

Titre de la thèse

Intégration des contraintes liées à la disponibilité et l'accessibilité à l'eau dans les modèles spatiaux de bassins alimentaires territorialisés

Résumé

Dans la perspective d'accroître la durabilité des systèmes alimentaires, des analyses de type bassin alimentaire étudient le potentiel à nourrir localement les populations urbaines. Or la question de l'eau y est peu abordée. Cette ressource, tant en termes d'accessibilité, de disponibilité et de besoins, joue pourtant un rôle crucial dans les niveaux de productivité et la répartition spatiale des cultures. Son usage est également soumis à des arbitrages avec l'eau potable, notamment.

L'objectif de la thèse est d'intégrer les contraintes liées à l'eau dans un modèle géographique de bassin alimentaire de proximité. Après le développement d'un modèle conceptuel, une version statistique et géomatique sera testée sur un terrain en Occitanie, puis servira de base à différentes analyses de sensibilité afin de tester l'impact de différents scénarios (climatique, d'infrastructure hydraulique ou agronomique tel que type et localisation des cultures) sur les ressources en eau et les caractéristiques du bassin alimentaire.

Le travail est porté par deux unités de recherche (G-eau, Montpellier et Ecodéveloppement, Avignon) ayant une approche interdisciplinaire agronomie-géographie, et sera réalisé dans le cadre d'un projet (TAI-OC, TETRAE, 2022-2027).

Encadrement

Responsables de la thèse

Delphine Leenhardt (agronome, HDR, UMR G-eau, Montpellier)
Esther Sanz Sanz (géographe, UR Ecodéveloppement, Avignon)
Cristèle Léauthaud (agronome, UMR G-eau, Montpellier)

École doctorale

École doctorale Gaia, Montpellier

Date de début envisagée

Rentrée universitaire 2023

Discipline

Agronomie

Description du sujet

Introduction

L'enjeu scientifique est de développer un modèle d'analyse et de représentation spatialement explicite de bassins alimentaires de proximité, c'est-à-dire des systèmes alimentaires territorialisés caractérisés par des modes de production et de consommation plus respectueux de l'environnement et par l'écoulement de produits locaux dans des filières de proximité (Page et al. 2022), applicable à une échelle territoriale et qui intègre les contraintes liées à l'allocation de la ressource en eau (besoin, accès, disponibilité). Au titre de l'enjeu social et politique, la résilience agricole et la souveraineté alimentaire des territoires, notamment par la relocalisation de la production est prégnant, par exemple dans les projets alimentaires territoriaux (PAT). Dans ce contexte, il est essentiel d'évaluer les capacités locales d'approvisionnement en denrées alimentaires et d'estimer si ces capacités sont durables en contexte de changement climatique, et en particulier dans les régions déjà en situation de déficit hydrique pour lesquelles la question de l'eau (accès, disponibilité et besoin) est un point critique qui s'amplifiera à l'avenir.

De nombreux modèles ont été développés pour estimer et cartographier les surfaces nécessaires à l'approvisionnement des villes en denrées alimentaires. Ces modèles sont généralement basés sur l'allocation isotrope de cultures en fonction des distances aux agglomérations, d'usages du sol issus de géo-interprétation et d'estimation des besoins alimentaires à partir de diètes moyennes. Ils ont été plutôt développés avec des niveaux de simplifications trop élevés pour les enjeux des PAT. Par exemple, ils ne considèrent pas l'orientation de la production locale (vers le marché de proximité ou vers l'exportation). En outre, ils ne prennent pas en compte la complexité locale de l'allocation des ressources hydriques (accès et disponibilité pour les exploitations agricoles, besoins en eau des cultures, modalités d'arbitrage entre irrigation et autres usages). Dans l'état de la production académique, ce type de modèle ne permet donc pas de raisonner une allocation des ressources en eau favorable aux systèmes alimentaires territorialisés pour lesquels le déficit hydrique peut être une contrainte majeure, ni de simuler les effets du changement climatique ou de mesures d'adaptation au déficit hydrique sur les caractéristiques des bassins alimentaires de proximité. Or, le développement des initiatives liées aux systèmes alimentaires territoriaux, comme les évolutions climatiques constatées, nécessitent de disposer d'outils adaptés aux échelles d'influences territoriales et qui permettent d'évaluer ex-ante les

mesures susceptibles de favoriser leur mise en œuvre (ex : développement d'infrastructures d'irrigation, de transfert ou de stockage de l'eau, changement ou relocalisation de types ou de modes de production) tout en tenant compte des ressources en eau disponibles et leurs différents usages. Il est également crucial d'évaluer la durabilité des solutions envisagées dans les conditions d'évolution du climat projetées (précipitations, demande évaporative). Enfin, il est important d'évaluer la capacité du bassin d'approvisionnement à répondre à la demande locale sous divers scénarios (climatique, d'infrastructure hydraulique, agronomiques tels que type et localisation des cultures et d'orientation de la production vers le marché de proximité).

Etat de l'art scientifique – Originalité du sujet de thèse

De nombreux modèles ont été développés pour calculer les surfaces nécessaires à l'approvisionnement des villes en denrées alimentaires afin de satisfaire les habitudes de consommation (Schreiber *et al.*, 2021). Les modèles de « bassins alimentaires » (BA) ont d'un côté été développés à l'échelle de continents pour estimer la capacité productive des métropoles pour s'approvisionner localement. Ils sont basés sur des formalismes relativement simples et font appel à des bases de données disponibles à des échelles nationales conduisant à des simplifications supplémentaires (regroupement de cultures, associations systématiques entre surfaces en prairie et production laitière, etc.). Si ces modèles permettent d'informer les politiques publiques aux plus larges échelles – par exemple en montrant que la surface du BA d'une ville est corrélée à sa taille démographique et que les mégapoles sont dans l'incapacité de s'approvisionner avec la production de proximité (Zumkehr and Campbell, 2015) - ce type de modèle ne permet pas d'apporter des connaissances directement opératoires localement. D'autres modèles tendent à prendre explicitement en compte le contexte local, que ce soit en termes d'usages du sol pour estimer le rayon de l'étendu du BA conceptualisé comme une aire circulaire autour de la ville principale (Zasada *et al.*, 2019, Vicente-Vicente *et al.*, 2021, Sanz Sanz *et al.*, 2021) ou d'autres facteurs socio-économiques déterminant la forme et localisation spatiale de la production agricole locale orientée vers le marché de proximité (Sanz Sanz *et al.*, 2022 ; Moulery *et al.* 2022). En d'autres termes, ces études analysent l'impact de différentes variables candidates (régime alimentaire, type de production agricole et notamment le passage vers de l'agriculture biologique, caractéristiques démographiques, etc.) sur les caractéristiques spatiales du BA (rayon, forme). Toutefois, ce type de modèles sont principalement basés sur des critères de distance aux agglomérations, d'usages du sol issus de géo-interprétation et de besoins alimentaires des populations, sans référence explicite aux contraintes liées à l'eau (accès à l'eau et disponibilité de l'eau pour les exploitations agricoles, besoin en eau des cultures). Or, qu'elle soit de pluie ou d'irrigation, la disponibilité en eau a un effet majeur sur les options de cultures, sur les rendements ou sur les arbitrages entre l'eau agricole et l'eau potable. Particulièrement dans les contextes méditerranéens ou semi-arides où la ressource est déjà rare et soumise à de multiples usages, la répartition spatiale de ressources en eau disponibles pour l'irrigation conditionne la distribution spatiale des cultures, les niveaux de production alimentaire et donc les caractéristiques spatiales des BA.

Il convient toutefois de noter le travail de Koch, Wimmer and Schaldach (2018) qui utilisent une chaîne de modélisation pour étudier l'effet combiné de l'urbanisation et du changement climatique sur l'offre et la demande alimentaire de la Jordanie, petit pays aride. La question de l'eau y est intégrée par le biais de son effet sur la production agricole et sur les besoins en eau d'irrigation. Les résultats de l'implémentation de scénarios permettent de questionner la capacité des infrastructures existantes ou prévues à satisfaire les besoins alimentaires de la population. Cette étude ne tient toutefois pas compte de toute la diversité des facteurs de la disponibilité de l'eau pour la production agricole, notamment l'infrastructure hydraulique, les pratiques agricoles ou les quotas d'eau disponible. En outre, au-delà des infrastructures anthropiques, il convient, en zone tempérée, de prendre en compte la géographie physique et hydrologique des BA qui conditionne également la disponibilité en eau de ruissellement qui, par essence, est spécifique à chaque BA considéré. Enfin, il serait pertinent d'examiner les facteurs impactant l'orientation commerciale de la production agricole locale (vers le marché de proximité versus l'exportation).

L'originalité du projet de thèse réside donc dans le développement d'un modèle spatial de BA de proximité pertinent à une échelle territoriale (métropole ou région) et intégrant spécifiquement les contraintes liées à l'eau. Ces deux thématiques (les BA de proximité et la gestion de l'eau) ont été rarement abordées conjointement. L'approche spatialisée et à l'échelle territoriale qui sera mise en œuvre dans cette thèse, permettra d'éclairer les liens entre gestion de l'eau et approvisionnement alimentaire de proximité, dans une optique d'accompagnement de l'action publique.

Question de recherche

Comment prendre en compte la ressource en eau dans la modélisation spatiale des bassins alimentaires de proximité ?

Hypothèses de travail

- L'eau (de pluie et d'irrigation) est un facteur majeur du rendement et de la qualité des productions agricoles ;
- L'accès à l'eau d'irrigation est un critère de choix de certaines productions ;
- L'irrigation est un levier majeur pour renforcer la durabilité de projets de BA local, en permettant la diversification des productions, en augmentant et en stabilisant les rendements
- Les ressources en eau pour l'irrigation sont réparties de manière hétérogène sur les territoires et dépendent des conditions météorologiques ;
- Les bassins alimentaires sont l'expression spatiale de la relation entre la demande alimentaire d'une ville ou d'une agglomération et des productions agricoles dépendantes des conditions géomorphologiques, économiques et sociales au sein desquelles s'exprime l'agriculture.
- Il est possible d'identifier les agricultures par leur « signature spatiale », c'est-à-dire, des arrangements visibles et identifiables dans l'espace qu'il est possible d'associer aux systèmes productifs, permettant de caractériser et cartographier les systèmes à vocation alimentaire et discriminer ceux orientés vers les marchés de proximité et ceux dédiés à l'exportation

Programme de recherches

Le travail de recherche se déroulera en plusieurs étapes :

1. **Analyse bibliographique** sur les modèles de BA de proximité. Deux études (Horst 2015, Schreiber 2021) font une analyse des articles sur les BA, avec une soixantaine de papiers existants. Ces travaux seront actualisés, et les modèles présentés seront analysés en termes de structure, de données utilisées, de scénarisation implémentée, etc.
2. **Développement d'un modèle conceptuel « BA-eau »** : sur la base des grands principes des modèles de BA répertoriés, il s'agira de préciser à quelles étapes de la modélisation des BA la question de la disponibilité de l'eau interfère et comment elle peut être prise en compte. Ce travail se basera sur les travaux déjà entrepris au sein de l'unité de recherche Ecodéveloppement et de l'UMR G-eau. Le doctorant travaillera sur des productions contrastées : 2-3 produits horticoles en rotation et une autre culture (grande culture).
3. **Identification d'un terrain d'étude**. Le terrain d'étude sera localisé en Occitanie. Le choix du terrain d'étude se fera en fonction du cadre conceptuel mis en place, des données à collecter, et de l'intérêt des acteurs locaux pour ce travail. Les terrains du projet TAI-OC (TETRAE) seront privilégiés.
4. **Inventaire des données disponibles sur le terrain d'étude** : on veillera à distinguer les données génériques (disponible France entière) des données spécifiques au terrain d'étude pour privilégier les premières.
5. **Implémentation empirique, statistique et géomatique du modèle conceptuel sur le terrain d'étude en Occitanie**. Cela permettra de représenter la situation actuelle du BA de proximité et l'accessibilité, disponibilité et besoins de la ressource en eau. Éventuellement, le modèle sera testé sur un deuxième terrain d'étude à l'étranger.
6. **Formulation de scénarios d'analyse d'impact** : Il s'agirait d'estimer l'impact de différents scénarios sur les ressources en eau et les caractéristiques du bassin alimentaire. Cette analyse ne sera conduite que si le déroulement de la thèse est suffisamment rapide. Elle pourra prendre différentes formes selon l'avancement de la thèse : tester la capacité de réaction (sensibilité) du modèle à des changements sur ses données d'entrée relatives au contexte météorologique, aux infrastructures hydrauliques, aux choix agronomiques ou aux choix de l'orientation commerciale de la production.

Matériel nécessaire et méthodes envisagées

A chaque étape listée ci-après, le.e doctorant.e disposera du matériel et méthodes nécessaires, accompagné.e si besoin des formations pour s'en servir.

Pour l'analyse bibliographique :

- un accès au WOS et autres bases de données de publications scientifiques

Pour la modélisation conceptuelle :

- Des méthodes UML pour la modélisation conceptuelle

Des compétences des encadrants

- sur la modélisation des BA d'une part (géo- interprétation pour l'usage des sols, métriques spatiales y associées, modèle de diète de type FAO, etc.)
- sur la modélisation des territoires agricoles de gestion de l'eau d'autre part (modèles de bilan hydrique sol-plante-atmosphère, de développement des cultures, de décision d'irrigation, hydrologique, etc.)

Pour la collecte et l'analyse de données :

- Le terrain d'étude sera défini dans le cadre du projet TAI-OC en présence des partenaires du projet. On veillera à choisir un terrain pour lequel l'accès aux données nécessaires sera facilité par l'un des partenaires du projet.
- Bases de données européennes ou françaises (RPG complété et OSO pour l'occupation du sol, Recensement Agricole 2020, INSEE, Geostat, EFSA ou INCA 3 pour les consommations alimentaires, etc...)

Pour le développement et le test d'une version numérique prototype du modèle

- L'étudiant.e disposera du soutien informatique nécessaire pour le codage (en fonction de ses compétences propres), ainsi qu'un accès aux outils de modélisation existants (bases de données, codes, etc.)
- Il pourra bénéficier de formations et accompagnement aux études de sensibilité

Pour une première application du modèle, l'étudiant.e pourra s'appuyer sur les nombreux travaux prospectifs conduits par les partenaires du projet pour définir ses scénarios, et si le calendrier concorde, l'étudiant.e pourra bénéficier des résultats issus des ateliers participatifs organisés dans le projet TAI-OC pour définir des scénarios d'intérêt..

Calendrier

Le candidat sera inscrit en thèse en septembre/octobre 2023 pour une soutenance en septembre/octobre 2026.

Compétences cognitives et techniques acquises par le doctorant

Maîtrise :

- Collecte, structuration et gestion de données à partir de bases diverses (nationales, locales) notamment agricoles
- Analyse statistique des données géolocalisées
- Analyse géomatique et représentation cartographique

Expérience :

- Une expérience préalable en modélisation statistique (codage, calibration, validation, analyses de sensibilité) est nécessaire
- Une connaissance des enjeux liés à la gestion de l'eau agricole est nécessaire
- Capacité à développer des cadres d'analyse et compétence en modélisation conceptuelle

Appréciées :

- Connaissances sur les systèmes alimentaires territorialisés
- Connaissances sur les méthodes de scénarisation (notamment manipulation des scénarios de changement climatique du GIEC)
- Avoir déjà contribué à l'écriture d'articles scientifiques serait un plus.

Partenariat scientifique et industriel dans lequel s'inscrit le travail

Cette thèse sera co-encadrée par deux agronomes de l'UMR G-EAU, familières des questions d'eau aux échelles de la parcelle et de l'exploitation (C. Léauthaud) et du territoire (D. Leenhardt), et une géographe de l'UR Ecodéveloppement, spécialiste de la modélisation spatiale des bassins alimentaires de proximité dans une optique d'accompagnement de l'action publique (E. Sanz Sanz).

Le doctorant s'inscrit dans le cadre du le projet TETRAE TAI-OC. L'objectif du projet TAI-OC est de co-instruire, avec différents partenaires, la question de l'irrigation dans une perspective de transition agroécologique de l'agriculture occitane. Le projet vise à caractériser les systèmes agroécologiques irrigués d'Occitanie, à comprendre les facteurs de la transition agroécologique de ces systèmes irrigués et à accompagner cette transition. Un volet a pour objectif d'explorer les futurs possibles dans le cadre d'une transition agroécologique des systèmes irrigués à l'échelle territoriale. Le développement du modèle de BA de proximité intégrant les contraintes liées à la gestion de l'eau est un des outils qui sera implémenté. Le doctorant pourra s'appuyer sur les partenaires académiques (UMRs G-eau, Innovation, ABSYS, Maraichage, AGIR, LIST) et institutionnels (Métropole Méditerranée Métropole, CRA Occitanie, l'IFV, la Chaire Partenariale Eau à Montpellier, Agriculture et Changement Climatique, etc.) du projet pour la recherche des données.

Détails pratiques

Les quatre premiers mois de la thèse se dérouleront au centre INRAE d'Avignon, au sein de l'unité de recherche EcoDéveloppement. Le reste de la thèse se déroulera à Montpellier, au sein de l'UMR G-eau, avec des déplacements à Avignon.

Un terrain de recherche principal sera sélectionné dans les 6 premiers mois de la thèse, en Occitanie. Un second site d'étude pourra être choisi dans un deuxième temps à l'étranger pour tester le modèle.

Modalités de candidature

La sélection du candidat se fera en trois étapes, selon le calendrier ci-dessous :

1. Candidature : envoi d'une lettre de motivation et d'un CV avant le 5 juin 2023
2. Les candidats sélectionnés seront invités à lire un article à partir du 18 juin, et participeront à une épreuve écrite sur cette base le 21 juin de 9h à 10h
3. 2 à 4 candidats seront auditionnés le 30 juin
4. Les résultats finaux seront donnés le 3 juillet 2023

Références bibliographiques

- Koch, J., Wimmer, F. and Schaldach, R. (2018) 'Analyzing the relationship between urbanization, food supply and demand, and irrigation requirements in Jordan', *Science of the Total Environment*, 636, pp. 1500-1509.
- Horst, M., & Gaolach, B. (2015). The potential of local food systems in North America: A review of foodshed analyses. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(5), 399-407.
- Mouly, M., et al. (2022). Self-sufficiency assessment: Defining the foodshed spatial signature of short beef supply chains. *Agriculture*.
- Sanz Sanz, E., et al. (2022). Motivations of public officials as drivers of transition to sustainable school food provisioning: insights from Avignon, France. *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 35(6).
- Page A., N'diaye A., Duvernoy I., Duru M., 2022. Système alimentaire territorialisé : définition. Dictionnaire d'agroécologie. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/systeme-alimentaire-territorialise/>
- Sanz Sanz, E., et al. (2021). Agroecological transitions and local food self-sufficiency assessment. From the isotropic circle to the archipelago foodshed. *Agroecological transformation for sustainable food systems. Insight on France-CGIAR research. A. international*. 26.
- Schreiber, K., Hickey, G. M., Metson, G. S., Robinson, B. E. and MacDonald, G. K. (2021) 'Quantifying the foodshed: a systematic review of urban food flow and local food self-sufficiency research', *Environmental Research Letters*, 16(2).
- Zumkehr, A. and Campbell, J. E. (2015) 'The potential for local croplands to meet US food demand', *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(5), pp. 244-248.
- Vicente-Vicente, J. L., Doernberg, A., Zasada, I., Ludlow, D., Staszek, D., Bushell, J., ... & Piorr, A. (2021). Exploring alternative pathways toward more sustainable regional food systems by foodshed assessment—city region examples from Vienna and Bristol. *Environmental Science & Policy*, 124, 401-412.
- Zasada, I., Schmutz, U., Wascher, D., Kneafsey, M., Corsi, S., Mazzocchi, C., ... & Piorr, A. (2019). Food beyond the city—Analysing foodsheds and self-sufficiency for different food system scenarios in European metropolitan regions. *City, Culture and Society*, 16, 25-35.

Liste de 5 publications récentes des responsables de la thèse, en rapport avec le projet proposé

- Akakpo, K., Bouarfa, S., Benoît, M., & Leauthaud, C. (2021). Challenging agroecology through the characterization of farming practices' diversity in Mediterranean irrigated areas. *European Journal of Agronomy*, 128, 126284.
- Allain, S., Obiang Ndong, G., Lardy, R., Leenhardt D., 2018. Integrated assessment of four strategies for solving water imbalance in an agricultural landscape. *Agron. Sustain. Dev.* 38: 60. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0529-z>
- Boussougou, B., G., E. Sanz Sanz, C. Napoléone and D. Martinetti (2021). Identifying agricultural areas connected to cities for the purpose of urban planning: a methodology at the regional scale. *Land Use Policy* 103(105321).
- Leauthaud, C., Duvail, S., Hamerlynck, O., Paul, J. L., Cochet, H., Nyunja, J., ... & Grünberger, O. (2013). Floods and livelihoods: The impact of changing water resources on wetland agro-ecological production systems in the Tana River Delta, Kenya. *Global environmental change*, 23(1), 252-263.
- Leenhardt D., Voltz M., 2020. Chapitre 1. Les impacts réciproques de l'agriculture et de la ressource en eau In : Leenhardt D., Voltz M., Barreteau O. (Eds). *L'eau en milieu agricole. Outils et méthodes pour une gestion intégrée et territoriale*. Collection Synthèses, Éditions Quæ, 2020, ISBN 978-2-7592-3123-2. p.19-38
- Sanz Sanz, E., D. Martinetti and C. Napoléone (2018). Operational modelling of peri-urban farmland for public action in Mediterranean region. *Land Use Policy* 75: 757-771.
- Sanz Sanz, E., C. Napoléone and M. Mouly (2021). Agroecological transitions and local food self-sufficiency assessment. From the isotropic circle to the archipelago foodshed. *Agroecological transformation for sustainable food systems. Insight on France. CGIAR research. A. international*. 26.