

**Travail de fin d'études[BR] - Travail de recherche personnel,
COLLÉGIALITÉ[BR] - Travail d'expertise interdisciplinaire, COLLÉGIALITÉ**

Auteur : Musubao Kapiri, Moïse

Promoteur(s) : Ozer, Pierre

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes à l'ère de l'Anthropocène

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/18867>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ULiège - Faculté des Sciences - Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

**DETERMINANTS DE L'ACCES A L'EAU ET PERCEPTION DES MENAGES SUR LA SECHERESSE DANS
LA VILLE D'AMBOASARY-ATSIMO (SUD DE MADAGASCAR)**



Moïse MUSUBAO KAPIRI

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER DE SPECIALISATION EN GESTION DES RISQUES ET DES CATASTROPHES A L'ERE DE L'ANTHROPOCENE**

ANNEE ACADEMIQUE 2022-2023

REDIGE SOUS LA DIRECTION DE Pierre OZER

COMITE DE LECTURE :
Catherine LINARD
Florence DE LONGUEVILLE

Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique* de l'Université de Liège et de l'Université de Namur.

*L'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'Université de Liège et de l'Université de Namur.

Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document : Moïse Musubao Kapiri ; adresse email :

musubaokapiri@gmail.com

*Nous ne pourrons vaincre aucune des maladies infectieuses qui affligent les pays en développement tant que nous n'aurons pas gagné la bataille pour **l'eau potable**, l'assainissement et les soins de santé de base.*

Kofi Annan

Diplomate, économiste, Homme d'Etat, Homme politique, Humaniste, Scientifique (1938 - 2018)

Dédicace

Personne ne meurt sur terre tant qu'il vit dans le cœur de ceux qui restent.

Je dédie ce travail à ma mère, feu Kasivika Kahindo Sabine.

Que son âme repose en paix !

Remerciements

Au terme de cette étude, je remercie le Dieu tout puissant de m'avoir guidé de suivre le chemin de la science et m'avoir permis la réalisation de ce présent travail. Tout d'abord, il m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

Je tiens à remercier le Professeur Pierre OZER qui a accepté la direction de ce travail malgré ces multiples occupations et charges. Les conseils et les orientations que j'ai reçus de sa part m'ont permis de progresser et de bien conceptualiser cette recherche.

Je remercie sincèrement l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) pour avoir financé ma formation en Master de Spécialisation en Gestion de Risques et des Catastrophes à l'ère de l'Anthropocène ainsi que la collecte des données de ce travail au Sud de Madagascar.

Je remercie toute ma famille en général, et mes parents KAPIRI KAHALWIRE et MBAMBU MANI Pascaline ainsi que ma sœur MUGHOLE NGANGA Gloria en particulier, pour le soutien spirituel et moral.

J'adresse mes remerciements au Professeur Ordinaire MUHINDO SAHANI Walere, Directeur Général de l'entreprise Génie-Conseil en Aménagement de Territoire et Gestion des Risques Naturels (GcATGRN Sarl) pour avoir accepté ma mise en disponibilité afin de suivre cette formation.

Je remercie du fond du cœur Madame RAKOTOMANGA ZOLALAINA Rebecca qui m'a aidé dans la planification des activités de collecte des données sur terrain. Sans elle, j'aurais rencontré des difficultés énormes sur terrain en raison de ma faible connaissance de la zone d'étude.

Que tous ceux qui ne sont pas cités trouvent ici nos vives sympathies.

Moïse MUSUBAO KAPIRI

Résumé

Assurer l'approvisionnement durable en eau des ménages des villes constitue un défi majeur pour les décideurs politiques malgaches, tant aujourd'hui qu'à l'avenir. Cette étude vise à identifier les déterminants de l'accès à l'eau des ménages dans la ville d'Amboasary-Atsimo, leur niveau de perception sur le risque de sécheresse et leurs comportements vis-à-vis de la conservation de l'eau. Pour atteindre ces objectifs, une enquête a été réalisée auprès de 386 ménages. La régression logistique et la modélisation par les équations structurelles (SEM) ont été utilisées pour analyser les données. À l'issue de l'analyse, les résultats montrent qu'il existe de fortes disparités de consommation d'eau entre les ménages. Les ménages dépendant des sources communautaires n'ont accès à l'eau potable (13,88 litres par jour et par personne en moyenne). Ces ménages utilisent une eau grise provenant des sources non améliorées. Le niveau de consommation et d'accès à l'eau dans les ménages varie significativement en fonction des facteurs démographiques, socioéconomiques, géographiques, infrastructurels, politiques et institutionnels ($p < 0,05$). Les ménages ne perçoivent pas la sécheresse comme la principale cause du problème d'approvisionnement en eau dans la ville. La perception de l'influence de la sécheresse dans la genèse des pénuries d'eau varie significativement en fonction de caractéristiques démographiques, socioéconomiques et infrastructurelles des ménages ($p < 0,05$). La modélisation par les équations structurelles (SEM) montre que les facteurs sociopsychologiques et comportementaux constituent de mauvais prédicteurs de la consommation réelle d'eau dans les ménages en situation de sécheresse ($R^2=0,019$). En revanche, ces facteurs fournissent une meilleure prédiction du comportement des ménages vis-à-vis de la conservation de l'eau ($R^2=0,98$). La nature des sources d'approvisionnement en eau utilisées et la perception de l'influence de la sécheresse sur les pénuries d'eau exercent une influence positive sur l'intention des ménages à conserver l'eau. Au regard des résultats obtenus, nous soutenons que l'approvisionnement durable en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo face à la sécheresse peut être garanti par une augmentation des investissements financiers dans l'adduction de l'eau, une politique adéquate de gestion des ressources en eau disponibles, un renforcement de la capacité de résilience des ménages à travers des projets de lutte contre la pauvreté et une amélioration de la gouvernance locale.

Mots-clés : Accessibilité de l'eau, sources communautaires, gouvernance locale, sécheresse, SEM, comportement de conservation de l'eau, Amboasary-Atsimo

Abstract

Sustainable water supply for urban households is a major challenge for political decision-makers in Madagascar, both currently and in the future. The objective of this study is to identify the determinants of households' access to water in the city of Amboasary-Atsimo, their degree of perception of the risk of drought, and their behaviors towards water conservation. A survey of 386 households was carried out to achieve these objectives. Logistic regression and structural equation modeling (SEM) were used to analyze the data. Analysis of the results demonstrates that there are major disparities in water consumption between households. Households dependent on community sources have no access to drinking water (13.88 liters per person per day on average). Households supplied with grey water from unimproved sources. Water consumption and access levels within households significantly vary according to demographic, socio-economic, infrastructural, geographical, political and institutional factors ($p < 0.05$). Households did not perceive drought as the main cause of the city's water supply problem. Perception of the influence of drought in the origin of water scarcities varies significantly by household demographic, socio-economic and infrastructural characteristics ($p < 0.05$). Structural equation modeling (SEM) indicates that sociopsychological and behavioral factors are not good predictors of water consumption in drought-affected households ($R^2=0.019$). However, these factors provide a good prediction of household water conservation behavior ($R^2=0.98$). Water conservation intentions are positively influenced by the nature of the water supply sources used and the perception of the influence of drought on water scarcities. Based on the results of this research, we support the view that sustainable water supply in the city of Amboasary-Atsimo in the context of drought can be ensured through increased financial investment in water adduction, an appropriate policy for management of available water resources, strengthening of household resilience through poverty alleviation projects, and improved local governance.

Keywords: Water accessibility, Community sources, Local governance, Drought, SEM, Water conservation behavior, Amboasary-Atsimo

Table de matières

Epigraphe	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Table de matières.....	vi
Sigles et abréviations.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux	x
Liste des annexes.....	xi
Chapitre 1. Introduction	1
1.1. Contexte et problématique	1
1.2. Questions de recherche	4
1.3. Hypothèses	4
1.4. Objectifs de l'étude	4
1.5. Pertinence et intérêt du travail.....	5
Chapitre 2. Cadre conceptuel de l'étude.....	6
2.1. Eau et rareté	6
2.2. Déterminants de la consommation de l'eau potable dans les ménages	6
2.3. Comportement des consommateurs de l'eau.....	7
Chapitre 3. Milieu d'étude et méthodologie.....	10
3.1. Milieu d'étude	10
3.1.1. Climat	10
3.1.2. Géologie.....	11
3.1.3. Hydrogéologie	11
3.1.4. Végétation.....	11
3.1.5. Population.....	12
3.1.6. Activités économiques.....	12
3.2. Méthodes.....	12
3.2.1. Taille de l'échantillon	12
3.2.2. Technique d'échantillonnage des ménages.....	13
3.2.3. Collecte des données.....	14
3.2.4. Structure du questionnaire d'enquête	14
3.2.5. Méthodes d'analyse des données	16
3.2.5.1. Déterminants de l'accès à l'eau et perception des ménages sur la sécheresse	16
3.2.5.2. Analyse psychométrique	18
3.2.5.2.1. Principe et avantages des SEM	18
3.2.5.2.2. Construction des hypothèses de base	19

3.2.5.2.3. Définition et formulation du modèle structurel.....	20
3.2.5.2.4. Evaluation de la qualité du modèle structurel	21
Chapitre 4. Présentation des résultats	22
4.1. Caractéristiques des ménages.....	22
4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques.....	22
4.1.2. Caractéristiques de l’habitat.....	23
4.1.3. Caractéristiques économiques	23
4.2. Disponibilité et accessibilité de l’eau des ménages	25
4.2.1. Sources d’approvisionnement et consommation de l’eau.....	25
4.2.2. Effets de caractéristiques des ménages sur la consommation de l’eau	26
4.2.3. Déterminants de l’accès à l’eau dans les ménages dépendant des sources communautaires	28
4.2.3.1. Indicateurs de l’accessibilité à l’eau.....	28
4.2.3.2. Déterminants de l’accès à l’eau dans les ménages	31
4.3. Gouvernance locale de l’eau	33
4.4. Utilisations de l’eau et pratiques de ménages face à la sécheresse	34
4.5. Contraintes de l’approvisionnement en eau dans la ville d’Amboasary-Atsimo	37
4.6. Comprendre la perception des ménages sur la relation sécheresse-accès à l’eau	38
4.7. Analyse psychométrique	43
4.7.1. Qualité du modèle structurel.....	43
4.7.2. Effets directs et indirects des facteurs sociopsychologiques et comportementaux.....	44
Chapitre 5. Discussion des résultats	46
5.1. Déterminants de la consommation en eau potable dans les ménages	46
5.1.1. Facteurs démographiques	46
5.1.2. Caractéristiques de l’habitat.....	47
5.1.3. Facteurs socioéconomiques	48
5.1.4. Nature de sources et facteurs géographiques	49
5.1.5. Facteurs psychosociaux et comportementaux.....	50
5.1.5.1. Effets sur la consommation d’eau	50
5.1.5.2. Effets sur le comportement de conservation de l’eau.....	51
5.1.6. Effets de pratiques quotidiennes des ménages sur la consommation de l’eau.....	52
5.1.7. Gouvernance locale de l’eau : facteurs politiques et institutionnels.....	53
5.2. Perception des ménages sur l’influence de la sécheresse sur le problème d’eau	54
Conclusions, perspectives d’avenir et recommandations	55
Références bibliographiques	56
Annexes.....	A

Sigles et abréviations

AFC : Analyse Factorielle Confirmatoire

AUC : Area Under Curve

CAETIC-D : Centre d'Appui à l'Exploitation des Technologies de l'Information et de la Communication et au Développement

CAP : Consentement à payer

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC en anglais)

INSTAT-CCER : Institut National de la Statistique-Cellule Centrale d'Exécution du Recensement

IPC : Cadre Intégré de Classification de la sécurité alimentaire

JIRAMA : Jiro sy RAno Malagasy

MM : Modèle de mesure

OCHA : Bureau des Nations Unies pour la coordination des affaires humanitaires

OMD : Objectif du Millénaire pour Développement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONG : Organisation Non gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

OR : Rapport de cote

PD : Pays développés

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PVD : Pays en voie de développement

RMM: Revenu Moyen Mensuel

ROC: Receiver Operating Characteristics

SEM : Modélisation par les équations structurelles

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

VIF : Facteur d'inflation de la variance

Liste des figures

Figure 1. Localisation de la ville d'Amboasary-Atsimo au Sud de Madagascar	10
Figure 2. Modélisation des déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages utilisant les sources communautaires ($n=330$) et de la perception sur la sécheresse ($n=386$)	17
Figure 3. Cadre conceptuel basé sur la théorie de comportement planifié et les hypothèses de base du SEM (adapté de Singha et al., 2022, 2023)	20
Figure 4. Caractéristiques démographiques des ménages : (a) Fokontany, (b) sexe, (c) niveau d'éducation, (d) Etat civil, (e) religion et (f) groupes ethniques ($n=386$).....	22
Figure 5. Caractéristiques démographiques : (a) âge des chefs de ménage, (b) taille de ménage et (c) secteurs d'activités ($n=386$).....	23
Figure 6. Variation du revenu moyen mensuel en caractéristiques des ménages : (a) le Fokontany, (b) le statut de migration, (c) l'accès à l'électricité et (d) la possession des actifs ($n=386$).....	24
Figure 7. Consommation de l'eau : (a) les sources d'approvisionnement ($n=386$), (b) la quantité d'eau collectée par les ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$), (c) comparaison de la consommation d'eau en fonction des sources d'approvisionnement par le test de Kruskal-Wallis (les étoiles indiquent une différence au seuil de 0,001) et (d) la facture mensuelle payée pour l'eau dans les ménages avec raccordement privé ($n=45$)	25
Figure 8. Types de sources pour les ménages collectant l'eau en fonction des six Fokontany ($n=330$)	28
Figure 9. Indicateurs de l'accessibilité à l'eau des ménages sans raccordement et sans source privée ($n=330$)	29
Figure 10. Qui s'occupe de la collecte de l'eau dans le ménage ? ($n=330$)	30
Figure 11. Principaux moyens de transport de l'eau utilisés par les ménages ($n=330$).....	30
Figure 12. Gouvernance locale de l'eau : niveau de participation des ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$).....	33
Figure 13. Priorisation des utilisations de l'eau dans un ménage face à la sécheresse ($n=386$).....	34
Figure 14. Pratiques de ménages pour réduire la consommation de l'eau face à la sécheresse (a), (b), (c) et la nature de toilettes (d), un indicateur de difficulté d'accès à l'eau ($n=386$).....	35
Figure 15. Stratégies de conservation de l'eau utilisées par les ménages face à la sécheresse ($n=386$).....	36
Figure 16. Modes d'amélioration de la qualité de l'eau de boisson utilisés par les ménages ($n=386$). ..	36
Figure 17. Contraintes techniques et infrastructurelles de l'approvisionnement en eau des ménages ($n=386$)	37
Figure 18. Contraintes liées à la gouvernance de l'eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo ($n=386$) ..	38
Figure 19. Perception de l'intensité des impacts de la sécheresse sur l'accès à l'eau des ménages ($n=386$)	42
Figure 20. Modèle structurel de l'influence des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur l'intention de conservation de l'eau et la consommation de l'eau dans les ménages ($n=386$). ..	44

Liste des tableaux

Tableau 1. Consommation de l'eau en fonction des caractéristiques de ménages ($n=386$)	26
Tableau 2. Déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$)	31
Tableau 3. Facteurs influençant la perception des ménages sur la relation sécheresse-problème d'eau dans la ville ($n=386$).....	39
Tableau 4. Résultats de l'AFC et corrélation entre les variables latentes du modèle structurel ($n=386$)	43
Tableau 5. Effets directs des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur le comportement de conservation et de consommation de l'eau dans les ménages	45
Tableau 6. Effets indirects des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur le comportement de conservation et de consommation de l'eau dans les ménages	45

Liste des annexes

- Annexe 1.** Questionnaire d'enquête A
- Annexe 2.** Illustrations : **(a)** Une maison à planche et **(b)** un système de stockage des eaux pluies endommagé dans le Fokontany de Kofala (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril 2023) D
- Annexe 3.** Illustrations: **(a)** Un homme âgé venu puiser l'eau, **(b)** Un jeune garçon venu puiser l'eau avec une charrette, **(c)** Un éleveur a amené ses bovins s'abreuver là où les ménages récupèrent l'eau dans le lit mineur du fleuve Mandrare, **(d)** Les enfants puisent l'eau dans le lit mineur du fleuve Mandrare, **(e)** Les enfants se préparent au transport de l'eau vers le ménage en plein soleil, **(f)** Les enfants en cours de route avec l'eau transportée sur une brouette en bois (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023)E
- Annexe 4.** Illustrations : **(a)** Une jeune fille se repose avant de transporter l'eau puisée, **(b)** Un homme adulte en cours de route avec des bidons sur une brouette, **(c)** L'eau puisée est stockée à l'extérieur de la maison dans des bidons et des tanks, **(d)** Un robinet dans un ménage disposant un raccordement privé à domicile (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023)F
- Annexe 5.** Illustrations : **(a)** vu de dessous de la vallée du fleuve Mandrare avec des fentes et des fissures dans le sol indiquant l'ampleur des effets de la sécheresse et **(b)** le rétrécissement du lit mineur du fleuve Mandrare à la suite de la sécheresse : accumulation des sables (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023).....F

1.1. Contexte et problématique

Au regard du changement climatique, du changement de modes de vie, de l'urbanisation et de la croissance démographique, les besoins en eau pour les usages domestiques, industriels et agricoles se font de plus en plus ressentir dans les pays en développement (Bogardi et al., 2012; Lee & Schwab, 2005). Madagascar ne fait pas exception dans la mesure où le problème d'accès à l'eau – que ce soit pour la consommation domestique au sein des ménages, l'agriculture ou l'élevage – se pose avec acuité (Marcus, 2007). En effet, les bassins fluviaux de Madagascar sont sujets à la rareté d'eau et à des conflits d'usage, qui devraient s'aggraver en raison des effets du changement climatique (Harifidy & Hiroshi, 2022).

On estime que 60 % de la population malgache n'a pas accès à l'eau potable. L'eau sale ou usée (grise) est la principale source d'eau pour la boisson, le bain et le lavage des vêtements (Praz et al., 2013). Par ailleurs, l'accès à l'eau potable constitue une contrainte sanitaire majeure dans les zones urbaines et ce fléau est particulièrement grave dans les zones rurales de Madagascar (Praz et al., 2013). Le manque d'accès à l'eau à Madagascar est responsable des maladies diarrhéiques qui représentent environ 18 % du total des décès, soit la troisième cause de décès après le paludisme (22 %) et les infections respiratoires basses (27 %) (Sarter & Sarter, 2012). Chez les enfants de moins de 5 ans, ces maladies liées au manque d'eau potable constituent la première cause de la mortalité soit 22 % de cas de décès (Sarter & Sarter, 2012).

La problématique de l'accès à l'eau n'est pas une question récente. Après la rédaction du Code de l'eau en 1998 qui était censé conduire à la satisfaction des besoins en eau dans le pays, l'accès à l'eau en quantité et en qualité suffisante est loin d'être assuré dans les ménages. Cette situation est due à une nouvelle politique de l'eau, qui selon nombreux chercheurs, est inadaptée (Marcus, 2012). Cet auteur estime que le problème d'accès à l'eau des ménages au sein de la grande île est associé à la fois à des *problèmes politiques* et à des *problèmes de politique*. Pourtant, Madagascar est suffisamment doté des ressources en eau, tant en ce qui concerne les eaux de surface que les eaux souterraines, même si ces ressources en eau sont distribuées de manière irrégulière en fonction des saisons et de la situation géographique (Harifidy & Hiroshi, 2022). Cette répartition des ressources en eau est différente selon que l'on se trouve au Nord ou au Sud du pays. Dans le Sud de Madagascar devenu un point chaud du réchauffement climatique et du phénomène El Niño, la sécheresse a entraîné une réduction drastique des précipitations (Carrière et al., 2018; Luetkemeier & Liehr, 2018). La rareté de l'eau entraîne de nombreuses conséquences négatives sur les plans sanitaire, économique, social et politique sur l'ensemble du pays (André et al., 2005; Carrière et al., 2018, 2021; Enten, 2022; Lebigre & Montel, 2012; Lecompte & Raberinja, 1994; Randriamparany & Randrianalijaona, 2022; Rasoloariniaina et al., 2015). Cependant, les effets négatifs de cette rareté d'eau sont plus marqués au Sud de Madagascar en raison de la sécheresse induite par la hausse de la température combinée à la pauvreté généralisée des populations. L'effet de la sécheresse persistante et exceptionnelle sur la disponibilité et l'accessibilité de l'eau des ménages a rendu les conditions de vie des populations de plus en plus précaires (Rasoloariniaina et al., 2015). Cette situation est liée au fait que les épisodes de sécheresse quasi-permanente depuis plusieurs décennies affectent non seulement l'accès à l'eau mais aussi l'agriculture et l'élevage qui

constituent deux principales sources de revenus des ménages (André et al., 2005; Makoni, 2021; Randriamparany & Randrianalijaona, 2022). Ainsi, les impacts négatifs de cette sécheresse sur le secteur agricole sont responsables du phénomène de *kere* (nom local donné aux épisodes de grandes famines qui s'observent sur une période donnée de l'année) (Enten, 2022; Lebigre & Montel, 2012).

Même si toute la région du Sud semble être touchée par la sécheresse, les impacts négatifs de celle-ci sur les ressources en eau et la production agricole des ménages présentent des disparités en fonction des différents districts. Le district d'Amboasary-Atsimo figure parmi les districts les plus affectés par les problèmes d'eau. La pénurie d'eau pour les ménages ainsi que pour leurs activités agricoles fait que 75 % de la population de ce district se trouve dans une situation de forte d'insécurité alimentaire (Makoni, 2021). Près de 14 000 personnes se trouvaient dans une situation de famine (le plus haut niveau d'insécurité alimentaire) entre les mois d'avril et septembre 2021 (Makoni, 2021). Par ailleurs, les épisodes de grandes famines accompagnées du manque d'eau au cours des saisons sèches ont rendu les populations fortement dépendantes des aides alimentaires des organisations non gouvernementales locales et internationales et sont à l'origine des fortes migrations des populations observées (Lebigre & Montel, 2012).

Dans le district semi-aride d'Amboasary-Atsimo, les sources d'eau de surface permanentes sont quasi inexistantes et les eaux souterraines constituent la principale source d'approvisionnement en eau potable tant pour les ménages urbains que ruraux (Carrière et al., 2021; Marcus, 2007). De nombreux chercheurs ont réalisé des études sur l'hydrogéologie au Sud de Madagascar (André et al., 2005; Carrière et al., 2018; Rabemanana et al., 2005) mais le manque de données sur les sources d'eau, les infrastructures non adaptées (Carrière et al., 2021; Harifidy & Hiroshi, 2022) ainsi que l'absence de suivi à long terme des points d'eau limitent le développement d'un plan de gestion durable des ressources en eau souterraine (Carrière et al., 2021). Cette limitation de la gestion de ressource en eau est d'autant plus sérieuse dans la mesure où la sécheresse persistante a abaissé sensiblement la nappe phréatique, réduit la productivité des puits et conduit à l'assèchement d'autres puits, ce qui augmente de plus à plus la pression sur les puits résiduels (Carrière et al., 2021). Avec si peu de précipitations qui tombent au sol et une grande partie de celles-ci qui arrive sur une période de moins de 3 mois, les installations de collecte et d'approvisionnement en eau sont coûteuses et difficiles à entretenir (Marcus, 2007). Résultat, le prix de l'eau a augmenté dans la ville d'Amboasary-Atsimo et cela a conduit à une réduction de l'accès à l'eau potable pour les ménages à faible niveau de revenus (Carrière et al., 2021).

Dans un contexte marqué par le changement climatique, les questions relatives à la disponibilité de l'eau, à l'accessibilité aux services d'approvisionnement et à la consommation de l'eau dans les ménages urbains nécessitent une attention particulière. C'est pourquoi, lors de la Conférence mondiale des Nations Unies sur l'eau tenue du 22 au 24 mars 2023, les participants ont adopté un « Programme d'action pour l'eau ». Ce plan d'action « historique » selon l'ONU contient plus de 700 engagements visant à favoriser la transformation vers un monde où l'eau est en sécurité.

Par ailleurs, l'autosuffisance en termes de quantité d'eau nécessite la mise en place des bonnes stratégies et politiques. Avec la croissance démographique, l'Objectif du Développement Durable relatif à l'accès à l'eau est loin d'être atteint malgré les investissements financiers substantiels qui ont été réalisés dans le passé dans le cadre de la gestion des ressources en eau (Hunter et al., 2009).

Les difficultés d'accès à l'eau en Afrique subsaharienne résultent de l'interaction entre les facteurs environnementaux (manque d'eau douce dû à la sécheresse ou à la pollution, l'excès d'eau dû aux précipitations extrêmes et aux inondations) et les facteurs sociétaux (difficultés économiques, faibles investissements dans les systèmes d'approvisionnement en eau, manque d'infrastructures, mauvaise gouvernance) (IPCC, 2022).

Cependant, les facteurs déterminant l'accessibilité à l'eau des ménages qui paraissent à *priori* faciles à maîtriser, relèvent d'une grande complexité (Adams, 2018). De nombreux chercheurs sont unanimes sur le fait que la pénurie et le problème de la qualité de l'eau auxquels les ménages sont confrontés que ce soit au niveau global ou local impliquent une combinaison des facteurs démographiques, économiques, sociopsychologiques, comportementaux, technologiques, culturels et politiques (Adams, 2018; Basu et al., 2017; Fielding et al., 2012; Savenije & Van der Zaag, 2008; Sobsey et al., 2009). Avec cette diversité de facteurs interdépendants, garantir l'accès à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau au niveau de la ville d'Amboasary-Atsimo passe par une approche systémique des déterminants de l'accès à l'eau. Cette approche combinant l'étude des indicateurs de l'accès à l'eau, l'analyse psychométrique et la perception des ménages sur la sécheresse est utile pour renforcer la durabilité des programmes d'accès à l'eau ou des projets d'aménagement des sources d'eau améliorées.

Les efforts actuels sur la promotion de l'accès à l'eau pour tous se concentrent plutôt sur la fourniture de nouvelles technologies et l'introduction de pratiques qui améliorent ou préservent la qualité et la quantité de l'eau offerte aux ménages (Ross et al., 2022; Salami, 2019). Ces nouvelles technologies varient d'une région à une autre et restent fortement tributaires des moyens financiers disponibles. Ces efforts d'amélioration de l'accès à l'eau souffrent malheureusement soit d'un manque d'interface avec les pratiques locales existantes, soit d'une incapacité à combler le manque de connaissances locales ou encore d'autres facteurs tels que la pauvreté, le faible niveau de revenus, les croyances, les comportements, les attitudes, etc. (Salami, 2019). A cela s'ajoute le fait que, depuis plusieurs années, les travaux de recherche se sont plus concentrés sur la demande et l'approvisionnement des ménages ruraux et semblaient accorder peu d'intérêt à la demande en eau en milieu urbain. Par conséquent, on dispose de très peu de connaissances sur la demande en eau et sur la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement en eau dans les villes de PVD (Grasham et al., 2019). Or, avec les sécheresses de plus en plus fréquentes et persistantes, de nombreuses villes non seulement de PVD mais aussi de PD sont et seront confrontées à des pénuries temporaires ou permanentes d'eau potable (de los Angeles Garcia Valiñas, 2006; Gilbertson et al., 2011).

Tenant compte de ces limitations dans les travaux antérieurs, cette étude est effectuée afin d'identifier les déterminants de l'accès à l'eau des ménages dans la ville d'Amboasary-Atsimo. Elle cherche également à comprendre la perception des ménages sur la sécheresse et les comportements de conservation de l'eau adoptés pour limiter les impacts négatifs de la sécheresse. Par ailleurs, le succès des stratégies de gestion de la demande en eau en milieu urbain dépend de l'identification des facteurs déterminants et des comportements des consommateurs qui influencent la consommation et l'accès à l'eau à l'échelle du ménage (Basu et al., 2017). De plus, l'adaptation des ménages aux pénuries temporaires ou permanentes d'eau qui découle de la compréhension des différents facteurs constitue une question délicate pour de nombreuses villes du monde entier, qui doivent faire face aux influences de la croissance

démographique, de l'urbanisation rapide et du changement climatique (Lindsay et al., 2017). Lorsque l'on étudie la consommation de l'eau dans les ménages urbains, de nombreuses études partent du postulat selon lequel, au sein même d'une entité administrative (ville, commune, quartier, etc.) où les ménages vivent en dessous du seuil de pauvreté, la répartition de l'eau consommée n'est pas toujours uniforme et des inégalités plus ou moins prononcées subsistent en raison de l'influence de nombreux facteurs qui ne sont toujours connus à l'avance (Adams, 2018; Sindane & S. Modley, 2022). C'est pourquoi, cette étude contribue à l'identification et à la hiérarchisation de ces facteurs ainsi qu'à la compréhension des comportements que peuvent adopter les ménages pour s'adapter à court ou à long terme à la sécheresse.

1.2. Questions de recherche

Trois questions de recherche émergent de la problématique susmentionnée :

Question 1. Dans un contexte de sécheresse persistante, quels sont les déterminants de la consommation et de l'accès à l'eau des ménages dans la ville d'Amboasary-Atsimo ?

Question 2. Quels sont les facteurs qui influencent la perception des ménages sur le risque de sécheresse et sur l'intensité de ses impacts sur l'approvisionnement en eau de la ville d'Amboasary-Atsimo ?

Question 3. Les facteurs psychosociaux et comportementaux permettent-ils de prédire la consommation et l'intention de conservation de l'eau des ménages face à la sécheresse ?

1.3. Hypothèses

Hypothèse 1. La consommation et l'accès à l'eau des ménages varient en fonction des facteurs démographiques, socioéconomiques, géographiques, infrastructurels, politiques et institutionnels.

Hypothèse 2. La perception des ménages sur le risque de sécheresse et sur l'intensité de ses impacts sur l'approvisionnement en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo varie en fonction des facteurs démographiques, socioéconomiques et infrastructurels.

Hypothèse 3. Dans un contexte de sécheresse, les facteurs psychosociaux et comportementaux permettent de prédire la consommation et l'intention de conservation de l'eau dans les ménages.

1.4. Objectifs de l'étude

Partant des réponses anticipatives formulées ci-dessus, cette recherche vise trois objectifs :

Objectif 1. Identifier les déterminants de la consommation et de l'accès à l'eau des ménages confrontés à la sécheresse dans la ville d'Amboasary-Atsimo ;

Objectif 2. Identifier les facteurs déterminant la perception des ménages sur le risque de sécheresse et sur l'intensité de ses impacts sur l'approvisionnement en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo ;

Objectif 3. Analyser et comprendre l'influence des facteurs psychosociaux et comportementaux dans la prédiction de la consommation et de l'intention de conservation de l'eau des ménages dans un contexte de sécheresse persistante.

1.5. Pertinence et intérêt du travail

Cette thématique présente un intérêt particulier dans la mesure où elle aborde la question de l'accès à l'eau dans un contexte marqué par la recrudescence de la sécheresse au Sud de Madagascar. En identifiant les principaux déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages de cette ville, cette étude constitue un point de départ à la mise en place et à la réussite des programmes de gestion durable des sources d'eau existantes afin d'améliorer l'approvisionnement continu des ménages en eau. Cette étude est également intéressante dans la mesure où elle aborde la question de l'accès dans toutes ses facettes au regard de sa complexité. Cette complexité de l'accès à l'eau est liée aux enjeux actuels (croissance démographique, urbanisation croissante, inégalités sociales, conflits, insécurité alimentaire, etc.) et à la diversité des acteurs autour de l'eau. Or, ces acteurs autour de la ressource en eau sont caractérisés le plus souvent par des logiques et des formes d'utilisation de l'eau différentes qui nécessitent un compromis lorsqu'on veut assurer une gestion durable. En ce sens, cette étude contribue à l'avancement des connaissances sur l'accessibilité de l'eau des ménages en utilisant une approche systémique combinant une méthode basée sur l'analyse des indicateurs de l'accès à l'eau et l'analyse psychométrique axée sur le comportement des individus face à un choc (sécheresse). Cette approche systémique alliant les outils de sciences exactes avec ceux des sciences sociales confère une certaine originalité à cette étude et constitue dès lors une étape importante vers la gestion durable des ressources en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo (identification des acteurs, des contraintes majeures, des pistes de solution, etc.). En maîtrisant les stratégies de mobilisation de l'eau, les facteurs de variation de la consommation de l'eau et les comportements, attitudes et croyances qui y sont associés dans un contexte de sécheresse, ce travail s'inscrit dans l'atteinte de l'ODD 6 lié à l'accès équitable à l'eau et aux services d'assainissement pour tous.

Chapitre 2. Cadre conceptuel de l'étude

Ce chapitre présente le cadre conceptuel suivi pour réaliser cette recherche. Il débute d'abord par une présentation succincte de notions de base sur le concept rareté de l'eau. Par ailleurs, les facteurs déterminants l'accès à l'eau et les théories de comportement qui régissent la consommation de l'eau dans les ménages sont présentés en mettant en évidence la théorie de comportement planifié.

2.1. Eau et rareté

Très souvent, il y a de confusion entre les termes pénurie de l'eau et rareté de l'eau. Tout d'abord, la pénurie d'eau est incluse dans la rareté de l'eau. En effet, la rareté peut être relative/construite ou réelle. La rareté relative fait référence à la rareté qui touche les aspects de la distribution et de la répartition inégale des ressources en eau au sein d'une communauté. Cette forme de rareté suppose qu'en dépit de la disponibilité physique de l'eau sur un territoire, des facteurs économiques, sociaux, infrastructurels, politiques, institutionnels etc. peuvent constituer un obstacle à l'accès à l'eau et par conséquent induire une rareté apparente. Généralement, on distingue trois formes de types de rareté de l'eau (Ahopelto et al., 2019):

- La **rareté physique** désigne la disponibilité de l'eau en termes de chaque goutte disponible sur un territoire donné. Cette rareté physique comprend la pénurie de l'eau et le stress hydrique. En effet, la pénurie de l'eau est définie comme la rareté liée à la population c'est-à-dire une faible disponibilité de l'eau par personne alors que le stress hydrique est compris comme étant une rareté liée à la demande c'est-à-dire un déséquilibre entre la demande en eau et sa disponibilité sur un territoire (Ahopelto et al., 2019).
- La **rareté économique** de l'eau évalue explicitement si un système économique est capable de mobiliser cette eau pour l'utiliser. Cette rareté économique signifie selon l'International Water Management Institute, que l'eau n'a pas été mise en valeur pour l'usage humain faute des financements appropriés. C'est cette forme de rareté qui s'observe le plus souvent dans les villes africaines où malgré un immense potentiel hydrologique, les infrastructures et les équipements nécessaires pour la mise en valeur des ressources en eau ne sont pas adaptés et sont sous-financés.
- La **rareté sociale** de l'eau se réfère à une rareté perçue dans l'insuffisance des moyens sociaux nécessaires pour surmonter la rareté originelle de l'eau tels que l'ingénuité et les capacités sociales. La rareté sociale peut être évaluée par les indices de rareté sociale comme le Water Stress Index (WSI) et l'indice de Développement Humain du PNUD. Ces indices permettent de prendre en compte la capacité adaptative des populations pour évaluer l'accès à l'eau sur un territoire donné.

2.2. Déterminants de la consommation de l'eau potable dans les ménages

De nombreuses études antérieures ont montré l'importance des caractéristiques démographiques, économiques, psychosociales, comportementales et infrastructurelles des ménages sur la consommation de l'eau. La consommation en eau des ménages fait référence au volume d'eau réellement prélevé et transporté par des individus pour être utilisé immédiatement ou ultérieurement.

Les caractéristiques démographiques comme le revenu (Basu et al., 2017; Manouseli et al., 2018; Quesnel et al., 2020), le niveau d'éducation (Quesnel et al., 2020; Ramsey et al., 2017) et le sexe (da Veiga et al., 2022) ont une influence significative sur l'utilisation de l'eau dans les villes et expliquent bien les variations de la consommation observées dans les ménages situés au sein d'un même espace géographique.

En rapport avec les facteurs économiques, les études montrent que le prix affecte la consommation de l'eau dans les ménages. Toutefois, en dessous d'un certain volume d'eau consommée par le ménage, on constate souvent que la demande ne réagit pas aux fluctuations de prix. Cette absence de variation de la consommation en eau sous contrainte du prix indique que la variation du prix est un outil inefficace pour contrôler la demande en eau (Manouseli et al., 2018; Martínez-Espiñeira et al., 2014; Worthington & Hoffman, 2008).

Outre les facteurs démographiques et économiques, les facteurs géographiques influencent l'approvisionnement et la consommation en eau des ménages dans les villes de pays en développement (PVD). Le volume d'eau consommé par un ménage par jour fluctue en fonction de la disponibilité physique de l'eau, de l'accessibilité des ménages par rapport aux sources d'approvisionnement en eau, de la qualité de l'eau disponible au niveau de ces sources et du niveau d'accès aux services d'assainissement de base (Basu et al., 2017; Corbella & Pujol, 2009).

Les caractéristiques de l'habitat notamment en zones urbaines (Abubakar, 2019; Breyer & Chang, 2014; Slavíková et al., 2013; Wang & Dong, 2017), les caractéristiques des équipements et de différentes installations domestiques utilisés ainsi que les modes d'aménagement paysager (Brelsford & Abbott, 2017; Quesnel et al., 2020) influencent le comportement des ménages en matière d'utilisation de l'eau.

Les derniers facteurs de la variation de la consommation en eau des ménages que nous abordons sont les facteurs politiques et institutionnels. Ces facteurs supposent une meilleure gouvernance des ressources en eau disponibles à toutes les échelles spatiales (nationale, régionale et locale). Dans cette logique, Lindsay et al. (2017) ont constaté que la mise en place des politiques efficaces de gestion des approvisionnements en eau permet de limiter le risque de pénurie d'eau dans les ménages. Dans les régions caractérisées par une forte instabilité politique et de conflits d'usage autour de la ressource en eau, on observe une réduction de l'accès à l'eau à certaines catégories de communautés, généralement les plus pauvres (Basu et al., 2017). Au niveau des zones urbaines et rurales des PVD, les recherches ont montré qu'un niveau de participation élevé des populations locales aux questions de l'eau (gouvernance locale efficace) conduit à un meilleur approvisionnement et accès à l'eau des ménages (Basu et al., 2017; Hurlimann & Dolnicar, 2011; Singh, 2008).

2.3. Comportement des consommateurs de l'eau

Le comportement des consommateurs d'eau constitue un vaste domaine de sociologie qui a été au cœur de nombreuses études au cours de dernières décennies en raison de la sécheresse qui frappe non seulement les PVD mais aussi les PD. Afin de comprendre dans quelle mesure un ménage décide de réduire sa consommation en eau ou d'adopter des mécanismes de conservation de l'eau face à des facteurs endogènes et exogènes, plusieurs théories

sociopsychologiques et comportementales sont utilisées. Sans être exhaustif, les théories pionnières sont la théorie du comportement planifié ou *Theory of Planned Behavior* (TPB), la théorie de l'efficacité personnelle, la théorie de l'action raisonnée, la théorie sociale cognitive (Ajzen & Fishbein, 1970, 1977) et la théorie de la pratique sociale (Reckwitz, 2002). Ces théories sociopsychologiques ont fortement influencées la compréhension de chercheurs et de décideurs sur le choix à effectuer en fonction du comportement des usagers de l'eau. Il n'existe pas de théorie psychosociale qui soit parfaite ; une théorie a toujours ses atouts et ses limites. Dans cette étude, le comportement de ménages sera étudié à l'aide de la théorie de comportement planifié (TPB). Cette théorie présente l'avantage de faire une analyse quantitative du comportement et offre une possibilité d'incorporer dans l'analyse quantitative, des variables supplémentaires. Des informations supplémentaires qui rendent cette théorie assez efficace comprennent l'identité personnelle, les préoccupations environnementales, les effets de l'accès à l'information, les facteurs sociodémographiques, les facteurs contextuels et infrastructurels, la perception du risque de pénurie d'eau et la familiarité par rapport au risque (Chang, 2013; Dilling et al., 2019; Endter-Wada et al., 2008; Russell & Knoeri, 2020; Shahangian et al., 2021, 2022).

Le principe de base de cette théorie de comportement planifié est assez simple. Selon les pionniers de cette théorie (Ajzen, 1991; Ajzen & Fishbein, 2000), les intentions, qui reflètent une motivation ou un plan mis en place par un individu ou un ménage pour s'engager dans une action prédisent en première position le comportement de consommation ou de conservation de l'eau. Ces intentions des consommateurs sont à leur tour prédites par les attitudes (évaluation positive ou négative du comportement), les normes subjectives (perception du soutien social des personnes importantes à l'égard du comportement) et le contrôle comportemental perçu (perception de la mesure dans laquelle le comportement est sous contrôle volontaire ou involontaire). Par ailleurs, la théorie du comportement planifié a subi des adaptations méthodologiques de la part de nombreux chercheurs mais les mécanismes qui sous-tendent ces adaptations illustrent bien les principes de la théorie originale (Singha et al., 2023; Singha & Eljamal, 2020). C'est pourquoi, nous avons utilisé la version modifiée par Singha et al. (2022, 2023) et Singha & Eljamal (2020) qui considère six facteurs : la conscience, les attitudes, les habitudes, les émotions, la responsabilité et l'engagement ou implication personnelle pour prédire l'intention de conservation et la consommation de l'eau dans un ménage.

Bien que la majorité des études ont prouvé l'efficacité de la TPB, d'autres ont trouvé qu'une analyse psychométrique des individus basée sur cette théorie ne permet pas de bien prédire le comportement en matière de conservation de l'eau dans les ménages (Chang, 2013; Endter-Wada et al., 2008; Gregory & Di Leo, 2003; Nancarrow et al., 2008). Ces auteurs indiquent tout de même que son efficacité varie d'une zone à une autre et d'un groupe d'individus à un autre. Ce scepticisme est dû à plusieurs facteurs. Le premier facteur avancé par de nombreuses études est que les intentions des individus présentent très souvent de minces chances de se traduire en actions concrètes de consommation ou de conservation de l'eau (Fielding et al., 2012). En ce sens, nombreux chercheurs estiment qu'il existe un fort décalage entre la déclaration des intentions et le comportement réel de consommation ou de conservation de l'eau dans les ménages (Beall et al., 2011; Fielding et al., 2012; Russell & Fielding, 2010). Le deuxième facteur qui empêche la transformation des intentions en actions concrètes de consommation ou de conservation de l'eau est le manque d'information de la part des individus ou des ménages (Fielding et al., 2012; Gregory & Di Leo, 2003; Jorgensen et al., 2009).

Le troisième facteur est le caractère collectif de l'utilisation de l'eau qui implique des actions d'utilisation communes entre plusieurs membres du ménage à la fois. Par exemple, dans la pratique, si un individu du ménage s'engage à conserver ou à consommer moins d'eau alors que les autres individus du ménage ne s'engagent pas de la même façon, il y a très peu de chances que ses intentions et ses attitudes se traduisent par une réduction significative de la quantité d'eau consommée par jour. Le quatrième facteur qui bloque la traduction des intentions en réduction réelle de la consommation est l'absence de rationalité dans le comportement que peuvent adopter certains individus. Des études psychométriques sur la consommation de l'eau dans les ménages urbains reconnaissent que le comportement des individus (de l'humain en général) n'est pas toujours rationnel et réfléchi et que celui-ci est parfois influencé par des habitudes ou des routines (Steg & Vlek, 2009). Ces habitudes ou routines sont définies comme étant de comportements automatiques adoptés par les individus et résultant de la répétition et de la pratique d'actions dans des situations similaires (Fielding et al., 2012). On constate très souvent que les comportements adoptés par les individus en matière d'utilisation de l'eau sont des actions effectuées d'une manière répétitive et fréquente et par conséquent, elles peuvent donc être considérées comme routinières. Deux catégories d'habitudes sont possibles : les habitudes positives et les habitudes négatives. Les uns peuvent adopter des habitudes positives qui peuvent se transformer en actions concrètes de conservation de l'eau et de réduction de la consommation (par exemple le fait pour certains individus possédant un raccordement privé dans leur ménage de fermer le robinet lorsqu'ils se brossent les dents ou lorsqu'ils se savonnent sous la douche) (Fielding et al., 2012). Les autres individus peuvent développer des habitudes négatives (par exemple le fait pour certains individus de prendre des longues douches lorsqu'ils ont un raccordement privé) qui, lorsqu'elles sont répétées dans le temps, augmentent de manière significative la consommation de l'eau dans le ménage.

Chapitre 3. Milieu d'étude et méthodologie

Ce chapitre est subdivisé en deux parties. La première partie présente les caractéristiques du milieu d'étude (climat, géologie, hydrogéologie, végétation, population et situation économique). La seconde partie aborde les aspects méthodologiques (détermination de la taille de l'échantillon, techniques de collecte de données, méthodes d'analyses statistiques en fonction de chaque objectif) qui ont permis d'aboutir aux résultats.

3.1. Milieu d'étude

Amboasary-Atsimo est une ville malgache, chef-lieu du district d'Amboasary-Sud située dans la partie sud-ouest de la région d'Anosy (Figure 1). Cette ville se situe le long du fleuve Mandrare, à 75 km à l'ouest de Tôlanaro et à 35 km d'Ambovombe. Elle est appelée « capital du sisal » en raison du développement de la culture du sisal (*Agava sisalana*) nécessaire pour la production des fibres.

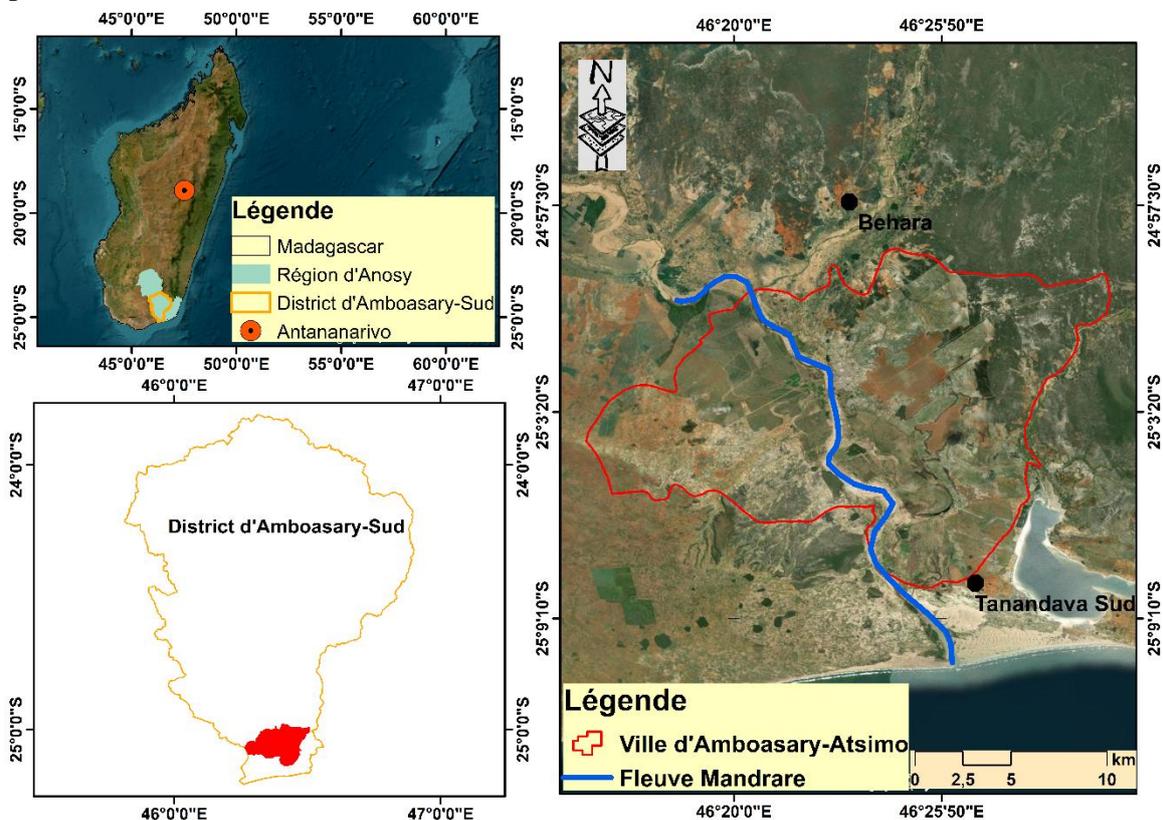


Figure 1. Localisation de la ville d'Amboasary-Atsimo au Sud de Madagascar

3.1.1. Climat

La ville d'Amboasary-Atsimo jouit d'un climat semi-aride (André et al., 2005). La distribution des précipitations annuelles suit un cycle bi-saisonnier ; la saison humide dure de décembre à mars (4 mois), et atteint généralement un maximum de précipitations en janvier et une saison sèche qui va d'avril à novembre (8 mois) (Carrière et al., 2018). La saison fraîche et sèche est dominée par les alizés du sud-est, pendant laquelle seule la partie côtière reçoit des pluies

significatives alors que pendant la saison chaude et pluvieuse, la zone est dominée par les vents de mousson suivant la direction nord-ouest (Serele et al., 2020).

Les précipitations annuelles varient de 300 mm dans la plaine côtière à 600 mm avec une moyenne d'environ 400 mm/an (Serele et al., 2020). Cependant, les précipitations présentent de très fortes irrégularités spatiales et temporelles (variations interannuelles). Ces précipitations annuelles peuvent varier d'un facteur cinq d'une année à l'autre (Carrière et al., 2018) et peuvent d'ailleurs être décalées d'environ deux mois au cours des dernières années (Rasoloariniaina et al., 2015). La température moyenne dans la ville d'Amboasary-Atsimo varie entre 20 et 25 °C avec un maximum compris entre 30 et 35 °C (Rakotoarisoa, 2021).

3.1.2. Géologie

La région du Sud de Madagascar est caractérisée par trois unités lithologiques distinctes: le socle cristallin, le massif volcanique et les formations sédimentaires (Serele et al., 2020). En se basant sur la carte géologique de l'ensemble de la région du Sud de Madagascar, on peut facilement attribuer un certain nombre de formations géologiques à la ville d'Amboasary-Atsimo. Dans cette ville, ce sont les formations sédimentaires qui sont plus représentées (Carrière et al., 2021). Ces formations sédimentaires non consolidées (lime stone, alluvions, dunes, sables) sont caractérisées par une perméabilité élevée en comparaison avec les roches cristallines non fracturées (Serele et al., 2020). La carte géologique établie par Serele et al. (2020) indique aussi la présence des roches appartenant au groupe de Leptynites/Sillimanites/Garnets/Pyroxénites. D'autres types de roches sont rencontrés dans la partie Sud de la ville au niveau des zones qui présentent des caractéristiques assez particulières. Ce sont des roches volcaniques visibles dans le bassin versant du fleuve Mandrare qui traverse la ville d'Amboasary-Atsimo.

3.1.3. Hydrogéologie

Trois principaux systèmes aquifères sont rencontrés dans la région du Sud de Madagascar: les systèmes de socle, les systèmes sédimentaires et les aquifères karstiques (Serele et al., 2020). Dans la ville d'Amboasary-Atsimo, ce sont les systèmes sédimentaires qui sont les plus rencontrés. Cette ville est dépourvue de rivières permanentes à l'exception du fleuve Mandrare. Les rivières y sont éphémères et ne coulent que pendant la saison des pluies car les eaux s'infiltrent rapidement en cause des sables perméables ou les eaux s'écoulent vers le fond de dépressions pour créer des mares temporaires de stockage d'eau (Carrière et al., 2018; Serele et al., 2020). Vu qu'il n'y a pas de rivières apparentes, la disponibilité de l'eau dépend des aquifères souterrains et des apports d'eau dus aux précipitations tombées durant la saison pluvieuse (Rasoloariniaina et al., 2015). Cette absence de rivières ou de points d'eau permanents impacte négativement la quantité d'eau consommée dans les ménages et entraîne un accès limité à l'eau pour les ménages pauvres.

3.1.4. Végétation

L'aridité dans la ville d'Amboasary-Atsimo entraîne un stress hydrique pour la végétation et elle définit les types de végétation qui colonisent l'espace urbain (Carrière et al., 2018). La majorité des espèces végétales que l'on rencontre à l'intérieur et autour de cette ville sont des espèces xérophiiles. Ces espèces ont développé différentes formes d'adaptation au déficit

hydrique dont nous pouvons citer la taille courte des arbres, la réduction de la surface foliaire, le développement des épines, etc.

La végétation ligneuse xérophile est constituée des forêts épineuses et des forêts sèches (Harifidy & Hiroshi, 2022). En revanche, la végétation herbacée est dominée par la présence des graminées et des cactacées. Le climat plus sec et chaud caractéristique de cette ville et de l'ensemble de la région du Sud est favorable à l'élevage des bovins et caprins et au développement des plantes comme le coton, le sisal et les cactées fourragères (Lecompte & Raberinja, 1994).

3.1.5. Population

La ville d'Amboasary-Atsimo est composée majoritairement des populations appartenant au groupe ethnique Tandroy (ou Antandroy) qui sont marginalisées sur le plan politique et économique depuis plusieurs décennies. La pauvreté et l'instabilité de moyens de subsistance caractérisent ce groupe ethnique (Neimark & Healy, 2018). Outre les Tandroy, la ville est composée aussi d'autres groupes ethniques originaires d'autres régions ou districts du Sud de Madagascar : les Tanosy (Antanosy), les Betsileos, les Merinas, les Vezo, etc. La population de la ville d'Amboasary-Atsimo était estimée à 10 000 habitants en 1950 et après que cette ville soit devenue le chef-lieu du district d'Amboasary-Sud, l'installation des services publics, des hôpitaux, des lieux de culte, etc. a contribué à l'augmentation progressive de cette population. Actuellement, la densité de la population est faible dans cette ville en raison de la migration économique des populations vers d'autres régions ou d'autres villes comme Fort Dauphin. Le recensement général de 2018 montre que la population de cette ville est de 45 996 habitants (INSTAT-CCER, 2019).

3.1.6. Activités économiques

En raison du statut de chef-lieu du district d'Amboasary-Sud, il y a un développement d'un certain nombre d'activités dans cette ville. Le petit commerce occupe une part importante des activités faites par les populations. D'autres secteurs comme l'artisanat occupent une place importante auprès des jeunes de cette ville. L'économie est dominée en général par l'exploitation du sisal développée vers les années 1950. Cette industrie de sisal aurait permis de créer plusieurs emplois directs pour les communautés Antandroy. Ces emplois permirent de réduire le taux de chômage. Cependant, une usine de production de sisal située au cœur de la ville n'est plus opérationnelle. Cet arrêt des activités a mis au chômage nombreuses personnes vivant autour des sisaleraies. Ce sont principalement les habitants du Fokontany de Kofala qui sont les plus affectés par cet arrêt des activités de production de sisal. Cette situation a accentué leur niveau de pauvreté et leur vulnérabilité sur le plan de l'accès aux services sociaux de base (accès à l'eau, accès aux services d'assainissement, accès à la nourriture, etc.).

3.2. Méthodes

3.2.1. Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon varie en fonction de nombreux facteurs dont le but de l'étude, les types de recherche, la taille de la population, l'erreur d'échantillonnage que le chercheur souhaite considérée, etc. (Sarmah & Hazarika, 2012). Dans cette étude, nous avons retenu la formule de Yamane (1976) qui permet d'obtenir un échantillon minimum acceptable sur base d'une

population connue. Toutefois, la formule originale de Yamane (1976) a été critiquée pour son hypothèse déraisonnable de la normalité de données (le fait de considérer que toutes les données suivent la loi normale alors dans la plupart de cas, les données ne sont pas distribuées normalement). Pour surmonter cette limitation, la taille de l'échantillon de cette étude a été déterminée par la formule révisée par Adam (2021). Cette version révisée inclut l'ajustement de la marge d'erreur pour rendre la formule de Yamane applicable à la fois dans le cadre des études quantitatives et qualitatives (équation 1) :

$$n = \frac{N}{1 + N(\delta^2)} \quad (1)$$

Avec n la taille de l'échantillon, N la taille de la population d'étude (ici le nombre des ménages dans la ville d'Amboasary-Atsimo) et δ la marge d'erreur considérée (5 %). Selon le troisième recensement général effectué en Madagascar, le nombre des ménages dans la ville d'Amboasary-Atsimo est estimé à 10 457 ménages (INSTAT-CCER, 2019). Ainsi, la taille de l'échantillon de cette étude est donnée par (équation 2) :

$$n = \frac{10\,457}{1 + 10\,457(0,05^2)} = 386 \quad (2)$$

Finally, l'échantillon considéré dans cette étude est de 386 ménages répartis dans six Fokontany (équivalent aux quartiers) de la ville d'Amboasary-Atsimo. A cet échantillon, les responsables communales, les chefs de Fokontany et les autorités chargées de la gestion de l'approvisionnement en eau des ménages ont été interrogés à l'aide d'un guide d'entretien.

3.2.2. Technique d'échantillonnage des ménages

La ville d'Amboasary-Atsimo est caractérisée par une hétérogénéité des populations suivant les modes de vie. Pour appréhender cette hétérogénéité, les enquêtes ont été réalisées en faisant une stratification des ménages (échantillonnage aléatoire stratifié). Cette stratification a été réalisée sur base des caractéristiques de l'habitat car nous étions dans l'impossibilité de disposer des indicateurs réels (revenu par exemple) pour évaluer la différenciation des modes de vie des ménages. Après avoir réalisé une courte préenquête, nous avons constaté que les habitations dans cette ville peuvent être groupées en cinq catégories selon la nature des murs : habitations en briques ou en blocs ciment, habitations en planches, habitations en tôles, habitations en tiges de bois et habitations en sisal. La toiture de ces habitations faite en tôles, en tuiles ou en matériaux naturels (feuilles mortes de sisal, pailles de graminées). Ainsi, à l'aide de cette stratification, les ménages de la ville ont été classés en groupes homogènes (strates) ; puis dans chaque strate, les ménages à enquêter ont été choisis d'une manière aléatoire et cela pour l'ensemble de six Fokontany. La diversité de ménages selon les modes de vie a ainsi été prise en compte dans notre échantillon pour éviter les biais. Par ailleurs, la stratification a été choisie parce qu'elle permet d'améliorer la qualité des résultats sur un espace hétérogène, tend à augmenter la précision des estimations des paramètres si on la compare à d'autres techniques d'échantillonnage (Dumelle et al., 2023; Iiyasu & Etikan, 2021; Muneer et al., 2022) et offre une possibilité au chercheur de choisir de tailles d'échantillon spécifiques aux caractéristiques de chaque strate (Dumelle et al., 2023).

3.2.3. Collecte des données

La collecte des données a été effectuée en utilisant une combinaison des enquêtes qualitatives et quantitatives. Elle a été effectuée en deux phases. Une pré-enquête qui constitue la phase préliminaire effectuée pendant deux jours a permis de comprendre le contexte socioéconomique de la ville, de visiter certains ménages et d'adapter le questionnaire d'enquête. Une fois le questionnaire d'enquête adapté aux caractéristiques des ménages, la deuxième phase a été celle des enquêtes proprement dites. Ces enquêtes ont été réalisées à l'aide des entretiens semi-directifs avec les chefs de ménage sur base d'un questionnaire d'enquête préalablement établi et à des entretiens appuyés par un guide d'entretien pour les responsables urbains ainsi que les autorités chargées de l'approvisionnement de la ville en eau. Les enquêtes au niveau des ménages ont été accompagnées de l'observation directe qui a permis de vérifier la validité des réponses fournies par le chef de ménage (par exemple observation directe des caractéristiques de l'habitat, des types d'installations sanitaires, des types de source d'eau, ...). Cette observation a permis de minimiser l'écart entre les réponses données par les chefs de ménage et la réalité des conditions de vie qu'ils mènent. Les questions étaient posées au chef de ménage en langue malgache pour s'assurer de sa bonne compréhension. La majorité des questions étaient du type fermé vu que les chefs de ménage n'avaient pas une bonne compréhension de la langue française. Toutefois, les enquêtes étaient réalisées de telle sorte que l'enquêteur ne puisse pas influencer le choix du chef de ménage dans ses réponses. Cinq enquêteurs bien formés et connaissant bien la ville ont contribué à la collecte de données.

3.2.4. Structure du questionnaire d'enquête

Pour répondre aux trois objectifs de départ, le questionnaire d'enquête utilisé est structuré en neuf sections.

- La première section est constituée des caractéristiques sociodémographiques des chefs de ménage en 11 questions : Fokontany de résidence, sexe du chef de ménage, la taille du ménage, l'âge du chef de ménage, son niveau d'étude, son état civil, sa religion, ses secteurs d'activités, son appartenance ethnique, son statut c'est-à-dire si le chef de ménage est migrant ou natif et la migration dans le ménage c'est-à-dire l'existence d'une personne ayant migré au cours des dernières années.
- La deuxième section concerne les caractéristiques de l'habitat en cinq questions : le statut foncier c'est-à-dire si le chef de ménage est propriétaire ou locataire de sa parcelle, la nature du mur de la maison, la nature de la toiture de la maison, les types de combustibles utilisés pour la cuisson des aliments et l'accès à l'électricité.
- La troisième section reprend les variables économiques de chaque ménage en six questions: la principale source de revenu du ménage, la disponibilité alimentaire, la possession du bétail, la possession d'autres actifs comme un véhicule, une télévision, un réfrigérateur, une moto, un vélo, une charrette ou autre actif, le revenu moyen mensuel (RMM) et l'accès au crédit formel dans une banque ou une institution de microfinance ou une coopérative.
- La quatrième section comprend les variables liées à la disponibilité de l'eau et à l'accessibilité à l'eau par les ménages. Dans cette section, les ménages ont été catégorisés en trois groupes : les ménages ayant un raccordement privé, les ménages ayant une source privée à domicile et les ménages dépendant de la collecte de l'eau à partir des sources d'eau communautaires. Pour les ménages avec raccordement privé ou ayant une source privée, cinq

questions ont été posées au chef de ménage (quantité d'eau consommée par jour, montant de la facture d'eau pour les ménages avec raccordement privé, la réglementation de la consommation de l'eau par les autorités pour éviter le gaspillage, la possibilité d'approvisionnement en eau des ménages voisins au niveau du ménage possède un raccordement ou une source privée et le prix de vente d'un bidon d'eau). Pour les ménages collectant l'eau (c'est-à-dire sans raccordement privé ou source d'eau privée à domicile), onze questions ont été posées pour évaluer la disponibilité et l'accessibilité à l'eau (les principales sources d'approvisionnement, la quantité d'eau collectée par jour par le ménage, la quantité d'eau réellement utilisée par jour et par personne, le nombre d'allers-retours effectuées au cours de la collecte de l'eau, les personnes qui s'occupent de la collecte de l'eau, la distance entre le ménage et la principale source d'eau, le temps de déplacement entre le ménage et la principale source d'eau, le temps d'attente à la source avant d'être servi en eau, le nombre total d'heures consacrées à la recherche de l'eau par jour, les moyens de transport de l'eau de la source vers le ménage et les coûts de transport engagés).

- La cinquième section comprend quatre questions relatives à la gouvernance de l'eau et à la participation des ménages à la gestion durable de l'eau dans un contexte de sécheresse (la fréquence de participation aux réunions de gestion de sources d'eau, la participation aux travaux d'entretien des ouvrages endommagés, l'acceptation de payer de l'argent pour l'entretien des sources d'eau et le consentement à payer (CAP) de l'argent pour l'aménagement des nouvelles sources d'eau). A plus, nous avons eu des échanges libres avec les autorités urbaines et les gestionnaires de l'entreprise étatique JIRAMA (Jiro sy RAno Malagasy) sur la gestion de l'approvisionnement en eau dans la ville.
- La sixième section comprend cinq questions liées aux principales utilisations de l'eau dans un contexte de sécheresse, aux pratiques du ménage (le nombre de douches prises par un individu par jour, la fréquence de lessive des habits, la fréquence de lavage du véhicule ou de la moto) et aux types d'installations sanitaires (toilettes) utilisés.
- La septième section comprend des questions relatives aux techniques d'amélioration de la qualité de l'eau, aux stratégies de conservation de l'eau et aux contraintes de la gestion et de l'approvisionnement en eau des ménages dans la ville.
- La huitième section concerne la perception des ménages sur la sécheresse en deux questions : (i) est-ce que vous pensez-que la sécheresse est la principale cause du problème de l'eau dans la ville ? (ii) quelle est votre perception sur l'ampleur/intensité des impacts de la sécheresse sur la disponibilité et l'accès à l'eau des ménages de la ville ?
- La dernière section concerne l'analyse psychométrique des ménages et l'effet des variables psychosociales sur la consommation et l'intention et/ou le comportement de conservation de l'eau dans un contexte de sécheresse. Sept prédicteurs comportementaux ont été utilisés : les attitudes (avec 4 items), la conscience (avec 6 items), la responsabilité (avec 4 items), les habitudes (avec 5 items), les émotions (avec 6 items), l'engagement ou implication personnelle du ménage (avec 3 items) et l'intention et/ou le comportement de conservation de l'eau (avec 4 items). Pour chaque item, une réponse ordinale a été proposée selon l'échelle de Likert à 5 points (5-1) : 5=tout à fait d'accord, 4=d'accord, 3=neutre, 2=pas d'accord, 1=pas du tout d'accord ([Annexe 1 section 9](#)).

3.2.5. Méthodes d'analyse des données

Les méthodes d'analyse sont tributaires des objectifs fixés au départ de cette étude. Dans cette section, nous abordons ces méthodes en deux volets : d'abord celles utilisées pour identifier les déterminants de l'accès à l'eau et de la perception de la sécheresse (objectifs 1 et 2) et enfin, celles qui ont permis de réaliser l'analyse psychométrique (objectif 3).

3.2.5.1. Déterminants de l'accès à l'eau et perception des ménages sur la sécheresse

Les statistiques descriptives ont été effectuées pour l'ensemble des variables démographiques, économiques, infrastructurelles, les indicateurs de l'accessibilité de l'eau, etc. Une analyse bivariée utilisant le test chi-deux d'indépendance a été utilisée entre les variables qualitatives. Le test de normalité de Shapiro-Wilk a été réalisé sur les variables quantitatives (revenu, taille de ménage, quantité d'eau consommée par jour et par personne, etc.) et a montré que chacune des variables s'écarte d'une distribution normale. Par conséquent, les tests non paramétriques de Wilcoxon (pour deux moyennes) et de Kruskal-Wallis (pour plus de deux moyennes) ont été utilisés pour comparer la consommation de l'eau en fonction de l'ensemble des caractéristiques du ménage. Par ailleurs, la quantité d'eau consommée par jour et par personne a été obtenue en divisant la quantité totale utilisée dans le ménage par la taille de ménage. Puis les valeurs de la consommation journalière individuelle ont été binarisées en « Accès » et « Non accès ». Nous avons attribué « Nonaccès » à tous les ménages dont la quantité d'eau consommée par jour et par personne se situe en dessous de 20 litres (seuil minimum recommandé par l'OMS pour évaluer l'accès à l'eau) et « Accès » à tous les ménages dont cette quantité est supérieure ou égale à 20 litres. Cette variable binaire a été alors modélisée par la régression logistique binaire (modèle *logit*) (Figure 2).

Nous précisons que cette modélisation a été effectuée uniquement sur base de données de ménages dépendant des sources d'eau communautaires car après une analyse préliminaire, nous avons constaté que les ménages possédant un raccordement privé ou une source privée consomment déjà une quantité supérieure à 20 litres par jour et par personne.

Cinq étapes ont été suivies pour identifier les déterminants de l'accès à l'eau à l'aide de la régression logistique binaire (Figure 2). La première étape est le test de multicolinéarité. La multicolinéarité est un phénomène qui se produit lorsque deux prédicteurs ou plus sont corrélés, ce qui entraîne une augmentation de l'erreur standard des coefficients (Alin, 2010; Daoud, 2017). Cette augmentation des erreurs standard signifie que les coefficients de certaines ou de toutes les variables indépendantes peuvent s'avérer significativement différents de ceux de l'échantillon (Daoud, 2017). Toutefois, la multicolinéarité n'est pas synonyme de corrélation. Deux ou plusieurs variables colinéaires sont souvent fortement corrélées entre elles alors que deux ou plusieurs variables corrélées ne sont pas forcément colinéaires (Wheeler & Tiefelsdorf, 2005). Pour réaliser ce test, nous avons inclus toutes les variables dans un modèle initial. Puis ce modèle initial a été soumis au test de multicolinéarité qui fournit les valeurs du facteur d'inflation de la variance (VIF). Il n'y a pas de valeur exacte considérée comme seuil pour détecter le problème de multicolinéarité (Larmarange, 2023). Nous avons ainsi observé la distribution des valeurs de VIF pour l'ensemble de variables. L'analyse de cette distribution a permis d'interpréter les valeurs $VIF < 5$ comme ne présentant pas de problèmes multicolinéarité (Le Marechal et al., 2018). Ainsi, toutes les variables présentant des valeurs VIF supérieures à 5 ont été écartées du processus de modélisation.

La deuxième est celle de la classification proprement dite. Pendant cette étape, la base de données a d'abord été subdivisée en deux parties : les données d'apprentissage (70 %) et les données de validation (30 %). Ensuite, une régression logistique binaire a été réalisée en utilisant le modèle linéaire généralisé (GLM) (*glm* pour *generalized linear model*) du package MASS.

La troisième étape est l'évaluation de la qualité de notre modèle. Cette évaluation basée sur la courbe ROC et l'aire en dessous de cette courbe (AUC) (que ce soit pour les données d'apprentissage ou les données de validation). La courbe ROC en apprentissage automatique est avantageuse pour quatre raisons: une grande sensibilité, une diminution de l'erreur standard qui diminue à mesure que l'AUC et le nombre d'échantillons augmentent, une indépendance par rapport au seuil de décision et une invariance par rapport aux probabilités de distribution *a priori* de chaque classe (Bradley, 1997). Une valeur AUC de 0,5 indique une absence de pouvoir discriminant (c'est-à-dire 50 % de sensibilité et 50 % de spécificité). On considère en général qu'un modèle est acceptable lorsque l'AUC est supérieure à 0,7. Un modèle à fort pouvoir discriminant est obtenu pour des valeurs d'AUC situées entre 0,87 et 0,9 alors qu'un modèle excellent doit avoir une valeur de l'AUC supérieure à 0,9 (Fan et al., 2006).

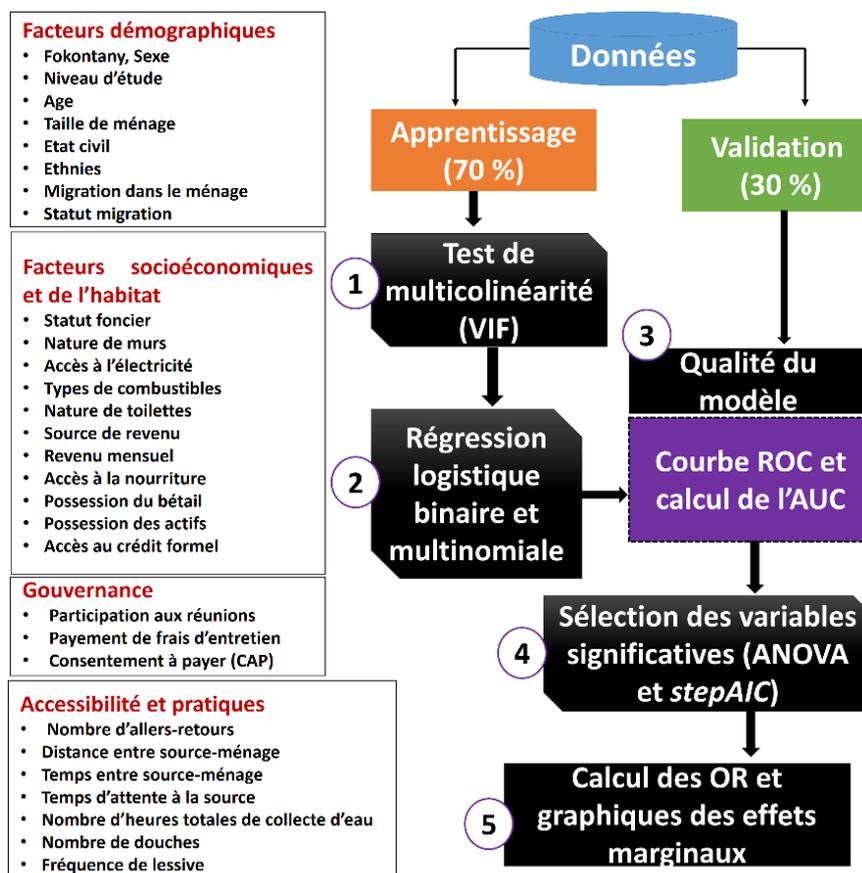


Figure 2. Modélisation des déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages utilisant les sources communautaires ($n=330$) et de la perception sur la sécheresse ($n=386$)

La quatrième étape est la sélection des variables significatives sur l'accès à l'eau des ménages. Cette sélection des variables significatives a été réalisée par la méthode descendante pas à pas (*Backward selection* ou *backward elimination* en anglais). Cette méthode consiste à construire un modèle initial contenant l'ensemble des variables non colinéaires, à les tester et à supprimer

d'une manière itérative les variables non significatives grâce à la minimisation du critère d'information d'Akaike (AIC). La fonction *step* du package *stats* a été utilisée pour sélectionner les variables significatives sur base de l'AIC.

La dernière étape est le calcul des rapports de cote (OR) pour chaque modalité des variables. Le rapport de cote (OR) est obtenu en calculant l'exponentielle du coefficient de régression. L'OR permet de mesurer le degré d'association entre les modalités variables explicatives avec la variable dépendante. Il est toujours interprété sur base d'une modalité de référence au sein d'une modalité explicative. Si un OR est égal à 1 par rapport à une modalité de référence, cela signifie que la perception pour les individus de cette modalité est équivalente. En revanche, un OR supérieur à 1 indique une augmentation de la probabilité de perception pour une catégorie donnée par rapport à la référence tandis qu'un OR inférieur à 1 indique une diminution de la probabilité de perception pour une catégorie donnée par rapport à la référence.

De même que pour l'accès à l'eau, les facteurs déterminant la perception sur l'effet de la sécheresse sur le problème d'eau (variable dichotomique) ont été mis en évidence par la régression logistique binaire (Figure 2). En revanche, la régression logistique multinomiale a été utilisée pour modéliser la perception de l'intensité des impacts de la sécheresse (trois modalités : faible, moyenne, élevée) sur les ressources en eau et l'accès à l'eau des ménages. La fonction *multinom* du package *nnet* (Venables & Ripley, 2002) a été utilisé pour la régression logistique multinomiale. Comme l'intensité de la sécheresse est une variable à trois modalités, le calcul des effets marginaux est nécessaire pour comprendre la perception de chaque modalité au sein d'une variable donnée (Figure 2, étape 5). Les graphiques des effets marginaux pour les variables significatives ont été obtenus par le package *effects* (Fox & Hong, 2009).

3.2.5.2. Analyse psychométrique

Pour étudier l'influence des variables sociopsychologiques et comportementales sur la consommation et l'intention de conservation de l'eau dans les ménages confrontés à la sécheresse, la modélisation par les équations structurelles (SEM) a été utilisée.

3.2.5.2.1. Principe et avantages des SEM

Les modèles d'équations structurelles (SEM) sont des méthodes d'analyse statistique à plusieurs variables qui permettent d'étudier le lien de causalité entre plusieurs variables. Utilisés au départ en sciences sociales (économie, sociologie, la psychologie, marketing, ...), ils se sont popularisés ces dernières années dans les études environnementales (perception des risques, des catastrophes, ...). Ces modèles sont particulièrement adaptés à des variables sociopsychologiques et comportementales qui sont complexes et multiformes et qui ne peuvent donc pas être mesurées directement sur terrain (Abbas et al., 2021; Cooper, 2017). Les SEM étudient des variables non directement mesurables en testant des relations hypothétiques construites entre elles et en quantifiant les effets directs et indirects sur base de la théorie des graphes (Santibáñez-Andrade et al., 2015). Deux types de variables sont utilisés dans les SEM (Rowles et al., 2020) : les variables latentes et les variables manifestes. Une variable est dite latente lorsqu'elle n'est pas observable et mesurable directement. En revanche, une variable manifeste est une variable où il est possible de recueillir une mesure de manière directe. Le principe des SEM est alors d'estimer les variables latentes à partir des variables manifestes en isolant leur part de la variance commune.

Un SEM est un système d'équations susceptible d'être représenté sous forme d'un graphe orienté constitué des nœuds et des arcs. Les nœuds représentent les variables : les variables latentes sous forme de carré et les variables manifestes sous forme de rond. En revanche, les arcs représentent les relations de causalités entre les variables. Un SEM est constitué de deux principales parties : un modèle de mesure (MM) ou modèle externe qui représente un ensemble de variables observables en tant qu'indicateurs multiples d'un ensemble plus petit de variables latentes, et le modèle théorique (MT), qui décrit les relations de dépendance, généralement acceptées comme étant dans une certaine mesure causales entre les variables latentes, généralement fondées sur la théorie (Hurlimann et al., 2008). Les SEM présentent quatre avantages par rapport aux approches de régression classiques (Cooper, 2017; Jahan et al., 2019; Krishnakumar & Ballon, 2008; Levêque & Burns, 2017; Yinglan et al., 2019) : (i) ils permettent une prise en compte des variables dépendantes multiples ; (ii) ils permettent de corrélérer les variables, alors que la régression classique ajuste les autres variables du modèle ; (iii) ils tiennent compte des erreurs de mesure, alors que la régression suppose une mesure parfaite ; et enfin, (iv) ils permettent d'évaluer les effets causaux directs et indirects entre l'ensemble des variables.

3.2.5.2.2. Construction des hypothèses de base

L'analyse psychométrique que nous réalisons dans cette étude est basée sur la théorie de comportement planifié (TPB) comme annoncé dans le premier chapitre. Les hypothèses de base de cette théorie ont été adaptées sur base des résultats des études antérieures (Singha et al., 2022, 2023; Singha & Eljamal, 2020; Untaru et al., 2016). Toutefois, nous avons incorporés certains facteurs (perception du risque de sécheresse, caractéristiques de ménages) propres à notre zone d'étude dans le modèle structurel afin de le rendre plus robuste, fiable, reproductible et explicite. Sur base de ces deux critères, 18 hypothèses ont été retenues et testées dans cette étude (Figure 3).

Nous prévoyons que la conscience des ménages sera un prédicteur direct de l'attitude (H1), de la responsabilité (H2), de l'habitude (H3), de l'émotion (H5), et de l'engagement (H8). Ensuite, les caractéristiques de ménages influenceraient la conscience (H17) et la perception du risque et des impacts de la sécheresse sur l'accès à l'eau (H18). L'attitude de ménage prédit directement l'habitude (H4) et l'émotion (H6). La responsabilité des ménages influence également l'émotion (H7) et l'engagement ou l'implication des ménages (H9). Le comportement des ménages par rapport à la conservation de l'eau est influencé positivement par l'habitude (H10), l'émotion (H11), l'engagement (H12) et par la perception du risque et des impacts (H13). Enfin, l'habitude (H14), l'émotion (H15) et l'engagement (H16) influenceraient négativement à la quantité de consommation d'eau par un ménage (Figure 3).

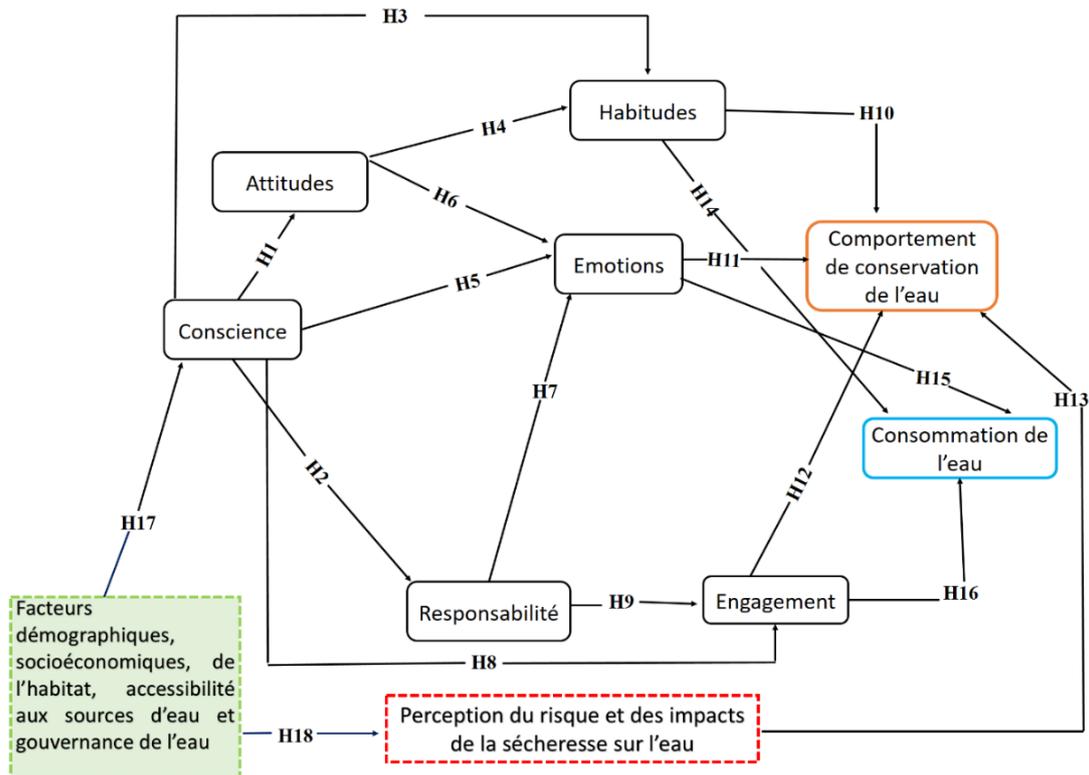


Figure 3. Cadre conceptuel basé sur la théorie de comportement planifié et les hypothèses de base du SEM (adapté de Singha et al., 2022, 2023)

3.2.5.2.3. Définition et formulation du modèle structurel

Un SEM nécessite la construction des modèles de mesure (MM) pour les variables latentes et les variables de contrôle. Le modèle de structure construit dans cette étude est composé de 9 modèles de mesure définis par le système d'équations ci-dessous :

$$\begin{aligned}
 Perc &= a_1 + b_1X + \varepsilon_1 \\
 Consc &= a_2 + b_2X + \varepsilon_2 \\
 Att &= a_3 + c_1Consc + \varepsilon_3 \\
 Respo &= a_4 + c_2Consc + \varepsilon_4 \\
 Hab &= a_5 + c_3Consc + d_1Att + \varepsilon_5 \\
 Emo &= a_6 + c_4Consc + d_2Att + e_1Respo + \varepsilon_6 \\
 Enga &= a_7 + c_5Consc + e_2Respo + \varepsilon_7 \\
 Comp &= a_8 + f_1Hab + g_1Emo + h_1Eng + i_1Perc + \varepsilon_8 \\
 Conso &= a_9 + f_2Hab + g_2Emo + h_2Enga + \varepsilon_9
 \end{aligned}$$

Où, a_i indiquent les *intercepts* ; b_i , c_i , d_i , e_i , f_i , g_i et h_i représentent les coefficients de régression des caractéristiques de ménages, de la conscience (*Consc*), de l'attitude (*Att*), de la responsabilité (*Respo*), de l'habitude (*Hab*), de l'émotion (*Emo*), et de l'engagement (*Enga*); *Perc* est la perception du risque de sécheresse et de ses impacts, *Comp* est l'intention de conservation de l'eau, *Conso* est la quantité d'eau consommée par un individu par jour (en litres), X est le vecteur des caractéristiques démographiques, socioéconomiques, de l'habitat, de l'accessibilité aux sources d'eau et de la gouvernance de l'eau et les ε sont les erreurs aléatoires. Le système d'équation ci-dessus a été implémenté dans le logiciel R 4.1.2 en utilisant les fonctions du package *lavaan* (Rosseel, 2012).

3.2.5.2.4. Evaluation de la qualité du modèle structurel

Il existe plusieurs manières d'évaluer la qualité d'un SEM. Nous avons retenue l'approche suggérée par [Anderson & Gerbing \(1988\)](#) qui est largement utilisée dans les études antérieures en raison de bons résultats et des avantages qu'elle offre. Ces deux auteurs recommandent une évaluation en deux étapes : l'analyse factorielle confirmatoire (AFC) et la validité convergente et discriminante. Nous avons ainsi établi des modèles de mesure (MM) satisfaisants à l'aide de l'AFC. Ensuite, cette AFC nous a permis d'extraire la variance de chaque variable du MM et de vérifier si ces variables partagent une plus grande variance avec les variables connexes. A cette étape, tous les items qui n'ont pas une variance minimale de 0,5 c'est-à-dire qui n'expliquent pas à 50 % la variable latente au quelle ils sont associés ont été éliminés dans chaque modèle de mesure. Outre la variance des items par rapport aux variables latentes auxquelles ils sont associés, le modèle structurel acceptable doit répondre impérativement à l'ensemble des critères suivants: **(i)** le seuil minimal acceptable pour le chi-carré par degrés de liberté (χ^2 /ddl) doit être inférieur à 3, **(ii)** les niveaux acceptables pour la racine carrée standardisée résiduel (SRMR) et l'erreur quadratique moyenne d'approximation (RMSEA) doivent être inférieurs à 0,08 et 0,06, respectivement, **(iii)** l'indice d'adéquation ajusté (AGFI), l'indice d'adéquation normalisé (NFI) et l'indice d'ajustement incrémental (IFI) avec des valeurs supérieures à 0,90, **(iv)**, l'indice d'adéquation comparatif (CFI) et l'indice de Tucker-Lewis (TLI) doivent avoir des valeurs supérieures à 0,95 ([Hair et al., 2021](#)), **(v)** enfin, la valeur minimale admissible du coefficient de détermination (R^2) pour un modèle structurel doit être de 0,35 ([Anderson & Gerbing, 1988](#)).

La deuxième étape de l'approche d'[Anderson et Gerbing \(1988\)](#) consiste à réaliser une validité convergente et discriminante sur le modèle structurel respectant les critères de l'AFC ([voir étape 1](#)). En effet, la validité convergente permet d'évaluer l'ampleur, la direction et la signification statistique des charges factorielles standardisées de chaque variable latente ([Akmal & Jamil, 2021](#)). A l'opposé, la validité discriminante est utilisée pour mesurer le degré avec lequel les éléments des facteurs ne sont théoriquement pas interconnectés ([Jabeen et al., 2019](#)). Cette validité convergente a été étudiée à l'aide de la variance moyenne extraite (AVE), de la fiabilité composite (CR) et l'indice alpha de Cronbach. Un modèle de mesure (MM) est valide lorsque le niveau minimum de l'AVE est supérieur à 0,5 et lorsque les valeurs minimales de la CR, de l'indice alpha de Cronbach et de l'oméga de McDonald sont supérieures à 0,7 ([Akmal & Jamil, 2021](#); [Jabeen et al., 2019](#); [Singha et al., 2023](#)). Par contre, la validité discriminante est respectée lorsque la valeur de l'AVE de chaque construit des variables latentes est supérieure au carré de sa corrélation avec les autres construits ([Anderson & Gerbing, 1988](#); [Jabeen et al., 2019](#); [Singha et al., 2023](#)). Une fois que le modèle de mesure répond aux critères de l'AFC ([étape 1](#)), de la validité convergente et discriminante ([étape 2](#)), les effets directs sont obtenus. Pour les effets indirects, nous avons utilisé l'approche du produit des coefficients de chaque variable latente ([Singha et al., 2023](#)). A la fin du processus de modélisation, le diagramme de cheminements (*path diagramm* en anglais) a été réalisé à l'aide du package *semPlot* et a été formalisé sous Microsoft Power Point.

Chapitre 4. Présentation des résultats

Dans ce chapitre, nous abordons d'abord les caractéristiques des ménages. Ces caractéristiques permettront de comprendre l'origine des différentes variations de la consommation d'eau entre catégories de ménages et du comportement de conservation de l'eau face la sécheresse. Les déterminants de l'accès à l'eau, les principales utilisations de l'eau, les pratiques de ménages et la perception des ménages sur de l'effet de la sécheresse sur les pénuries permanentes d'eau sont présentés. Ce chapitre se termine par la présentation des résultats de l'analyse psychométrique et nous montrons la pertinence de cette analyse systémique dans la prédiction de la consommation et de l'intention de conservation de l'eau dans les ménages confrontés à la sécheresse.

4.1. Caractéristiques des ménages

4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques

La majorité de chefs de ménage étaient de sexe masculin (Figure 4b). Les chefs de ménage ayant reçu une alphabétisation agricole, ayant un niveau primaire et un niveau secondaire sont plus représentés dans l'échantillon (Figure 4c). Les marié (e)s et les célibataires constituent plus de la moitié des chefs de ménage interrogés (Figure 4d). La moitié des chefs de ménage ont déclaré être des protestants alors qu'un tiers est constitué des catholiques (Figure 4e). 81,6 % des chefs de ménage sont de l'ethnie Tandroy et la proportion restante est occupée par les autres groupes ethniques (Tanosy, Merina, Vezo, Betsileo) (Figure 4f).

L'âge de chefs de ménage varie de 19 à 80 ans avec une moyenne de $42,35 \pm 11,72$ ans. 75 % des chefs de ménage ont l'âge situé en dessous de 51,75 ans (Figure 5a). Le nombre de personnes par ménage (taille de ménage) varie de 1 à 25 avec une moyenne de $6,23 \pm 3,35$ personnes. Par ailleurs, 75 % des ménages ont moins de 8 membres (Figure 5b). Les principaux secteurs d'activités de chefs de ménage sont l'agriculture, le petit commerce et l'élevage (Figure 5c).

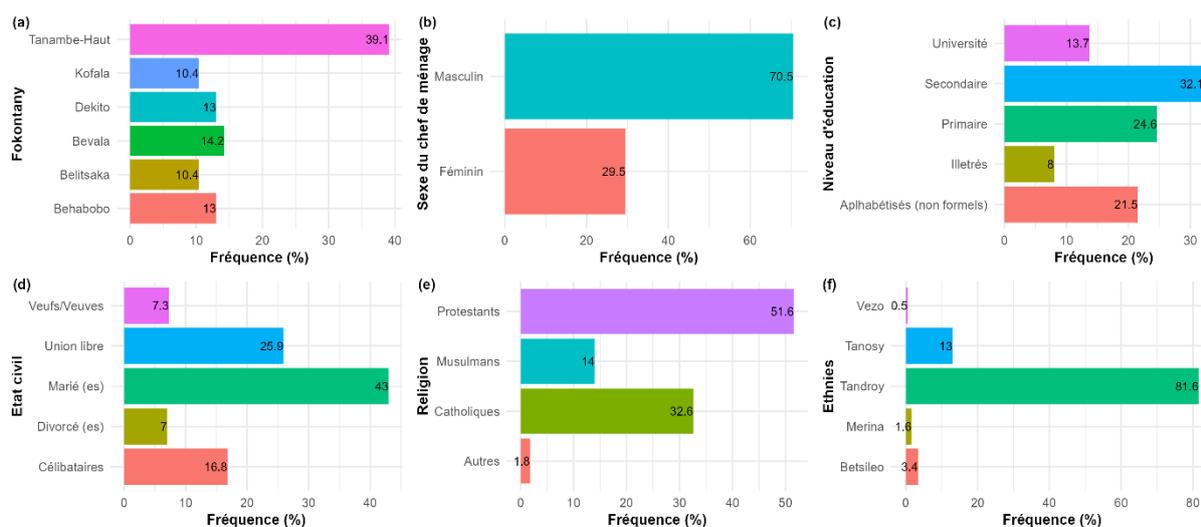


Figure 4. Caractéristiques démographiques des ménages : (a) Fokontany, (b) sexe, (c) niveau d'éducation, (d) Etat civil, (e) religion et (f) groupes ethniques (n=386)

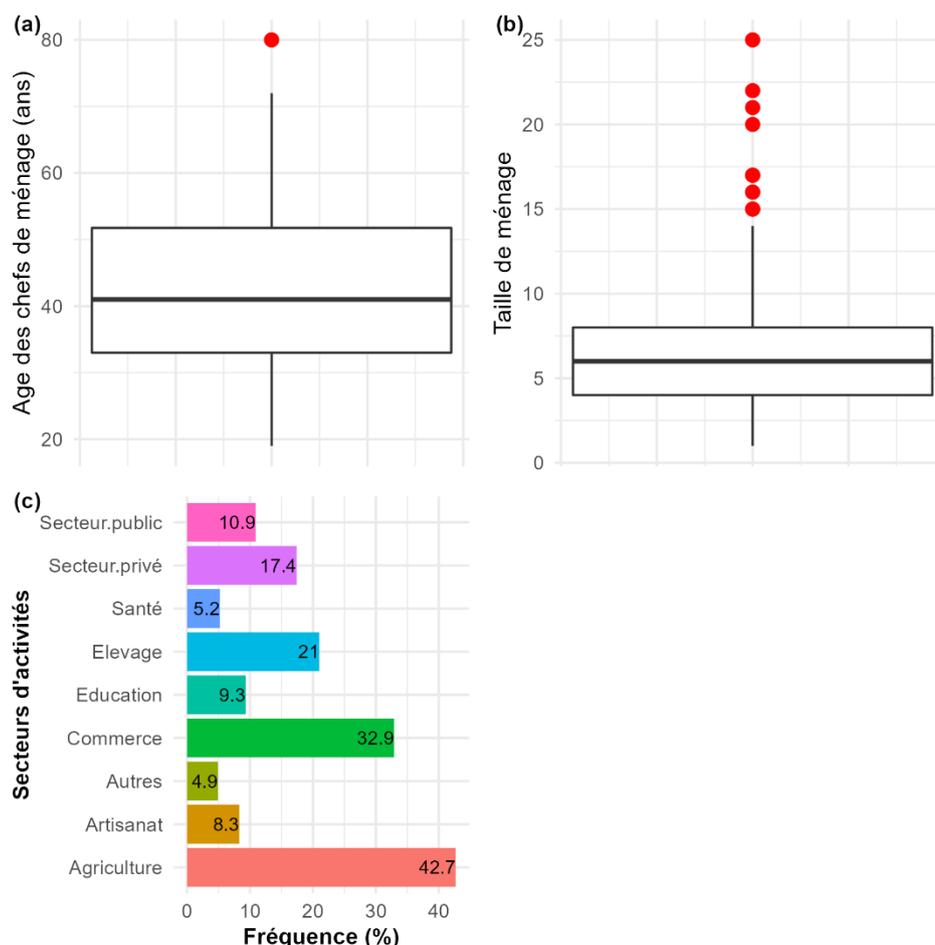


Figure 5. Caractéristiques démographiques : (a) âge des chefs de ménage, (b) taille de ménage et (c) secteurs d'activités ($n=386$)

4.1.2. Caractéristiques de l'habitat

Considérant le statut foncier, 76,9 % des chefs de ménages ont déclaré qu'ils sont propriétaires de leur parcelle et 23,1 % ont déclaré être des locataires. Les maisons sont construites avec des murs en planches (78 %), en briques/blocs ciment (12,7 %), en tôles (5,2 %), en bois (3,6 %) ou en feuilles de sisal (0,5 %). La toiture de ces maisons est faite en tôles pour la majorité des ménages (91,7 %). Cependant, une frange des maisons soit 4,9 % ont une toiture en matériaux naturels (feuilles, pailles de graminées) et 3,4 % ont une toiture en tuiles en terre cuite. 58,8 % des ménages enquêtés n'ont ni électricité ni panneau solaire tandis que 41,2 % des ménages ont accès à l'électricité ou possèdent un panneau solaire. Les ménages enquêtés utilisent le bois de chauffe (48,2 %), le charbon de bois (45,1 %), le sisal sec (5,4 %) et l'électricité (1,3 %) comme sources d'énergie (combustibles) pour la cuisson des aliments.

4.1.3. Caractéristiques économiques

La moitié des ménages soit 51 % ont déclaré qu'ils vivent grâce à un travail en dehors de l'agriculture alors plus d'un tiers (38,9 %) vivent de l'agriculture combinée à d'autres activités génératrices de revenus et 10,1 % vivent uniquement grâce à l'agriculture. La majorité des chefs de ménage (78,2 %) ont déclaré que leurs ménages ont accès à la nourriture avec facilité alors que 21,8 % ont dit le contraire. Les enquêtes montrent que 74,9 % des ménages ne possèdent

pas du bétail (bovins, caprins, ovins, etc.) contre 25,1 % qui en possèdent. Plus de la moitié des ménages soit 59,6 % ne possède pas d'actifs (voiture, moto, vélo, charrettes, télévision, etc.). La majorité des ménages (92,2 %) n'ont pas accès au crédit formel provenant d'une banque, d'une institution de microfinance ou d'une coopérative d'épargne et de crédit contre 7,8 % des ménages seulement qui en ont accès. Le revenu moyen mensuel (RMM) des ménages varie de 30000 à 1000000 d'Ariary¹ avec une moyenne de 265345 ± 191412 Ariary. 75 % des ménages ont un RMM situé en dessous de 350000 Ariary. Les tests de Wilcoxon et de Kruskal-Wallis montrent que le RMM est influencé par le Fokontany de résidence ($p < 0,001$), le statut du chef de ménage par rapport à la migration (migrant ou natif) ($p < 0,001$), l'accès à l'électricité ($p < 0,001$) et la possession des actifs (voiture, moto, charrettes, vélo, télévision, etc.) ($p < 0,001$) (Figure 6). Les ménages avec RMM élevé résident dans le Fokontany de Bevala (Figure 6a). Les chefs de ménage migrants ont un RMM supérieur par rapport aux natifs (Figure 6b). Les ménages ayant accès à l'électricité ont un RMM élevé (Figure 6c). La possession des actifs augmente le RMM dans un ménage (Figure 6d).

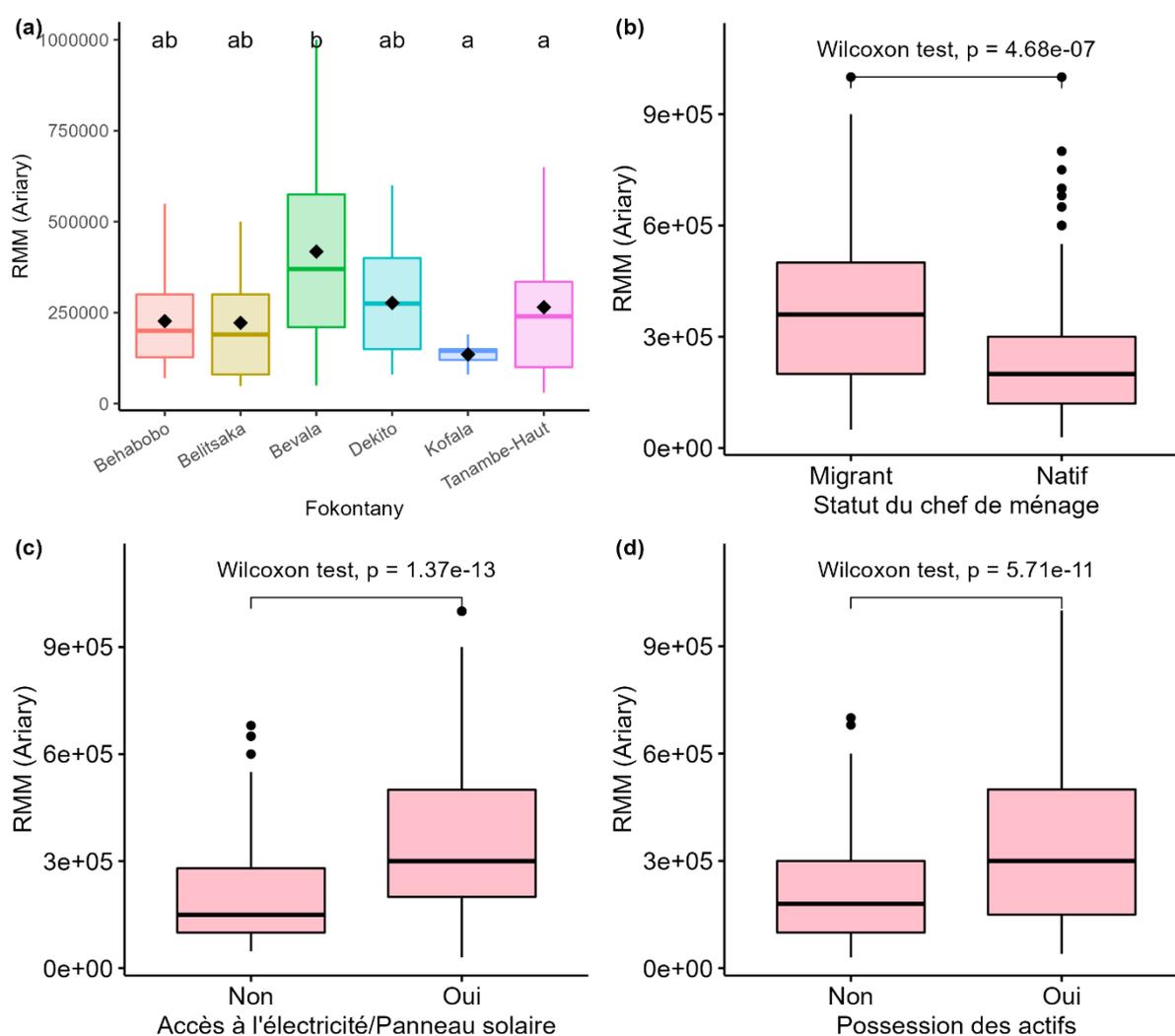


Figure 6. Variation du revenu moyen mensuel en caractéristiques des ménages : (a) le Fokontany, (b) le statut de migration, (c) l'accès à l'électricité et (d) la possession des actifs ($n=386$)

¹ Au cours de la période de collecte de données (mars à mai 2023), 4400 Ariary valaient 1 dollar USD.

4.2. Disponibilité et accessibilité de l'eau des ménages

4.2.1. Sources d'approvisionnement et consommation de l'eau

Dans la ville, les ménages qui utilisent les sources d'eau communautaires c'est-à-dire qui collectent l'eau en dehors de leur domicile sont majoritaires (85,5 %) par rapport à ceux ayant une source privée ou possédant un raccordement privé à domicile (Figure 7a). La quantité d'eau collectée par jour pour les ménages utilisant les sources communautaires varie de 20 litres à 600 litres avec une moyenne de $115,8 \pm 84,83$ litres. 75 % de ménages dépendant des sources communautaires collectent moins de 140 litres par jour (Figure 7b). Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il existe une différence significative de la consommation de l'eau en fonction des sources d'approvisionnement ($p < 0,001$) (Figure 7c). La consommation journalière par personne élevée et varie entre 25 et 80 litres avec une moyenne de $48,64 \pm 19,07$ litres dans les ménages possédant une source privée à domicile. En revanche, pour les ménages possédant un raccordement privé, la quantité d'eau consommée varie entre 4 et 80 litres avec une moyenne de $26,41 \pm 17,32$ litres par jour et par personne. Enfin, les ménages utilisant les sources communautaires consomment moins d'eau avec une quantité journalière variant entre 2,22 et 80 litres avec une moyenne de $13,88 \pm 10,26$ litres par personne (Figure 7c). Ces ménages se situent en dessous du seuil de l'OMS qui considère que la quantité minimale d'eau par jour et par personne est de 20 litres. Les ménages ayant un raccordement privé payent l'eau à la société étatique JIRAMA (Jiro sy Rano Malagasy). Cette facture dépendant de la consommation mensuelle en eau varie de 5000 à 60000 Ariary avec une moyenne de $17130 \pm 14144,56$ Ariary (Figure 7d).

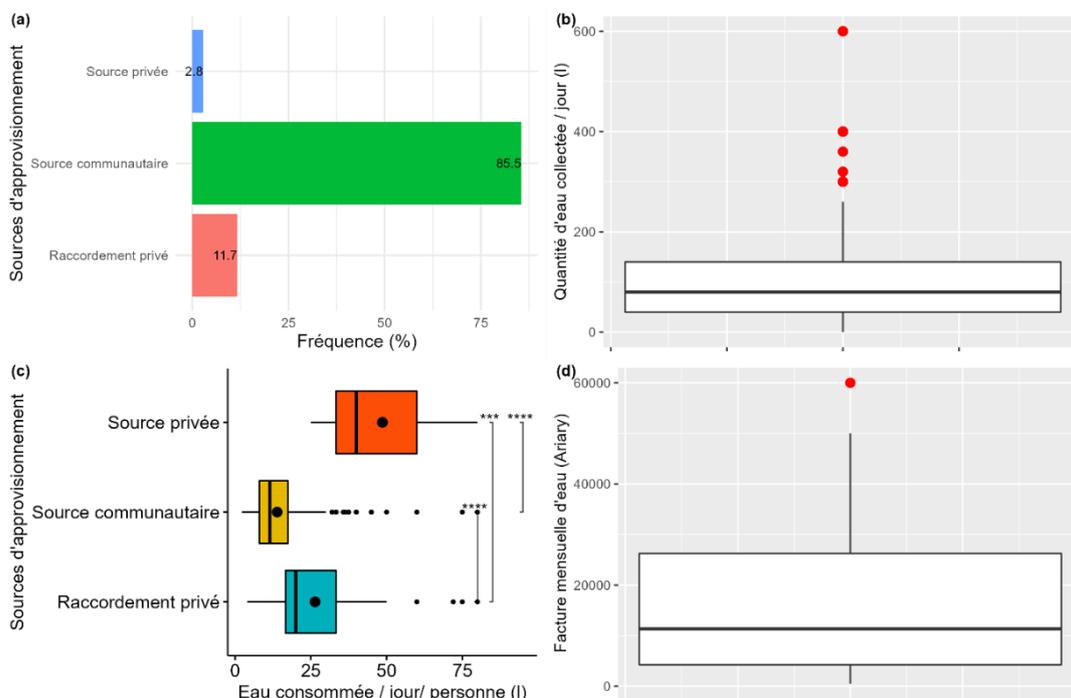


Figure 7. Consommation de l'eau : (a) les sources d'approvisionnement ($n=386$), (b) la quantité d'eau collectée par les ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$), (c) comparaison de la consommation d'eau en fonction des sources d'approvisionnement par le test de Kruskal-Wallis (les étoiles indiquent une différence au seuil de 0,001) et (d) la facture mensuelle payée pour l'eau dans les ménages avec raccordement privé ($n=45$)

En posant la question de savoir si les autorités règlementent la consommation de l'eau dans les ménages possédant une source privée ou un raccordement privé, 57,1 % des chefs de ménage ont répondu qu'il n'existe aucune restriction ou limitation de la consommation malgré les pénuries d'eau permanentes. Les ménages dépendant des sources communautaires et accusant des difficultés dans la mobilisation de l'eau s'approvisionnent parfois au niveau des ménages possédant une source privée ou un raccordement privé pendant les périodes de fortes pénuries (42,9 %). Ces ménages payent un bidon d'eau au prix variant de 100 à 400 Ariary avec une moyenne de $153,7 \pm 63,63$ Ariary.

4.2.2. Effets de caractéristiques des ménages sur la consommation de l'eau

L'analyse montre que les caractéristiques démographiques, socioéconomiques, infrastructurelles influencent la consommation journalière d'eau par personne dans un ménage. Toutes les variables explicatives sont significatives au seuil de 5 % à l'exception du sexe, de l'état civil du chef de ménage, de l'existence d'un ou plusieurs membres actifs ayant déjà migré, de la nature de la toiture des maisons et de la possession du bétail (Tableau 1).

Tableau 1. Consommation de l'eau en fonction des caractéristiques de ménages ($n=386$)

Variables	Modalités	Consommation en eau (litres /jour / personne)	p-value
Fokontany	Bevala	27,85 ± 17,63 ^a	< 0,001
	Tanambe-Haut	17,65 ± 14,59 ^b	
	Dekito	14,96 ± 5,49 ^b	
	Kofala	10,63 ± 4,19 ^c	
	Belitsaka	10,58 ± 5,06 ^c	
Sexe	Behabobo	10,21 ± 5,54 ^c	> 0,05
	Féminin	17,77 ± 13,89	
	Masculin	15,73 ± 12,65	
Niveau d'étude	Université	27,26 ± 15,15 ^a	< 0,001
	Secondaire	16,73 ± 12,23 ^b	
	Illettrés	14,83 ± 14,59 ^{bc}	
	Alphabétisés (non formels)	13,85 ± 10,04 ^{bc}	
Taille de ménage	Primaire	12,38 ± 11,35 ^c	< 0,001
	1-5	20,81 ± 15,42 ^a	
	6-10	12,02 ± 8,19 ^b	
	11-15	11,52 ± 9,29 ^b	
Classes d'âges	> 15	19,44 ± 13,21 ^a	< 0,001
	18-30 ans	22,51 ± 16,74 ^a	
	31-45 ans	15,49 ± 11,79 ^b	
	46-65 ans	13,78 ± 10,34 ^b	
	> 65 ans	18,63 ± 18,84 ^{ab}	
Etat civil	Marié (es)	15,09 ± 11,95 ^a	> 0,05
	Célibataires	19,91 ± 17,54 ^a	
	Divorcé (es)	18,02 ± 11,95 ^a	
	Union libre	15,54 ± 12,26 ^a	
	Veufs/ Veuves	16,64 ± 10,43 ^a	
Religion	Catholiques	19,86 ± 15,62 ^a	< 0,05
	Protestants	14,47 ± 10,56 ^b	
	Musulmans	14,91 ± 13,10 ^b	
Ethnies	Autres	16,57 ± 15,50 ^b	
	Vezo	27,85 ± 11,11 ^a	
	Betsileo	25,00 ± 15,64 ^a	

	Tanosy	23,49 ± 19,42 ^a	< 0,001
	Tandroy	14,81 ± 11,18 ^b	
	Merina	14,05 ± 5,88 ^b	
Statut de la migration	Migrant	21,70 ± 16,09	< 0,001
	Natif	15,21 ± 12,07	
Un membre ou plusieurs a (ont) migré	Oui	15,47 ± 12,43	> 0,05
	Non	17,01 ± 13,50	
Statut foncier	Propriétaire	15,82 ± 12,89	< 0,001
	Locataire	19,82 ± 13,10	
Nature des maisons	Murs en briques/Blocs ciment	24,20 ± 18,58 ^a	
	Murs en planches	15,55 ± 12,09 ^{ab}	
	Murs en tôles	13,40 ± 7,06 ^{ab}	< 0,05
	Murs en bois	10,55 ± 4,76 ^{ab}	
	Murs en feuilles de sisal	8,33 ± 2,35 ^c	
Nature de la toiture	Tôles	16,69 ± 13,45 ^a	
	Tuiles (en terre ou en bois)	14,69 ± 7,64 ^a	> 0,05
	Matériaux naturels (pailles, feuilles)	10,48 ± 4,44 ^a	
Accès à l'électricité	Oui	21,10 ± 15,85	< 0,001
	Non	13,00 ± 9,39	
Types de combustibles	Electricité	20,66 ± 8,29 ^a	< 0,001
	Charbon de bois	20,85 ± 15,43 ^a	
	Bois de chauffe	12,49 ± 9,37 ^b	
	Sisal sec	11,94 ± 7,86 ^b	
Principale source de revenus	Travail hors agriculture	19,24 ± 13,85 ^a	< 0,001
	Agriculture + Autres activités	14,05 ± 12,32 ^b	
	Agriculture uniquement	10,39 ± 6,59 ^c	
Accès à la nourriture en suffisance	Oui	17,63 ± 13,59	< 0,001
	Non	11,62 ± 9,63	
Possession du bétail	Oui	16,08 ± 14,03	> 0,05
	Non	16,40 ± 12,74	
Possession d'autres actifs (voitures, charrettes, vélos, motos, télévision, etc.)	Oui	19,68 ± 15,11	< 0,001
	Non	14,03 ± 10,91	
Revenu moyen mensuel (Ariary)	≤ 250000	14,30 ± 12,22 ^c	< 0,001
	250000-500000	18,03 ± 13,59 ^b	
	> 500000	23,86 ± 13,36 ^a	
Accès au crédit formel	Oui	21,37 ± 14,09	< 0,001
	Non	15,90 ± 12,90	

Légende : Les moyennes sont accompagnées des écartypes, P-value indique la probabilité critique ; les valeurs de $p < 0,05$ indiquent une différence significative, de $p < 0,01$ indiquent une différence très significative et $p < 0,001$ indiquent une différence très hautement significative entre les moyennes de la consommation d'eau par jour et par personne (test de Wilcoxon et test de Kruskal-Wallis). Les lettres accompagnant les valeurs moyennes indiquent une différence significative entre les moyennes dans le cas de la comparaison de plus de deux moyennes par le test de Kruskal-Wallis.

Les universitaires consomment plus d'eau par rapport les autres. Un ménage dont le chef de ménage est âgé de 18 à 30 ans consomme plus d'eau qu'un ménage où le chef de ménage a plus de 30 ans. Les ménages dirigés par les chefs de ménage non originaires de la ville (migrants) consomment plus d'eau que les originaires (natifs). Les ménages dont les maisons sont construites en briques ou en blocs ciment consomment plus d'eau par rapport aux ménages construites avec d'autres matériaux. Les ménages ayant accès à l'électricité ou possédant un panneau solaire consomment plus d'eau que les ménages sans accès. Les ménages qui utilisent

l'électricité ou le charbon de bois comme combustibles pour cuire les aliments consomment plus d'eau que les ménages utilisant d'autres sources d'énergie. Les ménages ayant une facilité d'accès à la nourriture et au crédit formel, possédant du bétail ou d'autres actifs consomment plus d'eau que les autres ménages. La consommation d'eau croît avec l'augmentation du revenu moyen mensuel (Tableau 1).

4.2.3. Déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages dépendant des sources communautaires

4.2.3.1. Indicateurs de l'accessibilité à l'eau

Les ménages ne possédant ni raccordement privé ni source privée utilisent l'eau provenant des différentes sources. Les sources non améliorées (source d'eau non protégée comme le fleuve Mandrare, puits creusés non protégés, etc.) constituent la principale source d'approvisionnement en eau de ces ménages (Figure 8). Plus de la moitié des ménages font un ou deux allers-retours par jour lors de la collecte de l'eau (Figure 9a). 67 % des ménages parcourent une distance inférieure ou égale à 1 km pour atteindre la source d'eau (Figure 9b). Le temps de déplacement entre le ménage et la source d'eau est \leq à 30 minutes pour 57,3 % des ménages et se situe entre 30-60 minutes pour 32,7 % des ménages (Figure 9c). Le temps d'attente à la source avant d'être servi en eau est inférieur ou égal à 15 minutes pour 47,6 % des ménages et se situe entre 15-29 minutes pour 32,7 % des ménages (Figure 9d). Considérant le nombre total d'heures consacrées par un ménage à la recherche de l'eau par jour, 46,7 % des chefs de ménage ont déclaré moins d'une heure et 32,4 % ont parlé d'un temps allant de 1 à 3 heures. Par ailleurs, le nombre d'heures totales consacrées à la collecte d'eau peut aller jusqu'à plus de 7 heures par jour (Figure 9e). Au regard du nombre élevé d'heures consacrées à la collecte de l'eau, 36,1 % des ménages ont déclaré que les enfants s'absentent parfois à l'école en cause de la recherche de l'eau (Figure 9f).

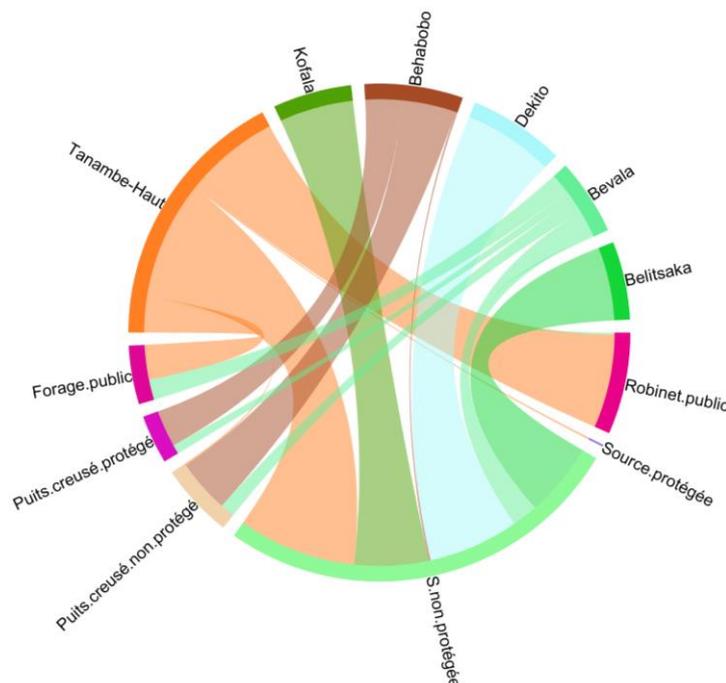


Figure 8. Types de sources pour les ménages collectant l'eau en fonction des six Fokontany (n=330)

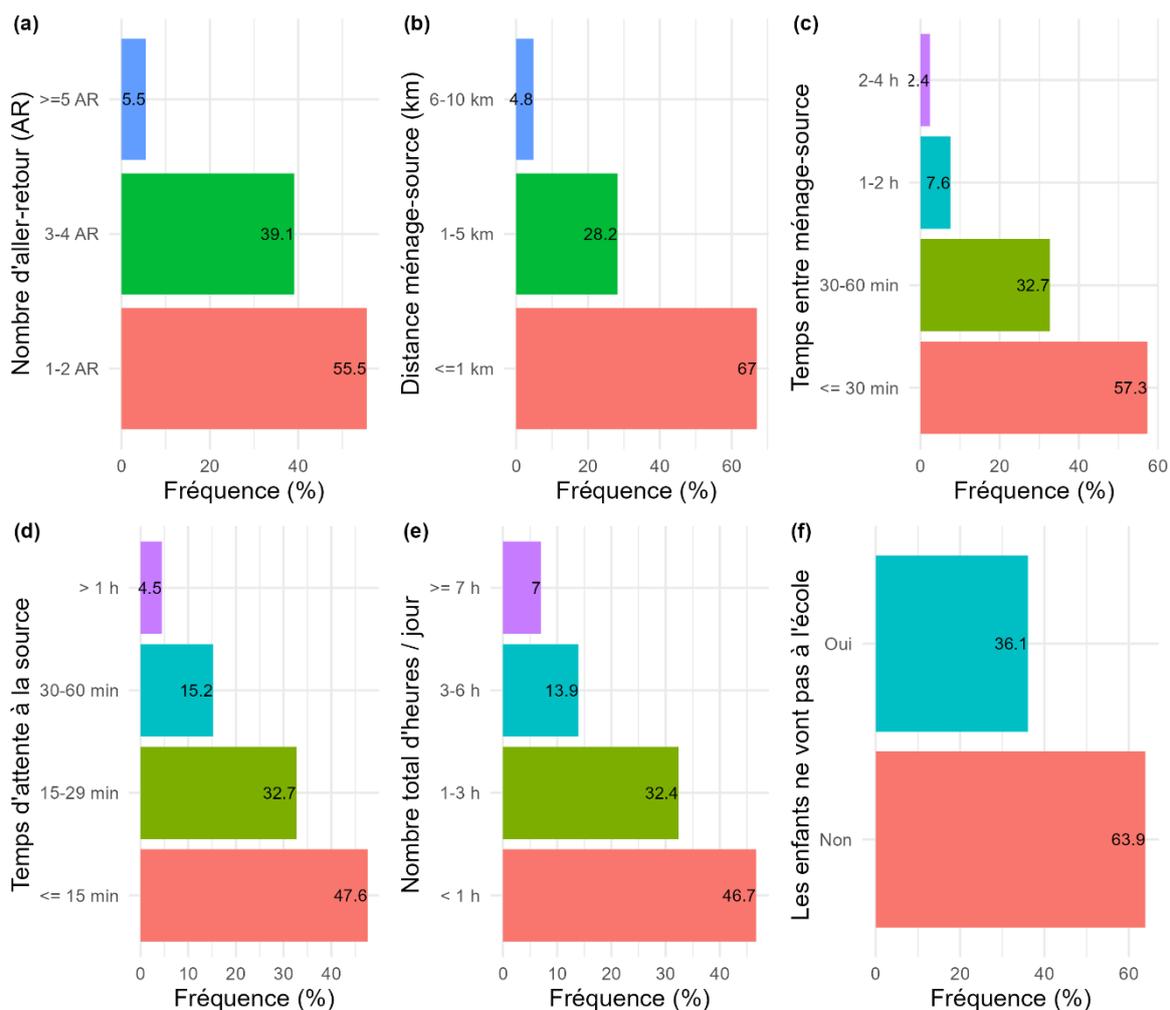


Figure 9. Indicateurs de l'accessibilité à l'eau des ménages sans raccordement et sans source privée ($n=330$)

Les résultats montrent qu'en raison de la sécheresse persistante, tous les membres du ménage quel que soit leur sexe s'occupent de la collecte de l'eau (voir photos en annexe 3 et 4). Les individus de genre masculin (jeunes garçons et hommes adultes) sont plus impliqués dans la collecte de l'eau (Figure 10). Dans les Fokontany de Tanambe-Haut, Kofala et Dekito, les enfants de moins de 10 ans sont utilisés dans la collecte de l'eau. 43,9 % des ménages recourent à une personne externe (transporteur) pour le transport de l'eau de la source vers le ménage tandis que 56,1 % transportent eux-mêmes l'eau (cas des ménages pauvres habitant le Fokontany de Kofala). Lorsqu'un ménage engage un transporteur d'eau, le prix de transport varie en fonction de la distance entre la source et le lieu de résidence ($p<0,05$). Les résidents du Fokontany de Belitsaka font transporter un bidon d'eau à un prix moyen de $1048,54 \pm 712,59$ Ariary. En revanche, les résidents des Fokontany de Tanambe-Haut, de Behabobo, de Dekito et de Bevala, le prix moyen est respectivement égal à $205,79 \pm 176,25$ Ariary, $130 \pm 67,08$ Ariary, $120 \pm 27,38$ Ariary et $102,67 \pm 10,69$ Ariary. L'eau collectée par les ménages est généralement transportée sur des brouettes en bois (voir photos annexe 3 et 4), des charrettes, des vélos et des motos. Des ménages pauvres ne possédant pas leur propre moyen de transport ou n'ayant pas la capacité de payer un transporteur d'eau utilisent le dos (Figure 11).

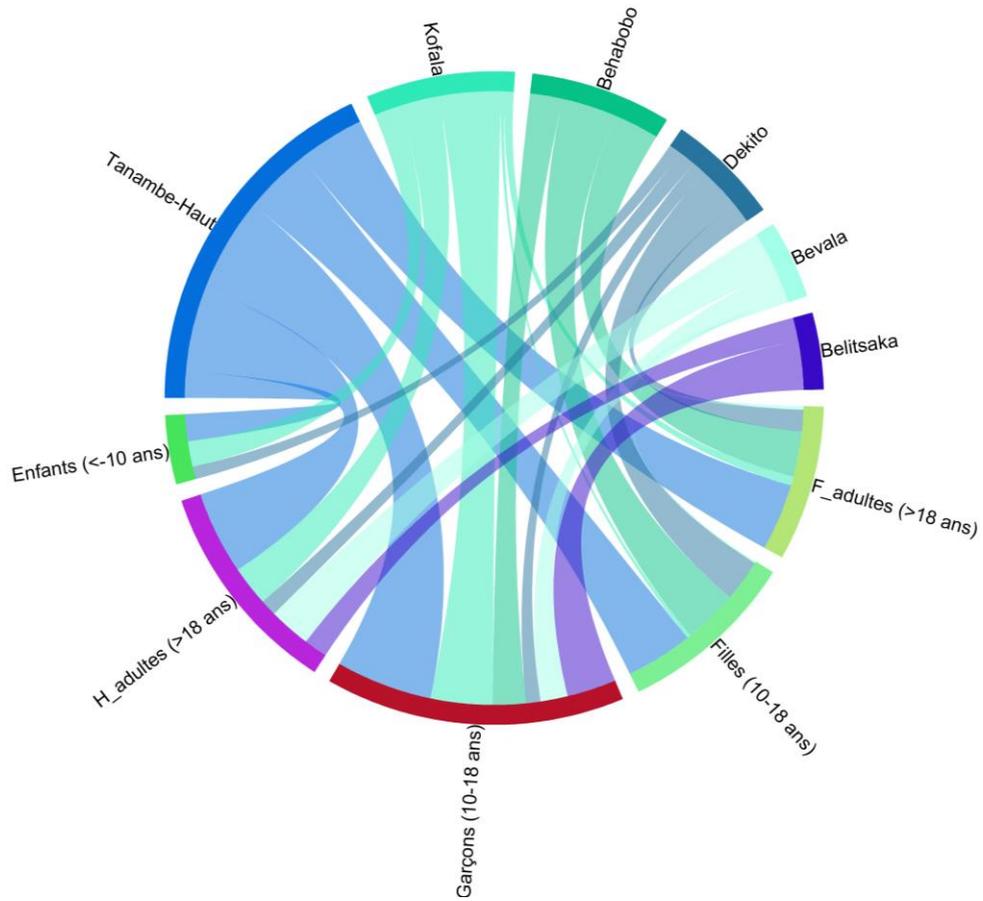


Figure 10. Qui s'occupe de la collecte de l'eau dans le ménage ? ($n=330$)

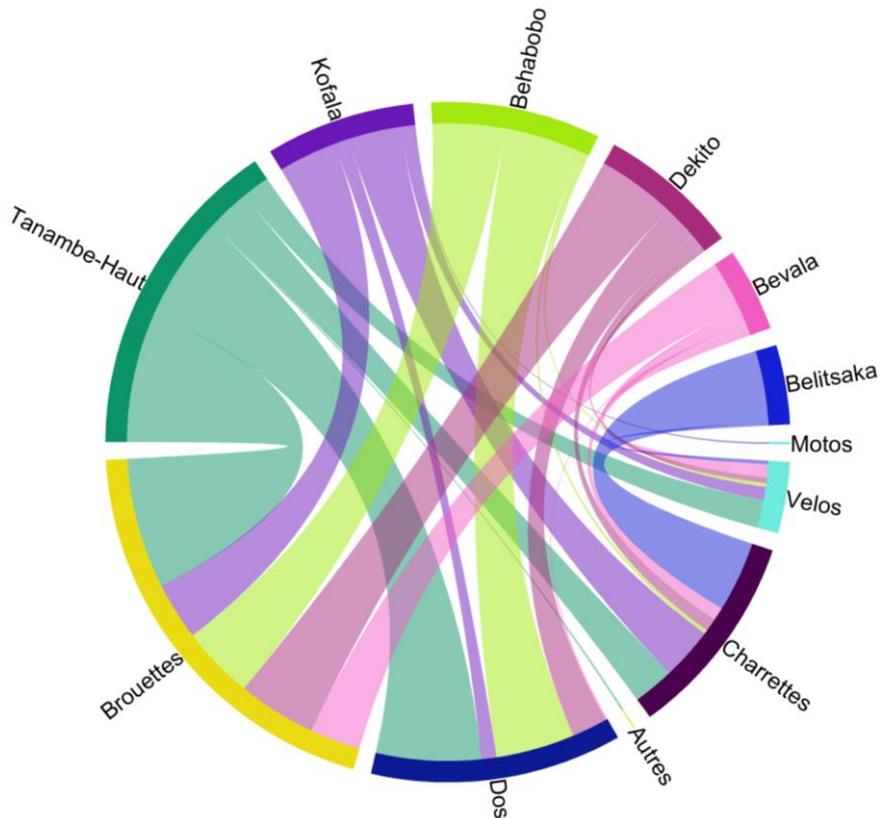


Figure 11. Principaux moyens de transport de l'eau utilisés par les ménages ($n=330$)

4.2.3.2. Déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages

L'étude montre que 76,7 % des ménages dépendant des sources communautaires n'ont pas accès à l'eau (c'est-à-dire consomment moins de 20 litres par jour et par personne à partir d'une source non améliorée). La régression logistique binaire révèle que l'accès à l'eau dans ces ménages varie en fonction de facteurs démographiques, socioéconomiques, géographiques et infrastructurels. Les déterminants démographiques sont le Fokontany de résidence ($p<0,001$), le niveau d'éducation du chef du ménage ($p<0,01$), l'état civil ($p<0,001$), l'appartenance du chef de ménage à une tranche d'âge ($p<0,001$), la taille de ménage ($p<0,001$), le statut du chef de ménage par rapport à la migration (migrant ou natif) ($p<0,05$), le statut foncier du ménage (locataire ou propriétaire) ($p<0,01$) et l'accès à l'électricité ($p<0,05$). Les facteurs économiques sont le revenu moyen mensuel ($p<0,001$), la principale source de ce revenu ($p<0,001$) et le consentement à payer (CAP) pour l'aménagement des nouvelles sources d'eau ($p<0,01$). Les facteurs géographiques sont le temps de déplacement entre le ménage et la principale source d'approvisionnement en eau ($p<0,01$), le temps d'attente à la source avant de puiser l'eau ($p<0,05$) et le nombre d'allers-retours effectués par jour au cours de la collecte de l'eau ($p<0,01$). Outre ces facteurs, l'analyse montre également que les pratiques de ménages quant à l'utilisation de l'eau influencent l'accès à l'eau. En effet, la fréquence de la lessive ($p<0,05$) et le nombre de douches prises par individu ($p<0,01$) exercent une influence statistiquement significative sur l'accès à l'eau dans un ménage. Les effets des variables explicatives significatives sur l'accès l'eau ont été obtenus grâce à la régression logistique binaire (Tableau 2). Ce modèle a permis d'obtenir une bonne capacité prédictive en termes d'aire en dessous de la courbe ROC (AUC=0,78) pour les données de validation. Cette valeur indique que le modèle est acceptable et permet de discriminer assez facilement les déterminants de l'accès à l'eau.

Tableau 2. Déterminants de l'accès à l'eau dans les ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$)

Variables	Modalités	Coef.	OR	2.5 %	97.5 %	<i>p-value</i>	Consommation (l/jr/personne)
	Intercept	1,96	0,18	0,00	14,05	0,534	
	Behabobo	Réf.					10,21 ± 5,54
Fokontany	Belitsaka	4,09	106,97	3,02	4803,75	0,025	10,58 ± 5,06
	Bevala	4,04	56,66	4,55	871,25	0,004	20,31 ± 11,05
	Dekito	-5,03	0,01	0,00	0,31	0,007	14,96 ± 5,49
	Kofala	0,19	1,48	0,05	42,77	0,911	10,63 ± 4,19
	Tanambe-Haut	0,85	2,36	0,33	17,89	0,420	15,20 ± 12,65
Niveau d'éducation	Alphabétisés non formels	Réf.					12,56 ± 6,88
	Illettrés	-2,52	0,14	0,01	1,02	0,044	14,16 ± 14,87
	Primaire	0,54	2,05	0,50	8,70	0,481	11,37 ± 8,86
	Secondaire	1,41	3,72	0,89	16,72	0,068	14,11 ± 7,79
Etat civil	Université	2,41	10,61	1,32	100,18	0,036	23,25 ± 11,23
	Célibataires	Réf.					16,06 ± 13,60
	Divorcé (e)s	2,42	5,07	0,60	46,45	0,036	26,02 ± 10,32
	Marié (e)s	-0,23	0,76	0,14	4,14	0,797	12,18 ± 6,20
	Union libre	2,99	12,83	2,39	82,73	0,002	14,31 ± 10,32
	Veufs/veuves	1,63	5,09	0,33	81,36	0,265	14,87 ± 9,91

Taille de ménage	<=5 personnes	Réf.					17,12 ± 10,37
	6-10 personnes	-3,91	0,03	0,01	0,12	0,000	10,62 ± 7,03
	11-15 personnes	-0,61	0,58	0,07	4,08	0,580	11,13 ± 9,86
	> 15 personnes	0,62	1,33	0,04	31,44	0,734	19,44 ± 13,21
Classes d'âges	18-30 ans	Réf.					18,50 ± 12,84
	31-45 ans	-3,49	0,05	0,01	0,27	0,000	12,96 ± 7,12
	46-65 ans	-1,99	0,21	0,03	1,52	0,063	11,98 ± 7,60
	> 65 ans	-2,08	0,34	0,02	4,38	0,152	19,07 ± 20,37
Statut migration	Migrant	Réf.					18,36 ± 14,43
	Natif	1,88	0,42	0,12	1,32	0,037	13,21 ± 8,48
Statut foncier	Locataire	Réf.					18,46 ± 12,63
	Propriétaire	-2,34	0,25	0,05	1,03	0,007	12,63 ± 8,23
Accès à l'électricité	Non	Réf.					12,47 ± 8,07
	Oui	1,84	4,09	1,07	17,40	0,016	16,71 ± 11,63
Nombre d'allers-retours (AR)	>= 5 AR	Réf.					19,87 ± 10,33
	1-2 AR	-4,33	0,02	0,00	0,16	0,001	12,24 ± 8,00
	3-4 AR	-3,69	0,03	0,00	0,34	0,005	15,34 ± 10,97
Temps de déplacement vers la source	<=30 min	Réf.					15,08 ± 10,00
	31-60 min	-1,87	0,17	0,03	0,92	0,043	12,45 ± 9,30
	1-2 h	2,53	4,93	0,26	104,82	0,126	11,72 ± 7,63
	2-4 h	-0,08	0,29	0,00	16,54	0,973	11,69 ± 5,52
Temps d'attente à la source	<=15 min	Réf.					14,53 ± 10,72
	16-29 min	2,25	8,79	1,38	66,31	0,023	13,50 ± 6,18
	30-60 min	2,54	7,74	0,99	69,01	0,026	12,25 ± 11,66
	> 1 h	-0,84	0,59	0,03	7,79	0,571	15,22 ± 9,93
CAP	Non	Réf.					11,90 ± 8,49
	Oui	2,03	7,18	1,95	30,96	0,004	15,96 ± 10,26
Fréquence de lessive	Bimensuelle	Réf.					11,05 ± 4,96
	Chaque jour	3,22	26,54	1,95	524,78	0,029	20,56 ± 12,55
	Hebdomadaire	2,02	7,97	0,82	113,21	0,128	12,42 ± 9,23
	Non réponse	3,75	41,94	2,82	911,36	0,016	16,23 ± 6,43
Nombre de douches	1 fois	Réf.					14,67 ± 11,89
	2 fois	-2,66	0,10	0,02	0,49	0,003	11,80 ± 7,12
	3 fois	-0,81	0,39	0,07	2,03	0,369	15,59 ± 9,84
	Parfois aucune	-0,64	0,77	0,06	8,34	0,633	11,66 ± 5,14
Classes de revenus (Ariary)	<= 250 000	Réf.					12,98 ± 9,62
	250000-500000	-1,43	0,32	0,09	1,01	0,025	15,03 ± 9,17
	> 500000	-4,85	0,01	0,00	0,09	0,001	18,36 ± 10,11
Source de revenus	Agriculture	Réf.					10,39 ± 6,59
	Agriculture + Travail	1,37	3,86	0,56	35,00	0,190	11,64 ± 6,57
	Travail	4,18	49,64	5,50	672,94	0,001	16,69 ± 11,50

4.3. Gouvernance locale de l'eau

La gouvernance locale de l'eau joue un rôle important dans l'approvisionnement en eau des ménages dans les villes des pays en voie de développement. Pour le cas de la ville d'Amboasary-Atsimo, nos enquêtes révèlent que la consommation de l'eau dans un ménage dépendant des sources communautaires est influencée par sa capacité à payer les frais d'entretien des ouvrages endommagés ($W=4032, p < 0,001$) et son consentement à payer de l'argent (CAP) pour l'aménagement de nouvelles sources d'eau ($W=9442, p < 0,001$). Il n'existe pas de différence significative de consommation d'eau entre les ménages qui participent régulièrement aux travaux d'entretien des points ou des systèmes d'adduction de l'eau et ceux qui ne participent pas ($W=11699, p > 0,05$). La consommation moyenne est de $15,27 \pm 11,10$ litres par jour et par personne dans les ménages qui participent régulièrement aux travaux d'entretien des sources communautaires contre $12,91 \pm 8,28$ litres dans les ménages qui ne participent pas régulièrement. La consommation d'eau est supérieure dans les ménages qui payent les frais d'entretien lorsque les ouvrages de collecte ou de stockage d'eau sont endommagés et/ou en panne ($19,39 \pm 10,74$ litres par jour et par personne) par rapport à ceux qui ne payent pas ($12,83 \pm 9,01$ litres par jour et par personne). Les ménages plus consentants à payer l'argent pour l'aménagement des nouvelles sources d'eau (puits, forages, etc.) consomment plus d'eau ($15,96 \pm 8,49$ litres par jour et par personne) que les ménages non consentants ($11,90 \pm 10,26$ litres par jour et par personne). Au cours nos enquêtes, la majorité des chefs de ménage ont déclaré qu'ils ne participent jamais aux réunions de gestion des sources d'eau (réunions du comité de l'eau). Ces chefs de ménage estiment aussi que les demandes qu'ils adressent aux autorités urbaines et aux responsables de la gestion de l'eau (JIRAMA) pour l'amélioration du système d'approvisionnement en eau ou l'aménagement des nouvelles sources d'eau dans leurs Fokontany de résidence ne sont pas prises en compte dans le processus décisionnel de gestion de l'eau (Figure 12).

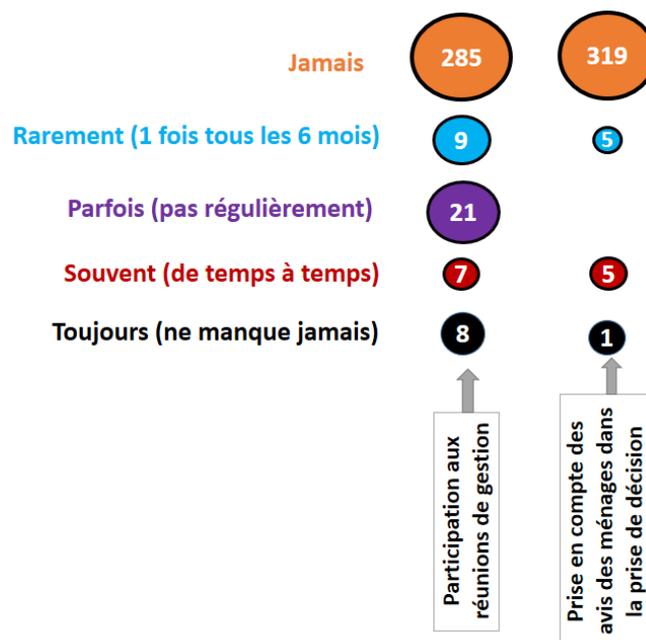


Figure 12. Gouvernance locale de l'eau : niveau de participation des ménages dépendant des sources communautaires ($n=330$)

4.4. Utilisations de l'eau et pratiques de ménages face à la sécheresse

La pénurie de l'eau fait que les ménages priorisent certains usages par rapport d'autres pour conserver l'eau. L'eau collectée est principalement utilisée pour les activités culinaires (préparation des aliments, vaisselle, etc.), la lessive et la douche. Nos enquêtes montrent que les ménages qui accordent une certaine importance à l'utilisation de l'eau dans les toilettes, l'arrosage de jardins ou encore le lavage des véhicules/motos sont ceux possédant un raccordement privé ou une source privée (les résidents des Fokontany de Tanambe-Haut, Bevala, Behabobo) (Figure 13). Pour réduire la consommation de l'eau, les ménages augmentent la fréquence de lessive des habits (par exemple plus de la moitié des ménages adopte une lessive hebdomadaire) (Figure 14a). Certains ménages réduisent le nombre de douches par personne par jour ou certaines personnes ne se douchent pas parfois (Figure 14b). Les ménages possédant un véhicule ou une moto essaient d'espacer au maximum la fréquence de lavage pour conserver l'eau (Figure 14c). Les types de toilettes adoptés par les ménages varient en fonction du niveau d'accès à l'eau. Nos enquêtes montrent que 2,3 % des ménages seulement ont adopté des toilettes améliorées à chasse d'eau dans la ville. Les ménages restants utilisent des installations sanitaires non améliorées. Les latrines à fosse sans dalle (68,4 %) ou avec dalle (17,9 %) sont les plus adoptés par les ménages à moyen revenu. Certains ménages pauvres situés dans le Fokontany de Kofala pratiquent encore la défécation à l'air libre en creusant des simples fosses non couvertes dans les champs de sisal ou dans les broussailles de cactus (Figure 14d).

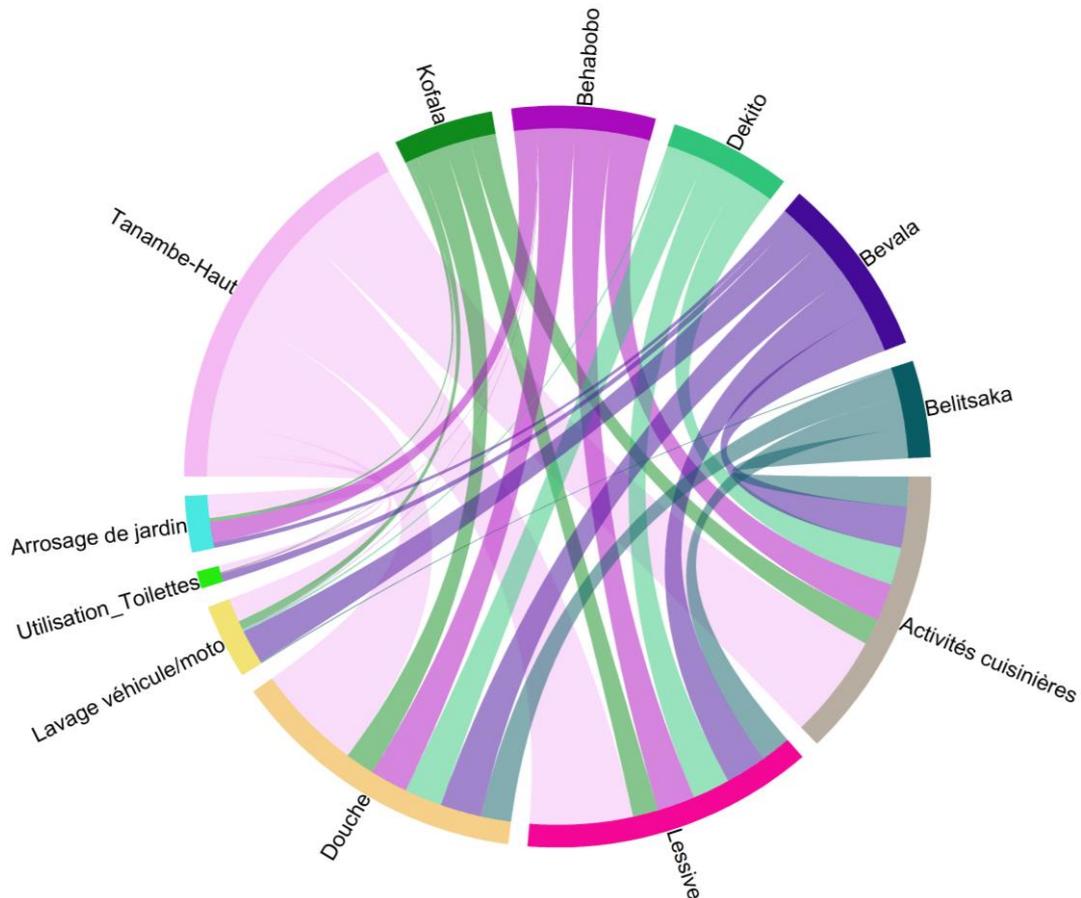


Figure 13. Priorisation des utilisations de l'eau dans un ménage face à la sécheresse (n=386)

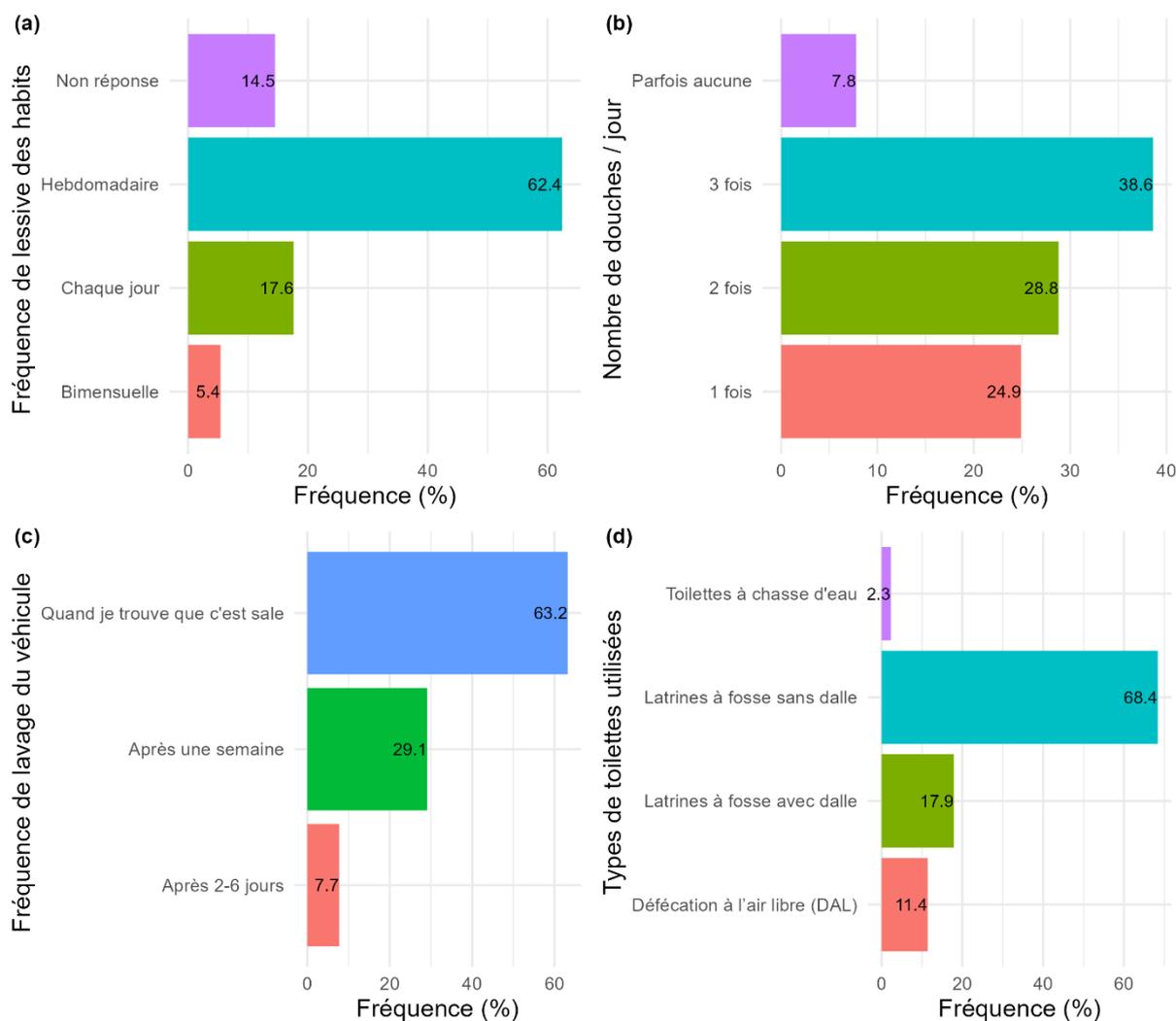


Figure 14. Pratiques de ménages pour réduire la consommation de l'eau face à la sécheresse (a), (b), (c) et la nature de toilettes (d), un indicateur de difficulté d'accès à l'eau ($n=386$)

Les ménages ont tendance à conserver l'eau pour éviter le choc lié aux fortes pénuries dues à des épisodes trop secs. Les quatre premières stratégies de conservation de l'eau utilisées par les ménages sont le stockage de l'eau dans des tanks ou des bidons (voir photos en Annexe 4), la réduction volontaire de la consommation de l'eau pour les activités culinaires (vaisselle) et quotidiennes (lessive, bain, lavage des appareils, etc.), la réduction du nombre de douches par personne par jour et l'espacement de la fréquence de lessive de habits (Figure 15). La réutilisation de la même eau pour plusieurs activités dans la cuisine, la fermeture régulière des robinets pour éviter les fuites d'eau et le gaspillage (pour les ménages avec raccordement privé) et le recueil et stockage des eaux de pluies dans des citernes souterraines ou dans des tanks sont également utilisés par les ménages. Toutefois, la fréquence de sollicitation/d'utilisation de ces trois dernières stratégies de conservation de l'eau par les ménages est faible (Figure 15).

Pour améliorer la qualité de l'eau avant chaque boisson, les ménages à revenu élevé (résidents dans les Fokontany de Tanambe-Haut, Bevala et Belitsaka) ajoutent du chlore, de l'eau de Javel ou du jus de citron frais ou encore filtrent l'eau dans l'eau. En revanche, les ménages à faible ou moyen revenu (résidents dans les Fokontany de Dekito, Kofala et Behabobo) se contentent de bouillir l'eau avant de la boire (Figure 16).

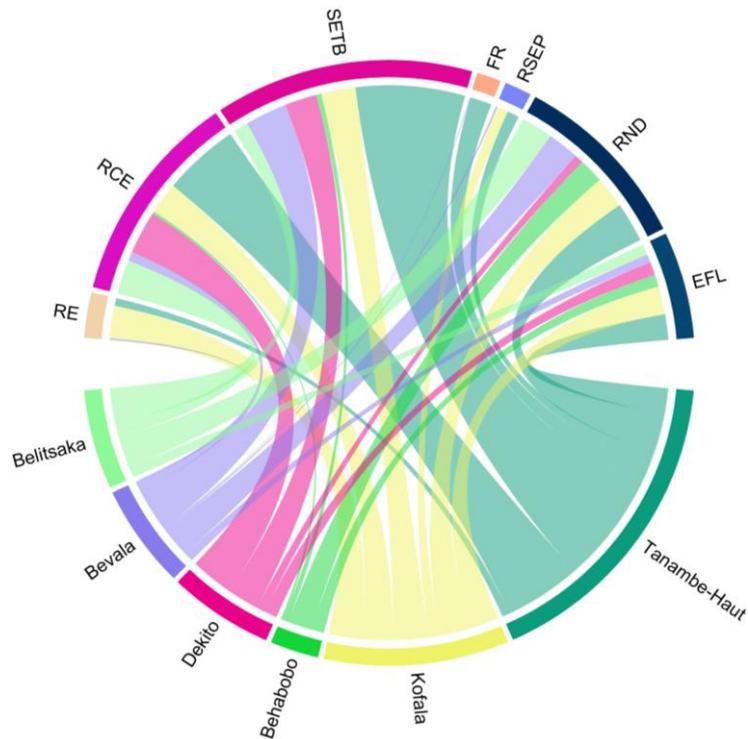


Figure 15. Stratégies de conservation de l'eau utilisées par les ménages face à la sécheresse ($n=386$)

Légende: **RCE:** Réduction volontaire de la consommation de l'eau pour les activités culinaires (vaisselle) et quotidiennes (lessive, bain, lavage des appareils, etc.); **RE:** Réutilisation de la même eau pour plusieurs activités dans la cuisine; **FR:** Fermeture régulière des robinets; **RND:** Réduction du nombre de douches par jour; **EFL:** Espacement de la fréquence de lessive des habits; **SETB:** Stockage de l'eau dans plusieurs tanks ou des bidons; **RSEP:** Recueil et stockage des eaux de pluies dans des citernes souterraines et dans des tanks

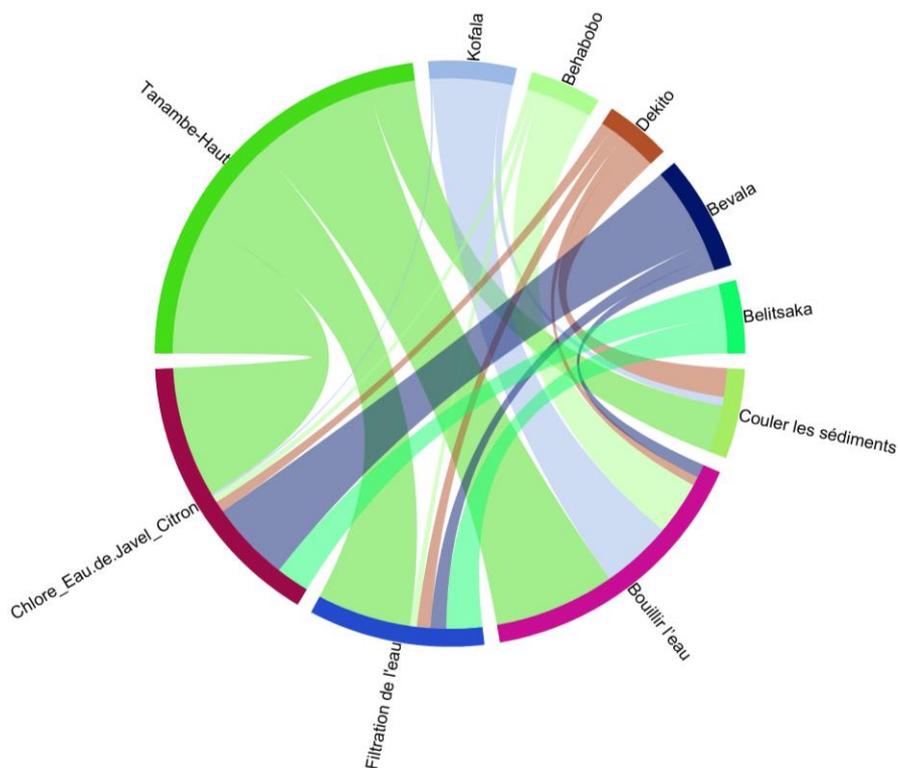


Figure 16. Modes d'amélioration de la qualité de l'eau de boisson utilisés par les ménages ($n=386$)

4.5. Contraintes de l'approvisionnement en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo

Les contraintes de l'approvisionnement en eau des ménages de la ville d'Amboasary-Atsimo sont multiples. Nous les regroupons en deux catégories se basant sur les enquêtes au sein des ménages et sur les entretiens avec les responsables urbains : les contraintes techniques et infrastructurelles liées aux faibles capacités économiques, techniques et infrastructurelles des ménages à mobiliser l'eau (Figure 17) et les contraintes politiques et institutionnelles liées à la gouvernance de l'eau sur l'ensemble de l'espace urbain (Figure 18). Les contraintes techniques et infrastructurelles les plus citées par les ménages sont l'éloignement des sources ou des points d'eau, l'absence des systèmes de transport de l'eau, l'absence de systèmes de collecte et de stockage des eaux de pluie pendant la saison pluvieuse, l'absence ou le faible taux d'adduction de l'eau et la baisse du niveau de la nappe phréatique à la suite de la sécheresse (Figure 17). Les contraintes politiques et institutionnelles de l'approvisionnement en eau les plus évoquées par les ménages sont le manque de sensibilisation et d'encadrement des usagers de l'eau, la mauvaise gouvernance, la faible participation des ménages à la prise de décision, la mauvaise politique de distribution de l'eau sur l'espace urbain, la limitation de la main d'œuvre technique (par exemple pour réparer les ouvrages de collecte ou de stockage de l'eau endommagés) et la mauvaise gestion des sources ou des points d'eau existants (Figure 18).

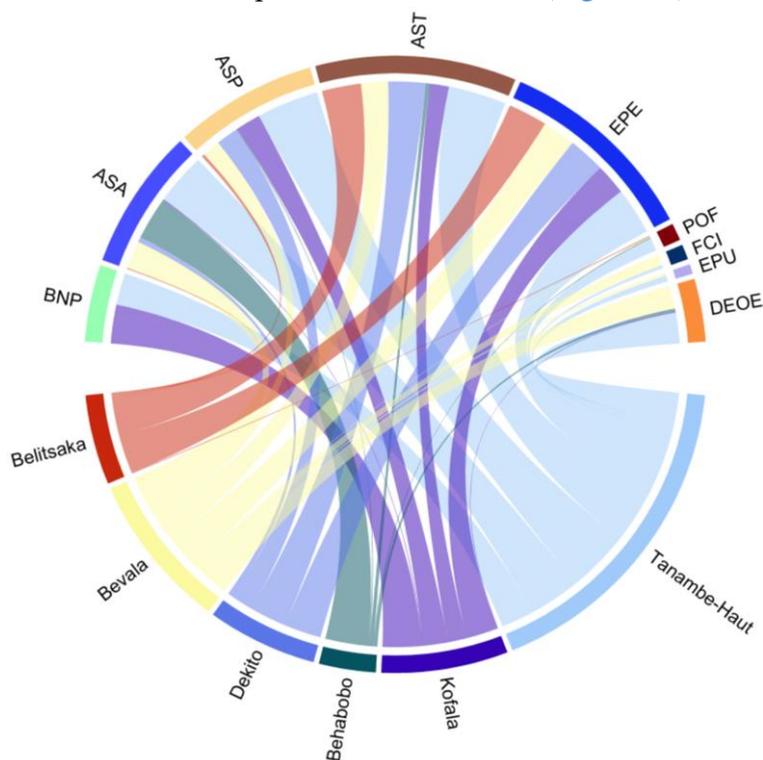


Figure 17. Contraintes techniques et infrastructurelles de l'approvisionnement en eau des ménages (n=386)

Légende : *BNP*=Baisse du niveau de la nappe phréatique à la suite de la sécheresse ; *ASA*=Absence de systèmes d'adduction d'eau ; *ASP*=Absence de systèmes adaptés au stockage d'eau de pluie ; *AST*=Absence de systèmes de transport d'eau ; *EPE*=Eloignement des points d'eau ; *POF*=Systèmes de pompes obsolètes ou non fonctionnels faute de pièces de rechange ; *FCI*=Fuites et craquelures dans certains impluviums ; *EPU*=Ensemblement des puits ; *DEOE*=Absence d'entretien des ouvrages endommagés

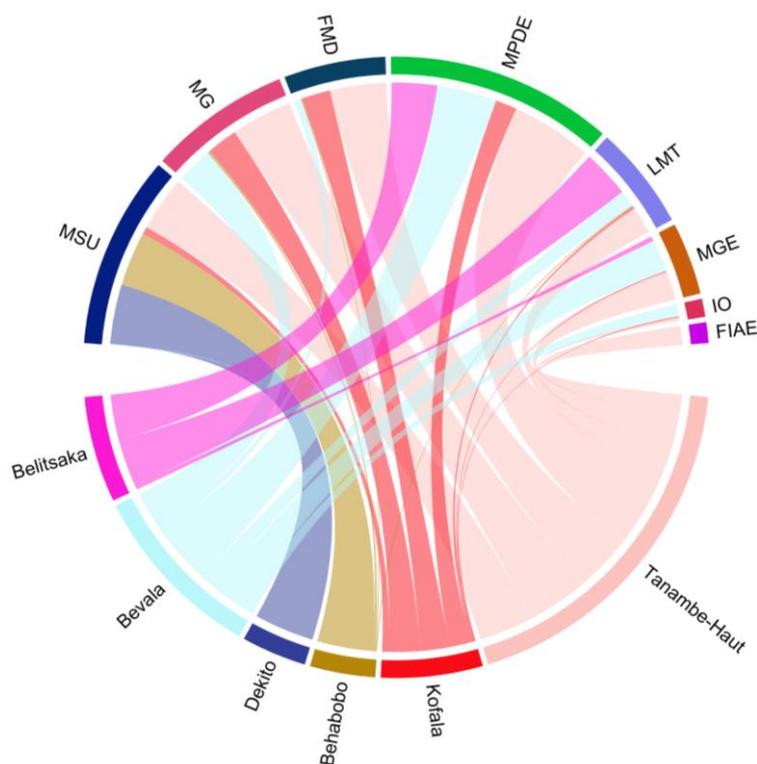


Figure 18. Contraintes liées à la gouvernance de l'eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo ($n=386$)

Légende : *MSU=Manque de sensibilisation et d'encadrement des usagers de l'eau ; MG=Mauvaise gouvernance ; FMD=Faible participation des ménages à la prise de décision ; MPDE=Mauvaise politique de distribution de l'eau sur l'ensemble de l'espace urbain ; LMT=Limitation de la main d'œuvre technique ; MGE=Mauvaise gestion des sources ou des points d'eau ; IO=Insuffisance organisationnelle ; FIAE=Faibles investissements gouvernementaux dans les programmes d'adduction de l'eau*

4.6. Comprendre la perception des ménages sur la relation sécheresseaccès à l'eau

Les chefs de ménage ont été interrogés sur la perception de l'effet de la sécheresse sur l'accès à l'eau à travers la question suivante : *Pensez-vous que la sécheresse est le principal responsable du problème d'eau dans la ville ?* Sur 386 chefs de ménage enquêtés, 80,1 % ont attribué le problème d'eau à la sécheresse et 19,9 % ont évoqué d'autres facteurs en dehors de la sécheresse. La régression logistique binaire montre que le niveau de perception varie en fonction des caractéristiques démographiques, socioéconomiques et infrastructurelles. Les variables explicatives ayant un effet significatif sont: les Fokontany de résidence ($p<0,001$), la taille de ménage ($p<0,05$), l'état civil ($p<0,001$), les groupes ethniques ($p<0,05$), la nature des murs des maisons ($p<0,001$), l'accès à l'électricité ($p<0,001$), la disponibilité alimentaire dans le ménage ($p<0,05$), la possession des actifs ($p<0,05$), l'accès au crédit formel dans une banque ou une institution de microfinance ou une coopérative ($p<0,05$), les sources d'approvisionnement en eau utilisées ($p<0,05$) et le revenu moyen mensuel ($p<0,01$). L'analyse des effets marginaux montre que les ménages n'ayant pas accès à l'électricité ($\beta = -2,32$) et vivant dans une situation d'insuffisance alimentaire ($\beta = -1,30$) ont tendance à minimiser l'influence de la sécheresse sur le problème d'eau dans la ville (Tableau 3). Les ménages possédant une source privée (puits, forage) à domicile ont une perception positive de l'effet de la sécheresse sur le problème d'eau par rapport à un ménage ayant un raccordement privé ou dépendant des sources communautaires. Plus le nombre de personnes dans le ménage (taille de ménage) est élevé, plus le niveau de conscience vis-à-vis de l'influence de la sécheresse sur

l'accès à l'eau augmente. Les ménages à revenu élevé présentant des capacités élevées de mobiliser l'eau ont tendance à minimiser l'effet de la sécheresse sur le problème d'eau (Tableau 3).

Nous avons également interrogé les chefs de ménage sur la perception de l'intensité/degré des impacts de la sécheresse sur le problème d'eau à travers une question à trois réponses : faible, moyen et élevé. 39,1 % de 386 ménages ont répondu que l'impact de la sécheresse est élevé, 23,1 % ont indiqué que l'impact est moyen et enfin, 37,8 % ont répondu que l'impact est faible. La régression logistique multinomiale utilisée pour modéliser cette variable montre que les variables démographiques, socioéconomiques et infrastructurelles exercent un effet statistique significatif. Ces variables sont: les Fokontany de résidence ($p < 0,001$), le sexe du chef de ménage ($p < 0,05$), son état civil ($p < 0,001$) et son niveau d'éducation ($p < 0,05$), le statut foncier du ménage ($p < 0,05$), la nature du mur de la maison ($p < 0,05$), le statut par rapport à la migration du chef de ménage (natif ou migrant) ($p < 0,05$), la nature des combustibles utilisés pour la cuisson des aliments ($p < 0,001$), la disponibilité alimentaire dans le ménage ($p < 0,05$), l'accès à l'électricité ($p < 0,05$), l'accès au crédit formel dans une banque ou une institution de microfinance ou une coopérative ($p < 0,05$) et les sources d'approvisionnement en eau utilisées par le ménage ($p < 0,05$) (Figure 19).

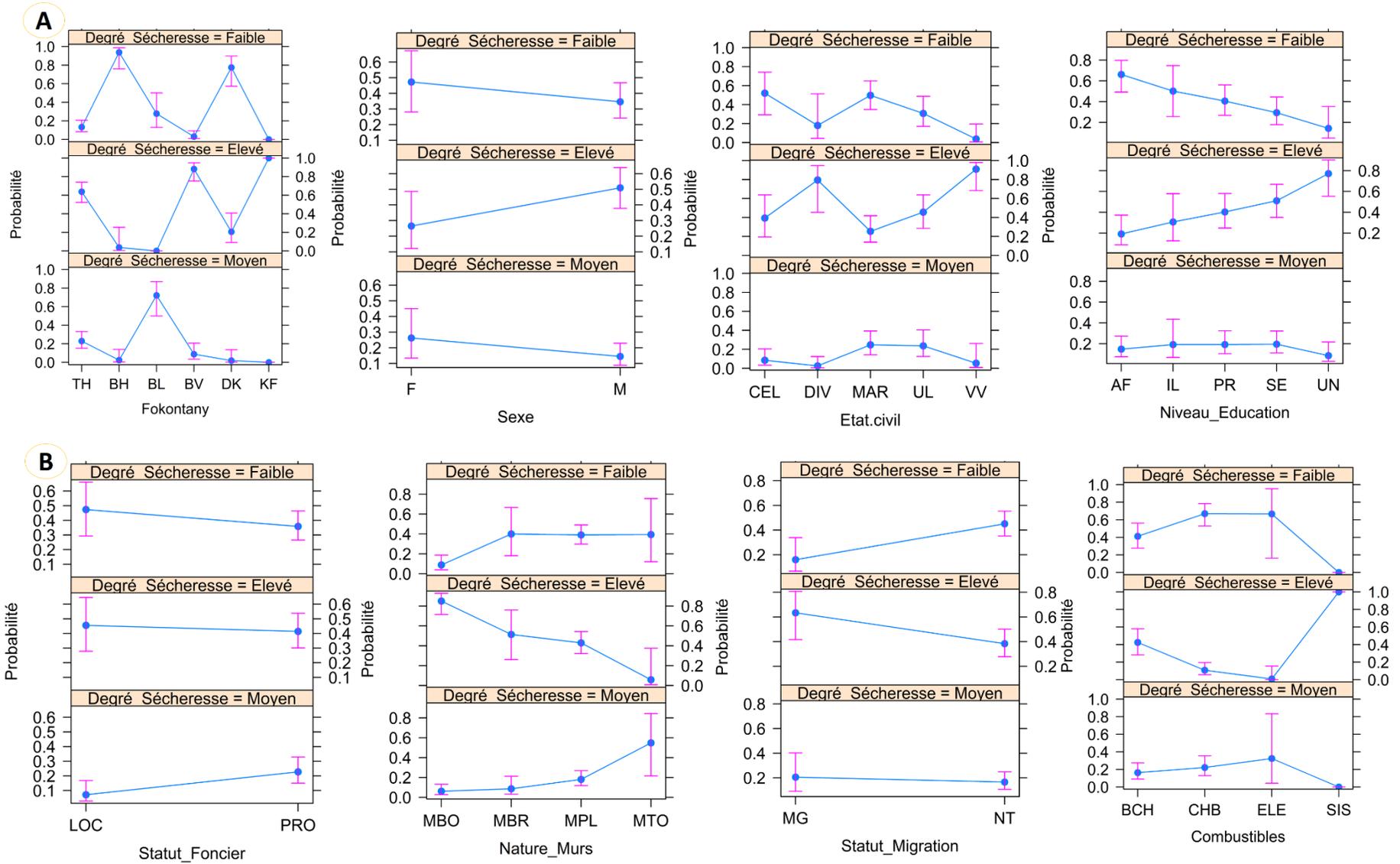
Tableau 3. Facteurs influençant la perception des ménages sur la relation sécheresse-problème d'eau dans la ville ($n=386$)

Variables	Modalités	Coefficients	Std. Error	z value	p-value
	<i>Intercept</i>	15,09	2855,31	0,01	0,9958
Fokontany	Tanambe-Haut	Réf.	-	-	-
	Behabobo	-7,58	1,50	-5,06	0,0000***
	Belitsaka	18,39	1444,65	0,01	0,9898
	Bevala	1,40	0,88	1,59	0,1110
	Dekito	1,87	1,22	1,54	0,1246
	Kofala	-1,72	1,05	-1,63	0,1025
Etat civil	Célibataires	Réf.	-	-	-
	Divorcé(e)s	1,99	1,40	1,42	0,1562
	Marié(e)s	1,70	0,79	2,16	0,0310*
	Union libre	3,62	1,10	3,29	0,0010***
	Veufs/Veuves	4,82	1,30	3,70	0,0002***
Ethnies	Autres ethnies	Réf.	-	-	-
	Tandroy	2,01	1,12	1,79	0,0735
	Tanosy	3,11	1,37	2,26	0,0236*
Nature des murs	Murs en bois	Réf.	-	-	-
	Murs en briques	4,40	1,46	3,01	0,0026**
	Murs en planches	3,08	1,16	2,65	0,0080**
	Murs en tôles	3,79	1,87	2,03	0,0424*
Accès à l'électricité	Oui	Réf.	-	-	-
	Non	-2,32	0,86	-2,69	0,0072**
Disponibilité alimentaire	Non	Réf.	-	-	-
	Oui	-1,30	0,75	-1,73	0,0837
Possession des actifs	Non	Réf.	-	-	-
	Oui	1,34	0,69	1,93	0,0500*
	Non	Réf.	-	-	-

Accès au crédit formel	Oui	-1,45	0,90	-1,61	0,1069
Sources d'approvisionnement en eau	Source privée	Réf.	-	-	-
	Raccordement privé	-16,79	2855,31	-0,01	0,9953
	Source communautaire	-15,36	2855,31	-0,01	0,9957
Taille de ménage (nombre des personnes/ménage)	≤ 5	Réf.	-	-	-
	] 5-10]	-1,44	0,61	-2,35	0,0189**
	] 10-15]	-0,53	1,22	-0,43	0,6642
	] 15-25]	17,89	3217,79	0,01	0,9956
Revenu moyen mensuel (Ariary)	≤ 250000	Réf.	-	-	-
	] 250000-500000]	-2,56	0,81	-3,16	0,0016***
	] 500000-1000000]	-3,17	1,19	-2,66	0,0077**

Légende : Les p-values accompagnées des étoiles indiquent les effets significatifs : * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ et *** $p < 0,001$

Les effets marginaux de chaque variable explicative en fonction de la perception de l'intensité des impacts de la sécheresse sur l'accès à l'eau sont présentés au niveau de la [figure 19](#). L'analyse de probabilités révèle que les chefs de ménage résidant dans le Fokontany de Kofala ont une plus grande probabilité de percevoir une intensité élevée de la sécheresse que les résidents des autres Fokontany. Les hommes perçoivent que les impacts de la sécheresse sur l'eau sont élevés par rapport aux femmes. Les veuves/veufs et les divorcé (e)s ont une plus grande probabilité de perception de l'intensité élevée de la sécheresse par rapport aux autres. Le niveau de perception de l'intensité élevée des impacts de la sécheresse augmente avec l'amélioration du niveau d'étude (analphabètes → universitaires plus instruits) ([Figure 19A](#)). Les ménages propriétaires de leur maison ont une faible probabilité de l'intensité élevée de la sécheresse par rapport aux ménages locataires. Les chefs de ménage résidents dans des maisons construites en bois ont une plus grande probabilité de perception une intensité des impacts de la sécheresse que les chefs de ménage vivant dans les autres types de maisons. Le fait pour un chef de ménage d'être natif de la ville diminue sa probabilité de perception de l'intensité élevée des impacts de la sécheresse sur l'eau. Considérant le revenu, la régression logistique multinomiale montre que les ménages à très faible revenu et utilisant le sisal sec comme source d'énergie pour la cuisson des aliments perçoivent une intensité élevée des impacts de la sécheresse que les ménages utilisant d'autres types de combustibles ([Figure 19B](#)). La disponibilité alimentaire, l'accès à l'électricité et au crédit formel dans un ménage exercent une influence positive vis-à-vis de la perception du niveau d'impacts élevé de la sécheresse sur l'eau. Les ménages possédant un raccordement privé ou une source privée (puits, forage) à domicile ont une plus grande probabilité de percevoir que l'intensité des impacts de la sécheresse sur l'eau est faible par rapport aux ménages dépendant des sources communautaires (source, puits, robinet et forage publics) ([Figure 19C](#)).



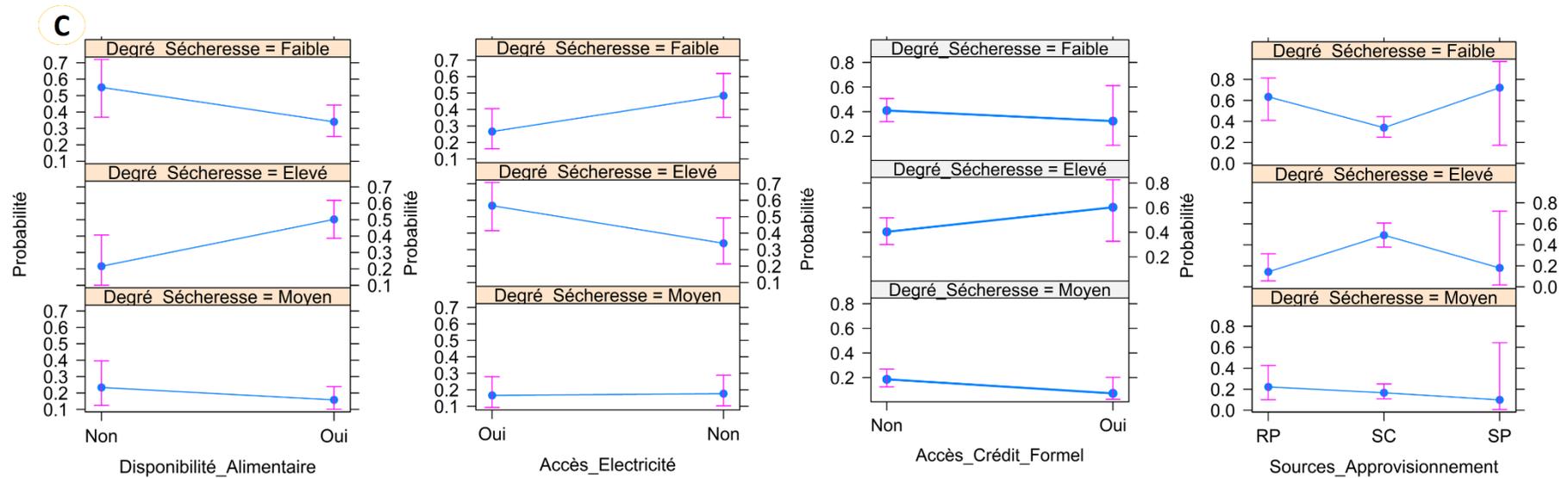


Figure 19. Perception de l'intensité des impacts de la sécheresse sur l'accès à l'eau des ménages ($n=386$)

Note : La probabilité de perception de chaque modalité de la variable est comparée à une modalité de référence (en violet dans la légende ci-dessous).

Légende des variables → (1) **Fokontany:** BH=Behabobo, BL=Belitsaka, BV=Bevala, DK=Dekito, KF=Kofala, TH=Tanambe-Haut (*référence*); (2) **Sexe:** M=Masculin, F=Féminin (*référence*); (3) **Niveau d'étude:** AF=Alphabétisés (non formels) (*référence*), IL=Illettrés, PR=Primaire, SE=Secondaire, UN=Université; (4) **Etat civil:** CEL=Célibataires (*référence*), DIV (Divorcé (e)s, MAR=Marié (e)s, UL=Union libre, VV=Veuves/Veufs, (5) **Statut par rapport à la migration:** NT=Natif, MG=Migrant (*référence*); (6) **Statut foncier:** PRO=Propriétaire, LOC=Locataire (*référence*), (7) **Nature de murs des maisons:** MBO=Murs en bois (*référence*), MPL=Murs en planches, MTO=Murs en tôles, MBR=Murs en briques ou en blocs ciment; (8) **Nature de combustibles utilisées pour la cuisson des aliments:** ELE=Electricité, BCH=Bois de chauffe (*référence*), CHB=Charbon de bois, SIS=Sisal sec; (9) **Sources d'approvisionnement en eau:** RP=Raccordement privé à domicile (*référence*), SC=Sources communautaires, SP=source privée

4.7. Analyse psychométrique

4.7.1. Qualité du modèle structurel

Une élimination pas à pas des variables manifestes n'ayant pas une importance dans le modèle a été réalisée grâce à l'analyse factorielle confirmatoire (AFC). Les caractéristiques démographiques, socioéconomiques, infrastructurelles, politiques et institutionnelles ont été supprimées pour non-respect des conditions de validité à l'exception des types de sources d'approvisionnement en eau. Pour les variables manifestes, l'item A4 de l'attitude, C6 de la conscience, R1 de la responsabilité et CP3 du comportement de conservation de l'eau ont été également supprimés pour non-conformité (Annexe 1). Le modèle structurel final répondant à l'ensemble des critères d'une AFC a été obtenu : $\chi^2=832,77$, $ddl=465$, $\chi^2/ddl=1,79$, CFI=0,986, TLI=0,985, NFI=0,973, IFI=0,986, AGFI=0,975, RMSEA=0,051 et SRMR=0,077. La matrice de corrélation de Pearson montre que les variables latentes sont fortement corrélées entre elles (Tableau 4). La charge factorielle standardisée pour chaque item des variables latentes est supérieure au seuil suggéré de 0,50 (Figure 20). Les valeurs des indices alpha de Cronbach et oméga de McDonald de toutes variables latentes se situent entre 0,75 et 0,88 et entre 0,75 et 0,89 respectivement (Tableau 4). Les valeurs de la fiabilité composite (CR) varient entre 0,82 et 0,95, ce qui démontre que le modèle structurel est fiable. Les valeurs de l'AVE pour toutes les variables latentes varient entre 0,50 et 0,63. Finalement, la validité convergente a donc été établie en raison du fait que les valeurs de l'AVE pour toutes les variables latentes sont supérieures à 0,50. A plus, l'AVE moyenne du modèle structurel est de 0,60, ce qui signifie que la validité discriminante est aussi respectée (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats de l'AFC et corrélation entre les variables latentes du modèle structurel ($n=386$)

	ATT	CONS	RESPO	HAB	EMO	ENG	COMP
ATT	1						
CONS	0,90	1					
RESPO	0,84	0,92	1				
HAB	0,85	0,91*	0,84	1			
EMO	0,87***	0,940	0,85***	0,86	1		
ENG	0,68	0,747	0,56	0,68	0,72	1	
COMP	0,88	0,96	0,87	0,92***	0,97***	0,74***	1
alpha	0,80	0,87	0,75	0,83	0,88	0,81	0,77
oméga 3	0,81	0,81	0,75	0,80	0,89	0,82	0,75
AVE	0,58	0,58	0,50	0,50	0,61	0,63	0,51
R² AVE	0,79	0,58	0,74	0,90	0,86	0,59	0,96
CR	0,88	0,91	0,83	0,82	0,95	0,94	0,91
R²	0,81	-	0,85	0,84	0,88	0,67	0,98

Légende : ATT=Attitude, CONS=Conscience, RESPO=Responsabilité, HAB=Habitudes, EMO=Emotions, ENG=Engagement personnel ou participation, COMP=Comportement de conservation de l'eau, alpha=indice alpha de Cronbach, oméga 3=indice oméga de McDonald, AVE= variance moyenne extraite, R² AVE=coefficient de détermination de la variance moyenne extraite, R²=coefficient de détermination, CR= fiabilité composite. Les valeurs de coefficients de corrélation accompagnées d'étoiles indiquent la significativité : * P<0,05 ; **P<0,01 et ***P<0,001.

4.7.2. Effets directs et indirects des facteurs sociopsychologiques et comportementaux

Le modèle de structure explique 98 % de la variance du comportement de conservation de l'eau dans les ménages. Cependant, ce modèle de structurel ne permet pas de prédire correctement la consommation réelle de l'eau ($R^2=1,9\%$) (Figure 20). Les types de sources d'approvisionnement en eau influencent positivement et d'une manière significative la prise de conscience des ménages ($\beta = 0,02, p < 0,001$) et leur perception sur l'influence de la sécheresse sur le problème d'eau ($\beta = 0,12, p < 0,001$). La conscience des ménages est positivement et significativement associée aux habitudes des ménages ($\beta = 0,21, p < 0,05$). La responsabilité des ménages est associée positivement et significativement aux émotions ($\beta = 1,40, p < 0,001$) et négativement à l'engagement personnel ($\beta = -0,35, p < 0,01$). Toutes les variables latentes (habitudes, émotions, engagement personnel) sont associées positivement et significativement à l'intention de conservation de l'eau dans un ménage (Figure 20). Par ailleurs, la perception du risque de sécheresse et de ses impacts sur l'accès à l'eau influence positivement le comportement de conservation de l'eau (Figure 20). Considérant les effets directs entre les variables latentes, 10 hypothèses sur 18 formulées au départ ont été acceptées au seuil de 5 % : H3, H6, H7, H9, H10, H11, H12, H13, H17 et H18 (Tableau 5). Les effets indirects entre les variables latentes montrent que trois hypothèses (RI1, RI6 et RI9) sont acceptées au seuil de 5 % (Tableau 6). La conscience passant par l'attitude est statistiquement associée aux habitudes ($\beta = 1,28, p < 0,001$). De même, la conscience via les émotions est associée significativement au comportement de conservation de l'eau ($\beta = 0,83, p < 0,001$) et à la consommation de l'eau ($\beta = 0,051, p < 0,01$). Les relations indirectes entre les autres variables latentes ne sont pas significatives ($p > 0,05$) (Tableau 6).

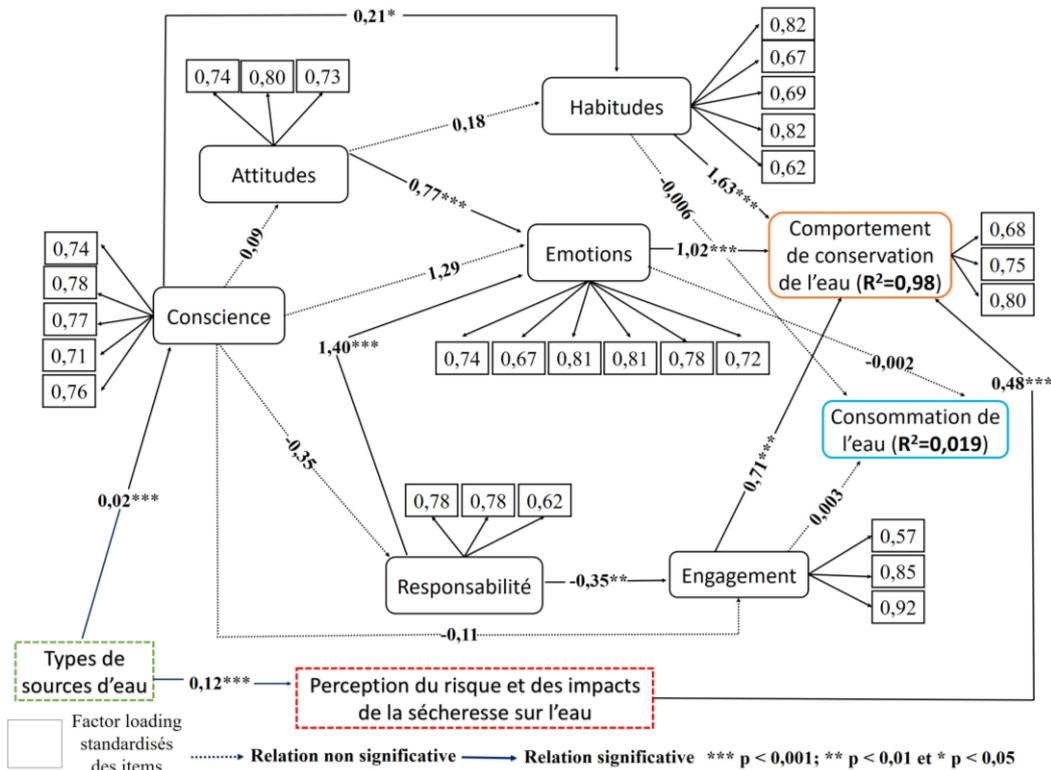


Figure 20. Modèle structurel de l'influence des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur l'intention de conservation de l'eau et la consommation de l'eau dans les ménages (n=386)

Tableau 5. Effets directs des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur le comportement de conservation et de consommation de l'eau dans les ménages

Hypothèses	Effets directs	Estimate	Std.Err	z-value	p-value	Décision
H1	Conscience → Attitude	0,093	0,208	0,445	0,656	Refusée
H2	Conscience → Responsabilité	-0,349	0,438	-0,796	0,426	Refusée
H3	Conscience → Habitude	0,213*	0,104	2,047	0,041	Acceptée
H4	Attitude → Habitude	0,184	0,108	1,696	0,090	Refusée
H5	Conscience → Emotion	1,286	0,763	1,687	0,092	Refusée
H6	Attitude → Emotion	0,771***	0,184	4,190	0,000	Acceptée
H7	Responsabilité → Emotion	1,401***	0,113	12,396	0,000	Acceptée
H8	Conscience → Engagement personnel	-0,112	0,228	-0,492	0,623	Refusée
H9	Responsabilité → Engagement personnel	-0,349**	0,133	-2,621	0,009	Acceptée
H10	Habitude → Comportement de conservation de l'eau	1,626***	0,057	28,432	0,000	Acceptée
H11	Emotion → Comportement de conservation de l'eau	1,019***	0,039	25,923	0,000	Acceptée
H12	Engagement personnel → Comportement de conservation de l'eau	0,713***	0,032	22,368	0,000	Acceptée
H13	Perception → Comportement de conservation de l'eau	0,479***	0,017	28,919	0,000	Acceptée
H14	Habitudes → Consommation de l'eau	-0,006	0,003	-1,819	0,069	Refusée
H15	Emotion → Consommation de l'eau	-0,002	0,002	-1,157	0,247	Refusée
H16	Engagement personnel → Consommation de l'eau	0,003	0,002	1,601	0,060	Refusée
H17	Source → Conscience	0,019***	0,005	4,084	0,000	Acceptée
H18	Source → Perception	0,124***	0,036	3,475	0,001	Acceptée

Tableau 6. Effets indirects des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur le comportement de conservation et de consommation de l'eau dans les ménages

Hypothèses	Effets indirects	Estimate	Std.Err	Z-value	p-value
RI1	Conscience via Attitude → Habitudes	1,282***	0,049	25,976	0,000
RI2	Conscience via Attitude et Responsabilité → Emotions	2,621	3,747	0,699	0,484
RI3	Conscience via Responsabilité → Engagement personnel	0,602	1,299	0,463	0,643
RI4	Attitude via Habitude et Emotion → Comportement de conservation	-0,207	0,200	-1,037	0,300
RI5	Responsabilité via Emotion et Engagement personnel → Comportement de conservation	0,135	0,140	0,968	0,333
RI6	Conscience via Emotion → Comportement de conservation	0,833***	0,207	4,027	0,000
RI7	Attitude via Habitude et Emotion → Comportement de conservation	-0,207	0,200	-1,037	0,300
RI8	Responsabilité via Emotion et Engagement → Consommation de l'eau	0,135	0,140	0,968	0,333
RI9	Conscience via Emotion → Consommation de l'eau	0,051**	0,016	3,11	0,002

Chapitre 5. Discussion des résultats

Nous discutons les principaux résultats de l'étude en fonction de trois hypothèses de départ. D'abord, les déterminants de la variation de l'accès à l'eau des ménages dans un contexte de sécheresse sont discutés. Ensuite, nous revenons largement sur l'adéquation du modèle structurel dans la prédiction des effets directs et indirects des facteurs sociopsychologiques et comportementaux sur la consommation et l'intention de conservation de l'eau. Enfin, nous discutons la perception des ménages vis-à-vis de l'influence de la sécheresse sur le problème d'eau dans la ville.

5.1. Déterminants de la consommation en eau potable dans les ménages

5.1.1. Facteurs démographiques

La consommation d'eau par jour et par personne varie en fonction de certaines caractéristiques démographiques. Le sexe du chef de ménage n'influence pas la consommation de l'eau dans les ménages (Tableau 1). Cette absence d'effet significatif du sexe sur la consommation de l'eau pourrait être justifiée par la sécheresse qui influence la conscience des ménages et entraîne une implication de chaque membre du ménage dans la mobilisation de l'eau peu importe son sexe. Cette conclusion est différente à celle obtenue par [da Veiga et al. \(2022\)](#) qui ont trouvé une variation de la consommation de l'eau en fonction du sexe du chef de ménage.

Le niveau d'éducation du chef de ménage exerce une influence significative sur la consommation de l'eau (Tableau 1). Les ménages où les chefs sont plus instruits (universitaires) consomment plus d'eau que les ménages où les chefs sont moins instruits. La consommation d'eau par jour et par personne est 38,63 à 54,58 % supérieure dans les ménages où les chefs de ménage sont plus instruits par rapport aux ménages où les chefs sont moins instruits (Tableau 1). Une étude antérieure a observé une tendance similaire dans d'autres villes malgaches. Cette étude montre que les ménages avec les chefs les plus instruits consomment plus d'eau que dans les ménages avec les chefs les moins instruits ([Larson et al., 2006](#)). Cette différence de consommation s'explique par le fait que les chefs de ménage les plus instruits utilisent des sources privées ou des raccordements privés dans leur domicile contrairement aux chefs de ménage moins instruits qui dépendent exclusivement de la collecte de l'eau.

La taille de ménage (nombre de personnes vivant dans un ménage) influence la consommation journalière en eau mais la liaison entre les deux variables n'est linéaire. La consommation d'eau par personne et par jour augmente pour les ménages ayant 1-5 personnes et ceux ayant plus de 15 personnes (Tableau 1). Des études antérieures ont montré à la fois une influence positive et négative de la taille de ménage sur la consommation de l'eau. Les unes soutiennent que les ménages avec un plus grand nombre des personnes ont tendance à augmenter naturellement leur consommation quotidienne en eau ([da Veiga et al., 2022](#); [Endter-Wada et al., 2008](#); [Fielding et al., 2012](#); [Gregory & Di Leo, 2003](#)). Les autres ont par contre constaté qu'en raison des effets des économies d'échelle, la consommation de l'eau par jour et par personne diminue à mesure que la taille de ménage augmente ([Jorgensen et al., 2009](#); [Manouseli et al., 2018](#)). Cette tendance être attribuée à des utilisations partagées de l'eau entre les différents membres

du ménage. Toutefois, nombreuses études estiment que cette diminution est significative en dessous d'un certain seuil. En effet, le dépassement de ce seuil entraîne une augmentation de la consommation de l'eau dans les ménages ayant un plus grand nombre des personnes (Arbués et al., 2004, 2016; Manouseli et al., 2018). Dans notre cas, les résultats montrent qu'au-dessus de 15 personnes par ménage (seuil probable de la disparition des effets des économies d'échelle), la consommation d'eau par jour et par personne s'accroît (Tableau 1).

Outre la taille de ménage, notre étude montre que la consommation d'eau par jour et par personne dans les ménages diminue significativement avec l'augmentation de l'âge du chef de ménage. Les résultats indiquent qu'une personne vivant dans un ménage où le chef de ménage est âgé de 18 à 30 ans consomme un surplus de 17,24 à 38,78 % par rapport à une personne vivant dans un ménage où le chef de ménage est âgé de plus de 30 ans (Tableau 1). Ces conclusions sont similaires à celles rapportées dans certaines études antérieures. Nous citons Manouseli et al. (2018) qui ont constaté que plus un ménage possède des individus moins âgés, plus il a tendance à accroître sa consommation journalière en eau par personne. Dans un contexte de sécheresse, cette tendance de la consommation d'eau pour les ménages de la ville d'Amboasary-Atsimo se justifierait par le fait que les ménages constitués des jeunes ayant une grande force ont une grande capacité de mobilisation de l'eau à longues distances par rapport aux ménages constitués par les individus plus âgés. A l'opposé, d'autres études antérieures ont trouvé que les jeunes en raison du fait qu'ils s'occupent (généralement) de la collecte de l'eau ou qu'ils ont un nombre d'usages de l'eau élevé (nombre de douches par jour élevé, fréquence de lessive raccourcie) constituent des gros consommateurs d'eau que les personnes plus âgées (Fielding et al., 2012; Makki et al., 2013; Manouseli et al., 2018).

Comme pour le sexe, l'état civil du chef de ménage n'a pas d'influence significative sur la consommation journalière d'eau par personne. Toutefois, on constate que les célibataires consomment plus d'eau par rapport aux autres catégories (Tableau 1). L'appartenance religieuse du chef de ménage influence significativement la consommation de l'eau dans les ménages. Les catholiques consomment plus d'eau que les protestants, les musulmans et les autres catégories confessions religieuses. Outre l'appartenance religieuse, la consommation de l'eau varie significativement en fonction de l'appartenance ethnique du chef de ménage. Les Tanosy consomment un surplus de 36,95 %, de 40,76 % et 46,86 par rapport aux Tandroy, aux Vezo et aux Betsileos. Les migrants (généralement les personnes non originaires de la ville) consomment un surplus de 29,91 % par rapport aux natifs (Tableau 1). Cette tendance est liée au fait les migrants sont des personnes ayant un niveau d'éducation élevé, exercent des activités économiques plus génératrices de revenu (commerce) ou travaillent dans des différents projets réalisés dans le district d'Amboasary-Atsimo et ont par conséquent, les moyens financiers nécessaires pour mobiliser l'eau.

5.1.2. Caractéristiques de l'habitat

Les ménages vivant en location (migrants en général) consomment plus d'eau par rapport aux ménages propriétaires (Tableau 1). Outre le statut foncier, la nature des habitations joue un rôle important dans la consommation en eau dans un ménage. Un ménage vivant dans une maison construite en matériaux durables (briques, blocs ciment) consomme plus d'eau (24,20 litres par jour et par personne) qu'un ménage vivant dans une maison semi-durable (planches, tôles, bois)

ou en feuilles de sisal (8,33 litres par jour et par personne) (Tableau 1). Dans notre cas, nous avons constaté que le statut foncier du ménage (locataire ou propriété) influençait le revenu et le revenu influence à son tour la consommation de l'eau. L'accès à l'électricité constitue aussi un facteur de variation de la consommation de l'eau dans les ménages urbains d'Amboasary-Atsimo. Les ménages ayant accès à l'électricité ou possédant un panneau solaire consomment un surplus de 38,38 % par rapport aux ménages sans accès à l'électricité (Tableau 1). Outre l'accès à l'électricité, notre recherche montre que la nature des combustibles utilisés pour la cuisson des aliments exerce un effet significatif sur la consommation d'eau dans les ménages ($p < 0,001$). Les ménages utilisant par exemple de l'électricité et du charbon de bois consomment plus d'eau (~21 litres par jour et par personne) que les ménages utilisant le bois de chauffe (12,49 litres par jour et par personne) ou le sisal sec (11,94 litres par jour et par personne) (Tableau 1).

5.1.3. Facteurs socioéconomiques

Toutes les caractéristiques socioéconomiques de ménages considérées dans notre étude à l'exception de la possession ou non du bétail influencent la consommation de l'eau ($p < 0,001$) (Tableau 1). Les ménages dont la principale source de revenu est le travail (en dehors de l'agriculture) consomment plus d'eau que les ménages dépendant uniquement de l'agriculture. La difficulté d'accès à la nourriture dans un ménage diminue sa capacité de mobilisation de l'eau et par conséquent, sa consommation journalière en eau. Des recherches antérieures appuient également que la diminution de l'accès à la nourriture et à l'eau dans un ménage sont des problèmes corrélés et interdépendants que ce soit en milieu urbain ou en milieu rural dans les PVD (Calow et al., 2010). Nos résultats montrent que la possession des actifs (véhicules, motos, vélos, charrettes, télévision, etc.) augmente la consommation de l'eau dans un ménage. Nous avons constaté par exemple qu'un ménage possédant sa propre charrette, sa propre brouette ou son propre vélo a des capacités d'aller chercher l'eau à grande distance et de faire plus d'allers-retours par jour. Cela contribue à l'augmentation du stock d'eau dans le ménage. En rapport avec le revenu, les ménages dont le revenu moyen mensuel est supérieur est de 500000 Ariary consomment plus d'eau (23,86 litres par jour et par personne) par rapport aux ménages à revenu inférieur à 500000 Ariary. L'accès d'un ménage à un crédit formel dans une banque ou une institution de microfinance ou une coopérative d'épargne augmente de 25,59 % la consommation d'eau par rapport celle d'un ménage n'ayant accès au crédit formel (Tableau 1). Considérant le revenu, les résultats de notre étude sont similaires à ceux rapportés dans certaines études antérieures qui ont trouvé que les ménages ayant un niveau de revenu élevé utilisent plus d'eau que les ménages avec un revenu moyen ou faible (Fielding et al., 2012; Gregory & Di Leo, 2003; Manouseli et al., 2018; Wang & Dong, 2017). Dans notre cas, nous avons constaté une tendance inverse si l'on considère l'effet du revenu sur la consommation pour les ménages dépendant des sources communautaires. Dans ces ménages, le revenu exerce certes une influence significative sur la consommation individuelle mais la variation n'est pas importante et on observe que la majorité des ménages à revenu élevé se trouvent aussi en dessous du seuil minimal d'accès à l'eau (20 litres par jour et personne) (Tableau 2). Ces résultats confirment le caractère inélastique de la consommation de l'eau au revenu observée dans certains cas. A ce sujet, Hoffmann et al. (2006) et Jorgensen et al. (2009) ont démontré également une absence de variation de la consommation et de l'utilisation de l'eau dans les

ménages en fonction du revenu. Selon ces auteurs, l'inélasticité de la demande en eau en fonction du revenu est plus prononcée dans les ménages vivant sous location et dans les ménages à faible revenu par rapport aux ménages propriétaires.

5.1.4. Nature de sources et facteurs géographiques

Nos résultats montrent que les sources d'approvisionnement en eau exercent une influence significative ($p < 0,001$) sur la consommation. La quantité d'eau consommée est environ 3 fois supérieure dans les ménages disposant d'une source privée (moyenne 48,64 litres par jour et par personne) par rapport aux ménages dépendant des sources communautaires (moyenne 13,88 litres par jour et par personne) et 2 fois supérieure par rapport aux ménages ayant un raccordement privé à domicile (moyenne 26,41 litres par jour et par personne) (Figure 7). Dans notre cas, cette tendance est liée au fait que, d'une part, le coût de la facture mensuelle contraint les ménages ayant un raccordement privé d'utiliser moins d'eau et d'autre part, les difficultés d'accès à l'eau en quantité suffisante et à temps réel pour les ménages dépendant des sources communautaires les amènent à s'engager dans des initiatives d'économie d'eau pour faire face aux chocs induits par sécheresse. La consommation moyenne d'eau dans les ménages urbains d'Amboasary-Atsimo en fonction des sources d'approvisionnement est similaire à celle rapportée dans d'autres villes malgaches. Larson et al. (2006) ont trouvé que la consommation moyenne de l'eau dans les ménages urbains utilisant les sources communautaires est 14 litres par jour et par personne contre 89 litres pour les ménages disposant un raccordement privé à domicile. Ces résultats de Larson et al. (2006) suggèrent également que les ménages urbains malgaches dépendant de la collecte de l'eau se trouvent en dessous du seuil minimal de consommation fixé par l'OMS. La consommation élevée d'eau dans les ménages possédant des sources privées à domicile par rapport à ceux utilisant un raccordement privé pourrait se justifier dans notre cas, par le coût de l'eau (facture de l'eau). Sur ce sujet, une étude antérieure rapporte que la facture de l'eau (prix) constitue un facteur qui contraint les ménages ayant un raccordement privé à diminuer leur consommation en eau (Carter & Milon, 2005). Ces auteurs soutiennent que la demande en eau est élastique au prix de l'eau et que toute augmentation de la consommation mensuelle de l'eau par un ménage se fait sous contrôle de la variabilité de ce prix.

Nos résultats montrent une forte influence des facteurs géographiques sur la consommation de l'eau dans les ménages dépendant des sources communautaires (Tableau 2). Ces facteurs sont le temps de déplacement entre le ménage et la source d'approvisionnement, le temps d'attente à la source avant de puiser l'eau et le nombre d'allers-retours journaliers effectués au cours de la collecte. La régression logistique binaire révèle que les ménages qui se déplacent durant moins de 30 minutes avant d'atteindre la source d'eau ont accès à l'eau par rapport aux ménages qui prennent plus de temps pour atteindre une source d'eau. Nous avons constaté une augmentation de la consommation individuelle de l'eau de l'ordre de 17,45 à 27,27 % dans les ménages qui se déplacent moins de 30 minutes par rapport aux autres (Tableau 2). Le délai d'attente à la source constitue aussi un facteur déterminant la consommation de l'eau dans la mesure où les ménages qui attendent moins de 15 minutes avant d'être servi en eau consomment plus d'eau que ceux attendent plus longtemps. La diminution du temps d'attente à 15 minutes permet d'accroître la consommation par jour et par personne d'environ 15,69 % par rapport aux

ménages qui attendent 30-60 minutes (Tableau 2). Outre le délai de déplacement et d'attente à la source, le nombre d'allers-retours journaliers au cours de la collecte de l'eau influence positivement la consommation de l'eau. Dans un contexte de sécheresse persistante dans la ville d'Amboasary-Atsimo, les ménages qui effectuent un nombre élevé d'allers-retours au cours de la journée consomment plus d'eau que les autres ménages. Un surplus de consommation d'eau de l'ordre de 38,39 % s'observe dans un ménage qui engage à faire plus de 5 allers-retours par jour par rapport à celui qui fait seulement 1 ou 2 allers-retours (Tableau 2). Ces trois facteurs géographiques discutés ci-dessus présentent des effets interdépendants sur la consommation de l'eau dans les ménages urbains d'Amboasary-Atsimo. En effet, un court délai de déplacement pour atteindre une source d'approvisionnement combiné à un délai réduit d'attente à une source permettent une augmentation du nombre d'allers-retours journaliers. L'ensemble ces facteurs contribuent d'une manière directe à l'accroissement du stock d'eau dans le ménage. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par nombreuses études effectuées dans d'autres villes des PVD (Basu et al., 2017; Kayser et al., 2013). Ces auteurs ont constaté aussi que la distance par rapport à la source d'eau, le temps de déplacement pour atteindre la source d'eau et le temps d'attente à la source avant d'être servi en eau influencent significativement la consommation de l'eau dans un ménage. Une autre étude a constaté qu'une baisse du temps de collecte de l'eau de 5 heures à 10 minutes tend à augmenter la consommation de l'eau dans un ménage de 4,1 litres à 11,1 litres par jour et par personne (Cairncross & Cuff, 1987). Globalement, les études antérieures effectuées dans les PVD soutiennent l'hypothèse selon laquelle une augmentation du temps de déplacement entre la ménage et la source à plus de 30 minutes diminue sensiblement la quantité d'eau collectée et consommée par un ménage par jour (Basu et al., 2017; Cairncross & Cuff, 1987).

5.1.5. Facteurs psychosociaux et comportementaux

5.1.5.1. Effets sur la consommation d'eau

Outre les facteurs démographiques, socioéconomiques, infrastructurels et géographiques, les études antérieures montrent que la consommation et le comportement de conservation de l'eau dans un ménage changent en fonction des facteurs psychosociaux et comportementaux. Dans notre cas, le SEM montre un lien positif mais non significatif entre les facteurs psychosociaux et comportementaux et le volume d'eau réellement consommée dans un ménage. Ces facteurs constituent dès lors des mauvais prédicteurs de la consommation en eau dans un ménage ($R^2=0,019$) (Figure 20). Considérant cette question, les conclusions des études antérieures sont partagées en deux tendances : les unes ont constaté une influence significative de facteurs psychosociaux et comportementaux sur la consommation réelle de l'eau tandis que les autres ont montré qu'il n'y a pas de liaison significative entre ces facteurs et la consommation réelle de l'eau. Singha et al. (2023) ont par exemple constaté que les facteurs psychosociaux et comportementaux expliquent 55 % de la variance de la consommation de l'eau dans les ménages. Dans notre cas, l'absence d'effet significatif des facteurs psychosociaux et comportementaux sur la consommation réelle d'eau dans des ménages urbains pourrait être justifiée par deux raisons. La première raison est liée au fait que cette ville est depuis des nombreuses années affectée par la sécheresse permanente entraînant des pénuries d'eau. Ces pénuries maintiennent la majorité des ménages en dessous du seuil minimum d'accès à l'eau.

La seconde raison est liée au décalage entre les autodéclarations de réduction de la consommation et la consommation réelle de l'eau dans un ménage accentué par l'influence la sécheresse et la pénurie existentielle qui s'en suit. Plusieurs études antérieures ont abouti aux mêmes conclusions. Quatre explications sont soulevées pour justifier la faiblesse de la théorie de comportement planifié (TPB) dans la prédiction de la consommation réelle de l'eau dans un ménage. Avant de présenter ces quatre facteurs, nous soulignons d'abord que ces études reconnaissent le fait que les effets des facteurs psychosociaux et comportementaux sur la consommation réelle varient en fonction d'une zone géographique à une autre et d'un peuple à un autre (Chang, 2013; Endter-Wada et al., 2008; Gregory & Di Leo, 2003; Nancarrow et al., 2008). Premièrement, les intentions comportementales des individus ont une faible probabilité de se traduire en actions concrètes de consommation d'eau dans un ménage car il existe un décalage énorme entre décalage entre la déclaration des intentions dans les ménages et leur comportement réelle de consommation de l'eau (Beall et al., 2011; Fielding et al., 2012; Russell & Fielding, 2010). Deuxièmement, le manque d'information dans certains ménages constitue un obstacle à la traduction des intentions en actions concrètes de consommation d'eau (Fielding et al., 2012; Gregory & Di Leo, 2003; Jorgensen et al., 2009). Troisièmement, le caractère collectif de l'utilisation de l'eau (qui implique des actions d'utilisation d'eau entre plusieurs membres du ménage à la fois) empêche les ménages à réduire réellement leur consommation en eau. En effet, dans les villes des PD comme des PVD, les comportements et les perceptions ne sont pas toujours identiques pour les individus d'un même ménage. Un individu du ménage peut bien s'engager activement à réduire sa consommation en eau. Cependant, si les autres membres du ménage ne s'engagent pas avec la même conviction, il y a très peu de chances que ses intentions ou ses efforts personnels se traduisent par une réduction significative de la consommation de l'eau (effet de groupe). Quatrièmement, l'absence de rationalité dans le comportement humain est souvent évoquée comme un obstacle empêchant la traduction des intentions comportementales en réduction réelle de la consommation d'eau dans un ménage (Steg & Vlek, 2009). Des études psychométriques sur la consommation de l'eau dans les ménages urbains considèrent que le comportement des individus n'est pas toujours rationnel et réfléchi et que celui-ci est parfois influencé par des habitudes ou des routines (Steg & Vlek, 2009). Nous pensons que ces habitudes et routines propres à chaque ménage peuvent à court, moyen ou long terme exercées une influence positive ou négative sur la consommation en eau dans les ménages de la ville d'Amboasary-Atsimo sans que les membres ne se rendent pas compte à l'immédiat. Ainsi, notre troisième hypothèse selon laquelle : *les facteurs psychosociaux et comportementaux permettent de prédire la consommation réelle de l'eau des ménages dans un contexte de sécheresse* est infirmée.

5.1.5.2. Effets sur le comportement de conservation de l'eau

Contrairement à la consommation réelle de l'eau, l'intention de conserver l'eau est associée positivement et d'une manière significative aux facteurs psychosociaux et comportementaux des individus du ménage et à la perception du risque de sécheresse et de ses impacts. Ces facteurs expliquent une variance de 98 % du comportement de conservation de l'eau (Figure 20). Ces résultats indiquent une adéquation et une bonne reproductibilité du SEM dans la compréhension du comportement de conservation de l'eau dans les ménages confrontés au problème d'accès l'eau induit par la sécheresse. Ces résultats sont similaires à ceux des études

antérieures. Par exemple, [Singha et al. \(2022, 2023\)](#) ont trouvé que les facteurs psychosociaux et comportementaux peuvent expliquer 57 % de la variance du comportement de conservation de l'eau. Cette faible variance expliquée à rapport à celle obtenue dans cette étude (98 %) pourrait se justifier par deux facteurs. Le premier facteur est que les deux études se sont réalisées dans les conditions différentes (zone géographique différente, population différente, conditions de vie différentes, situation de sécheresse persistante). Le deuxième facteur est lié aux caractéristiques intrinsèques du modèle de structurel utilisé. Dans notre cas, des facteurs supplémentaires (sources d'approvisionnement en eau, perception du risque et des impacts de la sécheresse) qui n'existent pas dans le modèle original de [Singha et al. \(2022, 2023\)](#) ont été utilisés. Nous pensons que l'intégration de ces variables supplémentaires a exercé une influence positive sur l'augmentation de la variance expliquée. Concernant les effets directs, les résultats de cette étude ([Tableau 5](#)) suggèrent que les ménages sont susceptibles d'adopter de comportements de conservation de l'eau et par conséquent, de réduire la consommation en eau s'ils ont des habitudes et des émotions positives, une forte implication dans des initiatives d'économie d'eau et une plus grande conscience du risque et des impacts de la sécheresse sur la pénurie d'eau. Ces conclusions sont similaires à celles obtenues par de [Singha et al. \(2022, 2023\)](#). Considérant l'effet de la perception sur la sécheresse, [Ramsey et al. \(2017\)](#) ont trouvé que la conviction que la sécheresse est évitable est corrélée positivement à l'intention des ménages d'adopter de comportements et de technologies de conservation de l'eau. Certaines études ont constaté que les ménages avec des individus ayant une attitude positive par rapport à la protection de l'environnement ou qui sont conscients de problèmes environnementaux (ressources en eau par exemple) ont plus de chance d'adopter des comportements de conservation de l'eau que les autres ([Ramsey et al., 2017](#); [Wang & Dong, 2017](#)). D'autres études ont observé que les ménages vivant dans des zones affectées par des risques et catastrophes climatiques (sécheresse, inondation) sont plus favorables ou susceptibles de déclarer qu'ils adoptent des comportements de conservation pour rendre leurs ménages plus résilients aux fortes pénuries d'eau de l'eau ([Gilbertson et al., 2011](#); [Simpson et al., 2020](#)). Les comportements de conservation dans les ménages soumis à la sécheresse permanente peuvent conduire ou non à une réduction significative de la consommation réelle ([Fielding et al., 2012](#)). La littérature antérieure montre que l'alternance sécheresse et fortes précipitations influence le comportement de conservation et la consommation de l'eau dans les ménages. Certains ménages ont tendance à consommer plus d'eau durant la période humide et changer brusquement de comportement en réduisant la consommation durant une période plus sèche ([Sousa et al., 2022](#)). Au regard de considérations susmentionnées, notre troisième hypothèse selon laquelle : *les facteurs psychosociaux et comportementaux permettent de prédire l'intention de conservation de l'eau dans les ménages confrontés à la sécheresse* est confirmée.

5.1.6. Effets de pratiques quotidiennes des ménages sur la consommation de l'eau

Nos résultats montrent que la fréquence de lessive et le nombre de douches par individu par jour déterminent la consommation et l'accès à l'eau dans les ménages ([Tableau 2](#)). La régression logistique binaire révèle qu'un ménage pratiquant la lessive des habits presque chaque jour présente 26 fois plus de chances ($OR=26$) d'avoir accès à l'eau qu'un ménage qui effectue la lessive à une fréquence bimensuelle. De même, un ménage où les individus optent pour une diminution du nombre de douches par jour consomme moins d'eau qu'un ménage où

les individus pratiquent un nombre élevé des douches (Tableau 2). Ces pratiques sont des actions routinières qui exercent une influence à la fois positive et négative sur la consommation de l'eau et par conséquent, sur le comportement de conservation de l'eau. Dans cette logique, d'autres études effectuées dans les villes malgaches confirment le fait que la cherté de l'eau conduit les ménages à réduire souvent la consommation pour les usages hygiéniques (Larson et al., 2006). Nos résultats de l'influence des pratiques de ménages sur la consommation de l'eau sont similaires à ceux rapportés dans d'autres villes du monde entier (Fielding et al., 2012). Dans la ville d'Amboasary-Atsimo, les ménages utilisent consciemment ou intuitivement de stratégies pour essayer de conserver l'eau en raison de la sécheresse (Figure 15). Les principales stratégies utilisées par les ménages sont le stockage de l'eau dans des tanks ou des bidons, la réduction volontaire de la consommation de l'eau pour les activités culinaires (vaisselle) et quotidiennes (lessive, bain, lavage des appareils, etc.), la réduction du nombre de douches par personne par jour et l'espacement de la fréquence de lessive de habits (Figure 15).

5.1.7. Gouvernance locale de l'eau : facteurs politiques et institutionnels

Notre étude montre que la gouvernance locale de l'eau (la capacité à payer les frais d'entretien lorsque les pièces des ouvrages sont endommagées, le consentement à payer pour l'aménagement des nouvelles sources d'eau) influence la consommation de l'eau dans les ménages ($p < 0,001$). Les ménages fortement impliqués dans la gouvernance locale de l'eau consomment plus d'eau par rapport aux ménages moins impliqués. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature antérieure. Dans les zones urbaines et rurales des PVD, on a constaté qu'un niveau de participation élevé des populations locales sur les questions de l'eau (approche globale et consultative de l'eau) conduit à un meilleur approvisionnement en eau des ménages (Basu et al., 2017; Hurlimann & Dolnicar, 2011; Singh, 2008). Une étude effectuée auprès de 7 communautés de l'Ouest du Kenya soutient que les ménages qui participent de manière très active à des réunions de prise de décision, plus consentants à payer pour l'aménagement des nouvelles sources d'eau (pompes manuelles, forages) ou qui payent régulièrement les frais de fonctionnement et d'entretien des ouvrages d'adduction de l'eau ont plus accès à l'eau que les autres ménages (Crow et al., 2012). Ce même constat est partagé par Singh (2008) qui a trouvé que la participation des acteurs locaux dans les zones rurales de l'Inde à la gouvernance des ressources en eau permettait de garantir l'efficacité, l'efficience et la durabilité de l'approvisionnement en eau des ménages. Nos résultats montrent que le modèle de la gouvernance locale de l'eau n'est pas efficace et comporte plusieurs lacunes au sein de la ville d'Amboasary-Atsimo. Les ménages ne sont pas engagés dans la problématique de l'approvisionnement en eau et attendent presque tous des autorités. Cette faible participation des ménages à la gestion de l'eau que ce soit en milieux urbains que ruraux malgaches est liée au faible niveau de compréhension des acteurs locaux du processus de décentralisation prônée dans la nouvelle loi sur l'eau (Marcus, 2007; Minten et al., 2005). Marcus (2007) estime que malgré l'autonomisation locale, l'amélioration de la responsabilité, l'engagement civique et l'équité à la suite du processus de décentralisation accéléré en 2002 par le président Marc Ravalomanana, on a assisté rapidement à un désengagement de l'Etat. Ce désengagement a donné le sentiment de « vous-êtes seuls » surtout dans les entités administratives pauvres (à l'occurrence le Sud de Madagascar). Cette situation a conduit à une politique imparfaite au niveau communautaire (c'est-à-dire des comités de points d'eau qui ne fonctionnent pas au

niveau des Fokontany) en cause de la faiblesse des institutions et des faibles niveaux d'investissements dans des projets d'adduction d'eau ou encore en cause des projets réalisés qui n'aboutissent pas à des résultats significatifs au niveau de la base (Marcus, 2012; Panizzoli, 2022). Plutôt que de donner aux communautés les moyens de gérer leurs propres ressources, la gestion au niveau communautaire a sapé une gouvernance efficace en permettant à l'État de se retirer et en minimisant les ressources économiques, tout en ignorant les capacités locales, la volonté locale et en augmentant le problème d'accès à l'eau (Marcus, 2012). Compte tenu des résultats obtenus et discutés dans les sections allant de 5.1.1 à 5.1.4 et 5.1.7, nous confirmons notre première hypothèse selon laquelle : *Dans un contexte de sécheresse, la consommation et l'accès à l'eau des ménages varient en fonction des facteurs démographiques, socioéconomiques, géographiques, infrastructurels, politiques et institutionnels.*

5.2. Perception des ménages sur l'influence de la sécheresse sur le problème d'eau

Les ménages sont partagés lorsque nous leur posons la question de savoir si la sécheresse est la principale cause de la pénurie d'eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo. Notre étude montre que 2 ménages sur 10 attribuent la pénurie d'eau à la mauvaise gouvernance et à la mauvaise planification municipale plutôt qu'à la sécheresse. Dans la ville Makhanda en Afrique du Sud, (Pamla et al., 2021) ont constaté également que malgré la prise de conscience des ménages sur la pénurie d'eau, une proportion importante attribuait cette pénurie à la mauvaise planification municipale plutôt qu'à la sécheresse et à des pratiques de gaspillage faites par certains citoyens riches. Dans notre cas, une régression logistique binaire a permis de constater que la perception de l'effet de la sécheresse sur la pénurie d'eau était significativement liée à certains facteurs démographiques, socioéconomiques et infrastructurels des ménages (Tableau 3). Les ménages dépendant de sources communautaires ou ayant un raccordement privé à domicile ont tendance à attribuer la pénurie d'eau aux facteurs institutionnels et politiques (mauvaise gouvernance). En revanche, les ménages qui possèdent de sources privées (puits, forage) dans leur domicile attribuent le problème d'eau à la sécheresse. Les ménages à faible revenu ayant un accès limité à l'électricité, au crédit formel, à la nourriture et ne possédant pas assez d'actifs attribuent également la pénurie d'eau dans cette ville aux problèmes de gouvernance (Tableau 3). Ainsi, certains chefs de ménage interrogés de la ville d'Amboasary-Atsimo estiment que les solutions durables aux pénuries d'eau passent par des améliorations infrastructurelles non seulement sur l'espace urbain mais aussi dans les ménages et par une gouvernance efficace des ressources d'eau à tous les niveaux (national, régional et local). Dans les PD, certains auteurs ont abouti aux mêmes résultats quand ils demandent aux ménages si le problème d'eau est dû à la sécheresse ou à d'autres facteurs. Une de ces études a été effectuée au Sud-Est de l'Angleterre. Cette dernière montre que les ménages ayant été touchés par la sécheresse de 2004-2006 estiment que le renforcement de la résilience en vue d'assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau passe par l'ingénierie, les solutions technologiques au niveau des ménages et la reconfiguration à grande échelle des réseaux d'infrastructures (Medd & Chappells, 2007). Ces résultats auxquels nous avons abouti permettent de confirmer notre deuxième hypothèse selon laquelle : *La perception des ménages sur le risque de sécheresse et sur l'intensité de ses impacts sur l'approvisionnement en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo varie en fonction des facteurs démographiques, socioéconomiques et infrastructurels.*

Conclusions, perspectives d'avenir et recommandations

Ce travail de fin d'études constitue une contribution à la compréhension des déterminants de la consommation et de l'accès à l'eau des ménages confrontés à la sécheresse persistante. La recherche a permis de comprendre comment les ménages mobilisent l'eau de consommation dans la ville d'Amboasary-Atsimo à Madagascar. Les résultats montrent que les ménages dépendant des sources communautaires (source, forage, robinet, puits publics) n'ont pas accès à l'eau en quantité et en qualité. La consommation de l'eau dans la ville est inégale et reste tributaire des caractéristiques démographiques, socioéconomiques et infrastructurelles, de la gouvernance locale et des comportements et pratiques des ménages. Même si les ménages sont conscients de la sécheresse, ils n'attribuent pas les pénuries d'eau observées à la seule sécheresse. Certains ménages estiment que le problème d'eau dans la ville est dû aux faibles investissements de l'Etat dans l'adduction de l'eau, à la vulnérabilité et à la faible capacité de résilience des ménages dus à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire chronique. La gouvernance locale de l'eau prônée par la décentralisation qui était censée renforcer les capacités des ménages à mobiliser l'eau reste inefficace. Les autorités publiques peinent à satisfaire les besoins en eau de cette ville confrontée à l'afflux des migrants venus des milieux ruraux conséquence de la persistance des épisodes de sécheresse qui affectent la production agricole dans les zones rurales du district d'Amboasary-Sud. Les pratiques quotidiennes et la priorisation des usages de l'eau sont utilisées par les ménages comme stratégies d'adaptation et de conservation de l'eau face à la sécheresse. L'étude montre que l'approche systémique basée sur les indicateurs de l'accès à l'eau combinée à la perception sur le risque et à la psychologie sociale et environnementale constitue un excellent outil pour appréhender les facettes de la demande urbaine en eau (dimension sociale, psychologique, économique, infrastructurelle, environnementale, politique et institutionnelle). Toutefois, l'inaccessibilité des données sanitaires n'a pas permis de creuser l'aspect sanitaire (prévalence des maladies diarrhéiques) associé au manque d'eau dans cette ville. Les recherches futures devraient étudier les scénarios d'évolution de la sécheresse et de ses effets sur la demande future en eau domestique dans cette ville. Ces scénarios permettront de mettre en place de stratégies locales d'adaptation des systèmes d'adduction et d'approvisionnement en eau et ainsi, contribuer au renforcement de la résilience future des ménages face aux pénuries d'eau dans ce contexte l'on prévoit une intensification des événements climatiques extrêmes. Au regard des résultats obtenus, nous suggérons à l'Etat malgache d'augmenter ses investissements dans les projets d'adduction d'eau. Les autorités régionales et locales devraient contribuer à améliorer et à conserver les ouvrages de collecte et de stockage de l'eau mis en place par les projets exécutés par les partenaires internationaux. L'Etat devrait également mettre en place une politique claire, efficace et adaptée à la gestion des ressources en eau dans une situation de sécheresse. En plus, l'amélioration des conditions de vie des communautés locales à travers la mise en place des projets à impact rapide par l'Etat et ses partenaires nationaux et internationaux peut aider les ménages à s'approprier la gouvernance de l'eau au niveau local qui est une des faiblesses du système de gestion des ressources en eau dans la ville d'Amboasary-Atsimo. L'amélioration de ces conditions de vie permettrait le renforcement de la résilience des ménages et accroîtrait leur capacité de mobilisation de l'eau sans attendre tout du gouvernement.

- Abbas, K., Xu, D., Li, S., & Baz, K. (2021). Health implications of household multidimensional energy poverty for women: A structural equation modeling technique. *Energy and Buildings*, 234, 110661. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110661>
- Abubakar, I. R. (2019). Factors influencing household access to drinking water in Nigeria. *Utilities Policy*, 58, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.03.005>
- Adams, E. A. (2018). Intra-urban inequalities in water access among households in Malawi's informal settlements: Toward pro-poor urban water policies in Africa. *Environmental Development*, 26, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.03.004>
- Ahopelto, L., Veijalainen, N., Guillaume, J., Keskinen, M., Marttunen, M., & Varis, O. (2019). Can There be Water Scarcity with Abundance of Water? Analyzing Water Stress during a Severe Drought in Finland. *Sustainability*, 11(6), 1548. <https://doi.org/10.3390/su11061548>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1970). The prediction of behavior from attitudinal and normative variables. *Journal of Experimental Social Psychology*, 6(4), 466–487. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(70\)90057-0](https://doi.org/10.1016/0022-1031(70)90057-0)
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-Behavior Relations: A Theoretical Analysis and Review of Empirical Research. *Psychological Bulletin*, 84(5), 888–918.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (2000). Attitudes and the Attitude-Behavior Relation: Reasoned and Automatic Processes. *European Review of Social Psychology*, 11(1), 1–33. <https://doi.org/10.1080/14792779943000116>
- Akmal, T., & Jamil, F. (2021). Testing the Role of Waste Management and Environmental Quality on Health Indicators Using Structural Equation Modeling in Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4193. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084193>
- Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 370–374. <https://doi.org/10.1002/wics.84>
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411–423. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.103.3.411>
- André, G., Bergeron, G., & Guyot, L. (2005). Contrôle structural et tectonique sur l'hydrogéologie karstique du plateau Mahafaly (domaine littoral semi-aride, sud-ouest de Madagascar). *Karstologia: Revue de Karstologie et de Spéléologie Physique*, 45(1), 29–40. <https://doi.org/10.3406/karst.2005.2563>
- Arbués, F., Barberán, R., & Villanúa, I. (2004). Price impact on urban residential water demand: A dynamic panel data approach. *Water Resources Research*, 40(11). <https://doi.org/10.1029/2004WR003092>
- Arbués, F., Bolsa, M. Á., & Villanúa, I. (2016). Which factors determine water saving behaviour? evidence from Spanish households. *Urban Water Journal*, 13(5), 511–520. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.994004>
- Basu, M., Hoshino, S., Hashimoto, S., & DasGupta, R. (2017). Determinants of water consumption: A cross-sectional household study in drought-prone rural India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.06.026>
- Beall, A., Fiedler, F., Boll, J., & Cosens, B. (2011). Sustainable Water Resource Management and Participatory System Dynamics. Case Study: Developing the Palouse Basin Participatory Model. *Sustainability*, 3(5), 720–742. <https://doi.org/10.3390/su3050720>
- Bogardi, J. J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., Pahl-Wostl, C., Vielhauer, K., & Vörösmarty, C. (2012). Water security for a planet under pressure: Interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(1), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.12.002>
- Bradley, A. P. (1997). The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition*, 30(7), 1145–1159. [https://doi.org/10.1016/S0031-3203\(96\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0031-3203(96)00142-2)

- Brelsford, C., & Abbott, J. K. (2017). Growing into Water Conservation? Decomposing the Drivers of Reduced Water Consumption in Las Vegas, NV. *Ecological Economics*, 133, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.012>
- Breyer, B., & Chang, H. (2014). Urban water consumption and weather variation in the Portland, Oregon metropolitan area. *Urban Climate*, 9, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.05.001>
- Cairncross, S., & Cuff, J. L. (1987). Water use and health in Mueda, Mozambique. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 81(1), 51–54. [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(87\)90280-X](https://doi.org/10.1016/0035-9203(87)90280-X)
- Calow, R. C., MacDonald, A. M., Nicol, A. L., & Robins, N. S. (2010). Ground water security and drought in Africa: Linking availability, access, and demand. *Ground Water*, 48(2), 246–256. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2009.00558.x>
- Carrière, S. D., Chalikakis, K., Ollivier, C., Heath, T., Mangin, M., Kempf, J., Randriatsitohaina, J. B., Gillon, M., Razakamanana, T., & Lapègue, J. (2018). Sustainable groundwater resources exploration and management in a complex geological setting as part of a humanitarian project (Mahafaly Plateau, Madagascar). *Environmental Earth Sciences*, 77(2018), 734. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7909-1>
- Carrière, S. D., Heath, T., Rakotomandrindra, P. F. M., Ollivier, C., Rajaomahefasoa, R. E., Rakoto, H. A., Lapègue, J., Rakotoarison, Y. E., Mangin, M., Kempf, J., Razakamanana, T., & Chalikakis, K. (2021). Long-term groundwater resource observatory for Southwestern Madagascar. *Hydrological Processes*, 35(e14108), 1–6. <https://doi.org/10.1002/hyp.14108>
- Carter, D. W., & Milon, J. W. (2005). Price Knowledge in Household Demand for Utility Services. *Land Economics*, 81(2), 265–283. <https://doi.org/10.3368/le.81.2.265>
- Chang, G. (2013). Factors influencing water conservation behavior among urban residents in China, arid areas. *Water Policy*, 15(5), 691–704. <https://doi.org/10.2166/wp.2013.093>
- Cooper, B. (2017). What drives compliance? An application of the theory of planned behaviour to urban water restrictions using structural equation modelling. *Applied Economics*, 49(14), 1426–1439. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1218430>
- Corbella, H. M., & Pujol, D. S. (2009). What lies behind domestic water use? A review essay on the drivers of domestic water consumption. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 50, 297–314.
- Crow, B., Swallow, B., & Asamba, I. (2012). Community Organized Household Water Increases Not Only Rural incomes, but Also Men's Work. *World Development*, 40(3), 528–541. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.08.002>
- da Veiga, F., Kalbusch, A., & Henning, E. (2022). Drivers of urban water consumption in Brazil: a countrywide, cross-sectional study. *Urban Water Journal*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2041049>
- Daoud, J. I. (2017). Multicollinearity and Regression Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 949(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/949/1/012009>
- de los Angeles García Valiñas, M. (2006). Analysing rationing policies: Drought and its effects on urban users' welfare (Analysing rationing policies during drought). *Applied Economics*, 38(8), 955–965. <https://doi.org/10.1080/00036840600638925>
- Dilling, L., Daly, M. E., Kenney, D. A., Klein, R., Miller, K., Ray, A. J., Travis, W. R., & Wilhelmi, O. (2019). Drought in urban water systems: Learning lessons for climate adaptive capacity. *Climate Risk Management*, 23, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.11.001>
- Dumelle, M., Kincaid, T., Olsen, A. R., & Weber, M. (2023). spsurvey : Spatial Sampling Design and Analysis in R. *Journal of Statistical Software*, 105(3), 1–29. <https://doi.org/10.18637/jss.v105.i03>
- Endter-Wada, J., Kurtzman, J., Keenan, S. P., Kjølgren, R. K., & Neale, C. M. U. (2008). Situational waste in landscape watering: Residential and business water use in an urban Utah community. *Journal of the American Water Resources Association*, 44(4), 902–920. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2008.00190.x>
- Enten, F. (2022). L'IPC à l'épreuve du kéré. Des pérégrinations d'un modèle voyageur en pays malgache. *Revue Internationale Des Études Du Développement*, 248, 31–58.
- Fan, J., Upadhye, S., & Worster, A. (2006). Understanding receiver operating characteristic (ROC) curves. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 8(1), 19–20. <https://doi.org/10.1017/S1481803500013336>

- Fielding, K. S., Russell, S., Spinks, A., & Mankad, A. (2012). Determinants of household water conservation: The role of demographic, infrastructure, behavior, and psychosocial variables. *Water Resources Research*, 48(10), W10510. <https://doi.org/10.1029/2012WR012398>
- Fox, J., & Hong, J. (2009). Effect Displays in R for Multinomial and Proportional-Odds Logit Models: Extensions to the effects Package. *Journal of Statistical Software*, 32(1), 1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v032.i01>
- Gilbertson, M., Hurlimann, A., & Dolnicar, S. (2011). Does water context influence behaviour and attitudes to water conservation? *Australasian Journal of Environmental Management*, 18(1), 47–60. <https://doi.org/10.1080/14486563.2011.566160>
- Grasham, C. F., Korzenevica, M., & Charles, K. J. (2019). On considering climate resilience in urban water security: A review of the vulnerability of the urban poor in sub-Saharan Africa. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6, e1344. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1344>
- Gregory, G. D., & Di Leo, M. (2003). Repeated Behavior and Environmental Psychology: The Role of Personal Involvement and Habit Formation in Explaining Water Consumption. *Journal of Applied Social Psychology*, 33(6), 1261–1296. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2003.tb01949.x>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>
- Harifidy, R. Z., & Hiroshi, I. (2022). Analysis of River Basin Management in Madagascar and Lessons Learned from Japan. *Water*, 14, 449. <https://doi.org/10.3390/w14030449>
- Hunter, P. R., Zmirou-Navier, D., & Hartemann, P. (2009). Estimating the impact on health of poor reliability of drinking water interventions in developing countries. *Science of the Total Environment*, 407, 2621–2624. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.018>
- Hurlimann, A., & Dolnicar, S. (2011). Voluntary relocation - An exploration of Australian attitudes in the context of drought, recycled and desalinated water. *Global Environmental Change*, 21(3), 1084–1094. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.03.003>
- Hurlimann, A., Hemphill, E., McKay, J., & Geursen, G. (2008). Establishing components of community satisfaction with recycled water use through a structural equation model. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1221–1232. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.06.002>
- Ilyasu, R., & Etikan, I. (2021). Comparison of quota sampling and stratified random sampling. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 10(1), 24–27. <https://doi.org/10.15406/bbij.2021.10.00326>
- INSTAT-CCER. (2019). *Troisième recensement général de la population et de l'habitation (RGPH-3). Résultats Préliminaires. Février 2019. Antananarivo (Madagascar)*, 79 p.
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Ale. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jabeen, G., Yan, Q., Ahmad, M., Fatima, N., & Qamar, S. (2019). Consumers' intention-based influence factors of renewable power generation technology utilization: A structural equation modeling approach. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117737. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117737>
- Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., & Amiri, M. B. (2019). The effect of humic acid and water super absorbent polymer application on sesame in an ecological cropping system: a new employment of structural equation modeling in agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40538-018-0131-2>
- Jorgensen, B., Graymore, M., & O'Toole, K. (2009). Household water use behavior: An integrated model. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.08.009>
- Kayser, G. L., Moriarty, P., Fonseca, C., & Bartram, J. (2013). Domestic water service delivery indicators and frameworks for monitoring, evaluation, policy and planning: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(10), 4812–4835. <https://doi.org/10.3390/ijerph10104812>
- Krishnakumar, J., & Ballon, P. (2008). Estimating Basic Capabilities: A Structural Equation Model Applied to Bolivia. *World Development*, 36(6), 992–1010.

- <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2007.10.006>
- Larmarange, J. (2023). *analyse R. Introduction à l'analyse d'enquêtes avec R et RStudio* [1397 p]. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4067185>
- Larson, B., Minten, B., & Razafindralambo, R. (2006). Unravelling the linkages between the Millennium Development Goals for poverty, education, access to water and household water use in developing countries: Evidence from Madagascar. *Journal of Development Studies*, 42(1), 22–40. <https://doi.org/10.1080/00220380500356258>
- Le Marechal, M., Fressard, L., Agrinier, N., Verger, P., & Pulcini, C. (2018). General practitioners' perceptions of vaccination controversies: a French nationwide cross-sectional study. *Clinical Microbiology and Infection*, 24(8), 858–864. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.10.021>
- Lebigre, J.-M., & Montel, Y. (2012). Vers une aggravation de la crise de l'eau dans le sud semi-aride de Madagascar? *Dynamiques Environnementales-Journal International Des Géosciences et de l'environnement*, 29, 81–89.
- Lecompte, D., & Raberinja, R. (1994). Typologie et articulation des espaces régionaux malgaches. *Cahiers d'outre-Mer*, 47(187), 329–358. <https://doi.org/10.3406/caoum.1994.3525>
- Lee, E. J., & Schwab, K. J. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *Journal of Water and Health*, 3(2), 109–127. <https://doi.org/10.2166/wh.2005.0012>
- Levêque, J. G., & Burns, R. C. (2017). A Structural Equation Modeling approach to water quality perceptions. *Journal of Environmental Management*, 197, 440–447. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.024>
- Lindsay, J., Dean, A. J., & Supski, S. (2017). Responding to the Millennium drought: comparing domestic water cultures in three Australian cities. *Regional Environmental Change*, 17, 565–577. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1048-6>
- Luetkemeier, R., & Liehr, S. (2018). Household Drought Risk Index (HDRI): Social-Ecological Assessment of Drought Risk in the Cuvelai-Basin. *Journal of Natural Resources and Development*, 8, 46–68. <https://doi.org/10.5027/jnrd.v8i0.06>
- Makki, A. A., Stewart, R. A., Panuwatwanich, K., & Beal, C. (2013). Revealing the determinants of shower water end use consumption: Enabling better targeted urban water conservation strategies. *Journal of Cleaner Production*, 60, 129–146. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.007>
- Makoni, M. (2021). Southern Madagascar faces “shocking” lack of food. The worst drought in 30 years has created a nutritional crisis of exceptional gravity according to aid organisations. *Lancet (London, England)*, 397(12), 2239. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01296-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01296-4)
- Manouseli, D., Anderson, B., & Nagarajan, M. (2018). Domestic Water Demand During Droughts in Temperate Climates: Synthesising Evidence for an Integrated Framework. *Water Resources Management*, 32(2), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1818-z>
- Marcus, R. R. (2007). Where Community-Based Water Resource Management has Gone Too Far Poverty and Disempowerment in Southern Madagascar. *Ashoka Trust for Research in Ecology and the Environment and Wolters*, 5(2), 202–231. <https://www.jstor.org/stable/26392881>
- Marcus, R. R. (2012). Whither the Community? Lessons Madagascar Can Learn from Israel's Water Policy. *Journal of Water Resource and Protection*, 04(10), 812–830. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2012.410094>
- Martínez-Espiñeira, R., García-Valiñas, M. A., & Nauges, C. (2014). Households' pro-environmental habits and investments in water and energy consumption: Determinants and relationships. *Journal of Environmental Management*, 133, 174–183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.002>
- Medd, W., & Chappells, H. (2007). Drought, demand and the scale of resilience: Challenges for interdisciplinarity in practice. *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(3), 233–248. <https://doi.org/10.1179/030801807X211748>
- Minten, B., Razafindralambo, R., Burton Randriamiarana, Z., & Larson, B. A. (2005). Water Pricing, the New Water Law, and the Poor: An Estimation of Demand for Improved Water Services in Madagascar. In *SSRN Electronic Journal* (Issue 687). <https://doi.org/10.2139/ssrn.430460>
- Muneer, S., Khalil, A., & Shabbir, J. (2022). A parent-generalized family of chain ratio exponential estimators in stratified random sampling using supplementary variables. *Communications in Statistics: Simulation and Computation*, 51(8), 4727–4748. <https://doi.org/10.1080/03610918.2020.1748887>
- Nancarrow, B. E., Leviston, Z., Po, M., Porter, N. B., & Tucker, D. I. (2008). What drives communities'

- decisions and behaviours in the reuse of wastewater. *Water Science and Technology*, 57(4), 485–491. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.160>
- Neimark, B. D., & Healy, T. M. (2018). Small-scale commodity frontiers: The bioeconomy value chain of castor oil in Madagascar. *Journal of Agrarian Change*, 18(3), 1–26. <https://doi.org/10.1111/joac.12231>
- Pamla, A., Thondhlana, G., & Ruwanza, S. (2021). Persistent droughts and water scarcity: Households' perceptions and practices in Makhanda, South Africa. *Land*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/land10060593>
- Panizzoli, A. (2022). Etude qualitative des pratiques et des freins à une gestion pérenne des petites infrastructures d'adduction en eau potable dans le Sud de Madagascar. *Etude Gestion Ouvrages – Madagascar*, 1–51.
- Praz, V., Morton, A., & Ian Matondo. (2013). Evaluation report. End-of-project Evaluation of the PSI Social Marketing Project in Madagascar. *United States Agency for International Development*, January(31), 125 p.
- Quesnel, K. J., Agrawal, S., & Ajami, N. K. (2020). Diverse paradigms of residential development inform water use and drought-related conservation behavior. *Environmental Research Letters*, 15, 124009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb7ae>
- Rabemanana, V., Violette, S., De Marsily, G., Robain, H., Deffontaines, B., Andrieux, P., Bensimon, M., & Parriaux, A. (2005). Origin of the high variability of water mineral content in the bedrock aquifers of Southern Madagascar. *Journal of Hydrology*, 310(1–4), 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.11.025>
- Rakotoarisoa, H. . (2021). *La dynamique du fleuve Mandrare et ses impacts sur la société dans la commune urbaine d'Amboasary Sud , Région Anosy*. Mémoire de Master en Géographie, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 92 p.
- Ramsey, E., Berglund, E. Z., & Goyal, R. (2017). The impact of demographic factors, beliefs, and social influences on residential water consumption and implications for non-price policies in urban India. *Water*, 9(11), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w9110844>
- Randriamparany, S. ., & Randrianalijaona, T. . (2022). The vulnerability of Antandroy women to droughts in Ambovombe Androy (Madagascar). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72(2022), 102821. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102821>
- Rasoloariniaina, J. R., Ganzhorn, J. U., & Raminosoa, N. (2015). Physicochemical and Bacteriological Water Quality Across Different Forms of Land Use on the Mahafaly Plateau, Madagascar. *Water Quality, Exposure and Health*, 7(2), 111–124. <https://doi.org/10.1007/s12403-014-0129-3>
- Reckwitz, A. (2002). Toward a theory of social practices: A development in culturalist theorizing. *Practicing History: New Directions in Historical Writing after the Linguistic Turn*, 5(2), 245–263. <https://doi.org/10.4324/9780203335697-23>
- Ross, T. T., Alim, M. A., & Rahman, A. (2022). Community-Scale Rural Drinking Water Supply Systems Based. *Water*, 14, 1763. <https://doi.org/10.3390/w14111763>
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36.
- Rowles, L. S., Whittaker, T., Ward, P. M., Araiza, I., Kirisits, M. J., Lawler, D. F., & Saleh, N. B. (2020). A Structural Equation Model to Decipher Relationships among Water, Sanitation, and Health in Colonias-Type Unincorporated Communities. *Environmental Science and Technology*, 54(24), 16017–16027. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05355>
- Russell, S., & Fielding, K. (2010). Water demand management research: A psychological perspective. *Water Resources Research*, 46(5), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2009WR008408>
- Russell, S. V., & Knoeri, C. (2020). Exploring the psychosocial and behavioural determinants of household water conservation and intention. *International Journal of Water Resources Development*, 36(6), 940–955. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1638230>
- Salami, Y. D. (2019). Impacts of sustained public education and improvised source protection on sustainable water resources in the developing world. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 14(3), 226–236. <https://doi.org/10.2495/SDP-V14-N3-226-236>
- Santibáñez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., Vega-Peña, E. V., Lindig-Cisneros, R., & Zavala-Hurtado, J. A. (2015). Structural equation modeling as a tool to develop conservation strategies using environmental indicators: The case of the forests of the Magdalena river basin in Mexico

- City. *Ecological Indicators*, 54, 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.022>
- Sarmah, K. ., & Hazarika, B. . (2012). Importance of the size of Sample and its determination in the context of data related to the schools of greater Guwahati. *Bull. Gauhati Univ. Math. Assoc*, 12, 55–76. <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.Journalarchive/materia1962/3.249?from=CrossRef>
- Sarter, G., & Sarter, S. (2012). Promoting a culture of food safety to improve hygiene in small restaurants in Madagascar. *Food Control*, 25(1), 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.023>
- Savenije, H. H. G., & Van der Zaag, P. (2008). Integrated water resources management: Concepts and issues. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33(5), 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.003>
- Serele, C., Pérez-Hoyos, A., & Kayitakire, F. (2020). Mapping of groundwater potential zones in the drought-prone areas of south Madagascar using geospatial techniques. *Geoscience Frontiers*, 11, 1403–1413. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.11.012>
- Shahangian, S. A., Tabesh, M., & Yazdanpanah, M. (2021). Psychosocial determinants of household adoption of water-efficiency behaviors in Tehran capital, Iran: Application of the social cognitive theory. *Urban Climate*, 39(August), 100935. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100935>
- Shahangian, S. A., Tabesh, M., Yazdanpanah, M., Zobeidi, T., & Raoof, M. A. (2022). Promoting the adoption of residential water conservation behaviors as a preventive policy to sustainable urban water management. *Journal of Environmental Management*, 313(April), 115005. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115005>
- Simpson, N. P., Shearing, C. D., & Dupont, B. (2020). Gated Adaptation during the Cape Town Drought: Mentalities, Transitions and Pathways to Partial Nodes of Water Security. *Society and Natural Resources*, 33(8), 1041–1049. <https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1712756>
- Sindane, J. ., & S. Modley, L.-A. . (2022). The impacts of poor water quality on the residential areas of Emfuleni local municipality: a case study of perceptions in the Rietspruit River catchment in South Africa. *Urban Water Journal*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2030763>
- Singh, N. (2008). Equitable gender participation in local water governance: An insight into institutional paradoxes. *Water Resources Management*, 22(7), 925–942. <https://doi.org/10.1007/s11269-007-9202-z>
- Singha, B., & Eljamal, O. (2020). A Review on Water Conservation and Consumption Behavior: Leading Issues, Promoting Actions, and Managing the Policies. *Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES)*, 6, 171–178. <https://doi.org/10.5109/4102484>
- Singha, B., Eljamal, O., Karmaker, S. C., Maamoun, I., & Sugihara, Y. (2022). Water conservation behavior: Exploring the role of social, psychological, and behavioral determinants. *Journal of Environmental Management*, 317(June), 115484. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115484>
- Singha, B., Karmaker, S. C., & Eljamal, O. (2023). Quantifying the direct and indirect effect of socio-psychological and behavioral factors on residential water conservation behavior and consumption in Japan. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106816. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106816>
- Slavíková, L., Malý, V., Rost, M., Petružela, L., & Vojáček, O. (2013). Impacts of Climate Variables on Residential Water Consumption in the Czech Republic. *Water Resources Management*, 27(2), 365–379. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0191-1>
- Sobsey, M. D., Stauber, C. E., Casanova, L. M., Brown, J. M., & Elliott, M. A. (2009). Response to comment on “Point of use household drinking water filtration: A practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world.” *Environmental Science and Technology*, 43(3), 970–971. <https://doi.org/10.1021/es8026133>
- Sousa, C. O. M., Teixeira, L. V., & Fouto, N. M. M. D. (2022). Midterm impacts of a water drought experience: evaluation of consumption changes in São Paulo, Brazil. *Water Policy*, 24(1), 179–191. <https://doi.org/10.2166/WP.2021.120>
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 29(3), 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.10.004>
- Untaru, E. N., Ispas, A., Candrea, A. N., Luca, M., & Epuran, G. (2016). Predictors of individuals’ intention to conserve water in a lodging context: the application of an extended Theory of Reasoned Action. *International Journal of Hospitality Management*, 59, 50–59.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.09.001>
- Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S* (Fourth). Springer.
<https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>
- Wang, C. H., & Dong, H. (2017). Responding to the drought: A spatial statistical approach to investigating residential water consumption in Fresno, California. *Sustainability*, 9, 240.
<https://doi.org/10.3390/su9020240>
- Wheeler, D., & Tiefelsdorf, M. (2005). Multicollinearity and correlation among local regression coefficients in geographically weighted regression. *Journal of Geographical Systems*, 7(2), 161–187. <https://doi.org/10.1007/s10109-005-0155-6>
- Worthington, A. C., & Hoffman, M. (2008). An empirical survey of residential water demand modelling. *Journal of Economic Surveys*, 22(5), 842–871. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2008.00551.x>
- Yinglan, A., Wang, G., Liu, T., Shrestha, S., Xue, B., & Tan, Z. (2019). Vertical variations of soil water and its controlling factors based on the structural equation model in a semi-arid grassland. *Science of The Total Environment*, 691, 1016–1026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.181>

Annexe 1. Questionnaire d'enquête

Je m'appelle **MUSUBAO KAPIRI Moïse**, originaire de la République Démocratique du Congo. J'étudie à l'Université de Liège (Belgique) et je réalise un travail sur les déterminants de l'accès à l'eau des ménages dans la ville d'Amboasary-Sud. *Les informations que vous fournissez sont strictement confidentielles et seront seulement utilisées pour le travail.* Merci de bien vouloir nous aider à compléter le formulaire ci-dessous.

Section I. Caractéristiques démographiques des ménages

1. Sexe du chef de ménage : a. Masculin b. Féminin
2. Niveau d'éducation du chef de ménage : a. Illettrés b. Alphabétisés (non formels) c. Primaire d. Secondaire e. Université
- 2a. Taille de ménage
3. Age du chef de ménage (ans)
4. Etat civil du chef de ménage : a. Marié (e)s b. Célibataires c. Veufs/Veuves d. Divorcé (e)s e. Union libre
5. Religion du chef de ménage : a. Catholique b. Musulman c. Protestant d. Autres
6. Secteur d'activité du chef de ménage (*plusieurs réponses sont possibles*) : a. Agriculture b. Elevage c. Artisanat d. Commerce e. Education f. Santé g. Secteur public h. Secteur privé i. Autres
7. Appartenance ethnique du chef de ménage: a. Tandroy b. Tanosy c. Betsileo d. Vezo e. Merina f. Autres
8. Statut du chef de ménage: a. Natif b. Migrant
9. Est qu'un membre ou plusieurs membres de votre ménage ont migré en cause de la sécheresse? a. Oui b. Non
- 9.1. Si Oui, quelle est la nature de cette migration? a. Court/moyen terme b. Long terme

Section II. Caractéristiques de l'habitat

10. Quel est le statut foncier de votre ménage? a. Propriétaire b. Locataire
11. Catégories de maisons selon la nature des matériaux: a. Murs en briques/Blocs ciment b. Murs en planches en bois c. Murs en bois d. Murs en feuilles de sisal
12. Quelle est la nature de votre toiture? a. Tôles b. Matériaux naturels (chaumes, feuilles) c. Tuiles
13. Utilisez-vous l'électricité dans votre ménage?: a. Oui b. Non
14. Quelle est la principale source de combustible pour la cuisson des aliments dans votre ménage? a. Bois de chauffe b. Charbon de bois c. Electricité d. Pétrole/Gaz

Section III. Caractéristiques économiques du ménage

15. Quelle est la principale source de revenu de votre ménage? a. Seulement l'agriculture b. Uniquement un travail en dehors de l'agriculture c. Les deux à la fois (a) et (b)
16. Le ménage a-t-il suffisamment accès à la nourriture (aliments)? a. Non b. Oui
17. Est-ce que votre ménage possède du bétail? a. Oui b. Non
18. Est-ce que votre ménage possède d'autres actifs (réfrigérateur, camion, voiture, vélo, charrettes)? a. Oui b. Non
19. Quel est le revenu moyen mensuel pour votre ménage.....Ariary?
20. Avez-vous accès au crédit formel dans une institution de microfinance ou une coopérative? a. Oui b. Non
21. Achetez-vous de l'eau auprès d'une autre personne pour les besoins de votre ménage? a. Oui b. Non
- 21.1. Si Oui, quel est le prix d'achat d'un bidon d'eau..... Ariary et d'un seau d'eau.....Ariary?
- 21.2. Quelle est votre fréquence d'achat de l'eau dans votre ménage par semaine? a. 1-2 jours b. 3-4 jours c. 5-7 jours

Section IV. Disponibilité et accessibilité de l'eau dans le ménage

22. Avez-vous une source privée et/ou raccordement privé au sein de votre ménage ? a. Oui b. Non

Questions pour les ménages ayant une source privée ou un raccordement privé

- 22.a.1. Si Oui, la quantité d'eau (en litres ou en nombre de bidons) que votre ménage consomme par jour?.....
- 22.a.2. Quel est montant mensuel que vous payez vous la consommation de l'eau?.....Ariary
- 22.a.3. Est-ce que les autorités de la ville règlementent la consommation de l'eau dans votre ménage? a. Oui b. Non

B

22.a.4. Est-ce que vos voisins qui n'ont pas de source privée viennent ici pour s'approvisionner en cas de pénurie?
a. Oui b. Non

22.a.5. Est-ce vous les faites payez l'eau? a. Oui b. Non. Prix d'un bidon.....Ariary

Questions pour les ménages qui utilisent une source d'eau communautaire

22.b.1. Si Non, quelle est la source d'eau potable pour votre ménage (*plusieurs réponses sont possibles*)? a. Robinet public b. Forage public c. Puits creusé protégé d. Puits creusé non protégé e. Source protégée f. Source d'eau non protégée g. Eau embouteillée/sachetée h. Impluviums

22.b.2. Quelle est la quantité d'eau collectée par le ménage par jour (en litres ou en nombre de bidons)?.....

22.b.3. Quelle est la quantité totale que vous utilisez dans le ménage par jour (litres ou en nombre de bidons)?
.....

22.b.4. Quel est le nombre d'aller-retour (AR) effectué par jour à la recherche de l'eau?

a. 1-2 AR b. 3-4 AR c. ≥ 5 AR

22.b.5. Qui s'occupe de la collecte de l'eau dans le ménage? a. Femmes adultes (> 18 ans) b. Jeunes filles (10-18 ans) c. Jeunes garçons (10-18 ans) d. Hommes adultes (> 18 ans) e. Enfants (≤ 10 ans)

22.b.6. Quelle est la distance entre le ménage et la source d'eau (en km)? a. ≤ 1 km b. 2-5 km c. 5-10 km d. > 10 km

22.b.7. Est-ce qu'il arrive que les enfants ratent l'école en cause de la recherche de l'eau? a. Oui b. Non

22.b.8. Quel est le temps pour se rendre au point d'eau (en minutes)? a. ≤ 30 min b. 30-60 min c. 1-2 h d. 3-4 h e. ≥ 5 h

22.b.9. Quel est le temps d'attente à un point d'eau avant d'être servi en eau? a. ≤ 15 min b. 15-29 min c. 30-60 min d. 1-2 h e. 3-4 h f. > 5 h

22.b.10. Pouvez-vous estimez le nombre d'heures totales consacrées à la recherche de l'eau par jour? a. < 1 h b. 1-3 h c. 4-6 h d. 7-8 h e. > 8 h

22.b.11. Est-ce que vous payez une personne pour le transport de l'eau de la source vers votre ménage? a. Oui b. Non

22.b.11.1. Quel est le coût de transport de l'eau de la source jusqu'au ménage?.....Ariary

22.b.11.2. Quels sont les principaux moyens de transport que vous utilisez ? a. Moto b. Vélo c. Charrette d. Camions citernes

Section V. Gouvernance de l'eau

23. Quelle est votre fréquence de la participation aux réunions de gestion des sources d'eau communautaires de votre quartier? [Echelle de Likert]; 1=Jamais 2=Rarement (une fois tous les 6 mois) 3=Parfois (pas régulièrement) 4=Souvent (de temps en temps) 5= Toujours (ne manque jamais une réunion)

24. Quelle est la fréquence à laquelle les demandes que vous formulez lors des différentes réunions sont prises en compte dans le processus de prise de décision local? [Echelle de Likert]; 1=Jamais 2=Rarement (une fois tous les 6 mois) 3=Parfois (pas régulièrement) 4=Souvent 5= Toujours (régulièrement)

25. Participez-vous aux travaux d'entretien des sources d'eau (puits, forages,...) communautaires? a. Oui b. Non

26. Payez-vous les frais d'entretien lorsque certaines pièces sont en panne? a. Oui b. Non

27. Etes-vous prêt à payer votre argent pour la construction de nouveaux points d'eau (puits, forages, source d'eau)? a. Oui b. Non

Section VI. Utilisations de l'eau et pratiques

28. Face à la rareté, quels sont les usages que vous faites principalement de l'eau que vous puisez (*plusieurs réponses sont possibles*)? a. Activités ménagères b. Lessive c. Douche d. Lavage moto/voiture/camion e. Utilisation des toilettes f. Arrosage de jardin

29. Quelle est la fréquence de lessive des habits face à la pénurie d'eau ? a. Je ne sais pas b. Tous les jours c. Hebdomadaire d. Bimensuelle

30. Combien des douches vous prenez par jour? a. 1 fois b. 2 fois c. Trois fois d. Parfois aucune

31. Quelle est la fréquence de lavage de votre moto/camion/voiture? a. Chaque jour b. Après 2-6 jours c. Après une semaine d. Quand je trouve que c'est sale

32. Quels sont les types d'installations sanitaires que vous utilisez dans votre ménage? a. Toilettes dont la chasse d'eau b. Latrines à fosse avec dalle c. Latrines à fosse sans dalle d. Défécation à l'air libre

Section VII. Stratégies de conservation et contraintes de l'accès

33. Est-ce que vous améliorez la qualité votre eau avant utilisation? a. Oui b. Non

33.1. Si Oui, quelles sont les techniques d'amélioration de la qualité de l'eau? a. J'attends que les impuretés coulent b. Je fais bouillir l'eau c. Je filtre l'eau d. J'ajoute le chlore ou l'eau de Javel

34. Est-ce que les enfants sont atteints par les maladies (diarrhée par exemple) en cause du manque d'eau? a. Oui b. Non

35. Quelles sont les stratégies de conservation de l'eau face à la sécheresse? a. Réutilisation de l'eau b. Réduction de la consommation d'eau pour les activités quotidiennes (lessive, bain, cuisine) c. Stockage de l'eau dans des tanks/bidons d. Fermeture des robinets e. Recueil des eaux de pluies f. Réduction du nombre de douches g. Espacement de la fréquence de lessive

36. Quelles sont les contraintes/défis de l'accès à l'eau dans votre ménage (*plusieurs réponses sont possibles*)? a. Baisse du niveau de la nappe phréatique b. Absence de systèmes d'adduction d'eau c. Absence de systèmes adaptés au stockage d'eau de pluie d. Absence de systèmes de transport d'eau e. Eloignement des points d'eau f. Systèmes de pompes obsolètes ou non fonctionnels faute de pièces de rechange g. Fuites et craquelures dans certains impluviums h. Ensablement des puits i. Absence d'entretien des ouvrages endommagés

37. Quelles sont les contraintes institutionnelles de l'approvisionnement et l'accès à l'eau dans la commune urbaine?

a. Manque de sensibilisation et d'encadrement des usagers b. Mauvaise gouvernance c. Faible participation de ménages à la prise de décision d. Mauvaise politique de distribution de l'eau e. Limitation de la main d'œuvre technique f. Mauvaise planification de la gestion de l'eau g. Insuffisance organisationnelle h. Inadéquation entre financement et recouvrement des tarifs

Section VIII. Perception sur la sécheresse

38. Pensez-vous que la sécheresse est responsable du problème d'eau dans votre ville? a. Oui b. Non

39. Quelle est votre perception sur l'ampleur des conséquences de la sécheresse sur l'eau dans la ville? a. Faible b. Moyen c. Elevé

Section IX. Comportements de ménages à la conservation de l'eau

Mettez le code de la réponse proposée par l'enquêté dans la case (Echelle de Likert 5-1): 5=tout à fait d'accord, 4=d'accord, 3=neutre, 2=pas d'accord, 1=pas du tout d'accord

Items	Attitudes
A1	J'essaie toujours de faire attention à la quantité d'eau utilisée.
A2	L'économie d'eau est plus importante que mon confort personnel.
A3	Je pense qu'économiser l'eau prend du temps et demande plus d'efforts (notation inverse)
A4	Je suis très passionné(e) par la conservation de l'eau.
	Conscience
C1	Je m'inquiète de la disponibilité de l'eau à l'avenir dans la ville
C2	Je m'inquiète des conséquences de la crise de l'eau sur la vie humaine dans la ville
C3	Les problèmes de pénurie d'eau m'inquiètent toujours depuis longtemps.
C4	La quantité d'eau utilisable est limitée dans la ville.
C5	Tout le monde devrait utiliser le moins d'eau possible.
C6	La sensibilisation aux problèmes de l'eau devrait commencer à l'école et à la maison.
	Responsabilité
R1	En tant que citoyens responsables, nous devons préserver l'eau.
R2	Nous devons économiser l'eau pour la prochaine génération/génération future.
R3	Nous devons développer la culture de l'économie d'eau dans tous les jeunes ménages.
R4	Nous devons surveiller fréquemment le compteur d'eau lorsque nous avons un raccordement privé
	Habitudes
H1	Je prends généralement une douche de plus courte durée
H2	Je ferme généralement l'eau pendant que je me brosse les dents, que je me savonne et que je me rase.

H3	Je ne laisse pas couler le robinet lorsque je nettoie les légumes et rince la vaisselle.
H4	Je réutilise la même eau pour plusieurs usages dans la cuisine
H5	J'utilise un minimum d'eau dans la cuisine.
	Emotions
E1	Je me sens bien quand je peux économiser de l'eau.
E2	Quelqu'un qui essaie d'économiser l'eau me rend heureux.
E3	Je suis agacé(e) lorsque je vois de l'eau gaspillée par un robinet ou des sources qui coulent.
E4	Je me sens dérangé(e) lorsque de l'eau est gaspillée dans des lieux publics (par exemple, une fuite d'eau dans la rue).
E5	Je me sens triste quand je vois que certaines personnes ne sont pas sensibilisées aux problèmes de l'eau.
E6	Je me sens coupable ou triste lorsque je gaspille de l'eau ou que quelqu'un d'autre le fait.
	Engagement personnel
EP1	Je participe généralement à tout programme de sensibilisation ou d'éducation concernant les questions de la gestion de l'eau.
EP2	Je discute fréquemment des problèmes liés à l'eau avec mes amis et ma famille.
EP3	Il est important pour moi de participer à un programme d'économie d'eau face à la sécheresse.
	Comportement de conservation de l'eau
CP1	J'économise l'eau chaque fois que je le peux.
CP2	Quand une personne du ménage économise l'eau, moi aussi j'économise directement
CP3	J'utilise des appareils qui économisent l'eau à la maison.
CP4	Le coût de l'eau influence la quantité d'eau utilisée et les comportements d'économie d'eau



Annexe 2. Illustrations : (a) Une maison à planche et (b) un système de stockage des eaux pluies endommagé dans le Fokontany de Kofala (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril 2023)



Annexe 3. Illustrations: (a) Un homme âgé venu puiser l'eau, (b) Un jeune garçon venu puiser l'eau avec une charrette, (c) Un éleveur a amené ses bovins s'abreuver là où les ménages récupèrent l'eau dans le lit mineur du fleuve Mandrare, (d) Les enfants puisent l'eau dans le lit mineur du fleuve Mandrare, (e) Les enfants se préparent au transport de l'eau vers le ménage en plein soleil, (f) Les enfants en cours de route avec l'eau transportée sur une brouette en bois (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023)



Annexe 4. Illustrations : (a) Une jeune fille se repose avant de transporter l'eau puisée, (b) Un homme adulte en cours de route avec des bidons sur une brouette, (c) L'eau puisée est stockée à l'extérieur de la maison dans des bidons et des tanks, (d) Un robinet dans un ménage disposant un raccordement privé à domicile (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023)



Annexe 5. Illustrations : (a) vu de dessous de la vallée du fleuve Mandrara avec des fentes et des fissures dans le sol indiquant l'ampleur des effets de la sécheresse et (b) le rétrécissement du lit mineur du fleuve Mandrara à la suite de la sécheresse : accumulation des sables (Clichés de MUSUBAO K. Moïse, Avril, 2023)