



# LES SOLS





- La sédimentation terrigène a été prise en compte dans une étude sur la presqu'île de Tahiti (Broucke, 2010) et la vitalité des récifs frangeants, avec des scénarii de développement de l'urbanisation. Voir encadré.
- En 2009, une évaluation moyenne de l'érosion sur 20 ans a été conduite sur Tahiti à l'aide d'un modèle (Wischmeier-USLE) ne prenant en compte que les pentes de 1 à 20%.
- Le BRGM a réalisé plusieurs études en 2011 et 2013 dans le cadre du programme ARAI 3 prenant en compte le rôle de la végétation sur les mouvements de terrain, l'érosion et le transport solide des rivières.



Erosion sur l'île de Eiao

Copyright : F. Jacq

se produisent fréquemment et se traduisent par des effondrements de grande ampleur (plusieurs dizaines de milliers de mètres-cube). Ces mouvements de terrain qui se produisent sur des pentes très fortes, dépassant 50°, constituent un mode d'évolution normal du relief interne de l'île (voir chapitre risques naturels).

### MODÉLISATION ET SIMULATION DE L'IMPACT DES ACTIVITÉS NATURELLES ET ANTHROPIQUES DES BASSINS VERSANTS SUR LA VITALITÉ DU RÉCIF CORALLIEN DE LA PRESQU'ÎLE DE TAHITI.

Cette étude développe une méthodologie permettant d'établir des corrélations entre deux indicateurs des activités naturelles et anthropiques concernant la vitalité des récifs coralliens. Il s'agit des apports terrigènes (calculés selon un indice dépendant de 6 paramètres influençant l'érosion des sols) et des rejets azotés (basés sur le principe de l'équivalent-habitant, évoluant avec la population). Cinq scénarii de développement territorial simulant une urbanisation et un accroissement des surfaces agricoles poussés aux limites d'accueil du territoire littoral ont été utilisés. Selon les scénarii, les valeurs d'apports terrigènes varient de 2,6.106 t/an à 5.106 t/an en moyenne pour toutes les zones. Les rejets azotés sont compris entre 4 542 et 18 256 kg/an tandis que la vitalité du récif frangeant varie de 6,3 à 31,4 %.

Source : S.Broucke (IRD), 2010

Des mesures de matières en suspension (MES) dans les eaux du lagon sont effectuées tout autour de l'île de Tahiti dans le cadre du suivi RST et particulièrement dans la baie de Phaëton (suivi du CET). Les dernières mesures datent de 2007 mais un nouveau relevé doit avoir lieu en 2014 (voir chapitre « milieu marin »). Les mesures de MES dans les rivières permettent également de mesurer l'importance de l'érosion (voir paragraphe « sédimentation »).

Plusieurs facteurs sont en cause, tant en ce qui concerne l'érosion spontanée que l'érosion issue des activités humaines ou de l'agriculture. Les rares données existantes montrent l'importance de maintenir un couvert végétal important. Les zones dénudées ou les zones urbanisées qui imperméabilisent les sols et limitent l'infiltration, aggravent les problèmes d'érosion ou de ruissellement.

### L'ÉROSION SPONTANÉE

Le relief accidenté de l'île est révélateur de l'intensité des processus d'érosion à Tahiti. Même sur des sols protégés par la couverture végétale, l'île de Tahiti peut subir certaines formes d'érosion naturelle. Les glissements de terrain en montagne

### L'ASSOCIATION TULPIER DU GABON-MICONIA, UN DÉSASTRE POUR LES ESPÈCES LOCALES ET LA STABILITÉ DES SOLS

Le tulpiér du Gabon est une espèce introduite à croissance rapide, au bois peu résistant et à l'enracinement superficiel qui entraîne des glissements de terrains sur des pentes moyennes. Son association avec le miconia entraîne l'absence complète de sous-bois du fait de l'ombrage porté, l'érosion fine, suite au ruissellement, est alors la règle, entraînant jusqu'au déchaussement des pieds de miconia eux-mêmes. Cette formation hautement instable est cause d'une érosion impressionnante.

Sources : Sedan et al, BRGM 2013, programme ARAI 3

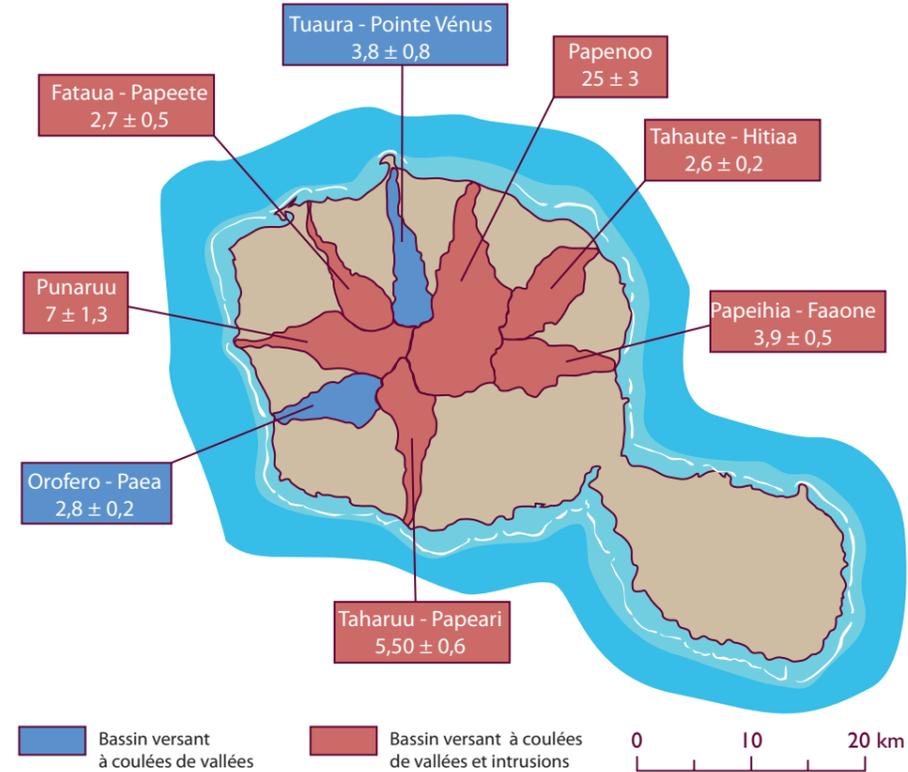
### Le lien végétation-érosion

L'étude du BRGM de 2013 s'est intéressée au lien entre la végétation et les mouvements de terrain, notamment l'érosion. Bien que la végétation soit un facteur parmi d'autres, des unités de végétation ont été mises en relation avec des types de sols pour tenter de mettre en évidence un lien.

La présence ou l'absence de végétation peut être la cause de mouvements de terrain lorsque ceux-ci concernent des tranches de sol assez superficielles (jusqu'à 2 m), à cause de la profondeur d'action des racines.

Ainsi, différents types de mouvements de terrain peuvent être influencés par la végétation :

- Les glissements superficiels : difficiles à appréhender en raison de l'effet stabilisateur du système racinaire en opposition à l'effet déstabilisant du poids de la végétation. Ces mouvements sont observés dans les bambouseraies au sol gorgé d'eau, les forêts mésophiles à cause de la masse importante des peuplements, les forêts d'Hibiscus en raison du sol toujours humide et de la densité du peuplement. Aucun glissement n'a été observé au sein de plantations de pins même lorsqu'elles sont denses et non éclaircies.
- La chute de blocs : la végétation peut déchausser un bloc ou fragmenter/déstructurer une roche avec ses racines mais un couvert forestier limite la propagation d'un bloc après sa chute (surtout lorsqu'il s'agit de petits blocs).
- L'érosion et la reptation (fluage).



Taux d'érosion volumique (.10-2km<sup>2</sup>/lkyr) de la grande île de Tahiti - Source : d'après Hildenbrand 2008

Certains types de racines sont plus adaptés à jouer le rôle d'ancrages, ceux pouvant pénétrer profondément (à l'image d'un clou). D'autre part, les feuilles et les branches diminuent l'énergie cinétique des précipitations et réduisent l'impact mécanique des gouttes de pluie sur l'érosion. En faisant obstacle à l'écoulement, la végétation limite la vitesse des eaux et donc l'effet d'écoulement comme agent érosif. Enfin, la mise à nu des sols expose directement la surface aux agents érosifs (eau, vent). Les espèces de sous-bois interviennent dans la protection du sol.

Certaines unités végétales définies dans cette étude sont considérées comme stabilisatrices vis-à-vis des phénomènes redoutés, il s'agit des forêts (mésophiles, hygrophiles, supra-littorales...) et des plantations de pins ou de bois d'ébénisteries. A l'inverse, d'autres sont déstabilisatrices, parmi lesquelles la moitié est classée comme menaçant la biodiversité. Il s'agit des forêts, bosquets et plantations de Falcataria, des forêts à tulpiér (*Spatodea*), Miconia, des fourrés à Acacia (*A.farnesiana*, *L.leucocephala*) à *Tecoma stans* et *Eugenia uniflora*. Ils éliminent les plantes des sous-bois, entraînant un ruissellement et une érosion importante lors des épisodes pluvieux. Ce sont des formations à éliminer (Source : BRGM 2013, programme ARAI 3 : rôle de la végétation vis-à-vis des mouvements de terrain en Polynésie française).

### L'érosion globale

En 2008, Hildenbrand a évalué les taux d'érosion globaux des vallées autour de l'île. La vallée de la Papenoo est celle montrant le plus fort taux

d'érosion avec 250 000 m<sup>3</sup>/an alors que les autres vallées se situent plutôt autour de 30 000 m<sup>3</sup>/an (Hildenbrand et al, 2008).

### L'ÉROSION RÉSULTANT DES AMÉNAGEMENTS

Le développement de l'aménagement sur les pentes et dans l'intérieur des terres est largement responsable, ces 20 dernières années, en particulier sur Tahiti, des phénomènes d'érosion et de sédimentation terrigène. L'urbanisation gagne du terrain en particulier dans les zones périphériques de Papeete, entre la Pointe Vénus (vallée de la Tuauru) et la vallée de l'Orofero. Les plaines littorales et les vallées (moins de 20 % de la superficie de l'île) étant dans l'ensemble déjà saturées, les lotissements s'établissent sur des terrains de plus en plus montagneux. La multiplication de ces lotissements construits sans aucune précaution continue à constituer une nuisance grave. La multiplication des petits terrassements privés, souvent sauvages, s'observe



Copyright : F. Jacq



dans toutes les îles. La construction des routes liées à l'extension urbaine ou à des aménagements divers (pistes forestières, pistes pour l'implantation de centrales électriques ou de lignes électriques) et les aménagements hydroélectriques remanient des volumes très importants de terre.

## L'ÉROSION LIÉE À L'AGRICULTURE ET À L'ÉLEVAGE

Les incendies, aujourd'hui de fréquence et d'ampleur toutefois limitées, et surtout l'exploitation agricole, qui concourent à l'élimination de la couverture végétale, sont aussi source d'érosion. En particulier les défrichements agricoles au bulldozer sur des terrains en pente, la construction des pistes et la culture d'espèces végétales couvrant peu le sol (ananas, bananiers, produits maraîchers) produisent une érosion très forte, souvent accentuée par la disposition des lignes de culture perpendiculairement à la pente. Le manque de protection du sol entre les plants entraîne à la moindre pluie la formation d'une couche argileuse fine empêchant l'eau de s'infiltrer. Aux pratiques culturales viennent s'ajouter l'introduction de certaines espèces animales comme les chèvres qui détruisent toute végétation. Leur prolifération incontrôlée a, dans certaines îles de l'archipel des Marquises et des Australes en particulier, déclenché de violents phénomènes d'érosion qui ont dénudé des collines entières.

Une étude s'est intéressée à l'érosion sur des plantations d'ananas du domaine d'Opunohu à Moorea (Gonnot et Binet, 2004). Trois formes d'érosion ont été observées, fortement aggravées par le défrichement et le renouvellement des parcelles :

- l'érosion en nappe, causée par la battance des gouttes sur le sol pouvant entraîner un décapage complet de l'horizon superficiel d'une parcelle mise à nue en quelques années ;
- l'érosion linéaire qui se produit lorsque l'érosion en nappe prend de la vitesse, formant alors des voies de ruissellement ;
- l'érosion mécanique sèche, causée par les travaux d'engins mécaniques sur la parcelle lors du défrichement ou lorsque la plantation d'ananas est renouvelée.



On note de nettes différences d'intensité d'érosion selon la pente et le traitement des résidus. Les lotissements d'Opunohu correspondent plutôt au cas de figure pente 20 %. On constate alors l'utilité d'un traitement des résidus lors du renouvellement des cultures. Ceci constitue un point important à traiter dans le plan de lutte anti-érosive.

### ÉROSION (T/HA/AN) EN FONCTION DES PENTES POUR DIFFÉRENTS TRAITEMENTS DE CULTURE

SOURCE : SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, 2004

Cycle 3337 mm	Sol nu	Brûlis	Enfouis	Mulch
Pente 4 %	45	1,2	0,7	0,1
Pente 7 %	13,6	4,1	0,45	0
Pente 20 %	410	69	33,2	1

Outre les risques liés aux pratiques culturales, le problème majeur de la culture d'ananas semble plutôt résider dans les pistes d'accès aux parcelles, très exposées à l'érosion en nappe, car continuellement mises à nu.

Suite à cette étude, un programme de lutte anti-érosion au sein des lotissements du domaine d'Opunohu a été mis en place :

- remplacement du bulldozer et de la pelle mécanique lors du défrichement par des engins plus adaptés (tracteur chenille muni d'un broyeur) a été envisagé ;
- pratique des courbes de niveaux pour la culture de l'ananas sur fortes pentes.

### APPORTS PARTICULAIRES DE TROIS BASSINS VERSANTS DE TAHITI

SOURCE : WOTLING ET AL, 2002

Bassin versant	Apport (t/km <sup>2</sup> /an)	Erosion (t/km <sup>2</sup> /an)
Urbanisé	7 300	710
Naturel	280	60

La possibilité d'implanter un réseau d'évacuation des eaux pluviales a été étudiée.

En l'absence de contrôle et de mesures préventives, les opérations d'aménagement rural, travaux de défrichement, réalisation de pistes et de réseaux hydrauliques présentent des risques en matière d'érosion.

## LA SÉDIMENTATION

L'érosion et la sédimentation qui en découle figurent parmi les causes majeures de dégradation des récifs frangeants des îles hautes, en particulier à Tahiti.

Les rivières jouent un rôle capital dans le transport des matières solides et la sédimentation dans les lagons. Ce transport est conditionné par la fourniture en amont de sédiments susceptibles d'être transportés. Certaines îles comme Tahiti, sont très exposées à cette problématique puisqu'elles sont à la fois concernées par des rivières torrentielles susceptibles de concentrer des débits exceptionnels et soumises à une forte érosion due à la conjonction de leur relief, du climat et du développement urbain.

En effet, la production de sédiment est favorisée par :

- Les zones de stockage situées dans la partie haute des bassins versants, dues par exemple, à des glissements de terrain ;
- L'érosion des versants naturels ;
- Le ruissellement sur des surfaces non végétalisées, notamment les zones de déforestation, et surtout les terrassements et surfaces imperméabilisées ;
- L'érosion des berges des cours d'eau.

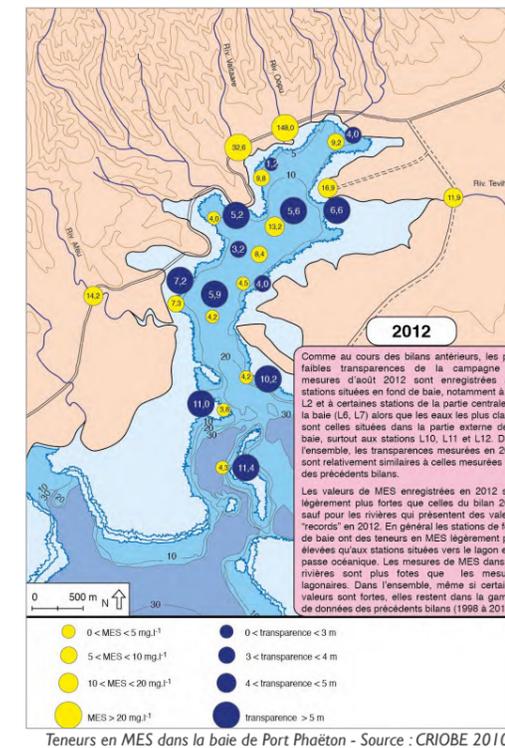
Le phénomène peut donc se décomposer en 2 parties distinctes : la fourniture de matériaux et son transport vers ou jusqu'à la mer.

Source : BRGM 2013.

En cas de crue, les conséquences de l'érosion mettent à disposition du cours d'eau des volumes de matériaux importants. Les crues sont généralement liées à des séquences pluvieuses de quelques jours provoquant des trains de crues. Elles se produisent à raison d'une trentaine par an, surtout en saison chaude (70 % des crues). Ainsi, lors du cyclone Veena de 1983, un débit de 2 200 m<sup>3</sup>/s a été enregistré dans la rivière Papepoo, c'est 100 fois plus que le débit moyen. Associés au relief escarpé des îles volcaniques, les alluvions des fleuves sont alors plus facilement expulsées en mer.

En milieu marin, la sédimentation se mesure en MES (matières en suspension) ou parfois à l'aide de pièges à sédiments placés près du fond qui vont récupérer les matières qui sédimentent sur la zone.

La baie de Phaeton est suivie par le CRIOBE depuis de nombreuses années dans le cadre du suivi des impacts du centre d'enfouissement technique de Paihoro (CET). Le résultat des analyses (bilan complet tous les 2 ans) montrent que les teneurs de MES sont très variables entre les suivis, avec en



2012, quelques teneurs qui figurent parmi les plus fortes depuis 1998.

Dans le cadre du suivi RST, les MES sont mesurées sur un grand nombre de stations tout autour de Tahiti. Dans l'attente du résultat du RST de 2014, les mesures faites en 2010 montrent que les valeurs sont plus fortes que celles du bilan 2008 mais similaires à celles du bilan 2007. Comprises entre 0,12 mg.l<sup>-1</sup> et 19,7 mg.l<sup>-1</sup> (sauf valeur inhabituelle à la station frangeante de Papepoo de 1 037,8 mg.l<sup>-1</sup> probablement due à la forte remise en suspension des sédiments dans cette zone directement exposée à la houle), les valeurs les plus élevées (supérieures à 5 mg.l<sup>-1</sup>) ont été enregistrées à la station frangeante de la zone de la Pointe des Pêcheurs et à la station barrière de la zone de Papeete.

## L'IMPACT SUR LES MILIEUX

L'impact de la sédimentation sur les rivières et sur les récifs est majeur, induisant une modification des peuplements (voir chapitre milieu marin). Notamment, dans les zones urbaine de Papeete, apports suite aux constructions d'ouvrages hydroélectriques.

## LES MESURES DE PRÉVENTION ET DE LUTTE CONTRE L'ÉROSION ET LA SÉDIMENTATION

La lutte contre l'érosion présente un caractère préventif dont l'intérêt est de limiter les transports de matières en suspension, de préserver la qualité des sols, de préserver leur aptitude au développement végétal et de conserver la qualité paysagère des sites.

Cette lutte passe par l'amélioration des pratiques agricoles avec, en particulier, la protection du sol entre les plants (paillage, plantation) ; par l'amélioration des techniques de terrassement, la protection des sols dénudés par leur revégétalisation ou par un traitement. La maîtrise des eaux pluviales, au niveau des plates-formes de terrassement, des infrastructures routières et du réseau hydrographique est fondamentale. Des essais d'application de ces méthodes ont été effectués sur certains travaux routiers ; par ailleurs, une politique de reboisement en pins de Caraïbes et en Albizia a été entreprise pour la protection des sols dénudés ; environ 3500 ha de forêt de protection ont été plantés à ce jour (voir chapitre « agriculture »).

La lutte contre la sédimentation, quant à elle, passe par divers procédés comme les digues transversales à la plaine alluviale, les bassins d'orage, les décanteurs dans les vallées ou les bassins de rétention sur la plaine côtière et en arrière des récifs coralliens.

## POLLUTION DES SOLS

On distingue généralement deux grands types de pollution des sols :



- les pollutions diffuses concernant d'importantes surfaces qui proviennent essentiellement d'épandages de produits liquides ou solides (emplois d'engrais ou de pesticides en agriculture), ou de retombées atmosphériques ;
- les pollutions ponctuelles qui ne concernent a priori que des superficies limitées. La nature et l'origine des pollutions sont très variées (industries, agriculture, transports, rejets domestiques, etc.). On distingue les pollutions accidentelles (suite à un déversement ponctuel

qui engendre une pollution du milieu sur une surface limitée) et les pollutions chroniques (apports de substances sur de longues périodes dus à une fuite sur les conduites ou les réseaux enterrés, etc.).

Il n'existe pas ou peu d'études sur la pollution des sols en Polynésie, à l'exception de la pollution radioactive (voir chapitre « radioactivité »).



VISUEL pixellisé.

Baie vaiuaha après pluie

Copyright : F. Jacq

## LES DONNÉES ESSENTIELLES

	Source	2006	2013
Surface de reboisement de protection (ha)	SDR	3 245	3 245
Charge en MES de quelques rivières de Tahiti			
Rivière de la Matatia	Wolting	60t/km <sup>2</sup> /an	
Rivière de la Vaiami		140t/km <sup>2</sup> /an	
Rivière de l'Atiue		710t/km <sup>2</sup> /an	

## LES ÉVOLUTIONS 2006-2013

Les sols les plus soumis à l'érosion sont ceux des parties hautes des îles. L'érosion spontanée du bassin de la Papenoo a été évaluée en 2008 par Hildenbrand à 250 000 m<sup>3</sup>/an. Les sols génèrent une sédimentation qui est l'une des causes principales de dégradation des récifs et des rivières. Elle se mesure sous la forme de matières en suspension (MES).

Les MES sont mesurées dans les eaux du lagon et de quelques rivières dans le cadre du suivi RST autour de Tahiti, le prochain relevé aura lieu en 2014. La baie de Phaëton fait également l'objet d'un suivi. Une étude a calculé les taux de sédimentation terrigène sur la presqu'île de Tahiti mais dans l'ensemble les données sur le sujet sont maigres bien que le phénomène soit important. Plusieurs facteurs sont en cause, tant en ce qui concerne l'érosion spontanée que l'érosion issue des activités humaines ou de l'agriculture.

L'augmentation des aménagements, de la construction des remblais, des lotissements, la construction de routes, des pistes etc ... induit une sédimentation croissante non maîtrisée.

Pourtant, la prise en compte de ce problème grave dans les aménagements, est très insuffisante (pas de cahiers des charges, recommandations non suivies ...).

