

Offre de thèse

Intitulé / title :

La cartographie continentale d'indicateurs de fonctionnement des sols pour évaluer la santé des sols en Afrique

Continental-level soil function indicator mapping for assessing African soil health

Mots clés / keywords :

science du sol, santé du sol, dégradation, fertilité, fonctions du sol, services écosystémiques / *soil science, soil health, degradation, fertility, soil functions, ecosystem services*

Date de clôture / Application deadline :

30/11/2026

Date souhaitée de début du contrat / expected starting date :

01/01/2027

Résumé du projet / project summary :

Le suivi et la cartographie de la santé des sols constituent un domaine de recherche extrêmement actif et productif. Il s'agit d'un défi majeur à l'échelle continentale, tout particulièrement sur les continents où la disponibilité et la qualité des données sur les sols sont limitées, comme c'est le cas en Afrique. S'appuyant sur le système d'informations sur les sols en accès libre (« open data ») mis en place dans le cadre du projet Soils4Africa (UE, 2020-2024), le projet de l'Union européenne (UE) intitulé « African Union Soil Observatory » (AUSO, 2025-2030) se donne pour objectif de développer un cadre de suivi innovant et évolutif, permettant de décrire et de cartographier la santé des sols à travers tout le continent africain. La définition de ce cadre d'évaluation et de suivi de la santé des sols fait plus précisément l'objet du « Work Package 3 » (WP3). Les travaux de recherche doctorale visent à cartographier, à l'échelle de l'Afrique, les niveaux de fourniture de trois fonctions du sol, parmi celles retenues par le projet. Bien que ces recherches privilégient une approche à l'échelle continentale, elles contribueront également, de manière complémentaire, au développement des composantes du cadre de suivi de la santé des sols qui s'appliquent à des échelles géographiques plus fines.

Soil health monitoring and mapping is an extremely active and productive field of research. It remains a major challenge at continental scale, still more so on continents with limited soil data availability and quality as in Africa. Based on the released open-data soil information system built up within the Soils4Africa project (UE, 2020-2024), such is nevertheless the aim of the European Union (EU) project African Union Soil Observatory (AUSO, 2025-2030): to develop a novel, scalable, monitoring framework to describe and map soil health throughout Africa. The definition of the framework for soil health assessment and monitoring is more particularly the focus of the Work Package 3 (WP3). The aim of the PhD research is to map soil function provision levels across Africa for about three soil functions from among those selected by the project. The research will prioritize the continental scale and extent, although it will secondarily contribute to the development of the lower-level and larger geographic scale of the soil health monitoring framework.

Contexte / context :

Les sols constituent le substrat fondamental du fonctionnement des écosystèmes terrestres ; ils sont essentiels à la sécurité alimentaire mondiale, à la régulation hydrologique, à la séquestration du carbone et au maintien de la biodiversité. La santé des sols — définie comme leur capacité durable à fonctionner en tant que système vivant, dans le respect des limites liées à l'utilisation des terres et aux écosystèmes — soutient la productivité

végétale et animale, préserve ou améliore la qualité de l'eau et de l'air, et favorise la santé des plantes et des animaux. Cette notion est devenue une priorité politique et scientifique majeure face à l'accélération de la dégradation des terres, au changement climatique et à la croissance démographique.

En Afrique subsaharienne, la dégradation des sols est généralisée et touche une part importante des terres agricoles. De nombreuses études indiquent qu'une vaste superficie de terres cultivées présente une ou plusieurs formes de dégradation, notamment l'épuisement des nutriments, l'érosion et le déclin de la fertilité des sols. Certaines évaluations à l'échelle mondiale suggèrent que jusqu'à 65 % des terres agricoles pourraient être dégradées ; toutefois, ce chiffre repose davantage sur des avis d'experts et des extrapolations à grande échelle que sur des mesures empiriques rigoureuses. Parmi les principaux facteurs biophysiques à l'origine du déclin de la productivité figurent la perte de carbone organique dans les sols, l'érosion accélérée, l'acidification et le compactage des sols.

Le projet AUSO vise à relever ce défi en mettant en place un tableau de bord numérique harmonisé de la santé des sols à l'échelle du continent africain. Si la conception de l'AUSO pourrait s'inspirer du tableau de bord sur la dégradation des sols de l'Union européenne (EUSO), les avancées scientifiques récentes dans ce domaine, combinées aux spécificités de l'Afrique — sur les plans pédologique, climatique, socio-économique et en matière d'utilisation des terres — justifient l'élaboration d'une approche originale et propre à l'AUSO.

Soils are the foundational substrate of terrestrial ecosystem function, underpinning global food security, hydrological regulation, carbon sequestration, and biodiversity maintenance. The health of soil defined as its sustained capacity to function as a living system within land-use and ecosystem boundaries, supporting plant and animal productivity, maintaining or enhancing water and air quality, and promoting plant and animal health has emerged as a central policy and scientific priority in the face of accelerating land degradation, climate change, and population growth.

Across sub-Saharan Africa, soil degradation is widespread and affects a substantial proportion of agricultural land. Multiple studies indicate that large areas of cultivated land exhibit one or more forms of degradation, including nutrient depletion, erosion, and declining soil fertility. Some global assessments have suggested that up to 65% of agricultural land may be degraded; however, this figure is based largely on expert judgement and broad-scale extrapolation rather than consistent empirical measurement. Key biophysical drivers of productivity decline include soil organic carbon depletion, accelerated erosion, acidification, and soil compaction.

The AUSO project aims at addressing this challenge by establishing a continental-scale, harmonized numerical soil health dashboard for Africa. The establishment of the AUSO could draw upon the EU's EUSO soil degradation dashboard. However, the evolving state-of-the art in this field and the distinctive features of Africa, from the pedologic, climatic, land-use and socio-economic points of view, suggest to rather find an original and unique way in developing the AUSO.

Objectif / objectives :

Le cadre AUSO vise à soutenir la cartographie d'indicateurs relatifs à la santé des sols à l'échelle continentale, tout en garantissant sa pertinence aux niveaux national et local. L'objectif général de cette thèse est de développer et de tester un cadre permettant de cartographier les niveaux de fourniture des fonctions des sols en Afrique. Ces niveaux sont exprimés par rapport à des optima propres aux conditions pédoclimatiques — plutôt que par rapport à des seuils absolus — et l'étude évalue dans quelle mesure les données continentales actuellement disponibles permettent une telle analyse. Les trois fonctions abordées dans cette thèse sont : le cycle des nutriments et la régulation biogéochimique ; la régulation et la purification de l'eau ; ainsi que l'atténuation et la détoxification des contaminants.

Trois objectifs spécifiques structurent ce travail :

Le premier objectif consiste à élaborer et à appliquer un cadre de sélection d'indicateurs pour la cartographie des fonctions des sols à l'échelle continentale. Il s'agit d'établir des modèles conceptuels fondés sur les processus pour trois des huit fonctions des sols retenues dans le cadre AUSO, de renseigner au mieux les indicateurs choisis pour les composantes de ces modèles, et d'évaluer le niveau de fonctionnement des sols à travers le continent.

Le deuxième objectif vise à déterminer si, et comment, la dépendance à la gestion peut être intégrée dans l'estimation des niveaux de fonctionnement des sols. Il s'agit de distinguer les propriétés du sol stables (intrinsèques) de celles qui sont sensibles aux pratiques de gestion, puis de tester — dans un ou plusieurs pays cibles et/ou zones agroécologiques disposant de données adéquates — si l'utilisation de seuils d'interprétation spécifiques à l'occupation des sols conduit à des estimations significativement différentes de celles obtenues en se basant uniquement sur des optima pédoclimatiques.

Le troisième objectif consiste à caractériser les compromis et les synergies entre les fonctions des sols à l'échelle continentale. Il s'agit de quantifier la cooccurrence spatiale et l'antagonisme des niveaux de fourniture de ces fonctions, afin de déterminer si une évaluation globale de la santé des sols est pertinente, ou s'il convient de rendre compte de chaque fonction séparément.

The AUSO framework aims to support continental soil health convergence of evidence mapping and ensure fitness for purpose at national (to local) levels. The general objective of the PhD research is to develop and test a scalable framework for mapping soil function provision levels across Africa, expressed relative to pedoclimatic condition-specific optima rather than to absolute thresholds, and to assess the extent to which currently available continental data can support such an assessment. The three functions addressed by the thesis are Nutrient Cycling & Biogeochemical Regulation, Water Regulation & Purification, and Contaminant Attenuation & Detoxification.

Three specific objectives structure the work:

The first objective is to build and apply an indicator selection framework for continental-scale soil function mapping. Establish process-based conceptual models for three of AUSO's eight soil functions, inform, as good as possible, selected indicators for model components, and assess soil function level throughout the continent.

The second objective is to determine whether and how management dependence can be incorporated into function level estimates. Distinguish stable (inherent) from management-sensitive soil properties, and test, in one or more target countries and/or agroecological zones under favourable data conditions, whether land use-specific interpretation thresholds yield function level estimates that differ meaningfully from thresholds solely based on pedoclimatic optima.

The third objective is to characterise trade-offs and synergies among soil functions at continental scale. Quantify the spatial co-occurrence and antagonism of function provision levels, in order to establish whether aggregate soil health assessment is informative or whether functions should be reported separately.

Méthode / methodology :

Tâche 1 : Sélection et cartographie d'indicateurs pour l'évaluation des fonctions du sol ciblées à l'échelle continentale

Cette tâche vise à démontrer dans quelle mesure les données disponibles permettent de renseigner l'état des fonctions du sol à l'échelle continentale. Pour chacune de ces trois fonctions, les travaux de recherche doctorale établiront des modèles cognitifs des processus chimiques, physiques et biologiques pertinents qui se déroulent dans les sols africains. Par la suite, des indicateurs seront sélectionnés via un cadre méthodologique systématique, permettant de restreindre progressivement une liste étendue de processus et de paramètres à l'aide de critères de sélection spécifiques. Cette recherche cherchera notamment à déterminer dans quelle mesure ces processus de sélection et de définition des indicateurs doivent être menés séparément pour différentes zones agroécologiques. L'étude s'appuiera exclusivement sur des jeux de données continentaux existants. L'Africa Soil Data Centre (ASDAC) constituera le principal fournisseur de données, et le système d'information sur les sols (SIS) de Soils4Africa en sera la source principale, complétés par des jeux de données pédologiques continentaux spécifiques ainsi que par des cartes d'indicateurs indirects (proxies).

Tâche 2 : Estimation des niveaux des fonctions du sol en fonction des modes de gestion

Cette tâche vise à explorer en profondeur, dans un ou plusieurs pays cibles et pour une ou plusieurs zones agroécologiques, la meilleure façon d'estimer les niveaux des fonctions du sol — en tenant compte des modes de gestion — pour un usage des terres donné (par exemple, un système de culture). Ces estimations seront

réalisées dans des conditions de données optimales mais réalistes (en utilisant des SIS nationaux et des jeux de données complémentaires). La cartographie de ces fonctions sera limitée aux unités d'occupation/usage des terres correspondantes, avec une application conditionnelle — basée sur des seuils d'interprétation (optima/minima) spécifiques à chaque usage, à développer dans le cadre du projet — et en intégrant des informations sur les pratiques de gestion propres aux systèmes de culture.

Tâche 3 : Analyse des compromis et des synergies entre les fonctions du sol

Cette tâche a pour objectif d'analyser, à l'échelle continentale, les compromis et les synergies entre les fonctions du sol, une problématique centrale dans la recherche sur les services écosystémiques. Ce travail sera mené collectivement par le consortium de partenaires du lot de travaux 3 (WP3) du projet AUSO. En fonction du temps disponible et de l'avancement global du WP3, ces travaux de recherche doctorale contribueront, de manière plus ou moins significative, à cette analyse.

Task 1: Select and map indicators for assessing the targeted soil functions at continental level

This task aims at demonstrating to what extent available data allow to inform soil function status, at continental level. For each of these three functions, the doctoral research will establish cognitive models of the relevant chemical, physical and biologically mediated processes that occur in African soils. Subsequently, indicators will be selected through a systematic framework, progressively narrowing down a broad list of processes and parameters via specific selection criteria. The extent to which these indicator selection and definition processes are to be conducted separately for distinct agroecological zones is a question this research aims to address. The research will exclusively consider existing, continental datasets. The Africa Soil Data Centre (ASDAC) will be its main data provider and the Soils4Africa SIS its main data source, complemented with specific continental soil data sets as well as maps of proxy indicators.

Task 2: Estimate management dependant soil function levels

This task aims at exploring in-depth, in one or more target countries and for one or more agroecological zones, how to best establish, under optimal but realistic data conditions (national SIS and additional data sets), management dependent soil function level estimates for a specific land use (e.g., agricultural system). These functions will only be mapped for corresponding national land use/cover mapping units, with a conditional application (since other systems are present in each zone) of, to be developed, use-specific optima/minima interpretation thresholds, considering information on cropping system specific management practices.

Task 3: Analyse trade-offs and synergy among soil functions

This task aims at reflecting upon or analyse, at continental level, the trade-offs and synergies among soil functions, a main issue in ecosystem services research. This effort will be conducted collectively by the consortium of partners of AUSO's WP3. Depending on the available time and the overall WP3 progress, this doctoral research will more or less substantially contribute to that analysis.

Résultats attendus / expected results :

Les trois cartes continentales des fonctions des sols, issues de ces travaux de recherche doctorale, constitueront une contribution majeure à l'Observatoire des sols de l'Union africaine (AUSO). En s'imposant comme une plateforme complète en accès libre, conforme aux principes FAIR (faciles à trouver, accessibles, interopérables et réutilisables), l'AUSO contribuera de manière significative à relever les défis liés à la santé des sols en Afrique. En fournissant des données essentielles sur la dégradation des sols et les améliorations apportées à leur santé, l'AUSO permettra aux décideurs politiques, aux organisations intergouvernementales et aux autres parties prenantes d'optimiser les politiques de gestion des sols, de hiérarchiser les interventions, d'améliorer les services de conseil et de soutenir des objectifs plus larges en matière de sécurité alimentaire et d'atténuation du changement climatique.

Comprendre dans quelle mesure les sols de certaines régions assurent diverses fonctions — en les comparant entre eux plutôt qu'à leur état passé — constitue une information précieuse pour les décideurs politiques. Ces

derniers peuvent ainsi, par divers leviers, accorder la priorité à certaines fonctions ou à certaines régions par rapport à d'autres. Le suivi n'est pertinent qu'à une échelle temporelle permettant aux mesures mises en œuvre de produire un impact mesurable sur la santé des sols.

The three continental soil function maps resulting from this doctoral research constitute a key contribution to the AU Soil Observatory. Successfully establishing the AUSO as a comprehensive, open-access hub that adheres to the principles of findable, accessible, interoperable, and reusable (FAIR) data will significantly contribute to addressing Africa's soil health challenges. By providing critical evidence on soil degradation and improvements in soil health, the AUSO will enable policymakers, intergovernmental organizations, and other stakeholders to enhance soil management policies, prioritize interventions, improve advisory services, and support broader food security and climate mitigation goals.

Knowing how well soils of given regions perform diverse functions, with respect to each other, more than with respect to the past, is relevant information for policy makers, who may then prioritize, through various means, some functions or regions with respect to others. Monitoring is only relevant at a temporal scale at which given means can be expected to lead to measurable soil health impact.

Références bibliographiques / bibliographical references :

- JRC. 2026. EUSO Soil Degradation Dashboard. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>, accessed on October 7th, 2026.
- Hannam, J.A., Harris, M., Deeks, L., Hoskins, H., Hutchison, J., Withers, A.J., Harris, J.A., Way, L., Rickson, R.J.R., 2025. Developing a multifunctional indicator framework for soil health. *Ecological Indicators* 175, 113515. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113515>
- Lehmann, J., Bossio, D.A., Kögel-Knabner, I., Rillig, M.C., 2020. The concept and future prospects of soil health. *Nat Rev Earth Environ* 1, 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Obiang Ndong, G., Villerd, J., Cousin, I., Therond, O., 2021. Using a multivariate regression tree to analyze trade-offs between ecosystem services: Application to the main cropping area in France. *Science of The Total Environment* 764, 142815. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142815>
- Vazquez, C., Mulder, T., Chavez Rodriguez, L., David, F., Di Lonardo, D.P., Garsia, A., Creamer, R.E., Bünemann, E.K., Soinne, H., Cheval, P., Basile, A., Bacq-labreuil, A., Nordén, J., Cunha, L., Imbert, C., Boix-Fayos, C., 2025. Soil biology, soil health and ecosystem services: an overview, in: Norton, J., Schimel, J., Lindo, Z. (Eds.), *Measuring and Assessing the Biological Health of Soils*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 1–51. <https://doi.org/10.19103/AS.2025.0159.01>
- Xu, J., Ren, C., Zhang, X., Wang, C., Wang, S., Ma, B., He, Y., Hu, L., Liu, X., Zhang, F., Lu, L., Li, S., Zhang, J., Zhu, Y.-G., Vitousek, P., Gu, B., 2025. Soil health contributes to variations in crop production and nitrogen use efficiency. *Nat Food* 6, 597–609. <https://doi.org/10.1038/s43016-025-01155-6>

Directeur de thèse (UMR DT et email) / PhD Director :

Tom Wassenaar (UR Recyclage et risque - tom.wassenaar@cirad.fr)

Co-encadrement / PhD co-supervision :

Samuel Legros et Matthieu Bravin (UR Recyclage et risque) et Tantely Razafimbelo-Andriamifidy (LRI, Université Antananarivo)

Ecole doctoral et filière / PhD-Graduate school and research area :

GAIA

Modalité d'encadrement de la thèse / supervision details :

Un comité de suivi individuel sera établi conformément au règlement de l'école doctorale. Le doctorant informera régulièrement le consortium de partenaires engagés à contribuer au WP3 d'AUSO de ses travaux, et bénéficiera également de son soutien actif.

An individual monitoring committee will be established in accordance with the doctoral school's regulations. The doctoral student will regularly report to – but also benefit from the active support from – the consortium of partners committed to contribute to AUSO's WP3.

Conditions scientifiques et matérielles / scientific and materiel conditions :

Lieu d'accueil et affectation : CIRAD, centre de Lavalette, Montpellier, France

Quelques courtes missions peuvent s'avérer nécessaires et seront pris en charge par le projet AUSO.

Host location and assignment: CIRAD, Lavalette center, Montpellier, France

A few short-term missions may be required; these will be covered by the AUSO project.

Type de financement / type of funding :

Cirad et projet UE Horizon Europe AUSO

Etat du financement / Funding status :

Acquis / Obtained

Précision sur le financement / Details :

½ bourse Cirad et ½ bourse projet HE AUSO, fonctionnement de la thèse pris en charge sur le projet AUSO

Contraintes du poste :

Travail sur écran supérieur à 4h

Profil du/de la candidat.e / applicant profile :

Les contraintes contractuelles liées au projet AUSO nous obligent à ouvrir ce recrutement uniquement aux ressortissants de pays africains.

Aptitudes, compétences souhaitées :

Un Master 2 en science du sol et/ou sciences de l'environnement et/ou agronomie, avec une bonne formation en statistiques et analyse de données. Compétences en Systèmes d'Information Géographique et maîtrise de R. Intérêt marqué pour les questions de transitions écologiques.

Due to contractual constraints associated with the AUSO project, this recruitment is open exclusively to nationals of African countries.

Required skills and qualifications:

A Master of Science degree in soil science, environmental science, and/or agronomy, with a strong background

in statistics and data analysis. Proficiency in Geographic Information Systems (GIS) and the R programming language. A keen interest in issues related to ecological transitions.

Compétences linguistiques / language requirements :

Niveau requis minimum en français (suivant le CECRL): B2

Niveau requis minimum en anglais (suivant le CECRL): B2

Modalité et renseignements sur la thèse :

Contacts et coordonnées pour votre candidature :

Les candidatures seront à envoyer par mail à Tom Wassenaar (tom.wassenaar@cirad.fr), en précisant le sujet de thèse et en y joignant les pièces suivantes : CV, lettre de motivation, notes complètes de Master M1 et M2 (ou équivalent si cursus Ingénieur). Aucune lettre de recommandation n'est acceptée. Tout dossier incomplet ne sera pas traité.

Applications should be sent by e-mail to Tom Wassenaar (tom.wassenaar@cirad.fr), specifying the thesis subject and enclosing the following documents: CV, covering letter, full marks from Master's courses 1st and 2nd year (or equivalent if engineering course). No letters of recommendation will be accepted. Incomplete applications will not be processed.

Salaire / gross salary :

2300 euros bruts mensuels sur 12 mois.

For international applicants, please note that the net salary (gross salary less employer's contribution) includes unemployment coverage, basic health insurance and a partial coverage (80%) of complementary health insurance by Cirad.

www.cirad.fr **Innovons ensemble pour les agricultures de demain**

Le Cirad en bref

Le Cirad est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Avec ses partenaires, il coconstruit des connaissances et des solutions pour des agricultures résilientes dans un monde plus durable et solidaire. Il mobilise la science, l'innovation et la formation afin d'atteindre les objectifs de développement durable. Il met son expertise au service de tous, des producteurs aux politiques publiques, pour favoriser la protection de la biodiversité, les transitions agroécologiques, la durabilité des systèmes alimentaires, la santé (des plantes, des animaux et des écosystèmes), le développement durable des territoires ruraux et leur résilience face au changement climatique. Présent sur tous les continents dans une cinquantaine de pays, le Cirad s'appuie sur les compétences de ses 1750 salariées et salariés, dont 1200 scientifiques, ainsi que sur un réseau mondial de 200 partenaires. Il apporte son soutien à la diplomatie scientifique de la France.

CIRAD is the French agricultural research and international cooperation organisation working for the sustainable development of tropical and Mediterranean regions.

It works with its partners to build knowledge and solutions for resilient farming systems in a more sustainable, inclusive world. It mobilises science, innovation and training in order to achieve the Sustainable Development Goals. Its expertise supports the entire range of stakeholders, from producers to public policymakers, to foster biodiversity protection, agroecological transitions, food system sustainability, health (of plants, animals and ecosystems), sustainable development of rural territories, and their resilience to climate change. CIRAD works in some fifty countries on every continent, thanks to the expertise of its 1750 staff members, including 1200 scientists, backed by a global network of some 200 partners. It also supports French science diplomacy operations.

Retrouvez plus d'informations sur notre site Internet : www.cirad.fr



SEPT BONNES RAISONS DE NOUS REJOINDRE :

Une entreprise porteuse de sens

- **Contribuez à un monde plus durable** : Convaincu que les dimensions sociales et environnementale du développement sont nécessaires, le Cirad place le développement durable au cœur de son mandat. Il s'applique à être exemplaire dans ses pratiques et leurs impacts. Nos engagements : [Responsabilité sociétale](#)
- **Pratiquez une recherche utile et solidaire** : Intégrer le Cirad, c'est s'engager pour une science utile et solidaire. C'est donner un sens au travail. Pour assumer sa responsabilité vis-à-vis de la société, une délégation à la déontologie et à l'intégrité scientifique du Cirad a été créée en 2018 ainsi qu'un comité consultatif d'éthique commun à quatre organismes de recherche (INRAE, CIRAD, IFREMER, IRD). Voici nos [Engagements éthiques](#).
- **Collaborez à une ouverture vers le monde** : le Cirad construit dans la durée des relations fortes avec des institutions de pays tropicaux et méditerranéens et fait partie d'un réseau mondial de partenaires qui sont autant de moteurs et relais de ses actions dans plus de 100 pays.
- **Adhérez à nos engagements sur la diversité** : le Cirad a mis en place des accords d'entreprise sur l'égalité professionnelle femme-homme, l'inclusion professionnelle et le maintien dans l'emploi des personnes en situation de handicap, ainsi qu'un contrat génération.

Des conditions de travail motivantes

- **Développez vos compétences** : le Cirad offre l'opportunité de suivre des formations adaptées et continues
- **Bénéficiez d'avantages sociaux**, comme la prise en charge partielle de l'assurance santé par le Cirad, la flexibilité des horaires, un accord d'entreprise sur le télétravail et sur l'articulation vie privée-vie professionnelle.
- **Bénéficiez en France des avantages socio-culturels du CSE** et d'une restauration *eco friendly*

www.cirad.fr **Innovons ensemble pour les agricultures de demain**