamp A, Argagnon O., Noble, V., Finocchiaro, M., Meineri M. 2023 Climate change impacts on Mediterranean vegetation are amplified at low altitudes *Global Ecology and Biogeography* 32 (7) 1113-1126
- Saatkamp, Arne, Nicolas Falzon, Olivier Argagnon, Virgile Noble, Thierry Dutoit, and Eric Meineri. 2023 Calibrating Ecological Indicator Values and Niche Width for a Mediterranean Flora. *Plant Biosystems*, 157 (2) 301-311
- Garnier, S., Giordanengo, E., Saatkamp, A., Santonja, M., Orts, JP., Reiter, I., Gauquelin, T., Meineri, E. 2021 Amplified drought induced by climate change reduces seedling emergence and increases seedling mortality for two Mediterranean perennial herbs, *Ecology and Evolution* 11 (22), 16143-16152

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : Laureline LECLERC

Intitulé : Lien entre buffering et découplage du microclimat et traits fonctionnels des plantes pour des espèces en limite d'aire nord et sud (ED 251)

Type d'allocation : Bourse ED

Date de début de l'allocation de doctorat : 09/2024

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 09/2027

Programme finançant la recherche : Persimed (région SUD)

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : en cours

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 90 %

Nom : Marie FINOCCHIARO

Intitulé : Microrefuges des plantes en limite d'aire sud-alpins et lien avec microclimat et microrelief

Type d'allocation : Projet région SUD

Date de début de l'allocation de doctorat : 09/2021

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : soutenue en 2024

Programme finançant la recherche : Saint'Obs (région SUD)

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : post-doc

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 90%