

# Une évaluation spatialement explicite de la vulnérabilité du secteur agricole au changement climatique dans l'Union des Comores

Document de Travail No. 205

CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)

Clement Bourgoin  
Louis Parker  
Armando Martínez-Valle  
Caroline Mwonera  
Peter Läderach



RESEARCH PROGRAM ON  
**Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security**



Working Paper



# **Une évaluation spatialement explicite de la vulnérabilité du secteur agricole au changement climatique dans l'Union des Comores**

Document de Travail No. 205

CGIAR Research Program on Climate Change,  
Agriculture and Food Security (CCAFS)

Clement Bourgoin  
Louis Parker  
Armando Martínez-Valle  
Caroline Mwonera  
Peter Läderach

**Citation correcte:**

Bourgoin C, Parker L, Martínez-Valle A, Mwongera C, Läderach P. 2017. Une évaluation spatialement explicite de la vulnérabilité du secteur agricole au changement climatique dans l'Union des Comores. Document de Travail No. 205. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Wageningen, Les Pays-Bas. Disponible à l'adresse suivante: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)

Titles in this Working Paper series aim to disseminate interim climate change, agriculture and food security research and practices and stimulate feedback from the scientific community.

The CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) is a strategic partnership of CGIAR and Future Earth, led by the International Center for Tropical Agriculture (CIAT). The Program is carried out with funding by CGIAR Fund Donors, Australia (ACIAR), Ireland (Irish Aid), Netherlands (Ministry of Foreign Affairs), New Zealand Ministry of Foreign Affairs & Trade; Switzerland (SDC); Thailand; the UK Government (UK Aid); USA (USAID); the European Union (EU); and with technical support from the International Fund for Agricultural Development (IFAD).

Published by the CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) with special financial contribution from IFAD – ASAP programme.

**Contact:**

CCAFS Program Management Unit, Wageningen University & Research, Lumen building, Droevendaalsesteeg 3a, 6708 PB Wageningen, The Netherlands. Email: [ccaafs@cgiar.org](mailto:ccaafs@cgiar.org)

Creative Commons License



This Working Paper is licensed under a Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivs 3.0 Unported License.

Articles appearing in this publication may be freely quoted and reproduced provided the source is acknowledged. No use of this publication may be made for resale or other commercial purposes.

© 2017 CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS)

**LIMITATION DE RESPONSABILITÉ**

**COPYRIGHT, PATENTS AND OTHER PROPRIETARY RIGHTS:** IFAD shall be entitled to all intellectual property and other proprietary rights including but not limited to patents, copyrights, and trademarks, with regard to products or documents and other materials which bear a direct relation to or are produced or prepared or collected in consequence of or in the course of the execution of this Contract.

The opinions expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily represent those of the International Fund for Agricultural Development (IFAD). The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of IFAD concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The designations “developed” and “developing” countries are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgement about the stage reached in the development process by a particular country or area. This document contains draft material that has not been subject to formal review. It is circulated for review and to stimulate discussion and critical comment.

This publication or any part thereof may be reproduced without prior permission from IFAD, provided that the publication or extract therefrom reproduced is attributed to IFAD and the title of this publication is stated in any publication and that a copy thereof is sent to IFAD.

## Résumé

Localisé entre le Mozambique et Madagascar, l'Union des Comores est un des pays les plus pauvres du monde. Sa très forte dépendance au secteur agricole couplée avec une densité de population élevée et d'un manque de gouvernance a conduit le pays vers une mauvaise gestion des ressources naturelles et d'une dégradation importante des terres. De plus, le pays fait face à de nombreux risques environnementaux tels que la sécheresse, l'érosion du sol et les inondations. Caractérisé par deux saisons de culture et d'un microclimat favorable à l'agriculture, il existe un réel potentiel d'augmentation de la production agricole et notamment de la culture de la banane (*Musa acuminata*), du manioc (*Manihot esculenta*) et de la tomate (*Lycopersicon esculentum*). Dans le but d'améliorer la sécurité alimentaire et de générer des opportunités de revenus pour les populations rurales pauvres, l'analyse des chaînes de valeurs de ces trois cultures est positionnée au cœur des projets du Fond International de Développement Agricole (IFAD). Cette étude vise à caractériser les potentiels impacts liés au changement climatique sur ces chaînes de valeurs et utilise une approche de modélisation spatiale associée aux outils de SIG dans le but de proposer des recommandations préliminaires sur comment gérer les risques climatiques et accroître la résilience des petits agriculteurs.

## Mots clés

Modélisation d'aptitude climatique; Analyse de vulnérabilité climatique; Cartographie de l'érosion des sols; banane; manioc; tomate; Ecocrop; Union des Comores.

## Concernant les auteurs

**Clement Bourgoïn** détient un diplôme d'ingénieur en agronomie spécialisé sur les systèmes d'information géographique (SIG) et la télédétection. Clément est un chercheur accueilli au sein du Centre International d'Agriculture International (CIAT) basé à Hanoi, Vietnam. Il s'intéresse actuellement à estimer par modélisation et via une approche géographique la vulnérabilité climatique de certaines cultures clés dans plusieurs pays.

Email: [bourgoin.clement2@gmail.com](mailto:bourgoin.clement2@gmail.com)

**Louis Parker** détient une maîtrise en hydrologie, sciences et gouvernance. Louis est un chercheur du CIAT spécialisé en analyses géo-spatiales à Hanoi, Vietnam. Son travail est centré sur la modélisation et cartographie des aptitudes climatiques culturelles et l'estimation de l'impact du changement climatique sur les systèmes agricoles tropicaux et sur la sécurité alimentaire.

Email: [l.parker@cgiar.org](mailto:l.parker@cgiar.org)

**Armando Isaac Martínez-Valle** est un chercheur du CIAT basé à Managua, Nicaragua. Il détient une maîtrise en technologies de l'information géographique pour la gestion des terres avec un accent sur les SIG et la Télédétection. Il travaille actuellement dans la recherche pour le développement sur les thématiques de modélisation de l'impact du climat sur agriculture, la sécurité alimentaire et le changement climatique.

Email: [a.i.martinez@cgiar.org](mailto:a.i.martinez@cgiar.org)

**Caroline Mwongera** a rejoint le CIAT à Nairobi (Kenya) en février 2013 en tant que chercheur postdoctoral. Caroline détient plus de 7 ans d'expérience dans les systèmes de culture, le changement climatique, l'écologie, la biodiversité, les ressources génétiques, les systèmes de semences et la recherche-action participative, en mettant l'accent sur les petits agriculteurs. Elle est titulaire d'un doctorat en biologie de Montpellier SupAgro (France) et d'une maîtrise en sciences des semences de l'Université Moi (Kenya).

Email: [c.mwongera@cgiar.org](mailto:c.mwongera@cgiar.org)

**Peter Läderach** détient une maîtrise en géographie et un doctorat en agriculture tropicale. Peter est actuellement le leader de la thématique du changement climatique au CIAT. Au cours des 10 dernières années, Peter s'est occupé à étendre les zones de recherche de l'unité « Decision And Policy Analysis » (DAPA) vers l'Amérique centrale, l'Afrique de l'Est et l'Asie du Sud-Est, où il a établi des groupes de recherche interdisciplinaires en formant des partenariats, et la publication intensive. La passion de Peter est de mener des recherches qui mènent à des impacts visibles; Sa recherche soutient le secteur privé, les ONG, les gouvernements et les agences multinationales pour prendre des décisions fondées sur des données probantes et produire des impacts sur le terrain.

Email: [p.laderach@cgiar.org](mailto:p.laderach@cgiar.org)

## Remerciements

Ce rapport a été préparé avec le financement du Fond International de Développement Agricole (FIDA) pour le Centre International d'Agriculture Tropicale (CIAT). Les auteurs aimeraient remercier les personnes suivantes pour leur disponibilité et pour avoir pris le temps de partager leur connaissance sur la situation dans l'Union des Comores et leurs données précieuses: Karim Ali Ahmed (Analyste de programme, Développement durable de l'énergie environnementale, PNUD), Ismael Bachirou (Directeur Général de l'Environnement et des Forêts, Ministre de la Production, L'Environnement, de l'Energie, de l'Industrie et de l'Artisanat), le Colonel Ismael Mogne Daho (Directeur Général, Direction Générale de la Sécurité Civile), Tachrif Hamadi (Spécialiste GIS, Direction Générale de la Sécurité Civile), Saifidine Mohibaca Baco (Chargé de L'Agrométéorologie, l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie), Madame An-Ynaya Bintie Abdourazakou (Directrice de la Météorologie et Représentante Permanente, Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie). Les auteurs souhaiteraient également remercier les participants à la mission de conception du FIDA qui s'est tenue en mai 2016: Bertrand Reysset, Rosalie Lehel, Nobataine Ali Mohamed, Valentine Achancho, Ibrahima Bamba, Maria Hartl, Jean-Charles Heyd, Emmanuel Njukwe et Philippe Nguala Luzietoso. Hugh Doulton et son équipe de Dahari (une ONG). Enfin, nous tenons à remercier Claire Wheatley pour ses précieuses compétences en rédaction et Anne Downes pour la relecture de ce rapport.

## Liste des abréviations

ASAP	Adaptation for Smallholder Agriculture Programme
AVCDP	Agricultural Value Chains Development Programme
CCAFS	CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security
CIAT	International Center for Tropical Agriculture
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project phase 5
CSA	climate-smart agriculture
DAPA	Decision and Policy Analysis research area
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCM	global climate model
GDP	gross domestic product
GIS	geographic information system
IFAD	International Fund for Agricultural Development
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	land use, land-use cover and forestry
NGO	non-governmental organization
NRM	natural resource management
PNDHD	<i>Programme Nationale de Développement Humain Durable</i>
RCP	Representative Concentration Pathway
RGPH	General Population and Housing Census
SCA2D	<i>Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable</i>
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme



# Sommaire

Résumé.....	i
Concernant les auteurs.....	ii
Remerciements.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
1. Introduction.....	2
2. Contexte.....	4
2.1 Zone d'étude.....	4
2.2 Contexte socio-culturel.....	5
2.3 Les ressources naturelles et leur gestion.....	8
3. Méthode.....	12
3.1 Estimer la vulnérabilité.....	12
3.2 Modélisation des cultures au changement climatique.....	14
3.3 Présentation des données d'exposition, sensibilité et capacité d'adaptation.....	15
4. Résultats.....	18
4.1 Exposition.....	18
4.2 Sensibilité.....	24
4.2.1 Résultats climatiques.....	24
4.2.2 Modélisation climatique pour la banane, le manioc et la tomate.....	31
4.2.3 Changement d'aptitude climatique pour la banane, le manioc et la tomate.....	31
4.2.4 Déplacement en altitude et changement d'aptitude climatique.....	32
4.2.5 Sensibilité de la banane ( <i>Musa acuminata</i> ).....	32
4.2.6 Sensibilité du manioc ( <i>Manihot esculenta</i> ).....	34
4.2.7 Sensibilité pour la tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ).....	35
4.3 Capacité d'adaptation.....	35
5. Discussion.....	37
6. Recommandations.....	39
6.1 Pistes d'étude pour une production durable.....	39
6.2 Approches multi-bénéfiques.....	41
6.3 Avantages des bonnes pratiques agricoles.....	41
6.4 Analyses des alternatives.....	41
7. Références.....	45

## Liste des tableaux

1. Paramètres climatiques Ecocrop.....	15
2. Présentation des données collectées.....	16
3. Capacité d'adaptation de l'Union des Comores, sur la base de plusieurs indicateurs socio-économiques.....	36

## Liste des figures

1.	La carte présente la localisation des Comores, les zones ciblées par le projet ainsi que les localités d'intervention.....	4
2.	Le graphique affiche les 17 cultures les plus importantes aux Comores en termes de superficie récoltée (ha) et de leur valeur nette de production (VNP). Ces données sont des moyennes calculées à partir des cinq dernières années disponibles (2009-2013).....	6
3.	Le graphique affiche la valeur actuelle moyenne annuelle (USD) des 3 premières cultures en ce qui concerne l'importation nationale et l'exportation.....	7
4.	Organigramme permettant d'évaluer la vulnérabilité des cultures.....	13
5.	Risques affrontés par l'Union des Comores .....	19
6.	Risque d'érosion du sol / Évaluation d'érosion du sol.....	23
7.	a) Tendances historiques des températures dans l'archipel des Comores, de 1951 à 2011. b) Tendances historiques des températures dans l'archipel des Comores, pour la saison chaude/humide et la saison froide/sèche, de 1951 à 2011. c) Tendances historiques des précipitations dans l'archipel des Comores, de 1951 à 2011. d) Tendances historiques des précipitations dans l'archipel des Comores, pour la saison chaude/humide et la saison froide/sèche, de 1951 à 2011 .....	26
8.	a) Température moyenne annuelle actuelle b) Prévion pour 2050 de la température moyenne c) Carte des changements de température d) Précipitation annuelle totale e) Prévion pour 2050 des précipitations annuelles totales f) Carte des changements de précipitations.....	29
9.	Aptitude climatique actuelle et future (2030 et 2050 et changement) pour la banane, le manioc et la tomate .....	30
10.	Boites à moustache montrant le pourcentage de changement jusqu'à 2050 sous RCP 8.5 avec un seuil de 50% et 75% .....	31
11.	Relation entre l'aptitude climatique actuelle (et future) et l'altitude pour les trois cultures ciblées.....	33
12.	Délimitations des bassins versants dans l'Union des Comores.....	44

## Liste des photos

1.	Les pentes sont sujettes à l'érosion provoquant une perte de sol .....	8
2.	Distilleur Lyang lyang. Le bois est la source majeure d'énergie.....	10

# 1. Introduction

Un changement climatique progressif devrait entraîner une augmentation des températures et une altération des précipitations partout dans le monde. Cependant, les impacts du changement climatique sur les conditions météorologiques ne se feront pas de manière uniforme dans l'espace; Certaines zones peuvent subir des conditions plus chaudes, plus humides, d'autres subiront des températures plus élevées et des conditions plus sèches. En raison des changements climatiques, les risques associés, tels que l'élévation du niveau de la mer, les inondations, les sécheresses et les cyclones tropicaux, s'intensifieront et augmenteront dans la plupart des cas.

Les défis engendrés par le changement climatique sont sans aucun doute devenus des enjeux contemporains, car des stratégies d'adaptation sont déjà nécessaires, notamment en ce qui concerne les communautés rurales qui doivent faire face à ces nouveaux défis climatiques. Il est nécessaire de veiller à ce que les communautés rurales aient la capacité de gérer ces défis afin de protéger leurs moyens de subsistance. Les impacts du changement climatique sur ces communautés seront déterminés en tenant compte des facteurs environnementaux et socio-économiques. Les prédictions indiquent que certaines zones peuvent faire face à des changements climatiques plus extrêmes avec des contraintes climatiques plus importantes; Cependant, la manifestation de cette pression climatique sera déterminée par la capacité de la population d'y faire face. Comprendre quelles communautés sont les plus à risque et donc plus vulnérables aux changements climatiques est une tâche complexe, motivée par de multiples facteurs déterminants, y compris l'identification des changements climatiques. La vulnérabilité peut être définie comme une combinaison d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation. De nombreuses sources de données spatialisées et de revues scientifiques ont montré la capacité de pouvoir identifier les communautés les plus vulnérables.

Les communautés rurales des pays en développement sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques et à l'intensification des risques climatiques. L'Union des Comores est l'un des pays les plus pauvres du monde et fait face à plusieurs risques environnementaux, notamment la sécheresse, l'érosion des sols et les inondations.

Nous devons comprendre et classer par ordre de priorité à l'échelle infranationale, les districts et les communautés les plus vulnérables aux changements climatiques. L'analyse géo spatiale offre une occasion d'identifier objectivement et de façon rigoureuse les communautés les plus vulnérables. De nombreuses et variées couches de données peuvent être explorées et comparativement analysées pour identifier les tendances et le phénomène de regroupement de l'information spatiale. Comme on l'a noté, la vulnérabilité est complexe et déterminée par de multiples paramètres; Les dimensions spatiales et temporelles sont très importantes afin d'aborder la notion de vulnérabilité. Une approche géo spatiale peut aider à capter une partie de cette complexité, en particulier lorsqu'elle opère à l'échelle nationale. La résolution de l'analyse est directement dépendante de celle des données disponibles.

Le Fond International de Développement Agricole (FIDA) en est aux premiers stades de la préparation d'un programme de développement des chaînes de valeur agricoles (AVCDP) dans

l'Union des Comores. L'objectif principal de l'AVCDP est de contribuer à améliorer la sécurité alimentaire et à créer des opportunités de revenus pour les populations rurales pauvres, en particulier les femmes et les jeunes, en promouvant les chaînes de valeur du manioc, de la banane et de la tomate. Cet objectif sera poursuivi par trois objectifs spécifiques dans les chaînes de valeur ciblées:

- Accroître la production et la productivité;
- Renforcer les capacités techniques et organisationnelles des producteurs;
- améliorer la conservation, la transformation et la commercialisation.

L'approche de mise en œuvre du programme comprendra des activités spécifiques visant à améliorer l'état nutritionnel des ménages et à renforcer la résilience aux effets du changement climatique aux niveaux de production, de récolte, de post-récolte et d'infrastructure. L'AVCDP couvrira les communautés rurales de l'Union des Comores. L'unité de ciblage est le village comme un territoire défini avec une dynamique socio-économique homogène. Les activités du programme seront organisées autour de trois composantes techniques:

- le renforcement des capacités et le soutien à l'organisation des producteurs;
- soutien à la production agricole intelligente et résiliente du climat;
- l'amélioration des activités après la récolte, la transformation et le soutien à la commercialisation.

Pour l'AVCDP, le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT) avait pour mission de réaliser une évaluation du climat et d'atteindre les objectifs suivants:

**Objectif 1:** Évaluer la vulnérabilité de la chaîne alimentaire et les moyens de subsistance ruraux au changement climatique dans l'Union des Comores, sur la base d'indicateurs agricoles, biophysiques et socio-économiques. L'accent est mis sur les trois principales cultures produites dans le pays: le manioc, la banane et la tomate.

**Objectif 2:** Fournir des outils spatialement explicites pour cibler les zones les plus vulnérables et permettre aux décideurs d'identifier à l'échelle infranationale les zones qui offrent des emplacements appropriés pour orienter les investissements organisationnels et monétaires pour le renforcement des capacités dans les communautés vulnérables susceptibles d'être touchées par le changement climatique.

L'étude a été financée par le Programme d'adaptation pour les petits exploitants agricoles (PAEA) du FIDA.

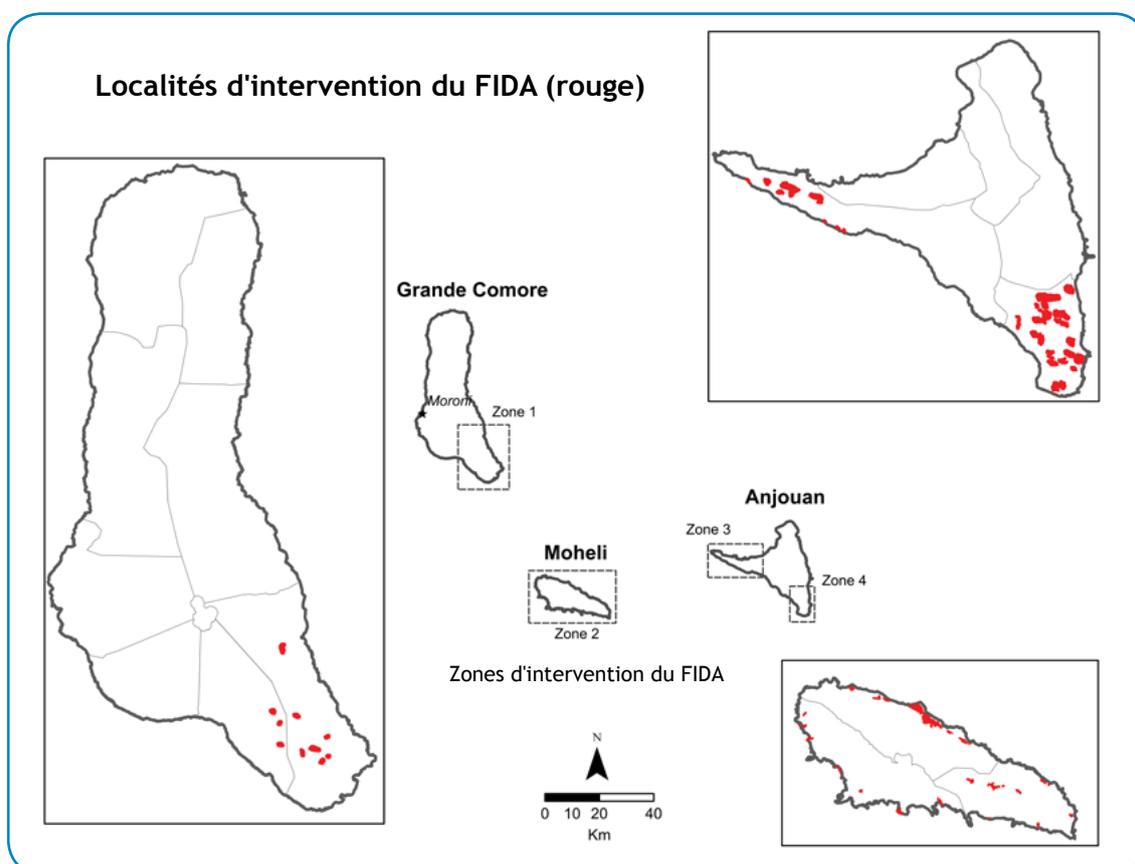
Afin d'atteindre cet objectif global, les différentes sections du rapport seront les suivantes: le chapitre 2 met en lumière le domaine d'étude et le contexte socio-culturel-économique; le chapitre 3 présente la méthodologie et les données; le chapitre 4 se concentre sur l'analyse de l'historique climatique et ses tendances ainsi que l'évaluation de la vulnérabilité des cultures, le chapitre 5 rassemble tous les résultats et évalue les impacts sur les chaînes de valeur étudiées et enfin, le chapitre 6 fournit des recommandations sur la conception et la mise en œuvre du projet.

## 2. Contexte

Cette section présente la position géographique socio/culturelle/économique de l'Union des Comores.

### 2.1 Zone d'étude

L'Union des Comores (1,826 km<sup>2</sup>) est constituée de trois îles: Grande Comore, Mohéli et Anjouan localisées entre le nord de Mozambique et Madagascar. Les quatre zones ciblées, en relation avec le projet d'investissement antérieur de l'IFAD, sont situées dans différentes régions climatiques, biophysiques et agricoles. Elles sont réparties dans les trois principales îles de l'Union des Comores, comme indiqué dans la Figure 1.



**Figure 1.** La carte présente la localisation des Comores, les zones ciblées par le projet ainsi que les localités d'intervention

Les trois îles sont d'origines volcaniques et possèdent une topographie spectaculaire avec de fortes variations dans l'élévation, allant de zones côtières basses à des pics de plus de 2000, et par un drainage radial alimenté par de courtes rivières à débit saisonnier. Cependant, le réseau hydrique est variable d'une île à une autre, avec par exemple une absence de cours d'eau sur l'île de Grande Comores. L'union jouit d'une bonne pluviométrie répartie sur deux saisons de culture, et d'un microclimat favorable à l'agriculture et à une production diversifiée. L'Union des

Comores est confrontée à de nombreux risques comme notamment les cyclones tropicaux, les sécheresses et les glissements de terrain. Les régions côtières sont menacées par la montée du niveau marin, comme par exemple l'ouest Anjouan qui devrait être la zone la plus vulnérable aux Comores. Les autres menaces comprennent: les inondations, les tempêtes, les raz de marée, les phénomènes saisonniers accentués, les vents violents, les feux de brousse, les épidémies (paludisme, le choléra, la typhoïde, etc.), et les éruptions volcaniques.<sup>1</sup>

## 2.2 Contexte socio-culturel

Il existe une très forte pression exercée sur les ressources naturelles déjà limitées. Cette pression est liée à la combinaison de différents facteurs comme par exemple des taux de pauvreté et des densités de population (de plus de 200 jusqu'à 1000 habitants/km<sup>2</sup>) élevés ainsi que d'une forte dépendance sur l'agriculture et la pêche. En raison d'un manque de pratiques environnementales, cette pression provoque souvent la dégradation des ressources naturelles. En effet, le faible développement des activités économiques et la dépendance des communautés à prédominance rurale sur les ressources naturelles indique une forte pression humaine sur les ressources et les écosystèmes. Cela se traduit par la dégradation des terres (57% des terres agricoles), la déforestation (500 ha/an). Le manque de gouvernance a conduit à une mauvaise gestion des ressources naturelles. Les pratiques d'utilisation des terres inappropriées ont déclenché l'érosion des sols, la réduction de la productivité, ce qui conduit à une plus grande pauvreté pour une population qui est largement tributaire de l'agriculture pour sa subsistance.

Les projections démographiques estiment une population nationale d'environ 735000 habitants en 2013, et qui devrait atteindre 785 000 d'ici 2015 Celle-ci occupe une superficie totale de 1826 km<sup>2</sup> soit l'équivalent de 403 personnes par km<sup>2</sup>, ce qui lui donne une densité de population très élevée. En outre, 72% de la population vit en milieu rural. Les densités de population ont atteint des limites critiques à Anjouan; et dans la région de Nyumakélé, où elles dépassent les 1000 habitants par kilomètre carré de terre arable. Par conséquent, les principaux problèmes actuels de conservation de l'environnement pourraient empirer si l'union ne prend pas immédiatement les mesures appropriées pour remédier à cette tendance démographique.<sup>2</sup>

D'après le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH), une autre caractéristique de la population comorienne est sa jeunesse (53% de la population à moins de 20 ans). De plus, l'âge moyen de la population est de 24,1 ans.

Les principales activités économiques de la population comorienne sont répertoriés suivant cet ordre d'importance : (i) l'agriculture, (ii) la pêche, (iii) les petites entreprises et leurs activités

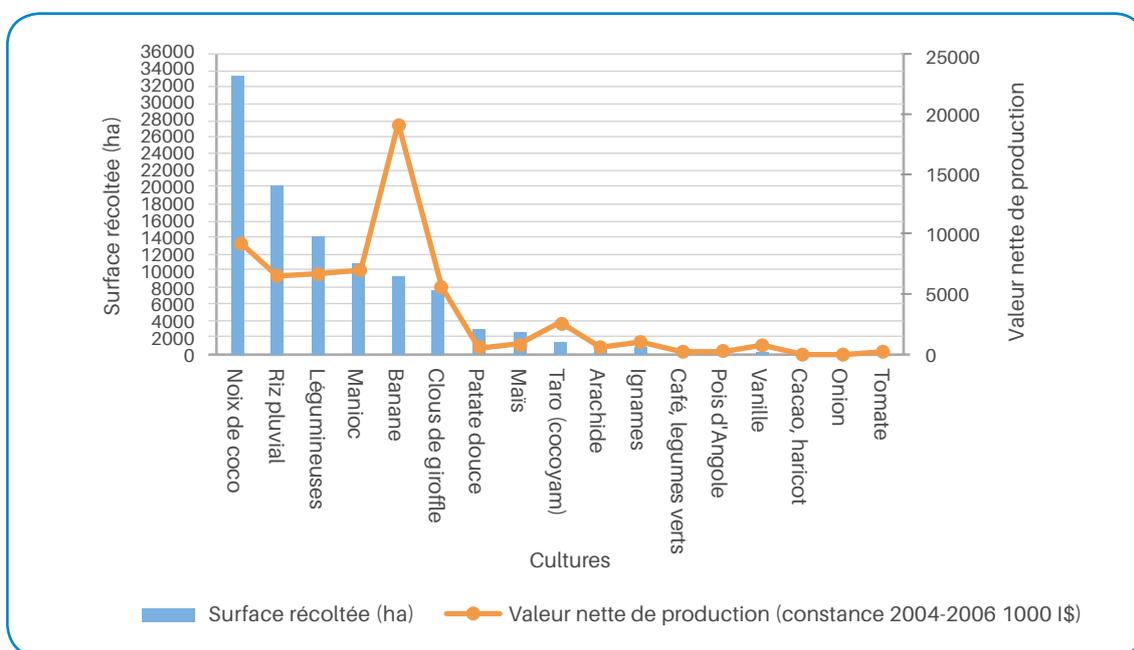
---

1 Union of Comoros: Action Plan for the implementation of the 2010-2014 Poverty reduction and growth strategy.

2 Union of the Comoros: Poverty Reduction and Growth Strategy Paper. International Monetary Fund. 2010.

commerciales, (iv) travaux à petite échelle, (v) l'élevage, (vi) la maçonnerie, (vii) la fonction publique, (viii) de l'industrie artisanale, (ix) le travail non qualifié, et (x) le service domestique.

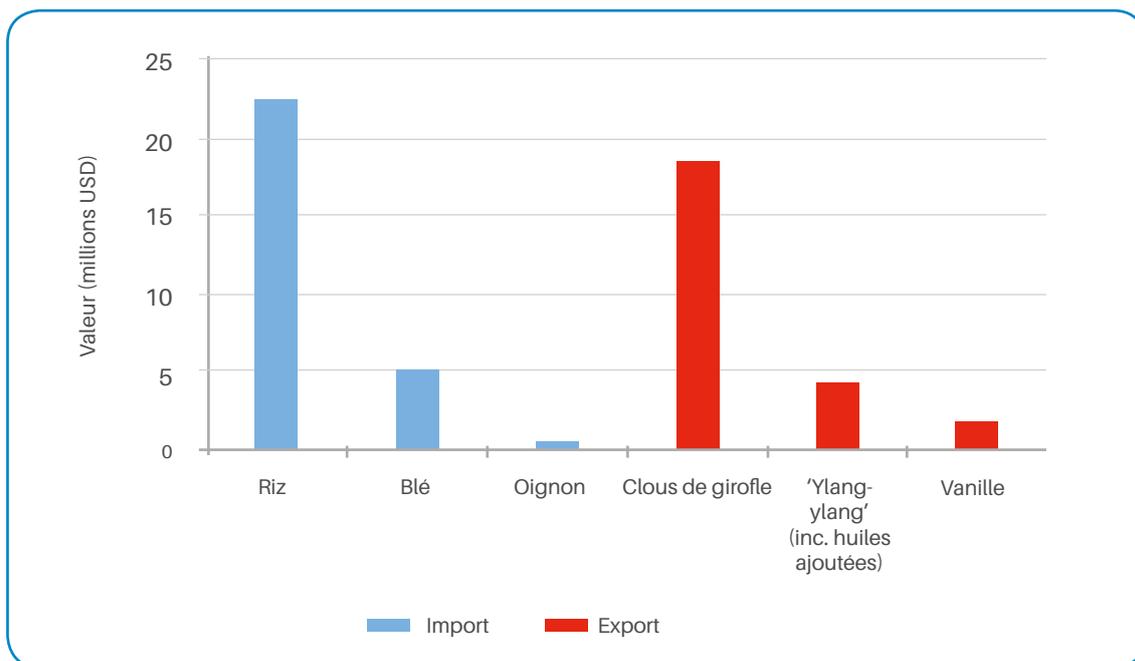
L'agriculture contribue à 46% du PIB et représente environ 57% de l'emploi générant 90% du total des recettes d'exportation<sup>2</sup> Le secteur agricole est généralement caractérisé par les cultures suivantes et peuvent être regroupées en: cultures vivrières (banane, taro, manioc et noix de coco), les cultures commerciales de légumes (tomate, laitue, pommes de terre et oignon), les cultures d'exportation (vanille, girofle, ylang-ylang, café, et poivre), la production de verger (agrumes, avocat, mangue, fruit du jacquier, et goyave), et la foresterie. On note que la noix de coco (33327) le riz (20400), les légumineuses (14195), le manioc (10948) et la banane (9471) sont les cultures avec les plus grandes superficies récoltées et dont les valeurs de productions nettes sont les plus élevées (Figure 2).



**Figure 2.** Le graphique affiche les 17 cultures les plus importantes aux Comores en termes de superficie récoltée (ha) et de leur valeur nette de production (VNP). Ces données sont des moyennes calculées à partir des cinq dernières années disponibles (2009-2013).

Source des données: FAOSTAT 2015

En dépit de la production alimentaire diversifiée et du potentiel agricole de l'Union, le riz est encore l'aliment de base de base dans le régime alimentaire Comorien, et il est principalement importé; avec un taux d'importation annuel moyen totalisant 22.39 millions USD (2009-2013). La deuxième plus grande importation en ce qui concerne la valeur économique est le blé, suivi de l'oignon (Figure 3). Selon les dernières données d'exportation (2009-2013), la principale exportation est le clou de girofle (18,38 millions de dollars), suivie par ylang-ylang et d'autres essences de parfum (4,34 millions USD) et la vanille (1,86 millions USD).



**Figure 3.** Le graphique affiche la valeur actuelle moyenne annuelle (USD) des 3 premières cultures en ce qui concerne l'importation nationale (bleu) et l'exportation (rouge). L'information est tirée d'une moyenne de 5 ans des années les plus récentes disponibles (2009-2012).  
Source des données: FAOSTAT 2015

Il est remarquable que la noix de coco possédant la plus grande aire récoltée (ha) ne fasse pas partie des trois plus importantes cultures d'exportation, suggérant ainsi qu'elle est majoritairement consommée localement. En effet, l'importation de noix de coco en provenance de Madagascar est très importante suite à une forte attaque subi par les plantations il y a une décennie. Le stockage et la transformation des produits agricoles, qui sont des activités à forte valeur ajoutée, sont encore limités.<sup>3</sup>

Malgré la prédominance de l'agriculture, près de la moitié des Comoriens vivent en dessous du seuil de pauvreté (1,25 dollars US par jour) et 50% d'entre eux sont situés dans les zones rurales.<sup>4</sup> Plus de 50% de la main-d'œuvre agricole est assurée par les femmes.

Le taux d'alphabétisation aux Comores a été dernièrement mesuré à 77,0 en 2013 selon la Banque mondiale, avec un rang de 163 sur 194. L'alphabétisation étant plus faible pour les femmes (49,3%) comparativement à 63,6% pour les hommes.

Les ménages comprenant en moyenne 5,8 personnes qui vivent en grande partie de l'agriculture de subsistance. Seulement 20% de la nourriture produite localement est vendu, ce qui rend l'accès aux fonds monétaires difficile pour les agriculteurs. Les statistiques indiquent que chaque personne qui travaille prend en charge 3,4 personnes inactives ou au chômage. Dans de telles

<sup>3</sup> FAOSTAT.

<sup>4</sup> Banque mondiale (2014).

circonstances, le manque d'épargne empêche souvent la population de prendre des mesures pour réduire leur vulnérabilité aux risques naturels. 10% des ménages vivent dans des maisons de fortune (murs en pisé, toit de paille, et le sol en terre battue) et ces structures sont très fragiles. Seulement 53,6% des ménages ont accès à l'électricité, ce qui fait que le bois est la principale source d'énergie pour la cuisson. Ceci implique une attention particulière de l'impact environnemental qu'a l'utilisation intensive du bois de chauffage. L'eau courante à la maison ou au domicile des voisins est accessible pour seulement 19% de la population. D'autres personnes en ont accès à travers les réservoirs d'eau privés (57%), les fontaines publiques (22%), les puits (1,8%) et les rivières (0,2%).<sup>5</sup>

Une étude de 2002 sur les perceptions de la pauvreté a révélé qu'il est difficile pour de nombreux ménages de répondre à leurs besoins alimentaires. Beaucoup de ménages ont indiqué qu'ils ne mangent pas en quantités suffisantes, alors que la majorité a indiqué qu'ils ne disposent pas d'un régime alimentaire de haute qualité. Les produits tels que la viande, le poisson, le riz, les bananes, le poulet, et même le manioc ne sont pas accessibles pour une grande majeure partie de la population.

### 2.3 Les ressources naturelles et leur gestion

L'Union des Comores possède une riche biodiversité qui comprend environ 2000 plantes indigènes dont environ 33% sont considérées comme endémiques.<sup>6</sup> Il dispose d'un écosystème



**Photo 1.** Les pentes sont sujettes à l'érosion provoquant une perte de sol.

<sup>5</sup> Morin et Lavigne (2009).

<sup>6</sup> GEF 3363 Project.

varié mais fragile qui est sérieusement menacé. L'environnement apparaît comme étant un point clé vis à vis des secteurs de production de biens et de services commerciaux.

En raison de leur origine volcanique, le sol est naturellement très fertile. Cependant, les sols les plus jeunes sont fragiles car sensibles à l'érosion au niveau des pentes dénudées. Par exemple sur les pentes raides, on peut observer des ravines issues du décapage du sol par érosion hydrique et glissements de terrain. Il est également possible d'observer la présence de grandes zones de lave noire dues à des éruptions volcaniques récentes qui n'ont pas encore été colonisées par la végétation, phénomène majoritairement rependu sur l'île Grande Comore.

La croissance démographique et la pauvreté ont favorisé l'émergence d'une certaine compétition pour l'appropriation des terres forestières publiques. La principale cause de la dégradation de l'environnement est la pression anthropique exercée sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes, phénomène d'autant plus accentué du fait de la pauvreté des ménages, et des faibles capacités de production qui génèrent une forte dépendance vis à vis des ressources naturelles. Cette situation est aggravée par une érosion croissante encouragée par des pratiques agricoles inappropriées et par le manque de diffusion de l'information sur les possibles alternatifs aux coutumes et aux pratiques traditionnelles, la mauvaise utilisation des intrants, la surexploitation des sols, la déforestation et le changement climatique. La pauvreté rurale est donc étroitement liée au processus de dégradation des ressources naturelles au sein de l'Union des Comores. L'étude de la dégradation des terres menée par la FAO en 2011 a révélé que 57% des terres agricoles sont dans un état dégradé. Cette proportion est de 65% à Anjouan, 52% à Mohéli et 50% en Grande Comore.

61% de la superficie totale du pays, soit l'équivalent de 90000 hectares est occupé par les cultures arables et permanentes. Le paysage agricole est très fragmenté (deux parcelles par exploitation en moyenne) et les exploitations sont petites (0,026 hectare en moyenne par ménage). Une enquête sur le foncier a rapporté que les propriétés privées représentent 94% des exploitations, 3% appartiennent aux autorités locales et 1% appartiennent à l'état. La même source a indiqué que près de 92% des agriculteurs possèdent des fermes qu'ils cultivent, avec 67% étant détenu par des hommes, et les femmes 33%. Près de la moitié de ceux qui possèdent des terres (49%) sont âgés entre 40 et 60 ans, 14% ont plus de 60 ans et seulement 35% ont entre 21 et 39 ans.<sup>7</sup> La culture mixte est pratiquée et est principalement dominée par les cultures vivrières. Les cultures de rente sont cultivées en moindre mesure, et seule une faible proportion de la terre (environ 5%) est utilisée pour la production de légumes. L'accès aux terres agricoles semble être un problème important, en particulier à Anjouan où la surpopulation et la géographie limitent la surface agricole disponible. Les agriculteurs pauvres dans les trois îles ont de très petites exploitations et pratiquent le métayage ("sharecropping").

---

7 Étude Préparatoire au P.D.D. A.A Piliers1&2. 2014.



**Photo 2.** Distiller Lyang lyang. Le bois est la source majeure d'énergie.

Aux Comores, il existe essentiellement trois sources d'eau: (1) l'eau de surface; (2) les eaux souterraines; et (3) la collecte des eaux de pluie. La source varie en fonction de l'île et de l'emplacement. En général, Anjouan et Mohéli dépendent des flux de surface provenant de sources ou de rivières, tandis que la population de la Grande Comore obtient son approvisionnement principalement par la collecte des eaux de pluie et des eaux souterraines. Selon l'enquête globale de 2004 concernant les conditions de vie des ménages aux Comores, les ménages utilisent le plus souvent les sources d'eau potable suivantes: fontaines publiques (30,6%), et la collecte des eaux de pluie dans des citernes (24,2%). Seulement 15% des ménages ont des branchements à domicile.<sup>8</sup>

Nous observons des niveaux élevés de dégradation de l'environnement qui affectent toutes les ressources naturelles et qui affaiblit la base de production. Les principales causes de la dégradation de l'environnement sont la perte de couvert forestier due à la conversion des terres au profit de l'agriculture, les pratiques de pêche non durables, l'extraction de sable et de corail, et la surpêche. Pour ce qui concerne plus précisément les forêts, le bois de chauffe pour l'énergie, de distillation de Lyang lyang, et pour le charbon proviennent principalement des agro-forêts. La forêt naturelle se perd à cause d'une combinaison de l'extension de la frontière agricole et la coupe de grands arbres pour la construction.

L'extraction aveugle et incontrôlée du sable des plages et des lits de rivières constitue la principale menace pour l'intégrité des zones côtières dans plusieurs endroits, notamment dans l'île d'Anjouan. La pauvreté et le manque d'activités alternatives génératrices de revenus pour les démunis sont

---

<sup>8</sup> UNEP/OCHA (2013).

souvent des facteurs qui font que cette activité est difficile à enrayer, malgré une législation de longue date visant à l'interdire.<sup>9</sup> La perte de sable du littoral menace les habitats marins tels que les herbiers, qui non seulement prennent en charge un certain nombre d'espèces marines importantes, mais aussi permettent de stabiliser les sédiments sous-marins, contribuant ainsi à l'intégrité de la côte.

L'Union des Comores est aujourd'hui confronté à un certain nombre de défis environnementaux, en particulier en termes d'adaptation au changement climatique; de la préservation de la biodiversité; de la sécurité biologique; de la gestion intégrée des zones côtières; de l'accès à l'assainissement de base et des services de gestion de l'environnement urbain; de la gestion durable des ressources naturelles; et de la préparation, la prévention et la réponse face aux risques naturels. L'érosion des sols (eau et vent) est favorisée par la topographie (pentes raides), l'apparition de vents forts et par l'absence de pratiques de gestion des sols appropriées.

L'absence d'un système de gestion des déchets et de l'assainissement est un problème majeur en termes de santé publique, avec le dépôt incontrôlé des déchets ménagers et commerciaux sur terre et en mer. Une grande quantité de déchets sont déversés le long des côtes. En l'absence d'une collecte centralisée des déchets et de systèmes de traitement, une grande partie de la population des trois îles se débarrassent de leurs détritiques directement sur les rivages. Cette situation augmente les risques de pollution et les problèmes de santé associés à la production croissante des déchets, et affectant la qualité de vie dans les écosystèmes ruraux, urbains et côtiers qui sont soumis à une dégradation intense. Dans les centres villes, des tas d'ordures sont aussi une forme de pollution visuelle, et produisent des odeurs fétides extrêmement désagréables pour les résidents locaux. À l'heure actuelle il n'y a ni traitement des eaux usées urbaines, ni des effluents industriels. Les rejets de polluants dans les eaux côtières menacent la qualité et l'intégrité des écosystèmes côtiers.

---

9 UNEP/OCHA Environmental Emergencies Comoros Report of Scoping Mission June 2013.

### 3. Méthode

Cette section présente dans un premier temps le concept de vulnérabilité des cultures et de sa modélisation. Enfin, nous présentons l'ensemble des données ainsi que ses caractéristiques spatiales.

#### 3.1 Estimer la vulnérabilité

Comprendre et quantifier la vulnérabilité des chaînes de valeur de banane, de manioc et de la tomate à l'échelle sous-nationale est complexe et nécessite l'adoption d'une méthodologie intégrée et réactive. La vulnérabilité peut être conceptualisée comme une combinaison de trois paramètres interconnectés et dynamiques: l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.<sup>10, 11</sup> La méthodologie adoptée (CIAT 2016, Parker et al.) fournit un cadre pour les décideurs, les scientifiques et autres acteurs pour évaluer la vulnérabilité à l'échelle sous-nationale. Cette méthode permet d'identifier les zones vulnérables pour spécifiquement chaque culture ciblée; la banane, le manioc et la tomate. L'aboutissement de cette méthode permet de hiérarchiser des zones qui nécessitent un renforcement des capacités à l'échelle locale et d'offrir des sites potentiels pour de futurs investissements.

Sur la base des données disponibles, les variables suivantes (Figure 4) ont été incluses afin d'évaluer la vulnérabilité de l'Union des Comores au changement climatique: Exposition i. changements de température et de précipitation, exposition ii, la sécheresse, les cyclones tropicaux, l'élévation du niveau de la mer et la pente, exposition iii, déforestation.

Afin d'évaluer la sensibilité au changement climatique, la modélisation des cultures (Section 3.2) a été réalisée avec les conditions actuelles et les changements climatiques prévus pour la décennie 2030 et 2050. Il est important de noter que l'agriculture est la principale source d'emploi dans l'Union des Comores (estimé à 57%).<sup>12</sup>

Du fait du manque de données socio-économiques à une échelle et résolution assez fine, la capacité d'adaptation n'a pas pu être analysée à la même échelle (résolution intra île) que pour les paramètres d'exposition et de sensibilité. Les données ont été compilées à la place pour chacune des îles respectives (Grande Comore, Mohéli et Anjouan) ce qui permet d'avoir une vision comparative de la capacité d'adaptation pour chacune d'entre-elles.

---

10 GIZ (2014).

11 Adger (2006).

12 SCA2D (2014).

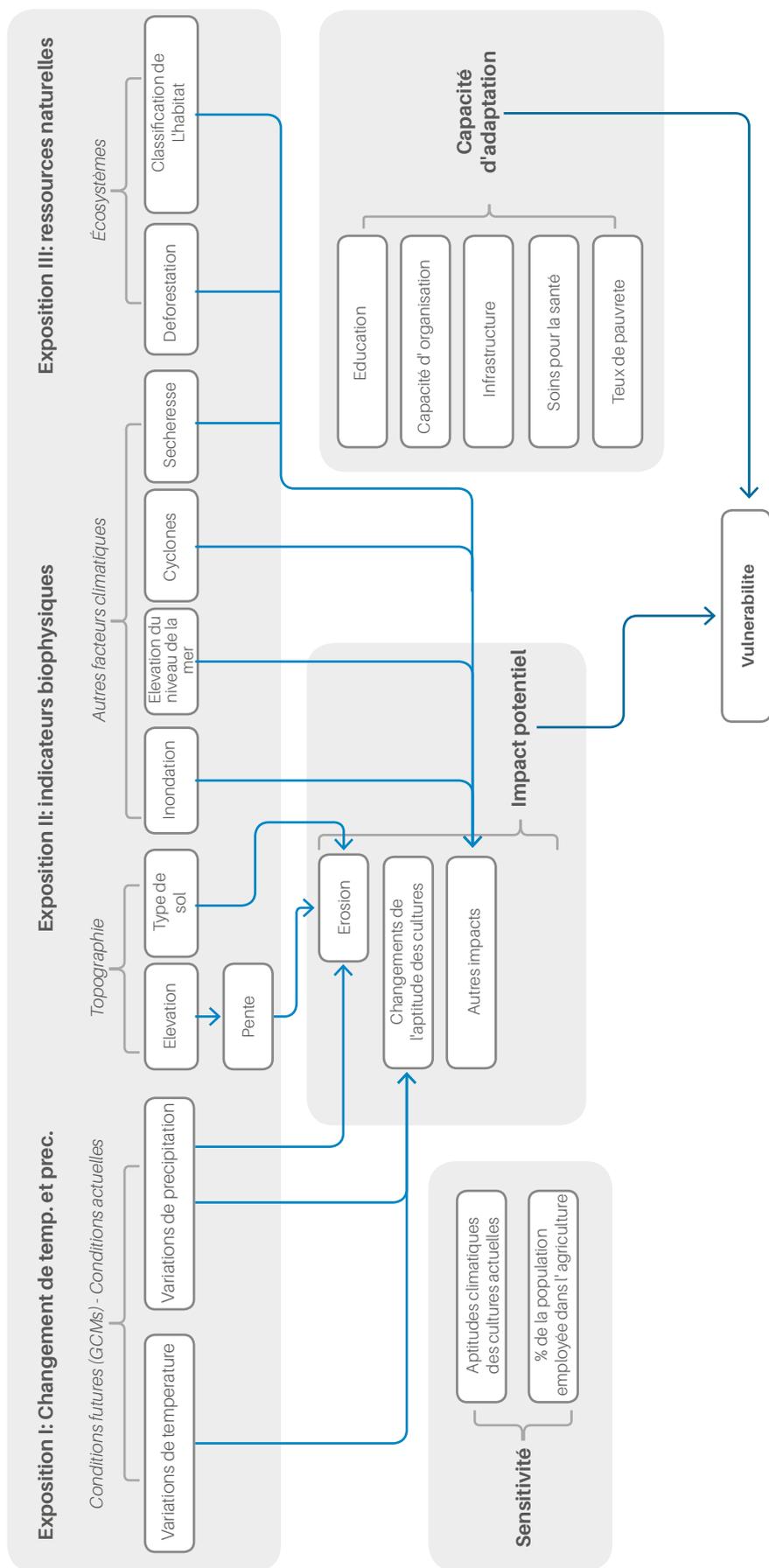


Figure 4. Organigramme permettant d'évaluer la vulnérabilité des cultures.

### 3.2 Modélisation des cultures au changement climatique

EcoCrop, un modèle mécaniste a été utilisé pour évaluer l'aptitude climatique d'une région pour cultiver la banane, le manioc et la tomate dans des conditions climatiques actuelles et en prenant en compte les projections climatiques en 2030 et en 2050. Le modèle EcoCrop fonctionne sur le concept des niches de cultures (Tableau 1), et modélise l'aptitude climatique pertinence de chaque culture vis-à-vis de leur saison de croissance respective. Le modèle EcoCrop permet aux chercheurs d'évaluer quelles cultures sont les plus vulnérables aux changements climatiques et de révéler spatialement et temporellement lorsque ces pertes devraient se produire.

EcoCrop fonctionne à partir de données climatiques. Les données climatiques pour les conditions actuelles (1950-2000) et futures<sup>13</sup> ont été téléchargées depuis WorldClim (WC) à une résolution spatiale de 5 km \* 5 km. WC fournit des données climatiques mondiales interpolées en utilisant la latitude, la longitude et l'altitude comme variables indépendantes et représente sur une longue période de temps (1950-2000) les moyennes mensuelles de maximum, minimum de températures et des précipitations totales. Les données d'entrée pour la base de données de WC proviennent de stations météorologiques mondiales, comprenant environ 47.000 stations météorologiques avec des informations mensuelles sur les précipitations, environ 23.000 stations avec des données de température moyennes. Les projections climatiques sont issues de l'évaluation IPCC 5TH, établis par la CMIP5 et « Representative Concentration Pathway 8.5 » (RCP 8.5). Les données sont disponibles gratuitement à <http://www.worldclim.org/CMIP5> et sont téléchargées/traitées à la même échelle que les données climatiques actuelles ce qui permet de les intégrer ensemble au sein du même modèle.

Les paramètres d'aptitudes climatiques d'une région pour cultiver la banane, le manioc et la tomate (relatifs au concept de niche climatique) proviennent de sources variées. Les paramètres de base sont issus de la base de données EcoCrop FAO<sup>14</sup> puis ont été améliorés par le biais de recherche bibliographique.<sup>15</sup> Le modèle EcoCrop est utilisé pour modéliser l'aptitude climatique d'une région pour cultiver une culture basée sur ses paramètres climatiques propres.

Cartographier cette aptitude climatique est une étape souvent sujette à de nombreuses critiques. Des points de présence de chaque culture ont été téléchargés à partir de Genesys,<sup>16</sup> Global Biodiversity Information Facility,<sup>17</sup> et des données de MapSpam,<sup>18</sup> afin d'évaluer l'exactitude de l'adéquation climatique modélisée à partir d'EcoCrop. Cependant, il est important de noter que les limitations de données pour l'Union des Comores a été un problème persistant et que l'ensemble de ces bases de données étaient limitées.

---

13 Hijmans et al. (2005).

14 FAO (2012).

15 Pour banane et manioc: Yadav et al 2011; pour tomate: EcoCrop 2007.

16 Genesys (2013).

17 GBIF (2015).

18 You et al. (2014).

**Tableau 1. Parametres climatiques Ecocrop**

Parametres climatiques	Banane	Manioc	Tomate
Periode de croissance min (jours/an)	365	240	70
Periode de croissance max (jours/an)	365	240	150
Temperature limite de survie (°C)	10	0	0
Temperature min (°C)	15	15	7
Temperature optimum min (°C)	24	22	20
Temperature optimum max (°C)	27	32	27
Temperature max (°C)	35	45	35
Precipitation min (mm)	700	300	400
Precipitation optimum min (mm)	1000	800	600
Precipitation optimum max (mm)	1300	2200	1300
Precipitation max (mm)	5000	2800	1800

Le modèle EcoCrop a été dans un premier temps calibre sur la base des données climatiques actuelles. Il a ensuite été lancé pour l'année 2030 et 2050 (RCP 8.5). Les changements d'aptitude aux cultures ont été identifiés et analysés à l'aide d'ArcGIS et du programme de statistiques R (r-projet).

Hypothèses / limites du modèle: Nous nous appuyons sur les connaissances d'experts du fait que la base de donnée Ecocrop FAO a été construite de cette manière. La précision des résultats, par conséquent, dépend directement de la qualité et de la véracité des paramètres climatiques de chaque culture. Dans certains cas, le paramétrage est très précis et dans certains autres cas, il existe des différences significatives entre les potentielles niches prédites et les niches climatiques réelles ce qui nous conduit à des biais dans les prévisions. Nous avons donc mis en place un système de validation basée sur l'observation et sur la re-paramétrisation.

### **3.3 Présentation des données d'exposition, sensibilité et capacité d'adaptation**

Les caractéristiques des données d'exposition, de sensibilité et de capacité d'adaptation sont synthétisées dans le tableau suivant. La collecte de données a été réalisée sur la base de cartes et des données biophysiques et socio-économiques disponibles à l'échelle ciblée. Les bases de données mondiales et nationales ont été une priorité dans cette étude. Les données recueillies à une échelle plus fine permettraient d'améliorer les résultats de la modélisation. Il est important de noter que le type de sol, les inondations et la classification de l'habitat n'ont pas pu être implémenté dans la modélisation faute de disponibilité de la donnée.

Tableau 2. Présentation des données collectées

		Variables	Critères	Source de la donnée/modèle	Résolution	Couverture spatiale
<b>Impact potentiel [Sensitivité]</b>						
Aptitude climatique actuelle et future	Aptitude aux cultures	Perte d'aptitude pour le manioc, la banane et la tomate dans les conditions climatiques futures	EcoCrop	1km*1km	Globale	
[Analyses climatiques préliminaires]	Données climatiques historiques	Données mensuelles historiques sur les précipitations et les températures de 1900 à 1998	CRU	Résolution de 2.5 degrés en latitude par 3.75 degrés en longitude	Globale	
<b>Critères biophysiques [Exposition]</b>						
Zones où l'agriculture est vulnérable au changement climatique	Température	Identifier les régions qui connaissent le plus fort changement de température	Worldclim	1km*1km	Globale	
	Précipitation	Identifier les régions qui connaissent le plus fort changement de précipitation	Worldclim	1km*1km	Globale	
Zones sensibles à l'érosion du sol	Type de sol	Taxonomie du sol basée sur la classification du système WRB	ISRIC (2014)	1km*1km	Globale	
	Couverture du sol	Classification d'occupation du sol issue d'analyses d'images RapidEye (2010)	PNUD, DGSC (2014)	1:50000	Locale	
	Pente	> -_degrees de la pente	SRTM DEM (Nasa)	30m*30m	Globale	

(Continue)

(continué)

	Variables	Critères	Source de la donnée/modèle	Résolution	Couverture spatiale
Zones d'occurrence de catastrophes naturelles fréquentes et / ou intenses	Sécheresse	Période de sécheresse par année	UNEP (2009c)	5km*5km	Globale
	Pente	Degrees de la pente	SRTM DEM (Nasa)	30m*30m	Globale
	Augmentation du niveau de la mer	mm d'augmentation du niveau de la mer	Li et al (2009)	1km*1km	Globale
	Cyclones tropicaux	Nombre de passages de cyclones par an	UNEP (2009b)	2km*2km	Globale
Protection des services écosystémiques	Déforestation	Perte globale de couverture forestière entre 2000 et 2014 (perdu); Défini comme une conversion forêt vers non forêt. Codé en 1 (perte) et 0 (pas de perte).	Global Forest Watch (Hansen)	30m*30m	Globale
<b>Critères socio-économiques [Capacité d'adaptation]</b>					
Améliorer les moyens de subsistance des communautés les plus vulnérables	Taux d'alphabétisation	% De la population jugée analphabète	Données nationales	Province	Nationale
	Education	% de la population n'ayant pas accès à l'éducation	Données nationales	Province	Nationale
	Soins de santé	% de la population ayant accès aux soins de santé	Données nationales	Province	Nationale
	Rural population				
Identifier les populations à taux de pauvreté élevés	PIB	% de la population vivant sous le seuil de pauvreté en 2000	Données nationales	Province	Nationale
Profit des collectivités rurales à capital physique limité (manque d'accès aux marchés, capacité limitée à adopter de nouvelles technologies)	Infrastructure	Distance en km des routes majeurs et des centres urbains	Schneider et al (2003)	Province	Nationale
Capacité d'organisation	Ressources humaines	Groupes d'agriculteur, organisations institutionnelles	Données nationales	Province	Nationale

## 4. Résultats

Cette section commence par présenter toutes les variables biophysiques considérées comme facteurs d'exposition (sous-section 4.1), nous montrons ensuite les résultats de la sensibilité avec les analyses des données climatiques (historiques/tendances) et avec la modélisation des cultures par Ecocrop pour les conditions actuelles et futures (sous-section 4.2). La sous-section 4.3 se concentre sur la capacité d'adaptation. Enfin, la dernière section (4.4) combine l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation dans la notion de vulnérabilité des cultures et en mettant l'accent sur les différentes zones cibles pour chaque culture considérée.

### 4.1 Exposition

L'Union des Comores doit faire face à de nombreux risques, comprenant la déforestation, les sécheresses, les cyclones tropicaux, l'élévation du niveau de la mer et l'érosion des sols (Figure 5). Comme indiqué précédemment (Section 2.1), il existe des menaces supplémentaires telles que des inondations, des tempêtes, des raz de marée, des phénomènes saisonniers accentués, des vents forts, les feux de brousse, des épidémies (paludisme, choléra, typhoïde, etc.), et des éruptions volcaniques, mais les données sur ces variables n'étaient pas disponibles.

L'estimation du risque d'érosion du sol a été effectuée en suivant l'équation universelle de perte de sol (USLE):<sup>19</sup>  $A = R K (LS) C P$ .

Où **A** est la perte annuelle moyenne de sol en ton/ha/an, **R** est le facteur pluie-ruissellement [M·mm/ha.an], **K** est le facteur d'érodibilité du sol [tn·ha·h/MJ.ha.mm], **LS** est le facteur topographique [sans dimension], **C** est le facteur de couverture du sol [sans dimension] et **P** est le facteur de soutien facteur des pratiques conservatrices [sans dimension]. Cette méthodologie permet donc de combiner les variables de pente, de flux hydrique, de type de sol, de couverture végétale et de ruissellement afin d'estimer le risque d'érosion (Figure 6a).

L'ensemble de ces variables permettent d'identifier les risques biophysiques majeurs qui affectent l'Union des Comores et d'en avoir une vision spatialisée. L'érosion du sol est un risque majeur comme le témoignent les Figures 6a/b ou les risques de perte de sol sont les plus importants au Nord, à l'Est et au Sud de Grande Comore, et à l'ouest à l'Est et au Sud d'Anjouan. De plus, la sécheresse est un risque climatique qui impacte principalement le Nord de l'île de Grande Comore. Les cyclones tropicaux, malgré une fréquence de passage assez élevé, ne comporte pas de risque majeur pour l'Union des Comores qui se retrouve protégé par Madagascar. Les cyclones se font ressentir comme des vents très violents mais qui n'ont pas d'impacts majeurs sur les cultures. Enfin, le risque d'élévation du niveau de la mer est pressent le long des côtes de Mohéli et d'Anjouan et tout particulièrement au niveau de sa presque île.

---

<sup>19</sup> Sotiropoulou et al. (2011).

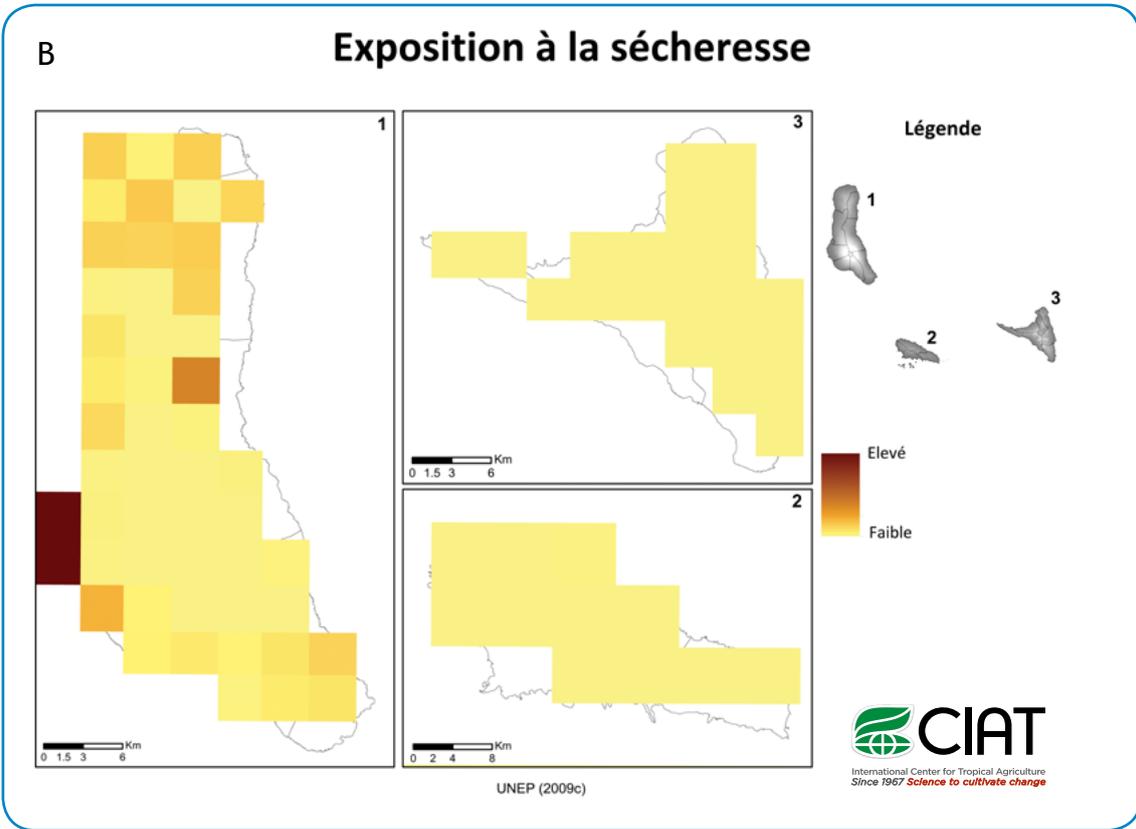
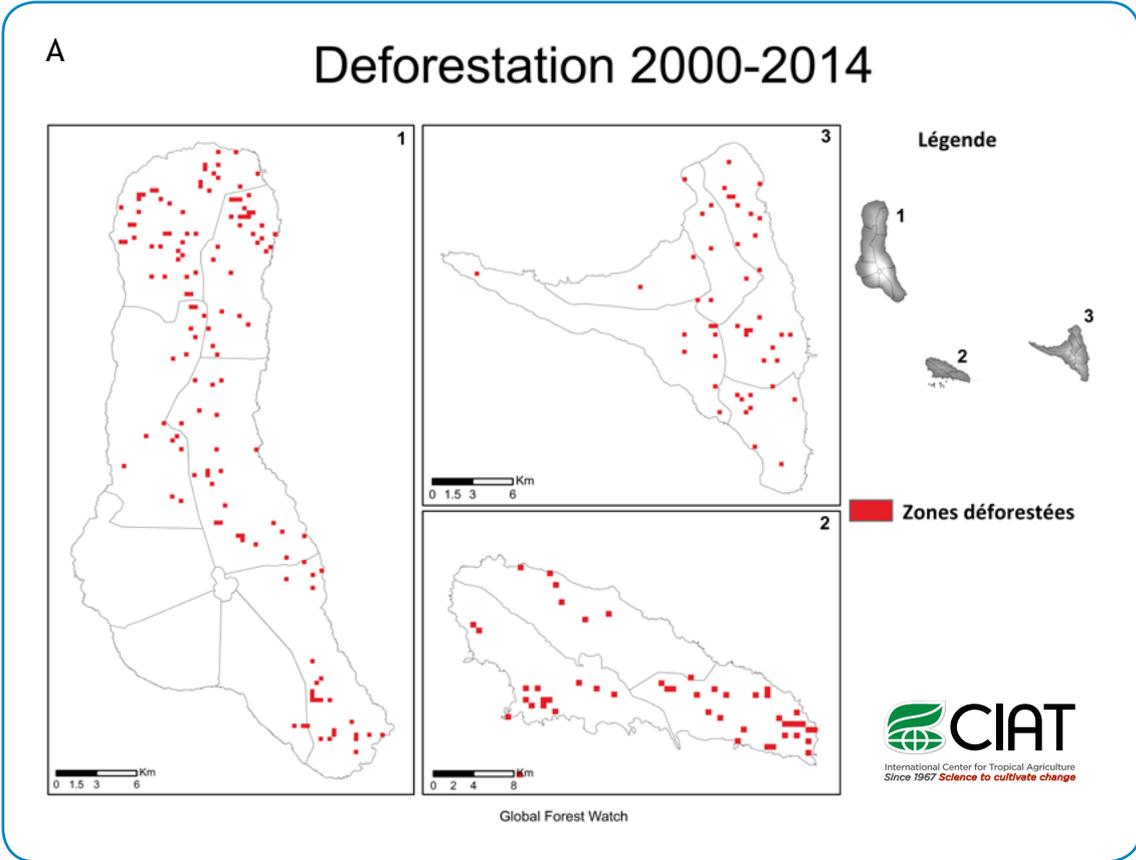
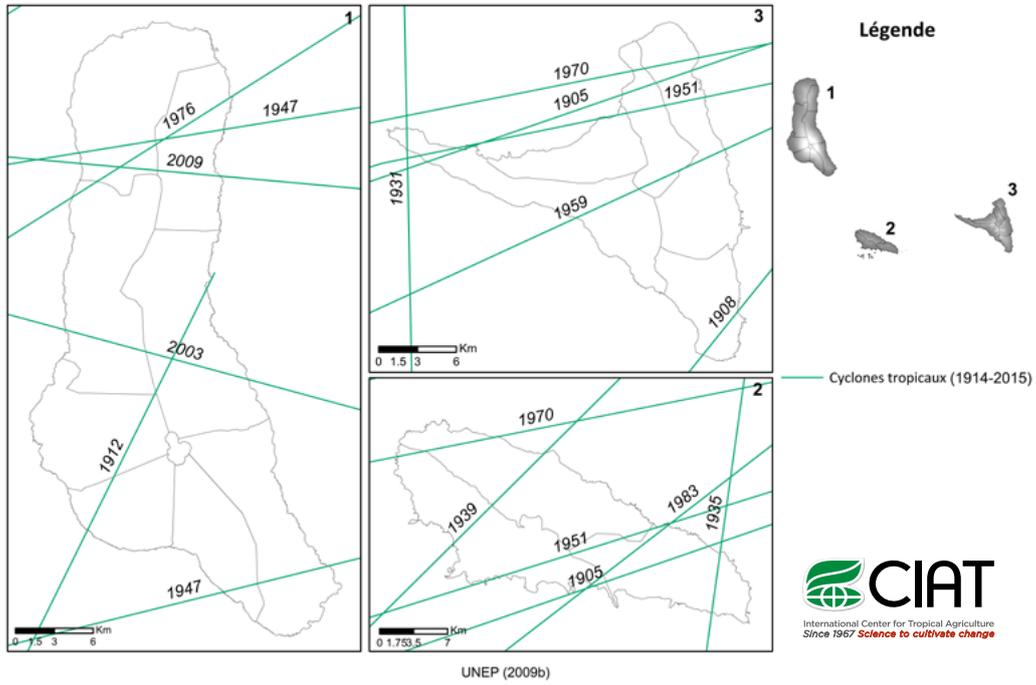


Figure 5. Risques affrontés par l'Union des Comores (A/B/C/D/E/F/G/H) (continue)

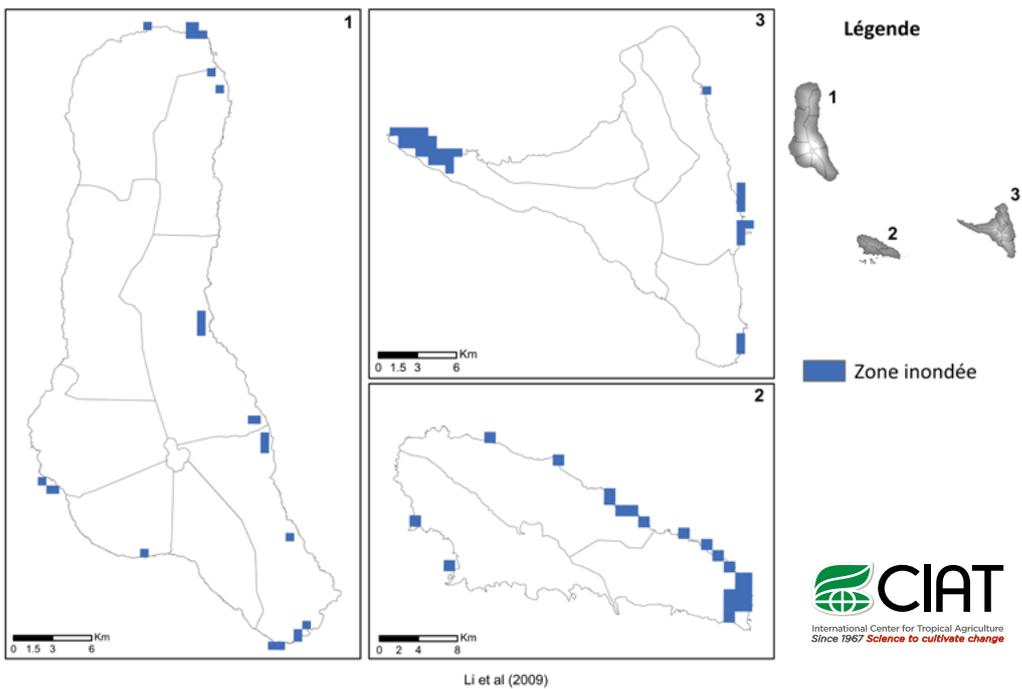
C

### Trajectoires des cyclones tropicaux

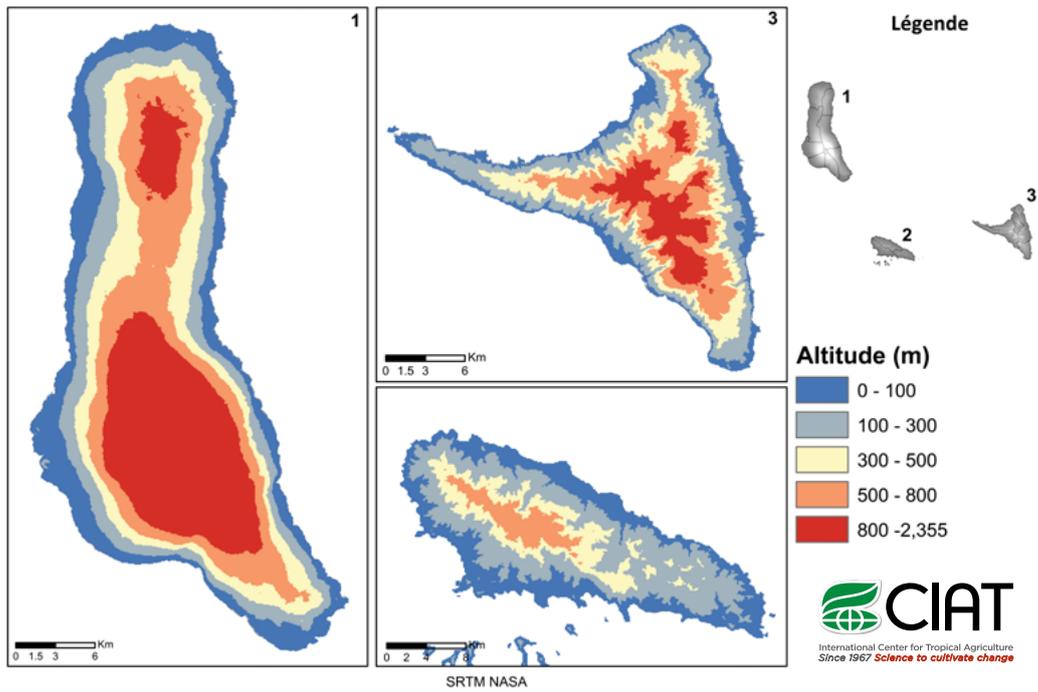


D

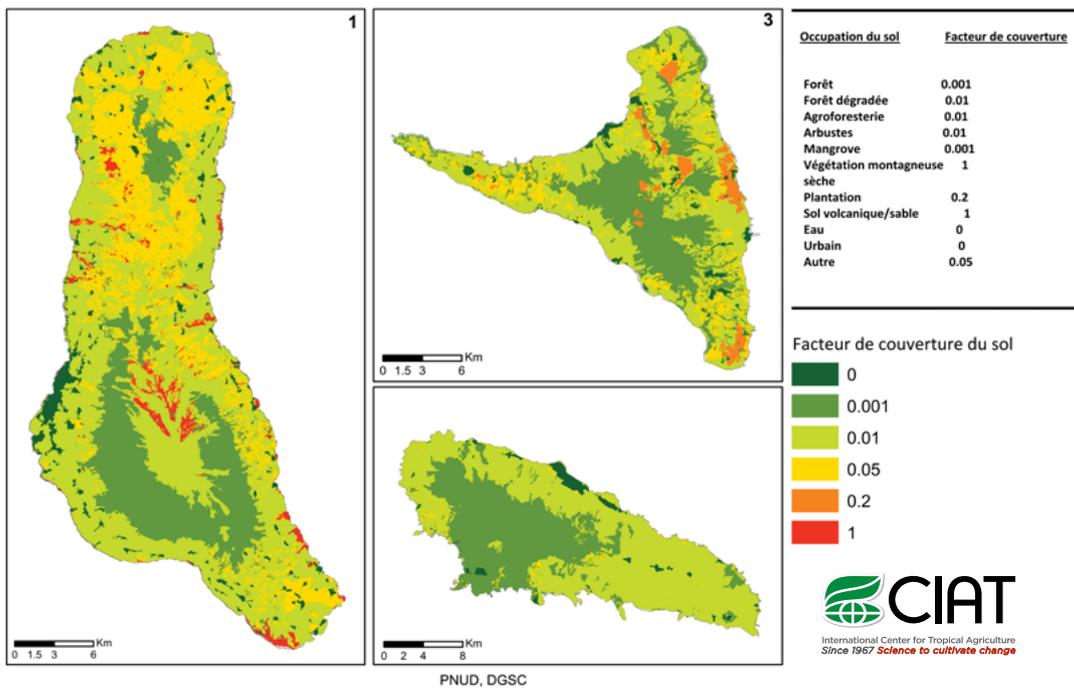
### Modélisation de l'élévation du niveau de la mer (+1m)



## E Modèle d'élévation numérique (90m)

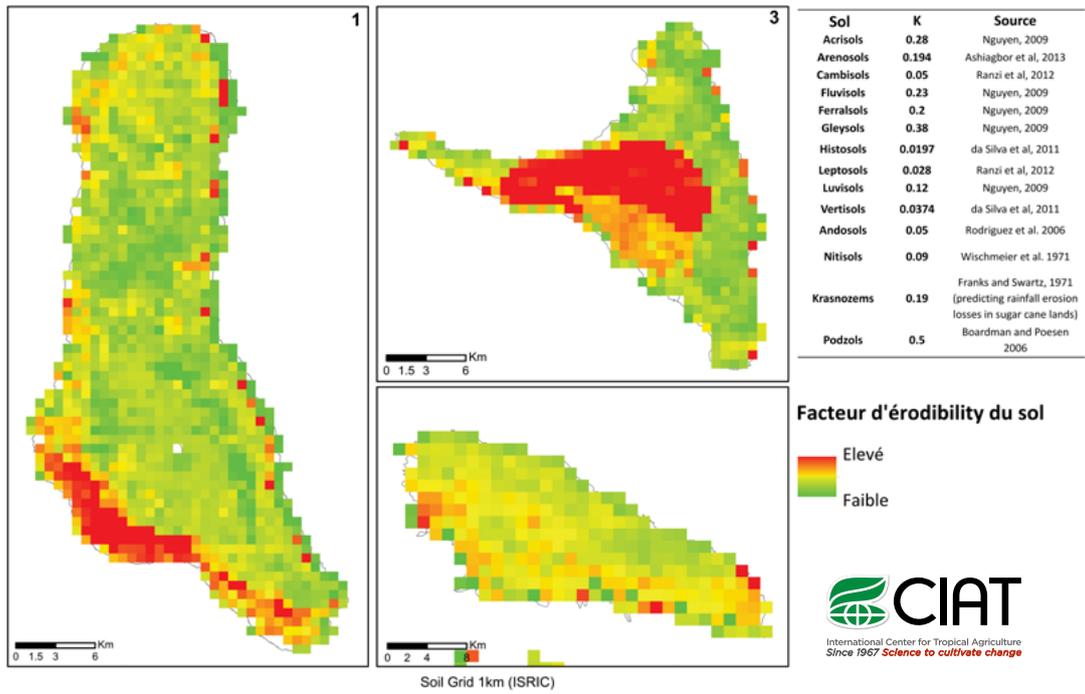


## F Facteur de couverture issu de la classification de l'occupation du sol



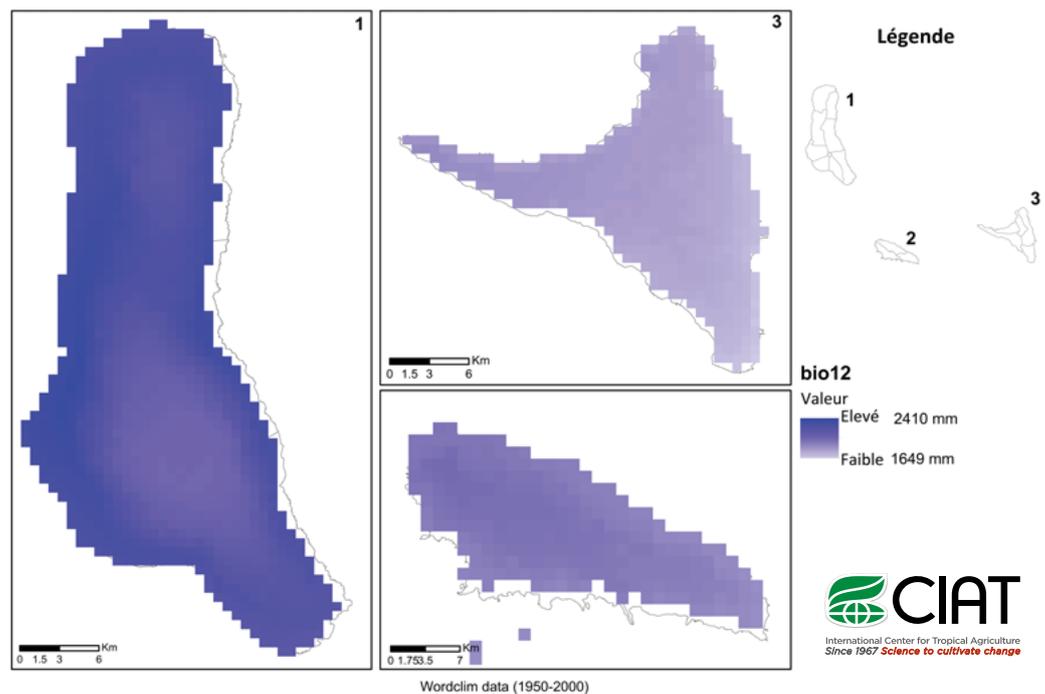
G

## Facteur d'érodibilité du sol



H

## Pluviosité annuelle totale actuelle



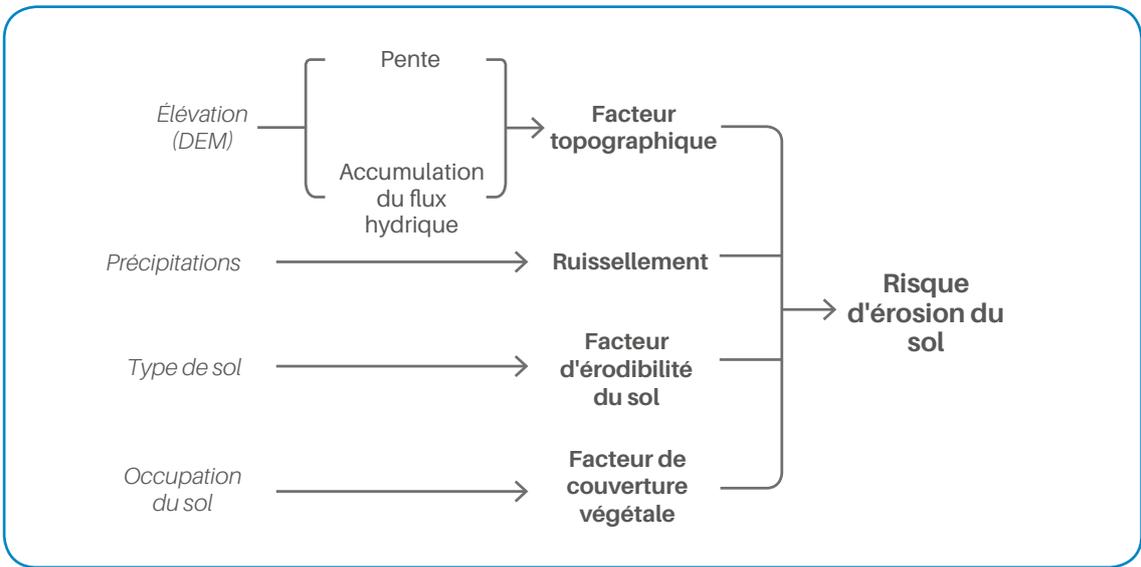


Figure 6a. Risque d'érosion du sol

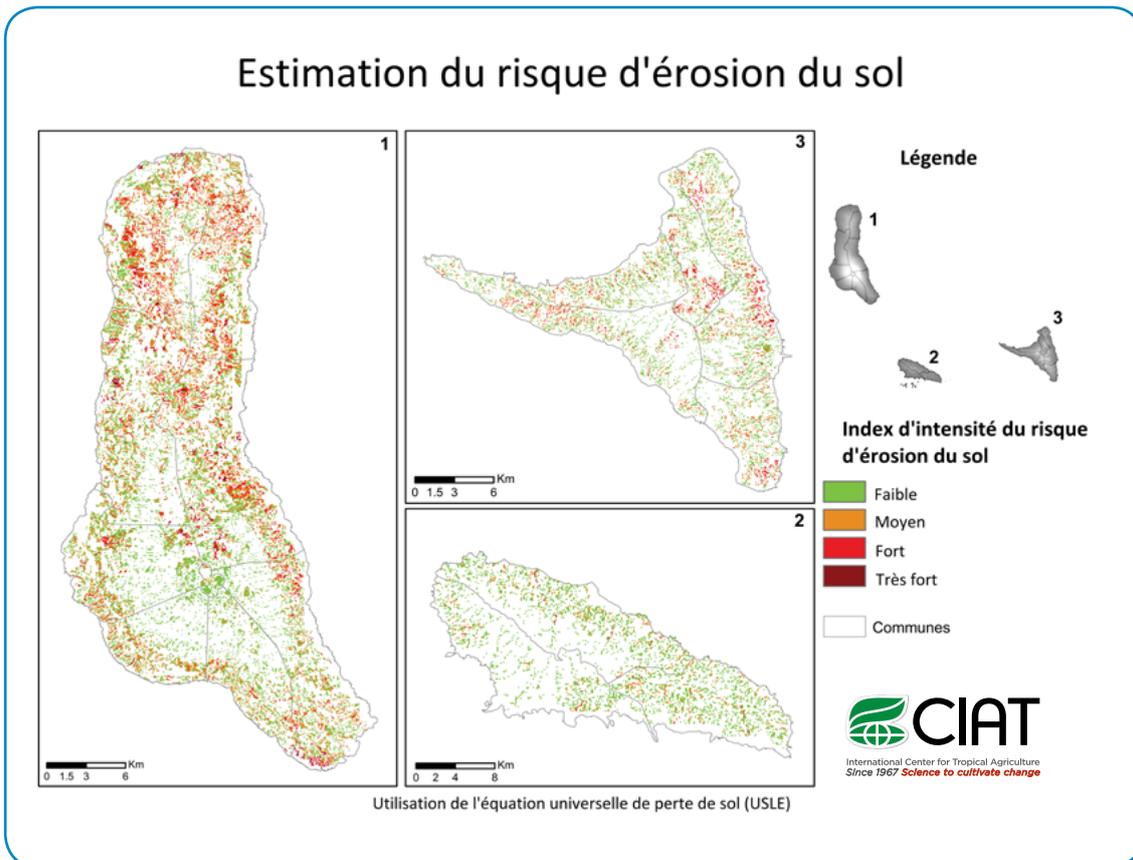


Figure 6b. Évaluation d'érosion du sol

## 4.2 Sensibilité

### 4.2.1 Résultats climatiques

Les températures moyennes annuelles varient de 27 °C à 13 °C, avec des précipitations totales moyennes annuelles variant de 1557 à 2410 mm (Figure 7). L'Union des Comores a un climat subtropical humide caractérisé par deux saisons : une saison chaude et humide entre novembre et mai ; et une saison sèche et froide entre mai ou juin et octobre. Les précipitations totales de la saison humide sont en moyenne de 1296 mm à Grande Comore, 1926 mm à Anjouan et 1263 mm à Mohélie, avec 200-250 mm de précipitations par mois. Pendant la saison sèche, Grande Comore reçoit environ 211 mm, Anjouan 462 mm et Mohélie 275 mm. La pluviométrie mensuelle totalise en moyenne 50 à 100 mm.

Selon McSweeney et al,<sup>20</sup> les températures moyennes sont les plus basses entre juin et août à 24-25 °C, et les plus élevées entre décembre et février, à environ 27 °C.

"La température moyenne annuelle a augmenté de 0.9 °C depuis 1960, à un taux moyen de 0.19 °C par décennie. Cette augmentation de température a été plus rapide en mars-avril-mai, à un taux de 0.22 °C par décennie. La pluviométrie moyenne annuelle sur l'Union des Comores a diminué au cours des dernières années, avec des pluies particulièrement faibles quelle que soit la saison dans la dernière décennie. Les diminutions observées dans les précipitations sont plus importantes sur les îles du Nord de l'Union des Comores".<sup>21</sup>

Des questions relatives à la disponibilité et à la fiabilité des données climatiques existent pour l'Union des Comores. Cette situation est d'autant plus aggravée par le nombre limité de stations avec des données collectées sur des périodes de plus de 5 ans (un total de 4 stations météorologiques) ainsi que par la répartition de ces mêmes stations dans l'Union des Comores. L'ensemble de données climatiques<sup>22</sup> fournies par l'Unité de Recherche sur le Climat ne possède pas de données climatiques historiques pour les Comores. Une analyse plus approfondie des tendances historiques du climat (précipitations et température) de la station météorologique de Dzaoudzi situé sur l'île voisine de Mayotte a donc été entreprise.

Il est à noter que les températures ont augmenté au cours des 60 dernières années (Figure 7a). La température moyenne dans la décennie 1950-1960 était de 26 °C avec un écart-type de 1 °C, dans la décennie 2001-2011, elle était de 26,7 °C avec un écart type de 0,5 °C. La courbe de tendance linéaire indique une augmentation graduelle mais soutenue des températures, de 26 °C en 1951 à 26,7 °C en 2011.

---

20 McSweeney et al. (2010a).

21 McSweeney et al. (2010b).

22 Harris et al. (2014).

Les tendances historiques pour la précipitation au cours de la période 1931-2011 présentent une augmentation positive très minime ( $R^2 = 0,0105$ ). Les précipitations annuelles moyennes (1189 mm) pour toute la période 1931-2011 possèdent un écart type de 221 mm. Il est évident qu'il existe une grande variabilité inter-annuelle des précipitations annuelles (Figure 7c). Par exemple, les années 1997 et 1998 ont présenté de très faibles niveaux de précipitations de 742 mm et 671 mm. Cela a été dû à l'important phénomène d'El Niño qui a touché la région.<sup>23</sup> À l'autre extrême, les précipitations en 2008 ont atteint 1705 mm, et ont conduit à des inondations dans l'Union des Comores.

Une analyse plus poussée des données de température a été effectuée afin d'identifier si l'augmentation des températures (Figure 7b) était due à des augmentations saisonnières respectives. Les données de température ont été divisées en saisons chaude et humide (novembre-mai) et froide et sèche (juin-octobre). Les résultats montrent qu'une différence saisonnière de température existe. Pour une année moyenne, la saison chaude/humide est de 2,3 °C plus chaude que la saison froide/sèche. Il y a une faible tendance à la hausse des températures de la saison chaude/humide ( $R^2 = 0,192$ ) et une tendance à la hausse un peu plus importante dans les températures de la saison froide/sèche ( $R^2 = 0,281$ ). Ceci suggère que l'augmentation des températures dans la saison froide/sèche est légèrement plus responsable de l'augmentation des températures pour la période 1951-2011.

Les données de précipitations ont également été séparées entre saison chaude/humide et saison froide/sèche. Pour la période analysée (1933-2011) la saison chaude/humide présente, en moyenne, 130 mm plus de pluie que la saison froide/sèche (Figure 7d). Cela montre une différence saisonnière importante. Les données ne révèlent aucune tendance en ce qui concerne les changements de précipitations saisonnières sur la période analysée. Il est à noter que les deux saisons chaude/humide et froide/sèche montrent une variabilité interannuelle. De plus, il est évident qu'il existe une grande variabilité à l'intérieur même des saisons chaude/humide et froide/sèche. Cela suggère que, au cours d'une même saison, les précipitations ne sont pas égales entre les mois comme en témoigne l'étendue substantielle des barres d'erreur. Par exemple, en 2008, une année de fortes précipitations dans l'Union des Comores, les précipitations élevées des mois de décembre et janvier (895 mm), ont constitué 61% des précipitations totales de la saison chaude/humide, et 52% des précipitations annuelles totales pour l'année.

---

23 UNEP (2005).



### Tendances historiques des températures

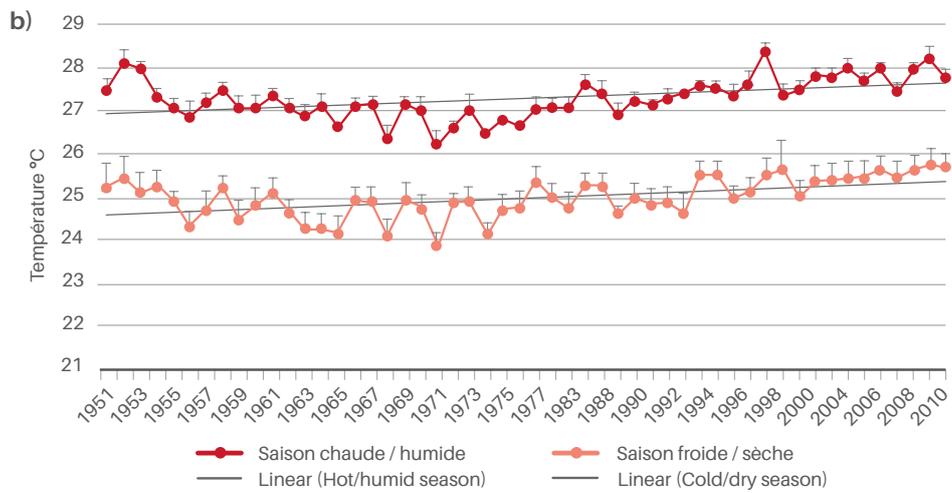
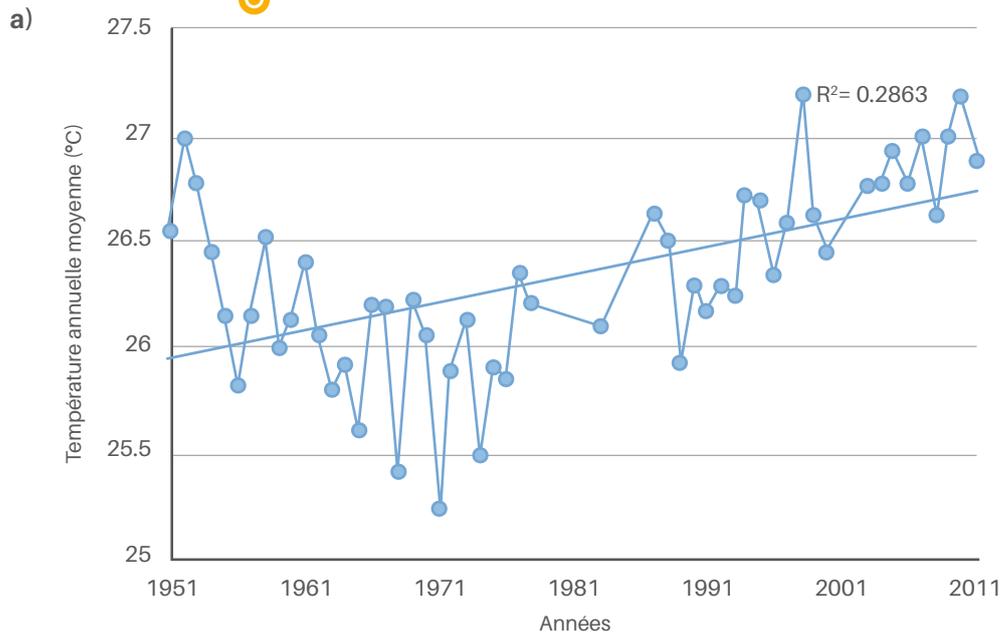
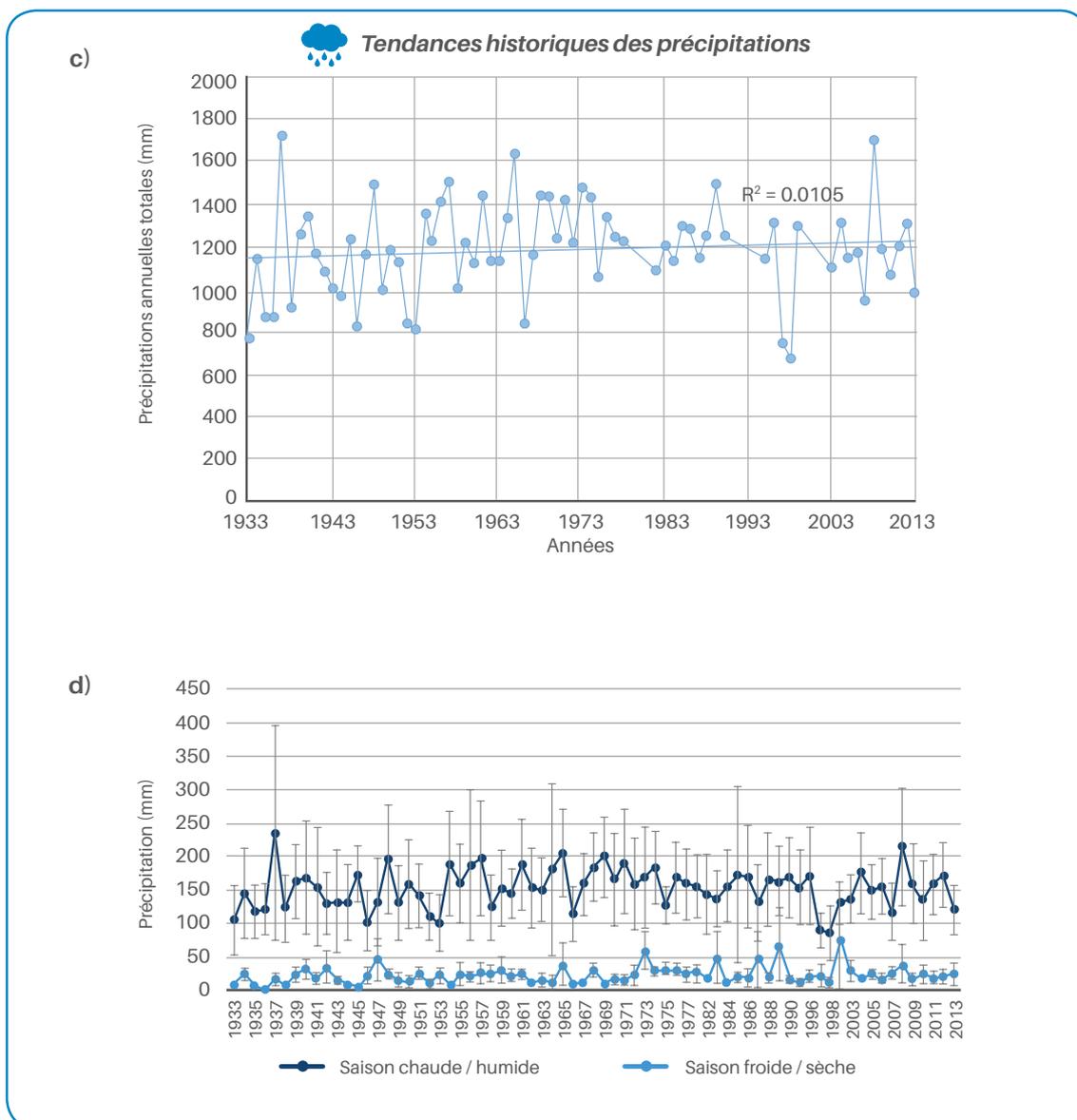


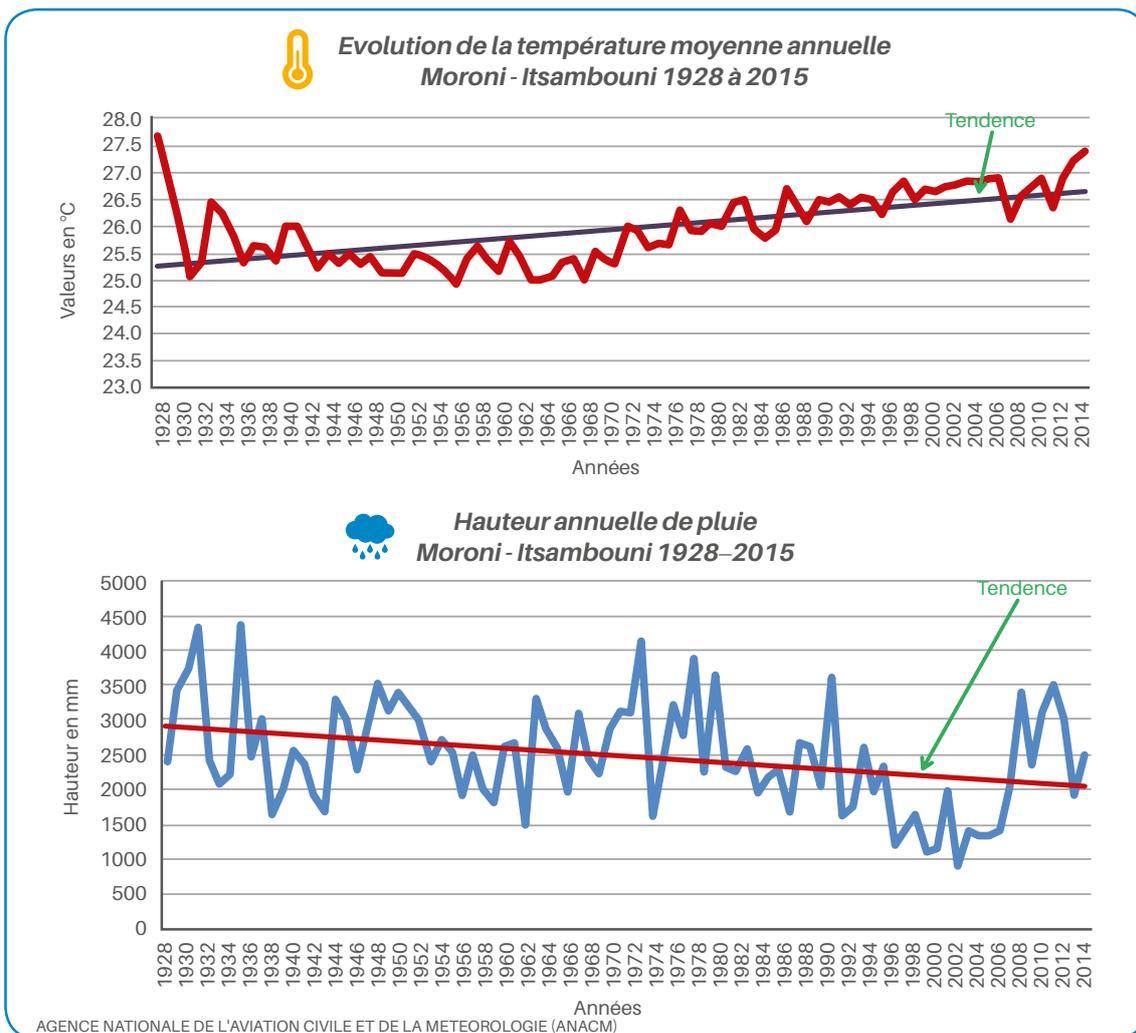
Figure 7. continue

(continué)



**Figure 7.** a) Tendances historiques des températures dans l'archipel des Comores, de 1951 à 2011. b) Tendances historiques des températures dans l'archipel des Comores, pour la saison chaude/humide et la saison froide/sèche, de 1951 à 2011. c) Tendances historiques des précipitations dans l'archipel des Comores, de 1951 à 2011. d) Tendances historiques des précipitations dans l'archipel des Comores, pour la saison chaude/humide et la saison froide/sèche, de 1951 à 2011.

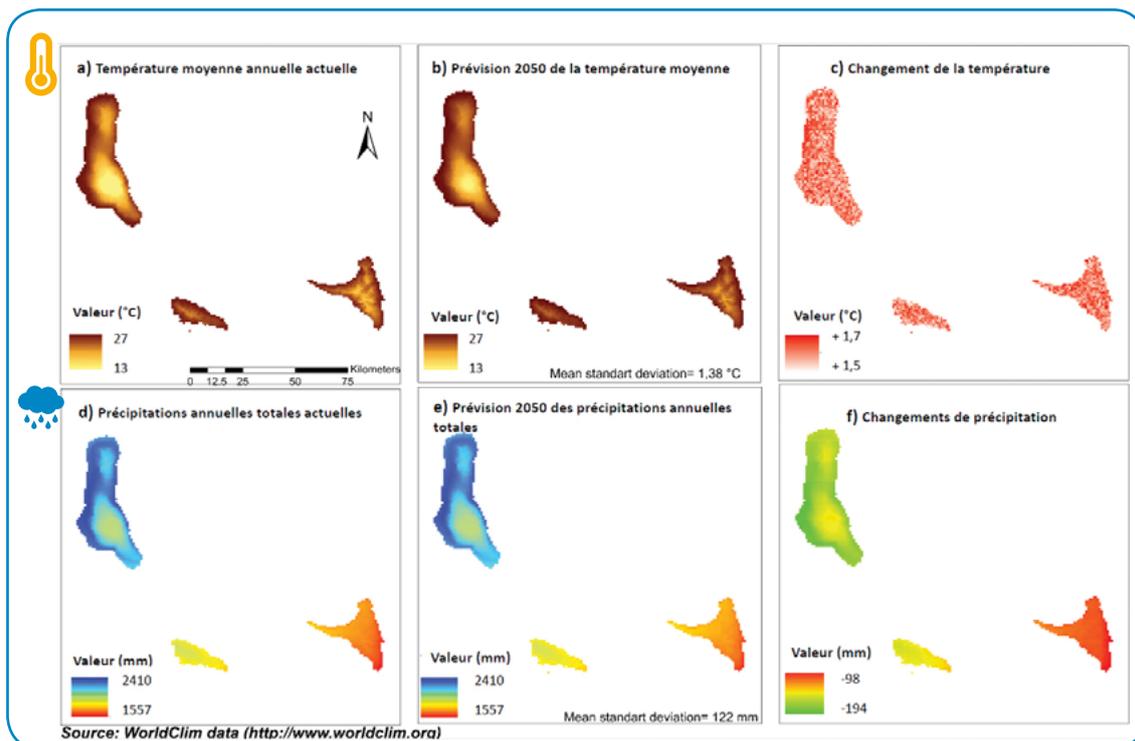
Source: CRUTS v3.22 Temperature and precipitation station data.



**Figure 7e.** Courbes de tendance de la température annuelle (8a) et de la pluviométrie (8b) de 1928 à 2008 relevés à la station météorologique de Moroni. Source: Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie. Service climatologie, environnement et observation.

La Figure 8 confirme les résultats obtenu précédemment c'est-à-dire une augmentation de température d'environ 1,5 degrés et montre une baisse des précipitations au niveau de la capitale avec tout de fois des variabilités inter annuelles fortes.

L'expérience du terrain a montré que les agriculteurs perçoivent et remarquent un décalage des saisons qui impacte sur la production. À partir de la base de données WorldClim, il est possible d'extraire les températures moyennes actuelles. On constate que celles-ci sont très différentes d'une île à l'autre et sont fortement corrélées avec le relief. En effet, les températures élevées se trouvent le long de la côte, puis diminuent dans les zones montagneuses (Figure 8a). Trois MCG (Modèles Climatiques Globaux) ont été utilisés pour obtenir des prévisions de température et précipitations en 2050. La Figure 8b montre que la température augmente le long des côtes, et aussi de préférence dans les zones de haute altitude. Cependant, l'écart-type moyen est assez élevé (1,38 °C) ce qui signifie que chaque modèle propose différentes prévisions de températures. La Figure 8c montre une augmentation globale de température dans les trois îles.



**Figure 8.** a) Température moyenne annuelle actuelle b) Prédiction pour 2050 de la température moyenne c) Carte des changements de température d) Précipitation annuelle totale e) Prédiction pour 2050 des précipitations annuelles totales f) Carte des changements de précipitations.  
Source des données : CIAT 2015.

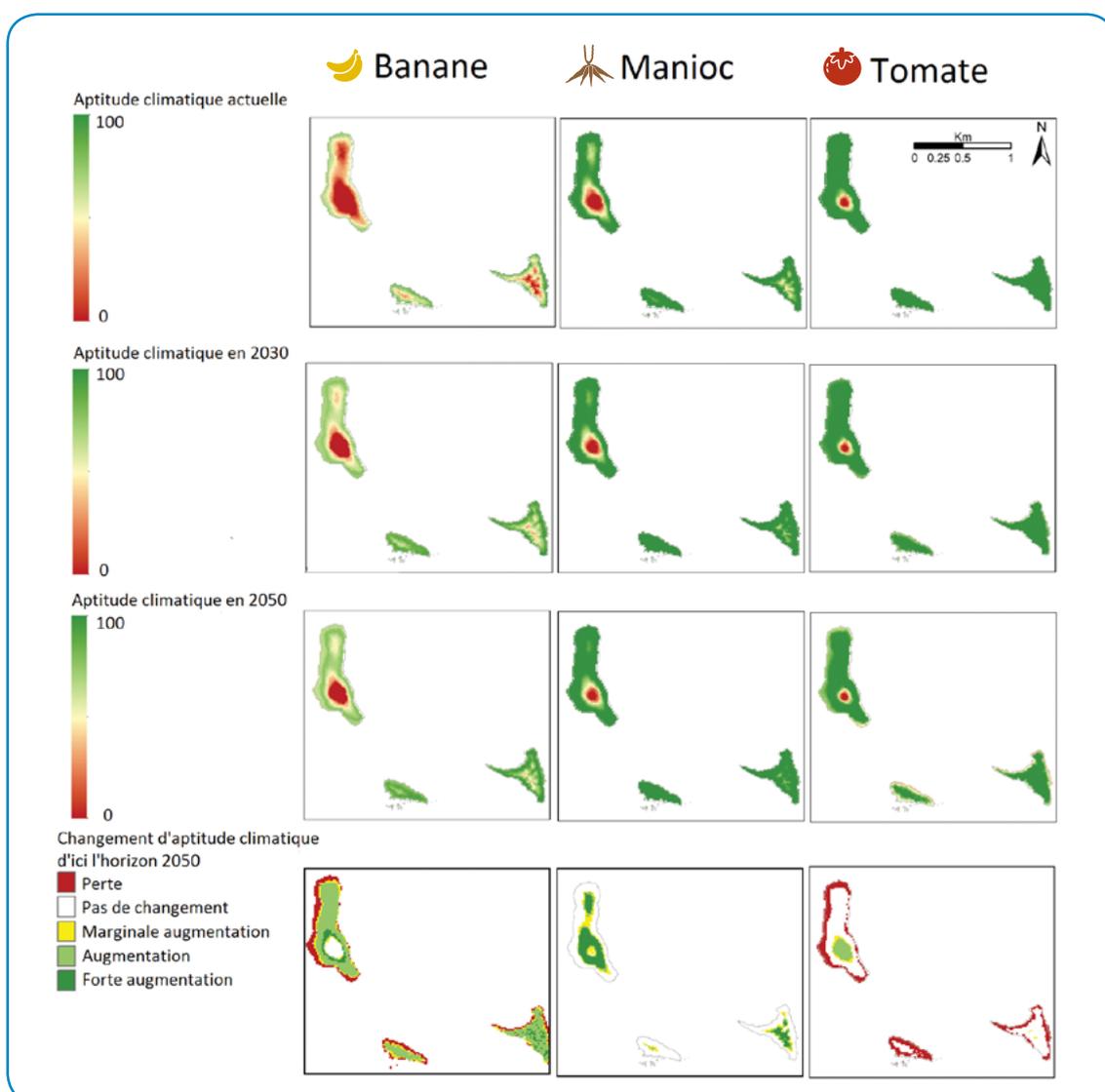
Suivant la même approche, nous voyons que les précipitations diminueront en 2050. Cependant, l'île de Anjouan est l'île la moins touchée par ces changements de précipitations. Ce résultat doit être lié à la grande variabilité des modèles prédictifs (déviation standard moyenne de 122 mm).

L'Union des Comores est très vulnérable et sensible aux changements climatiques. Le phénomène observable de changement climatique se manifeste par une perturbation des deux grandes saisons entraînant une diminution des précipitations et une sécheresse prolongée. Les effets incluent une réduction de la production agricole et piscicole, la contamination des nappes phréatiques côtières par l'eau de mer, et le déplacement de la population côtière. La détérioration de l'environnement et les impacts probables du changement climatique peuvent compromettre la résilience des écosystèmes et intensifier la concurrence et les risques de conflits liés à l'accès aux ressources partagées telles que la pêche, les ressources forestières, les eaux de surface et les terres agricoles.

Les dérèglements climatiques accentuent la pression et les tensions affectant déjà les ressources naturelles telles que les sols, les forêts et autres écosystèmes. Ils pourraient rendre l'approvisionnement en eau moins sûr et accroître la vulnérabilité des ressources agricoles et les risques de catastrophes. Des effets négatifs du changement climatique sur la production et les rendements ont été signalés à travers l'Union des Comores. Les effets observés comprennent:

i) l'allongement de la saison sèche, rendant difficile le contrôle des calendriers de culture et plus généralement le décalage des saisons représente un risque très important sur la production; ii) une augmentation des cas de maladies; iii) une diminution des terres arables, y compris l'élévation du niveau de la mer, suivie par l'érosion marine; iv) un assèchement de plusieurs cours d'eau, y compris Anjouan; v) une diminution des fourrages disponibles pour le bétail sur une bonne partie de l'année, ce qui oblige les éleveurs à parcourir de longues distances et à cueillir des fruits sur les arbres fruitiers (mangue, fruits à pain) en guise de fourrage. Cette pratique crée une concurrence entre la production de fruits dédié à l'alimentation humaine et les aliments pour la production animale; vi) une diminution des rendements des cultures, la pauvreté limitant la capacité d'adaptation au climat et la gestion des risques de catastrophe.

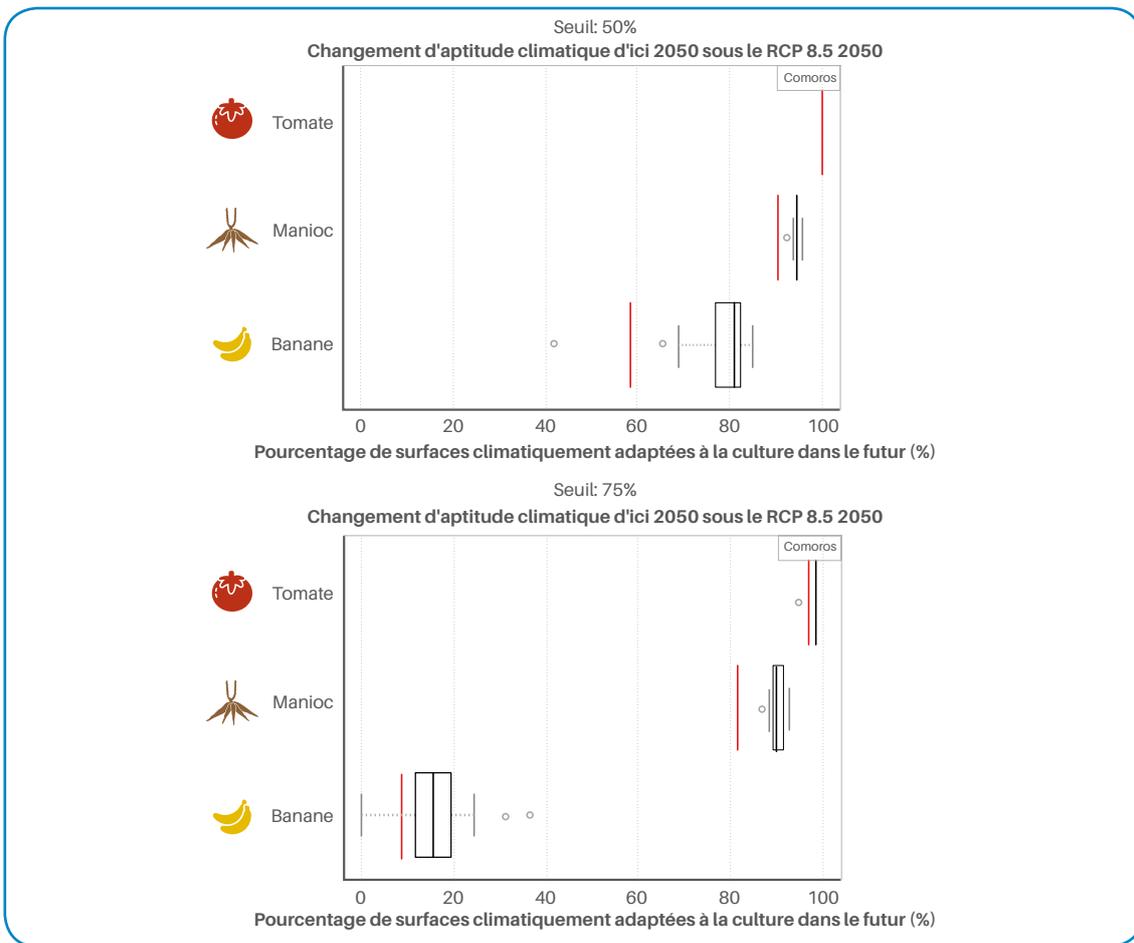
#### 4.2.2 Modélisation climatique pour la banane, le manioc et la tomate



**Figure 9.** Aptitude climatique actuelle et future (2030 et 2050 et changement) pour la banane, le manioc et la tomate.

### 4.2.3 Changement d'aptitude climatique pour la banane, le manioc et la tomate

Boxplots: La ligne rouge reflète la superficie actuelle totale des zones aptes à la culture considérée au-dessus du seuil alloué. Les boxplots révèlent l'aptitude climatique future prévue, au-dessus du seuil alloué, pour les cultures considérées en fonction des 32 MCG, sous RCP 8.5, pour la période 2030 et 2050. Les boxplots montrent la médiane des MCG, le quartile supérieur (25%) et le quartile inférieur (25%) et la répartition des MCG (les boîtes à moustaches s'étendent à 5% et 95% de la distribution de l'aptitude climatique pour les cultures). Les valeurs aberrantes sont présentées sous forme de points à l'extérieur des box à moustaches.



**Figure 10.** Boîtes à moustache montrant le pourcentage de changement jusqu'à 2050 sous RCP 8.5 avec un seuil de 50% et 75%.

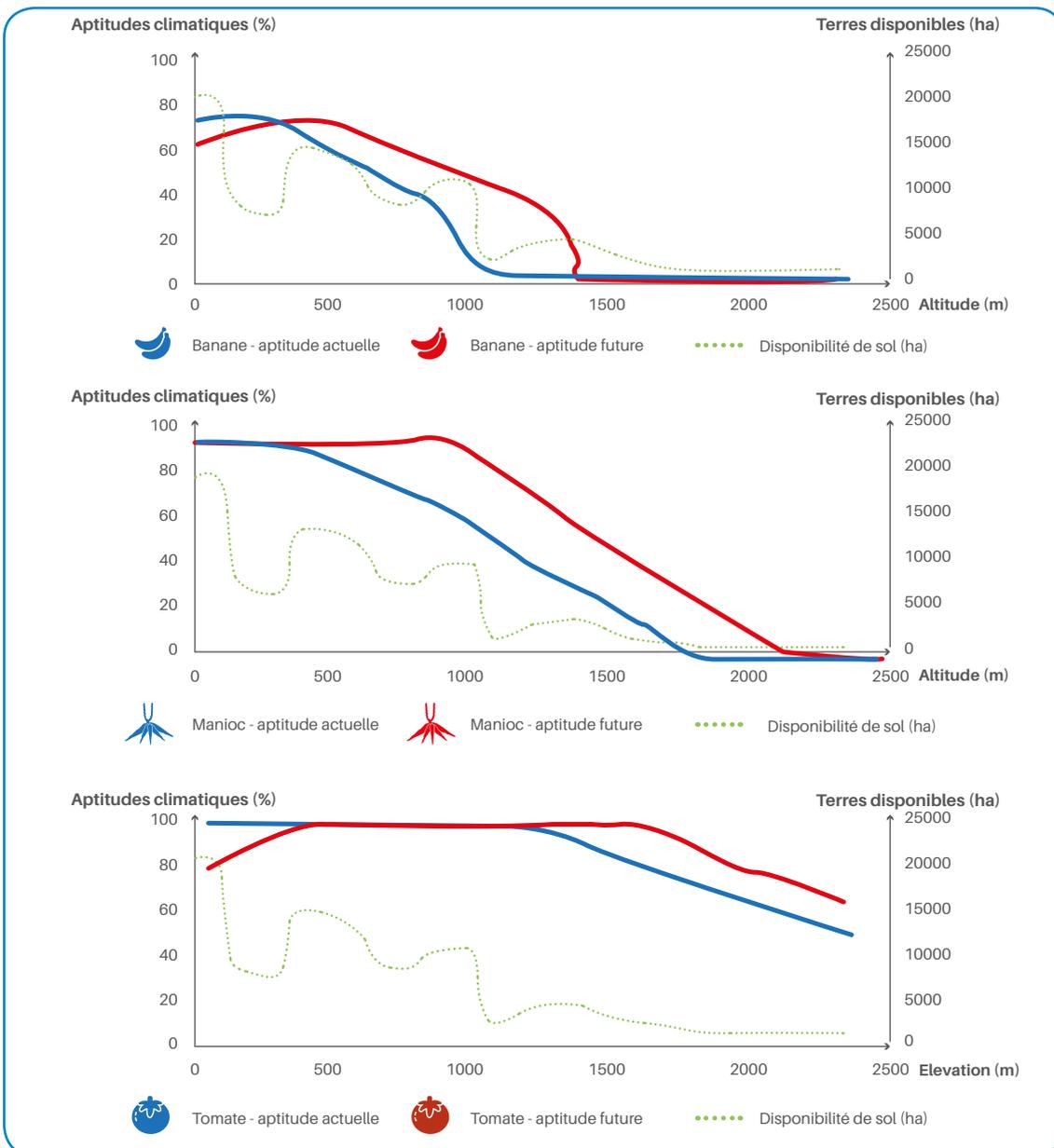
#### 4.2.4 Déplacement en altitude et changement d'aptitude climatique

L'aptitude climatique des terres actuelle (ou future) pour les cultures et l'altitude sont deux variables corrélées, car la méthodologie de modélisation des cultures est fortement liée à l'altitude. Par conséquent, il est intéressant d'analyser comment cette corrélation change avec l'aptitude climatique future modélisée (2050), ce qui fournit des informations essentielles sur la façon dont chaque culture répond aux changements climatiques. Les cultures de banane, tomates et manioc ont leur propre modèle de corrélation en raison de leurs paramètres climatiques uniques (Figure 11). Par exemple, au-delà de 1000 mètres d'altitude, la banane n'est plus climatiquement appropriée et sa niche biologique optimale est située à très basse altitude (sous les 200 m d'altitude). Cependant, la réalité terrain montre que la banane peut bien produire en altitude notamment sous couverture forestière et que l'introduction de variétés adaptées à chaque zone climatique a aussi participé la capacité de produire dans des zones plus élevées. Sous les conditions climatiques de 2050, nous pouvons voir un déplacement du seuil d'aptitude de 1000 à 1500 mètres. De plus on observe une légère diminution de l'aptitude dans les zones côtières. Ce phénomène est d'autant plus visible pour la tomate où nous pouvons observer une diminution de 100% d'aptitude à 80% d'aptitude à de très basses altitudes et un déplacement du seuil d'aptitude dans des zones plus élevées. Enfin, cette analyse de corrélation montre que le manioc est la culture la plus résistante au changement climatique puisque le graphique ne montre aucune perte d'aptitude le long de la côte et même une légère augmentation dans les zones élevées.

Cependant, il est important de noter que malgré un déplacement des niches climatiques des trois cultures vers des altitudes plus élevées, les terres disponibles pour cultiver se raréfient (cf. courbe verte des terres disponibles en hectares) et les conditions d'accès ainsi que des risques érosions du sol sont plus importants.

#### 4.2.5 Sensibilité de la banane (*Musa acuminata*)

Actuellement la culture de la banane est climatiquement plus appropriée dans les zones côtières de l'Union des Comores (Figure 11), atteignant jusqu'à 85% d'aptitude climatique. Ceci suggère que ces régions sont climatiquement appropriées pour la production de la banane. Une inspection plus poussée des données révèle que la côte Est de Anjouan possède parmi les plus hauts niveaux d'aptitude climatique pour la banane. Il est évident qu'il y a une forte influence de l'altitude sur l'aptitude climatique pour la banane, les altitudes plus élevées réduisant l'aptitude pour la culture. Cela est évident dans les zones montagneuses du centre de Grande Comore où l'augmentation progressive de l'élévation coïncide avec une réduction de l'aptitude climatique. Il est évident que, sur Grande Comore et dans une moindre mesure Mohéli, la banane a une aptitude limitée vers les altitudes plus élevées, ceci est dû aux basses températures et à des précipitations excessives (Figure 12). Il est important de souligner que l'expérience acquise sur le terrain montre que



**Figure 11.** Relation entre l'aptitude climatique actuelle (et future) et l'altitude pour les trois cultures ciblées

l'introduction de variétés locales adaptées a permis une production dans les zones en altitude et que la modélisation effectuée ne permet pas de prendre en compte les caractéristiques de l'ensemble de ces variétés.

En ce qui concerne les projections de changement climatique (Figure 9), il est à noter que dans les années 2030 et 2050 une réduction progressive de l'aptitude se produit dans les zones côtières. Cela est particulièrement évident sur les zones côtières de l'ouest de Grande Comore, tandis que la réduction de l'aptitude climatique s'étend le long de la côte de Mohéli et que, dans le cas de Anjouan, elle est plus prononcée dans les régions côtières du Nord. En outre, il est évident que

certaines des zones de vallées de haute altitude sur Grande Comore, Mohéli et Anjouan connaîtront une augmentation de l'aptitude climatique. Ceci est probablement dû aux températures qui deviendront plus appropriées pour la banane, tandis que, dans les zones côtières, le climat deviendra trop chaud. Il est notable (Figure 11) que les zones les plus élevées de Grande Comore restent inadaptées dans les futurs scénarios (2030 et 2050). Cependant, sur Anjouan on remarque que les zones montagneuses centrales connaîtront une augmentation substantielle de l'aptitude. Cela peut offrir de nouvelles opportunités pour la production de banane. En revanche, la production de banane sous couverture forestière en altitude amène progressivement la disparition de la forêt naturelle.

Il est à noter que, sous un seuil de 50%, la majorité de l'Union des Comores (60%) est climatiquement appropriée pour la banane (ligne rouge sur la Figure 10). Cela suppose que les agriculteurs peuvent produire la culture lorsque l'aptitude climatique est supérieure ou égale à 50%. En vertu d'un seuil plus élevé d'aptitude climatique de 75%, la superficie totale de l'Union des Comores qui convient pour la banane baisse à environ 10%. Sous les deux seuils d'aptitude climatique de 50% et 75%, la superficie future qui convient pour la banane augmente, comme indiqué dans les box plots. Cela se reflète dans les cartes d'aptitude pour la banane (Figure 9) qui révèlent de nouvelles zones climatiquement aptes dans les régions intérieures, ce qui entraîne un gain global d'aptitude dans la région malgré une perte d'aptitude dans les zones côtières.

Les résultats révèlent que les zones actuelles de production côtières de bananes deviendront moins appropriées selon projections climatiques futures (Figure 11). Cela peut forcer les systèmes de production de bananes actuels à se déplacer vers des altitudes plus élevées où le climat sera encore adapté à la production. Actuellement la banane est l'une des cultures les plus largement cultivées et répandues dans tout l'archipel (Les Comores 2009).

#### **4.2.6 Sensibilité du manioc (*Manihot esculenta*)**

L'aptitude climatique actuelle pour le manioc est la plus élevée dans les zones côtières et intérieures. Comme indiqué par le graphique de gradient d'élévation (Figure 11) l'aptitude baisse pour le manioc à une altitude de 500 m au-dessus du niveau de la mer. D'après les projections de changement climatique, l'aptitude du manioc reste élevée. Une augmentation de l'aptitude est observée dans les zones de montagne, notamment sur Anjouan (Figure 9). Selon les projections de changements climatiques prévues, les régions côtières restent appropriées. Les régions volcaniques montagneuses entourant le Mont Kartala sur Grande Comore présentent des augmentations marginales de l'aptitude mais restent inaptées pour le manioc.

La superficie totale de l'Union des Comores appropriée pour la culture du manioc varie de 90% (seuil: 50%) à 80% (seuil: 75%). Dans les deux cas, le manioc devrait connaître une augmentation

de la zone apte à la culture pour 2050. Cela est probablement dû à des températures croissantes dans les régions montagneuses qui deviennent donc plus appropriées pour le manioc.

Le manioc est capable de résister à des températures élevées et son aptitude climatique peut donc se maintenir sur la côte où les températures prévues en 2050 augmentent de 2 °C (Figure 8c).

#### **4.2.7 Sensibilité pour la tomate (*Lycopersicon esculentum*)**

L'aptitude climatique pour la tomate est similaire à celle du manioc, elle est caractérisée par une forte aptitude dans les zones côtières et aussi dans les zones de montagne, avec une baisse dans les régions très montagneuses. De même que pour la banane, il est prévu que l'aptitude climatique de la tomate diminue dans les régions côtières. Les zones de montagne restent aptes et des augmentations modérées de l'aptitude peuvent se produire dans les régions montagneuses de Grande Comore, tandis que les régions de montagnes de Mohéli et Anjouan restent appropriées. D'après les données acquises sur le terrain, il apparaît que l'un des problèmes les plus importants entraînés par le changement climatique au sujet de la tomate sera l'effet qu'il aura sur le cycle de vie des prédateurs et ravageurs.

### **4.3 Capacité d'adaptation**

Les forts niveaux de densité de population (de plus de 200 à près de 1000 habitants / km<sup>2</sup>) et de pauvreté caractérisent l'Union des Comores, et se traduisent par des niveaux de pression élevés sur les terres disponibles. Avec des pratiques respectueuses de l'environnement limitées (techniques de conservation des sols, récolte de l'eau), cette pression provoque une dégradation des ressources naturelles. En effet, le faible développement des activités économiques et la dépendance des communautés à prédominance rurale envers les ressources naturelles indiquent une forte pression humaine sur les ressources et les écosystèmes. Cela se traduit par la dégradation des terres (57% des terres agricoles), la déforestation (500 ha/an) et la mauvaise gestion des ressources naturelles. Des pratiques d'utilisation des terres inappropriées ont provoqué l'érosion des sols et la réduction de la productivité, conduisant à plus de pauvreté pour des personnes qui sont en grande partie tributaires de l'agriculture pour leur subsistance.

Si nous classons la carte de vulnérabilité en 5 classes, sur la base de l'histogramme des données, nous pouvons produire une carte qui offre une meilleure information sur le niveau de risque. Les facteurs de risque socioéconomiques seront inclus dans la discussion, comme une couche supplémentaire d'informations.

**Tableau 3.** Capacité d'adaptation de l'Union des Comores, sur la base de plusieurs indicateurs socio-économiques.

	Population	Superficie km <sup>2</sup>	Population Rurale	Pauvreté (%)	Pauvreté rurale	Pauvreté	Enfants en déficit pondéral	Enfants avec des retards de développement	Emaciation des enfants	Santé	Taux d'alphabétisation	Alphabétisation	Valeur totale combinée
Mwali	36502	290	50	49	50	50	23	32	5	80	77	77	69
Njazidja	302397	1147	76	43	45	55	13	44	5	79	77	77	70
Anjouan	248850	424	68	46	52	48	32	51	10	69	77	77	65

Source des données: Union of the Comoros Government (2006); UNESCO (2013).

## 5. Discussion

Toutes les zones cibles ont un certain niveau de risque comme le montre les cartes de changements d'aptitudes climatiques et les cartes d'exposition au risque biophysique. Il est à noter que certaines zones sont potentiellement plus « à risque », soit en raison de la présence de multiples risques soit en raison de la présence d'un danger grave entraînant un risque élevé. Dans cette section, une évaluation de la façon dont le changement climatique peut influencer sur les chaînes de valeur des cultures respectives sera fournie. L'accent sera mis sur l'évaluation de la vulnérabilité des zones cibles (décrites en Figure 12), à partir des données compilées pour l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

Les zones centrales de Grande Comore (zone cible 1) sont largement caractérisées par des risques liés à l'érosion du sol du fait de la pente, et de l'érodibilité élevée du sol ainsi que de la sécheresse. La modélisation des cultures (sensibilité) a révélé que l'aptitude climatique pour la banane et la tomate devraient rester convenable, tandis que l'aptitude climatique pour le manioc devrait connaître une augmentation.

La capacité d'adaptation à Grande Comore a été jugée légèrement supérieure à Mohéli et Anjouan. Cela peut fournir les mécanismes nécessaires pour s'assurer que la zone cible soit en mesure de répondre à des niveaux élevés d'exposition. Les options possibles sont l'adoption de variétés de bananes, de manioc et de tomates qui présentent une plus grande résistance à la sécheresse, ainsi que des technologies agricoles intégrées pour le partage d'informations sur les techniques de gestion durable des sols qui réduisent l'érosion.

La zone cible 2 est soumise au risque d'élévation du niveau de la mer et d'érosion du sol sur les versants. En ce qui concerne la sensibilité aux changements climatiques, il est à noter que la banane et la tomate devraient perdre en aptitude climatique. Les régions côtières du Nord et de l'Est devraient être les plus touchées. Le manioc devrait toutefois conserver son aptitude climatique et peut offrir une opportunité. Cependant, d'autres recherches doivent être entreprises pour évaluer les facteurs biophysiques (qualité des sols, maladies et ravageurs) et socioéconomiques (marché, préférences culturelles) supplémentaires qui détermineront si la culture est adaptée à la zone.

Les zones cibles 3 et 4, situées à Anjouan, possèdent parmi les zones agricoles les plus fertiles et productives de l'Union des Comores. Il s'agit aussi de l'île qui possède les conditions de pente les plus sévères. Par conséquent, la gestion des sols est particulièrement importante dans la zone 4 (Anjouan) pour minimiser l'érosion. On s'attend à une baisse de l'aptitude climatique pour la banane et la tomate dans les régions orientales et côtières de la zone 4. Cependant, les zones intérieures devraient rester aptes ou présenter des augmentations de l'aptitude climatique pour ces 2 cultures. Toutefois, ces régions intérieures devront être gérées de manière efficace

pour garantir la réussite de ces cultures. Une gestion efficace du sol dans un terrain vallonné où l'érosion des sols est une menace est particulièrement pertinente. Il peut y avoir des opportunités d'étendre dans le sud de la zone 4 les systèmes de production de banane, de manioc et de tomate, avec une zone à risque parmi les plus faibles de la région. Cependant, il est notable que la zone est déjà en grande partie cultivée ainsi les gains seront réalisés grâce à l'amélioration des techniques et des technologies plutôt que par l'ouverture de nouvelles zones de culture.

L'élévation du niveau de la mer est un autre risque qui peut être majoritairement ressenti sur Anjouan. La côte ouest de l'île pourrait perdre 1.204 hectares (ha) pour une hausse de 1 mètre du niveau de la mer (Figure 5d). D'autres problèmes liés à la salinisation pourraient rendre impropre à l'agriculture une plus grande superficie de cette région. C'est une région très vulnérable. En outre, il est prévu, dans les régions côtières de la zone 3, des pertes d'aptitude climatique pour la tomate et la banane. L'aptitude pour le manioc devrait se conserver, mais elle pourrait disparaître si l'élévation du niveau de la mer réduit la qualité des sols. Sur la base des données disponibles, Anjouan posséderait la plus faible capacité d'adaptation des trois îles. Notamment, la pauvreté rurale, et les enfants en retard de développement et en insuffisance pondérale sont les plus élevés sur Anjouan. Les régions côtières d'Anjouan doivent faire face à plusieurs défis liés à l'élévation du niveau de la mer et aussi à des pertes possibles dans l'aptitude climatique pour la banane et la tomate. Le manioc pourrait voir des possibilités d'amélioration de son aptitude climatique dans la région centrale d'Anjouan. Toutefois, les villages d'intervention ne se situent pas dans les zones à risque d'être inondés ou touchés par les intrusions marines. Le principal risque reste l'érosion du sol car le relief est extrêmement marqué dans cette région.

## 6. Recommandations

La section suivante présente un certain nombre de recommandations qui peuvent guider l'AVCDP. Tout d'abord, l'accent sera mis sur la façon dont l'AVCDP peut aider l'Union des Comores dans la réalisation des objectifs énoncés dans la "stratégie de croissance accélérée et de développement durable" (SCA2D) 2015-2019. Deuxièmement, des pistes possibles d'approches à bénéfices multiples pour la production agricole durable seront fournies. Enfin, des incitations aux bonnes pratiques et à l'analyse des options d'alternatives agricoles seront présentées.

Les recommandations sont basées sur les résultats de l'évaluation de la vulnérabilité ainsi que sur la première mission de conception qui a eu lieu en Septembre 2015. La deuxième mission de conception est prévue pour Avril 2016 et offre une opportunité pour la diffusion et la discussion des principaux résultats avec les partenaires nationaux et les différentes parties intéressées.

Comme indiqué précédemment (Section 1) le FIDA a ciblé les chaînes de valeur de la banane, du manioc et de la tomate dans le but d'améliorer (i) la production et la productivité (ii) les capacités techniques et d'organisation (iii) la conservation, la transformation et la commercialisation de ces chaînes de valeur afin d'améliorer la sécurité alimentaire et de créer des opportunités de revenus dans les zones rurales, en particulier pour les femmes et les jeunes. Les recommandations suivantes peuvent aider garantir que les mécanismes et les pratiques nécessaires sont en place.

### 6.1 Pistes d'étude pour une production durable

L'Union des Comores, dont les émissions sont négligeables au niveau mondial (0,00045%), est guidée par le désir de poursuivre l'objectif d'être un puits de carbone et de promouvoir le développement durable. Ceci est basé en particulier sur la "stratégie de croissance accélérée et de développement durable" (SCA2D) 2015-2019. L'Union des Comores est déterminée à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 84% en 2030. Cet objectif consiste à développer les énergies renouvelables, l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (UTCATF). Le SCA2D comprend l'intérêt du gouvernement pour promouvoir l'agriculture de conservation, améliorer l'efficacité énergétique et réduire la consommation de bois de chauffage, favoriser le reboisement, l'arboriculture, la reforestation, l'arboriculture, l'agroforesterie, la gestion des déchets, la préservation des forêts et des aires protégées pour des bénéfices indirects d'atténuation de l'effet de serre. Il englobe également la promotion des techniques et semences climatiquement résistantes, l'amélioration de la gestion de l'eau et des codes de construction résilientes au changement climatique. Les recommandations suivantes sont basées sur les activités des composantes qui guident l'AVDCP et sont pertinentes, plus généralement, pour les engagements pris dans le cadre du SCA2D.

- a. Le projet AVCDP vise à promouvoir la diversification des moyens de subsistance, réduire la vulnérabilité et renforcer la résilience pour une gestion durable des ressources naturelles. Le projet du FIDA devrait donc viser à accroître la productivité dans les chaînes alimentaires avec une meilleure résilience au changement climatique en intégrant des approches de gestion des sols et de l'eau tout en générant des améliorations de la productivité et de la transformation.
- b. L'impact environnemental de la transformation sera diminué grâce à une gestion appropriée des déchets solides. Les déchets solides devront être stockés de manière correcte pendant une période minimale ; couverts et protégés des pluies.
- c. Pour les déchets d'écorce du manioc, les technologies de gestion des déchets appropriées telles que la fermentation doivent être soutenues. La fermentation réduit la toxicité, en diminuant la teneur en cyanure.
- d. Les matériaux d'emballage alternatifs, tels que les sacs en papier, doivent être considérés à la place des sacs en plastique.
- e. Comme souligné plus haut, les sécheresses sont fréquentes, et donc le stockage de l'eau devrait être encouragé dans le projet afin de promouvoir son accès dans la production et la transformation et de réduire la compétition autour des ressources en eau disponibles. Il existe par exemple des modèles de parcs à bœufs avec captage de l'eau de pluies, et des périmètres irrigués déjà mis en place à Anjouan.
- f. Les déchets organiques provenant de la production et de la transformation des bananes qui comprennent les pelures de bananes, les tiges et les troncs peuvent être compostés et utilisés comme engrais pour améliorer la fertilité des sols. Ces déchets sont généralement utilisés pour nourrir les animaux, en particulier les vaches pendant la période de soudure. L'alimentation du bétail prend le dessus sur le compostage et la fertilisation. La plantation d'enrichissement avec des espèces d'arbres légumineux pour reconstruire le sol est également recommandée.
- g. La formation sur la manipulation et l'application appropriée des pesticides (comme l'utilisation de masques et de gants) doit être incluse et l'utilisation d'approche de lutte intégrée des ravageurs (IPM) privilégiée pour prendre en considération la protection des cultures. L'objectif sera d'utiliser la quantité minimale de pesticides (de bonne qualité et uniquement en cas de besoin) et dans le respect du Code de conduite international sur la gestion des pesticides, par exemple dans le cadre de l'orientation sur la lutte antiparasitaire et de la gestion des pesticides de la FAO. La question de l'impact du changement climatique sur les ravageurs est aussi importante à prendre en compte.

## 6.2 Approches multi-bénéfiques

Un certain nombre d'avantages peuvent être obtenus en combinant des stratégies de développement, d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques. Par exemple, il s'agit de viser des technologies intelligentes favorables au climat décrites comme « à bénéfices multiples » car elles peuvent augmenter la productivité, l'adaptation, et renforcer la résilience des systèmes de production agricole tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Les communautés bénéficieront d'une meilleure productivité (ce qui contribue à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté), ainsi que d'une atténuation et adaptation aux changements climatiques. Le projet apportera de nombreux avantages qui comprennent le transfert de technologies, l'autonomisation des foyers vulnérables, la gestion durable de l'environnement, l'amélioration de la fertilité des sols, de la nourriture, du fourrage et du carburant. Les avantages que les paysages agricoles peuvent fournir comprennent le contrôle des inondations, la lutte contre l'érosion, le renforcement de la biodiversité, moins d'intrants externes inorganiques, la séquestration du carbone, et l'amélioration de la qualité et de la disponibilité en l'eau. L'embocagement ne servira pas seulement à prévenir l'érosion, améliorer la fertilité des sols et fournir du fourrage pour les animaux, mais les arbres fourniront également des piquets nécessaires à la culture des tomates.

Le projet s'aligne sur l'objectif du gouvernement "pour réduire la pauvreté en ciblant les secteurs où sont concentrés les pauvres. Il y a un accent particulier sur le secteur des micro et de petites entreprises et le secteur agro-alimentaire, tout en développant de nouvelles cultures et en positionnant l'Union dans des niches à l'exportation".

## 6.3 Avantages des bonnes pratiques agricoles

Les pratiques agroforestières sont une source de nombreux atouts en termes de conservation (sol, eau, habitat d'espèces de flore et faune) et de production (nourriture, fourrage et bois de travail et d'énergie). Ce système stable permet une couverture permanente du sol, ce qui réduit l'érosion, soutient l'approvisionnement en eau de surface, et optimise l'utilisation de l'espace par l'étalement des cycles de production. La classification de l'Union en tant que Puit de Carbone 1 ouvre également des pistes pour accéder aux sources de financement durables des outils de financement mondiaux pour le développement durable et environnemental.

## 6.4 Analyses des alternatives

L'analyse de la modélisation du climat a révélé des tendances intéressantes. En règle générale, les zones côtières seront moins adaptées à la culture de la tomate et de la banane. Le manioc est plus résistant dans les zones côtières et se présente comme une opportunité potentielle pour les communautés côtières dans le cadre de changements climatiques progressifs. Cependant, une analyse plus approfondie doit être entreprise pour évaluer le potentiel du manioc face à des

contraintes biophysiques supplémentaires (inondations d'eau salée, augmentation des ravageurs et des maladies, diminution de la fertilité du sol etc.).

Cibler les principales zones vulnérables à travers l'analyse SIG des hotspots proposée peut aider à identifier où mettre en œuvre des pratiques agricoles adaptées et fournir des ressources techniques aux agriculteurs. Par exemple, le nord de la zone cible 2 se caractérise par une augmentation potentielle de l'aptitude pour le manioc et par un terrain très accidenté et pentu où les glissements de terrain et l'érosion des sols sont les principaux risques qui pèsent sur l'agriculture. En adaptant le modèle, des variétés à haut rendement de manioc intercalées avec différentes graminées, développées dans les régions montagneuses du Vietnam peuvent être une solution potentielle pour développer la culture du manioc dans les zones de montagne et de stabiliser dans le temps et dans l'espace la qualité du sol en empêchant son érosion.<sup>24</sup> Par conséquent, cette pratique de l'agriculture « climatiquement intelligente » (CSA) a montré de bons résultats dans l'amélioration du rendement du manioc en relation avec l'augmentation en hauteur de la bande d'herbe qui a conduit à l'accumulation de terre et à la formation de terrasses naturelles et donc à un sol plus aérée et plus riche en carbone.<sup>25</sup>

Une autre recommandation de l'analyse est de se concentrer sur les zones côtières de la zone ciblée 4. Il s'agit de la région agricole la plus importante de l'Union des Comores qui doit faire face à une augmentation des températures qui entraînera une perte d'aptitude pour la culture de la banane et de la tomate. Cette zone est également plus sensible à l'élévation du niveau de la mer et aux cyclones tropicaux, nous recommandons donc la mise en œuvre de variétés résistantes à la salinité, aux risques naturels et aux températures extrêmes.

Les objectifs environnementaux devraient viser à inverser les tendances actuelles de dégradation des sols pour accroître la productivité et la résilience au changement climatique. Améliorer le « capital naturel » implique l'adoption de mesures visant à restaurer la fertilité des sols desquels dépend une grande partie du système de production. Cela signifie également la reconstitution, de la couverture végétale, qui joue un rôle important pour la préservation de la structure du sol, et la restauration des habitats naturels par l'agroforesterie. Ayant à l'esprit le contexte socio-économique et démographique, les initiatives visant à la gestion de l'environnement sont basées, dans la mesure du possible, sur des mesures à la portée des populations les plus vulnérables, tant sur le plan technologique qu'en ce qui concerne leur coût.

En conséquence, l'approche recommandée est triple i) mettre en œuvre localement des pratiques « climatiquement intelligentes » appropriées qui prennent en charge la gestion durable de l'environnement, de la productivité, l'adaptation et la résistance au changement climatique. Cette

---

24 Gumiere et al. (2010).

25 CIAT DAPA (2015).

composante comprendra ; ii) renforcer les capacités des acteurs (services de vulgarisation et petits exploitants) pour leur permettre de mettre en œuvre les pratiques; et iii) promouvoir le stockage de l'eau pour la production agricole.

Les pratiques agricoles « climatiquement intelligentes » favorisent 3 piliers principaux pour que les agriculteurs parviennent à un développement durable de l'agriculture pour la sécurité alimentaire dans le cadre du changement climatique. Ce sont a) l'accroissement durable de la productivité agricole et des revenus, b) l'adaptation et renforcement de la résilience aux changements climatiques et c) la réduction et / ou l'élimination des émissions de gaz à effet de serre.

L'embocagement (une pratique CSA) a déjà été introduit dans les sites du projet PNDHD conclu récemment et financé par le FIDA. Les agriculteurs interrogés sur Anjouan semblaient satisfaits par l'accroissement du potentiel de réduction de l'érosion des sols, l'approvisionnement en fourrage, la conservation de la fertilité et de l'humidité des sols et les rendements des cultures plus élevés en utilisant cette pratique. L'embocagement a également été présenté comme utile dans la protection des espèces de bananes contre les vents violents. La pratique de l'embocagement visera également à inclure des espèces d'arbre à double usage qui peuvent améliorer la fertilité des sols et fournir également le fourrage du bétail, par exemple *Gliricidia*, *Calliandra* et *Leucaena*. De plus, le modèle d'embocagement pourrait être amélioré en intégrant des nouvelles espèces tels que des espèces forestières à usages multiples, en particulier d'intérêt économique

Une préoccupation majeure pour la productivité sera la dégradation du sol qui contribue à la perte de la fertilité. Pour réduire et éventuellement inverser les tendances actuelles de dégradation des terres, des pratiques d'amélioration de la fertilité des sols et des terres « climatiquement intelligentes » telles que les terrasses, les murets de pierre, les contours, le bon épandage de fumier, le compostage, l'utilisation de plantes légumineuses et les techniques de culture intercalaire sont de grande valeur.

Approche des bassins versants (Figure 12) : Il existe un besoin d'approches de gestion intégrée des terres et de l'eau qui tiennent compte du lien de causalité entre l'eau en amont et son impact sur l'occupation des sols en aval. Par exemple l'érosion contribue au ruissellement en amont et au lessivage des sols et des cultures, ainsi qu'à l'envasement en aval. Étant donné que l'érosion est une contrainte majeure dans l'Union des Comores, l'incorporation d'une approche de gestion des bassins versants est essentielle. Celle-ci pourrait inclure des technologies telles que des haies d'arbres anti-érosion (par embocagement) en travers des pentes, des terrasses, des murets de pierre et des contours. La pérennisation de cette approche est clé pour obtenir des résultats sur le long terme.

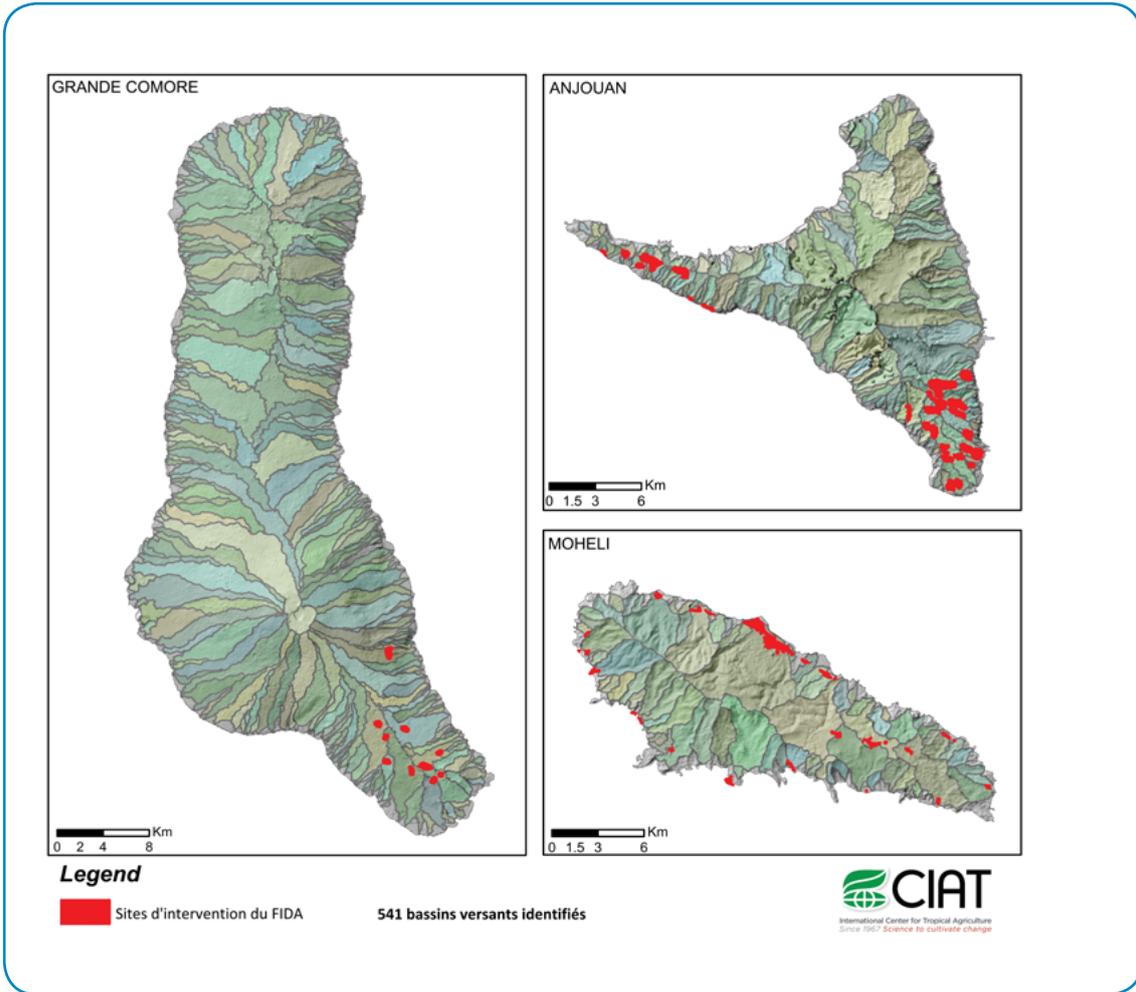


Figure 12. Délimitations des bassins versants dans l'Union des Comores.

## 7. Références

- Adger WN. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16(3):268–281.
- Banque Mondiale. 2014. Comores. Notes de politique. Accélération du développement économique dans l'Union des Comores, Rapport No. 84095-KM.
- [CIAT] International Center for Tropical Agriculture [DAPA] Decision and Policy Analysis research area. 2015. Seeing is believing: getting climate smart in Vietnam. Disponible à: <http://dapa.ciat.cgiar.org/seeing-is-believing-getting-climate-smart-in-vietnam>
- EcoCrop. 2007. EcoCrop. FAO [online]. Disponible à: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> [Consulté le 11 Decembre 2015].
- [FAO]. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ecocrop [online] Disponible à: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home> [Consulté le 16 Avril 2015].
- [GBIF] Global Biodiversity Information Facility. 2015. Disponible à: [www.gbif.org/](http://www.gbif.org/) [Consulté le 16 Avril 2015].
- [GEF] Global Environment Facility Terminal Evaluation Report GEF 3363 Project. Integrated Ecological Planning and Sustainable Land Management in Coastal Ecosystems in the Comoros, in the three islands of Grand Comore, Nzwani and Moheli.
- [Genesys] Gateway to Genetic Resources. 2013. Disponible à: [www.genesys-pgr.org/welcome](http://www.genesys-pgr.org/welcome) [Consulté le 16 Avril 2015].
- [GIZ] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. 2014. The Vulnerability Sourcebook – Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments.
- Gumiere SJ, Le Bissonnais Y, Raclot D, Cheviron B. 2010. Vegetated filter effects on sedimentological connectivity of agricultural catchments in erosion modelling: a review. *Earth Surface Processes and Landforms* 36(1):3–19. doi: 10.1002/esp.2042.
- Harris I, Jones PD, Osborn TJ, Lister DH. 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* 34:623–642. doi: 10.1002/joc.3711.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. 2005. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965–1978.
- McSweeney C, New M, Lizcano G. 2010a. UNDP Climate Change Country Profiles: Afghanistan. [www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Afghanistan&d1=Reports](http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Afghanistan&d1=Reports) [Consulté le 18 Mars 2016].

- McSweeney C, New M, Lizcano G. 2010b. UNDP Climate Change Country Profiles: Comoros. [www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Comoros&d1=Reports](http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Comoros&d1=Reports)
- Morin J, Lavigne F. 2009. Responses to Hazards, Karthala (Comoros) Part 2.
- Ramírez-Villegas J, Jarvis A, Läderach P. 2013. Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: the EcoCrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology* 170:67–78.
- [SCA2D]. 2014. *Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable*. 2015–2019. Union des Comoros.
- Sotiropoulou AM, Alexandridis T, Bilas G, Karapetsas N, Tzellou A, Silleos N, Misoplinos N. 2011. A user friendly GIS model for the estimation of erosion risk in agricultural land using the USLE. Paper presented at International Conference on Information and Communication Technologies for Sustainable Agri-production and Environment. Skiathos, 8–11 September 2011.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2015. Sub-regional overview s [online]: [www.unep.org/dewa/Africa/publications/AEO-2/content/090.htm](http://www.unep.org/dewa/Africa/publications/AEO-2/content/090.htm) [Consulté le 10 Novembre 2015].
- [UNEP/OCHA] United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. 2013. Environmental emergencies: Comoros report of scoping mission. June 2013.
- [UNESCO] United Nations Educational, Science, and Cultural Organization. 2013. Institute for Statistics.
- Union of the Comoros Government. 2006. National Action Programme of Adaptation to Climate Change. Ministry of Rural Development, Fisheries, Handicraft and Environment.
- Union of the Comoros Government. 2009. Action Plan for Implementation of the 2010–2014 Poverty Reduction and Growth Strategy.
- Union of the Comoros Government. 2010. Poverty Reduction and Growth Strategy paper. International Monetary Fund.
- Yadav SS, Redden R, Hatfield JL, Lotze-Campen H, Hall AJ. 2011. Crop adaptation to climate change. John Wiley & Sons.
- You L, Wood Sichra U, Fritz S, Guo Z, See L, Koo J. 2014. Spatial production allocation model (SPAM) 2005 v2.0, 16 Avril 2015. <http://mapspam.info>





RESEARCH PROGRAM ON  
**Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security**



The CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) is a strategic initiative of CGIAR and Future Earth, led by the International Center for Tropical Agriculture (CIAT). CCAFS is the world's most comprehensive global research program to examine and address the critical interactions between climate change, agriculture and food security.

**For more information, visit [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)**

Titles in this Working Paper series aim to disseminate interim climate change, agriculture and food security research and practices and stimulate feedback from the scientific community.

CCAFS is led by:



Strategic partner:



Research supported by:

