

CRISP



Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

Modélisation et simulation de l'impact des activités naturelles et anthropiques des bassins versants sur la vitalité du récif corallien - *Presqu'île de Tahiti* -

Auteur :
S. Broucke



CRISP



Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

Cellule de Coordination CRISP

Chef de programme : Eric CLUA

CPS - BP D5 98848 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie

Tel/fax : (687) 26 54 71

Email : ericc@spc.int

www.crisponline.net

CRISP



**Composante 1
projet 1A4**

Chef de projet : Gilbert David

Contact : Jean-Brice Herrenscheidt

IRD - Unité ESPACE

101 Promenade Roger Laroque

BP A5 98848 NOUMEA CEDEX

tel : (687) 26 08 27

herren@noumea.ird.nc

Financement du projet 1A4 :

L'initiative pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique, engagée par la France et ouverte à toutes les contributions, a pour but de développer pour l'avenir une vision de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent ; elle se propose de mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer les services économiques et environnementaux qu'ils rendent, tant au niveau local que global. Elle est conçue en outre comme un vecteur d'intégration régionale entre états développés et pays en voie de développement du Pacifique.

Le programme vise à :

- articuler recherche, aménagement et développement ;
- combiner activités transversales de réseaux et projets de terrain localisés à objectifs de conservation et de développement économique ;
- combiner les apports de disciplines scientifiques diverses, incluant la biologie, l'écologie, la géographie, l'économie, la sociologie, le droit et l'anthropologie ;
- intervenir sur l'ensemble des thèmes - terrestres et marins - intéressant les récifs (y compris l'assainissement et la gestion des bassins versants ou l'organisation foncière) ;
- ne pas créer de nouvelle structure mais apporter des ressources financières à des partenaires déjà actifs et intéressés à développer et consolider leurs activités dans un esprit de coopération régionale.

Le CRISP est structuré en trois composantes comprenant respectivement divers projets :

- Composante 1 : Aires marines protégées et gestion côtière intégrée

- Projet 1A1 : Analyse écorégionale
- Projet 1A2 : Aires Marines Protégées
- Projet 1A3 : Renforcement institutionnel
- Projet 1A4 : Gestion côtière intégrée
- Projet 1A5 : Coordination des projets

- Comp. 2 : Connaissance, gestion, restauration et valorisation des écosystèmes coralliens

- 2A : Connaissance, valorisation et gestion des écosystèmes coralliens
- 2B : Restauration récifale
- 2C : Valorisation des substances Actives Marines
- 2D : Mise en place d'une base de données régionale (Reefbase Pacifique)

- Composante 3 : Appui institutionnel et technique

- 3A : Capitalisation, valorisation et vulgarisation des acquis du programme CRISP
- 3B : Coordination, promotion et développement du programme CRISP

COMPOSANTE 1

PROJET 1A4 : GESTION CÔTIÈRE INTÉGRÉE

Le projet GERSA mené par l'IRD- Unité Espace S140 a pour objectif de développer des méthodologies et des outils pour favoriser une meilleure gestion des zones côtières dans les îles hautes du Pacifique, en intégrant les interactions entre bassins versants et littoraux récifaux ainsi que les dynamiques des acteurs locaux dans la mise en œuvre de systèmes de gestion durable, notamment d'Aires Marines Protégées (AMP).

Le projet GERSA est composé de 4 lots :

- 1 - le lot approche spatiale
- 2 - le lot gestion intégrée des territoires :
territorialité et valeur socio-économique
- 3 - le lot système d'information en environnement et modélisation
- 4 - le lot dynamique et modélisation hydrologique des bassins versants



Table des matières

Introduction.....	1
I Corrélation entre l'activité terrestre et l'état du récif.....	1
I.1 Les données utilisées.....	1
I.1.a Pollution terrigène.....	1
I.1.b Pollution organique.....	2
I.1.c La vitalité du récif.....	3
I.2 Calculs préliminaires.....	3
I.2.a Association des zones de terre aux zones de récif.....	3
I.2.b Calcul de la vitalité moyenne.....	4
I.2.c Calcul des rejets azotés par bassin versant.....	5
I.3 Estimation des corrélations à partir de modèles linéaires.....	6
I.3.a Modèle linéaire pour la vitalité du récif frangeant.....	7
I.3.b Modèle linéaire pour la vitalité du récif barrière.....	8
II Simulation de scénarios.....	9
II.1 Calcul de la quantité d'apports terrigènes.....	10
II.2 Calcul des rejets azotés.....	11
II.3 Résultats des estimations de la vitalité des récifs.....	12
Conclusions et perspectives.....	15
Références.....	16
Glossaire.....	17

Index des figures

Figure 1: Cumul d'érosion potentielle par an et par bassin versant basé sur les données du modèle USLE (GERSA, 2008).....	2
Figure 2: Correspondance entre récifs barrières, récifs frangeants et bassins versants.....	4
Figure 3: Répartition des rejets azotés par bassin versant	5
Figure 4: Zones d'extension urbaine potentielles.....	6
Figure 5: Vitalité du récif frangeant en fonction des activités terrestres.....	7
Figure 6: Vitalité du récif barrière en fonction des activités terrestres.....	8
Figure 7: Apports terrigènes pour le point 0 et les scénarios 1,3 et 5.....	11
Figure 8: Rejets azotés pour le point 0 et les scénarios 1,3 et 5.....	12
Figure 9: Vitalité estimée du récif frangeant pour les scénarios 1,3 et 5 comparée à celle du point 0	13
Figure 10: Vitalité estimée du récif barrière pour les scénarios 1,3 et 5 comparée à celle du point 0	14

Table des annexes

Annexe 1 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires simples pour le récif frangeant.....	18
Annexe 2 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires simples pour le récif barrière	19
Annexe 3 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires somme et produit pour le récif barrière.....	20
Annexe 4 : Synthèse des résultats des simulations par type de variable.....	22
Annexe 5 : Synthèse des résultats des simulations par scénario.....	23

Introduction

Cette étude a été faite dans le cadre du projet GERSA (GEstion intégrée des bassins versants et du littoral Récifal: du Satellite à l'Acteur) intégré au programme CRISP. Elle est le prolongement des travaux effectués par Arnaud Campaner pendant son stage qui avait pour titre « Essai d'aide à la gestion intégrée des littoraux récifaux dans la zone insulaire du Pacifique Sud - application à la presqu'île de Tahiti ». Nous proposons d'exploiter les données générées et collectées au sein du projet GERSA (indicateur d'érosion par bassin versant, pollution organique, densité de population, vitalité des récifs coralliens...) afin de fournir des éléments d'analyse complémentaires relatifs aux interactions entre l'activité terrestre et l'état des récifs coralliens sur la presqu'île de Tahiti.

Dans un premier temps, nous avons évalué les corrélations directes entre les deux aléas naturels et anthropique retenus, à savoir les apports terrigènes et les rejets azotés, et la vitalité des récifs coralliens (données issues du programme Pae Uta 2006) divisés en deux catégories : récif barrière et récif frangeant. Dans un second temps, nous avons évalué les corrélations entre des combinaisons des deux indicateurs disponibles et la vitalité de récifs barrières et frangeants.

En utilisant les corrélations déterminées, nous avons simulé 5 scénarios de développement territorial et estimé les impacts potentiels sur les récifs barrières et frangeants. Le développement territorial a été caractérisée par l'augmentation de la population et l'augmentation des surfaces urbanisées et des surfaces agricoles pour couvrir toute la surface potentiellement utilisable. L'augmentation de la population est calculée en fonction de la surface urbanisée et d'une densité élevée donnée. Les 5 scénarios se différencient par la proportion de surface urbanisée et de surface agricole rajoutée. L'interprétation des résultats ne fait pas partie de cette étude mais sera incluse dans des travaux ultérieurs et complémentaires.

I Corrélation entre l'activité terrestre et l'état du récif

Cette première partie de l'étude consistait à évaluer les corrélations entre les activités anthropiques et naturelles au niveau des bassins versants avec l'état du récif coralien. Deux indicateurs ont été retenus dans cette étude pour leur impact sur les récifs :

- les apports terrigènes
- les rejets azotés.

L'état du récif a, quant à lui, été quantifié à partir de sa vitalité.

I.1 Les données utilisées

I.1.a Pollution terrigène

La pollution liée aux apports terrigènes a un impact potentiellement important sur le développement de la faune et de la flore marine. C'est un facteur dépendant des conditions naturelles, notamment pédologie et météorologie, mais peut également dépendre des activités anthropiques comme l'occupation du sol (urbanisation ou agriculture). Les quantités de matières terrigènes déversées potentiellement dans le lagon ont été quantifiées en utilisant l'indice USLE selon le modèle de Wischmeier et Smith, 1978 qui a été étudié et appliqué notamment à la presqu'île de Tahiti sur le projet GERSA (P. Dumas et M. Fossey, 2007 et 2008 et J. Printemps, 2008). Le

modèle ne prenant pas en compte les processus de transferts, les quantités de pertes en sol présentées dans la figure 1 sont des valeurs théoriques potentielles maximales.

Le calcul de l'indice fait intervenir six paramètres correspondants aux éléments pouvant affecter l'érosion des sols, l'équation s'écrit comme suit :

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

où A est la perte annuelle de sol exprimée en t / ha an

R est le facteur d'érosivité des pluies exprimé en MJ mm / ha h

K est le facteur d'érodibilité des sols exprimé en t ha h / ha MJ mm

L est la longueur de pente (m)

S est l'inclinaison de pente (%)

C est le facteur adimensionnel de la couverture végétale et des pratiques culturales

P est le facteur adimensionnel relié aux pratiques de conservation des sols

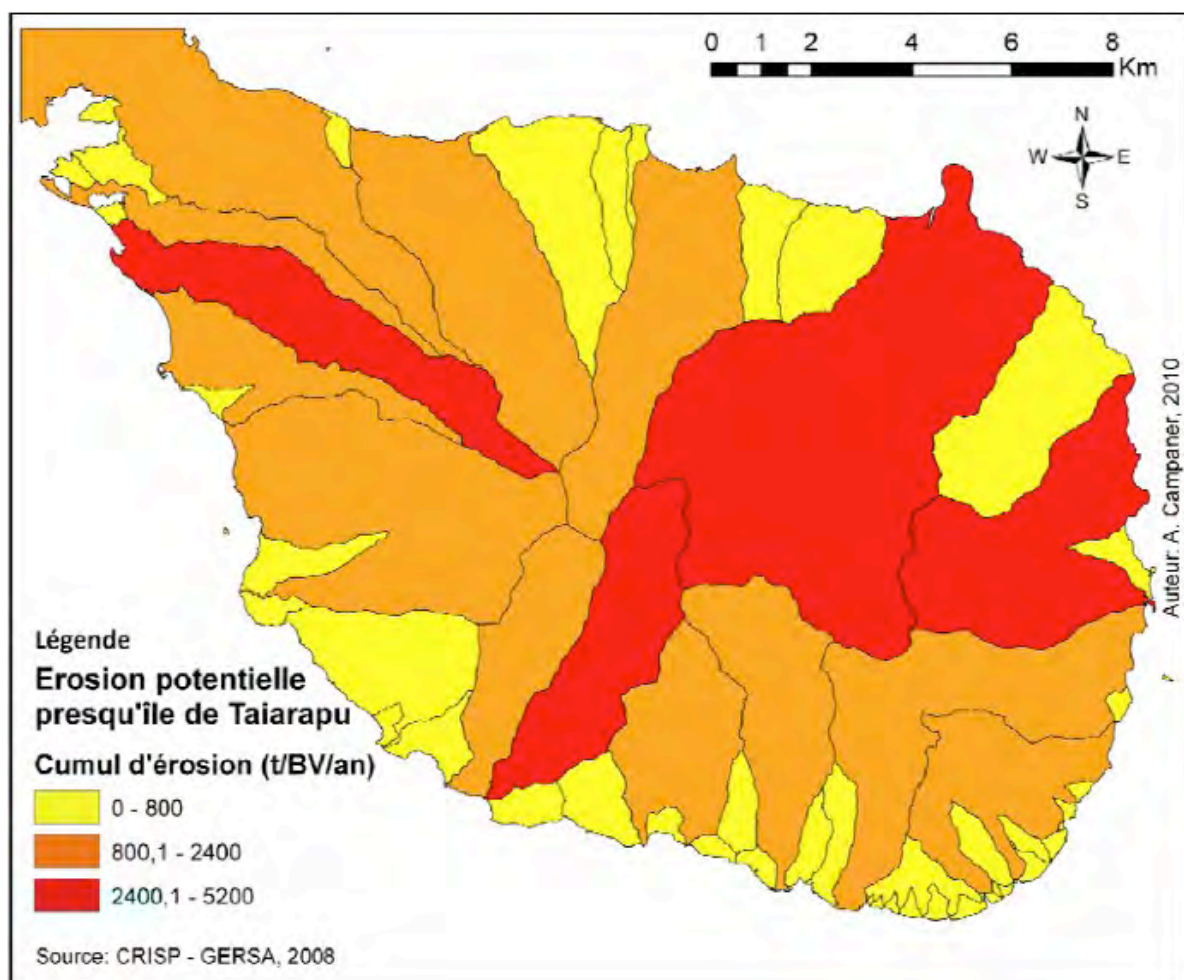


Figure 1: Cumul d'érosion potentielle par an et par bassin versant basé sur les données du modèle USLE (GERSA, 2008)

1.1.b Pollution organique

Afin d'évaluer plus directement l'impact des activités anthropiques, nous avons utilisé un calcul des rejets organiques azotés. Ceux-ci ont été calculés pour le projet GERSA par A. Campaner à

partir des données statistique de l'ISPF. Les rejets organiques azotés favorisent la prolifération de végétation aquatique qui se développe au détriment des coraux. La notion d'équivalent par habitant a été utilisée (P. Dumas 2004). Elle permet de déduire une valeur moyenne de déchets azotés qui est proportionnelle au nombre d'habitants de la zone. Étant donné le peu d'infrastructure de traitement des eaux usées sur la presqu'île, on peut faire l'hypothèse qu'une part importante des rejets se retrouve dans le lagon aux niveaux des exutoires. Là encore, les calculs reposent sur des valeurs théoriques qui permettent néanmoins d'établir un indicateur cohérent.

1.1.c La vitalité du récif

L'état du récif est représenté dans cette étude par la vitalité du récif corallien. Celle-ci a été déterminée lors du programme Pae Uta en 2006. Cette vitalité est définie comme étant le pourcentage de surface de corail vivant par rapport à la surface totale construite (corail mort et corail vivant) et s'avère être un bon indicateur de l'état de santé des récifs. Cet indicateur est divisé en cinq classes de vitalité (Figure 2):

- Vitalité 1 (très faible) : 1 à 5 % de la surface
- Vitalité 2 (faible) : 6 à 30 % de la surface
- Vitalité 3 (moyen) : 31 à 50 % de la surface
- Vitalité 4 (fort) : 51 à 75 % de la surface
- Vitalité 5 (très fort) : plus de 76 % de la surface

Cette donnée n'étant actuellement disponible que sur la partie Ouest de la presqu'île de Tahiti. Cette étude se restreint à cette zone géographique.

I.2 Calculs préliminaires

1.2.a Association des zones de terre aux zones de récif

Pour déterminer les corrélations potentielles entre les activités terrestres et l'état du récif, nous avons tout d'abord établi une correspondance entre des bandes de littoral et des bandes de récif. Pour le découpage des bandes de littoral, le choix a été fait de prendre les bassins versants comme unité d'espace indivisible. En effet, on peut considérer en première approximation que l'ensemble de la pollution sur un bassin versant sera reversé au niveau du lagon par ses exutoires. Les bassins versants constituent donc, à priori, un repère géographique cohérent en ce qui concerne l'impact des activités terrestres sur le milieu récifal.

Du point de vue des récifs, les zones de récifs barrières ont été séparées au niveau des passes. Une correspondance a ensuite été établie entre les zones de récifs et les bassins versants qui se trouvent en face. En d'autres termes, pour chaque bassin versant, on sélectionne la zone de récif qui se trouve à plus courte distance. Dans un premier temps, et pour toute l'étude, il a été considéré qu'un bassin versant n'influence qu'une portion de récif. Le récif frangeant a ensuite été découpé en fonction des regroupements de bassins versants, correspondant aux bandes de récifs barrières.

A la suite du découpage, les zones ont été numérotées de 1 à 7 du Nord au Sud. On obtient ainsi 7 zones de récif barrière mis en correspondance avec 7 zones de récif frangeant et 7 groupes de bassins versants (Figure 2). L'étape suivante a consisté à calculer une valeur unique par zone et par variable. Les variables étant la vitalité moyenne du récif barrière (en %), la vitalité moyenne du récif frangeant (en %), la quantité d'apports terrigènes (en tonne par an) et la quantité de rejets azotés (en kg par an).

Il est à noter que le découpage s'est fait arbitrairement lorsque l'exutoire d'un bassin versant est « en face » de plusieurs zones de récifs ou que l'exutoire du bassin versant est en face d'une passe comme c'est le cas entre les zones 4 et 5.

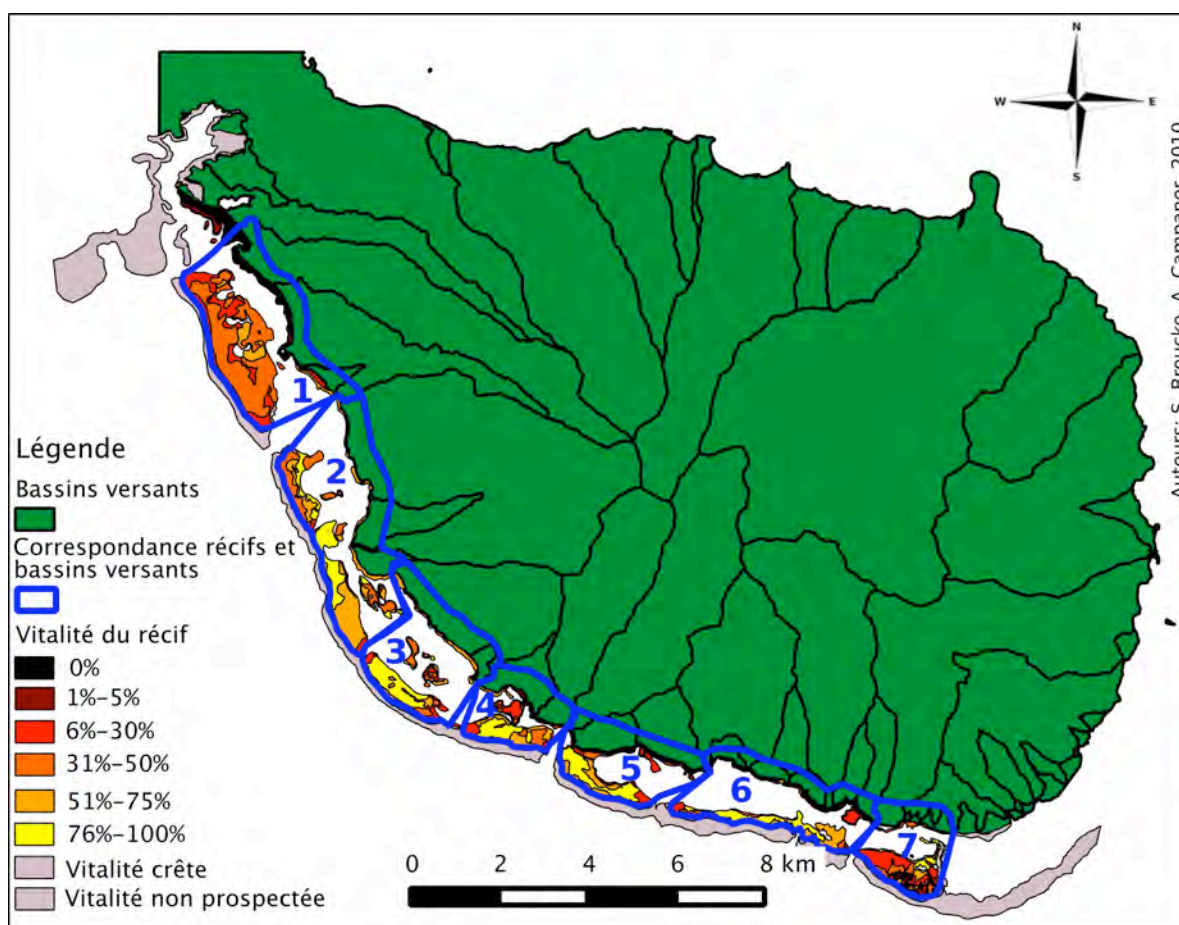


Figure 2: Correspondance entre récifs barrières, récifs frangeants et bassins versants

1.2.b Calcul de la vitalité moyenne

Pour simplifier la mise en évidence des corrélations avec l'activité terrestre, la vitalité moyenne par zone des récifs frangeants et des récifs barrières a été calculée. Pour chaque zone, il y a un certain nombre de sous-parties ayant chacun une vitalité différente. On fait la somme des produits de la vitalité de chaque sous-partie par la surface de cette sous-partie, le tout divisé par la surface totale de la zone.

i = indice de la sous-partie dans la zone

V_{moy} = Vitalité moyenne sur la zone

V_i = Vitalité sur la sous-partie

S_i = Surface de la sous-partie

$$V_{\text{moy}} = \frac{\sum_i V_i S_i}{\sum_i S_i}$$

1.2.c Calcul des rejets azotés par bassin versant

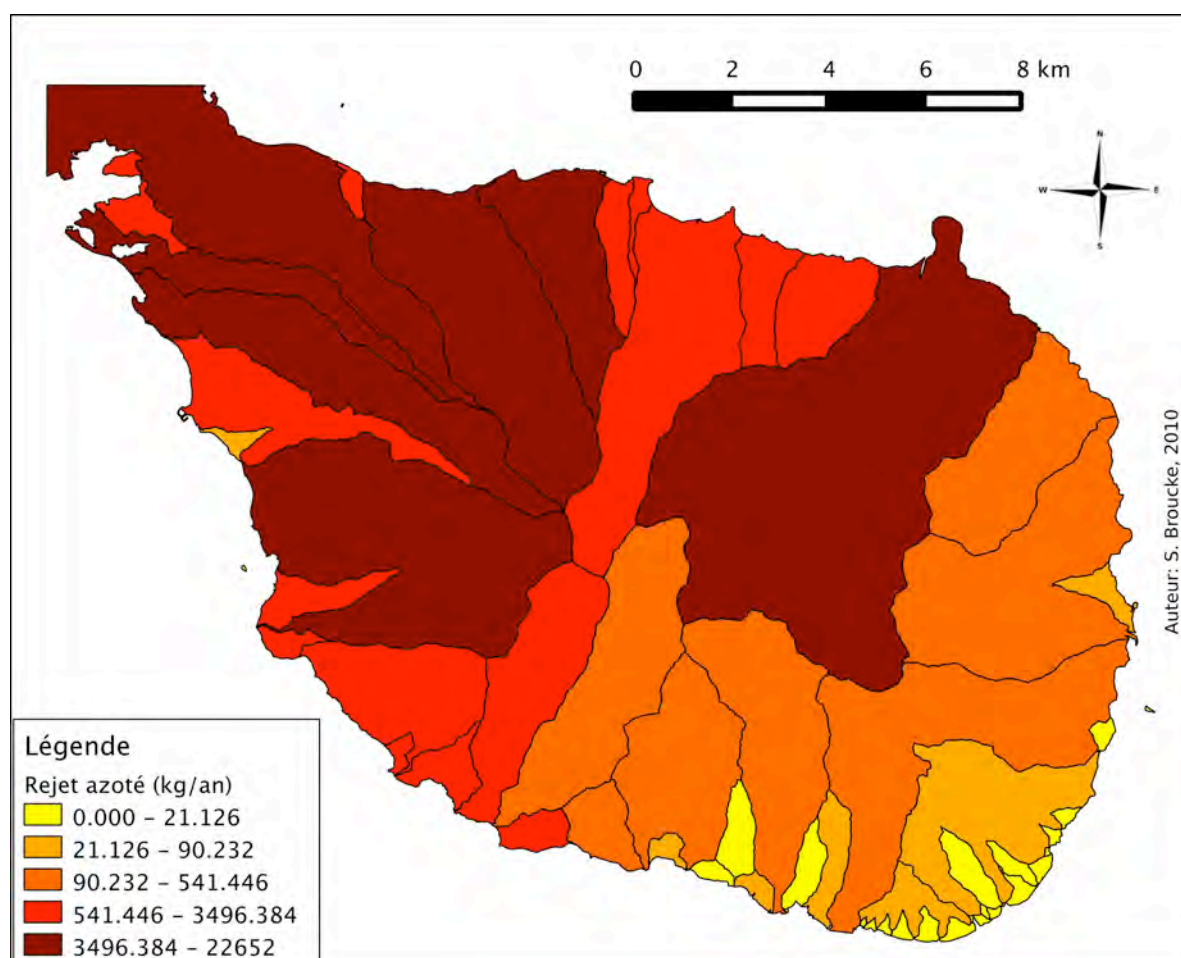


Figure 3: Répartition des rejets azotés par bassin versant

Les rejets se faisant à priori en suivant les exutoires des bassins versants, il a semblé judicieux de regrouper les quantités de rejets azotés par bassin versant. Pour cela, la première étape était l'évaluation la population des bassins versant à partir des données de population sur chaque district. Pour passer de l'un à l'autre, nous avons réparti uniformément la population du district sur la zone d'extension urbaine potentielle (M. Fossey, 2008 et A. Campaner, 2010, figure 4). Cette zone comprend toutes les surfaces dont la pente est inférieure à 10° et dont l'altitude n'excède pas 537m. En regroupant ensuite les données par bassins versants et en multipliant par l'équivalent habitant de 5 475g de rejets azotés par an (A. Campaner 2010), on obtient les données présentées sur la figure 3.

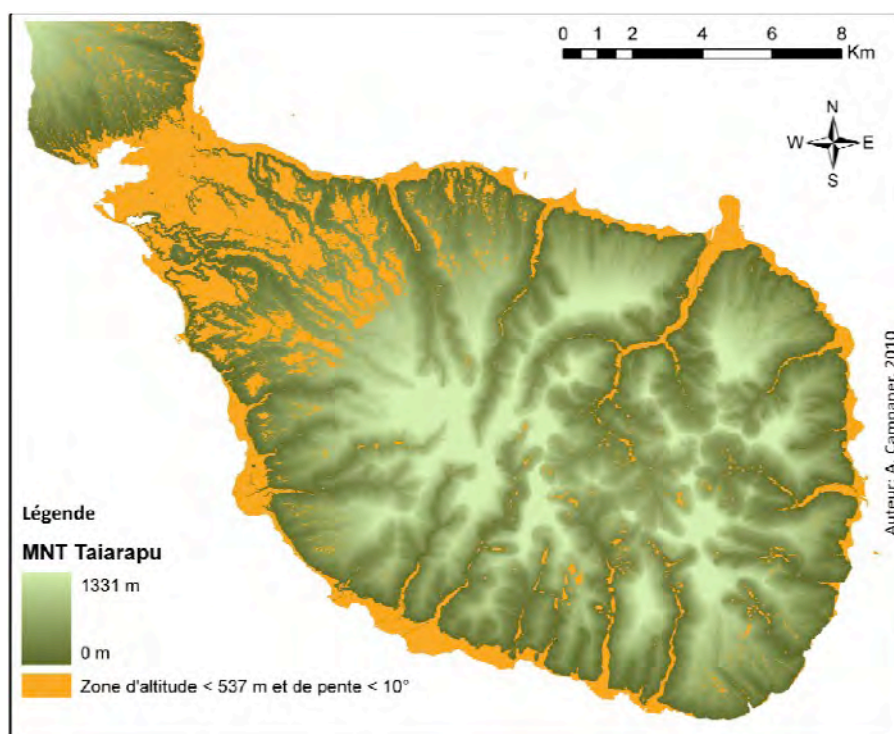


Figure 4: Zones d'extension urbaine potentielles

I.3 Estimation des corrélations à partir de modèles linéaires

Suite au calcul préliminaire, nous avons obtenu pour chaque zone:

- La vitalité moyenne du récif barrière (en %)
- La vitalité moyenne du récif frangeant (en %)
- La quantité d'apports terrigènes potentielle maximale (en t/an)
- La quantité de rejets azotés déversé en amont (en kg/an)

Les différentes valeurs obtenues sont reprises dans le tableau 1.

Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	16,2	52,3	55,9	36,8	13,0	13,6	31,9
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	36,0	63,5	62,5	58,3	69,4	64,5	35,5
Apports terrigènes(t/An)	4,71E+06	2,36E+06	5,48E+05	1,65E+06	4,03E+06	3,18E+06	2,35E+06
Rejets azotés (kg/an)	10 684	12 360	3 363	3 333	1 369	546	230

Tableau 1: Tableau des valeurs de vitalité des récifs et des facteurs impactant sur chaque zone

L'évaluation des corrélations potentielles entre les activités terrestres et la vitalité des récifs coralliens a été faite en utilisant des modèles linéaires simples. Le choix s'est porté sur la simplicité car étant donné le peu de données disponibles pour le moment, la pertinence de modèles plus

complexe reste très discutable. Nous avons tout d'abord utilisé des modèles linéaires liant la vitalité du récif, frangeant ou barrière, à l'un des indicateurs de l'activité terrestre sur les bassins versants, apports terrigènes ou rejets azotés. Puis nous avons utilisé une combinaison des indicateurs (somme ou produit) et évalué s'il y avait une diminution significative de l'erreur résiduelle afin de choisir le meilleur modèle.

1.3.a Modèle linéaire pour la vitalité du récif frangeant

Les résultats obtenus pour la vitalité du récif frangeant sont présentés dans les deux graphiques de la figure 5. Chacun d'eux représente la vitalité moyenne en fonction des rejets azotés pour le graphique de gauche et en fonction des apports terrigènes à droite. Les chiffres représentent les valeurs obtenues pour chaque zone, et la courbe en rouge est le résultat de la régression linéaire. Le résumé de la régression linéaire qui a permis de calculer les coefficients des droites est présenté en annexe 1.

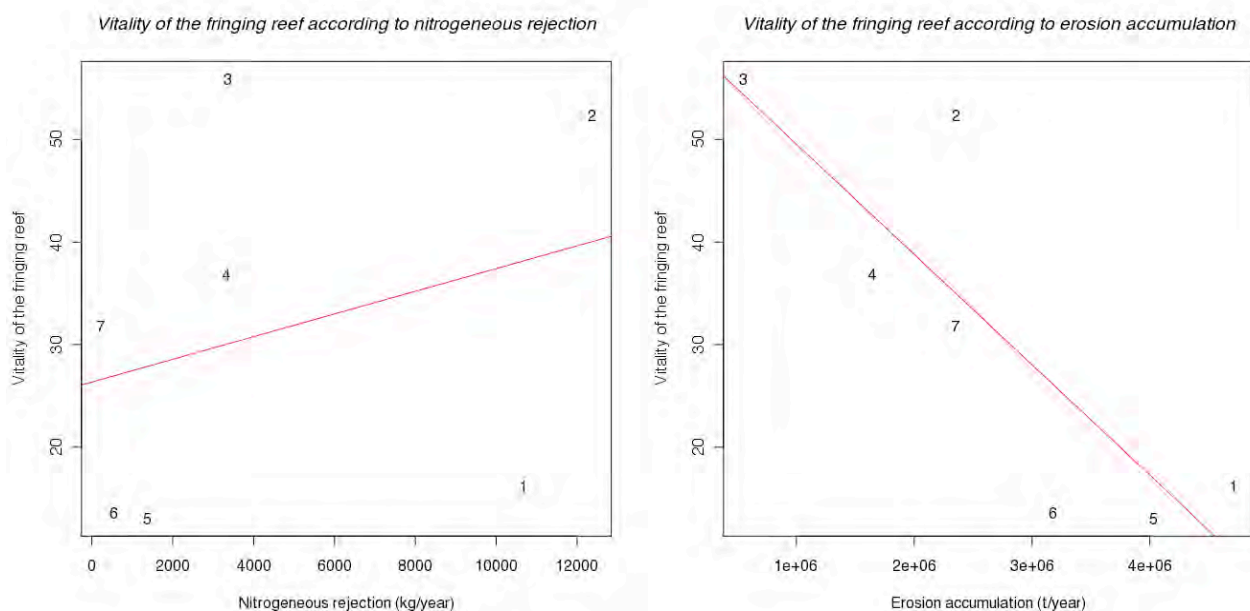


Figure 5: Vitalité du récif frangeant en fonction des activités terrestres

On peut observer que la vitalité du récif frangeant semble être plutôt liée à la quantité d'apports terrigènes qui se déverse au niveau du récif qu'à la quantité de rejets azotés. L'erreur résiduelle standard pour le modèle ne prenant en compte que les rejets azotés est de 18,83 alors que pour celui qui prend en compte les apports terrigènes l'erreur est de 10,6. De plus, la régression linéaire pour la vitalité du récif frangeant en fonction des rejets azotés a pour résultat une droite croissante. Cela signifie que plus les rejets azotés sont importants, plus la vitalité du récif frangeant est élevée. Ceci semble contredire le principe d'eutrophisation¹. Étant donné l'importance de l'erreur standard, on peut sagement penser que soit les rejets azotés ont une influence négligeable sur la vitalité du récif frangeant, soit les jeux de données utilisés ne permettent pas d'établir une corrélation fiable entre les deux phénomènes.

Afin de chercher une meilleure approximation à notre modèle, nous avons testé les combinaisons

¹ L'eutrophisation est la modification et la dégradation d'un milieu aquatique, lié en général à un apport excessif de substances nutritives, qui augmentent la production d'algues et d'espèces aquatiques.

des deux facteurs. Le produit des deux donnent une erreur résiduelle standard équivalente ou plus forte que les modèles simples. En revanche, la combinaison linéaire des indicateurs donne une diminution significative de l'erreur résiduelle (on descend à 4,714) pour une réduction de degré de liberté de 1 (on passe de 5 pour les modèles simples à 4 pour la combinaison linéaire des deux indicateurs). Cependant, ce modèle fait intervenir les rejets azotés avec un coefficient positif, ce qui de nouveau contredit le principe d'eutrophisation. Ce modèle n'a donc pas été retenu.

$$\hat{V}_f = a_1 A + b_1$$

où:

$\hat{V}_f$: la vitalité estimée du récif frangeant

A : les apports terrigènes en t/an calculé selon l'indice USLE

$$a_1 = -1,075 \cdot 10^{-5} t^{-1} \cdot an$$

$$b_1 = 60,30$$

Formule 1: Modèle retenu pour la vitalité du récif frangeant

Finalement, c'est la régression linéaire utilisant uniquement les quantités d'apports terrigènes qui a été retenue pour modéliser la vitalité du récif frangeant dans les scénarios et effectuer les calculs pour les simulations. Le détail des résultats de la régression est disponible en annexe 1.

1.3.b Modèle linéaire pour la vitalité du récif barrière

Les résultats obtenus pour la vitalité du récif barrière sont présentés dans les deux graphiques de la figure 6. Chacun d'eux représente la vitalité moyenne en fonction des rejets azotés pour le graphique de gauche et en fonction des apports terrigènes à droite. Les chiffres représentent les valeurs obtenues pour chaque zone, et la courbe en rouge est le résultat de la régression linéaire. Le résumé de la régression linéaire qui a permis de calculer les coefficients des droites est présenté en annexe 2.

La vitalité du récif barrière ne semble pas être lié de manière significative à l'un des deux indicateurs plus qu'à l'autre. En effet, les erreurs résiduelles standards pour les deux modèles linéaires simples sont proches. L'erreur résiduelle standard pour le modèle simple à partir des rejets

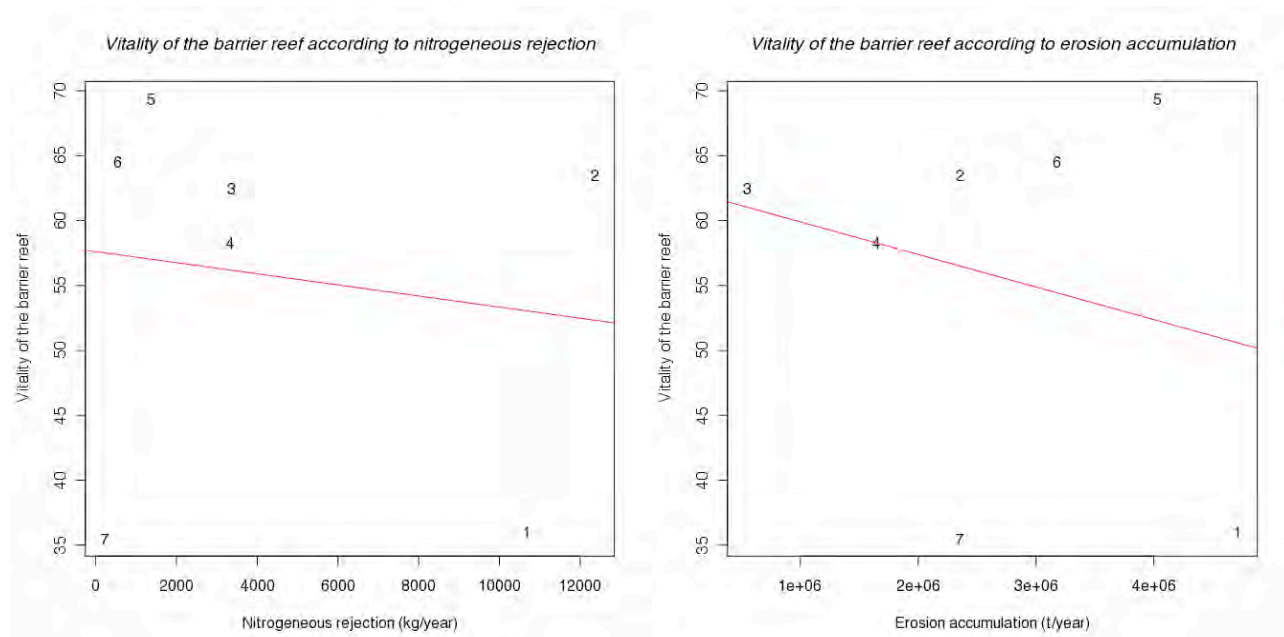


Figure 6: Vitalité du récif barrière en fonction des activités terrestres

azotés est de 15,15 et pour celui à partir des apports terrigènes l'erreur est de 14,82.

Afin de chercher une meilleure approximation au modèle, nous avons testé les combinaisons des deux facteurs. Le produit et la combinaison linéaire des deux indicateurs n'ont pas amélioré significativement les résultats des régressions linéaires. Cependant, en observant les nuages de points et les erreurs résiduelles des modèles simples (disponible en annexe 2), on observe que le point de la zone 7 dans les deux cas a l'erreur standard la plus élevée. Si l'on retire cette échantillon de donnée pour faire la régression linéaire de la combinaison des indicateurs par produit, on obtient une nette diminution de l'erreur standard (on passe de 13,98 à 7,639) pour une réduction de degré de liberté de 1 (on passe de 5 pour le modèle avec les 7 zones et à 4 pour le modèle avec 6 zones).

$$\hat{V}_b = a_2 A \cdot R_a + b_2$$

où

$\hat{V}_b$: la vitalité estimée du récif barrière

A : les apports terrigènes en t/an calculé selon l'indice USLE

R_a : les rejets azotés en kg/an calculés sur la base de 5 475 g/hab/an

$$a_2 = -4,861 \cdot 10^{-10} \text{ kg}^{-1} \text{ t}^{-1} \cdot \text{an}^2$$

$$b_2 = 66,64$$

Formule 2: Modèle retenu pour la vitalité du récif barrière

D'un point de vue expert, la forte erreur standard sur la zone 7 peut s'expliquer par le fait que cette zone du récif barrière soit plus soumise à l'influence océanique forte, ce qui pourrait provoquer une dégradation plus importante du récif à cette endroit. Il est également possible que les pratiques de pêche soient différentes dans cette zone. Il semblerait qu'il y ait un rapport spécifique entre les habitants et cette zone de la presqu'île.

C'est donc cette approximation linéaire par produit des indicateurs qui a été retenu pour la modélisation de la vitalité du récif barrière. Les résultats sous R de ces régressions linéaires est présenté en annexe 3.

II Simulation de scénarios

La première partie de l'étude a permis de déterminer des modèles linéaires simples permettant d'estimer la vitalité du récif corallien en fonction des rejets azotés et des apports terrigènes sur les 7 zones déterminées pour l'étude sur la côté Ouest de la presqu'île de Tahiti. Dans la seconde partie, des scénarios prévoyant une augmentation de la population et des surfaces utilisées par l'homme ont été élaborés. Ils permettent de faire des estimations des conséquences potentielles sur le récif corallien d'un développement territorial poussés aux limites de la capacité d'accueil du territoire littoral. Les conséquences possibles sur l'état des récifs barrières et frangeant ont été simulées grâce aux modèles linéaires déterminés dans la première partie.

Les scénarios ont été choisis afin de traduire la tendance générale d'augmentation de la densité de population dans les zones déjà urbanisée, ainsi qu'à l'augmentation des surfaces utilisées pour les activités anthropiques. Nous avons décidé d'utiliser toute la surface potentiellement utilisable. Afin

de couvrir différentes possibilités de développement territorial, 5 scénarios ont été élaborés. Ils diffèrent en terme d'étalement urbain et développement agricole. Les scénarios se déclinent comme suit en fonction de l'extension des activités humaines :

1. 100 % d'agriculture
2. 25 % d'urbanisation et 75 % d'agriculture
3. 50 % d'urbanisation et 50 % d'agriculture
4. 75 % d'urbanisation et 25 % d'agriculture
5. 100 % d'urbanisation

Afin de comparer les scénarios entre eux, un numéro de 1 à 5 leur a été attribué comme présenté dans la liste ci-dessus. Les mesures et estimations faites à partir des données actuelles, seront regroupées sous la dénomination point 0.

Les différents scénarios vont impliquer des changements dans les valeurs des deux indicateurs de l'activité au niveau des bassins versants utilisés dans cette étude. Les quantités d'apports terrigènes évaluées à partir de l'indice USLE varient en fonction de l'occupation du sol. Les quantités de rejets azotés quant à elles varient en fonction de la population. A partir des nouvelles valeurs des indicateurs, nous avons estimé la vitalité des récifs barrières et frangeant pour chaque scénario.

II.1 Calcul de la quantité d'apports terrigènes

L'évaluation de la quantité d'apports terrigènes se fait suivant l'indice USLE. Celui-ci dépend de 6 paramètres influant sur l'érosion des sols, dont un seul varie dans le cadre des scénarios réalisés. Ce dernier est le facteur *C* qui quantifie la couverture végétale et les pratiques culturales. Il prend des valeurs différentes en fonction de l'occupation du sol.

Valeurs prises par le facteur *C*:

- Nuage, Ombre, Océan : 0
- Zone Urbaine : 1
- Sols nus : 1
- Culture : 0,3
- Végétation moyenne et haute : 0,007
- Végétation basse : 0,04

Chaque scénario prévoit une augmentation des surfaces urbaines et agricoles pour couvrir toute la surface potentiellement utilisable selon les critères définis par M. Fossey, 2008 et les calculs de A. Campaner, 2010. La différence entre les scénarios est la valeur du ratio urbanisation/agriculture dans l'extension des activités anthropiques. Dans un premier temps, il a fallu extraire les surfaces potentiellement utilisables et non encore utilisées. Cette opération a été effectuée en croisant les couches d'occupation du sol, et la couche de potentiel d'urbanisation présentée dans la figure 4. Les différentes opérations sur les images raster et les données SIG ont été réalisées à partir du logiciel R. Pour chaque scénario, on effectue ensuite les étapes suivantes:

- Remplir ces surfaces potentiellement utilisables non encore utilisées de manière aléatoire par de l'urbanisation et de l'agriculture en respectant le ratio défini pour chaque scénario. Ceci produit une couche de données décrivant l'extension des activités anthropiques spécifique au scénario.

- Dédurre la nouvelle couche de donnée correspondant au facteur *C* en superposant à l'occupation du sol actuelle l'extension des activités humaines prévue dans le scénario calculée précédemment.
- Recréer la couche *A* de perte de sol selon l'indice USLE à partir des anciennes valeurs des différents facteurs et de la nouvelle valeur du facteur *C*.
- Dédurre la quantité d'apports terrigènes par bassin versant, puis pour chacune des 7 zones d'étude.

La figure 7 est un graphique présentant pour les scénarios 1, 3 et 5 ainsi que pour le point 0, les rejets azotés calculés. Ceux-ci permettent de donner une vue d'ensemble des résultats obtenus. La courbe pour le scénario 2 non affichée serait située entre les courbes 1 et 3, et celle du scénario 4 serait située entre celles des scénarios 3 et 5. Les résultats chiffrés sont regroupés dans des tableaux dans l'annexe 4.

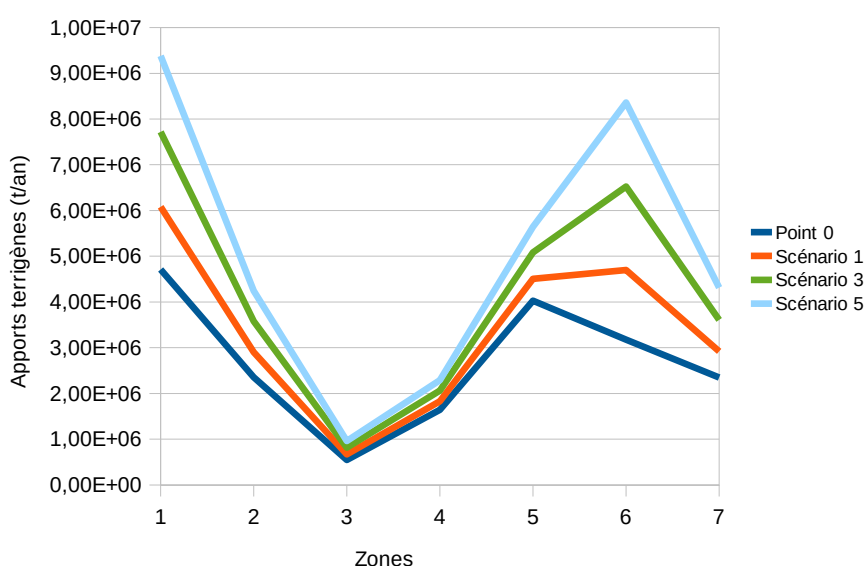


Figure 7: Apports terrigènes pour le point 0 et les scénarios 1,3 et 5

II.2 Calcul des rejets azotés

Le mode d'évaluation des rejets azotés dans ces travaux est basé sur le principe de l'équivalent habitant. Cela signifie que la quantité de rejets azotés est calculée proportionnellement au nombre d'habitants sur la zone avec un facteur correspondant aux rejets azotés moyenne par habitant et par an. Le calcul de cet indicateur revient donc à déterminer la population des bassins versants pour chaque scénario. Il faut ensuite multiplier par la valeur moyenne par habitant qui est de 5 475 g/hab/an (A. Campaner, 2010).

Afin de déterminer la population pour les différents scénarios, il a tout d'abord fallu décider d'une valeur pour la densité de population qui serait utilisée sur l'ensemble des zones urbaines. Nous avons décider de prendre comme densité moyenne pour toutes les zones urbaines la densité du deuxième district le plus peuplé (16,4 hab/ha) de la côté Ouest de la presqu'île selon les statistiques de l'ISPF. Cette valeur a été volontairement choisie dans la fourchette haute afin de produire une augmentation significative de la population sur les différents scénarios. De plus, elle donne des

augmentations réalistes de population sur les 20-30 prochaines années. En effet, on obtient un facteur d'augmentation de la population allant 1,57 pour le scénario privilégiant l'extension des surfaces agricoles à 3,51 pour le scénario avec l'étalement urbain le plus important.

Scénarios	1	2	3	4	5
Facteur d'augmentation de la population	1,57	2,06	2,56	3,03	3,51

Tableau 2: Facteurs d'augmentation de la population pour chaque scénario

La figure 8 est un graphique présentant pour les scénarios 1, 3 et 5 ainsi que pour le point 0, les rejets azotés calculés. Ceux-ci permettent de donner une vue d'ensemble des résultats obtenus. La courbe pour le scénario 2 non affichée serait située entre les courbes 1 et 3, et celle du scénario 4 serait située entre celles des scénarios 3 et 5. Les résultats chiffrés sont regroupés dans des tableaux dans l'annexe 4.

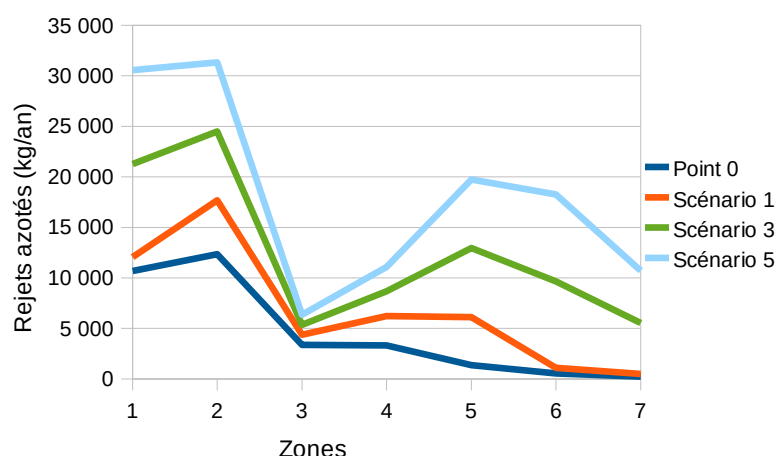


Figure 8: Rejets azotés pour le point 0 et les scénarios 1,3 et 5

II.3 Résultats des estimations de la vitalité des récifs

Les résultats des estimations de la vitalité des récifs frangeants et barrières pour chaque zone et pour chaque scénario ont été obtenus en utilisant les modèles décrits dans les encadrés des formules 1 et 2 dans les chapitres I.3.a et I.3.b.

L'ensemble des résultats chiffrés des simulations est présenté sous forme de tableaux par type de variable en annexe 4 et par scénario en annexe 5. Les figures 9 et 10 présentent pour les scénarios 1, 3 et 5 ainsi que pour le point 0, les estimations de la vitalité des récifs frangeants et barrières respectivement. Ceux-ci permettent de donner une vue d'ensemble des résultats obtenus. La courbe pour le scénario 2 non affichée serait située entre les courbes 1 et 3, et celle du scénario 4 serait située entre celles des scénarios 3 et 5.

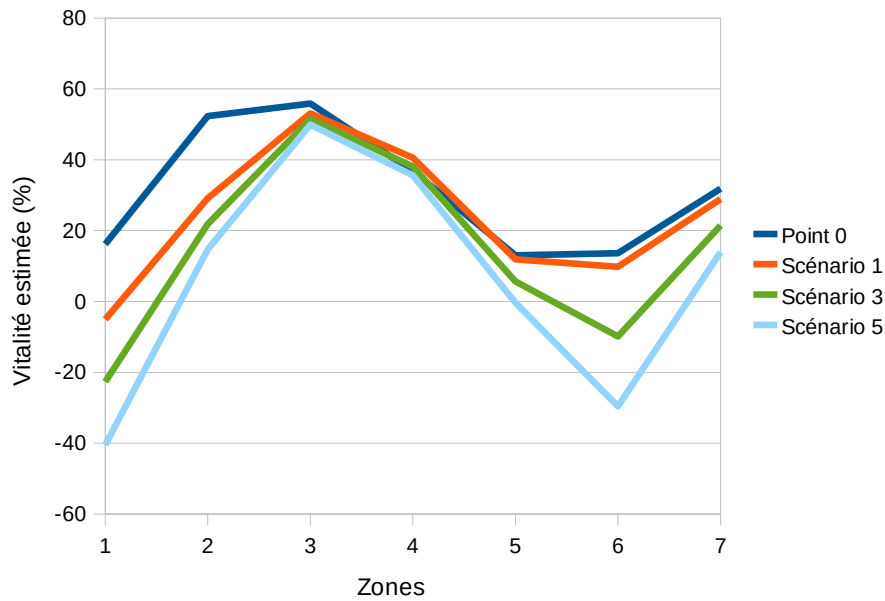


Figure 9: Vitalité estimée du récif frangeant pour les scénarios 1,3 et 5 comparée à celle du point 0

Certaines valeurs estimées de la vitalité sont inférieures à 0. Ceci n'est pas physiquement possible. C'était cependant un résultat prévisible lié à la simplicité des modèles utilisés. En effet, ceux-ci permettent de déduire des relations simples entre les deux indicateurs de l'activité terrestre et la vitalité des récifs coralliens et ne prennent pas en compte le phénomène de seuil. Les estimations de vitalités inférieures à 0 doivent être interprétées comme une indication que la vitalité du récif dans les conditions prévues seraient probablement très faible, voir nulle.

Certaines valeurs estimées pour les scénarios sont supérieures à la valeur au point 0. Ceci est également dû aux imperfections des modèles linéaires utilisés. C'est surtout vrai pour la vitalité estimée du récif barrière pour la zone 7. En effet, cette zone a été écartée des échantillons qui ont servis à la régression linéaire pour la vitalité du récif barrière. Il est donc normal, que les estimations sur cette zone soient faussées. C'est par une approche expert que l'on peut expliquer le manque de corrélation entre les activités terrestres et la vitalité du récif barrière dans cette zone.

Les résultats des simulations de la vitalité des récifs frangeants montrent que les zones 1, 5, et 6 sont les plus sensibles aux apports terrigènes, donc à l'étalement urbain et à l'augmentation des surfaces agricoles. En effet, on observe des vitalités estimées faibles voir même négatives pour la plus part des scénarios sur ces zones.

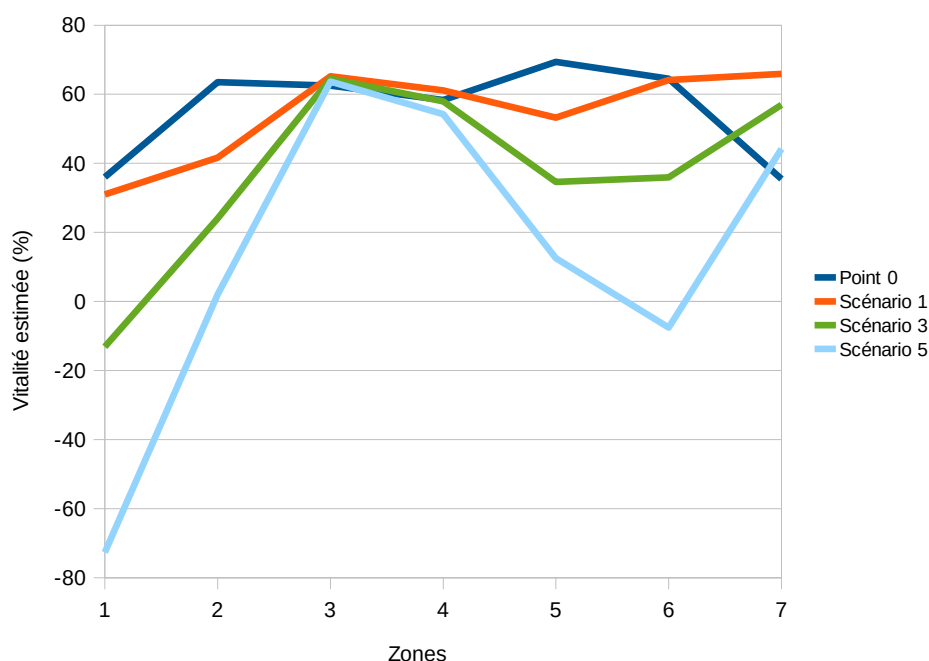


Figure 10: Vitalité estimée du récif barrière pour les scénarios 1,3 et 5 comparée à celle du point 0

Les résultats des simulations de la vitalité des récifs barrières montrent que ce sont les zones 1, 2, 5 et 6 qui sont les plus touchées par le développement territorial tel que prévu par les différents scénarios. Pour les zones 1, 2 et 6, on observe des valeurs très faibles (inférieures à 10%) voir inférieures à 0 sur certains scénarios, principalement ceux prévoyant un étalement urbain et une croissance démographique importante.

Les zones 3 et 4 semblent être les moins touchées par le développement territorial prévu dans les différents scénarios aussi bien pour le récif frangeant que pour le récif barrière. Ceci peut s'expliquer notamment par la configuration spatiale. Les bassins versants correspondant à ces zones de récifs sont de faible surface.

L'objet de cette étude n'inclue pas l'interprétation des résultats obtenus par les simulations. Par la suite, ceux-ci seront interprétés et éventuellement complétés par des approches experts.

Conclusions et perspectives

Cette étude a permis de développer une méthodologie permettant d'établir des corrélations entre deux indicateurs des activités naturelles et anthropiques et la vitalité des récifs coralliens. La première étape a consisté à distinguer des zones de récif et à les mettre en correspondance avec des groupes de bassins versants. Ces correspondances se sont faites de la manière la plus simple possible. Il a été considéré que chaque bassin versant n'allait influencer que la bande de récif globalement la plus proche. Afin d'améliorer cette mise en correspondance, il est possible par exemple de prendre en compte des données de courantologie. Il est également possible d'associer à un bassin versant, plusieurs bandes de récif. En effet, on peut imaginer qu'un bassin versant proche d'une passe aura tendance à influencer les récifs des deux côtés de la passe.

Les modèles linéaires basiques ont permis d'établir des corrélations simples entre les quantités d'apports terrigènes et les rejets azotés avec la vitalité des récifs coralliens. Ces modèles ont par exemple démontré un lien direct entre le cumul d'érosion et la vitalité du récif frangeant. Les modèles linéaires choisis pour leur simplicité ont cependant leurs limites. Ils ne prennent pas en compte les effets de seuil de la vitalité par exemple. Les échantillons de données étaient également trop réduits pour pouvoir déterminer des modèles fiables de prédiction. Il serait intéressant de travailler sur des zones plus étendues de récif. Il est cependant nécessaire de disposer de suffisamment de données associées. C'est la principale difficulté rencontrée au début de l'étude. Une perspective intéressante serait également d'intégrer des données de pêche chiffrées dans les modèles.

Cinq scénarios de développement territorial simulant une urbanisation et un accroissement des surfaces agricoles poussés aux limites d'accueil du territoire littoral permettent d'identifier des zones de récifs plus sensibles que d'autres. Le travail réalisé sur des jeux de données réduits a ainsi démontré son intérêt. On a noté cependant certaines incohérences liées à la simplicité des modèles utilisées. Une utilisation de modèles plus complets et plus adaptés à la complexité des interactions entre les activités naturelles et anthropiques des littoraux et la vitalité des récifs coralliens pourra être accompagnée de prédiction de scénarios qui, à leur tour, seront plus précis.

Références

Campaner A., 2010. Essai d'aide à la gestion intégrée des littoraux récifaux dans la zone insulaire du Pacifique Sud - application à la presqu'île de Tahiti. CRISP comp. 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 91p.

Dumas P., 2004. Caractérisation des littoraux insulaires : approche géographique par télédétection et SIG pour une gestion intégrée - Application en Nouvelle - Calédonie. Thèse – Université d'Orléans, 402p.

Fossey M. et Dumas P., 2007. Développement méthodologique et spatialisation du risque d'érosion hydrique à Efate (Vanuatu). CRISP comp. 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 55p.
http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/C1A4_Erosion_Efate.pdf

Fossey M., 2008. Spatialisation et modélisation des données hydrologiques pour l'évaluation des processus d'érosion : études de cas à Vanuatu, Fidji et Polynésie française. CRISP comp. 1A, projet 1A4 Gestion côtière intégrée, 44p.
http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/C1A4_Spatialisation_hydro.pdf

Printemps J., 2008. Methodology for mapping potential erosion risks in French Polynesia using the USLE Model and GIS.

Wischmeir W.H., Smith D.D ,1978. Predicting Rainfall Erosion Losses; A guide to conservation planning, Agriculture handbook No. 537. US department of Agriculture Science and Education Administration, Washington, DC, USA, 163 p.

Glossaire

CRISP : Coral Reef InitiativeS for the Pacific

GERSA : GEstion intégrée des bassins versants et du littoral Récifal: du Satellite à l'Acteur

ISPF : Institut des statistiques de Polynésie Française

USLE : Universal Soil Loss Equation (Équation universelle de Pertes en Sol)

Annexe 1 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires simples pour le récif frangeant

Le premier encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif frangeant en fonction de la quantité d'apports terrigènes (*res_bv_eros*) obtenue avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
>summary(reg_frang_eros)
Call:
lm(formula = res_frang ~ res_bv_eros)
Residuals:
    1     2     3     4     5     6     7 
6.528 17.354  1.485 -5.772 -3.896 -12.537 -3.160 
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.030e+01  9.140e+00   6.597  0.00120 **
res_bv_eros  -1.075e-05  3.056e-06  -3.519  0.01694 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.6 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7124,    Adjusted R-squared:  0.6548 
F-statistic: 12.38 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.01694
```

Le second encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif frangeant en fonction de la quantité de rejets azotés (*res_bv_eh*) obtenu avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
> summary(reg_frang_eh)
Call:
lm(formula = res_frang ~ res_bv_eh)
Residuals:
    1     2     3     4     5     6     7 
-22.008 12.301 25.815  6.790 -14.822 -13.340  5.264 
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 26.352466 10.048428   2.623  0.047 *
res_bv_eh    0.001106  0.001557   0.710  0.509
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 18.83 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.09167,    Adjusted R-squared: -0.08999 
F-statistic: 0.5046 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.5092
```

Annexe 2 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires simples pour le récif barrière

Le premier encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif barrière en fonction de la quantité d'apports terrigènes (*res_bv_eros*) obtenue avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
> summary(reg_bar_eros)
Call:
lm(formula = res_bar ~ res_bv_eros)
Residuals:
    1      2      3      4      5      6      7 
-14.59430  7.00846  1.43976  0.01460 17.07326 10.06861 -21.01039 
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.241e+01  1.278e+01   4.883  0.00454 **
res_bv_eros  -2.510e-06  4.274e-06  -0.587  0.58256
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 14.82 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.06452,    Adjusted R-squared:  -0.1226 
F-statistic: 0.3448 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.5826
```

Le second encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif barrière en fonction de la quantité de rejets azotés (*res_bv_eh*) obtenu avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
>summary(reg_bar_eh)
Call:
lm(formula = res_bar ~ res_bv_eh)
Residuals:
    1      2      3      4      5      6      7 
-17.050 11.183  6.301  2.108 12.338  7.131 -22.011 
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 57.6120237  8.0826003   7.128 0.000843 ***
res_bv_eh   -0.0004279  0.0012524  -0.342 0.746516
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 15.15 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.02281,    Adjusted R-squared:  -0.1726 
F-statistic: 0.1167 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.7465
```


Annexe 3 : Résumé des valeurs obtenues pour les régressions linéaires somme et produit pour le récif barrière

Le premier encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif barrière en fonction de la combinaison linéaire de la quantité d'apports terrigènes (*res_bv_eros*) et de la quantité de rejets azotés (*res_bv_eh*) obtenu avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
> summary(reg_bar_sum)

Call:
lm(formula = res_bar ~ res_bv_eh + res_bv_eros)

Residuals:
    1      2      3      4      5      6      7 
-13.2545  9.3333  1.5507 -0.1166 15.8674  8.8072 -22.1874 

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.315e+01  1.466e+01   4.308  0.0126 *
res_bv_eh    -2.888e-04  1.394e-03  -0.207  0.8460
res_bv_eros  -2.297e-06  4.862e-06  -0.472  0.6613
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 16.48 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.07445,    Adjusted R-squared:  -0.3883 
F-statistic: 0.1609 on 2 and 4 DF,  p-value: 0.8566
```

Le second encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif barrière en fonction du produit de la quantité d'apports terrigènes (*res_bv_eros*) et de la quantité de rejets azotés (*res_bv_eh*) obtenu avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
> summary(reg_bar_prod)

Call:
lm(formula = res_bar ~ res_bv_eh:res_bv_eros)

Residuals:
    1      2      3      4      5      6      7 
 -8.5632 12.5500  3.2914  0.2102 11.2908  5.2939 -24.0729 

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      5.974e+01  6.658e+00   8.972 0.000287 ***
res_bv_eh:res_bv_eros -3.016e-10  3.000e-10  -1.006 0.360765
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 13.98 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1682,    Adjusted R-squared:  0.001868 
F-statistic: 1.011 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.3608
```

Le troisième encadré présente le résumé de la régression linéaire de la vitalité du récif barrière en fonction du produit de la quantité d'apports terrigènes (*res_bv_eros*) et de la quantité de rejets azotés (*res_bv_eh*) en retirant l'échantillon de la zone 7. C'est cette régression qui a été retenue pour modéliser la vitalité du récif barrière pour les scénarios. Le résultat a été obtenu avec les fonctions *lm* et *summary* du langage R.

```
>summary(reg_bar_prod_bis)

Call:
lm(formula = res_bar[c(1:6)] ~ res_bv_eh[c(1:6)]:res_bv_eros[c(1:6)])

Residuals:
    1     2     3     4     5     6 
-6.181 11.017 -3.272 -5.681  5.406 -1.289

Coefficients:
                                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)                   6.664e+01  4.121e+00  16.170 8.56e-05 ***
res_bv_eh[c(1:6)]:res_bv_eros[c(1:6)] -4.861e-10  1.719e-10  -2.828  0.0475 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.639 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6665,    Adjusted R-squared:  0.5832 
F-statistic: 7.996 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.04746
```

Annexe 4 : Synthèse des résultats des simulations par type de variable

Apports terrigènes(t/An)							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Point 0	4,71E+06	2,36E+06	5,48E+05	1,65E+06	4,03E+06	3,18E+06	2,35E+06
Scénario 1	6,08E+06	2,90E+06	6,68E+05	1,83E+06	4,51E+06	4,70E+06	2,92E+06
Scénario 2	6,91E+06	3,23E+06	7,39E+05	1,94E+06	4,80E+06	5,64E+06	3,26E+06
Scénario 3	7,72E+06	3,58E+06	8,16E+05	2,07E+06	5,09E+06	6,53E+06	3,61E+06
Scénario 4	8,56E+06	3,91E+06	8,89E+05	2,18E+06	5,37E+06	7,46E+06	3,96E+06
Scénario 5	9,38E+06	4,25E+06	9,61E+05	2,30E+06	5,64E+06	8,36E+06	4,32E+06

Rejets azotés (kg/an)							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Point 0	10 684	12 360	3 363	3 333	1 369	546	230
Scénario 1	12 072	17 692	4 381	6 232	6 111	1 109	491
Scénario 2	16 697	21 074	4 861	7 463	9 567	5 374	3 004
Scénario 3	21 259	24 487	5 367	8 673	12 966	9 672	5 540
Scénario 4	25 929	27 902	5 868	9 860	16 368	13 961	8 172
Scénario 5	30 549	31 315	6 360	11 084	19 741	18 251	10 704

Vitalité du récif frangeant (%)							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Point 0	16	52	56	37	13	14	32
Scénario 1	-5	29	53	41	12	10	29
Scénario 2	-14	26	52	39	9	0	25
Scénario 3	-23	22	52	38	6	-10	21
Scénario 4	-32	18	51	37	3	-20	18
Scénario 5	-41	15	50	36	0	-30	14

Vitalité du récif barrière (%)							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Point 0	36	64	62	58	69	65	36
Scénario 1	31	42	65	61	53	64	66
Scénario 2	11	34	65	60	44	52	62
Scénario 3	-13	24	65	58	35	36	57
Scénario 4	-41	14	64	56	24	16	51
Scénario 5	-73	2	64	54	12	-8	44

Annexe 5 : Synthèse des résultats des simulations par scénario

Point 0							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	16	52	56	37	13	14	32
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	36	64	62	58	69	65	36
Apports terrigènes (t/an)	4,71E+06	2,36E+06	5,48E+05	1,65E+06	4,03E+06	3,18E+06	2,35E+06
Rejets azotés (kg/an)	10 684	12 360	3 363	3 333	1 369	546	230

Scénario 1							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	-5	29	53	41	12	10	29
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	31	42	65	61	53	64	66
Apports terrigènes (t/an)	6,08E+06	2,90E+06	6,68E+05	1,83E+06	4,51E+06	4,70E+06	2,92E+06
Rejets azotés (kg/an)	12 072	17 692	4 381	6 232	6 111	1 109	491

Scénario 2							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	-14	26	52	39	9	0	25
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	11	34	65	60	44	52	62
Apports terrigènes (t/an)	6,91E+06	3,23E+06	7,39E+05	1,94E+06	4,80E+06	5,64E+06	3,26E+06
Rejets azotés (kg/an)	16 697	21 074	4 861	7 463	9 567	5 374	3 004

Scénario 3							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	-23	22	52	38	6	-10	21
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	-13	24	65	58	35	36	57
Apports terrigènes (t/an)	7,72E+06	3,58E+06	8,16E+05	2,07E+06	5,09E+06	6,53E+06	3,61E+06
Rejets azotés (kg/an)	21 259	24 487	5 367	8 673	12 966	9 672	5 540

Scénario 4							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	-32	18	51	37	3	-20	18
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	-41	14	64	56	24	16	51
Apports terrigènes (t/an)	8,56E+06	3,91E+06	8,89E+05	2,18E+06	5,37E+06	7,46E+06	3,96E+06
Rejets azotés (kg/an)	25 929	27 902	5 868	9 860	16 368	13 961	8 172

Scénario 5							
Numéro de la zone	1	2	3	4	5	6	7
Vitalité moyenne du récif frangeant (%)	-41	15	50	36	0	-30	14
Vitalité moyenne du récif barrière (%)	-73	2	64	54	12	-8	44
Apports terrigènes (t/an)	9,38E+06	4,25E+06	9,61E+05	2,30E+06	5,64E+06	8,36E+06	4,32E+06
Rejets azotés (kg/an)	30 549	31 315	6 360	11 084	19 741	18 251	10 704

CRISP



Composante 1

Modélisation et simulation de l'impact des activités naturelles et anthropiques des bassins versants sur la vitalité du récif corallien

- *Presqu'île de Tahiti* -

Rapport d'étape 102_1A4105RT_R

Résumé

Cette étude a permis de développer une méthodologie permettant d'établir des corrélations entre deux indicateurs des activités naturelles et anthropiques et la vitalité des récifs coralliens. La première étape a constitué à distinguer des zones de récif et à les mettre en correspondance avec des groupes de bassins versants.

Les modèles linéaires basiques ont permis d'établir des corrélations simples entre les quantités d'apports terrigènes et les rejets azotés avec la vitalité des récifs coralliens. Ces modèles ont par exemple démontré un lien direct entre le cumul d'érosion et la vitalité du récif frangeant. Les modèles linéaires choisis pour leur simplicité ont cependant leur limite.

Cinq scénarios de développement territorial simulant une urbanisation et un accroissement des surfaces agricoles poussés aux limites d'accueil du territoire littoral permettent d'identifier des zones de récifs plus sensibles que d'autres. Le travail réalisé sur des jeux de données réduits a ainsi démontré son intérêt. On a noté cependant certaines incohérences liées à la simplicité des modèles utilisés.

Abstract

This study has developed a methodology to establish correlations between two indicators of natural and anthropogenic activities and vitality of coral reefs. The first step was to separate areas of reef and to put them in correspondence with watershed groups.

Basic linear models helped establish simple correlations between the amounts of terrigenous and nitrogen run-offs with the vitality of coral reefs. These models have demonstrated such a direct link between the accumulation of erosion and vitality of the fringing reef. Linear models chosen for their simplicity, however, have their limits.

Five development scenarios simulating urbanization and an increase of agricultural land were pushed to their limits and show that some coastal reef areas are more sensitive than others. The work with basic data sets has demonstrated its interest. It was noted, however, some inconsistencies related to the simplicity of the models used.