

OFFRE ET BESOINS EN EAU POUR USAGES DOMESTIQUES ET AGRICOLES SUR LE LITTORAL NORD DE MENABE SELON L'APPROCHE NEXUS

Auteur : Toky Ambinintsoa RAZAFIMAHATRATRA

Affiliation : Etudiant en master de spécialisation
NEXUS Eau – Energie et Alimentation
à l'Université de Liège

Année : 2025

Contexte : Rapport de stage

Contact : rédacteur et LC



RÉSUMÉ EXÉCUTIF

L'essentiel de la recherche :

- **Sujet et objectif principal :** Analyser l'adéquation entre l'offre et la demande en eau à usage domestique et agricole dans la commune de Bemanonga (littoral nord de la région Menabe, Madagascar), en adoptant l'approche intégrée du Nexus Eau-Énergie-Alimentation.
- **Terrain étudié :** le littoral nord de la région Menabe à Madagascar – commune de Bemanonga.
- **Résultats clés :** estimation des quantités de ressources en eau disponibles dans le bassin versant concerné et des besoins réels en eau à usage agricole et domestique, dans le court, moyen et long terme, en utilisant les modèles Hydrologic Modeling System-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), Water Evaluation And Planning (WEAP), Aquacrop et selon l'approche Nexus.
- **Implications,** liens vers d'autres documents de référence sur le même sujet : monographie de la région et des études locales (Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage-MAEP, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage-INSTAT, Cellule Observatoire De Riz-ODR), données climatiques de la National Aeronautics and Space Administration-NASA Power, données de la Food and Agriculture Organisation-FAO (modèle Aquacrop), et les résultats d'enquêtes réalisées sur terrain.

Mots clés :

- Nexus eau
- énergie
- alimentation
- région Menabe (Madagascar)
- adéquation offre
- demande en eau
- riziculture

CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE

Ce rapport est essentiel car la région de Menabe à Madagascar, pilier économique local, fait face à une dégradation progressive des ressources en eau malgré un fort potentiel initial. Cette situation cause des conflits sociaux entre usagers et impacte les activités économiques, largement dominées par la riziculture, qui occupe 70% des terres agricoles. L'eau est une ressource très importante permettant d'assurer la sécurité alimentaire des ménages.

Cette recherche est menée dans le cadre du programme SAD (Système Alimentaire Durable) de Louvain Coopération, visant la préservation et la restauration des ressources naturelles. Elle utilise l'approche systémique du Nexus Eau-Énergie-Alimentation (EEA), remplaçant l'analyse sectorielle pour comprendre les interdépendances critiques. Les thématiques transversales incluent l'environnement (gestion durable des ressources, adaptation au changement climatique via le scénario Shared Socioeconomic Pathway-SSP5) et le genre (l'implication des femmes dans la gestion est une stratégie proposée).

Les enjeux économiques et sociaux sont majeurs : maintien de la filière rizicole (générant 61 millions d'euros/an pour la région) et de la sécurité alimentaire locale. Les enjeux environnementaux contribuent à l'atténuation des effets du changement climatique et la lutte contre la salinité des sols. La modélisation prédictive de l'offre et de la demande d'eau à long terme (2056-2085) en utilisant des outils avancés (HEC-HMS, WEAP, Aquacrop) présente les enjeux scientifiques de cette étude. Le "gap" ou besoin comblé par ce travail est la présence d'un document scientifique résumant une évaluation claire et quantitative de l'adéquation entre les ressources en eau disponibles et les besoins réels (à court, moyen et long terme). Ce travail fournit un outil d'aide à la décision pour les acteurs locaux afin d'orienter les stratégies d'investissement (ex. : barrage, systèmes d'irrigation optimisés comme le goutte-à-goutte).

MÉTHODOLOGIE

Cette recherche est basée sur des modélisations intégrées, elles-mêmes basées sur l'approche NEXUS Eau-Énergie-Alimentation, et complétée par des enquêtes sur terrain concernant les données socio-économiques et agricoles dans le bassin versant de la commune de Bemanonga du littoral nord de la région Menabe, Madagascar. L'étude est basée sur une période historique (1986–2015) et une période future de 30 années (entre 2056–2085), intégrant le scénario climatique SSP5 et la croissance démographique (2,5 %/an). Les outils principaux sont les logiciels et modèles HEC-HMS (simulation des débits hydrologiques), Aquacrop (prévision des rendements rizicoles) et WEAP (modélisation de l'allocation des ressources en eau). L'objectif principal est de modéliser les débits passés et futurs afin de prévoir l'adéquation entre l'offre et la demande en eau sur le long terme et de déterminer des stratégies d'adaptation NEXUS.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les simulations modélisées (HEC-HMS, WEAP et Aquacrop) sur le bassin versant de Bemanonga mettent en évidence un déséquilibre hydrique structurel et croissant, principalement causé par la demande massive en riziculture, et aggravé par les effets anticipés du changement climatique.

Voici les 4 résultats majeurs :

- 1. Insuffisance structurelle de l'offre en eau historique** : même pour la période historique (1985–2015), l'offre en eau des rivières Morondava et Andranomena était structurellement insuffisante pour répondre aux besoins, qui sont très largement dominés par la riziculture. Le volume d'eau non satisfait a atteint un pic de **480 millions de mètres cubes** pour la riziculture (Bemanonga Sud et Nord) lors de l'année la plus sèche (2006).
- 2. Aggravation massive du déficit futur** : selon les projections futures (2056–2085), intégrant une baisse des précipitations de **9,6 %** et une hausse de température de **3 °C**, la pression sur l'eau s'intensifie. Malgré la modélisation de la construction d'un barrage de retenue (capacité de stockage de **340 millions de m³**), ce volume est

insuffisant face à la croissance démographique (2,5 %/an) et aux besoins agricoles. La demande totale en eau non satisfaite pour la zone pourrait atteindre jusqu'à **856 millions de m³** en 2070, avec des pics de pénurie se produisant environ tous les quatre ans.

- 3. Chute totale des rendements rizicoles sans irrigation** : le modèle Aquacrop démontre l'extrême vulnérabilité du riz au changement climatique. Pour la période future (2056–2085), les simulations indiquent que sans apport d'irrigation, le rendement rizicole devient complètement nul (0 t/ha) durant la saison sèche. En saison humide, sans irrigation, les rendements futurs varient faiblement, par exemple, de 0,17 T/ha à 3,39 T/ha.
- 4. Le goutte-à-goutte - solution d'efficacité Nexus** : l'optimisation des systèmes d'irrigation est primordiale pour la sécurité alimentaire. Le système d'irrigation goutte-à-goutte se révèle le plus performant et efficient pour l'utilisation de l'eau. Il offre la meilleure productivité de l'eau (2,53 kg/m³ en année sèche) avec les besoins nets d'irrigation les plus faibles, tout en assurant un rendement élevé (jusqu'à 4,392 t/ha en année humide).

ANALYSE / DISCUSSION

L'analyse des résultats de modélisation révèle une réalité alarmante concernant la gestion de l'eau dans la commune de Bemanonga, confirmant la nécessité d'une intervention urgente et intégrée.

Signification des résultats :

Les résultats indiquent un déséquilibre persistant et structurel entre l'offre et la demande en eau. La demande, dominée par la riziculture (qui utilise 70 % des terres agricoles), dépasse massivement les capacités des rivières Morondava et Andranomena, et ce depuis la période historique (1985–2015). Ce déficit s'est accentué lors des années sèches, atteignant environ 480 millions de m³ pour la riziculture en 2006. La projection future (2056–2085) est encore plus

critique : les effets combinés du changement climatique (baisse de 9,6 % des précipitations, hausse de 3 °C des températures) et de la croissance démographique entraînent un déficit maximal en eau non satisfait pouvant atteindre 856 millions de m³ en 2070. Cela signifie que sans mesures d'adaptation radicales, la sécurité alimentaire est directement menacée par la chute des rendements rizicoles à 0 t/ha en saison sèche future.

Catégorie	Analyses basées sur les sources
Confirmations	Les résultats confirment les hypothèses selon lesquelles les besoins en eau dépassent l'offre disponible, et que la filière riz requiert une grande quantité d'eau. L'optimisation des systèmes d'irrigation est confirmée comme un levier efficace (goutte-à-goutte étant le plus performant, offrant une productivité de l'eau de 2,53 kg/m ³ en année sèche).
Infirmités/nuances	L'idée selon laquelle l'installation d'un barrage de retenue pour l'irrigation suffirait à combler l'écart est à nuancer. Bien que le barrage puisse stocker 340 millions de m ³ , les besoins non satisfaits futurs restent supérieurs à cette capacité, rendant le barrage seul insuffisant.
Perspectives	L'étude ouvre la voie à des stratégies intégrées basées sur l'approche Nexus (Eau-Énergie-Alimentation). Les perspectives sont : l'adoption massive de l'irrigation goutte-à-goutte, l'intégration de l'énergie solaire pour le pompage d'eau, et la diversification agricole pour réduire la pression sur l'eau. Le renforcement de la gouvernance et l'implication des femmes sont également des pistes fondamentales.

IMPLICATIONS & RECOMMANDATIONS

Les résultats exigent une réorientation des stratégies de développement dans la région de Menabe, soulignant qu'une crise de l'eau est inéluctable sans l'adoption de stratégies d'adaptation radicales et intégrées.

Domaine	Applications Pratiques / implications	Recommandations fortes (Nexus)
Sécurité Alimentaire/économique	La riziculture est menacée d'effondrement (0 t/ha sans irrigation future), menaçant la base économique (61 millions d'euros/an pour la région). Le déficit est structurel.	1. Optimisation Technologique (goutte-à-goutte) : adopter massivement le système d'irrigation goutte-à-goutte, car il garantit les rendements les plus élevés avec la meilleure productivité de l'eau (2,53 Kg/m ³).
Eau et infrastructure	Le barrage seul (340 millions de m ³ allouables) est insuffisant pour combler le déficit maximal anticipé de 856 millions de m ³ . L'efficacité au niveau parcellaire est le levier crucial du Nexus.	2. Intégration Énergie-Eau : valoriser l'énergie solaire pour le pompage de l'eau. Ceci assure la viabilité économique et environnementale des systèmes d'irrigation optimisés, ce qui est essentiel pour exploiter les synergies du Nexus.
Politique et gouvernance	L'écart persistant entre l'offre et la demande met en lumière la nécessité de gérer les conflits potentiels.	3. Gouvernance et Diversification : renforcer la gouvernance participative, notamment en impliquant les femmes. Simultanément, réduire la dépendance au riz en encourageant la diversification agricole (cultures moins consommatrices, agroforesterie).

RÉFÉRENCES ESSENTIELLES

Cadre Climatique et Hydrologique : les projections futures reposent sur les scénarios **SSP5** issus des modèles **CMIP6** et de l'**Atlas du GIEC**. Les données climatiques historiques proviennent de **NASA POWER** (précipitations, ET0).

Modélisation et Standardisation : la détermination du débit écologique s'appuie sur la méthode de **Tennant (1976)**. Le modèle de simulation agricole est **Aquacrop**, développé par la **FAO** (Food Agriculture and Organisation).

Monographie de la région de Menabe et rapport ODR de la Cellule Observatoire De Riz.