MASTER II ENVIRONNEMENTS INSULAIRES ET OCÉANIENS

UNIVERSITÉ DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

ETUDE COMPARATIVE DE L'ÉROSION DE BASSINS VERSANTS SUR LA PRESQU'ÎLE DE TAHITI

APPROCHES SPATIALE, HYDROLOGIQUE ET HUMAINE

JULIE BENEGUI

RESPONSABLE : TAMATOA BAMBRIDGE

JUIN 2015

UNIVERSITÉ DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

CRIOBE EPHE-CNRS POLYNESIE

***« La gestion environnementale n'est pas une question de rapport des hommes avec la nature mais une question de rapport entre les hommes à propos de la nature »* (Jacques Weber).**

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je souhaite remercier Tamatoa Bambridge pour m'avoir donnée l'opportunité de réaliser ce stage sur un terrain des plus agréables entourée de personnes l'étant encore plus et de m'avoir laissée une liberté qui m'a permis de travailler sur la thématique de mon choix que j'affectionne tout particulièrement !

Je tiens également à remercier Serge Planes pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de sa structure, le Centre de Recherches Insulaires et OBservatoire de l'Environnement (CRIOBE), situé sur l'île de Moorea (Polynésie Française). Cette station de terrain, rattachée à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, fait partie du réseau national des stations marines du CNRS et du réseau Observatoire de l'Environnement (INSU) et ses thématiques de recherche sont principalement axées sur le milieu corallien polynésien.

Je remercie mes camarades d'étude et de terrain : Ewen Morin, Pauline Fabre et Eva Bertrand. Je remercie également Benoît Stoll de nous avoir accompagné sur le terrain mais aussi « sauvé » de la noyade grâce à un combo Land Rover – Harley Davidson. Un grand merci aussi à Lucie Pheulpin qui, les premiers mois, m'a guidée (probablement sans le savoir) vers mon sujet de recherche définitif.

Finalement, je remercie profondément toutes les personnes avec qui j'ai travaillé autour du projet INTEGRE : les différents services administratifs (SAU, SDR, DIREN) pour leur disponibilité, Edmée Hopuu (Service de la Culture et du Patrimoine) pour sa gentillesse, les mairies de Toahotu et de Pueu et leurs élus pour leur accueil et leur enthousiasme, Jean Mahaa pour sa disponibilité, Hinano et Gilles Leboucher pour leur accueil et leurs connaissances, Maite Morohi pour sa gentillesse et toutes les personnes qui ont bien voulu m'accorder un peu de leur temps pour discuter.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

CONTEXTE DE L'ÉTUDE 2

A. Tahiti et sa Presqu'île : contexte géographique 2

a. Géologie et géomorphologie 2

b. Climatologie et météorologie 3

c. La population de Tahiti et le phénomène de littoralisation 3

B. La Gestion Intégrée des Zones Côtières 4

a. La zone côtière : une interface entre la nature et la société 4

b. Définition et intérêt de la GIZC 4

c. L'intégration dans la GIZC 5

C. L'aléa « érosion » 6

a. Définition 6

b. Amplification de l'érosion par les différents usages : le cas de l'agriculture 6

c. Effets de l'érosion sur les écosystèmes coralliens 7

MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL 7

A. Etudes préliminaires 7

a. Gestion intégrée de l'aléa érosion, du bassin versant au récif corallien 7

b. Approche cognitive : spatialiser et modéliser l'aléa érosion 8

B. Données et outils 9

a. Description des données utilisées 9

b. Apport des Systèmes d'Information Géographique 9

C. Démarche générale 10

a. Les sites d'études en quelques chiffres 10

b. Méthodologie de la cartographie des sols à l'érosion et mise en place des modèles qualitatifs 13

c. Enquêtes qualitatives auprès des résidents de Pueu et Toahotu 17

ANALYSE DES RÉSULTATS 18

A. Spatialisation et modélisation de l'aléa érosion 18

B. Conception et perception de l'aléa « érosion » 23

DISCUSSION & PERSPECTIVES 25

RÉFÉRENCES 29

ANNEXES 34

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de Tahiti et localisation des sites d'étude. 2
Figure 2. Carte détaillant les cultures présentes sur Toahotu (Ouest) et Pueu (Est). 3
Figure 3. Présentation du Modèle Numérique de Terrain de la Presqu'île de Tahiti. 18
Figure 4. Déclivité de la pente dans les districts de Pueu à l'Est et Toahotu à l'Ouest. 18
Figure 5. Courbures de profil et courbures horizontales sur les zones d'étude. 18
Figure 6. Mise en évidence des surfaces drainées sur les districts de Pueu et Toahotu. 19
Figure 7. Erodibilité des formations géologiques de Pueu et Toahotu. 19
Figure 8. Carte des classes d'occupation du sol des districts de Pueu et Toahotu. 19
Figure 9. Localisation des pistes dans les districts de Pueu et Toahotu. 19
Figure 10. Répartition des précipitations moyennes annuelles à Pueu et Toahotu 20
Figure 11. Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion selon le modèle de Dumas (2004). 20
Figure 12. Spatialisation de l'aléa érosion selon le modèle de Luneau (2007). 21
Figure 13. Cartes de répartition des indicateurs REP et WDI 21
Figure 14. Cartes-résultats de la répartition des indicateurs de sensibilité à l'érosion réalisées à partir des modèles de Dumas (2004), Luneau (2007) et Atherton *& al*. (2005) 22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau comparatif des facteurs de l'érosion sélectionnés par Atherton *& al*. (2005), Dumas (2004) et Luneau (2007). 11
Tableau 2. Inventaire des données numériques utilisées et récoltées auprès des différents services traitant de l'information géographique à Tahiti. 12
Tableau 3. Tableau comparatif des caractéristiques des districts de Pueu et Toahotu. 13
Tableau 4. Hiérarchisation des pentes selon leur déclivité et les différents modèles étudiés. 14
Tableau 5. Hiérarchisation des formations géologiques selon leur érodibilité et les différents modèles étudiés. 14
Tableau 6. Hiérarchisation des thèmes d'occupation du sol selon leur érodibilité et les différents modèles étudiés. 15
Tableau 7. Valeurs du facteur R et valeurs SIG pour l'intensité des précipitations associées. 15
Tableau 8. Les facteurs d'évaluation de l'anthropisation des BV 15
Tableau 9. Pondérations attribuées aux couches du modèle d'érosion selon Luneau (2007). 16
Tableau 10. Restitution des réponses aux questions du thème « Description et perception du sol » pour les répondants de Pueu et Toahotu. 23
Tableau 11. Restitution des réponses aux questions du thème « Description et perception de la rivière et du lagon » pour les répondants de Pueu et Toahotu. 24

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BV : **B**assins **V**ersants

CTI : **C**omposite **T**hreat **I**ndex

DIREN : **Dir**ection de l'**En**vironnement

GIZC : **G**estion **I**ntégrée des **Z**ones **C**ôtières

MCE : **M**ulti-**C**riteria **E**valuation

MNT : **M**odèle **N**umérique de **T**errain

NC : **N**ouvelle-**C**alédonie

PF : **P**olynésie **F**rançaise

PTOM : **P**ays et **T**erritoires d'**O**utre-**M**er

RC : **R**écifs **C**oralliens

REP : **R**elative **E**rosion **P**rediction

RGA : **R**ecensement **G**énéral **A**gricole

SAU : **S**ervice de l'**A**ménagement et de l'**U**rbanisme

SAU : **S**urface **A**gricole **U**tile

SDR : **S**ervice du **D**éveloppement **R**ural

SIG : Systèmes d'**I**nformation **G**éographique

WDI : **W**atershed **D**evelopment **I**ndex

WLC : **W**eighted **L**inear **C**ombination

ZC : **Z**one **C**ôtière

INTRODUCTION

Les Pays et Territoires d'Outre-Mer (PTOM) du Pacifique sont actuellement fragilisés par la densification de l'urbanisation et l'intensification des activités humaines non durables. Ces phénomènes sont responsables d'une dégradation croissante des écosystèmes insulaires (Commission Européenne, 2007). Citons quelques dommages qui en découlent : une surexploitation des ressources terrestres et marines, une augmentation exponentielle des espaces invasives ou encore une gestion défectueuse des problèmes liées à l'activité humaine (pollution du sol et des eaux par les pesticides, déchets…) (Tissot *& al.*, 2006). Ces nombreuses menaces pèsent sur le développement économique de ces îles (impacts du tourisme sur le milieu naturel), la santé publique (pollution), la biodiversité (dégradation voire destruction des récifs) et donc de manière plus globale sur le mode de vie et le bien-être de leurs populations qui présentent des difficultés à subvenir à leurs besoins, problèmes qu'elles ne rencontraient pas il y a quelques années (Commission Européenne, 2007). Or, les milieux insulaires possèdent une biodiversité aussi riche que fragile. De plus, cette vulnérabilité est accrue par le changement climatique actuel. Face à ces pressions croissantes, une prise de conscience ainsi qu'une approche systémique de l'environnement semblent aujourd'hui essentielles. Une gestion intégrée de ces problématiques du sommet de la montagne au récif apparait donc comme une solution possible face à ces différents enjeux de développement durable. C'est dans ce contexte que s'est mis en place le projet INTEGRE.

Financé par l'Union Européenne, « **INTEGRE** » (**IN**itiatives des **TE**rritoires pour la **G**estion **R**égionale de l'**E**nvironnement) est un projet commun aux PTOM du Pacifique aspirant à promouvoir et renforcer la Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC). C'est dans ce projet de développement durable que s'inscrit notre travail de recherche. La GIZC a pour objectif une gestion de l'espace et des ressources en considérant simultanément les divers enjeux sectoriels (terrestres, marins, environnementaux, économiques, sociaux et culturels) de la zone littorale et cela en favorisant la mise en œuvre de nouvelles formes de gouvernance encourageant les démarches participatives (Cicin-Sain & Knecht, 1998 ; Clarke, 2006). Un des objectifs principaux du projet est la mise en œuvre, sur des sites pilotes, de méthodes opérationnelles de gestion intégrée de la zone côtière pouvant s'appliquer à d'autres îles. Ces sites ont été sélectionnés selon leurs caractéristiques représentatives dans les PTOM, on en compte trois en Polynésie Française (Presqu'île de Tahiti, Baie et Vallée d'Opunohu et les îles de Raiatea et Tahaa). Notre étude s'est concentrée sur la Presqu'île de Tahiti et plus particulièrement sur les communes associées de Pueu (Est) et Toahotu (Ouest).

La commune de Taiarapu, qui connaît actuellement une croissance exponentielle de sa population, regroupe de nombreuses activités agricoles et maritimes, soit autant de menaces pesant sur le littoral, les écosystèmes coralliens et les relations entre l'Homme et son milieu. Connaître le milieu terrestre en amont de la zone lagonaire permet d'appréhender et prévenir les risques de pollutions (Dumas, 2004). Pour assurer un développement durable adapté aux besoins de la population de la Presqu'île, il semble donc essentiel d'identifier et de comprendre ces pressions physiques et anthropiques. Pour cela, des outils et méthodes doivent être pensés et mis en place. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre recherche. Celle-ci s'intéresse à l'érosion des sols qui est, par nature, très élevée à Tahiti (Ferry, 1988 ; Wotling, 2000) mais qui est fortement amplifiée par de nombreux facteurs qui conditionnent son impact (Dumas, 2004). Les conséquences de l'érosion sont considérables aussi bien sur la terre que sur la mer (Chevalier *& al.*, 2002).

Afin d'appréhender au mieux ce phénomène, nous chercherons dans un premier temps à caractériser la sensibilité des sols à l'érosion puis l'objectif sera de cartographier l'aléa érosion sur les communes associées de Pueu et Toahotu et, plus précisément, d'identifier les

Bassins Versants (BV) présentant une sensibilité accrue à l'érosion et enfin, nous analyserons la spatialisation de l'érosion en fonction des pratiques agricoles présentes sur ces deux sites. La localisation de cet aléa sera réalisée grâce à l'application de diverses méthodologies basées sur les travaux d'Atherton & *al*. (2005), Dumas (2004) et Luneau (2007). Ces derniers utilisent un outil commun que sont les Systèmes d'Information Géographique (SIG), qui contribuent aux problèmes de GIZC en permettant, entre autres, l'accès à une information synthétisée et adaptée aux différents acteurs. Dans un second temps, une approche humaine *via* la réalisation d'enquêtes de terrain auprès des résidents de Pueu et Toahotu devrait permettre de concevoir comment les populations de ces districts perçoivent l'aléa érosion, leur milieu naturel et la relation entre ces deux derniers et si ces ressentis sont reliés à la répartition de l'érosion à Pueu et Toahotu. Cette approche passe par des échanges approfondis avec les populations locales et permet leur intégration au processus de GIZC.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

A. Tahiti et sa Presqu'île : contexte géographique

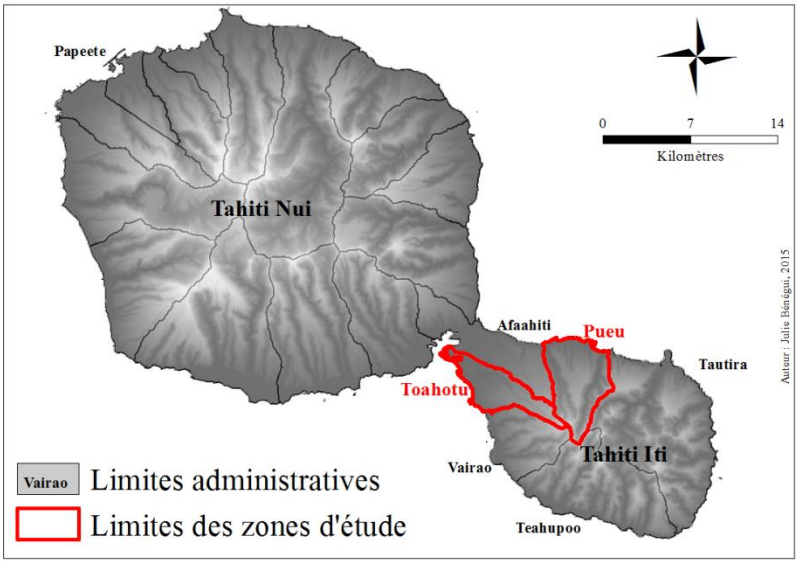


Figure 1. Carte de Tahiti et localisation des sites d'étude.

Située au milieu de l'océan Pacifique, entre 5° et 30° de latitude Sud et 130° et 155° de longitude Ouest, la PF est constituée de 118 îles et atolls répartis administrativement en 5 archipels. La plus étendue (1064 km²) et la plus haute (2241 km²) de ces îles, Tahiti, appartient au groupe des Iles du Vent de l'Archipel de la Société et représente le quart des terres émergées de ce territoire français (ORSTOM, 1993).

a. Géologie et géomorphologie

Avec une superficie totale de 1064 km², Tahiti est une île volcanique issue de deux systèmes éruptifs distincts (Léotot, 1988) et présente une forme caractéristique due à la juxtaposition de deux cônes volcaniques soudés par l'isthme de Taravao (Figure 1). Le premier constitue l'île principale, Tahiti Nui ou « Grand Tahiti » et le second, Tahiti Iti ou « Petit Tahiti », situé au Sud-est, qui forme aujourd'hui la Presqu'île de Taiarapu. Tahiti est une île haute au relief verdoyant, montagneux et très accidenté, encerclée par un lagon d'une superficie de 141 km² que délimite un récif barrière discontinu (Laurent & *al*., 2004). Le réseau hydrologique tahitien, très dense, comprend 72 cours d'eau et résulte d'une action érosive intense (Lafforgue, 1987). La plupart des BV, de surface variable, présentent une disposition radiale par rapport au volcan bouclier primitif (Jamet, 1987). Ils sont caractérisés par une superficie assez restreinte, une forme allongée, de fortes pentes et un talweg profondément encaissé (Wotling, 2000).

De par son origine volcanique, l'île de Tahiti est composée principalement de basalte noir et lourd. Les coulées successives sont à l'origine d'une grande variété morphologique de basaltes (Brousse, 1986). Les vallées de Tahiti et de sa Presqu'île sont constituées de formations de laves basaltiques massives ou d'agglomérats et présentent généralement un profil longitudinal étroit et assez long encadré de hautes crêtes présentant de très fortes pentes souvent à plus de 50°. Le fond de la vallée est occupé par un remplissage colluvial provenant des versants et par des dépôts alluvionnaires façonnés et déplacés par les cours d'eau dont l'écoulement peut être très violent (ORSTOM, 1993 ; Servant, 1974).

b. Climatologie et météorologie

La PF est soumise à un climat de type tropical océanique humide, caractérisé par une saison humide aux températures élevées et fortes précipitations, de novembre à avril et une saison sèche, qualifiée de « fraîche » où les pluies deviennent relativement faibles et la température moyenne diminue, de mai à octobre (Jamet, 1987 ; Laurent & *al*., 2004). La répartition des hauteurs de précipitations est spatialement hétérogène. En effet, le relief montagneux perturbe sensiblement le régime des vents et donc le régime local des pluies. La carte des isohyètes annuelles montre qu'il pleut davantage à l'intérieur de l'île que sur le littoral. Ainsi, les côtes exposées aux alizés et surtout les hauteurs sont plus arrosées que les versants protégés des vents. Cependant, sur Tahiti Iti, la côte ouest est presque aussi bien arrosée que la côte est, le relief étant d'altitude trop faible pour faire barrière aux alizés (Laurent & *al*., 2004).

c. La population de Tahiti et le phénomène de littoralisation

Le paysage géologique actuel de Tahiti ainsi que l'aléa climatique, parfois violent, sont à l'origine de conséquences d'ordre physique que sont les processus d'érosion et les espaces d'altitude à la topographie escarpée mais également d'ordre humain concernant l'utilisation et l'aménagement du milieu. Ainsi, les zones situées en altitude au relief accidenté sont généralement inhabitées et le littoral représente donc une part importante de l'espace vital de l'île : la population se concentre davantage sur l'étroite bande littorale (comme en atteste la Figure 2), c'est ce qu'on appelle le phénomène de littoralisation.

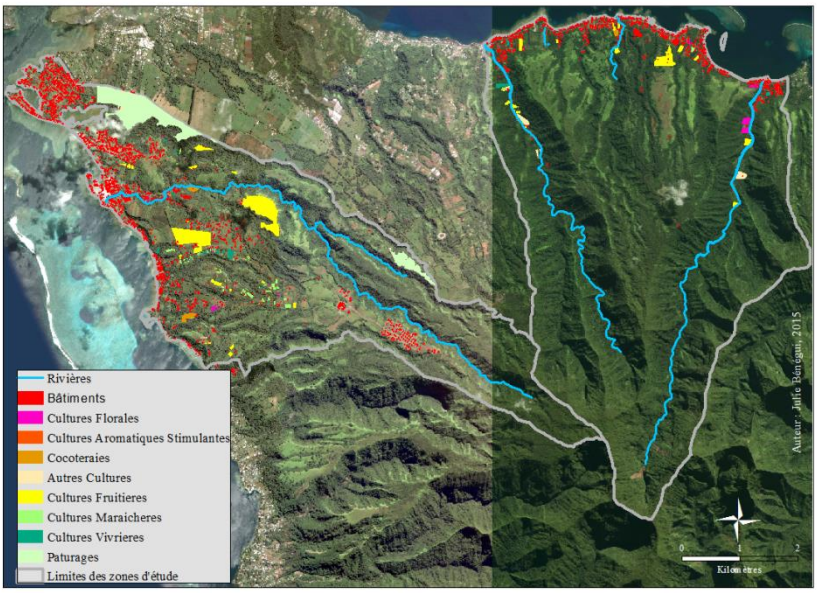


Figure 2. Carte détaillant les cultures présentes sur Toahotu (Ouest) et Pueu (Est) – *Source : orthophotographie fournie par le SAU datant de 2003.*

Spatialement et culturellement, le littoral est d'une importance majeure pour les populations. Ces dernières résident sur cet espace, à l'interface entre la terre et le « milieu nourricier carné du lagon » (Bachimon, 1990). Dans ce contexte polynésien, milieux terrestre et marin sont fortement liés et ne semblent constituer qu'un seul et unique système. C'est pour cette raison que l'importance d'une gestion intégrée de la zone côtière semble manifeste afin de permettre une interaction durable entre les hommes et ce milieu qui leur est si précieux.

B. La Gestion Intégrée des Zones Côtières

a. La zone côtière : une interface entre la nature et la société

Il est très complexe mais pourtant essentiel de définir clairement les frontières de ce que l'on appelle la « Zone Côtière » (ZC). Selon le domaine d'étude considéré et les objectifs fixés, les limites de cette zone peuvent variées (Bodiguel, 1997). Ainsi, les écologues considèrent la région benthique du plateau continental comme faisant partie intégrante du littoral alors que les géomorphologues définissent celui-ci comme la zone dans laquelle « les processus géomorphologiques sont considérablement modifiés par la proximité de la convergence des interfaces » (David, 1993). La ZC correspondrait donc à l'interface entre terre, mer, air, vent et marée. Seulement, ces définitions semblent négliger le facteur humain alors que celui-ci est au cœur même de ce milieu, en l'exploitant, le gérant et parfois même en le transformant irréversiblement (David, 1993 ; Dumas, 2004). Le littoral peut donc être abordé comme un espace à la fois naturel et humain, aquatique et terrestre (du BV au plateau continental), et peut être défini comme un système combinant écosystème et sociosystème, siège d'interactions entre facteurs physiques, biologiques et anthropiques (Dumas, 2004 ; Henocque & *al*., 1997).

Par ailleurs, bien que la ZC soit bien adaptée pour se défendre contre les menaces d'origine naturelle, elle reste particulièrement vulnérable aux déprédations causées par l'Homme : surexploitation des ressources biologiques, pollutions accidentelles liées aux infrastructures industrielles, eutrophisation des eaux côtières causée par des pratiques agricoles intensives… (Tissot & *al*., 2006). Cette situation ne va pas en s'améliorant dans des îles où l'économie se modernise et la pression démographique augmente (David, 1993). De par ses richesses multiples et variées, la ZC est devenue un enjeu d'importance majeure, elle est aussi bien une source de nourriture, une destination touristique paradisiaque qu'un moteur du développement local. Cela ne fait qu'accroître l'intensité des conflits d'usages et d'accès aux ressources, nombreux sur cet espace par nature limité, entre agriculture, urbanisation, tourisme, exploitation de la mer et préservation des milieux naturels (Cloarec & Kalaora, 1994). Cette concurrence, autrefois d'ordre économique, a aujourd'hui évolué vers des problèmes davantage écologiques (Miossec, 1998). Cette situation est préoccupante et la nécessité d'une approche dynamique et intégrée du littoral semble légitime. C'est pourquoi la notion de GIZC est actuellement considérée comme une réponse concrète à ces problématiques de gestion et de protection.

b. Définition et intérêt de la GIZC

En réponse aux menaces pesant sur un maintien durable de la qualité de l'environnement et des activités qui s'y déroulent, s'est développé, depuis les années 1970, le concept international de gestion des zones côtières (Tissot & *al*., 2006). C'est à partir des années 1980 que le terme 'intégré' a été ajouté a l'expression précédente, se traduisant par la nécessité d'une approche multidisciplinaire (Blanchard & Vanderlinden, 2010 ; Frankic, 2003). Le terme « GIZC » a été consacré par la communauté internationale dans le Chapitre 17 de l'Agenda 21, au Sommet de la Terre à Rio en 1992 (Lozachmeur, 2005). Selon Lozachmeur (2005), une des définitions les plus complètes est celle proposée par Michel Prieur (1999). Ce dernier entend par GI, l'aménagement et l'utilisation durable des zones côtières prenant en considération le développement économique et social lié à la présence de la mer tout en sauvegardant, pour les générations présentes et futures, les équilibres biologiques et écologiques fragiles de la ZC et les paysages ». Cette gestion propose donc une double médiation : médiation des rapports sociaux et médiation des rapports entre l'Homme et le milieu naturel. Cette approche doit ainsi assurer un plus grand respect de l'environnement en maintenant la diversité biologique et la productivité des écosystèmes et une amélioration de la

qualité de vie des communautés humaines en diminuant les conflits d'usages (Cicin-Sain & Knecht, 1998 ; Chouinard & *al*., 2011 ; GESAMP, 2006). C'est un processus participatif et transparent ne pouvant être imposé mais devant être construit par les différents acteurs de manière coopérative. L'engagement citoyen est donc capital : le dialogue et la réflexion participative sont nécessaires pour dépasser les conflits d'usages existants (Agenda 21, 1992). Afin d'assurer un développement à long terme, les initiatives de GIZC doivent respecter la culture dans laquelle le projet s'inscrit. Ces programmes comprennent des implications institutionnelles et sociales et ne peuvent donc pas être appliqués de façon identique à toutes les situations (Jupiter & *al*., 2013 ; Pollnac & Pomeroy, 2005).

c. L'intégration dans la GIZC

Outre, la participation et l'intégration des populations locales au processus de GIZC, il est acquis que cette dernière suppose également une intégration temporelle (à court et long termes), sectorielle (prise en compte et cohabitation des différentes activités présentes sur la ZC), administrative (acteurs situés à tous les niveaux de la décision doivent participer à la réflexion : gouvernement et sociétés, sciences et décideurs, intérêts publics et privés) et une intégration environnementale (prise en compte des questions écologiques préoccupantes des différents secteurs d'activité) (Cicin-Sain & Knecht, 1998 ; Clarke, 2005 ; Lozachmeur, 2005). Pour finir, l'intégration spatiale est supposée regrouper les composantes physiques, biologiques et humaines dans le but de former un cadre unique de gestion comprenant les zones marines et terrestres qui ont une influence sur l'environnement côtier (Lozachmeur, 2005). La GIZC doit idéalement être mise en place au niveau d'unités cohérentes de gestion définies en fonction des objectifs du projet (Lozachmeur, 2005). Cette intégration géographique 'terre-mer' est en parfaite harmonie avec le système culturel d'organisation spatiale polynésien (Bambridge, 2009). Il est donc logique d'appréhender la GIZC sur Taiarapu en intégrant les territoires depuis les crêtes jusqu'au lagon.

« Intégrée » s'oppose, dans ce contexte, à « sectorielle », une approche intégrée doit donc être holistique (Bodiguel, 1997 ; Clarke, 2006). Ainsi, la GIZC doit assurer la compatibilité entre la communauté et les différents paliers de gouvernement, la science et la gestion, les intérêts sectoriels et l'intérêt du public et le développement et la conservation de l'environnement. D'autre part, les initiatives de GIZC nécessitent la réalisation de recherches interdisciplinaires et cela bien qu'il existe des différences d'approches et de méthodologies entre les sciences dites « dures » et les sciences sociales. Dans ce contexte, comprendre les interactions entre l'Homme et son environnement à l'interface terre-mer amène les scientifiques à travailler dans un cadre pluridisciplinaire (Robin & Gourmelon, 2005). Enfin, comme nous l'avons vu précédemment la GIZC est fondée sur la prise de conscience internationale de l'existence d'un risque côtier. Le risque se situant au niveau de la confrontation entre un système social et un système naturel, il fait partie intégrante de cette gestion et il est donc important de définir ce terme très polysémique (OJEC, 2002 ; Robin, 2002).

d. Notion de risque, aléa et vulnérabilité

De manière théorique, le risque peut être exprimé comme une mesure de l'impact d'un phénomène sur le milieu anthropisé. Il peut se décomposer en deux facteurs : Risque = Aléa x Vulnérabilité. Ainsi, Bourrelier (1997) propose de définir un risque comme étant « la co-occurrence d'un aléa et d'une vulnérabilité en un point géographique donné ». Selon Veyret (2003), le risque est une construction sociale alors que l'aléa est considérée comme la manifestation d'un phénomène naturel (inondations, cyclones) ou anthropique (eutrophisation, hypersédimentation) pouvant être perturbateur. Un aléa implique une notion de probabilité et est caractérisé par une intensité et une fréquence d'occurrence (Maurizot & Lafoy, 1998). Enfin, la vulnérabilité est un facteur complexe et évolutif de deux natures différentes : physique, elle peut caractériser le matériel (dégâts) mais aussi socio-

économique, tels que le vécu des populations ou leur perception du risque (Laganier & Scarwell, 2003). Si la vulnérabilité dépend en partie de phénomènes naturels, elle n'en dépend pas moins de la perception des populations concernées (Carter *& al*., 1994).

En appliquant ces notions à Tahiti, on peut dire qu'elle se caractérise par un aléa climatique prononcé, une forte hétérogénéité de l'aléa hydrologique et une vulnérabilité physique importante due aux fortes pentes et au manque d'espace constructible. Soumise à une pression démographique croissante, et du fait d'une modification des usages, la vulnérabilité et donc le risque de la ZC ont tendance à augmenter (Robin, 2002 ; Wotling, 2000).

C. L'aléa « érosion »

a. Définition

Les îles hautes tropicales soumises à de violentes pluies sont caractérisées par une érosion mécanique des sols naturellement élevée (Dumas, 2004). L'érosion est un phénomène naturel dû au vent, aux différences de température, mais surtout à l'eau et est responsable de modifications du relief (Roose, 1977). Ce processus peut être lent et passer inaperçu mais il peut aussi bien être alarmant et engendrer de lourdes pertes. Par érosion, nous entendrons dans ce travail, érosion hydrique superficielle des sols qui correspond au détachement et transport de particules du sol sous l'action mécanique de la pluie (et du ruissellement). L'aléa érosion correspondra donc à la probabilité pour qu'il y ait arrachement et transport de particules solides (Batti, 2005 ; Dumas, 2004). D'autres éléments sont susceptibles d'intervenir dans ce phénomène. Ils peuvent être regroupés en 4 classes principales : le climat (intensité, durée des précipitations), le sol, le relief et l'occupation de la surface du sol (Dumas, 2004 ; Le Bissonnais *& al*., 2004 ; Maurizot & Delfau, 1995). Ces paramètres peuvent être répartis en 2 catégories selon leur origine : naturelle, comme la topographie, ou anthropique (modification par l'Homme de la couverture végétale) (Dumas, 2004). Ainsi, l'érosion résulte de l'interaction entre une multitude de facteurs dont certains sont permanents (sol, relief) alors que d'autres fluctuent dans le temps (occupation du sol) ou possèdent un caractère aléatoire comme les précipitations (Le Bissonnais *& al*., 2004).

Généralement, les principales causes d'accélération de l'érosion des sols sont les pratiques agricoles inappropriées, la déforestation et l'urbanisation (Yassoglou *& al*., 1998). Nous retrouvons ces problématiques à Taiarapu où l'urbanisation croît actuellement de façon exponentielle (création de lotissements en montagne) et engendre une augmentation de déchets, de pollutions industrielles et domestiques, de déboisement (Servant, 1974). D'autre part, l'élevage et l'agriculture sont responsables d'activités de déforestation, d'un appauvrissement des sols, d'une dégradation de la qualité des eaux et de l'augmentation de sa turbidité (Dumas, 2004).

b. Amplification de l'érosion par les différents usages : le cas de l'agriculture

L'agriculture constitue le pilier de l'économie nationale de nombreux États et Territoires insulaires océaniens (CPS, 2008). L'agriculture est une des activités principales de la Presqu'île, notamment à Toahotu. Selon le diagnostic environnemental de Taiarapu Ouest, il semblerait que l'utilisation de produits agrochimiques pose des problèmes : ils seraient utilisés « de manière abusive sans respect de l'environnement ». Les communes de la Presqu'île auraient vu leur végétation évoluer, des forêts sont toujours présentes mais celles-ci sont sans doute moins denses depuis le développement de l'agriculture et la couverture végétale originelle a été en partie remplacée par des peuplements monospécifiques (taro, ananas). De manière générale, les zones agricoles sont donc considérées comme des zones perturbées, perturbations qui présentent un impact environnemental très marqué et sont tenues responsables des dégradations des ressources littorales (qualité de l'eau, flore et la faune) (Li *& al*., 2001). De même, la qualité des eaux côtières est largement modifiée par la forte

augmentation de l'utilisation d'engrais et du défrichage des terres (Tilman & *al*., 2001). D'un point de vue théorique, les pratiques culturales, le réseau anthropique (fossés, chemins) pour y accéder ou encore des modifications de la nature du couvert végétal peuvent impacter les propriétés hydrodynamiques à la surface du sol et influencer les écoulements de surface et la réponse du bassin versant (Bosch & Hewlett, 1982 ; Carluer & Marsily, 2004 ; Mwendera & Feyen, 1993). Alors que le changement climatique est considéré comme le risque majeur pesant sur les récifs coralliens, la pollution agricole menace 25 % de la superficie totale de récifs à travers le monde (Burke, 2011).

c. Effets de l'érosion sur les écosystèmes coralliens

Les Récifs Coralliens (RC), comme d'autres écosystèmes marins côtiers sont de plus en plus exposés à la charge croissante de nutriments, de sédiments et polluants arrivant de la terre. Les apports terrigènes représentent une préoccupation montante pour la majorité des pays possédant des RC (Bryant & *al*., 1998 ; Spalding & *al*., 2001). Les flux terrigènes arrivant dans les eaux côtières sont impactés par l'intensification des activités humaines en amont, en particulier par une érosion des sols accrue (David, 1993 ; Kroon & *al*., 2014 ; Syvitski & *al*., 2005). Ces modifications des flux affectent la formation des habitats benthiques, notamment les RC (Kroon & *al*., 2014 ; Rogers, 1990). Des apports en nutriments excédentaires augmentent la production primaire et conduisent à l'eutrophisation des eaux côtières pouvant être responsable d'hypoxie dans des situations extrêmes (Cloern, 2001 ; Diaz & Rosenberg, 2008). Ces phénomènes contribuent finalement à une baisse de la qualité de l'eau, à une perte de biodiversité de l'écosystème et impactent les processus physiques, écologiques et physiologiques des coraux (Fabricius, 2011 ; Lotze & *al*., 2006). Dans la littérature, des cas de mortalité des coraux, de blanchissement et autres maladies (ciguatéra) associée à de fortes variations de la salinité (précipitations extrêmes et eaux de ruissellement) et de luminosité, ont été rapportés sur les RC du monde entier (Coles & Jokiel, 1992 ; De'ath and Fabricius, 2010), autant de menaces perturbant gravement les écosystèmes coralliens et affectant indirectement l'économie des communautés littorales (David, 1994). C'est pourquoi il est fondamental de comprendre les mécanismes et les effets de l'érosion sur les assemblages côtiers afin de mettre en place des stratégies de développement durable (Airoldi, 2003).

MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

A. Etudes préliminaires

a. Gestion intégrée de l'aléa érosion, du bassin versant au récif corallien

Le préalable à une gestion efficace des zones sensibles à l'érosion implique une connaissance des processus qui se produisent de la cime de la montagne aux RC ainsi qu'une approche conceptuelle du fonctionnement et de l'évolution de cet espace. A cause de ses reliefs accidentés et de sa forte pluviométrie d'une part et de l'action humaine d'autre part, Tahiti est soumise à des processus d'érosion intenses (Ferry, 1988 ; Wotling, 2000). Ceux-ci sont extrêmement complexes et de multiples travaux ont tenté de les caractériser à des échelles de temps et d'espace variables dans le but d'identifier au mieux les zones érosives. Leur localisation est capitale pour assurer une surveillance de l'érosion, favoriser une meilleure gestion des ZC et mettre en place des politiques de prévention et/ou de protection en intégrant les relations entre BV et littoraux dans les îles hautes du Pacifique (Dumas, 2004 ; Ye, 2012).

De nombreuses études ont été consacrées à l'érosion sur les îles du Pacifique, notamment dans la cadre du projet GERSA[1] et certaines se sont concentrées sur Tahiti (Hildenbrand

[1] **GE**stion intégrée des bassins versants et du littoral **R**écifal : du **S**atellite à l'**A**cteur, coordonné par le CRISP (Campaner, 2010 ; Dumas & Printemps, 2011 ; Fossey, 2008 ; Printemps, 2008)

& al., 2008 ; Guillande *& al*., 1993 ; Servant, 1974 ; Wotling & Bouvier, 2002 ; Ye, 2012). Servant (1974) a insisté sur l'existence d'un impact de l'Homme sur l'érosion et la gravité de ce phénomène pour la conservation des sols en PF ; il a également montré une corrélation positive entre érosion, occupation du sol, inclinaison de la pente et précipitations. Guillande *& al*. (1993) ont développé une méthode basée sur une analyse multicritère permettant de cartographier le risque de mouvements de terrain sur Tahiti. Wotling et Bouvier (2002) ont étudié l'effet de l'urbanisation sur l'érosion en prélevant la matière en suspension dans les rivières de différents BV, plus ou moins urbanisés. Dans une étude plus récente, Hildenbrand *& al*. (2008) ont réalisé une étude géomorphologique quantitative sur 27 BV de Tahiti-Nui afin de reconstruire l'évolution de l'érosion de l'île principale. Finalement, Ye (2012) a identifié les sources de sédiments et les zones à risques grâce au modèle empirique USLE puis a choisi un modèle à base physique pour mieux comprendre les processus érosifs. Elle a ainsi mis en évidence que le principal moteur de l'érosion à Tahiti est l'occupation du sol.

Les modèles permettant de quantifier l'érosion peuvent être classés en trois catégories : ***(i)*** les modèles empiriques, souvent utilisés, comme le modèle de perte en terre de Wischmeier et Smith (USLE ; 1978) ; ***(ii)*** les modèles mécanistes ou conceptuels faisant référence aux processus érosifs se déroulant à chaque averse par exemple ; et ***(iii)*** les modèles à base physique reposant sur les équations représentant l'érosion (Wheater *& al*., 1993 ; Ye, 2012). Ces différents modèles sont de type quantitatif et nécessitent de nombreuses données en entrée. Dans la littérature portant sur l'évaluation de modèles, des doutes apparaissent quant à l'utilisation de ces modèles comme outils efficients de prédiction de l'érosion (Cerdan, 2001). Au vu de ces limites et au conséquent manque de données (intensité des pluies, débit des rivières, occupation précise du sol) sur la Presqu'île de Tahiti, l'utilisation d'une approche qualitative, spatialisée et plus simple, semble adaptée et sera donc privilégiée dans cette étude.

b. Approche cognitive : spatialiser et modéliser l'aléa érosion

Les modèles qualitatifs sont également dits «cognitifs» ou «à dire d'experts» (Batti & Depraetere, 2007). Cette approche s'appuie sur des paramètres simples représentant les différents facteurs de l'érosion qui sont ensuite classés en fonction de leur degré d'érodibilité (Dumas, 2010). Ce modèle de type système expert est représentable sous la forme d'une arborescence logique. Ainsi, les différents paramètres sélectionnés sont croisés sous forme de combinaisons logiques : ils sont hiérarchisés et pondérés à partir des connaissances actuelles sur le fonctionnement et les processus de l'érosion en un lieu donné (Le Bissonnais *& al*., 1998). Plusieurs travaux se sont inspirés de cette méthodologie pour étudier l'érosion des sols et l'ont appliquée à des sites insulaires montagneux à climat tropical du Pacifique Sud. Un panorama de ces différentes études a été réalisé par Batti et Depraetere (2007).

Dans un premier temps, Dumas (2004) cherche à caractériser la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle fonctionnelle du BV afin d'évaluer l'impact potentiel de celle-ci sur le littoral. Pour cela, il commence par analyser les mécanismes de l'érosion hydrique superficielle dans le but de sélectionner les facteurs à prendre en compte pour la cartographie de l'aléa et classe ensuite les différents BV étudiés selon un indicateur d'érodibilité. Pour ce faire, l'auteur choisit une modélisation qualitative basée sur une analyse multicritère combinant divers facteurs de l'érosion résumés dans le Tableau 1. Tableau comparatif des facteurs de l'érosion sélectionnés par Atherton *& al*. (2005), Dumas (2004) et Luneau (2007).Tableau 1et effectue une intégration et un croisement des données dans un SIG afin d'extraire des indicateurs de sensibilité (faible, moyen, fort) en fonction de la contribution de chaque facteur à l'érosion. Enfin, une combinaison de ces paramètres est réalisée et permet de distinguer 4 niveaux de sensibilité à l'érosion : faible à très fort. Cet indicateur est ensuite rapporté à l'échelle globale du BV.

L'étude de Luneau (2006) s'inscrit dans la continuité des travaux de Dumas (2004) et cherche à affiner le modèle réalisé par celui-ci afin de mieux évaluer les ZC vulnérables. Le modèle

est donc mis à jour avec l'apport de nouvelles informations et les facteurs utilisés diffèrent légèrement (Tableau 1) : par exemple, l'auteur souligne l'importance du facteur 'précipitations' que Dumas n'avait volontairement pas pris en compte. Une phase de standardisation est ajoutée au modèle, elle est définie par l'auteur comme un « recalibrage sur des valeurs comprises entre 0 et 255 des valeurs des paramètres considérés ». L'évaluation multicritère quant à elle permet d'obtenir des réponses non tranchées (floues), qui seront ensuite classées selon des ordres de grandeur (fort, moyen, faible). Des pondérations variables sont également administrées aux facteurs (par comparaison par paires). Finalement, l'auteur propose d'étudier 2 scenarii : le premier affectant une pondération plus importante que le second aux précipitations. Mais, il s'avère que les résultats des deux scenarii sont quasiment similaires, la donnée climatique n'étant pas assez précise (géoréférencement d'une carte réalisée par Laurent & *al*. (20004) disponible dans la thèse de Ye (2012)).

Pour finir, nous nous focalisons sur l'étude d'Atherton & *al*. (2005). Ils se sont intéressés à l'évaluation qualitative de l'érosion par unités hydrologiques. Sa méthodologie permet de comparer les BV en étudiant l'origine des flux arrivant à la ZC et le développement anthropique (Batti & Depraetere, 2007). Les auteurs ont défini deux indicateurs : le premier, «Relative Erosion Prediction» (REP), représentant une mesure relative de prédiction de l'érosion des sols pour chaque BV (REP = facteur pente + sol + précipitations + couverture du sol) ; et, le second, «Watershed Development Index» (WDI), exprimant le degré d'impact des infrastructures sur le BV (WDI = nombre de routes/km² + nombre de cours d'eau traversés par des routes au km² + degré de couverture de forêt). Ces 2 indices sont finalement associés pour obtenir le «Composite Threat Index» (CTI) illustrant l'aléa érosion pour chaque unité et mettant ainsi en évidence les BV critiques nécessitant des mesures de conservation des sols.

B. Données et outils

a. Description des données utilisées

En PF, il n'existe pas de SIG dédié au littoral. Les données existantes sont distribuées entre les différents organismes et services du pays. Une étape préliminaire et capitale de notre étude consistait donc à collecter et répertorier l'ensemble des informations susceptibles d'être utiles à ce travail de recherche au sein de ces services mais également dans la littérature. Les principaux éléments utilisés dans le cadre de ce mémoire sont répertoriés dans le Tableau 2. Précisions néanmoins que les données produites par nos divers géotraitements et traitements d'analyse spatiale ne sont pas inventoriées dans ce tableau.

De plus, certaines données manquent de précision, par exemple les couches «occupation du sol» (distinction entre végétations haute et basse – datant de 2002) et «précipitations». La disponibilité des données et leurs potentielles imprécisions pour notre thématique d'étude ont en partie contribué aux choix des couches d'informations à réaliser et à exploiter pour les modèles appliqués. Afin de structurer, combiner et traiter ces données, nous utilisons les SIG.

b. Apport des Systèmes d'Information Géographique

Les SIG sont le support d'intégration idéal de ces données multiples (nature, structure), caractéristiques du milieu littoral et de l'érosion (Fossey, 2008). Dans une étude réalisée à la demande du CNIG[2], Didier (1990) définit le SIG comme un «ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision». Un logiciel SIG permet de recueillir, d'organiser, de gérer, de traiter (croiser, interroger) et de présenter des informations localisées dans un même référentiel géographique afin d'atteindre un objectif de gestion. La restitution sous forme cartographique permet de synthétiser, d'assurer une meilleure compréhension des milieux et de transmettre de

[2] Conseil National de l'Information Géographique

nombreuses informations, elle constitue ainsi un robuste moyen de communication et d'aide à la décision (Dumas, 2004). Les applications des SIG peuvent être de nature très variable : aménagement, érosion côtière, gestion de l'eau, analyse des risques environnementaux… Ce sont pour ces potentialités que les SIG sont considérés comme un outil indispensable à la GIZC et à l'appréhension du risque d'un point de vue spatial (Robin, 2002). Ils permettent, d'une part, la prise en compte des interactions entre des éléments, nombreux et hétérogènes constituant le milieu littoral (physiques, biologiques et humains) (Cicin-Sain & Knecht, 1998 ; Dumas, 2004) et, d'autre part, ils reflètent certains fondements essentiels de la GIZC : interdisciplinaires, holistiques et facilitateurs de l'intégration de données (Dumas, 2004).

En partant du principe qu'une décision de gestion est supposée maintenir voir améliorer l'état du système avec une finalité de développement durable, il est primordial de réaliser un modèle le plus proche possible de la réalité. En ce sens, l'utilisation des SIG devient indispensable (Robin & Gourmelon, 2005). En somme, l'ensemble du processus de GIZC est amélioré par l'utilisation de l'outil SIG (Robin, 2002). Pour ce travail, le SIG est piloté par le logiciel *ArcGIS* 10.1 ®[3]. Différents modules de traitements et d'analyse viennent compléter celui-ci, en particulier l'extension *ArcGIS Spatial Analyst* ® permettant de réaliser des fonctions d'analyse spatiale plus poussées en modes «vecteur» et «raster».

Il s'agit maintenant de détailler les différentes étapes de notre démarche de GIZC appliquée à deux districts de la Presqu'île de Tahiti, Pueu et Toahotu.

C. Démarche générale

a. Les sites d'études en quelques chiffres

Les BV de Pueu (Taiarapu-Est) et Toahotu (Taiarapu-Ouest) constituent la zone d'étude choisie pour ce travail. Dans un premier temps, ces sites ont été sélectionnés en fonction des « directives » concernant la localisation géographique du Programme INTEGRE et de la disposition et superficie de leurs BV. Les vallées Tehoro (Pueu) et Aoma (Toahotu) sont effectivement «accolées» en leur sommet et présentent toutes deux une aire relativement importante, supérieure à 2000 ha (Tableau 3). Dans un second temps, Pueu et Toahotu représentent une zone de travail idéale pour réaliser une étude comparative de l'influence de l'occupation du sol et donc de l'impact des activités humaines sur l'aléa érosion. En effet, l'une des activités principales de Toahotu est l'agriculture comme peuvent en témoigner les données du dernier RGA[4] (2012). Toahotu possède certaines des plus grandes exploitations de la Presqu'île comme en témoignent ses grands plateaux et est préférentiellement axé sur les cultures fruitières et maraîchères. A noter que 45 % des surfaces cultivés représentent 2,5 % des exploitations.

[3] *ArcGIS* 10.1 ® : développé par la société ESRI et sorti en juin 2012 (http://www.esrifrance.fr/arcgis.aspx)
[4] RGA : Recensement Général Agricole (2012)

Tableau 1. Tableau comparatif des facteurs de l'érosion sélectionnés par Atherton *& al.* (2005), Dumas (2004) et Luneau (2007).

Facteurs de l'érosion	Travaux	Paramètres sélectionnés	Contribution aux processus érosifs
Nature du sol	Dumas Luneau Atherton *& al.*	▪ Erodibilité des sols	L'érodibilité exprime la sensibilité d'un sol à l'arrachement et au transport des particules qui le composent sous l'action des gouttes de pluies et/ou de l'écoulement (Le Bissonnais *& al.*, 2005). La participation de la nature du sol à l'érosion est fonction de sa perméabilité et de l'aptitude au détachement et au transport de ses particules (Dumas, 2010).
Occupation du sol	Dumas	▪ 3 classes en fonction du degré de protection de la couverture des sols	La végétation et les implantations anthropiques viennent modifier l'action des facteurs externes (précipitations) sur la nature du sol et le relief (Maurizot & Delfau, 1995). Le milieu agricole est également caractérisé par un réseau anthropique (fossés, pistes) pouvant impacter les écoulements de surface et la réponse du BV (Carluer & Marsily, 2004).
	Luneau	▪ Différentes classes en fonction du degré de protection de la couverture des sols ▪ Réseau routier (pistes non revêtues)	
	Atherton *& al.*	▪ Différentes classes en fonction du taux de recouvrement de la végétation ▪ Densité des routes (km²) ▪ Nombre de cours d'eau traversés par des routes/km² ▪ Couverture de forêt (%)	
Relief	Dumas	▪ Déclivité de la pente	La pente intervient dans l'érosion du fait de son inclinaison, de sa longueur et de sa forme. Les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente (Borst & Woodburn, 1940). La courbure de profil est mesurée dans le plan vertical contenant le gradient d'altitude. Elle indique l'accélération ou l'amortissement de la pente. Une courbure de type concave dans ce plan indique une forme qui favorise l'érosion. La courbure horizontale, mesurée dans le plan horizontal, constitue la mesure de l'ouverture des courbes de niveaux dans ce plan. Une courbure concave indique une vallée marquée où l'érosion est favorisée (Maurizot & Delfau, 1995). La modélisation théorique du drainage à partir du MNT apporte des informations sur l'ensemble de la surface étudiée (y compris dans les zones où la circulation n'est pas visible). Ce calcul est primordial puisque la quantité d'eau drainée est directement proportionnelle à la quantité de terre susceptible d'être enlevée (Maurizot & Delfau, 1995).
	Luneau	▪ Déclivité de la pente ▪ Courbure de profil ▪ Courbure horizontale ▪ Surfaces drainées (réseau hydrographique théorique)	
	Atherton *& al.*	▪ Déclivité de la pente	
Climat	Dumas	---	Le facteur prépondérant, dans la dynamique des régimes hydrologiques, du moins sur Tahiti, est le régime des précipitations (ORSTOM, 1993).
	Luneau Atherton *& al.*	▪ Hauteur des précipitations moyennes annuelles	

Données	Source, organisme propriétaire	Emprise géographique	Projection	Format	Finalité, intérêt
Découpage administratif	SAU (P. Correia)	Polynésie Française	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Montage cartographique
Carte des BV	DIREN (E. Garganta)	Polynésie Française	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Spatialisation de l'érosion
Carte morpho-pédologique	Données bibliographiques (Jamet, 1983)	Polynésie Française	RGPF UTM Zone 6S	Raster	Cartographie de formations superficielles en fonction de leur sensibilité à l'érosion
Modèle Numérique de Terrain (5m)	SAU (P. Correia)	Tahiti	WGS 1984 UTM Zone 6S	Raster	Analyses spatiales : extraction pente, courbures…
Carte des précipitations	Données bibliographiques (Laurent & *al*., 2004)	Tahiti	GRS 1980 UTM Zone 6S	Raster	Cartographie des hauteurs des précipitations moyennes annuelles
Tahiti Pléiades 2014	SAU (P. Correia)	Presqu'île de Tahiti		Raster (.ecw)	Montage cartographique
Occupation du sol 2002 Pueu/Toahotu	SAU (P. Correia)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Cartographie de l'occupation du sol en fonction de sa sensibilité à l'érosion
Cultures 2012 Pueu/Toahotu	SDR (M. Fourmanoir)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Complément de la cartographie de l'occupation du sol
Elevage 2012 Pueu/Toahotu	SDR (M. Fourmanoir)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Complément de la cartographie de l'occupation du sol
Bâti 2013 Pueu/Toahotu	SAU (Pascal Correia)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Complément de la cartographie de l'occupation du sol
Hydrographie 2013 Pueu/Toahotu	SAU (Pascal Correia)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Montage cartographie + calculs des indicateurs (Atherton & *al.*, 2005)
Réseau routier 2013 Pueu/Toahotu	SAU (Pascal Correia)	Districts de Pueu et Toahotu	RGPF UTM Zone 6S	Vecteur	Montage cartographie + calculs des REP, WDI et CTI

Tableau 2. Inventaire des données numériques utilisées et récoltées auprès des différents services traitant de l'information géographique à Tahiti.

Ces chiffres témoignent de la présence de cultures industrielles, en particulier celle de l'ananas. Alors qu'à Pueu, l'activité agricole en terme d'occupation du sol est beaucoup moins importante avec une Surface Agricole Utile (SAU) plus de deux fois moins élevée qu'à Toahotu (Tableau 3). Cependant, l'élevage est plus conséquent à Pueu avec 173 têtes recensées en 2012 contre seulement 40 à Toahotu où cette activité reste de type familiale. Enfin, le district de Toahotu possède une urbanisation plus importante que Pueu avec 1222 logements contre la moitié seulement sur la côte Est. C'est pourquoi la zone de Pueu pourrait représentée une «zone témoin» présentant une faible anthropisation.

	Pueu	Toahotu
Superficie (ha)	2910,79	2040,78
Superficie des vallées principales (ha)	Tehoro : 829,78 Ahaviri : 957,95	Aoma : 974,65
Population (nombre total d'habitants)	2024	3553
Logements (nombre total)	604	1222
SAU (ha) / Nombre d'exploitations Dont : - Cultures maraîchères - Cultures vivrières - Cultures fruitières - Cultures florales - Cultures aromatiques et stimulantes - Cocoteraies individuelles	30,58 / 37 0,86 / *ss* 4,31 / 8 16,52 / 17 4,78 / 9 0,25 / *ss* 0,88 / *ss*	72,33 / 37 10,30 / *ss* 3,89 / 18 51,98 / 24 1,53 / 9 0,14 / *ss* 3,82 / 3
Elevage (effectif) Dont : - Porcins - Bovins	 173 10	 40 10

Tableau 3. Tableau comparatif des caractéristiques des districts de Pueu et Toahotu. Source : ISPF, INSEE / RGA (2012). *ss : secret statistique.*

b. Méthodologie de la cartographie des sols à l'érosion et mise en place des modèles qualitatifs

i. Choix des facteurs et homogénéisation

Une fois le problème à résoudre formalisé, il est faut identifier les paramètres représentatifs de l'érosion. De nombreux éléments interviennent dans ce processus et déterminent son impact. Les auteurs des modèles appliqués dans cette étude ont choisi différents facteurs, répertoriés et décrits précédemment dans le Tableau 1 (p. 11). Le choix de ces paramètres et du modèle étudié est effectué de manière rationnelle en fonction des données disponibles à Taiarapu. Par exemple, pour caractériser le climat, il aurait été pertinent d'utiliser l'énergie cinétique des pluies mais ces données ne sont pas disponibles, c'est pourquoi leurs hauteurs annuelles moyennes seront utilisées. Enfin, pour constituer la base de données et l'intégrer au SIG, il est nécessaire de réaliser divers traitements. Les données sélectionnées doivent présenter des formats et projections compatibles dans un référentiel cartographique. Elles sont donc homogénéisées : les tables attributaires sont mises à jour et formatées et un référentiel cartographique commun est défini. Il s'agit de la projection RGPF UTM Zone 6S.

ii. Standardisation des critères et reclassement

Selon Robin (2005), après homogénéisation des données, il est possible de réaliser une standardisation de ces dernières. Cette phase est réalisée par Luneau (2007) grâce au module FUZZY, sous Idrisi TerrSet®[5]. La standardisation consiste en un recodage permettant de définir les critères sur une même échelle de grandeurs (0 à 255 – de la valeur la moins apte à la valeur la plus apte pour l'aléa érosion). Le module FUZZY permet de déterminer la manière dont les valeurs doivent être réparties sur l'échelle de grandeurs (Luneau, 2007). Pour cela, il faut choisir, pour chaque facteur, le type (croissant, décroissant) et la forme (linéaire, exponentielle, sigmoïde) de la fonction à utiliser (annexe I). Les auteurs ont reclassé leurs jeux de données sur diverses échelles sous forme d'indicateurs de sensibilité selon de leur contribution à l'érosion. Ils ont généralement affecté les valeurs les plus élevées aux attributs les plus «favorables » à l'érosion. Détaillons maintenant les traitements réalisés pour les facteurs sélectionnés, en particulier pour Dumas (2004) et Atherton & *al*. (2005).

[5] Idrisi Terrset ® : http://www.clarklabs.org/products/terrset.cfm

Facteur pente

À partir du MNT, la variable pente est calculée. Une hiérarchisation en fonction de l'influence de ce facteur sur l'érosion est définie en s'appuyant sur les travaux de Guillande *& al*. (1993) réalisés à Tahiti (Tableau 4).

Description de la pente selon Guillande *& al*. (1993)	**Classes inclinaison selon Guillande *& al*. (1993)**	**Indicateur de sensibilité à l'érosion Dumas**	**Description Atherton**	**Valeurs SIG Atherton**
Très faibles pentes	0 à 2 °	Faible	Très faible	1
Faibles pentes	2 à 15 °	Faible	Faible	2
Pentes moyennes	15 à 30 °	Moyen	Modérée	3
Fortes pentes	30 à 47 °	Fort	Forte	4
Très fortes pentes	47 à 85 °	Fort	Extrême	9

Tableau 4. Hiérarchisation des pentes selon leur déclivité et les différents modèles étudiés.

Selon les auteurs, Dumas (2004) et Atherton *& al*. (2005), cette classification est réalisée en, respectivement, 3 ou 5 catégories. A partir de ces classements, la carte des pentes en fonction de la sensibilité des sols à l'érosion sera réalisée.

Facteur géologie des formations superficielles

A partir de la carte morpho-pédologique réalisée par Jamet en 1983, sont extraites les classes géologiques (plus précisément les matériaux originels) de la zone d'étude. Les données acquises en mode «vecteur» sont rastérisées pour pouvoir être combinées aux autres couches d'informations. Une première hiérarchisation est réalisée en 10 classes pour Dumas et Luneau, puis un regroupement en 3 classes est effectué pour le modèle de Dumas (Tableau 5).

Matériau	**Indice 10 classes Dumas/Luneau**	**Indice 3 classes Dumas**	**Description indice 3 classes**	**Reclassement Luneau**	**Valeurs SIG Atherton**	**Description Atherton**
Agglomérats bréchiques	10	4	Forte	10	4	Haute
Alluvions	9	4	Forte	9	2	Basse
Andésite	4	3	Moyenne	4	4	Haute
Basalte	4	3	Moyenne	4	4	Haute
Basalte de cônes secondaires	4	3	Moyenne	4	3	Modérée
Calcaire corallien	9	4	Forte	9	4	Haute
Colluvions	9	4	Forte	9	3	Modérée
Colluvions + alluvions	9	4	Forte	9	3	Modérée
Trachy-andésite	4	3	Moyenne	4	3	Modérée
Zone urbanisée	10	4	Forte	10	5	Sévère

Tableau 5. Hiérarchisation des formations géologiques selon leur érodibilité et les différents modèles étudiés.

Facteur occupation du sol

Une hiérarchisation différente de celle détaillée par les auteurs étudiés est réalisée pour les données «occupation du sol» (Tableau 6), car celles-ci ne sont pas aussi précises que celles utilisées en Nouvelle-Calédonie ou à Fidji qui sont obtenues à grâce à la télédétection. De plus, pour le modèle de Dumas, il n'y a pas de distinction entre cultures et sols nus, qui constituent alors une seule et même classe intitulée « sols nus ».

Occupation du sol	Indice Dumas	Indice d'érodibilité Dumas	Reclassement Luneau	Valeurs SIG Atherton
NO DATA	1	---	1	1
Végétation haute	2	Très protectrice	2	2
Végétation basse	3	Protectrice	3	3
Sols nus	4	Peu protectrice	4	4
Cultures	---	---	5	5

Tableau 6. Hiérarchisation des thèmes d'occupation du sol selon leur érodibilité et les différents modèles étudiés.

Facteur précipitations

Deux paramètres des précipitations ont un impact sur l'érosion : l'intensité et la hauteur des pluies (Le Bissonnais *& al*., 1998). Les données de Laurent *& al*. (2004) correspondent aux hauteurs moyennes annuelles sur la période 1971-2000. Dumas n'a pas retenu le facteur climatique dans la conception de son modèle qualitatif en argumentant que dans le cas du climat néo-calédonien, avec ses épisodes cycloniques, les probabilités d'occurrence de fortes précipitations, provoquant les dégâts les plus conséquents, sont égales en tous lieux (Maurizot & Delfau, 1995). *A contrario*, Luneau (2007) considère que l'érosion est largement accentuée par les précipitations et que plus ces dernières sont importantes, plus leur impact sur l'érosion croît. C'est pour cette raison que la fonction utilisée pour standardiser ces données est de forme exponentielle. D'autre part, Atherton *& al*. (2005) utilise un proxy, développé par Roose (1977) pour estimer l'intensité des pluies. La formule est la suivante : R/H = 0,5 avec R, le facteur de précipitations et H, la moyenne annuelle des pluies. Nous obtenons donc à partir de nos données climatiques, les résultats présentés dans le Tableau 7. Cependant, la saisonnalité prise en compte par Atherton *& al*. (2005) n'a pu être analysée ici.

H (mm)	Facteur R	Valeurs des classes	Description des classes	Valeurs SIG
3000	1500	< 2000 mm	Forte	2
4000	2000	2001-3200 mm	Très forte	3
5000	2500	> 3201 mm	Extrême	4

Tableau 7. Valeurs du facteur R et valeurs SIG pour l'intensité des précipitations associées.

La reclassification des différents facteurs sélectionnés par Atherton *& al*. (2005) et les valeurs SIG qui leur sont assignées pour évaluer l'impact des infrastructures mises en place dans chaque BV sont résumées dans le Tableau 8.

Facteurs et classes	Description des classes	Valeurs SIG assignées
Nombre de routes/km²		
0 à 13	Basse	2
14 à 27	Moyenne	3
28 à 40	Haute	4
Nombre de cours d'eau traversés par des routes/km²		
0 à 2	Basse	2
3 à 5	Moyenne	3
5 et +	Haute	4
Degré de couverture végétale (pourcentage de forêt/km²)		
0 à 33 %	Haute	4
34 à 66 %	Moyenne	3
67 à 100 %	Basse	2

Tableau 8. Les facteurs d'évaluation de l'anthropisation des BV (facteurs permettant de calculer le WDI).

iii. Hiérarchisation, pondération et combinaison des facteurs

Une fois les standardisations et reclassifications des données terminées, on peut passer à l'étape suivante de l'analyse multicritère qui consiste à hiérarchiser par ordre d'importance les facteurs et à les pondérer. Cette phase, facultative, repose en partie sur des savoirs empiriques. Tous les critères interviennent différemment dans l'érosion et leur contribution

sera mise en évidence par l'attribution de poids de valeurs variables (Robin, 2002). Cette analyse est réalisée uniquement par Luneau, sous Idrisi Terrset® grâce au module WEIGHT se présentant sous la forme d'une matrice de comparaison par paires, les poids sont ainsi attribués par paire de facteurs (annexe II).

Enfin, l'étape ultime de ce travail permettra de combiner les facteurs pour obtenir des indices multicritères. Pour cela, Luneau (2007) utilise le module MCE (Multi-Criteria Evaluation), et la technique de combinaison WLC (Weighted Linear Combination), qui permet de combiner les couches du modèle en fonction de leur poids : cette méthode consiste à faire la somme des produits des critères standardisés par leur poids. Le total est ensuite divisé par le nombre de facteurs. Cependant, en raison de problèmes de compatibilité, le logiciel Idrisi Terrset ® n'a été que partiellement utilisé, des modules réalisant ces traitements étant disponibles sur ArcGIS 10.1® (Extension *Spatial analyst* : reclassement, somme pondérée, statistiques zonales). Pour hiérarchiser l'importance de chaque couche et définir les pondérations à leur attribuer, Luneau s'est inspirée d'un rapport de Maurizot et Delfau (1995) sur la sensibilité des sols à l'érosion en NC. Etant dans l'impossibilité d'obtenir des renseignements spécifiques à la Presqu'île auprès d'un expert dans le cadre de ce stage, nous avons conservé les ordres de grandeurs appliqués par Luneau (2007) pour fixer les pondérations (Tableau 9).

Facteur	Pondération
Pente	0,2698
Précipitations	0,2698
Surfaces drainées cumulées	0,1135
Géologie	0,1135
Occupation du sol	0,1135
Courbure horizontale	0,0477
Courbure de profil	0,0477
Pistes	0,0246

Tableau 9. Pondérations attribuées aux couches du modèle d'érosion selon Luneau (2007).

Le croisement des données pour les modèles de Dumas (2004) et Atherton *& al*. (2005) repose sur une combinaison dans un modèle maillé : chaque couche est représentée par une image dont la valeur de chaque maille est égale au niveau de sensibilité à l'érosion du critère considéré. L'analyse multicritère repose sur des paramètres qualitatifs dans l'étude de Dumas (2004) mais les attributs qualitatifs sont ici remplacés par des valeurs allant de 2 (faible sensibilité) à 4 (forte sensibilité ; valeurs NO DATA ~1) afin que nous puissions procéder à cette analyse avec les logiciels à notre disposition. Elle est donc réalisée grâce à la Calculatrice raster (extension *Spatial analyst*). Pour finir, Dumas (2004) explique que lorsqu'on traite d'érosion des sols, on raisonne en terme de BV car c'est au sein de cette unité spatiale que se déroule ce phénomène. En effet, le BV représente l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique (Ambroise, 1999). Acquérir un indicateur moyen de sensibilité à l'érosion par BV permettra de raisonner en terme d'unité fonctionnelle et d'avoir une approche plus globale de l'aléa érosion sur la Presqu'île, approche nécessaire dans ce travail de GIZC. Afin d'obtenir un indicateur moyen, il est nécessaire de synthétiser les informations de sensibilité contenues dans chaque pixel de la carte et de les rapporter à la superficie totale du BV. Cet indice global correspond à la moyenne des 4 indices de sensibilité sur un BV. Ces calculs sont réalisés grâce à l'outil Statistiques zonales, disponible dans l'extension *Spatial analyst* sous ArcGIS®.

Dans leur modèle, Atherton *& al*. (2005) appliquent aussi cette notion d'indicateur par unité spatio-fonctionnelle du BV. Tout d'abord, les 4 facteurs environnementaux (pente, érodibilité, précipitations et occupation du sol) sont croisés grâce à la Calculatrice raster afin d'obtenir l'indicateur REP (Relative Erosion Prediction). Ensuite, les valeurs SIG attribuées aux facteurs d'anthropisation sont également sommées pour calculer l'indicateur WDI

(Watershed Development Index). Puis, grâce à l'outil Statistiques zonales, une moyenne de ces indices est calculée pour chaque BV. Finalement, ces deux indices sont combinés pour chaque BV afin d'obtenir l'indice de risques composite CTI qui permettra de qualifier chaque BV en prenant en compte le maximum de menaces pesant sur ces zones.

Ainsi, différentes cartes de sensibilité des sols à l'érosion sont obtenues pour chacun des modèles étudiés et des indicateurs sont calculés ou estimés. Ces résultats contribuent à l'étude de l'érosion *via* une approche spatiale et hydrologique. Mais, notre travail de recherche s'inscrivant dans une démarche de GIZC, il semble pertinent de compléter celle-ci par une approche humaine. En effet, la GIZC doit, par définition, assurer la compatibilité entre science et dialogue et intégrer les communautés locales dans les actions de gestion de l'environnement. C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés, pour cette étude, à la perception de l'aléa érosion par les populations résidentes de Pueu et Toahotu.

c. Enquêtes qualitatives auprès des résidents de Pueu et Toahotu

Un travail de terrain est donc entrepris pour identifier la perception de l'espace littoral par les populations locales et pour connaitre la vision qu'ont ces dernières de leur utilisation actuelle et future de ce milieu. Ensuite, les résultats obtenus à Pueu et Toahotu sont comparés afin d'analyser les différences potentielles de perceptions entre leurs habitants et étudier une «corrélation» potentielle entre les zones sensibles à l'érosion et la perception par la population. L'enquête restant une des méthodes de prédilection pour collecter des données (Fenneteau, 2015), c'est cette méthode et, plus particulièrement, l'entretien semi-directif qui est retenu pour répondre à nos interrogations. Un entretien semi-directif consiste en des entretiens oraux, individuels ou de groupe, mené afin d'obtenir des informations sur des faits ou des représentations. Il est caractérisé par un discours par thèmes avec quelques points de repères pour «l'intervieweur» permettant de recueillir des données orientées vers un but précis dans un laps de temps raisonnable (De Ketele & Roegiers, 1996). Sur le plan méthodologique, la recherche qualitative privilégie la description des processus plutôt que l'explication des causes et doit permettre de comprendre un phénomène complexe tel qu'il est perçu par les répondants, mais aussi par le chercheur, dans une dynamique de coconstruction du sens (Imbert, 2010). Enfin, les savoirs locaux recueillis sont importants parce qu'il reflète une dimension du savoir complémentaire au savoir scientifique (Roots, 1998).

En PF, la continuité entre l'espace terrestre et marin étant fondamentale en terme d'appropriation du territoire par les Hommes, il semble important de ne pas ignorer cette représentation dans notre guide d'entretien. Celui-ci, identique pour les 2 sites d'étude, est présenté en annexe III. La première partie, intitulée «description et perception du sol», doit permettre d'obtenir une description visuelle (couleur, aspect) du sol des 2 districts et mettre en évidence une potentielle évolution de ce dernier (urbanisation, déforestation) sur une échelle de temps relativement longue (dizaine d'années) d'une part mais également à court terme, après de fortes pluies. L'idée de changement de l'aspect du sol suite à de fortes précipitations nous amène ensuite à la notion centrale d'érosion, décrite de manière imagée comme un «phénomène de chute de terre dans la rivière», pour pouvoir se faire comprendre de tous. La question 5 concernant l'observation de phénomènes précis est retirée, faute d'explications et de connaissances rapportées par les habitants. Notre étude se focalisant sur l'activité agricole, le thème «agriculture et élevage» est ensuite abordé dans le but de sonder les connaissances des habitants à propos des pratiques agricoles de leurs communes et leurs impressions, bonnes ou mauvaises, sur à ces dernières. Tout comme la question 5, la question 8 est finalement supprimée pour les mêmes raisons, il était en effet complexe d'obtenir de telles précisions. Pour finir, les six dernières questions portent sur la rivière et le lagon, s'inscrivant ainsi dans une logique de continuité terre/mer. Elles s'intéressent à d'éventuels changements de ces espaces à court et long termes (respectivement après de fortes pluies et

sur quelques années) dans le but de mettre en évidence des éléments perçus par les populations comme illustrant la présence de phénomènes érosifs ou accentuant l'érosion. Cette partie du guide d'entretien a pour finalité la compréhension de la représentation que les habitants se font de la rivière et du lagon et l'importance qu'ils accordent à ces derniers.

Enfin, notons que les enquêtes de terrain étant basées sur les perceptions, les données sont narratives et non statistiques.

ANALYSE DES RÉSULTATS

A. Spatialisation et modélisation de l'aléa érosion

Plusieurs variables ont été calculées à partir des valeurs du MNT (Figure 3) : les variables issues de dérivées successives de l'altitude : la pente (Figure 4), donnée primordiale dans l'étude de l'érosion, et la courbure (horizontale et de profil, Figure 5) ; et les variables utilisées dans la modélisation des réseaux de drainage, en particulier le calcul des surfaces drainées cumulées. Analysons, dans un premier temps, la distribution spatiale de ces facteurs.

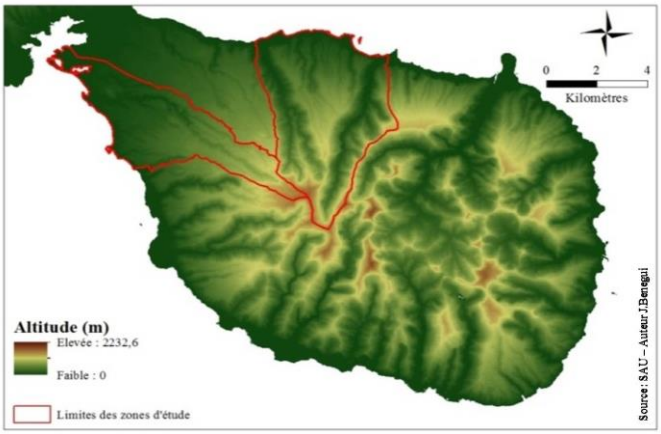


Figure 3. Présentation du Modèle Numérique de Terrain de la Presqu'île de Tahiti.

Au niveau topographique, nous pouvons distinguer successivement, de l'intérieur de l'île vers la côte, un secteur montagneux au relief chaotique où apparaissent les plus hauts sommets, notamment dans à Pueu. Cette zone est donc très sensible à l'érosion. Puis, se dessine la façade maritime, constituée de planèzes entre lesquelles se profilent des rivières. Cette dernière se prolonge vers la mer par la plaine littorale dont les pentes sont plus modérées. Elle apparait donc comme une zone moins sensible à l'érosion.

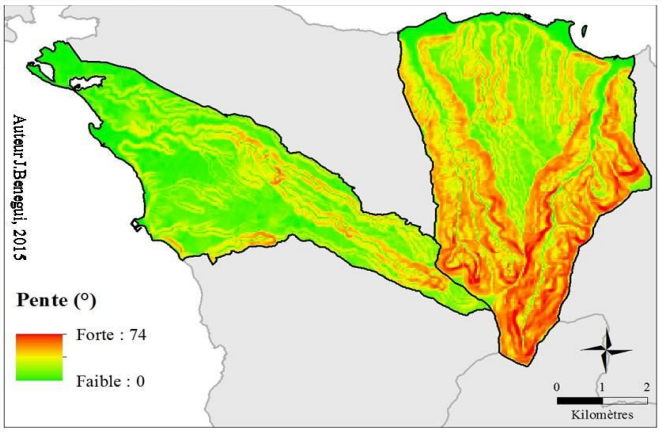
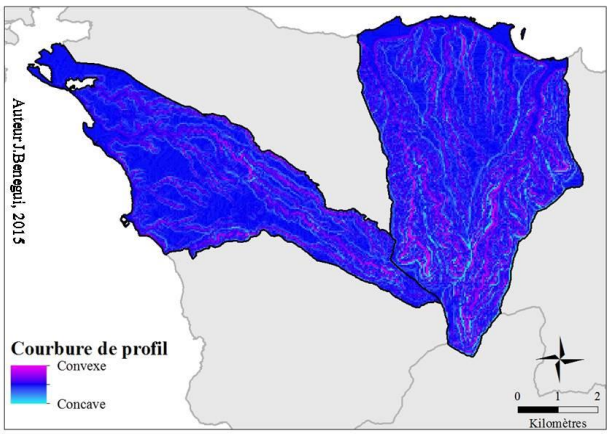
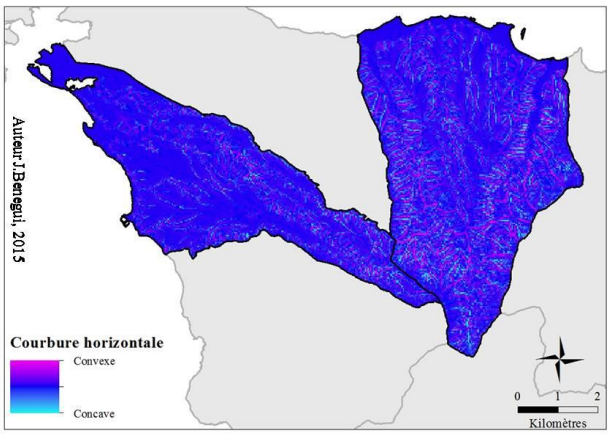
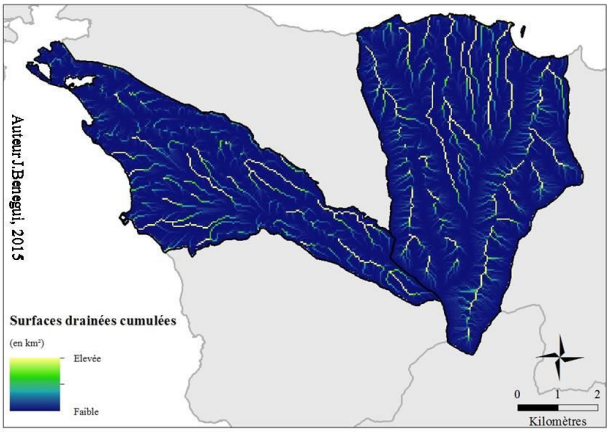


Figure 4. Déclivité de la pente dans les districts de Pueu à l'Est et Toahotu à l'Ouest.

Figure 5 (ci-dessous). Courbures de profil (figure de gauche) et courbures horizontales (figure de droite) sur les zones d'étude.







Les aires drainées cumulées mettent en évidence, pour chaque pixel, la surface en amont parcourue par l'eau venant s'écouler dans ce pixel. Ces surfaces, de couleur plus claire sur la Figure 6, permettent de visualiser le réseau hydrographique théorique et soulignent ainsi les zones dans lesquelles la potentialité d'arrachement des particules augmente.

Figure 6. Mise en évidence des surfaces drainées sur les districts de Pueu et Toahotu.

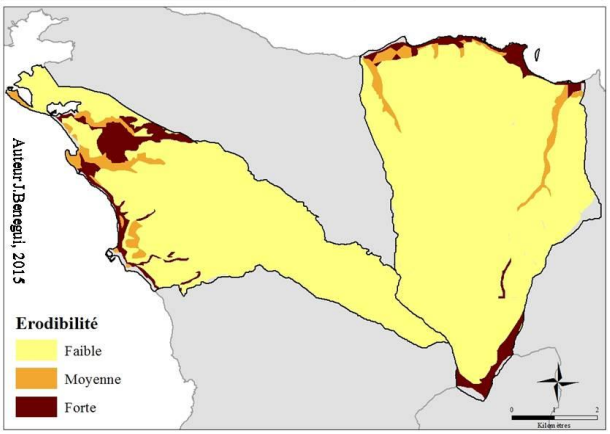


Figure 7. Erodibilité des formations géologiques de Pueu et Toahotu.

Après le reclassement effectué en suivant la même logique que Dumas (2004), un indice d'érodibilité est affecté à chaque formation géologique et la couche présentée sur la Figure 7 est ainsi obtenue. Elle met en évidence une forte homogénéité du niveau d'érodibilité des formations superficielles présentes sur l'ensemble des districts de Pueu et Toahotu, ces dernières constituées essentiellement de basalte possèdent un faible niveau d'érodibilité. A contrario, quelques zones de la plaine littorale composées de formations fluviatiles et littorales (alluvions, calcaire corallien…) présentent une sensibilité à l'érosion moyenne à forte.

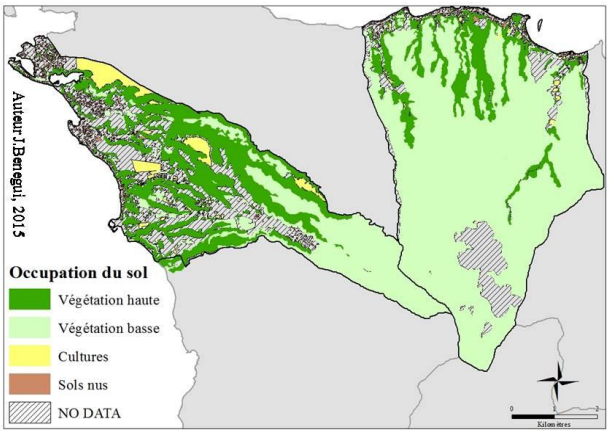


Figure 8. Carte des classes d'occupation du sol des districts de Pueu et Toahotu.

La carte de l'occupation du sol (Figure 8), bien que peu précise, permet de mettre en évidence des secteurs fortement urbanisés sur le littoral à Pueu comme à Toahotu et la présence de surfaces cultivées plus importantes à Toahotu, grandement soumises à l'aléa érosion. Au niveau du recouvrement végétal, la végétation haute est abondante dans le fond des vallées des deux zones d'étude et sur les plateaux de Toahotu qui présentent donc une sensibilité plus faible à l'érosion. Les pentes et sommets, recouverts de végétation basse, sont soumis à un niveau de sensibilité à l'érosion moyen.

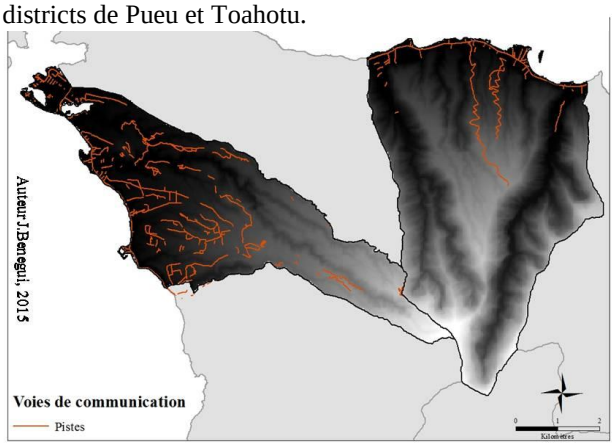
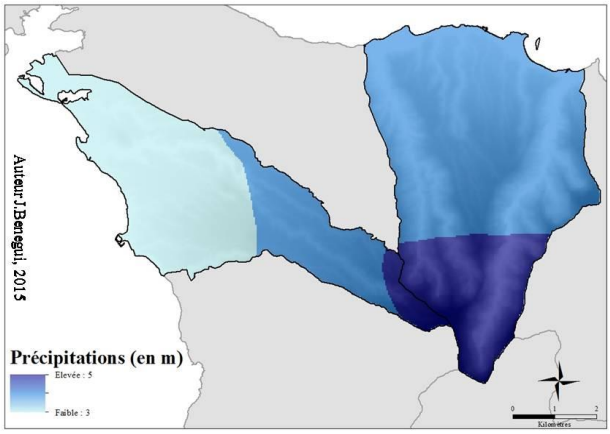


Figure 9. Localisation des pistes dans les districts de Pueu et Toahotu.

La Figure 9 permet de localiser les routes non revêtues. Ces sols mis à nu sont très sensibles à l'érosion. Le risque d'érosion est plus important que dans les zones de routes revêtues.



La Figure 10 montrant la répartition de la pluie, principal facteur de l'érosion, permet d'illustrer la corrélation entre hauteur d'eau et altitude. De plus, plus les précipitations sont importantes, plus leur impact sur l'érosion des sols augmente.

Figure 10. Répartition des précipitations moyennes annuelles à Pueu et Toahotu.

Les résultats des combinaisons réalisées dans le modèle de Dumas, 27 au total, correspondent à un attribut qualitatif qualifiant la sensibilité à l'érosion selon la classification présentée en annexe IV. La méthode de hiérarchisation des croisements est détaillée par un arbre décisionnel (annexe V). Quatre niveaux de sensibilité sont retenus : faible, moyen, fort et très fort. Citons un exemple d'approche déductive : si l'on croise une couverture végétale très protectrice, une faible érodibilité du sol et une faible pente, nous obtiendrons une valeur de sensibilité à l'érosion faible alors que le croisement d'une pente forte, d'un couvert végétal peu protecteur et d'une forte érodibilité du sol engendrera une sensibilité forte voire très forte. L'élaboration d'une carte de sensibilité à l'érosion est possible grâce à ces résultats et présentée Figure 11.

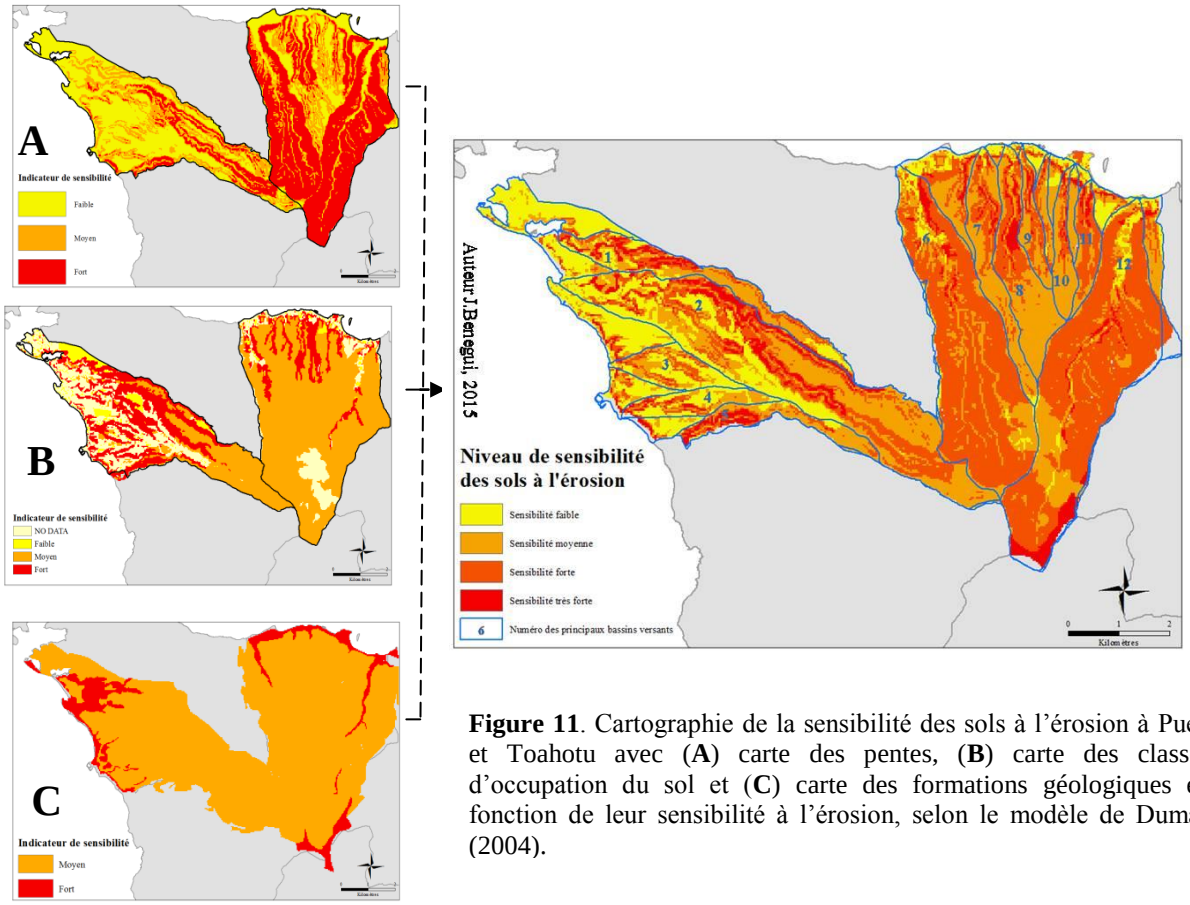
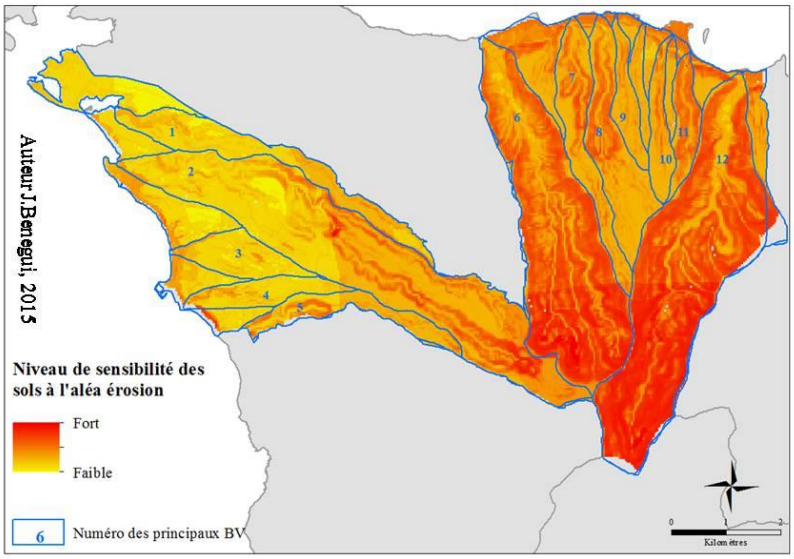


Figure 11. Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion à Pueu et Toahotu avec (**A**) carte des pentes, (**B**) carte des classes d'occupation du sol et (**C**) carte des formations géologiques en fonction de leur sensibilité à l'érosion, selon le modèle de Dumas (2004).



Les cartes composites, résultant des différentes étapes présentées précédemment puis de la combinaison multicritère, présentent une spatialisation de l'aléa érosion des sols selon différents auteurs (Atherton & *al.*, 2005 ; Dumas, 2004 ; Luneau, 2007).

Figure 12. Spatialisation de l'aléa érosion selon le modèle de Luneau (2007).

Sur les Figure 11et Figure 12, nous pouvons distinguer les zones les plus affectées par les processus érosifs, respectivement pour les modèles de Dumas (2004) et Luneau (2007). A Toahotu, des variations plus marquées du niveau de sensibilité à l'érosion sont visibles sur la carte-résultat suivant le modèle de Dumas, en particulier pour la Vallée Aoma (BV n°2). Celle-ci présente en effet une plus grande surface fortement sensible à l'érosion sur la Figure 11 que sur la Figure 12. Il semble en être de même pour les BV n°3, 4 et 5 qui possèdent un niveau de sensibilité moyen sur le modèle de Luneau alors que des zones très sensibles à l'érosion sont perceptibles sur le modèle de Dumas. Concernant le district de Pueu, des variations entre les deux cartes-résultats sont remarquables, notamment dans la plaine littorale. Les différences de niveaux de sensibilité sembleraient encore une fois plus marquées sur le modèle de Dumas. Néanmoins, si l'on se concentre sur les hauts reliefs et fonds de vallées, vers le centre de la Presqu'île, des zones fortement sensibles sont davantage mises en évidence par le modèle de Luneau, particulièrement dans la zone de précipitations moyennes annuelles de

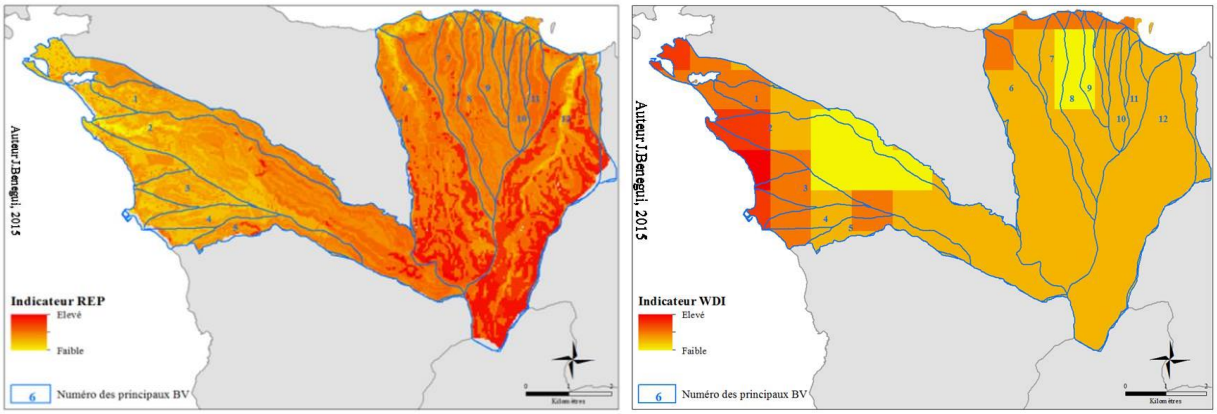


Figure 13. Cartes de répartition des indicateurs REP (figure de gauche) et WDI (figure de droite).

Les cartes composites (Figure 13) obtenues à partir du modèle décrit par Atherton & *al.* (2005) illustrent la répartition du REP, soit l'importance de l'aléa érosion à Pueu et Toahotu ainsi que la distribution du WDI indiquant le degré d'anthropisation des sites étudiés. Les zones présentant un REP élevé se situent majoritairement sur les hauts reliefs, en particulier dans les deux grandes vallées de Pueu. La plaine littorale possède un REP plus faible

indiquant une sensibilité à l'érosion moindre. Concernant le WDI, les zones vulnérables à l'anthropisation se situent principalement le long de la côte.

Lorsque l'on s'intéresse aux processus hydrologiques et à l'érosion des sols, il est plus facile de raisonner en terme de BV, unité fonctionnelle continue de l'amont vers l'aval et des crêtes vers le fond de la vallée. Les limites des principaux BV de Pueu et Toahotu ont été superposées à la répartition des niveaux de sensibilité à l'érosion sur les figures 11 à 13. Le calcul d'un indicateur de sensibilité des sols à l'érosion permet d'obtenir un indicateur spatial pour une unité fonctionnelle afin de comparer ces différentes unités entre elles. De plus, ces statistiques zonales vont faciliter la comparaison des résultats calculés pour les différents modèles. Les cartes-résultats obtenues sont regroupées Figure 14. Les résultats des indicateurs REP et WDI sont présentés pour chaque BV avant d'être additionnés pour obtenir le CTI.

Dans un premier temps, des similitudes se dégagent de façon notable. En effet, les BV de Tehoro (n°6) et Ahaviri (n°12) présentent, pour tous les modèles étudiés, un indicateur de sensibilité à l'érosion fort voire très fort. De plus, le BV de l'Aoma (n°2) à Toahotu possède une sensibilité moyenne selon les différents modèles appliqués. Ainsi, nous obtenons, suivant les méthodologies utilisées, des résultats identiques pour trois vallées principales des deux sites d'étude. Ces différents modèles mettent donc en évidence les mêmes BV, moyennement et fortement vulnérables à l'érosion. Cependant, pour certains BV de superficie inférieure, notamment à Pueu, les résultats obtenus peuvent être plus hétérogènes. Par exemple, les BV n°8 et 9 présentent un indicateur de sensibilité fort pour le modèle de Dumas et moyen pour Atherton *& al.* et Luneau. Enfin, deux BV à Toahotu (n°3 et 4) sont les moins sensibles l'érosion contre aucun à Pueu.

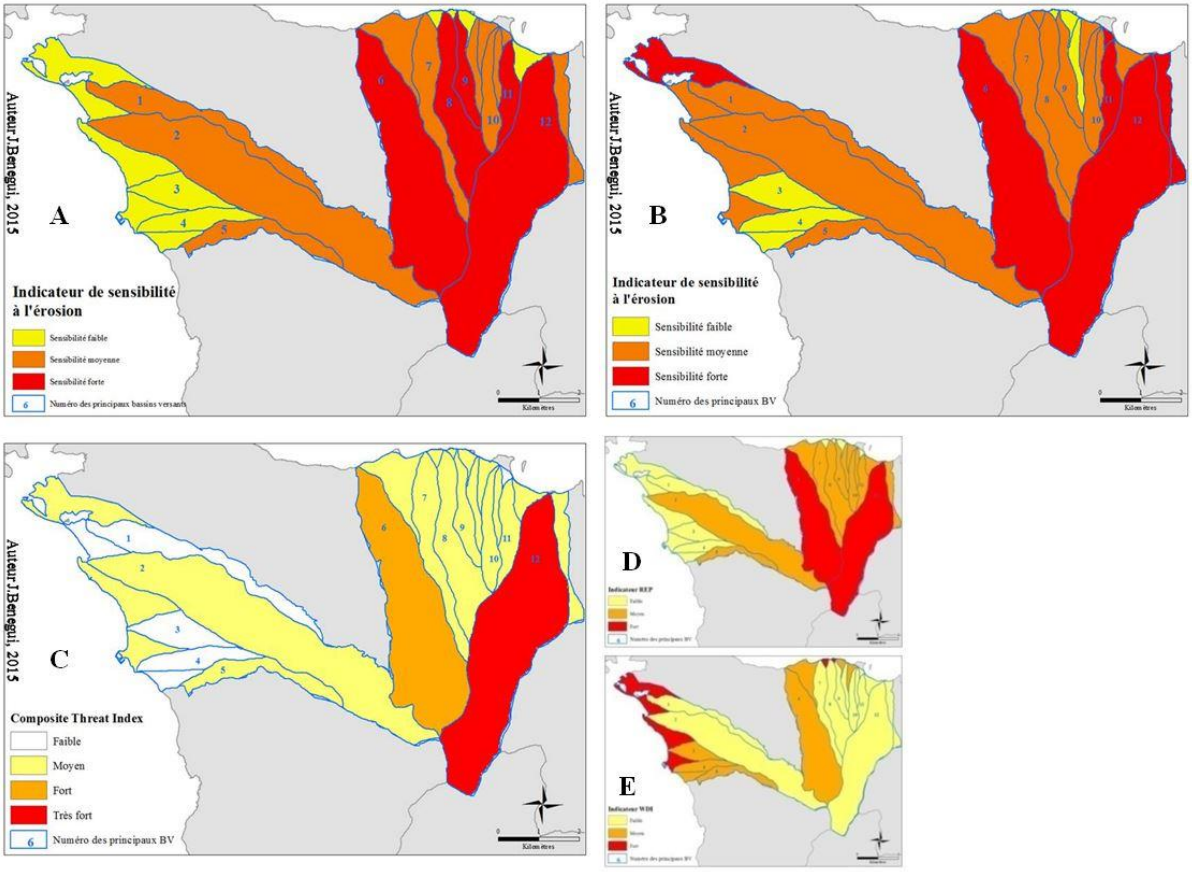


Figure 14. Cartes-résultats de la répartition des indicateurs de sensibilité à l'érosion réalisées à partir des modèles de Dumas (**A** ; 2004), Luneau (**B** ; 2007) et Atherton *& al.* (**C** ; 2005) ; pour plus de précisions, les cartes de la distribution des indicateurs RE P et WDI (respectivement **D** et **E**) par BV à Pueu et Toahotu.

Une fois la spatialisation de l'aléa érosion effectué et les BV caractérisés par un indicateur global de sensibilité à l'érosion, nous allons maintenant exposer les résultats obtenus lors des enquêtes réalisées à Pueu et Toahotu avec pour objectif final, la mise en commun de ces données cartographiques et humaines.

B. Conception et perception de l'aléa « érosion »

Le travail avec les populations mis en place à Pueu et Toahotu dans le cadre du Programme INTEGRE et de ce mémoire a été effectué dans le but d'obtenir des informations sur la perception de leur environnement par les habitants, en s'intéressant tout particulièrement à l'érosion, au sol, à la rivière et au lagon de leur district. Ces enquêtes ont permis également de recueillir l'opinion des résidents au sujet de l'agriculture et l'élevage pratiqués sur ces sites. Ainsi, 9 enquêtes ont été menées à Toahotu contre 5 à Pueu. Celles-ci n'ont pas la prétention de décrire les pensées et ressentis de toutes les personnes vivant sur ces deux districts au cas par cas, mais étant arrivés à « saturation des données » après ces quelques entretiens, nous retranscrirons au mieux les représentations de ces acteurs afin généraliser nos résultats à l'échelle du district. Tout d'abord, nous décrirons les données obtenues par thèmes abordés et présenterons les divers concepts et tendances générales mis en évidence pour chaque district. En géographie, un concept est une représentation mentale, générale et de nature abstraite d'un objet. Les concepts mentionnés dans cette étude s'articulent autour du thème central de perception et représentation d'un milieu par ses utilisateurs. Ce milieu peut ainsi être défini comme un espace vécu. Il s'agit dans un premier temps de définir comment les habitants perçoivent le sol de leur commune et de l'érosion qu'il peut subir *via* les réponses fournies aux 4 premières questions. Ces données sont présentées dans le Tableau 10.

	Pueu	**Toahotu**
Description du sol	- Propre ***(90 %)*** - Terre riche et propre ***(10 %)***	- Bien et propre ***(50 %)*** - Sale (pollution par les déchets) ***(50 %)***
Description du sol après de fortes pluies	- Humidité et boue ***(100 %)***	- Pas de changements visibles (***33,3 %***) - Boue ***(33,3 %)*** et inondations ***(22,2 %)*** - Glissements de terrain ***(11,1 %)***
Evolution du sol à long terme	- Pas de constat particulier ***(100 %)*** → « Je ne sais pas. »	- Pistes constituées de sable aujourd'hui goudronnées → Avantage de (ré)ouvrir l'accès aux hauteurs pour les populations → Inconvénient car trop de routes goudronnées et trop de constructions
Association d'idées avec le terme « érosion »	- Pas de constat particulier ***(90 %)*** - Boue tombe dans la rivière, troncs d'arbres qui viennent de l'amont – cause naturelle ***(10 %)***	- Boue tombe dans la rivière ***(33,3 %)*** et rivière qui «ronge» la rive ***(22,2 %)*** - Pas d'érosion visible ***(22,2 %)*** - Troncs d'arbres venant d'amont (cause anthropique) ***(22,2 %)***

Tableau 10. Restitution des réponses aux questions du thème « Description et perception du sol » pour les répondants de Pueu et Toahotu.

Nous avons ensuite abordé le thème «agriculture et élevage» afin de connaitre l'avis personnel des habitants sur ces pratiques, ce qu'elles leur apportent ou si elles sont nuisibles. Ainsi, de manière générale, les habitants de Pueu et Toahotu ne sont pas dérangés par les pratiques agricoles. Elles sont, au contraire, synonymes pour certains d'emplois, en particulier pour les jeunes, et de source de nourriture. Toutefois, ils ne savent pas réellement quelles cultures sont effectuées sur leur sol ou si certaines respectent le cahier des charges de l'agriculture biologique. Leurs connaissances sont, pour la plupart, issues des reportages qu'ils ont vus dans les médias (réglementation sur les pesticides et engrais par exemple).

Cependant, une des personnes interrogées, qui travaillait auparavant dans les champs, a immédiatement mentionné un mauvais respect des quantités d'engrais utilisés qui serait, selon lui, largement supérieures aux doses autorisées. Ce qui nous amène à aborder les inconvénients liés a l'agriculture. 50 % des répondants ont mentionné des problèmes de pollution causés par l'utilisation de pesticides qui, selon leurs dires, «tomberaient ensuite directement dans la rivière», mais également par les déjections de la porcherie qui seraient déversées dans la rivière Aoma, notamment lors des grandes pluies. L'autre moitié des personnes interrogées ne perçoit pas d'aspect négatif dans les pratiques agricoles présentes sur leur commune. Il en est de même pour les résidents de Pueu. Pour finir, nous abordons le thème «description et perception de la rivière et du lagon», qui sont les étapes ultimes des particules de terre «arrachées» par l'érosion dans les hauteurs. Pour clarifier et simplifier la lecture et la compréhension, les réponses reçues seront synthétisées dans le Tableau 11.

	Pueu	**Toahotu**
Description des cours d'eau et du lagon	- Propre : déchets naturels seulement ***(10 %)*** - *Vallée Tehoro classée en zone rouge (réservée a élevage et agriculture)* - Pas d'opinion sur la rivière mais présence de déchets (origine humaine) dans le lagon ***(90 %)***	- Rivière = sale, boueuse ***(100 %)*** - En amont des habitations, l'eau est plus propre. Les gens peuvent se baigner au niveau des cascades. - « Ca casse les montagnes ».
Description rivières et lagon après de fortes pluies	- Changement de couleur : l'eau devient « chocolat » ***(100 %)***	- Changement de couleur : l'eau devient « chocolat », se trouble (***100 %***) - La rivière sort de son lit pour inonder les cours lors de fortes pluies. - Lagon : 1 mètre de la surface → marron, mais en-dessous, propre
Evolution rivières et lagon à long terme	- Pas de constat particulier ***(100 %)***	Avant c'était propre, les gens se baignaient a l'embouchure de la rivière et buvaient parfois l'eau de la rivière (il y a 50 ans). L'eau était moins trouble. Aujourd'hui, elle est sale à cause des « bacs à cochons » et des déchets (frigidaire par exemple !).
Représentations, idées associées aux rivières et lagon	- Il faut protéger et préserver la rivière et le lagon ***(100 %)*** - Rivière = « Magnifique, grandiose » - Lagon = « Source de travail et nourriture » (pêcheur)	-Rivière : * « Garde-manger » ***(44,4 %)*** * Bien-être ***(33,3 %)*** * Sacré ***(22,2 %)*** - Lagon : * « Garde-manger » ***(77,7 %)*** * Détente, bien-être ***(22,2 %)***
Craintes, avis sur changements et évolution rivières et lagon	- Les craintes de certains portent sur la mise en place ou non d'un barrage dans la vallée de Tehoro. - Les pêcheurs craignent davantage les pollutions présentes dans le lagon (déchets/sédiments)	- Peur de se baigner, peur d'attraper des malades à cause de la porcherie située en amont ***(66,6 %)*** - Peur de voir disparaitre poissons, chevrettes, anguilles, coraux et coquillages devant chez eux ***(33,3 %)*** - Aucune crainte ***(11,1 %)***
Suggestions, idées pour protéger, améliorer leur état	- Mettre en place une meilleure gestion des déchets	- Fermer la porcherie ***(11,1 %)*** - Nettoyer la rivière et laisser pousser les arbres le long de son lit ***(77,7 %)*** - « On ne peut rien faire, il faut laisser couler » ***(22,2 %)***

Tableau 11. Restitution des réponses aux questions du thème « Description et perception de la rivière et du lagon » pour les répondants de Pueu et Toahotu.

DISCUSSION & PERSPECTIVES

Au terme de cette étude en deux parties, nous avons obtenu, dans un premier temps, des cartographies de l'aléa érosion basées sur divers modèles cognitifs pour deux communes associées de la Presqu'île de Tahiti, Pueu et Toahotu, et, dans un second temps, nous avons réuni des témoignages et opinions permettant d'appréhender et de comprendre la perception de l'érosion et de leur environnement naturel par les populations.

Pour exécuter ces modèles qualitatifs (*partie 1*), nous avons identifié et défini dans un premier temps l'érosion hydrique, soit le détachement et transport de particules sous l'action mécanique de la pluie (Batti, 2005), comme un processus majeur sur l'île de Tahiti et plus particulièrement sur la commune de Taiarapu. L'objectif était d'évaluer la sensibilité des sols à l'érosion, phénomène qui influence le volume des apports terrigènes potentiellement transférés au lagon et susceptibles de perturber l'écosystème côtier. Nous nous sommes donc appliqués à collecter les données nécessaires à la reconstitution du phénomène érosif en tant qu'aléa et à les intégrer et hiérarchiser au sein d'un SIG selon différents modèles cohérents à l'échelle d'espaces insulaires du Pacifique Sud. Ces divers modèles ont été conçus par Atherton & *al*. (2005), Dumas (2004) et Luneau (2007).

Pour connaître et saisir les ressentis des populations locales à propos de l'érosion et de l'agriculture présente sur les communes ainsi que leur conception et perception du milieu naturel environnant (*partie 2*), des entretiens ont été réalisés.

Les résultats de cette étude sont doubles. D'une part, la cartographie effectuée produit des informations intéressantes et exploitables quant à la répartition spatiale de l'aléa érosion à Pueu et Toahotu. Les BV constituant la meilleure unité de réflexion en ce qui concerne l'étude et la gestion des questionnements autour de l'aléa érosion (Chevalier & *al*., 2002), il semblait logique de réaliser une classification des BV selon différents indicateurs d'érosion. Cette dernière a permis d'identifier les BV dont les apports sédimentaires seraient les plus conséquents sur l'ensemble des sites étudiés. Se détachent clairement certains BV pour lesquels les efforts à produire pour combattre l'érosion devront être plus intenses. Ainsi, les zones caractérisées par de fortes pentes, un substrat très érodable, une faible protection végétale, d'intenses précipitations, possédant des pistes et d'importantes surfaces drainées affichent une potentialité élevée de pertes en sol. Les crêtes, certains versants des reliefs escarpés, quelques endroits proches des zones urbaines bordant le littoral présentent une forte sensibilité à l'érosion. Ces résultats sont globalement en accord avec ceux obtenus par Dumas (2004) et Luneau (2007) en Nouvelle-Calédonie, Atherton & *al*. (2005) aux îles Fidji et Batti (2005) à la Réunion. L'application de la méthodologie de ces différents travaux permet de comparer de manière relative les BV des zones d'étude. Les BV les plus soumis à l'érosion et donc les plus polluants en terme de production terrigène sont logiquement les vallées de Tehoro et Ahaviri à Pueu et la vallée Aoma sur la côte Ouest. Néanmoins, les BV de Pueu présentent une sensibilité forte contre une sensibilité à l'érosion moyenne seulement pour la vallée Aoma. Ces résultats plutôt surprenants diffèrent de ceux présentés dans les études de Fossey (2008) et Campaner (2010) qui s'étaient appuyés sur le modèle empirique USLE et dont les cartes indiquaient une sensibilité à l'érosion plus importante à Toahotu qu'à Pueu. Cela semble plus logique si l'on considère par exemple la SAU des deux districts, soit 30,58 ha à Pueu contre plus du double à Toahotu (72,33 ha) ou encore le nombre de logements, respectivement 604 (pour 2024 habitants) et 1222 (pour 3553 résidents à Toahotu), qui sont deux facteurs majeurs responsables de l'érosion, notamment en augmentant la surface et le volume des ruissellements (Batti, 2005).

Le facteur « pente » pourrait expliquer nos résultats car, comme il est possible de le voir sur la Figure 4, la déclivité de la pente est globalement nettement supérieure à Pueu. Pour mettre en évidence l'impact de l'agriculture sur l'aléa érosion, une pondération élevée pourrait être attribuée à la couche d'occupation du sol intégrant les cultures présentes sur les sites d'étude.

L'utilisation de ces modèles conduit à une meilleure compréhension de la distribution spatiale de l'aléa érosion. En ce sens, ces cartes-résultats apportent une information spatialisée et peuvent donc aisément servir de support d'aide à la décision en matière de gestion et d'aménagement des BV en localisant les zones à contrôler et protéger en priorité. Elles sont de ce fait vouées à retenir l'attention des décideurs, aménageurs voire agriculteurs afin d'être utilisées pour des applications prenant en compte l'érosion (Chevalier & *al*., 2002).

Par ailleurs, d'un point de vue méthodologique, l'utilisation d'une démarche qualitative apparaissait comme la plus correcte en raison du peu de données dont nous disposons, les données quantitatives type mesures de turbidité dans le lagon faisant défaut. L'avantage de ces modèles est qu'ils ne sont pas figés. Au contraire, des données supplémentaires ou actualisées peuvent être ajoutées à tout moment aux paramètres d'entrée du modèle (Batti, 2005 ; Printemps, 2008). A propos des données utilisées dans cette étude, la couche « occupation du sol », déterminante car modifiable par l'Homme à tout moment, en particulier dans ce travail car elle témoigne de la présence de cultures sur les sites d'étude, manque de précisions si on la compare aux données utilisées par Dumas (2004), Atherton & *al.* (2005) et Luneau (2007). Il semble donc nécessaire de discriminer les thèmes d'occupation du sol et de les individualiser et pour cela, la télédétection utilisée par ces auteurs apparait comme l'outil adéquat bien que les paysages tropicaux soient considérés comme des « paysages flous » selon Fotsing (1998), c'est-à-dire qu'ils présentent une occupation du sol plutôt anarchique avec des formations végétales emboîtées les unes avec les autres et donc relativement complexes à différencier, difficulté à laquelle peut s'ajouter les effets du relief (Fotsing, 1998). Luneau (2007) explique que la précision de cette classification de l'occupation du sol influerait directement sur la valeur finale de l'aléa érosion. Un effort de précision de ces informations (plus rigoureux que les données actuellement disponibles : végétation haute/ végétation basse) semble donc indispensable. De plus, comme nous l'avons mentionné précédemment ces détails permettraient de mieux concevoir et approfondir le rôle que jouent les pratiques agricoles et cultures dans l'aléa érosion. Il est important de noter ici qu'il est complexe d'isoler la part de responsabilité de l'agriculture de manière générale (cultures, modification de la végétation, fossés, pistes tracées pour accéder aux exploitations…) dans les processus de sédimentation et d'érosion (Hamilton & Pearce, 1988). Ainsi, l'attribution de coefficients SIG de valeurs variables en fonction du thème d'occupation et d'une pondération plus élevée à la couche « occupation du sol » pourrait permettre de mettre en évidence l'influence de l'occupation du sol et plus particulièrement de l'agriculture sur l'aléa érosion.

Ensuite, l'ancienneté et le manque de précision de certaines données voire leur absence nous amène donc à émettre une certaine réserve concernant la validité des cartes réalisées et de l'information proposée. Par conséquent, l'interprétation de ces dernières reste limitée. Bien que les résultats semblent cohérents, une étape de validation est généralement obligatoire dans tout modèle. Dans le cadre de notre étude, comme l'explique Batti (2005), la comparaison avec des observations de terrain (en présence de différents experts et en saison humide de préférence) ou des données sur l'érosion obtenues par d'autres outils semblent les seuls moyens de valider nos résultats et de fixer les pondérations à affecter aux couches du modèle. La validation pourrait également passer par une interprétation visuelle de photographies aériennes et/ou images satellites. Puis, pour affiner les résultats obtenus *via* ces

modèles (Luneau, 2004 ; Atherton & *al*., 2005). Il parait aussi indispensable d'avoir des données de précipitations plus précises, autrement dit avec une maille beaucoup plus fine. Les données météorologiques utilisées dans cette étude sont effectivement trop « lisses » pour appréhender le réal effet de la pluie sur l'érosion des sols et analyser plus rigoureusement ce dernier selon la saisonnalité. Ainsi, toutes les couches croisées dans les différents modèles ne présentent pas toutes la même précision. Néanmoins, il est nécessaire de conserver une certaine cohérence quant à cette précision. Si certaines couches ne sont pas précises, il n'est pas essentiel et pertinent d'utiliser des données de résolution très fine pour les autres (Luneau, 2007).

Enfin, l'analyse multicritère présente l'inconvénient d'être subjective. Elle s'appuie en effet sur des pondérations basées sur l'expertise et les décideurs n'étant pas toujours d'accord concernant le poids de chacun des paramètres, cela ne facilite pas l'application de cette méthodologie (Joerin, 1997). Cependant, Luneau a prouvé que l'application d'une méthode statistique pour le croisement des données permet d'obtenir un résultat comparable à celui obtenu *via* l'avis des experts. Donc, cette analyse multicritère reste, malgré tout, pertinente et utile car elle a le mérite d'être assez simple et applicable à d'autres zones d'étude et de prendre en compte une multitude de facteurs (Batti, 2005). Cependant, bien que cette méthodologie soit qualifiée de contexte-indépendante et semble ajustable à tous les systèmes insulaires pacifiques, des précautions sont à prendre concernant sa mise en œuvre. Les îles possèdent toutes des caractéristiques qui leur sont propres au niveau écologique, géomorphologique, climatique, politique, économique, social ou culturel qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de la réalisation d'un projet (Jupiter & *al*., 2013). Les résultats obtenus lors des enquêtes réalisées auprès des habitants de Pueu et Toahotu nous permettront donc de préciser en partie le « facteur humain » propre à Taiarapu, facteur faisant partie intégrante du processus de GIZC.

Grâce au travail de terrain effectué auprès des populations locales, nous avons pu découvrir et comprendre comment les populations perçoivent leur milieu et les relations qu'elles entretiennent avec celui-ci ainsi que leurs ressentis par rapport à l'agriculture et à l'érosion. L'analyse descriptive des données réalisée dans la partie « Résultats » de ce mémoire peut être suivie d'une analyse plus interprétative des données, enrichie d'une comparaison avec le peu de données existantes dans littérature à ce propos. Résumons les tendances générales mises en évidence après restitution des divers entretiens. De manière générale, l'évocation du lagon ou de la rivière suscitaient plus de réponses que lorsqu'on mentionnait l'aspect du sol. Cela est en accord avec les résultats de Raynal (2004) qui explique que le lagon est important pour 90 % des personnes interrogées sur la côte ouest de Taiarapu. Les habitants le décrivaient également comme un « garde-manger » et un espace possédant un caractère sacré. De plus, l'idée du lagon comme un milieu naturel qu'il faut préserver regroupe également les résidents de Pueu, la majorité des habitants de Toahotu et 24 % des personnes interrogées par Raynal (2004). En revanche, les pratiques agricoles ne sont pas réellement connues par les populations de Pueu et Toahotu. L'élevage semble plus inquiétant pour eux, en particulier dans la vallée Aoma (Toahotu) qui mentionnent la peur d'attraper des maladies en se baignant. Les phénomènes pouvant être rapportés l'érosion ont été mentionnés le plus souvent par les habitants de Toahotu. De même, plusieurs éléments négatifs ressortent du discours de ces derniers : « sol sale et présence de déchets », « trop de constructions », « inondations fréquentes »… Enfin, les habitants de Toahotu semblent davantage tournés vers leur milieu naturel, des hauteurs jusqu'à la rivière puis au lagon, qui représentent pour eux un élément sacré, source de bien-être alors que les habitants de Pueu semblent se concentrer sur les apports du lagon. Ces résultats peuvent être corrélés à ceux obtenus par Campaner (2010). Ce dernier relate que la zone de Toahotu présente un indicateur culturel élevé qui indique un

caractère traditionnel important et donc de fortes interactions entre l'Homme et son milieu. De plus, selon Campaner (2010), la stabilité sociale du district dépend grandement des rapports entre la population et son environnement. Cette interdépendance traduit une importante vulnérabilité socio-environnementale (Campaner, 2010). Comme nous l'avons expliqué précédemment, la vulnérabilité dépend autant de la perception du risque par les populations que de l'occurrence de phénomènes naturels (Carter *& al.*, 1994). Le croisement des données témoignant de la perception du risque par les populations et des indicateurs de sensibilité à l'érosion doit permettre de déterminer les zones où les usages des communautés peuvent être perturbés et vulnérables aux aléas du milieu, ici l'érosion. Dans notre étude, la perception du risque semble plus importante à Toahotu (éboulements, inondations, présence de coraux morts dans le lagon…) qu'à Pueu. Or, selon les cartographies obtenues, l'aléa érosion est globalement plus élevé à Pueu. Il serait donc difficile de mettre en évidence une zone de vulnérabilité socio-environnementale très forte. Ce résultat avait pourtant été souligné par Campaner (2010). Les données concernant le facteur humain étant relativement similaires ou du moins suivant les mêmes tendances, la méthodologie utilisée pour la spatialisation de l'aléa érosion peut être tenue comme responsable de ces divergences. Enfin, au vu des résultats obtenus *via* les interviews, l'érosion ne semble pas être la menace principale pesant sur le milieu naturel perçue par les populations locales. En effet, le problème récurrent souligné par ces enquêtes est la gestion des déchets, comme l'avait souligné Raynal (2004) pour 52 % des répondants.

En outre, l'utilisation d'enquêtes dans cette étude présente, malgré le fait qu'elles soient une source d'informations inépuisable, différentes limites. Tout d'abord, en ce qui concerne l'interaction entre l'intervieweur et le répondant, trois biais peuvent émerger : liés au dispositif et au contexte de l'enquête et les biais associés à la situation sociale respective de chacun des deux intervenants (Poupart, 1997). D'autre part, l'érosion étant un phénomène peu connu de tous, il était complexe de questionner les gens à ce sujet et d'obtenir des informations précises concernant l'occurrence de ce processus. De plus, peu de papiers se sont attelés à étudier la perception de l'érosion hydrique superficielle des sols par les populations. L'érosion côtière est, par exemple, plus souvent abordée. Il faut donc avoir conscience que ces modèles ont été conçus dans le but de spatialiser l'érosion hydrique qui est la plus active à Tahiti. L'érosion éolienne ou côtière ne sont pas prises en compte mais participent tout de même à la dynamique totale de l'ile.

Pour conclure, Tahiti, île haute tropicale caractérisée par des écosystèmes terrestres et marins aussi riches que fragiles, possède une érosion mécanique des sols naturellement élevée. La densification actuelle de la population et des activités anthropiques exerce inévitablement une pression supplémentaire sur un environnement naturellement vulnérable. Divers facteurs d'origine naturelle (lithologie, climat…) et anthropique (occupation du sol…) prédisposent le sol à une sensibilité à l'érosion. Afin d'étudier, analyser et *a posteriori* gérer l'érosion, l'application de modèles cognitifs présent un intérêt certain (Chevalier *& al.*, 2002). L'adaptation de ces méthodes nous a ainsi permis de mieux comprendre la spatialisation de l'aléa érosion à Taiarapu. Les SIG sont de plus en plus utilisés car très intéressants dans le sens où ils permettent de faire le lien entre les données des sciences dures et des sciences humaines *via* le croisement de cartes et de données qualitatives (Paul-Hus, 2011 ; Printemps, 2008). Ces travaux peuvent donc être utilisés aussi bien dans le cadre d'études fondamentales que pour des applications de gestion du territoire (Chevalier *& al.*, 2002). Néanmoins, il est important de ne pas se cantonner à la mise en œuvre de ces méthodes mais de considérer également les particularités sociales et culturelles des sites étudiés en optant pour une approche participative (Paul-Hus, 2011). En ce sens, ces informations peuvent s'intégrer dans

un travail de plus grande ampleur dont le but serait d'analyser la diversité aussi bien physique et biologique que sociale et culturelle du littoral de Taiarapu.

Au terme de ce travail, de nombreuses perspectives peuvent être proposées. Tout d'abord, d'un point de vue fondamental, les modèles appliqués pourraient être perfectionnés par l'ajout de données récentes et de meilleure qualité (Chevalier *& al*., 2002 ; Paul-Hus, 2011), comme nous l'avons mentionné précédemment, mais aussi en combinant ces données à celles de sensibilité des milieux marins au confinement afin d'évaluer les menaces de sédimentation terrigène sur les RC notamment (Dumas, 2004), ou encore par un couplage avec d'autres modèles d'érosion, notamment l'érosion côtière. Il semble en effet urgent de traiter cette dernière comme une menace majeure pour l'environnement, l'anthropisation du littoral étant exponentielle à Taiarapu (notons ici que certaines personnes interrogées ont mentionné les remblais comme une des causes de dégradation du lagon). D'autre part, dans le domaine de la recherche appliquée, les résultats obtenus pourraient servir d'outil d'aide à la décision pour déterminer, par exemple, des zones test dans lesquelles des mesures et du monitoring seraient mis en place mais aussi de manière plus globale pour assurer une gestion cohérente et durable des espaces indispensables au bien-être économique, social et culturel des populations mais sensibles à l'érosion, comme les terres agricoles ou les zones artificialisées.

En somme, les outils proposés sont donc à perfectionner par de nouvelles études. Toutefois, il est déjà possible d'émettre d'hypothétiques limites concernant l'utilisation de ces outils et informations produits dans le processus de gestion en grandeur réelle dans les îles du Pacifique Sud. Bien que ces derniers leur soient fournis, les acteurs locaux vont exprimer des idées, opinions et valeurs propres à leur mode de vie et leur culture et pourront ainsi passer outre les informations et outils mis à disposition. Les éléments proposés auront tout de même le mérite d'élargir la vision des décideurs mais ne permettront pas de « se libérer » de leurs principes et idéologies (Campaner, 2010).

RÉFÉRENCES

Airoldi L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 41:161-236.

Agenda 21 (1992). United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil.

Ambroise B. (1999). La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant : processus, facteurs, modèles. Bucuresti : Editura *H*G*A*, Bucarest, 200 pp.

Atherton A., Olson D., Farley L. & Qauqau I. (2005). Fiji Watersheds at Risk. Watershed Assessment for Healthy Reefs and Fisheries. Final Report to the United States Department of State OESI Grant # SFJ600 04 GR 004.

Bachimon P., (1990). Tahiti entre mythes et réalités. Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, 390 p.

Bambridge T. (2009). Pluralisme culturel et normatif à Teahupoo. Programme de recherche RAHUI (CNRS), Rapports, 50 p.

Batti A. (2005). Spatialisation des pluies extrêmes et cartographie de l'aléa érosion des sols dans les bassins versants en amont du lagon St Gilles (île de la Réunion). Rapport Mastère SILAT, 55 p.

Batti A. & Depraetere C. (2007). Panorama des méthodes de modélisation de l'érosion dans un contexte insulaire. Analyse méthodologique, CRISP composante 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 28 p.

Blanchard A. & Vanderlinden J.P. (2010). Dissipating the fuzziness around interdisciplinarity: the case of climate change research. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (SAPIENS)*, 3:1-6.

Bodiguel M. (1997). Le littoral. Entre nature et politique. Paris, L'Harmattan, 234 p.

Bosch J.M. & Hewlett J.D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 55(1-4):3-23.

Bourrelier P.-H. (1997). La prévention des risques naturels ; Rapport d'évaluation. Paris, La Documentation Française, 702 p.

Brousse R. (1986). Géologie des Iles Hautes. Dans « Encyclopédie de la Polynésie Française ». 1. Les Iles Océaniques. Christian Gleizal éditions, 45-56.

Bryant D., Burke L., McManus J. & Spalding M. (1998). Reefs at risk – A Map-Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs. World Ressources Institute, 60 p.

Burke L. (2011). Reefs at Risk Revisited, Reefs at Risk Series. World Resources Institute, Washington, DC, USA, p. 114.

Borst H.-L. & Woodburn R. (1940). Rain simulator studies of the effect of slope on erosion and runoff. U.S. Department of Agriculture, SCS-TP-36.

Campaner A. (2010). Essai d'aide à la gestion intégrée des littoraux récifaux dans la zone insulaire du Pacifique S – Application à la Presqu'île de Tahiti. CRISP comp. 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 91p.

Carluer N. & Marsily G.D. (2004). Assessment and modeling of the influence of man-made networks on the hydrology of a small watershed: implications for fast flow components, water quality and landscape management. *Journal of Hydrology*, 285(1-4):76-95.

Carter T.R., Parry M.L., Nishioka S. & Harasawa H. (1994). Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptation. Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University College London.

Cerdan O. (2001). Analyse et modélisation du transfert de particules solides à l'échelle de petits bassins versants cultivés. Thèse de doctorat, Orléans, 172 p.

Chouinard O., Baztan J. & Vanderlinden J.-P. (2011). Zones côtières et changement climatique: le défi de la gestion intégrée. Presses de l'Université du Québec, coll. Géographie contemporaine.

Cicin-Sain B. & Knecht R.W. (1998). Integrated coastal and ocean management, concepts and practices. Island Press, Washington D.C., 518 p.

Clarke B. (2006). Australia's Coastcare Program (1995-2002): its purpose, components and outcomes. *Geographical Research*, 44(3):310-322.

Cloarec J. & Kalaora B. (1994). Littoraux en perspectives (Introduction). In: Études rurales, 133-134. Littoraux en perspectives, p. 9-13.

Cloern J.E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210:223-253.

Coles S. & Jokiel P. (1992). Effects of salinity on coral reefs. In: Connell D., Hawker D. (Eds.), Pollution in Tropical Aquatic Systems. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida, USA, p. 147-166.

Commission Européenne (2007). Profils environnementaux des PTOM. Section D – Région du Pacifique, 84 p.

CPS (2008). Aménagement des terres. Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique.

David G. (1993). Dynamics of the coastal zone in the high islands of Oceania: management implications and options. In: Waddel E., Nunn P.D. The margin fades: geographical itineraries in a world of islands. Suva : Institute of Pacific Studies, p. 189-213.

De'ath G. & Fabricius K. (2010). Water quality as a regional driver of coral biodiversity and macroalgae on the Great Barrier Reef. *Ecological Applications*, 20:840-850.

De Ketele J.-M. & Roegiers X. (1996). Méthodologie du recueil d'informations. Fondements des méthodes d'observations, de questionnaires, d'interviews et d'études de documents. Méthodes en sciences humaines. 3ème édition, Paris: De Boeck Université.

Diaz R.J. & Rosenberg R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321:926-929.

Didier M. (1990). Utilité et valeur de l'information géographique. Economica, Paris, 255 p.

Dumas P. (2004). Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et S.I.G. pour une gestion intégrée, Application en Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, Orléans, 402 p.

Dumas P. (2010). Méthodologie de cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion appliquée à la région de Dumbéa à Païta - Bouloupari (Nouvelle-Calédonie). Les Cahiers d'Outre-Mer, 252 | Mis en ligne le 01 octobre 2013, consulté le 11 mai 2015. URL : http://com.revues.org/6123 ; DOI :10.4000/com.6123

Dumas P. & Printemps J. (2010). Assessment of soil erosion using USLE model and GIS for integrated watershed and coastal zone management in the South Pacific Islands. [En ligne]. Consulté le 04/05/2015. http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2010__856.pdf

Fabricius K.E. (2011). Factors determining the resilience of coral reefs to eutrophication: a review and conceptual model. In: Dubinsky, Z.S.N. (Ed.), Coral reefs: an ecosystem in transition. Springer, p. 493-505.

Fenneteau H. (2015). L'enquête : entretien et questionnaire. Dunod, 3ème édition, 128 p.

Ferry L. (1988). Contribution à l'étude des régimes hydrologiques de l'île de Tahiti. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud, Orsay, 330 p.

Fossey M. (2008). Spatialisation et modélisation des données hydrologiques pour l'évaluation des processus d'érosion : Etudes de cas à Vanuatu, Fidji et Polynésie Française. Rapport Technique, CRISP composante 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 44 p.

Fotsing J.-M. (1998). Les paysages Bamiléké : approche géographique des dynamiques rurales par télédétection. H.D.R. de Géographie et Environnement, Université de Paris IV Sorbonne, 750 p.

Frankic A. (2003). Integrated coastal management and sustainable aquaculture development in the Adriatic Sea, Republic of Croatia. Center for Coastal Resources Management Virginia Institute of Marine Science. http://ccrm.vims.edu/publications/pubs/Adriaticaquaculture.pdf. Consulté le 13/04/2015.

GESAMP (2006). Report of the Twenty-Sixth Session, Paris, 25-29 March 1996. Rep. Stud. GESAMP, 60, 29 p.

Guillande R., Gelugne P., Bardintzeff J.-M., Brousse R., Chorowicz J., Deffontaines B. & Parrot J.-F. (1993). Cartographie automatique de zones à aléas de mouvements de terrain sur l'île de Tahiti à partir de données végétales. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4:577-583.

Hamilton L. S. & Pearce A. J. (1988). Soil and water impacts of deforestation. In: Ives J. & Pitt D. (eds.), Deforestation: Social Dynamics in Watershed and Mountain Ecosystems. Routledge, London.

Henocque Y., Denis J., Gérard B., Grignon-Logerot C., Brigand L., Lointier M. & Barusseau P. (1997). Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée de la zone côtière. Paris, UNESCO, coll. Manuels et guides de la COI, 36, 47 p.

Hildenbrand A., Gillot P.-Y. & Marlin C. (2008). Geomorphological study of long-term erosion on a tropical volcanic ocean island: Tahiti-Nui (French Polynesia). *Geomorphology*, 93:460-481.

Imbert G. (2010). L'entretien semi-directif : à la frontière de la santé publique et de l'anthropologie. *Recherche en soins infirmiers*, 102:23-34. DOI 10.3917/rsi.102.0023.

Jamet R. (1987). Les sols et leurs aptitudes culturales et forestières, Tahiti. Editions de l'ORSTOM, Paris, 131 p.

Joerin F. (1997). Décider sur le territoire, Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère. Thèse de doctorat, École polytechnique fédérale de Lausanne, 220 p.

Jupiter S.D., Jenkins A.P., Lee Long W.J., Maxwell S.L., Watson J.E.M., Hodge K.B., Govan H. & Carruthers T.J.B. (2013). Pacific Integrated Island Management – Principles, case studies and lessons learned. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (Samoa) and United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 72 p.

Kroon F.J., Schaffelke B. & Bartley R. (2014). Informing policy to protect coastal coral reefs: Insight from a global review of reducing agricultural pollution to coastal ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 85:33-41.

Lafforgue A. (1987). Annales hydrologiques de l'île de Tahiti de 1971 à 1986. ORSTOM-Service de l'Equipement, Tahiti, 298p.

Laganier R. & Scarwell H.J. (2003). Risques hydrologiques et territoires. Questions de Géographie : les Risques, ouvrage collectif coordonné par Moriniaux V., Editions du Temps, Questions de Géographie, p. 106-137.

Laurent V., Maamaatuaiahutapu K., Maiau J. & Varney P. (2004). Atlas climatologique de la Polynésie Française. Météo France, Délégation Interrégionale de Polynésie Française, 201 p.

Le Bissonnais Y., Montier C., Daroussin J. & King D. (1998). Cartographie de l'aléa «Erosion des sols» en France. Editions IFEN, Collection Etudes et Travaux n° 18, août 1998, 77 p.

Le Bissonnais Y., Dubreuil N., Daroussin J. & Gorce M. (2004). Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale – Exemple du département de l'Aisne. *Etude et Gestion des Sols*, 11:307-321.

Le Bissonnais Y., Cerdan O., Lecomte V., Benkhadra H., Souchère V. & Martin P. (2005). Variability of soil surface characteristics influencing runoff and interrill erosion. *Catena*, 62(2–3):111-124.

Léotot C. (1988). Cycles éruptifs géochimiques et géochronologiques du volcan de Taravao (Archipel de la Société). Modèle du hotspot tahitien et de l'alignement de la Société (Polynésie Française). Thèse de l'Université Paris Sud, Orsay, 378 p.

Li Q.X., Hwang E.C. & Guo F. (2001). Occurrence of Herbicides and Their Degradates in Hawaii's Groundwater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 66(5):653-659.

Lotze H.K., Lenihan H.S., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R.G., Kay M.C., Kidwell S.M., Kirby M.X., Peterson C.H., Jackson J.B.C. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312:1806-1809.

Lozachmeur O. (2005). Le concept de gestion intégrée des zones côtières en droit international, communautaire et national. *Droit maritime français*, 657.

Luneau G. (2006). La spatialisation de l'aléa 'érosion des sols' en Nouvelle-Calédonie. Méthodologie définie sur les communes de Dumbéa, Païta, et Boulouparis. Rapport de stage Master 2 professionnel géomatique, Université de Toulouse, 75p.

Maurizot P. & Delfau M. (1995). Cartographie de la sensibilité à l'érosion, Province Sud de Nouvelle-Calédonie, Rapport BRGM N° R38660, 72 planches.

Maurizot P. & Lafoy Y. (1998). Cartographie des aléas naturels (Mouvements de terrain, érosion) dans le Territoire de Nouvelle-Calédonie, Zone de Dumbéa-Paita. Rapport BRGM R 40403, 31 p.

Miossec A. (1998). De l'aménagement des littoraux à la gestion intégrée des zones côtières. In: Géographie humaine des littoraux maritimes. Sedes, Paris, p. 411-466.

Mwendera, E. & Feyen, J. (1993). Predicting tillage effects on infiltration. *Soil Science*, 155:229-235.

OJEC (2002), Official Journal of the European Communities, C 58 E/2, Chapter II, Principles, §a.

ORSTOM, (1993). Atlas de la Polynésie Française. Editions de l'ORSTOM, Paris, 112 planches.

Paul-Hus C. (2011). Méthodes d'étude de l'érosion et gestion des sites dégradés en Nouvelle-Calédonie. Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maitre en environnement, Université de Sherbrooke, 127 p.

Prieur M. (1999). Modèle de loi sur la gestion durable des zones côtières. Sauvegarde de la nature, 101. Editions du Conseil de l'Europe, Strasbourg.

Pollnac R.B. & Pomeroy R.S. (2005). Factors influencing the sustainability of integrated coastal management projects in the Philippines and Indonesia. *Ocean and Coastal Management*, 48, 5:233-251.

Poupart J. (1997). L'entretien de type qualitatif : considérations épistémologiques, théoriques et méthodologiques », in Poupart J., Deslaurier JP., Groulx LH., Laperrière A., Mayer R, & Pires AP., La recherche qualitative : enjeux épistémologiques et méthodologiques, Montréal: Gaëtan Morin, 173–209, 405p.

Printemps J. (2008). Mapping Potential Erosion Risks Mapping Potential Erosion Risks in in North Viti Levu (Nor th Viti Levu (Fiji) using the USLE Model and a GIS. Technical Report, CRISP component 1A - Project 1 A4 Integrated Coastal Management, 38 p.

Raynal J.-B. (2004). Le littoral de Taiarapu-Ouest : un espace en mutation ? Mémoire de maitrise, Université de la Polynésie Française, Paris IV Sorbonne, 77 p.

Robin M. (2002). Etude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique. *Annales de Géographie*, 627-628:471-502.

Robin M. & Gourmelon F. (2005). La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. Eléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq, Norois [En ligne], 196 | 2005/3, mis en ligne le 15 décembre 2008, consulté le 31 mars 2015. URL : http://norois.revues.org/368 ; DOI : 10.4000/norois.368.

Rogers C.S. (1990). Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62:185-202.

Roose E. (1977). Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest – 20 années de mesures en petites parcelles expérimentales. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., Paris, n°78.

Roots F. (1998). « Inclusion of different knowledge systems in research » dans M. Manseau (dir.), *Terra borealis 1 : Traditional and Western Scientific Environmental Knowledge*, Goose Bay, Institute for Environmental Monitoring and Research, 42-49.

Servant J. (1974). Un problème de géographie physique en Polynésie Française : l'érosion. Exemple de Tahiti. Cahier ORSTOM, série Sciences Humaines, vol. XI, 314:203-209.

Service du Développement Rural (2012). Recensement Général de l'Agriculture en Polynésie Française. Rapport du Ministère du Développement des activités du secteur primaire, 160 p.

Spalding M.D., Ravilious C., Green E.P. (2001). World Atlas of Coral Reefs. University of California Press, Berkeley, p. 424.

Syvitski J.P.M., Vörösmarty C.J., Kettner A.J., Green P. (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*, 308, 376-380.

Tilman D., Fargionel J., Wolff B., D'Antonio C., Dobson A., Howarth R., Schindler D., Schlesinger W. H., Simberloff D. & Swackhamer D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292:281-284.

Tissot C., Gourmelon, F. & Cuq, F. (2006). Modélisation d'une activité agricole à fort impact environnemental en zone côtière. *L'Espace géographique*, 35:148-162.

Veyret Y. (2003). Les risques. Coll. Dossier des images du monde, Sedes, Paris, 255 p.

Wheater H.S., Jakeman A.J., Beven K.J. (1993). Progress and directions in rainfall-runoff modelling. In: Jakeman, A.J., Beck, M.B., McAleer, M.J. (Eds.), Modelling Change in Environmental Systems. JohnWiley and Sons, Chichester, 101-132.

Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Science and Education Administration, Washington, District of Columbia, USA.

Wotling G. (2000). Caractérisation et modélisation de l'aléa hydrologique à Tahiti. Thèse de l'Université de Montpellier 2, éditions de l'ISTEEM, 310 p.

Wotling G. & Bouvier C. (2002). Impact of urbanization on suspended sediment and organic matter fluxes from small catchments in Tahiti. *Hydrological Processes*, 16:1745-1756.

Yassoglou N., Montanarella L., Govers G., Van Lynden G., Jones R.J.A., Zdruli P., Kirkby M., Giordano A., Le Bissonnais Y., Daroussin J. and King D. (1998). Soil erosion in Europe. European Soil Bureau.

Ye F.-Y. (2012). Contribution à l'étude de l'érosion de l'île de Tahiti : modèles empirique et géomorphologique avec appui de données géochimiques. Thèse de Doctorat, Université de la Polynésie Française, 153 p.

ANNEXES

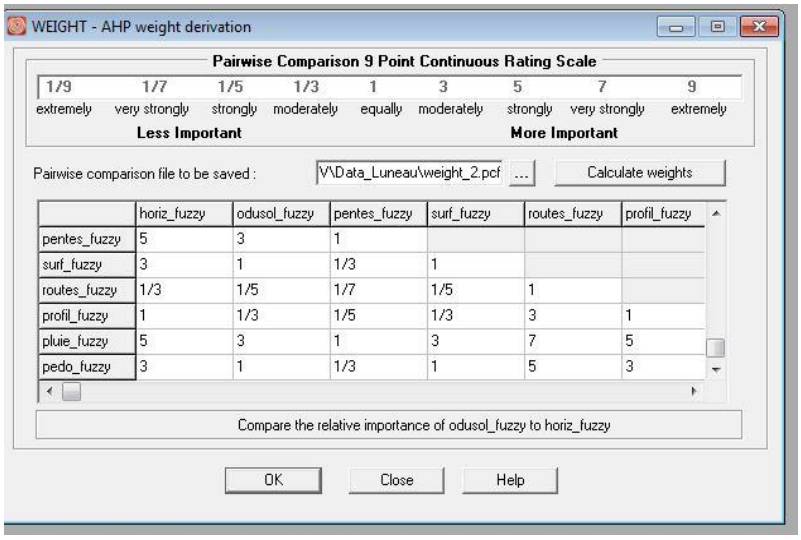
ANNEXE I – STANDARDISATION DES DONNÉES

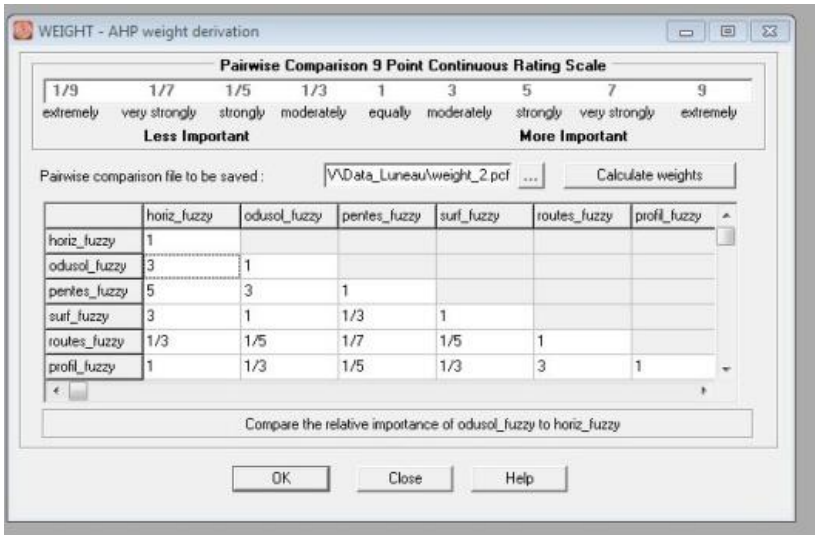
Selon Robin (2005), après le choix des données et leur homogénéisation, il est possible de réaliser une standardisation de ces dernières. La standardisation consiste en un recodage permettant de définir les critères sur une même échelle de grandeurs (0 à 255 – de la valeur la moins apte à la valeur la plus apte pour l'aléa érosion). Le module FUZZY (Idrisi Terrset ®) permet de déterminer la manière dont les valeurs doivent être réparties sur l'échelle de grandeurs (Luneau, 2007). Pour cela, il faut choisir, pour chaque facteur, le type (croissant, décroissant) et la forme (linéaire, exponentielle, sigmoïde) de la fonction à utiliser. Ces précisions sont listées dans le tableau ci-dessous.

Facteur	Type de la fonction	Forme de la fonction
Surfaces drainées cumulées	Croissant	Linéaire
Précipitations	Croissant	Exponentielle
Courbure horizontale	Décroissant	Linéaire
Courbure de profil	Décroissant	Linéaire
Matériaux géologiques	Croissant	Linéaire
Occupation du sol	Croissant	Exponentielle
Pentes	Croissant	Exponentielle
Pistes	Croissant	Linéaire

ANNEXE II – MATRICE DE COMPARAISON PAR PAIRES

L'étape de hiérarchisation des facteurs repose en partie sur des savoirs empiriques. Tous les critères interviennent différemment dans l'érosion et leur contribution sera mise en évidence par l'attribution de poids de valeurs variables (Robin, 2002). La méthode utilisée a été développée par Thomas Saaty en 1980 (AHP - Analytic Hierarchy Process). Cette analyse réalisée pour l'application du modèle de Luneau (2007) est réalisée sous Idrisi Terrset® grâce au module WEIGHT. Il se présente sous la forme d'une matrice de comparaison par paires (matrice de Saaty) et permet l'attribution des poids par paire de facteurs, définis grâce à la littérature. Les figures ci-contre sont des impressions écran du logiciel Idrisi Terrset® – module WEIGHT - montrant les différents facteurs que nous avons utilisé dans notre étude et les points qui leur sont attribués (échelle de Saaty). Ces poids sont obtenus en utilisant le vecteur de priorité ou vecteur propre. Le vecteur de priorité est déterminé par le calcul de la moyenne des valeurs des lignes de la matrice. Pour la normalisation, la valeur de chaque cellule a été divisée par le total de chaque colonne. Nous obtenons finalement les pondérations présentées dans le tableau 9.





Thomas L. Saaty (1984). Décider face à la complexité, Éditions EME.

ANNEXE III – GUIDE D'ENTRETIEN

N° D'ENTRETIEN :

GUIDE ENTRETIEN EROSION PUEU – TOAHOTU

L'INTERVIEWÉ

Nom/Prénom : Age : Sexe :

Lieu de vie : Métier :

DESCRIPTION & PERCEPTION DU SOL

1. Comment décrirais-tu le sol de ta commune ?

2. Comment a-t-il évolué/changé ? As-tu remarqué des changements ?

3. Comment est le sol après de fortes pluies (impact des gouttes sur le sol…) ?

DESCRIPTION & PERCEPTION DE L'ÉROSION

4. A quoi penses-tu si je te dis le mot « érosion » / « terre qui tombe dans la rivière » ?

5. As-tu observé ces phénomènes (qui sont liés à l'érosion) ?

☐ *Destruction du matériel rocheux* ☐ *Transport du matériel* ☐ *Accumulation du matériel*

PERCEPTION DE L'AGRICULTURE

6. Que penses-tu personnellement de l'agriculture présente sur les plateaux de la commune ?

7. Quels sont, selon toi, les problèmes pouvant être liés aux pratiques agricoles ? Les avantages de l'agriculture ?
   Impressions visuelles
   Impressions sonores, olfactives

8. Erosion des sols agricoles :
   Production de croutes *Monoculture* *Défrichements* *Aménagements routiers et urbains* *Incendies*

DESCRIPTION & PERCEPTION DE LA RIVIÈRE ET DU LAGON

9. Comment décrirais-tu la rivière et les cours d'eau de ta commune ?

10. Comment ont-ils évolué ? As-tu remarqué des changements (apparence de l'eau, aménagement des berges, végétation rivulaire, déjections ou effluents d'élevage, occupation du sol sur les rives ?)

11. Comment sont la rivière et le lagon après de fortes pluies (couleur, matériel en suspension…) ?

12. Que représente la rivière pour toi ? Que représente le lagon pour toi ?

13. Quelles craintes/hésitations as-tu quand tu vois que la rivière et/ou le lagon ont changé ?

15. Quelles seraient tes suggestions/idées pour les protéger, améliorer leur état ?

ANNEXE IV – RÉSULTATS COMBINAISONS DUMAS (2004)

Les résultats des combinaisons réalisées dans le modèle de Dumas, 27 au total, sont compris entre 6 et 12 et correspondent à un attribut qualitatif qualifiant la sensibilité à l'érosion selon la classification présentée dans le tableau ci-dessous.

Valeurs obtenues après croisement	Attribut qualitatif correspondant
6 ; 7	Faible
8 ; 9	Moyenne
10	Forte
11 ; 12	Très forte

ANNEXE V – ARBRE DÉCISIONNEL

La méthode de hiérarchisation des croisements des facteurs décrite par Dumas (2004) est détaillée par un arbre décisionnel présenté ci-dessous.

Déclivité	+	Erodibilité	+	Couverture végétale	=	Sensibilité	
Faible	2	Faible	2	Très protectrice	2	Faible	6
				Protectrice	3	Faible	7
				Peu protectrice	4	Moyenne	8
		Moyenne	3	Très protectrice	2	Faible	7
				Protectrice	3	Moyenne	8
				Peu protectrice	4	Moyenne	9
		Forte	4	Très protectrice	2	Faible	8
				Protectrice	3	Moyenne	9
				Peu protectrice	4	Forte	10
Moyenne	3	Faible	2	Très protectrice	2	Faible	7
				Protectrice	3	Moyenne	8
				Peu protectrice	4	Moyenne	9
		Moyenne	3	Très protectrice	2	Faible	8
				Protectrice	3	Moyenne	9
				Peu protectrice	4	Forte	10
		Forte	4	Très protectrice	2	Moyenne	9
				Protectrice	3	Forte	10
				Peu protectrice	4	Très forte	11
Forte	4	Faible	2	Très protectrice	2	Faible	8
				Protectrice	3	Moyenne	9
				Peu protectrice	4	Forte	10
		Moyenne	3	Très protectrice	2	Forte	9
				Protectrice	3	Forte	10
				Peu protectrice	4	Très forte	11
		Forte	4	Très protectrice	2	Forte	10
				Protectrice	3	Très forte	11
				Peu protectrice	4	Très forte	12

ANNEXE VI – ILLUSTRATIONS

Rivière Aoma (Vallée Aoma - Toahotu)

Vallée Ahaviri (Pueu)

Vallée Tehoro (Pueu)

RÉSUMÉ

Située au milieu de l'Océan Pacifique, Tahiti est une île haute au relief très accidenté soumise à un aléa climatique parfois violent. Ses caractéristiques géologiques et météorologiques sont à l'origine de conséquences d'ordre physique que les sont les processus d'érosion et d'ordre humain, notamment le processus de littoralisation. Ces phénomènes sont actuellement amplifiés par l'augmentation exponentielle des activités anthropiques, en particulier l'agriculture qui est une des activités principales des communes de la Presqu'île de Tahiti. Cela représente autant de pressions sur la zone côtière, zone particulièrement vulnérable sur les îles du Pacifique mais pourtant d'une importance économique et culturelle majeure pour leurs populations. Identifier et appréhender les menaces physiques et anthropiques pesant sur le littoral et pouvoir identifier les zones les plus sensibles à ces dernières semble capital pour protéger cet espace d'échanges privilégiés entre l'Homme et son environnement. C'est pourquoi l'objectif de cette étude est dans un premier temps de spatialiser l'aléa érosion dans les bassins versants de deux communes de Taiarapu et d'analyser sa répartition en fonction de l'occupation du sol, notamment les espaces agricoles, qui diffèrent fortement sur les sites étudiés. Ce travail vise également à comprendre comment les populations perçoivent l'érosion et si ces impressions sont en corrélation avec l'intensité des phénomènes d'érosion. Pour cela, des modèles qualitatifs réalisés pour les milieux tropicaux insulaires et s'appuyant sur les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) ont été utilisés et des entretiens qualitatifs auprès des résidents des communes étudiées ont été menés. Contre toute attente, les modèles appliqués ont mis en évidence une sensibilité à l'érosion plus élevée pour les BV de Pueu qui possèdent une surface agricole moindre par rapport à Toahotu. *A contrario*, l'analyse interprétative des enquêtes a souligné un intérêt plus vif de la part des habitants de Toahotu pour leur environnement naturel, en particulier la rivière et le lagon. De plus, elles ont montré que l'érosion des sols est un phénomène peu connu et perçu par les populations. Pour ces dernières, l'érosion côtière et les déchets semblaient être une préoccupation plus sérieuse et urgente. Finalement, ces cartes-résultats, bien qu'améliorables, présentent un intérêt certain pour l'aide à la décision et à la gestion des BV de Taiarapu.

MOTS-CLEFS : *érosion, GIZC, agriculture, bassin versant, modèle qualitatif, SIG, perception du risque, Tahiti*

ABSTRACT

Tahiti is a volcanic island located in French Polynesia isolated in the Pacific ocean. Soil erosion is a serious problem in Tahiti island mainly due to very steep slopes, natural geologic process and extremly heavy tropical rainfall. But erosion is amplified by population growth and human activities such as urbanization, aquaculture, agricultural practices and terrigenous inputs are constantly growing… We need to identify and to understand those threats and pressures on the coastal zone. Firstly, the purpose of this study is to describe the methodology used to map sensitivity of soil erosion, considering the potential emission of solid particles. We use a qualitative approach (based on Geographical Information System – GIS – and a multi-criteria valuation) to compare watersheds of Tahiti-Iti (*Taiarapu*). The aim is to highlight the watersheds areas that were most affected by erosion. Surprisingly, we found that Pueu watersheds were most impacted by erosion than Toahotu's. Secondly, we try to understand how inhabitants of Pueu and Toahotu see and perceive their natural environment and the erosion's effects. Population of Toahotu seemed more concerned by their environment especially by the river and the lagoon. Finally, we pointed out the fact that inhabitants didn't really know about erosion and they have mentionned many times the idea that waste and coastal erosion managment could be improved. With this in mind, we can say that our risk mapping results are perfectible but they still can be helpful in decision support and watersheds management.

KEYWORDS: *erosion, ICZM, agricultural practices, watersheds, qualitative study, GIS, risk assessment and perception, Tahiti*