

Diffusion :

1 Original
2 Copies conformes
1 Original

GORO NICKEL
GORO NICKEL
ARCHIVES SOPRONER

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT

RAPPORT

17 pages de texte et 3 pages d'annexe

**Programme de reconstitution du biotope corallien
en baie de Prony – Rapport de suivi n°5**

30 mois après transplantation

N° DOSSIER	DATE	RESPONSABLE D'ETUDE
A001-05040-0001	18 août 2008	Nicolas GUIGUIN

Le système qualité de SOPRONER est certifié ISO 9001-2000



1 CONTEXTE DE LA MISSION

Suite à la construction d'un port sur la côte Est de la baie de Prony, l'entreprise Goro Nickel (Groupe INCO) s'est vue imposée de réaliser un programme de reconstitution du biotope corallien sur une superficie 2000 m² (Jonc n°7715, arrêté n°763-2003/PS, pages 3828-3837). Cette opération a été réalisée du 05 décembre 2005 au 23 janvier 2006 par le bureau d'études SOPRONER. Cela a consisté à collecter des coraux dans la zone d'emprise du futur port, puis à les déplacer sur 3 sites de transplantation. Ces sites, choisis en accord avec la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, sont situés sur la côte protégée de la presqu'île de Montravel (2 sites dénommés ci-après *Montravel abrité* et *Montravel exposé*) et sur la côte protégée de l'îlot Casy (dénommé *Casy*).

Un suivi temporel de cette opération a été programmé sur une durée de 5 ans. La fréquence des suivis proposée par SOPRONER est la suivante :

- un suivi un mois après la transplantation
- puis un suivi tous les 6 mois pendant 5 ans

Ce rapport décrit la méthodologie générale qui est mise en œuvre pour chacun des suivis et présente les résultats du suivi à T+30 mois.

Ce projet constitue une première en Nouvelle Calédonie et doit être considéré comme une étude pilote expérimentale.

2 OBJECTIFS DES SUIVIS TEMPORELS

2.1 Suivi un mois après la transplantation

Le premier suivi post-opérationnel a été réalisé un mois après la fin du chantier. Ce suivi rapproché est essentiel pour déceler le stress éventuel subi par les transplants coralliens lors des manipulations de transplantation (collecte, transport, collage) et permet également d'évaluer l'adaptabilité des transplants coralliens dans leur nouvel environnement. En effet, la plupart des mortalités observées lors de ce suivi (mises à part des dégradations évidentes telles que la destruction par l'action des poissons ou la prédation par *Acanthaster*) traduisent soit un stress élevé lors des manipulations des coraux, soit une non adaptation des coraux sur leur lieu de transplantation. Cela se mesure par l'observation des taux de mortalité et mortalité partielle des transplants coralliens.

Un entretien du site a également été mené afin de faciliter les prochains suivis et de maximiser le succès de l'opération.

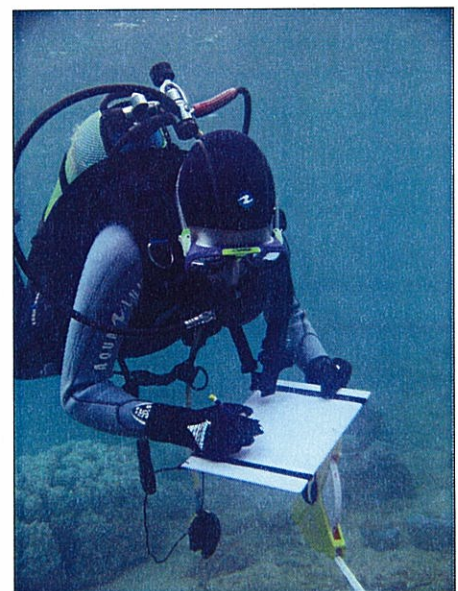
La colonisation des sites de transplantation en poissons et invertébrés benthiques mobiles a été évaluée. Ces mesures servent de points zéro de l'opération. L'évaluation du recrutement corallien naturel a été ajoutée à ces mesures comme une indication de la régénération naturelle des sites grâce à la transplantation. En effet, en se basant sur l'hypothèse que les colonies adultes transplantées donneront naissance à de nouveaux individus, et que leur présence diverte la prédation par des organismes benthiques (bio-érosion par des oursins par exemple) ou des poissons, on peut s'attendre à observer un taux de recrutement corallien naturel important sur les substrats nus des sites restaurés.

2.2 Suivis simples

Les suivis simples sont réalisés une fois par an, pendant la saison froide, soit en juillet-août. Ce suivi consiste à évaluer les taux de survie, de mortalité et de mortalité partielle ainsi que la croissance des transplants par la technique du Line Intercept Transect. De plus, les sites de restauration sont entretenus si besoin (enlèvement des *Acanthaster*, remise en place des barres métalliques, cordes, re-fixation des transplants tombés, etc.). La mission réalisée à T+30 mois a fait l'objet d'un suivi simple.

2.3 Suivis complets

Les suivis complets sont réalisés une fois par an, pendant la saison chaude, soit en janvier-février. Il s'agit de réaliser les mêmes mesures que lors du suivi simple (taux de survie, mortalité partielle, et croissance des transplants) et d'évaluer la colonisation des sites de transplantation en poissons et invertébrés benthiques mobiles. Le taux de recrutement corallien naturel est également mesuré, comme indication du potentiel de régénération naturelle des sites.



3 METHODOLOGIE

3.1 Entretien des sites de transplantation

L'entretien des sites consiste à enlever les macro-débris, filets ou autres encombrants qui pourraient gêner la survie ou la croissance des coraux ; à enlever les étoiles de mer tueuses *Acanthaster planci* ; à remplacer ou replacer les barres métalliques matérialisant les transects permanents ; à remplacer la corde matérialisant le périmètre des sites ; et à recoller les transplants tombés au fond (s'ils sont encore vivants).

3.2 Mesure des taux de survie et de mortalité partielle des transplants

Les taux de survie et de mortalité partielle des transplants sont estimés par comptage visuel. L'observateur se déplace dans le site de transplantation et pour chaque transplant rencontré, il note son état de santé, réparti selon 3 catégories : vivant (aucune nécrose apparente), mortalité partielle (une partie de la colonie est nécrosée ou endommagée) ou mort (la colonie est entièrement morte) ; et la cause de la mortalité si elle est décelable.



Vivant



Mortalité partielle



Mort

3.3 Mesure de la croissance des transplants

La croissance des transplants est mesurée selon deux méthodes. La première consiste à effectuer annuellement une série de mesures basée sur la technique du Line Intercept Transect (un décamètre est déployé sur les fonds, en suivant le relief du récif. Chaque substrat rencontré le long du décamètre est reporté, au centimètre près). Cette méthode permet d'obtenir des données sur l'accroissement général de la couverture corallienne sur les sites de transplantation. Dans le cadre de cette mission seule la couverture corallienne a été recensée (et non la totalité des substrats rencontrés).

Afin d'obtenir des données plus précises sur la croissance des transplants, si le temps nous le permet (cette prestation n'étant pas incluse dans l'étude telle que définie initialement), certaines colonies transplantées seront suivies individuellement (50 sur le site *Montravel abrité*, 25 sur le site *Montravel exposé*, 25 sur le site *Casy*). Pour cela elles ont été marquées à l'aide d'une étiquette plastique, clouée sur le substrat, et l'accroissement de leur surface sera mesuré annuellement (mesure de la plus grande longueur et de sa perpendiculaire). Dans le cadre de cette mission, ces mesures n'ont pu être réalisées faute de temps.

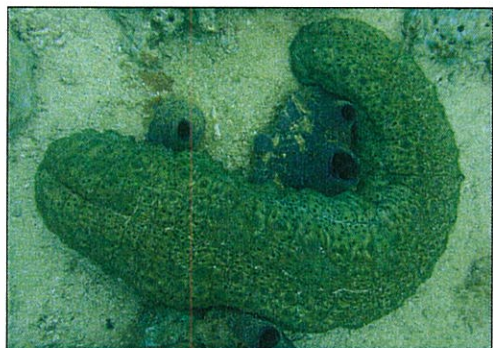
3.4 Mesure de la colonisation des sites transplantés

3.4.1 Recrutement corallien naturel



Le taux de recrutement corallien naturel est estimé par comptage des recrues coralliennes (tout individu dont le diamètre est inférieur à 3 cm) sur le substrat rocheux, le long des transects permanents (largeur = 2 m, 1 m de chaque côté du décamètre).

3.4.2 Invertébrés benthiques mobiles



Les macro-invertébrés benthiques mobiles (échinodermes, mollusques, etc.) sont recensés le long des transects permanents (largeur = 2m ; 1m de chaque côté du décamètre).

3.4.3 Populations de poissons



Initialement, il était prévu de recenser les populations de poissons le long des transects permanents (largeur = 5 m ; 2,5 m de chaque côté du décamètre), selon la méthode *Visual Fish Census* développée par AIMS (comptage sur couloir à largeur fixe). Une technique différente a été adoptée, basée sur la revue d'articles scientifiques existants et conseils d'experts en restauration récifale. Ceci implique que les données récoltées lors du suivi à 1 mois soient perdues mais présente l'avantage d'utiliser à présent une méthode dont les résultats seront plus représentatifs de l'effort de transplantation réalisé.

L'opération de restauration ayant consisté à réintroduire des colonies coralliennes vivantes majoritairement branchues, le présent protocole repose sur les liens existant entre la présence de ces coraux vivants et certains poissons. Il repose sur une double hypothèse :

- 1) la présence de coraux vivants en quantité suffisante offre une ressource alimentaire pour des poissons corallivores (en particulier les corallivores stricts) qui se nourrissent de polypes vivants ;
- 2) la présence de coraux vivants branchus en quantité suffisante offre un habitat adéquat à certaines espèces de poissons sédentaires qui y sont inféodés.

Etant donné la contrainte de temps pour réaliser ces suivis, un choix délibéré est fait de concentrer les efforts d'échantillonnage sur peu d'espèces entretenant des liens étroits avec le

résultat de l'opération de restauration, par rapport à l'option d'évaluer les caractéristiques de la population ichtyologique à des niveaux supérieurs, impliquant un plus grand nombre d'espèces de poissons. Les espèces des familles Chaetodontidae (poissons-papillons) et Pomacentridae (poissons-demoiselles) ont été sélectionnées pour les comptages.

La méthode de comptage choisie est celle du « point fixe ». Elle consiste à compter les poissons sans se déplacer (en pivotant à 360° autour de son axe) dans un rayon fixe (de 3m, l'identification de petites espèces tel que c'est le cas ici étant difficile au delà) et pendant un temps limité (10mn). A partir de son immersion, l'observateur reste tout d'abord 2mn immobile sans compter puis effectue ses comptages pendant 8mn. Cette période d'immobilité permet aux poissons de s'« habituer » à la présence du plongeur et de limiter ainsi le biais lié à la présence humaine sur site. Il a été convenu de réaliser 2 réplicats par zone de restauration de 500m² et par zone témoin, soit :

Site	Surface	Nombre de réplicats
Montravel abrité	1000 m ²	4 comptages sur site de restauration 4 comptages sur site témoin
Montravel exposé	500 m ²	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin
Casy	500 m ²	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin

Les zones témoins sont adjacentes aux sites de restauration. Les réplicats sont choisis de manière aléatoire (l'observateur nage les yeux fermés et laisse tomber sur le fond un plomb relié à une bouée qui définit le site de comptage).

Lorsque le jeu de données sera suffisamment important, un traitement statistique des données sera réalisé sur la base d'ANOVA simple afin de mettre en évidence ou pas des différences significatives entre les sites de restauration et les sites témoin. Pour l'heure, seules des comparaisons de moyennes d'abondance, tous poissons confondus, sont réalisées, permettant de dégager des grandes tendances.

Tous les comptages sont réalisés en plongée sous marine par des plongeurs professionnels biologistes marins.

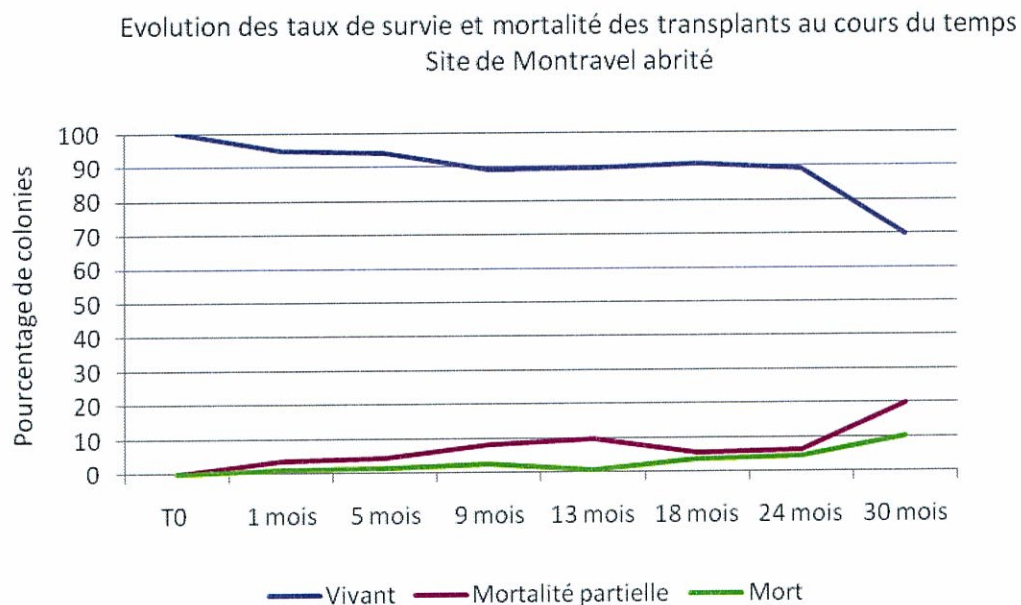
4 RESULTATS

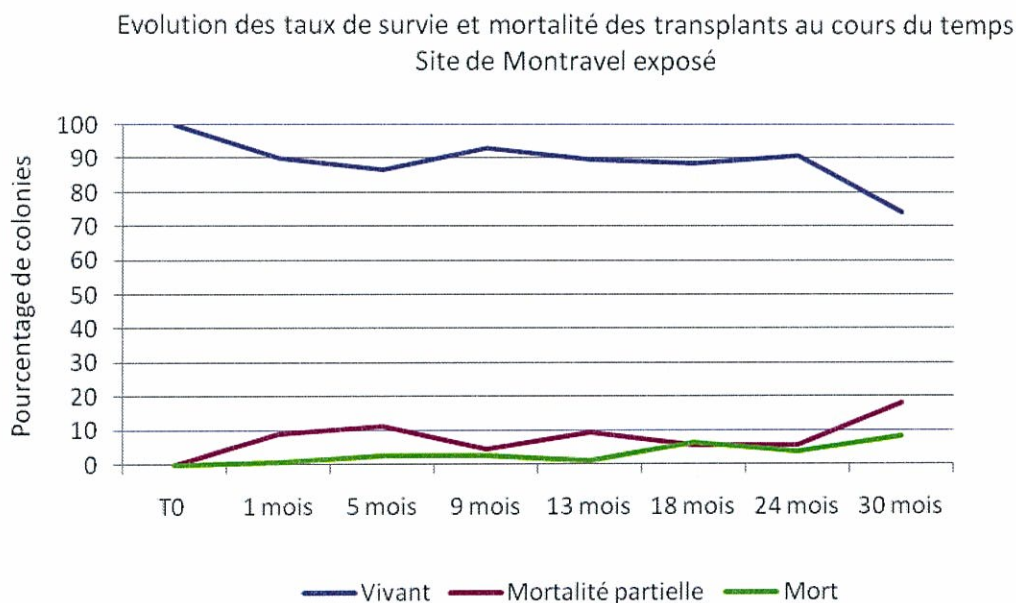
4.1 Taux de survie des transplants

Le tableau ci-dessous présente les résultats des comptages effectués lors de ce suivi. Les figures qui suivent tracent l'évolution des taux de mortalité et de survie au cours des 30 derniers mois suivant la transplantation sur les 3 sites de restauration.

Site	Vivant	Mortalité partielle	Mortalité	Echantillon mesuré
Montravel abrité	70%	20%	10%	74%
Montravel exposé	74%	18%	8%	63%
Casy	50%	25%	25%	58%

Tableau 1. Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration





Bien qu'une mortalité un peu plus élevée ait été enregistrée sur les sites de Montravel, les résultats de ce suivi suivent toujours la même tendance que lors des précédents suivis. On peut considérer que 30 mois après transplantation, l'opération est toujours un succès sur les sites de Montravel abrité et exposé, comme l'attestent les forts taux de survie des colonies transplantées. Les trois quarts des transplants sont encore en très bon état de santé et le taux de mortalité est de l'ordre de 10%. La proportion de colonies partiellement dégradées est de l'ordre de 20%.

Comme indiqué lors des précédents suivis, une partie des colonies partiellement dégradées sont des colonies d'Acropores tabulaires qui ont souffert de la prédation par les poissons (en particulier les poissons perroquets, observés en grand nombre sur ces sites) ou des Acropores branchues dont la base des branches a été colonisée par des algues (en particulier *Dyctiota* sp.) ou abrasée par le contact avec le fond sableux.

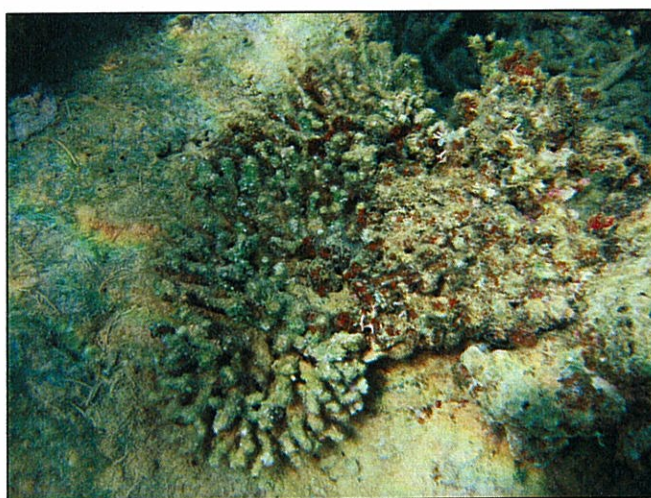
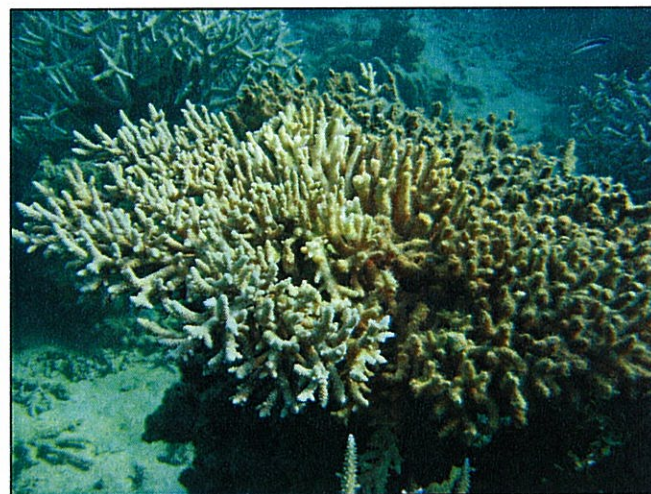
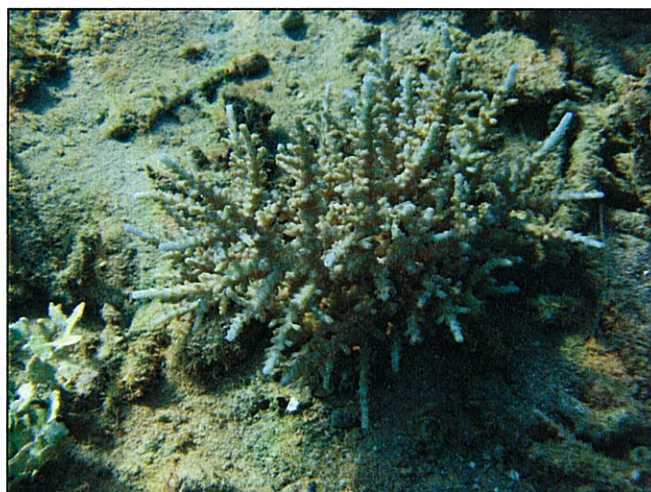
En outre ces dégradations, un fort taux de sédimentation a été observé sur les sites de Montravel, possiblement lié aux pluies fréquentes et intenses qui se sont abattues sur la Nouvelle-Calédonie depuis le début de l'année 2008, en particulier entre février et avril. Cette année a effectivement été considérée comme très pluvieuse (période La Nina), avec un bilan de +121% pour le trimestre février-avril 2008, ce qui le place au premier rang sur la période de mesure comprise entre 1951 et 2008. En particulier sur la zone de Yaté/usine de Goro Nickel, la quantité de pluie tombée entre février et avril 2008 s'élève à +135% par rapport à la moyenne climatique calculée sur la période 1971-2000 (voir Annexe 1 pour le bilan climatologique de la saison des pluies 2007/2008 établi par Météo France). Il est très probable que ces fortes pluies aient affectées les coraux transplantés (et naturels) par phénomène de dessalure (provoquant un stress qui conduit généralement à un blanchissement corallien, soit l'expulsion des algues symbiotiques des coraux) et/ou par étouffement des polypes coralliens lié au drainage d'une quantité importante

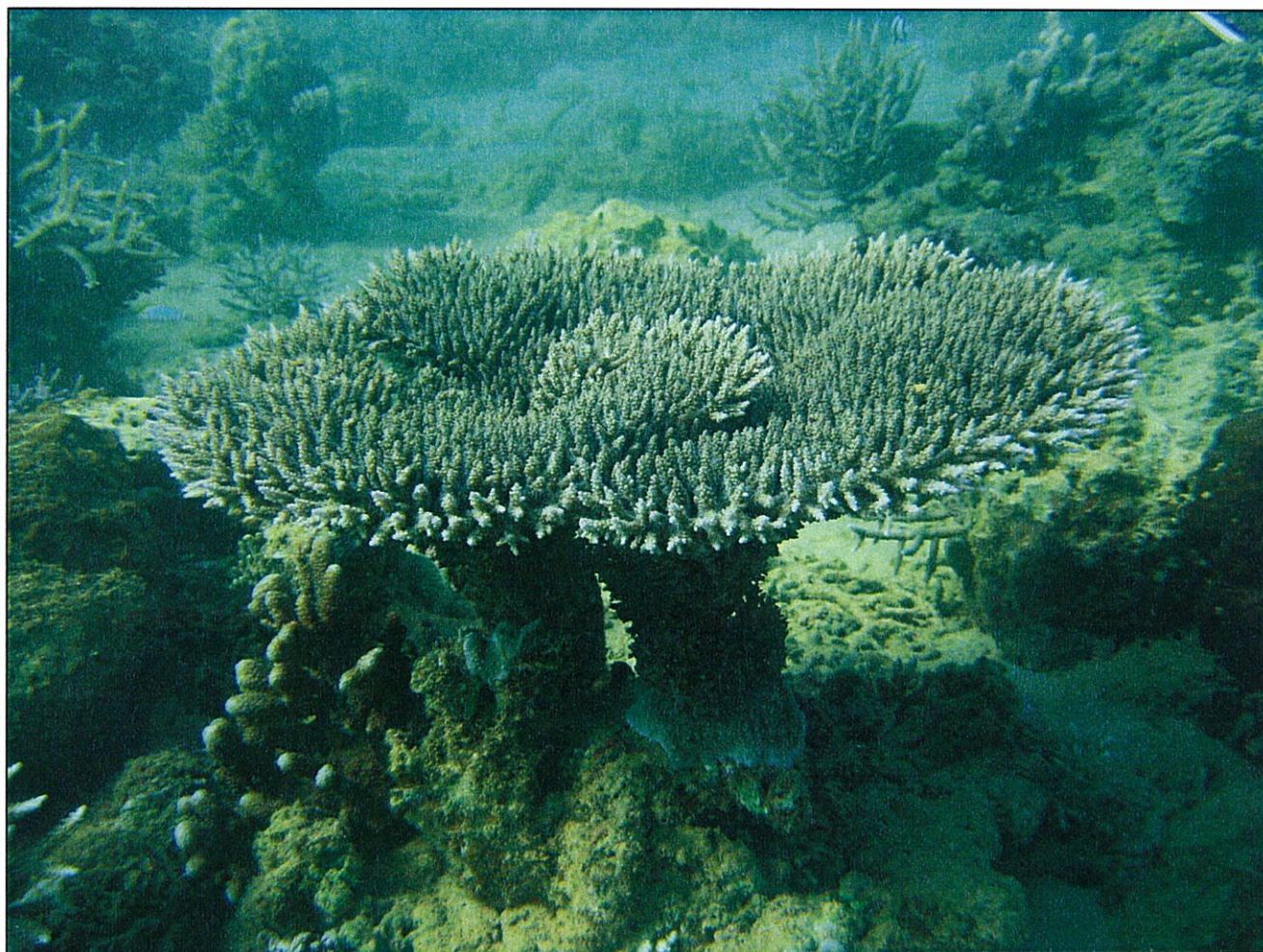
de particules terrigènes depuis la côte. Les taux de mortalité et de mortalité partielle ont ainsi augmenté de manière assez significative depuis le dernier suivi.

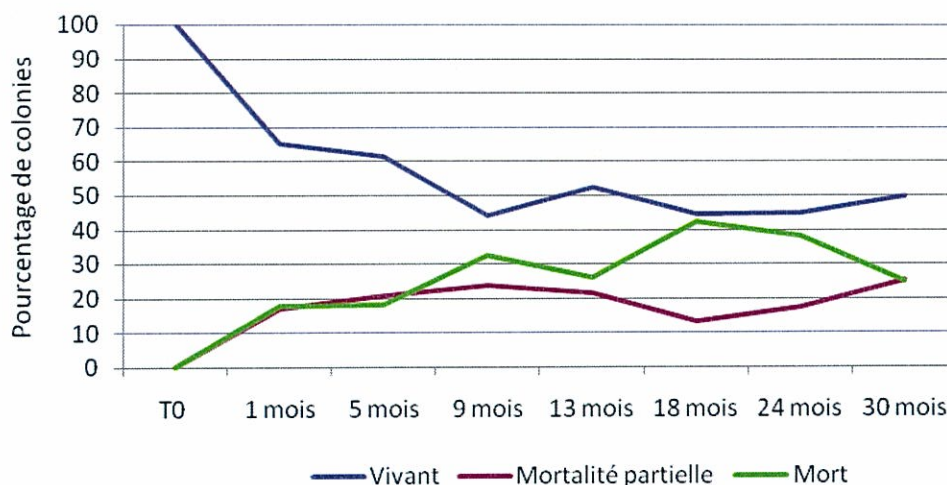
Une réserve doit toutefois être émise sur les résultats de ce suivi : les observateurs ayant réalisé les comptages étant très peu familier avec les sites, les taux de survie et de mortalité sont davantage représentatifs de l'ensemble du site, comprenant les coraux transplantés et naturellement présents. Ainsi il n'est pas possible de déterminer si les coraux transplantés ont été plus ou moins affectés par les nécroses et mortalités recensées que les coraux naturellement présents (traduisant une adaptation au fil du temps). Les résultats du prochain suivi (qui sera réalisé par l'ingénieur en charge de la transplantation et de la grande majorité des suivis effectués jusqu'à présent) permettront certainement de tirer des conclusions sur ce sujet.

Les photos qui suivent illustrent ces descriptions.

Aspect des fonds sur le site de restauration de Montravel exposé
Suivi à +30 mois après transplantation





Evolution des taux de survie et mortalité des transplants au cours du temps
Site de Casy

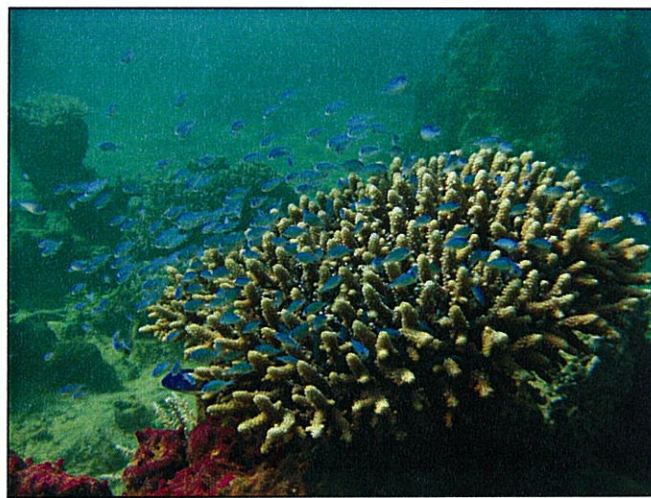
Les résultats suivent toujours la même tendance sur le site de Casy. Après une forte augmentation des taux de mortalité et de nécrose partielle lors du 1^{er} mois (plus d'un tiers des transplants ayant subi des dégradations, liées à l'attaque des *Culcita* et des *Acanthaster*), ces taux se sont stabilisés jusqu'en milieu d'année (entre +1 et +5 mois) où une forte augmentation de la mortalité a de nouveau été constatée (moins de la moitié des transplants étaient alors indemnes 9 mois après leur transplantation). Un an après leur transplantation, près d'un tiers des colonies étaient totalement mortes. Au cours des 3 derniers suivis, à +18, +24 et +30 mois, des résultats très similaires ont été enregistrés avec près de la moitié des transplants encore en vie, l'autre moitié étant en mauvais état de santé ou complètement mort. Il est à noter qu'il devient difficile de distinguer les colonies mortes des substrats rocheux, le pourcentage de mortalité a ainsi pu être sous-estimé.

Les nécroses et mortalités concernent toutes les formes de croissance et espèces transplantées, ainsi que les coraux naturellement présents sur le site.

Bien qu'aucun spécimen n'ait été retrouvé sur le site de restauration lors du dernier suivi, la principale cause de mortalité des transplants est très probablement la prédation par les étoiles de mer épineuses, *Acanthaster planci*. Les étoiles de mer coussins, *Culcita*, sont toujours présentes sur le site de restauration, sur et autour des transplants (3 individus recensés). De nombreuses étoiles de mer, *Fromia monilis*, ont été recensés, elles sont détritivores donc à priori non nuisibles pour les coraux transplantés.

Les photos qui suivent illustrent ces descriptions.

Aspect des fonds sur le site de restauration de Casy
Suivi à +30 mois après transplantation



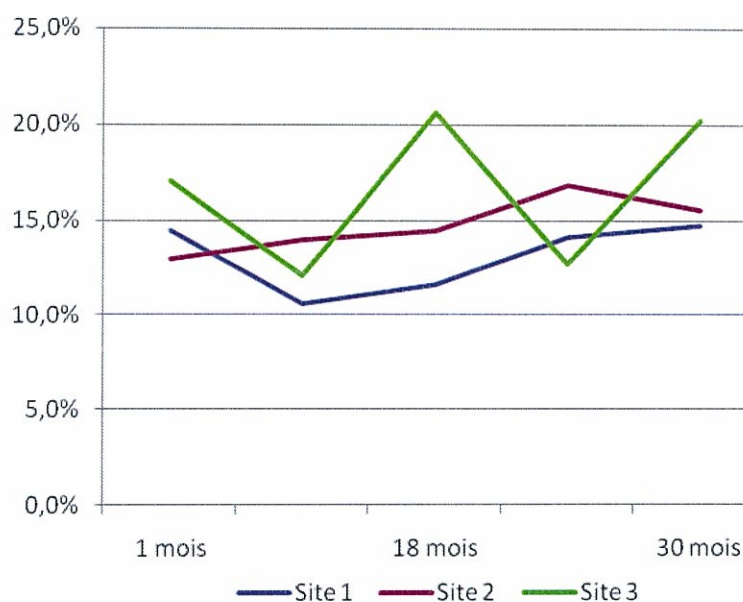
4.2 Croissance des transplants

Deux ans après leur transplantation, tous les transplants sont maintenant fermement attachés au substrat et il ne subsiste plus aucune trace de ciment à la base des colonies. De plus de jeunes recrues coralliennes observées lors des premiers suivis sont maintenant devenues des colonies adultes, ce qui ajoute une difficulté supplémentaire dans l'identification des colonies transplantées. L'identification de ces colonies par rapport à celles présentes naturellement repose uniquement sur la connaissance du site par les observateurs. Il devient désormais primordial de conserver la même équipe de travail pour réaliser les comptages afin de ne pas introduire de biais dans l'évaluation du recouvrement corallien.

Le tableau ci-dessous (Tableau 2), illustré par la Figure qui suit, ne montre pas d'évolution significative des taux de recouvrement corallien sur les sites de Montravel 1 et 2. Sur le site de Casy, ce taux est très fluctuant selon les suivis, ne permettant pas de conclure à une tendance nette à la croissance ou à la régression du taux de recouvrement en corail vivant au cours des 2,5 années écoulées depuis la transplantation.

Site	Suivi	Taux de recouvrement corallien moyen
Site 1	1 mois	14,4%
	13 mois	10,6%
	18 mois	11,6%
	24 mois	14,1%
	30 mois	14,7%
Site 2	1 mois	13,0%
	13 mois	14,0%
	18 mois	14,5%
	24 mois	16,8%
	30 mois	15,5%
Site 3	1 mois	17,0%
	13 mois	12,1%
	18 mois	20,6%
	24 mois	12,7%
	30 mois	20,2%

Tableau 2. Taux de recouvrement moyen en corail vivant sur les 3 sites de transplantation, mesuré par la technique du *Line Intercept Transect*.



Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur les 3 sites de restauration

5 SYNTHÈSE DES RESULTATS

Deux ans et demi après transplantation, les résultats obtenus sont encore très encourageants pour la pérennité de ce projet.

En particulier en ce qui concerne les sites situés sur la presqu'île de Montravel (sites 1 et 2), les taux de mortalités des transplants sont très faibles, de l'ordre de 10 %. Les trois-quarts des transplants sont encore en excellent état de santé (aucune nécrose), ce qui constitue une très belle réussite en comparaison avec d'autres projets existants référencés dans la littérature scientifique. En revanche de nouvelles nécroses et mortalités ont été recensées lors de ce suivi, probablement liées à un fort taux de sédimentation sur les sites, généré par l'afflux de particules terrigènes lors des épisodes pluvieux exceptionnellement intenses de ce début d'année. Il est également probable que certains coraux aient été affecté par un blanchissement corallien lié à la dessalure engendrée par ces pluies importantes. La mesure du taux d'accroissement en corail sur les sites de transplantation continue à indiquer des résultats encourageants, bien que *de visu* cette croissance ait été observée depuis un certain nombre de suivis, de manière beaucoup plus significative. Tous les transplants sont maintenant fermement attachés au substrat, traduisant une bonne adaptation de ces coraux dans le nouvel environnement, il est désormais impossible pour un observateur non averti de déceler les coraux transplantés de ceux présents naturellement. Les faibles taux de mortalité et mortalités partielles permettent également de confirmer la pertinence du choix de ces 2 sites de transplantation, et des méthodes utilisées, qui ne semblent pas avoir trop stressé les transplants.

Sur le site de Casy, la mortalité des transplants est stable, avec la moitié des transplants morts ou nécrosés, l'autre moitié encore survivante. Il semble que la mortalité soit presque essentiellement liée à la prédation exercée par des étoiles de mer épineuses (*Acanthaster planci*), bien qu'aucun individu n'ait été recensé sur le site lors du présent suivi. La mortalité et les nécroses touchent autant les coraux transplantés que ceux naturellement présents. La présence de ces prédateurs, sur ce site où des invasions avaient déjà été enregistrées, avait été annoncée comme un risque majeur dans la survie des transplants.

ANNEXE

BILAN CLIMATOLOGIQUE DE LA SAISON DES PLUIES 2007/ 2008 Rapport Météo-France



BILAN CLIMATOLOGIQUE DE LA SAISON DES PLUIES 2007/ 2008 : LA SAISON DE TOUS LES RECORDS

Climatologie :

En Nouvelle-Calédonie, la saison des pluies est comprise entre décembre et avril. C'est en effet pendant la saison chaude que l'archipel est soumis à l'influence de la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale) alors présente dans l'ouest du Pacifique Sud, ainsi que de la ZCPS (Zone de Convergence du Pacifique Sud) qui se décale vers le sud-ouest. La proximité de ces zones de convergence favorise la présence d'un air chaud et humide souvent propice à des épisodes pluvieux. C'est aussi la saison des cyclones qui sont accompagnés par des bandes nuageuses à l'origine de pluies diluviennes.

C'est pourquoi, les précipitations entre janvier et mars représentent, en moyenne, entre 40% et 50% des précipitations totales annuelles. Pour la saison comprise entre décembre et avril, ce pourcentage s'établit entre 55% et 65% du total annuel.

2007/2008, la saison de tous les records :

Pendant la saison des pluies 2007/2008, l'écart à la normale mensuelle des précipitations, calculé pour 28 postes répartis sur l'ensemble de l'archipel, est de +57% en décembre, +9% en janvier, +79% en février, +120% en mars et +195% en avril.

Sur la période 1951-2008, le mois d'avril 2008 est classé second dans l'ordre des mois d'avril les plus pluvieux, après celui de 1975 qui avait enregistré un écart à la normale de +220%. En revanche, le mois de mars 2008 constitue un nouveau record mensuel. L'ancien record pour un mois de mars datait de 1967 avec un écart à la normale de +117%.

La période la plus pluvieuse de cette saison est comprise entre février et avril avec un bilan de +121% pour ce trimestre, ce qui le place au premier rang sur la période de mesure comprise entre 1951 et 2008. Les bilans de février à avril des autres années les plus pluvieuses sont +93% en 1975, +84% en 1967 et +48% en 1992. C'est dire l'ampleur de ce nouveau record.

Si l'on fait le bilan sur les mois compris entre décembre et avril, on observe un excédent de +86% qui est aussi un nouveau record, très peu au dessus de la saison 1988/1989 (+85%). L'explication de ce déluge est en grande partie donnée par la phase La Niña qui a sévi pendant toute la saison chaude et qui s'est illustrée sur le Territoire par la proximité des zones de convergence de février à avril. Il est à noter aussi que l'activité cyclonique n'a pratiquement pas affecté la Nouvelle-Calédonie et que ces importantes précipitations sont d'autant plus remarquables.



Voici quelques chiffres pour se faire une idée des quantités observées de **décembre 2007 à avril 2008**, ainsi que la comparaison avec les quantités annuelles moyennes. On note que beaucoup de postes ont enregistré plus de pluie lors de ces 5 mois que le cumul annuel moyen calculé sur la période 1971-2000 (normale climatique) :

- 1282 mm à Koumac, soit 31% de plus que la quantité annuelle moyenne.
- 2910 mm à Canala, soit 73% de plus que la quantité annuelle moyenne.
- 3384 mm à Ponérihouen, soit 26% de plus que la quantité annuelle moyenne.
- 3541 mm à Yaté-Usine, soit 10% de plus que la quantité annuelle moyenne.
- 1668 mm à Ouanaham (Lifou), soit 2% de moins que la quantité annuelle moyenne.
- 893 mm à Nouméa, soit 16% de moins que la quantité annuelle moyenne.

Voici maintenant quelques chiffres montrant les quantités observées de **février à avril 2008**, ainsi qu'une comparaison à la normale :

- 926 mm à Koumac, soit +151% de plus que la normale pour ces trois mois.
- 1064 mm à Bourail, soit +151% de plus que la normale pour ces trois mois.
- 2303 mm à Canala, soit +237% de plus que la normale pour ces trois mois.
- 2381 mm à Ponérihouen, soit +133% de plus que la normale pour ces trois mois.
- 2772 mm à Yaté-Usine, soit +135% de plus que la normale pour ces trois mois.
- 1456 mm à Ouanaham, soit +139% que la normale pour ces trois mois.
- 691 mm à Nouméa, soit +84% de plus que la normale pour ces trois mois.