



Pacific
Community
Communauté
du Pacifique

RESCCUE

EVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE



L'Opérateur RESCCUE en province Sud de Nouvelle-Calédonie consiste en un groupement de 4 entreprises partenaires :

Asconit Consultants (leader)

Eric Baye, Directeur de Projet

eric.baye@asconit.com

Gaëlle Grattard

gaelle.grattard@asconit.com

Bioeko

Yannick Dominique, Coordinateur technique

ydominique@bioeko.nc

Vertigo Lab

Thomas Binet

thomasbinet@vertigolab.eu

ONFI

Quentin Delvienne

quentin.delvienne@onfinternational.org



Version	Date d'envoi	Rédacteur Principal/Contributeur
Version 1 envoyée à la PS et CPS	01/05/2016	Thomas Binet, Ambre Diazabakana, Marion Bregnard, Yannick Dominique, Gaëlle Grattard
Version 1 commentée par la PS et CPS	04/05/2016	Jbm, Paul Sauboua
Version 2 envoyée à la PS et CPS	01/06/2016	Thomas Binet, Ambre Diazabakana, Marion Bregnard, Yannick Dominique, Gaëlle Grattard
Version 2 commentée par la PS et CPS	20/06/2016	Jbm, Paul Sauboua
Version finale envoyée à la PS et CPS	29/06/2016	Thomas Binet, Ambre Diazabakana, Marion Bregnard, Yannick Dominique, Gaëlle Grattard
Version finale commentée par la CPS	04/07/2016	Jbm

Rappel des objectifs et composantes du projet

Le projet RESCCUE (Résilience des Ecosystèmes et des Sociétés face au Changement Climatique) vise à contribuer à accroître la résilience des pays et territoires insulaires du Pacifique face aux changements globaux par la mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Il prévoit notamment de développer des mécanismes de financement innovants pour assurer la pérennité économique et financière des activités entreprises. Ce projet régional opère sur un à deux sites pilotes dans chacun des pays et territoires suivants : Fidji, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Vanuatu.

RESCCUE est financé principalement par l'Agence française de développement (AFD) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), pour une durée de cinq ans (01/01/2014 - 31/12/2018). Le montant global du projet est estimé à 13 millions d'Euros. La CPS bénéficie d'un financement total de 6,5 millions d'euros : une subvention de l'AFD octroyée en deux tranches (2013 et 2016 à hauteur de 2 et 2,5 millions d'Euros respectivement), et une subvention du FFEM de 2 millions d'Euros. Le projet RESCCUE fait en complément l'objet de cofinancements. Sa maîtrise d'ouvrage est assurée par la CPS, assistée par les gouvernements et administrations des pays et territoires concernés.

Le site du « Grand-Sud » est un des deux sites pilotes retenus pour ce projet en Nouvelle-Calédonie. Le montant global du budget qui sera dédié à la déclinaison locale du projet sur ce site est de 630 k€ soit 75 millions de F CFP. La maîtrise d'ouvrage est assurée par la CPS, assistée de la province Sud. La maîtrise d'œuvre est quant à elle assurée par le consortium Asconit Consultants, Bio eKo Consultants, Vertigo Lab et ONF international.

RESCCUE est structuré en cinq composantes :

Composante 1 - Gestion intégrée des zones côtières : Il s'agit de soutenir la mise en œuvre de la GIZC « de la crête au tombant » à travers l'élaboration de plans de GIZC, la mise en place de comités ad hoc, le déploiement d'activités concrètes de terrain tant dans les domaines terrestres que marins, le renforcement des capacités et le développement d'activités alternatives génératrices de revenus.

Composante 2 - Analyses économiques : Cette composante soutient l'utilisation d'une large variété d'analyses économiques visant d'une part à quantifier les coûts et bénéfices économiques liés aux activités de GIZC, d'autre part à appuyer diverses mesures de gestion, politiques publiques et mises en place de mécanismes économiques et financiers.

Composante 3 - Mécanismes économiques et financiers : Il s'agit de soutenir la mise en place de mécanismes économiques et financiers pérennes et additionnels pour la mise en œuvre de la GIZC : identification des options possibles (paiements pour services écosystémiques, redevances, taxes, fonds fiduciaires, marchés de quotas, compensation, certification...) ; études de faisabilité ; mise en place ; suivi.

Composante 4 - Communication, capitalisation et dissémination des résultats du projet dans le Pacifique : Cette composante permet de dépasser le cadre des sites pilotes pour avoir des impacts aux niveaux national et régional, en favorisant les échanges d'expérience entre sites du projet, les expertises transversales, la dissémination des résultats en particulier au cours d'événements à destination des décideurs régionaux, etc.

Composante 5 - Gestion du projet : Cette composante fournit les moyens d'assurer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre du projet, l'organisation des réunions des comités de pilotage, des évaluations et audits, etc.

Le présent rapport présente l'un des principaux résultats de la composante 2 de la mise en œuvre du projet RESCCUE en province Sud. Son objectif est de fournir une étude des impacts associés à différents scénarios d'exploitation du nickel dans le Grand Sud afin d'apporter des éléments de réponses aux enjeux d'arbitrage entre développement économique et protection de l'environnement soulevés par l'activité minière en Nouvelle-Calédonie. Ces résultats devraient également appuyer des travaux qui seraient engagés sur l'arbitrage entre équité sociale et efficacité environnementale pour orienter la gestion des habitats naturels de Nouvelle-Calédonie.

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	6
RESUME EXECUTIF.....	8
CHAPITRE 1 : CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE	11
1 RESTAURATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE PACIFIQUE : LE PROJET RESCCUE	11
2 LE PROJET RESCCUE EN PROVINCE SUD	12
3 OBJECTIFS DE LA COMPOSANTE 2	12
4 QUELLES UTILISATIONS DE L'EVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE.....	13
4.1 L'APPROCHE RESCCUE	13
4.2 OBJECTIFS DE L'EVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE	15
4.3 UN ARBITRAGE PARTIEL ENTRE EQUITE SOCIALE ET EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE	16
5 STRUCTURE DU RAPPORT	16
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE D'EVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE.....	17
1 APPROCHE GENERALE	17
1.1 L'ECONOMIE DE LA DEGRADATION	17
1.2 EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	17
2 IDENTIFICATION DES IMPACTS LIES A L'ACTIVITE MINIERE DANS LE GRAND SUD.....	19
3 VALORISATION DES RESULTATS DE L'EVALUATION ECONOMIQUE DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES DU GRAND SUD	19
4 DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD	19
CHAPITRE 3 : CADRE DE L'EVALUATION	21
1 PERIMETRE DE L'ETUDE	21
2 L'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD.....	22
2.1 LE CADASTRE MINIER DU GRAND SUD	22
2.2 SUPERFICIE DES ECOSYSTEMES DU CADASTRE MINIER DU GRAND SUD.....	22
CHAPITRE 4 : DESCRIPTION ET EVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE DANS LE GRAND SUD	25
1 QUALIFICATION DES IMPACTS DE L'ACTIVITE MINIERE SUR LES MILIEUX NATURELS DE NOUVELLE-CALEDONIE	25
1.1 CYCLE MINIER.....	25
1.2 QUELS IMPACTS DE L'ACTIVITE MINIERE DANS LE GRAND SUD ?	26
1.3 BENEFICIAIRES DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES IMPACTES PAR LES ACTIVITES MINIERES	41
2 PERTES DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES SELON DIFFERENTS SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD.....	42
2.1 DEFINITION DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE	42

2.2	EVALUATION DE LA PERTE EN SURFACE PRODUCTIVE EN SERVICE POUR CHACUN DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE	44
3	EVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE.....	46
3.1	ÉVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE NETTE EN SURFACES PRODUCTIVES EN SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE.....	46
3.2	EVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE ABSOLUE EN SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE.....	52
	CHAPITRE 5 : DISCUSSION.....	56
1	ANALYSE DES IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'EXPLOITATION MINIERE.....	56
2	LIMITES DE L'OUTIL D'EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	57
3	RECOMMANDATIONS.....	58
	CONCLUSION.....	59
	BIBLIOGRAPHIE	60
	ANNEXES.....	63

Liste des abréviations et acronymes

ACV	Analyse du cycle de vie
CAP	Consentement à payer
CPS	Communauté du Pacifique
DIMENC	Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie
DTSI	Direction des Technologies et des Services de l'Information
EIE	Etude d'impact environnemental
ERC	Séquence « Eviter, réduire, compenser »
FEPS	Fondation de l'Eau Potable Sûre
F CFP	Franc Pacifique
GIZC	Gestion Intégrée des Zones Côtières
ISEE	Institut de la Statistique et des Etudes Economiques
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
RESCCUE	Restauration des Services Ecosystémiques et d'Adaptation au Changement Climatique
SE	Services Ecosystémiques
SPC	Secrétariat de la Communauté Pacifique
USD	Dollar
VAN	Valeur actualisée nette
VET	Valeur Economique Totale

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Projection de l'activité minière du Grand Sud sur 30 ans	8
Figure 2 : Le site pilote RESCCUE du Grand Sud calédonien	12
Figure 3 : Des objectifs de gestion à l'analyse économique - l'approche RESCCUE (Billé and Marre, 2015).....	14
Figure 4: Méthode d'évaluation des pertes de SE liées à l'activité minière du Grand Sud.....	18
Figure 5 : Périmètre du site pilote du Grand Sud.....	21
Figure 6: Carte des habitats au sein du cadastre minier du Grand Sud	23
Figure 7: Dynamique du cycle minier	25
Figure 8: Projection de l'activité minière du Grand Sud sur 30 ans	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Résultats de l'évaluation des impacts environnementaux de l'activité minière.....	9
Tableau 2 : Détails des superficies par habitat et couvert végétal du cadastre minier du Grand Sud .	24
Tableau 3: Ecosystèmes impactés par le décapage du couvert végétal induit par l'activité minière...	27
Tableau 4 : Ecosystèmes impactés par la perturbation du régime hydraulique induite par l'activité minière	29
Tableau 5 : Ecosystèmes impactés par la détérioration de la qualité de l'eau induite par l'activité minière	31
Tableau 6 : Ecosystèmes impactés par les émissions de CO ₂ et d'autres Gaz à Effet de Serre induites par l'activité minière	33
Tableau 7 : Ecosystèmes impactés par la multiplication des départs de feux induite par l'activité minière	36
Tableau 8 : Ecosystèmes impactés par la prolifération d'espèces envahissantes induite par l'activité minière	38
Tableau 9 : Ecosystèmes impactés par la pollution des sols induite par l'activité minière	40
Tableau 10: Détails des superficies par habitat et couvert végétal des scénarios d'exploitation minière envisagés dans le Grand Sud	44
Tableau 11: Services écosystémiques considérés (en blanc) et non-considérés (en gris) dans l'évaluation en perte de surfaces productives	46
Tableau 12: Evaluation des pertes pour les différents scénarios d'exploitation minière du Grand Sud	48
Tableau 13: Bénéficiaires des services écosystémiques calculés impactés par l'activité minière du Grand Sud.....	51
Tableau 14: Hypothèses des pertes qualitatives en services écosystémiques selon les scénarios	54

Résumé exécutif

Ce travail présente les résultats d'une évaluation économique des impacts environnementaux liés à l'activité minière dans le Grand Sud, conduite par le projet RESCCUE pour appuyer la province Sud dans la définition d'une stratégie cohérente de gestion de ses espaces naturels.

Les impacts environnementaux liés à l'activité minière sont entendus ici comme des pertes en services écosystémiques dont les valeurs économiques ont été calculées pour trois scénarios d'exploitation minière envisagés sur 30 ans dans le Grand Sud: 1) un scénario de non-exploitation, 2) un scénario d'exploitation faible (zone jaune de la Figure 1) et 3) un scénario d'exploitation moyenne (zones jaune et rose, Figure 1).

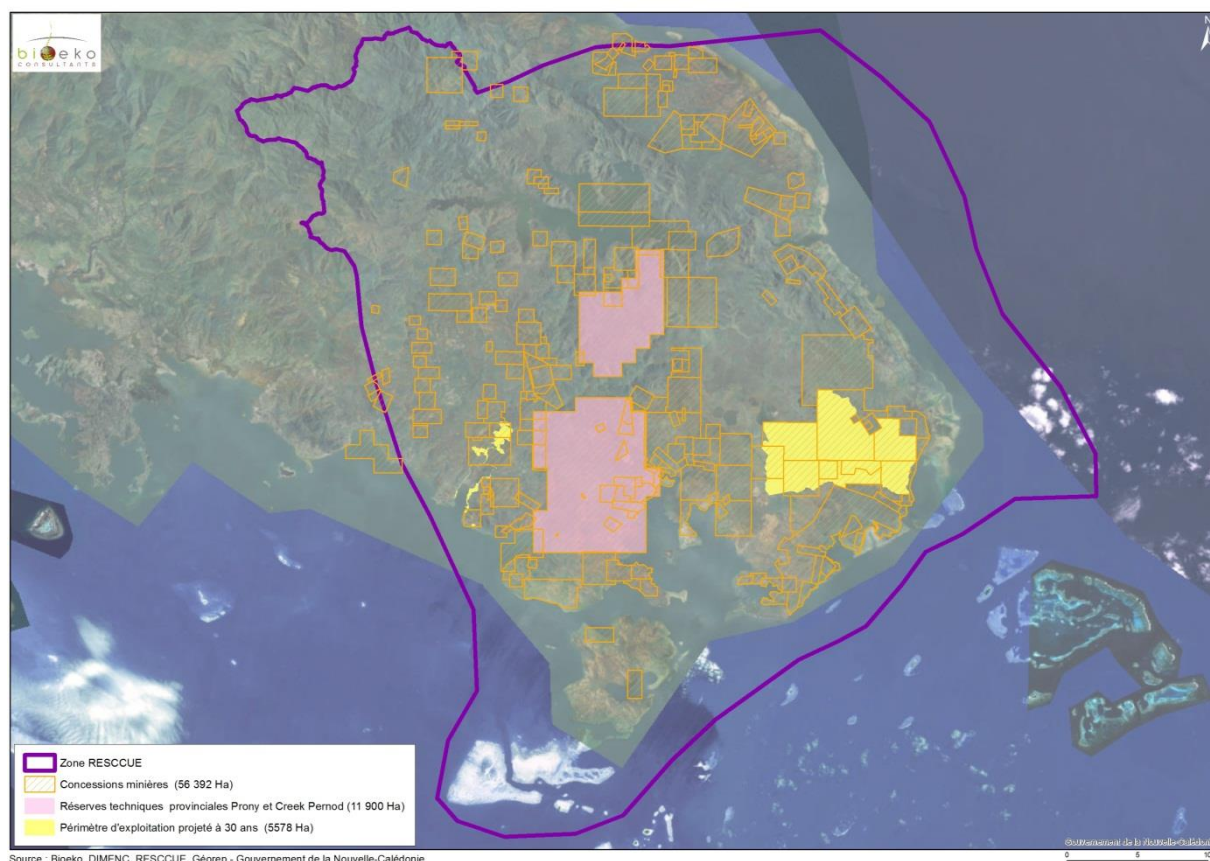


Figure 1: Projection de l'activité minière du Grand Sud sur 30 ans

Les pertes liées à l'activité minière ont d'abord été calculées à partir des pertes nettes en couvert végétal, traduites en variation de surfaces productives en services écosystémiques (en hectares). Dans un second temps, des hypothèses, à dire d'expert, ont été faites afin de considérer les impacts qui toucheraient, cette fois-ci, à une variation de l'état de santé des écosystèmes et donc la fourniture des services offerts par ces écosystèmes. Ce second niveau d'analyse aura notamment permis d'intégrer les notions de continuité écologique et hydrologique en considérant la dégradation par l'activité minière d'habitats situés en dehors du cadastre minier.

L'analyse des valeurs économiques des services écosystémiques calculées pour les différents scénarios met en évidence une augmentation de la perte en services écosystémiques entre les différents niveaux d'exploitation minière (Tableau 1): sans hypothèse de variation qualitative des services écosystémiques, le développement d'une exploitation minière faible engendrerait une perte en valeur économique de plus de 424 millions de F CFP sur 30 ans ; avec des hypothèses basses de variation qualitative de l'état de santé des écosystèmes connectés au cadastre minier exploité, cette même

variation de la surface du cadastre minier exploité engendrerait une perte de valeur économique de 893 millions de F CFP soit 110% de pertes en plus en considérant l'existence de connectivités écologiques. Dans le scénario d'exploitation moyenne, la perte en valeur économique est estimée à près de 1,2 milliards de F CFP en l'absence d'hypothèses sur la variation qualitative des SE, et à plus de 2,1 milliards de F CFP avec des hypothèses relative à la variation qualitative des SE, soit une augmentation de 80% des pertes de SE en considérant l'existence de connectivités écologiques.

Tableau 1: Résultats de l'évaluation des impacts environnementaux de l'activité minière

	Différence de la valeur actualisée totale nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation faible sur la période 2016-2046	Différence de la valeur actualisée totale nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046	Différence de la valeur actualisée totale nette du scénario d'exploitation faible et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046
Sans hypothèses de variation qualitative	424 millions	1,2 milliards	746 millions
Avec hypothèses faibles de variation qualitative	893 millions	2,1 milliards	1,2 milliards

Les populations locales sont les principaux acteurs impactés par cette perte de services écosystémiques. En effet, dans le scénario d'exploitation faible, elles supporteraient plus de 72% des pertes et 66% dans le scénario d'exploitation moyenne.

La présente étude aura permis de mettre en évidence plusieurs limites au recours à l'évaluation économique des services écosystémiques pour l'analyse des impacts liés à l'activité minière. Ces limites découlent principalement du manque de données disponibles sur :

- certaines fonctionnalités (aspects quantitatifs de la régulation des flux hydriques joués par les différentes formations végétales,...) des écosystèmes du Grand Sud, rendant impossible l'évaluation économique de certains services ;
- certaines valeurs économiques associées aux services écosystémiques « culturels » du Grand Sud, notamment les valeurs de non usage ;
- la quantification exhaustive des impacts de l'activité minière sur ces écosystèmes (modification des flux hydriques notamment).

Ces dernières lacunes auront fait perdre en précision la modélisation des impacts. Cette étude aura cependant permis de démontrer l'intérêt d'une approche basée sur les services écosystémiques pour l'identification de l'ensemble des impacts d'un projet de développement sur la société. Il s'agit donc, dans de futurs travaux, de savoir si, pousser cet exercice jusqu'à la monétarisation peut réellement servir à l'information des acteurs, à la décision ou dans le cas de l'activité minière au développement de mesures de compensation.

Les premiers résultats de la présente étude pourront servir plusieurs fins :

- Ils offrent aux gestionnaires du Grand Sud des arguments, basés sur les hypothèses qualitatives émises sur les impacts environnementaux indirects de l'activité minière, en faveur d'un meilleur arbitrage entre enjeux de développement économique et enjeux écologiques (continuité écologique, continuité hydrologique, etc.) pour la **gestion des écosystèmes du cadastre minier** ;
- Ils ouvrent la voie d'une plus grande considération des services écosystémiques dans la mise en œuvre des **projets de compensation** sur le territoire.
- Ils permettent d'aborder sous un nouvel angle la question des impacts socio-économiques des projets miniers sur les communautés locales telle que cela est demandé règlementairement dans les évaluations environnementales complétant l'offre indicateurs d'état de santé du milieu déjà existants mais incomplets.

En revanche, l'évaluation économique conduite ici ne semble pas vraiment avoir d'utilisation possible en termes de plaidoyer pour une plus grande protection de la biodiversité ou contre le développement de l'activité minière dans le Grand Sud, à la vue des résultats obtenus. A cette fin, il pourrait être plus utile de réaliser une analyse distributive de la rentabilité de l'activité minière et des impacts socio-économiques qu'elle engendre.

Chapitre 1 : Contexte général de l'étude

1 RESTAURATION DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE PACIFIQUE : LE PROJET RESCCUE

Les états et territoires insulaires du Pacifique, et plus largement les états archipélagiques, sont souvent présentés comme les plus vulnérables aux effets du changement climatique, tout d'abord en raison de leur faible élévation par rapport au niveau de la mer (Cournil et Gemenne 2011) mais également du fait de leur **forte dépendance aux écosystèmes terrestres et marins** (AFD 2015; Longépée 2015) directement affectés par ces variations des conditions du milieu. Dans ce contexte, le changement climatique est identifié comme la principale menace des territoires et des populations insulaires sur les cinquante prochaines années (David 2011).

Un des principaux enjeux des états et territoires insulaires du Pacifique est donc aujourd'hui de mettre en place des mesures efficaces de lutte et/ou d'adaptation aux effets du changement climatique.

Afin d'accompagner ces territoires dans la définition des leviers de lutte et d'adaptation aux effets du changement climatique, la Communauté du Pacifique (CPS) met en œuvre janvier 2014 le projet régional de Restauration des Services Ecosystémiques¹ et d'Adaptation au Changement Climatique (RESCCUE).

Le projet s'organise autour de cinq grands volets, dont l'un porte sur l'utilisation des évaluations économiques dans la prise de décision (évaluation économique des services écosystémiques, analyse coûts-bénéfices, analyse coûts-efficacité, etc.). Ce volet spécifique vise à appuyer très concrètement la planification et la mise en œuvre de la GIZC, ainsi que le développement de mécanismes de financements innovants pour en garantir le caractère pérenne.

Des études pilotes sont déployées à Fidji, en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie Française et au Vanuatu avec pour objectif de renforcer l'utilisation des outils d'analyses économiques au service de la gestion intégrée des zones côtières. En Nouvelle-Calédonie, le choix a été fait de mobiliser les outils d'analyse économique pour évaluer dans un premier temps les services écosystémiques de deux sites pilotes : le site du bassin versant de la Thiem en province Nord et celui du Grand Sud en province Sud.

¹ Les services écosystémiques sont définis comme les biens et les services que fournissent les écosystèmes aux individus et à la société.

2 LE PROJET RESCCUE EN PROVINCE SUD

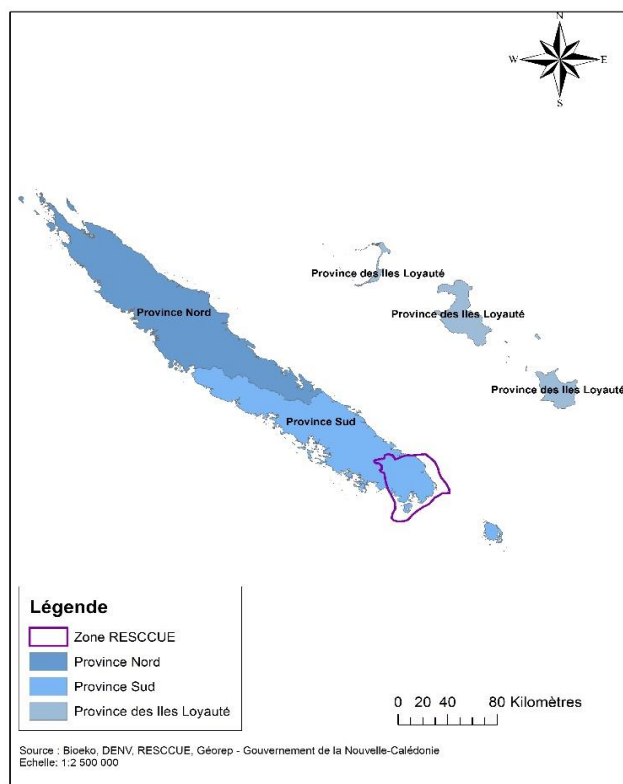


Figure 2 : Le site pilote RESCCUE du Grand Sud calédonien

Le site pilote du Grand Sud calédonien (Figure 2) abrite des ressources écologiques d'une grande richesse qui ont justifié la mise en place de nombreuses politiques et initiatives environnementales : site du Grand Lagon Sud inscrit au patrimoine mondial de l'humanité, zones humides des Lacs du Grand Sud classées par la Convention Ramsar, réseau d'aires protégées terrestres, restauration des sites dégradés par l'érosion, mesures compensatoires, observatoire de l'environnement, etc.

Face aux pressions pesant toujours sur les écosystèmes terrestres et marins du Grand Sud et le risque de voir émerger de nouvelles menaces sous l'effet du changement climatique, la province Sud a reconnu le besoin de gagner en cohérence et d'acquérir une vision stratégique dans la mise en œuvre de politiques et actions environnementales déjà en place sur le territoire. Les analyses économiques développées dans le cadre du projet RESCCUE devraient fournir des arguments pour mettre en débat et orienter la définition d'une stratégie de gestion et de conservation des écosystèmes du Grand Sud.

3 OBJECTIFS DE LA COMPOSANTE 2

La composante 2 du projet RESCCUE prévoit le développement d'arguments économiques pour les décideurs par rapport aux actions à développer dans le cadre d'une stratégie de gestion et de conservation des écosystèmes du Grand Sud. Elle doit notamment mettre en balance les stratégies envisagées par la province, entre protection de l'environnement et développement économique. Elle constitue ainsi la « charnière informative » de la mise en œuvre du projet par les informations qu'elle fournira en appui à la décision et pour orienter les choix qui seront opérés.

Dans un premier livrable, des évaluations économiques des services écosystémiques (SE) ont été menées afin de disposer des informations nécessaires à l'analyse coût-bénéfice de différents scénarios de gestion du territoire.

Dans ce second livrable, les résultats de l'évaluation des services écosystémiques sont utilisés pour étudier les impacts de l'activité minière sur les écosystèmes du Grand Sud. Cette évaluation doit apporter des éléments de réponses aux enjeux d'arbitrage entre développement économique et protection de l'environnement soulevés par l'activité minière en Nouvelle-Calédonie. En effet, l'exploitation du nickel, bien que constituant un atout majeur pour le développement économique en Nouvelle-Calédonie a un fort impact sur la qualité des écosystèmes du Grand Sud. La stratégie de gestion des écosystèmes du Grand Sud se devait donc de considérer cette menace dans son processus de développement.

4 QUELLES UTILISATIONS DE L'ÉVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ÉCOSYSTEMIQUES LIÉE À L'ACTIVITÉ MINIÈRE

4.1 L'APPROCHE RESCCUE

Le projet RESCCUE mobilise des outils d'analyse économique au service d'une gestion intégrée de la zone côtière et de l'adaptation au changement climatique (Billé et Marre 2015). Avec ces outils, l'objectif est de compléter les outils « traditionnels » de gestion de l'environnement avec une approche économique. Il s'agit notamment d'inclure les bénéfices liés à la préservation des écosystèmes et de la biodiversité, ou les coûts liés à leur dégradation, dans le champ de l'économie publique (optimisation possible du choix des agents économiques) et de la politique (efficacité des allocations budgétaires).

En particulier, l'évaluation économique des services écosystémiques vise à quantifier ces coûts et bénéfices, et leurs variations dans le temps, dans une optique d'aide à la décision. Pourtant, il apparaît qu'une grande partie des exercices d'évaluations se retrouvent déconnectés de la question centrale de leur utilisation dans les processus de décision. Par exemple, selon Laurans et al. (2013), seulement 3% des évaluations économiques des services ont répondu à une demande de politique publique.

Cela tient, selon nous, à plusieurs facteurs :

- Le manque de prise en compte des besoins des décideurs, les travaux d'évaluation étant la plupart du temps définis par l'offre (ce que les économistes ont à offrir) plutôt que par la demande des décideurs ;
- La limite conceptuelle et opérationnelle de l'approche par les services écosystémiques; pendant les années 2000, les chercheurs ont testé l'application de l'approche par les SE dans maintes situations et contextes, mais sans chercher à opérationnaliser son utilisation;
- Le manque de développement d'outils composites, qui ne se cantonnent pas à l'évaluation des services écosystémiques; l'approche par les services est le sujet de débats importants qui « crispent » bien souvent les acteurs et cristallisent les avis sur l'utilisation de ces outils ; cette approche pourrait gagner à être envisagée dans des approches plus opérationnelles et pour la décision (analyse coûts-bénéfices, arbitrage de scénarios prospectifs, etc.).

Le projet RESCCUE vise à remettre l'analyse économique au cœur de la décision, en mettant en œuvre des outils et méthodes pertinents pour l'utilisation des décideurs. Pour cela, la définition des analyses économiques doit nécessairement être fondée sur la demande (*demand-driven* en anglais) et émaner des questions et objectifs précis pour la prise de décision (Billé et Marre, 2015), comme détaillé dans la figure suivante.

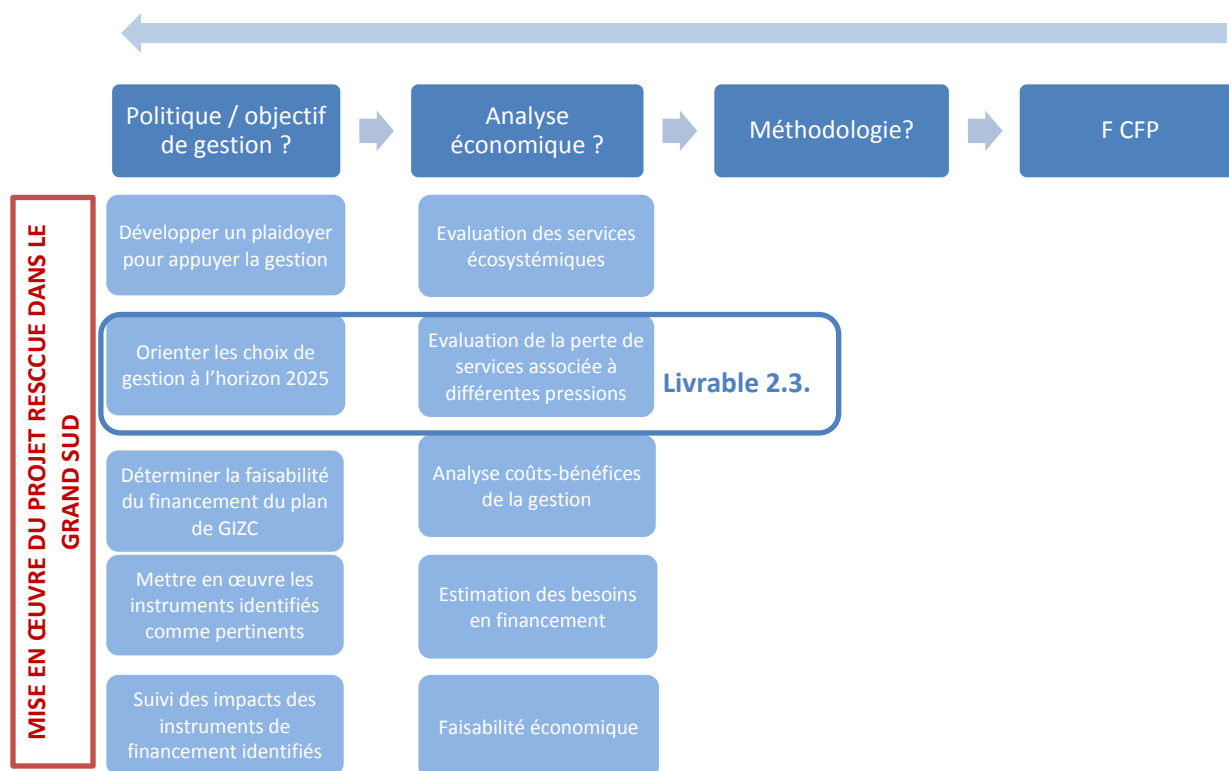


Figure 3 : Des objectifs de gestion à l'analyse économique - l'approche RESCCUE (Billé and Marre, 2015)

Dans ce cadre, l'évaluation de la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière fait figure d'exemple d'application des outils économiques pour appuyer la décision en matière d'arbitrage entre développement économique et protection de l'environnement.

4.2 OBJECTIFS DE L'ÉVALUATION DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE

Plusieurs utilisations pourront être faites des résultats de l'évaluation de la perte de SE liée à l'activité minière dans le Grand Sud. Tout d'abord, cette étude permet d'identifier les zones du Grand Sud les plus menacées par l'activité minière. La méthode proposée, ici, pourra être ensuite réutilisée par les gestionnaires du Grand Sud pour mieux prendre en compte la **gestion des écosystèmes du cadastre minier**. Cette gestion pourra inclure l'identification des concessions qui, présentant de plus forts enjeux de conservation (continuité écologique, continuité hydrologique, etc.), devront faire l'objet d'une gestion plus adaptée. Connecter les stratégies d'exploitation minière avec la notion de services écosystémiques devrait aussi permettre aux gestionnaires de repenser l'arbitrage entre développement économique du Grand Sud et conservation. Ceci devrait ainsi encourager la concertation entre les ONG, les décideurs publics et les exploitants miniers afin de réajuster cette stratégie vers une plus grande prise en compte de la biodiversité.

Cette première étude, loin de chercher à apporter des éléments précis pour la gestion fine du Grand Sud au regard de l'activité minière, vise à illustrer comment les gestionnaires pourraient mobiliser l'évaluation économique des services écosystémiques dans leur recherche de compromis entre les objectifs de développement portés par les acteurs économiques du territoire et les objectifs de conservation portés par les décideurs publics.

Ces résultats pourront également être utilisés pour accompagner les opérateurs miniers et les pouvoirs publics vers une meilleure prise en compte des qualités fonctionnelles des habitats et espèces lors de la mise en œuvre des **projets de compensation**. En effet, la mise en œuvre de mesures compensatoires en Nouvelle-Calédonie, et plus généralement à l'international, reste encore aujourd'hui peu systémique et fonctionnelle ; ces dernières s'appuyant quasi-exclusivement sur des obligations réglementaires vis-à-vis de la destruction d'espèces ou d'habitats protégés. Or, ces mesures gagneraient à mieux considérer des équivalences fonctionnelles ou des dépendances et connectivités écologiques² traduites en pertes de services écosystémiques : cela amplifierait les **bénéfices écologiques tirés de la compensation**. Egalement, la prise en compte des évaluations économiques de SE dans les outils de compensation devrait faciliter l'acceptation des mesures compensatoires par certains acteurs pour qui le caractère figé et conservateur des zones compensées peut apparaître comme un frein au développement local (Auroi 2014) : les zones compensées pourraient assurer à leur tour les fonctions écologiques qui supportent les activités économiques du territoire. L'évaluation économique des SE permettrait aussi de mettre en balance les coûts monétaires de la compensation avec les coûts liés à une perte de capital naturel (p. ex. coûts d'opportunité) démontrant cette fois ci des **bénéfices économiques des mesures compensatoires**.

Finalement, l'évaluation économique de la perte en services écosystémiques liée à l'activité minière pourrait s'inscrire dans la continuité des quelques démarches visant une meilleure reconnaissance du principe de « **préjudice écologique** ». En effet, sur le modèle de l'affaire du naufrage de l'Erika³, cette étude pourrait constituer une base d'information des préjudices de l'activité minière à la suite d'accidents ayant des impacts sur l'environnement néocalédonien (p. ex. fuite d'acide sulfurique) à travers l'évaluation des dommages subis par le milieu et les écosystèmes naturels et les pertes en services écosystémiques.

² La DENV a développé en 2015 un outil de calcul des équivalences écologiques pour la compensation. Cet outil n'intègre aujourd'hui, que dans une faible part, la notion de services écosystémiques.

³ En sombrant le 12 décembre 1999, l'Erika avait été à l'origine d'une marée noire de 400 kilomètres le long des côtes françaises. La Cour de cassation avait alors reconnu l'existence d'une atteinte à l'environnement naturel et condamné le pétrolier (Total) à près de 200 millions d'euros de dommages et intérêts dont 13 millions au titre du préjudice écologique.

4.3 UN ARBITRAGE PARTIEL ENTRE EQUITE SOCIALE ET EFFICACITE ENVIRONNEMENTALE

L'analyse de la perte en services écosystémiques liée à l'activité minière pourra alimenter les évaluations coûts-bénéfices associées à différents scénarios de gestion des espaces naturels du Grand Sud. En effet, les pertes de services présentées dans ce rapport pourront être confrontées aux bénéfices tirés de l'exploitation du cadastre minier ou encore être comparées aux bénéfices (ou pertes) socio-économiques liées à l'activité minière qui seraient étudiés dans de futurs projets. Ces bénéfices (création d'emplois, retombées économiques pour le territoire, par exemples) et pertes (problèmes de santé, par exemple) socio-économiques seront mentionnés en discussion mais non évalués ici. La présente étude n'offre ainsi qu'un éclairage partiel sur les pertes et bénéfices associés à l'exploitation minière dans le Grand Sud.

5 STRUCTURE DU RAPPORT

Le rapport débute par une présentation de la méthodologie développée pour évaluer la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière. Ce travail d'évaluation de la perte de SE liée à l'activité minière mobilise une partie des résultats d'un précédent livrable sur l'évaluation des SE dans le Grand Sud (Livrable 2.2. du projet RESCCUE). La méthodologie de ce précédent livrable sera donc à considérer comme un préalable à la mise en œuvre de la méthodologie présentée dans le chapitre suivant. Une deuxième partie fera un état des lieux du cadastre minier du Grand Sud et des écosystèmes présents. Les résultats de l'évaluation de la perte des services écosystémiques liée à l'activité minière sont présentés dans une troisième partie et discutés dans une dernière partie.

Chapitre 2 : Méthodologie d'évaluation de la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière

Ce chapitre expose la méthodologie développée afin d'évaluer la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière dans le Grand Sud et valoriser les résultats de l'évaluation économique des services écosystémiques pour différents scénarios d'exploitation minière dans le Grand Sud.

1 APPROCHE GENERALE

Cette étude mesure les impacts environnementaux liés à différents scénarios d'exploitation des mines dans le Grand Sud. Les impacts environnementaux sont ici entendus comme des pertes en services fournis par les écosystèmes à la suite de l'augmentation des pressions associées à l'activité minière. Les pertes nettes sont calculées pour différents scénarios d'activités minières, spécifiés par la suite.

1.1 L'ECONOMIE DE LA DEGRADATION

L'évaluation économique des écosystèmes sert à repenser la relation de l'Homme avec la nature, à améliorer sa connaissance des conséquences de ses choix de consommateurs et de ses comportements sur son environnement. L'évaluation économique des écosystèmes peut ainsi servir plusieurs intérêts. L'un d'entre eux est celui de l'**économie de la dégradation**, concentrée sur l'évaluation des impacts des activités des Hommes sur la Nature. Cette forme d'économie apparue à la fin des années 1980 compare les bénéfices privés avec les coûts sociétaux pour diverses activités économiques (Hodgson et Dixon, 1988 ; Mc Allistair, 1988 ; Hundloe et al., 1987). Les résultats de telles évaluations doivent assurer la prise en compte des conséquences négatives d'un projet dans la mise en œuvre de ce dernier (par exemple : les impacts environnementaux de l'activité minière).

Notre étude diffère toutefois légèrement du cadre habituellement adopté en économie de la dégradation du fait qu'elle ne cherche pas à argumenter en faveur d'un arrêt ou d'une restriction des pratiques jugées destructrices pour les écosystèmes. Elle cherche bien à promouvoir une prise en compte plus complète de la biodiversité et de sa dégradation dans des stratégies de développement du territoire.

1.2 EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les impacts environnementaux peuvent être définis comme l'« *ensemble des atteintes causées aux écosystèmes dans leur composition, leurs structures et/ou leur fonctionnement. Ces préjudices se manifestent par une atteinte aux éléments ou aux fonctions des écosystèmes au-delà et indépendamment de leurs répercussions sur les intérêts humains* » (Neyret et Martin, 2012).

Les analyses d'impacts suivent généralement une démarche en trois temps : la *caractérisation des impacts environnementaux*, la *détermination de l'état futur du milieu* et l'*évaluation* de la grandeur des impacts au regard de l'état futur du milieu (André, Delisle, et Revéret 2010). Ces phases sont détaillées ci-dessous (Leduc et Raymond, nd, Secrétariat du traité sur l'Antarctique, 2011) :

- **Caractérisation des impacts environnementaux**

Cette étape consiste à lister les différents impacts générés par un projet. Les composantes de l'environnement impactées sont alors précisées ainsi que les activités du projet responsables de la dégradation (André, Delisle, et Revéret 2010).

- **Détermination de l'état futur du milieu**

Cette étape consiste à estimer l'ampleur des modifications que subiront les écosystèmes à la suite de la réalisation du projet ou du scénario envisagé. Les impacts identifiés lors de l'étape précédente sont alors réexaminés de manière à prévoir leur évolution tout au long de la durée de vie du projet.

- **Evaluation de la grandeur des impacts**

L'étape d'évaluation attribue une valeur économique aux impacts du projet d'exploitation minière.

Afin d'accompagner l'aide à la décision, une dernière étape pourra être envisagée qui consistera à comparer les impacts calculés pour différents scénarios afin de sélectionner le projet le plus à même de minimiser les impacts sur l'environnement (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 2010).

La définition donnée précédemment aux impacts environnementaux rappelle que les intérêts humains, entendus au sens économique du terme, ne sont pas l'objet (direct) des évaluations d'impacts environnementaux. Dans le cadre du développement d'arguments d'arbitrage entre développement économique et protection de l'environnement, il apparaissait cependant essentiel de rattacher une dimension économique, recentrée sur l'Homme, à l'évaluation d'impact environnemental. C'est ainsi que sur la base de la méthode classique d'évaluation des impacts environnementaux, nous proposons d'adopter une méthode originale qui aborde l'évaluation des impacts environnementaux via l'analyse de la perte en services écosystémiques, représentation anthropocentrée de l'environnement. Cette approche devra permettre d'intégrer les intérêts humains dans l'étude des préjudices faits aux fonctions écologiques des écosystèmes. Cette approche se base sur les étapes classiques de l'évaluation des impacts présentées précédemment que nous avons enrichies d'une étape d'évaluation des services écosystémiques qui devrait permettre la traduction des impacts environnementaux de l'exploitation minière en pertes de services écosystémiques. Cette approche générale est présentée dans la figure suivante.

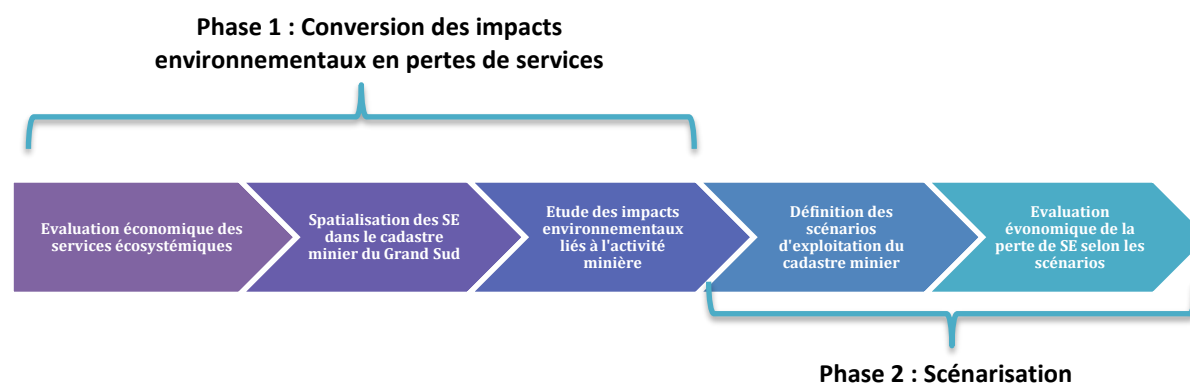


Figure 4: Méthode d'évaluation des pertes de SE liées à l'activité minière du Grand Sud

La première phase de notre méthodologie est découpée en trois étapes qui doivent aboutir à la conversion des impacts environnementaux associés à l'activité minière en perte de services écosystémiques. Cette conversion permet de prendre en compte, au sein de notre évaluation, les intérêts humains associés à la fourniture des services écosystémiques. Cette conversion débute par l'évaluation économique des services écosystémiques qui a fait l'objet d'un précédent livrable (cf. L.2.2 Évaluation des services écosystémiques du Grand Sud) et ne sera pas développée dans le présent rapport. Les résultats obtenus lors de cette évaluation constitueront la base de notre évaluation des pertes de services écosystémiques liées à l'activité minière du Grand Sud. Elle se poursuit ensuite par l'identification des services écosystémiques présents dans le cadastre minier du Grand Sud à l'aide d'un travail cartographique présenté dans la suite du rapport. Cette seconde étape devrait permettre la superposition des espaces supports de services et des pressions (André, Delisle, et Revéret 2010) afin d'identifier les zones naturelles menacées par l'activité minière. La troisième étape consiste enfin à qualifier puis quantifier les impacts environnementaux liés à l'activité minière grâce à un travail de revue bibliographique et des entretiens menés auprès des acteurs concernés (cf. Annexe 1).

La deuxième phase de notre méthodologie est une phase de scénarisation découpée en deux étapes. Elle permet d'identifier les pertes de SE selon différents scénarios d'exploitation minière à 30 ans. Deux scénarios de développement futur de l'exploitation minière sont proposés et comparés à un troisième

scénario correspondant au maintien de l'activité minière à son état actuel, ou scénario de référence. Ces scénarios, décrits dans la suite du rapport, sont construits sur la base d'entretiens menés auprès de la DIMENC. Ils tentent de refléter des évolutions possibles de l'activité minière. La dernière étape de notre approche consiste en l'évaluation économique de la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière selon les différents scénarios proposés. Elle doit permettre d'apporter des éléments de discussions sur les bénéfices écologiques et économiques des différents scénarios d'exploitation minière envisagés dans le Grand Sud.

2 IDENTIFICATION DES IMPACTS LIES A L'ACTIVITE MINIERE DANS LE GRAND SUD

Pour identifier l'ensemble des impacts environnementaux liés à l'activité minière, nous avons découpé cette activité en quatre grandes étapes nécessaires à sa mise en œuvre, depuis la prospection du cadastre, jusqu'à l'exploitation et la restauration du site exploité. Cette démarche, à la manière d'une analyse de cycle de vie (ACV), permet de qualifier les impacts des « produits » de l'exploitation minière, depuis l'extraction de la matière première qui les composent jusqu'à leur élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation, soit « du berceau à la tombe » (ADEME, 2005). Ainsi, nous nous assurons de n'omettre aucun des impacts de l'exploitation du nickel sur le milieu naturel.

3 VALORISATION DES RESULTATS DE L'EVALUATION ECONOMIQUE DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES DU GRAND SUD

La principale innovation de notre approche d'évaluation des impacts environnementaux est de mesurer les impacts en termes de perte de valeur économique des services écosystémiques. Comme mentionné précédemment, une évaluation économique des services écosystémiques a été entreprise dans le cadre d'un précédent livrable (cf. L.2.2 Évaluation des services écosystémiques du Grand Sud). Après avoir spatialisé les écosystèmes présents au sein du Grand Sud (ex : récifs coralliens, forêts, maquis minier, etc.), nous avons classé les services fournis par ces écosystèmes en quatre grandes catégories (MAES, 2005) : les services d'approvisionnement (ex : pêche récifo-lagonaire), les services culturels (ex : tourisme de nature), les services de régulation (ex : régulation de l'érosion terrigènes) et les services de support (ex : régulation de la qualité des aquifères littoraux). A l'aide des méthodes classiques d'évaluation de l'environnement (méthode des prix du marché, des coûts évités, des coûts de remplacement et des transferts de bénéfice) et d'un important travail cartographique, nous avons ensuite estimé, pour chaque service écosystémique, une valeur économique rapportée à l'hectare. Ces résultats pourront nous permettre d'évaluer la perte économique résultant de la dégradation des surfaces productives en services dans le cadastre minier.

4 DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD

Afin d'évaluer les pertes liées à l'activité minière dans le Grand Sud, la valeur économique des services des écosystèmes est actualisée sur 30 ans pour trois scénarios d'exploitation minière: 1) un scénario de non-exploitation, notre état de référence; 2) un scénario d'exploitation faible; et 3) un scénario d'exploitation moyenne construits sur la base de discussions avec la DIMENC visant à révéler des scénarios d'exploitation réalisables. Pour chaque scénario, nous estimons l'évolution de la fourniture de services en fonction du niveau de pressions de l'activité sur les écosystèmes. L'évolution de la fourniture des services est mesurée à l'aune d'une variation de surface d'écosystème « productive » en services.

Les évolutions de surfaces productives en services sont ensuite traduites en valeur économique actualisée sur 30 ans pour chacun des scénarios. En comparant les valeurs actualisées nettes des différents scénarios d'exploitation sur 30 ans avec le scénario de référence, il est alors possible de

connaître les pertes de services écosystémiques des différents scénarios d'exploitation des mines dans le Grand Sud, à moyen-terme.

L'évolution de la fourniture de services à la suite d'une variation de l'état de santé des écosystèmes (p. ex. pollution de l'eau par l'activité minière) est également qualifiée en émettant des hypothèses à dire d'experts sur l'impact de l'exploitation sur l'état de santé des écosystèmes (p. ex. les récifs coralliens). Cette évaluation de la perte absolue en services écosystémiques fait l'objet d'une deuxième analyse : en plus de considérer la perte de services suite à une variation de surface productive en services, cette seconde analyse intègre la perte de qualité des services fournis par les écosystèmes.

Chapitre 3 : Cadre de l'évaluation

1 PERIMETRE DE L'ETUDE

Le site pilote du Grand Sud inclut les territoires terrestres, côtiers et marins de l'extrême Sud de la Grande Terre de la Nouvelle-Calédonie. Il s'étend au sud de la commune de Yaté et au sud-est de la commune de Mont-Dore, couvrant ainsi une superficie de 204 000 hectares dont 130 919 hectares pour la partie terrestre (Figure 5). Ce périmètre inclut la Plaine des Lacs et le réservoir de Yaté, inscrits à la convention Ramsar en 2014 ainsi qu'une partie du Grand Lagon Sud inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 2008.

Ce territoire est reconnu pour sa diversité et sa richesse écologique, tant pour sa partie terrestre (flore adaptée aux conditions d'hydromorphie du sol, nombreuses aires protégées, site Ramsar, etc.) que pour sa partie marine (très grande diversité de formations récifales, site de reproduction de baleines à bosse, etc.). L'histoire géologique du Grand Sud est à l'origine de l'apparition d'un paysage unique à l'échelle du territoire, celui de la plaine des Lacs, immense zone humide marécageuse clairesmée de lacs et de dolines, abritant une faune et une flore adaptée à ces conditions hydromorphiques spécifiques. Les activités anthropiques passées (exploitation minière et forestière) de la zone ont conduit au recul des formations forestières primaires, au profit d'un maquis « minier » caractéristique, qui domine aujourd'hui le paysage.

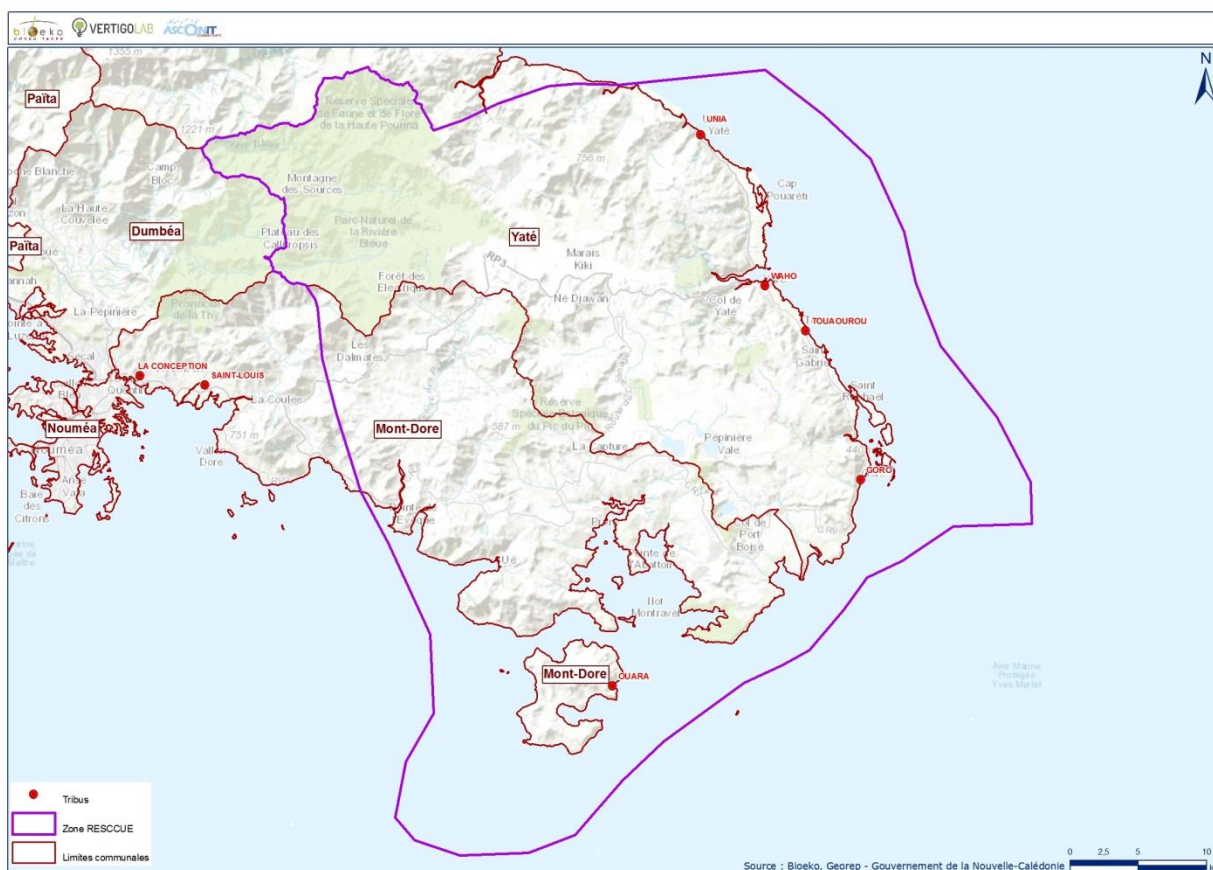


Figure 5 : Périmètre du site pilote du Grand Sud

2 L'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD

2.1 LE CADASTRE MINIER DU GRAND SUD

Au fil de son histoire, l'activité minière a peu à peu transformé le paysage néocalédonien. En effet, l'exploitation a engendré une mutation écologique du territoire. La forêt dense présente à l'origine a laissé place à un maquis minier devenu l'habitat le plus représenté dans le Grand Sud. Actuellement, le cadastre minier représente plus de 52 000 hectares (équivalent à 25,5% de la surface du Grand Sud) au sein du Grand Sud dont 1 900 sont exploités et 19 000 font l'objet de travaux de prospection ; le reste du cadastre ne présente aucune activité minière. Plusieurs exploitants se partagent l'extraction du nickel au sein de la zone d'études: la Société le Nickel (SNL), la société Vale NC, la Société des Mines de Tontoua (SMT), GEOVIC, la Société Minière Georges Montagnat (SMGM), NMC (Nickel Mining Company), MKM (Mai Kouaoua Mines), Somirex.

2.2 SUPERFICIE DES ECOSYSTEMES DU CADASTRE MINIER DU GRAND SUD

Le travail cartographique mené lors d'un précédent livrable (cf. L.2.2 Evaluation des services écosystémiques du Grand Sud) a permis de déterminer les écosystèmes présents dans le Grand Sud. Dans le cadre du présent rapport, le cadastre minier du Grand Sud a été à son tour spatialisé. La superposition de ces deux cartes a permis d'identifier les écosystèmes présents dans le cadastre minier du Grand Sud (Figure 6).

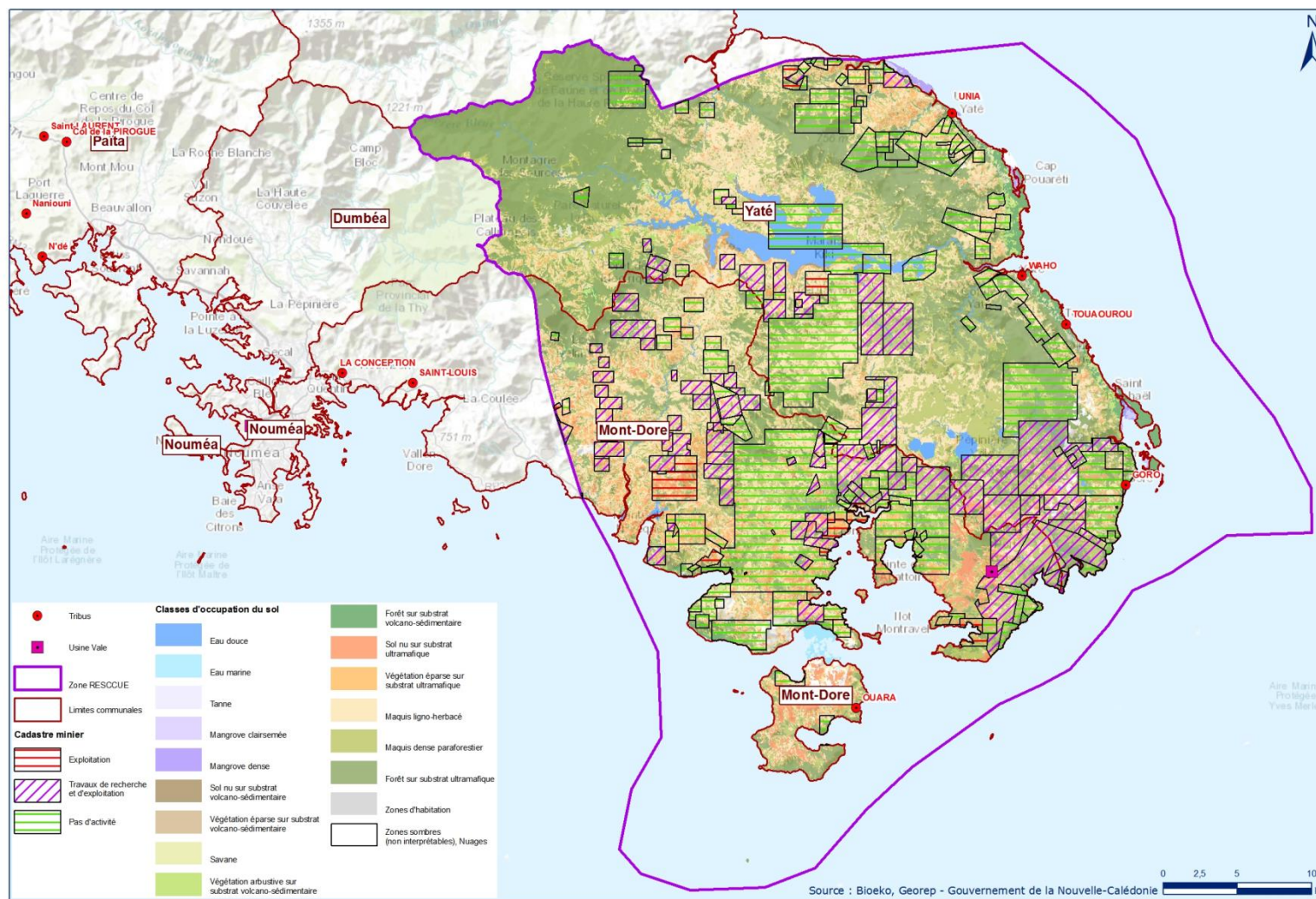


Figure 6: Carte des habitats au sein du cadastre minier du Grand Sud

Les surfaces des unités écologiques et habitats identifiés au sein du cadastre minier ont été calculées par un traitement en cartographie. La classification de l'occupation du sol utilisée reprend celle définie par la DTSI dans sa cartographie du territoire calédonien (DTSI 2008).

Le Tableau 2 présente les résultats de ce travail.

Tableau 2 : Détails des superficies par habitat et couvert végétal du cadastre minier du Grand Sud

Habitats et Couverts	Cadastre minier en exploitation		Travaux de recherche et de prospection		Cadastre minier non exploité	
	Surface (en ha)	Pourcentage (%)	Surface (en ha)	Pourcentage (%)	Surface (en ha)	Pourcentage (%)
Eau douce	2,7	0,1%	161,9	0,8%	1472,9	4,8%
Eau marine	0,0	0,0%	0,0	0,0%	2,2	0,0%
Forêt sur substrat ultramafique	367,0	19,4%	3883,9	20,1%	7622,5	24,7%
Forêt sur substrat volcano-sédimentaire	0,0	0,0%	32,9	0,2%	149,3	0,5%
Mangrove clairsemée	2,3	0,1%	0,1	0,0%	4,7	0,0%
Mangrove dense	1,0	0,1%	0,3	0,0%	1,6	0,0%
Maquis dense paraforestier	377,3	20,0%	6950,6	35,9%	8738,6	28,3%
Maquis ligno-herbacé	574,4	30,4%	5548,4	28,7%	8539,6	27,7%
Nuage	0	0,0%	46,9	0,2%	118,1	0,4%
Savane	0	0,0%	63,3	0,3%	100,7	0,3%
Sol nu sur substrat ultramafique	174,3	9,2%	697,1	3,6%	837,8	2,7%
Sol nu sur substrat volcano-sédimentaire	0,2	0,0%	84,5	0,4%	213,8	0,7%
Tanne	1,2	0,1%	0,02	0,0%	0,6	0,0%
Végétation arbustive sur substrat volcano-	0,3	0,0%	219,1	1,1%	379,2	1,2%
Végétation épars sur substrat ultramafique	387,9	20,5%	1595,6	8,2%	2539,3	8,2%
Végétation épars sur substrat volcano-sédimentaire	0	0,0%	0,77	0,0%	4,8	0,0%
Zones d'habitation	0	0,0%	0,0	0,0%	18,9	0,1%
Zones sombres (non interprétables)	0	0,0%	71,2	0,4%	117,3	0,4%
Total général	1888,7	100%	19356,7	100%	30862,1	100%

Le maquis minier représente une grande partie du cadastre minier en exploitation occupant près de 50% de la surface totale. Le terme de « maquis minier » désigne généralement toutes formations non forestières sur roches ultrabasiqes. Différentes unités de maquis miniers peuvent être distinguées selon la nature du sol, la structure du peuplement végétal ou encore la présence d'espèces remarquables (Jaffré et al., 2002). Il constitue un ensemble caractéristique de la diversité végétale, accueillant certaines espèces que l'on ne retrouve nulle part ailleurs et présente un taux d'endémisme record de 89% (Garcia and Backes, 2013; province Sud, n.d.). La forêt représente aussi une partie importante du cadastre minier en exploitation, à hauteur de 20% (pour plus d'informations sur les caractéristiques des habitats naturels du Grand Sud, se référer au livrable L.2.2). Le reste du cadastre minier est caractérisé par une végétation épars et une importante surface en sols nus.

Chapitre 4 : Description et évaluation économique de la perte de services écosystémiques liée à l'activité minière dans le Grand Sud

1 QUALIFICATION DES IMPACTS DE L'ACTIVITE MINIERE SUR LES MILIEUX NATURELS DE NOUVELLE-CALEDONIE

1.1 CYCLE MINIER

Chacune des phases d'un projet minier est susceptible d'affecter directement ou indirectement l'environnement, et ce, à différents degrés et niveaux (Laroche, 2011). C'est pour cela que nous nous intéressons au cycle minier. Ce dernier peut être défini comme étant le cycle de vie de la mine, de la recherche du gisement de minerai jusqu'à la fermeture de la mine. Les quatre étapes de ce cycle sont présentées dans la figure ci-dessous.

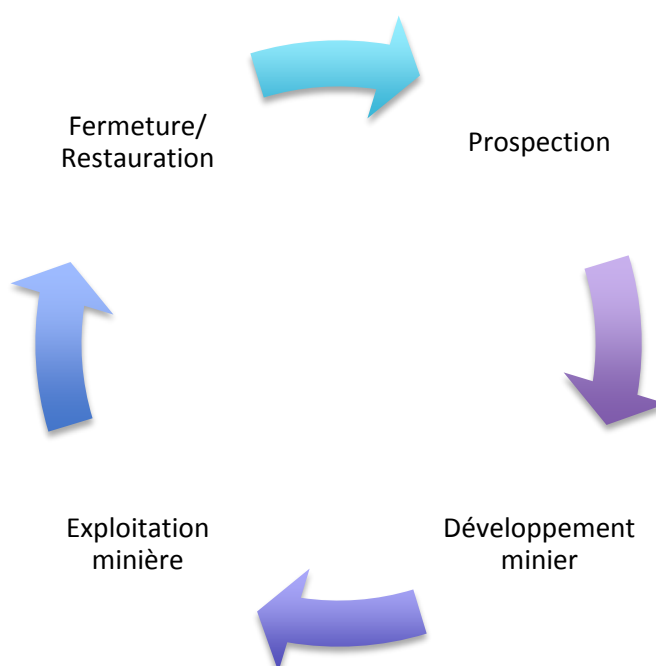


Figure 7: Dynamique du cycle minier

La première phase du cycle minier est appelée « **prospection** ». Des enquêtes, des études de terrain, ou encore des essais par sondages permettent de recueillir des informations sur la localisation ainsi que sur la valeur du dépôt du minerai. La phase de prospection peut entraîner le décapage de vastes aires de végétation pour faciliter l'arrivée des véhicules transportant le matériel de forage sur le site potentiellement exploitable (ELAW, 2010). Notons toutefois que le développement de nouvelles techniques et approches permettent aujourd'hui de limiter l'impact du défrichage (géophysique et hélicoptage des foreuses pour sondage). Si le gisement est suffisamment important pour prouver la rentabilité économique du projet et en justifier l'exploitation, alors, la deuxième étape du cycle minier est engagée : le **développement**. Lors de cette deuxième phase, les futurs exploitants conçoivent les plans de la mine, demandent les permis d'exploitation et construisent, par la suite, la mine ainsi que les installations nécessaires au traitement du minerai. C'est à ce moment-là que la phase d'**exploitation** peut commencer. Cette étape consiste à extraire le minerai d'un gisement et à le traiter pour obtenir un produit minéral de valeur pour la société, comme les métaux. L'exploitation d'un gisement minéral a une durée de vie limitée. Après plusieurs années d'exploitation, le site ferme donc à cause de l'épuisement du minerai ou de la faiblesse du prix des métaux qui rend son exploitation non

rentable⁴. Depuis 1989, les exploitants miniers de Nouvelle-Calédonie avaient la possibilité de se libérer d'une partie de leurs impôts sur les bénéfices en mettant en place la **restauration** de leur mine après **fermeture** (JO de la Nouvelle-Calédonie, 1989). Afin d'aller plus loin dans la réhabilitation des sites miniers, le Code Minier, mis en application le 1^{er} Mai 2009, introduit de nouvelles dispositions en matière environnementale. Celles-ci prévoient notamment la réalisation d'une étude d'impact environnemental (EIE) avant l'exploitation et la mise en place d'un schéma de réhabilitation des zones dégradées, comprenant un plan de restauration (techniques de revégétalisation utilisées, etc.) et de fermeture. L'objectif de la réhabilitation est de réparer les fonctions productives des sites dégradés (Laroche, 2011). La DTSI estime à 20 000 hectares le cumul des surfaces dégradées par l'activité minière en Nouvelle Calédonie mais seulement 100 ha par an sont revégétalisés. Il pourrait être porté prochainement à 200 hectares réduisant à un siècle la durée nécessaire à la restauration de l'ensemble des sites dégradés jusqu'à aujourd'hui (Le Bars et al. 2013).

1.2 QUELS IMPACTS DE L'ACTIVITE MINIERE DANS LE GRAND SUD ?

Cette section décrit les différents impacts environnementaux recensés lors des différentes étapes du cycle minier. Comme cela a été précisé précédemment, notre étude se concentre sur les impacts environnementaux de l'activité minière et non sur ses impacts sociaux, l'idée étant de quantifier les conséquences de l'activité minière sur les écosystèmes. Cependant, cette dimension sociale sera mentionnée dans la dernière partie du rapport.

Pour chaque impact, nous précisons la nature des habitats impactés afin d'en déduire les services écosystémiques susceptibles d'être menacés. Ces services sont ensuite listés dans un tableau de synthèse à la fin de chaque description d'impact.

1.2.1 Décapage du couvert végétal

Le premier impact de l'exploitation minière que nous pouvons citer est le décapage du couvert végétal. Il apparaît dès la phase de développement lors de la construction de routes d'accès, soit pour amener les équipements lourds et les approvisionnements au site minier, soit pour expédier les métaux et minerais traités (ELAW, 2010) et se poursuit lors de la construction même de la mine. En effet, pour construire une mine, les exploitants sont obligés de détruire le couvert végétal sur la zone d'activité. La destruction de la forêt primaire engendre principalement une perte de services de régulation et de support qui peut à son tour affecter la fourniture d'autres services écosystémiques (Tableau 3).

⁴ <http://exploreslesmines.com/secteur-minier/cycle-minier.html>

Tableau 3: Ecosystèmes impactés par le décapage du couvert végétal induit par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystème	Services fournis par l'écosystème impacté	
Forêts du BV de Yaté	Direct	Négatif	Décapage des forêts du BV de Yaté	Perte de surface (surfactive)	Approvisionnement en eau	Approvisionnement
					Sculpture kanak, santé, bioprospection	Culturel
					Production d'hydroélectricité (régulation des sédiments), régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					Régulation de la qualité des aquifères littoraux	Support
Forêts	Direct	Négatif	Décapage des forêts	Perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Tourisme de nature des non-résidents, tourisme de nature des résidents, support de recherche et de connaissances, sculpture kanak, santé, bioprospection,	Culturel
					Régulation de la qualité de l'eau AEP, régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂ , régulation de la qualité des aquifères littoraux	Régulation
					-	Support
Maquis/savane/vé gétation éparse	Direct	Négatif	Décapage du maquis	Perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Support de recherche et de connaissances, santé, bioprospection	Culturel
					Stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					-	Support
Récifs coralliens	Indirect	Négatif	Augmentation de l'érosion d'origine terrigène et des apports de sédiments dans le lagon suite à la disparition du couvert végétal en amont des bassins versants. L'augmentation de la turbidité des eaux du lagon peut entraîner une érosion ou/et un étouffement des coraux	Dégradation de l'état de santé (qualitatif)	Pêche commerciale professionnelle, pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle	Approvisionnement
					Pêche récifo-lagonaire de loisirs, tourisme de nature, plaisance, support de recherche et de connaissances,	Culturel
					Protection contre l'érosion côtière générée par la houle	Régulation
					-	Support

1.2.2 Perturbation du régime hydrologique

Outre les perturbations dérivant du décapage du couvert végétal, d'autres activités, durant l'exploitation, ont un impact direct sur le régime hydrologique. En Nouvelle-Calédonie, les principales causes de perturbation des régimes hydrologiques sont liées au décapage des couches de surfaces (cuirasse, grenaille et latérites). En effet les latérites constituent un aquitard⁵ de surface qui stocke une grande quantité d'eau en période pluvieuse et la relargue lentement en période sèche. Les massifs miniers constituent ainsi d'énormes châteaux d'eau pour les régions alentour. Les fosses minières sont également susceptibles de perturber les écoulements souterrains en captant une partie des eaux qui circulent normalement le long des failles souterraines avant de refaire surface dans les pentes des massifs.

En marge de ces perturbations majeures des écoulements souterrains, d'autres activités liées à l'exploitation minière peuvent venir perturber l'hydrologie des creeks et rivières. En effet, le prélèvement d'eau douce de surfaces pour l'arrosage des pistes (traitement des poussières) ou pour alimenter en eau les installations industrielles, peuvent impacter quantitativement la ressource de certains cours d'eau.

Un dernier type de perturbation hydrologique est lié à l'engravement des cours d'eau du fait de la décharge des stériles⁶ dans les vallées autour des exploitations. Cette pratique courante jusque dans les années 80 est aujourd'hui interdite et les exploitations modernes comme celle de Vale-NC n'ont pas recours à ce genre de décharge. Les stériles sont stockés dans des verses stabilisées et drainées par des ouvrages de décantation permettant d'éviter l'engravement des cours d'eau environnant.

Seules les particules fines sont susceptibles lors d'épisodes pluvieux exceptionnels d'arriver jusqu'au cours d'eau où elles ne font généralement que transiter. Le lagon constitue dès lors le milieu récepteur de cette pollution terrigène où des répercussions indirectes sur les écosystèmes récifo-lagonaires ainsi que sur les mangroves, support de nombreux services écosystémiques, peuvent être constatées (Tableau 4).

⁵ Formations rocheuses de faible perméabilité susceptibles de fournir des quantités d'eau appréciables seulement à l'échelle régionale mais desquelles il est impossible de soutirer des eaux par les ouvrages de captage classiques

⁶ Produits constitués par les sols et roches excavés lors de l'exploitation d'une mine, après récupération de la partie commercialement valorisable qui constitue le minerai.

Tableau 4 : Ecosystèmes impactés par la perturbation du régime hydraulique induite par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystème	Services fournis par l'écosystème impacté	
Eau douce	Direct/indirect	Négatif	La disparition des aquitards (cuirasse, grenaille et latérites) couplée à des prélèvements d'eau douce de surfaces pour l'arrosage des pistes (traitement des poussières) ou pour alimenter en eau les installations industrielles peuvent affecter les débits des cours d'eau.	Diminution des volumes d'eau douce (quantitatif)	Pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle en eau douce, approvisionnement en eau AEP	Approvisionnement
					-	Culturel
					-	Régulation
					-	Support
Récifs coralliens	Indirect	Négatif	Augmentation des apports de sédiments dans le lagon lors d'épisodes pluvieux exceptionnels déstabilisant les verses. L'augmentation de la turbidité des eaux du lagon peut entraîner une érosion ou/et un étouffement des coraux	Dégradation de l'état de santé (qualitatif)	Pêche commerciale professionnelle, pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle	Approvisionnement
					Pêche récifo-lagonaire de loisirs, tourisme de nature, plaisance, support de recherche et de connaissances,	Culturel
					Protection contre l'érosion côtière générée par la houle	Régulation
					-	Support

1.2.3 Détérioration de la qualité de l'eau

Comme énoncé ci-dessus, la principale altération de la qualité de l'eau observée sur les mines néo-calédoniennes est une altération terrigène, à laquelle peut potentiellement s'ajouter une altération liée à l'augmentation des concentrations en éléments métalliques traces (ETM). Cette dernière peut avoir des effets écotoxiques sur les organismes aquatiques ainsi que sur l'Homme souvent situé en bout de réseau trophique. Le colmatage des habitats aquatiques par les fines latéritiques est à l'origine d'une perte de biodiversité aquatique, mais également d'une altération physico-chimique des eaux pouvant avoir des répercussions sur les services d'approvisionnement en produits de la pêche et eau de boisson (Tableau 5).

Outre ces altérations chroniques, le risque 0 n'existant pas sur des installations industrielles, il est possible d'assister à des pollutions aiguës accidentelles venant momentanément ou durablement (en fonction de la nature des polluants), altérer la qualité physico-chimique des eaux et donc la biodiversité aquatique. Ce genre d'accident est déjà survenu sur le complexe métallurgique de Vale-NC. Des fuites acides sont intervenues récemment au niveau de l'usine de production d'acide sulfurique du complexe métallurgique de Goro. En 2014, environ 100 mètres cubes d'acide, stockés dans un bassin de rétention contenant des eaux de pluies, de l'acide chlorhydrique, des solvants classés polluants organiques et des métaux, se sont déversés dans le cours d'eau de la Baie Nord. Ce fut le sixième accident en 5 ans⁷.

⁷ <http://indices.usinenouvelle.com/metaux-non-ferreux/vale-nc-a-nouveau-a-l-arret.5213> Consulté le 28 avril 2016

Tableau 5 : Ecosystèmes impactés par la détérioration de la qualité de l'eau induite par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystème	Services fournis par l'écosystème impacté	
Eau douce	Direct	Négatif	Pollution (diffuse et/ou accidentelle) de l'eau douce par des ETM.	Dégradation de la qualité de l'eau douce (qualitatif)	Pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle en eau douce, approvisionnement en eau AEP	Approvisionnement
					-	Culturel
					-	Régulation
					-	Support
Récifs coralliens	Indirect	Négatif	Transport des polluants jusqu'au lagon.	Dégradation de l'état de santé des coraux (qualitatif)	Pêche commerciale professionnelle, pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle	Approvisionnement
					Pêche récifo-lagonaire de loisirs, tourisme de nature, plaisance, support de recherche et de connaissances,	Culturel
					Protection contre l'érosion côtière générée par la houle	Régulation
					-	Support

1.2.4 Emissions de CO₂ et d'autres Gaz à Effet de Serre (GES)

Parallèlement aux émissions de CO₂ liées à la perte du couvert végétal, l'activité minière émet directement des gaz à effet de serre lors sa phase d'exploitation. D'après l'UQAC (Chaire en Eco-Conseil, 2013), les émissions sont dégagées par les machines et véhicules lourds utilisés lors des opérations d'extraction et le transport de minerai. Les émissions de GES peuvent aussi provenir de la transformation du minerai en métal (ELAW, 2010). D'après une étude de Norgate and Rankin (2000) (dans Chaire en Eco-Conseil, 2013), les mines métalliques génèreraient plus de 1 kg de GES pour chaque kilogramme de métal produit. A l'exception du site de Vale-NC où la présence sur le site de l'usine de stocks de soufre est à l'origine d'émissions de SO₂ atmosphérique (phénomènes de combustion spontanée) ; le SO₂ semble être à l'origine de la défoliation de certaines espèces d'arbres localisés sous le vent de l'usine.

Ces émissions de gaz à effet de serre représentent avant tout une menace pour la santé des populations du Grand Sud. Elles vont également alimenter le phénomène de réchauffement climatique et ainsi représenter une menace sur le long terme pour l'ensemble des écosystèmes du Grand Sud (Tableau 6).

Tableau 6 : Ecosystèmes impactés par les émissions de CO₂ et d'autres Gaz à Effet de Serre induites par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystème	Services fournis par l'écosystème impacté	
Forêts du BV de Yaté	Indirect	Négatif	Intensification des incendies.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfactive)	Approvisionnement en eau	Approvisionnement
					Sculpture kanak, santé, bioprospection	Culturel
					Production d'hydroélectricité (régulation des sédiments), régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					Régulation de la qualité des aquifères littoraux	Support
Forêts	Indirect	Négatif	Intensification des incendies.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Tourisme de nature des non-résidents, tourisme de nature des résidents, support de recherche et de connaissances, sculpture kanak, santé, bioprospection,	Culturel
					Régulation de la qualité de l'eau AEP, régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂ , régulation de la qualité des aquifères littoraux	Régulation
					-	Support
Maquis/savane/végétation éparse	Indirect	Négatif	Intensification des incendies.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Support de recherche et de connaissances, santé, bioprospection	Culturel
					Stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
Eau douce	Indirect	Négatif	Assèchement de lac et des cours d'eau sous l'effet d'une intensification des épisodes de fortes chaleurs.	Diminution des volumes d'eau douce (quantitatif)	Pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle en eau douce, approvisionnement en eau AEP, approvisionnement en eau (hydroélectricité)	Approvisionnement
	Indirect				-	Approvisionnement

Mangroves /herbiers		Négatif/ positif	<p>Acidification des eaux du lagon, élévation de la température et du niveau marin sous l'effet du changement climatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Augmentation de la productivité des palétuviers ▪ Dépérissement des mangroves par asphyxie ▪ Disparition des herbiers présentant une affinité froide 	Dégradation de l'état de santé (qualitatif)	-	Culturel
---------------------	--	------------------	---	---	---	----------

1.2.5 Multiplication des départs de feux

Près de 80 % des incendies en Nouvelle-Calédonie sont localisés à moins d'un kilomètre d'une route ou de quatre kilomètres d'une habitation (Œil magazine, 2015). Cette observation laisse supposer une implication des activités de prospection minière dans l'augmentation des incendies d'origine humaine. Les feux jouent un rôle majeur dans la destruction du couvert végétal (Tableau 7). La perte de services écosystémiques liée aux incendies fera l'objet d'un travail plus poussé dans le cadre d'un autre livrable du projet RESCCUE.

Tableau 7 : Ecosystèmes impactés par la multiplication des départs de feux induite par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystèm e	Services fournis par l'écosystème impacté	
Forêts du BV de Yaté	Direct	Négatif	L'intensification des incendies induit la perte du couvert végétal.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfactive)	Approvisionnement en eau	Approvisionnement
					Sculpture kanak, santé, bioprospection	Culturel
					Production d'hydroélectricité (régulation des sédiments), régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					Régulation de la qualité des aquifères littoraux	Support
Forêts	Direct	Négatif	L'intensification des incendies induit la perte du couvert végétal.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Tourisme de nature des non-résidents, tourisme de nature des résidents, support de recherche et de connaissances, sculpture kanak, santé, bioprospection,	Culturel
					Régulation de la qualité de l'eau AEP, régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂ , régulation de la qualité des aquifères littoraux	Régulation
					-	Support
Maquis/savane/ végétation éparse	Direct	Négatif/ positif	Intensification des incendies et régénération du maquis	Perte de surface (surfactive)	-	Approvisionnement
					Support de recherche et de connaissances, santé, bioprospection	Culturel
					Stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					-	Support
Récifs coralliens	Indirect	Négatif	Augmentation de l'érosion d'origine terrigène et des apports de sédiments dans le lagon suite à la disparition du couvert végétal en amont des bassins versants. L'augmentation de la turbidité des eaux du lagon peut entraîner une érosion ou/et un étouffement des coraux	Dégradation de l'état de santé (qualitatif)	Pêche commerciale professionnelle, pêche vivrière, pêche commerciale non professionnelle	Support
					Pêche récifo-lagonaire de loisirs, tourisme de nature, plaisance, support de recherche et de connaissances,	Culturel
					Protection contre l'érosion côtière générée par la houle	Régulation
					-	Support

1.2.6 Prolifération d'espèces envahissantes

L'activité minière peut également faciliter le développement d'espèces envahissantes (Laroche, 2011). Laroche nous donne l'exemple de la fourmi électrique qui s'est installée sur plusieurs terrains miniers du sud. Elle s'attaque à plusieurs espèces indigènes et constitue donc un réel danger pour la préservation de la biodiversité locale (Chazeau et al., 2003; Le Breton et al., 2003). La multiplication des départs de feux engendrée par l'activité minière favorise également l'installation d'espèces envahissantes (Tableau 8). Après un incendie, la végétation originelle laisse souvent place à des espèces envahissantes plus adaptées aux sols brûlés. Les fourmis envahissantes profitent aussi des feux pour se propager sur des milieux plus ouverts (CEIL magazine, 2015).

Tableau 8 : Ecosystèmes impactés par la prolifération d'espèces envahissantes induite par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystèm e	Services fournis par l'écosystème impacté	
Forêts du BV de Yaté	Indirect	Négatif	La propagation des espèces envahissantes fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	Approvisionnement en eau	Approvisionnement
					Sculpture kanak, santé, bioprospection	Culturel
					Production d'hydroélectricité (régulation des sédiments), régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					Régulation de la qualité des aquifères littoraux	Support
Forêts	Indirect	Négatif	La propagation des espèces envahissantes fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	-	Approvisionnement
					Tourisme de nature des non-résidents, tourisme de nature des résidents, support de recherche et de connaissances, sculpture kanak, santé, bioprospection,	Culturel
					Régulation de la qualité de l'eau AEP, régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂ , régulation de la qualité des aquifères littoraux	Régulation
					-	Support
Maquis/savane/ végétation éparse	Indirect	Négatif	La propagation des espèces envahissantes fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	-	Approvisionnement
					Support de recherche et de connaissances, santé, bioprospection	Culturel
					Stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					-	Support

1.2.7 Pollution des sols par des produits chimiques

Les produits chimiques utilisés pour extraire le minerai peuvent quelque fois se retrouver dans les sols. Les déversements et les fuites de matières dangereuses, ainsi que le dépôt de poussière contaminée fouettée par le vent peut également affecter les populations et activités agricoles situées à proximité (ELAW, 2010) (Tableau 9). Dans le cas des mines néocalédoniennes seules les pollutions accidentelles aux hydrocarbures présents dans les engins sont à considérer.

Tableau 9 : Ecosystèmes impactés par la pollution des sols induite par l'activité minière

Habitats/ Ecosystèmes impactés	Nature de l'impact	Type de l'impact	Processus	Réponse du milieu/écosystèm e	Services fournis par l'écosystème impacté	
Forêts du BV de Yaté	Indirect	Négatif	La pollution des sols par les activités minières fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	Approvisionnement en eau	Approvisionnement
					Sculpture kanak, santé, bioprospection	Culturel
					Production d'hydroélectricité (régulation des sédiments), régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					Régulation de la qualité des aquifères littoraux	Support
Forêts	Indirect	Négatif	La pollution des sols par les activités minières fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	-	Approvisionnement
					Tourisme de nature des non-résidents, tourisme de nature des résidents, support de recherche et de connaissances, sculpture kanak, santé, bioprospection,	Culturel
					Régulation de la qualité de l'eau AEP, régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau, stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂ , régulation de la qualité des aquifères littoraux	Régulation
					-	Support
Maquis/savane/ végétation éparse	Indirect	Négatif	La pollution des sols par les activités minières fragilise les populations végétales en place.	Dégradation de l'état de santé (qualitatif) et perte de surface (surfaccique)	-	Approvisionnement
					Support de recherche et de connaissances, santé, bioprospection	Culturel
					Stockage de CO ₂ , fixation de CO ₂	Régulation
					-	Support
Jardins, vergers familiaux	Indirect	Négatif	La pollution des sols par les activités minières peut affecter les cultures agricoles situées à proximité	Dégradation de l'état de santé des agroécosystèmes (qualitatif)	Agriculture	Approvisionnement
					Coutumes	Culturel
					-	Régulation
					-	Support

1.2.8 Délais de revégétalisation du site minier

Le Code Minier, mis en application le 1^{er} Mai 2009, introduit de nouvelles dispositions en matière environnementale. Celles-ci prévoient la mise en place d'un schéma de réhabilitation des zones dégradées, comprenant un plan de restauration (techniques de revégétalisation utilisées, etc.) et de fermeture (Laroche, 2011). Tous les opérateurs miniers sont donc obligés de restaurer les zones exploitées ainsi que des zones, hors du périmètre d'exploitation, dans le cadre de mesures compensatoires. Il est donc important de mentionner cette étape dans les impacts de l'activité minière sur les habitats naturels.

A titre d'exemple, à Vale-NC, la pépinière construite en 1996 (avant la construction de l'usine) est, à ce jour, la plus grande pépinière de Nouvelle-Calédonie pour la production de plantes endémiques et de maquis minier. Elle a aujourd'hui une capacité de 500 000 plants par an. Près de 220 espèces sont produites et servent à enrichir les parcs forestiers de la province Sud et les zones érodées, incendiées ou les mines abandonnées. Au cours des trente prochaines années, cette pépinière devrait contribuer à restaurer les surfaces décapées puis progressivement libérées par le projet (à raison de 30 hectares de forêts par an, soit 300 000 plants (Awa communication 2015)).

Après exploitation, l'état de dégradation des sites rend le retour de la végétation compliqué. Le sol présente souvent des carences en éléments nutritifs, en matière organique et possède parfois des concentrations naturellement élevées en métaux lourds (ou autres contaminants). Toutes ces composantes rendent finalement les sols miniers très peu fertiles, ralentissant d'autant leur revégétalisation (Laroche, 2011).

Une fois réhabilité, l'CEIL magazine (2015) indiquait qu'il faudra encore environ 10 années pour recréer un couvert végétal dense et au moins un siècle pour retrouver toute la densité d'espèces que la forêt abritait à l'origine. Il faudra donc attendre de nombreuses années avant de récupérer l'ensemble des services écosystémiques perdus lors du début de l'exploitation minière.

1.3 BÉNÉFICIAIRES DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES IMPACTES PAR LES ACTIVITES MINIERES

Les bénéficiaires des services écosystémiques des habitats Grand Sud sont directement concernés par la détérioration provoquée par l'activité minière. Parmi ces bénéficiaires impactés, nous retrouvons les populations locales, dépendantes des SE pour la pratique de leur culture (p. ex. pêche pour la Coutume) ou encore pour la régulation de processus écologiques susceptibles de menacer leur santé (p. ex. régulation de la qualité de l'eau). Le secteur tertiaire (commerçants, opérateurs touristiques, secteur de l'hébergement et de la restauration) bénéficie principalement des services culturels, supports d'activités touristiques et de certains services de régulation. L'activité minière a enfin un impact direct sur le service d'approvisionnement en eau qui bénéficie aux populations locales pour la fourniture d'eau potable par la forêt mais également, au producteur d'hydroélectricité Enercal dont la production est dépendante de l'approvisionnement en eau du lac de Yaté. Paradoxalement, Vale NC, exploitant minier, est aussi indirectement impacté par sa propre activité car il dépend lui aussi de l'approvisionnement en eau fourni par les zones humides pour la production de nickel de l'usine du Sud et l'approvisionnement en eau de ses bases de vie. L'usine prélèverait jusqu'à 3 millions de m³ d'eau dans le lac de Yaté.

2 PERTES DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES SELON DIFFERENTS SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE DANS LE GRAND SUD

2.1 DEFINITION DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE

2.1.1 Scénario de référence

Le premier scénario, que nous souhaitons étudier, fait office de scénario de référence. Il suppose qu'aucune surface supplémentaire ne sera exploitée par les opérateurs miniers dans le Grand Sud durant les 30 prochaines années. Aucune perte de surface productive en service ne sera donc constatée pour ce scénario.

Ici, nous avons fait le choix de ne pas intégrer les pertes de surfaces survenues avant notre période d'étude (2016-2046) pour plusieurs raisons :

- Premièrement, pour le peu d'intérêt que la prise en compte d'impacts passés pourrait avoir dans la définition d'une stratégie future de l'activité ;
- Deuxièmement, les pertes passées seraient à considérer dans tous les scénarios et s'annuleraient au moment de la comparaison avec le scénario de référence.

2.1.2 Scénario d'exploitation faible

Sur la base d'un entretien mené auprès de la DIMENC, nous avons pu obtenir une projection de l'activité minière sur les 30 prochaines années. La figure suivante présente cette projection (voir zone en jaune). Dans ce scénario, qui suppose une exploitation de « relativement » faible intensité, nous considérons que seule la zone jaune sur la carte ci-dessous (5 578 hectares) sera exploitée sur 30 ans. La zone jaune prend en compte une grande partie du cadastre située autour de la tribu de Goro ainsi qu'une zone située près de la pointe de l'Evêque à l'ouest du Grand Sud. Pour lisser la mise en exploitation et ignorant l'année de démarrage de cette exploitation, on supposera dans la suite de l'évaluation qu'un trentième de cette surface entre en exploitation chaque année, à savoir 186 hectares par an.

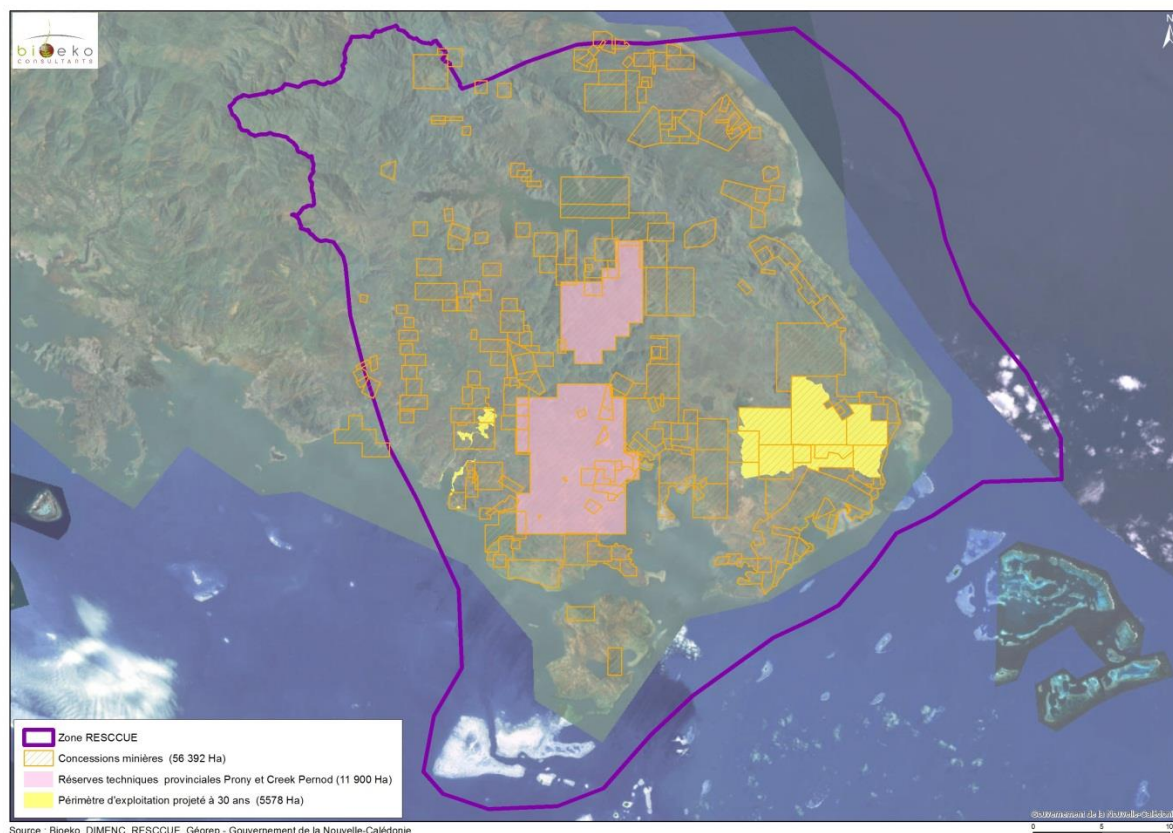


Figure 8: Projection de l'activité minière du Grand Sud sur 30 ans

2.1.3 Scénario d'exploitation moyenne

Ce scénario suppose une exploitation plus intense que celle proposée dans le deuxième scénario. On suppose que la zone indiquée en rose sera exploitée en plus de celle déjà exploitée dans le scénario précédent (en jaune). La zone rose correspond aux réserves techniques provinciales de Prony et du Creek Pernod, qui n'ont pas encore reçu l'accord d'exploitation par la province Sud. Au total, ce scénario propose l'entrée en exploitation de 17 478 hectares sur les 30 prochaines années. Comme pour le scénario précédent, on supposera dans la suite de l'évaluation qu'un trentième de cette surface entre en exploitation chaque année, soit 582 hectares par an.

2.1.4 Synthèse

Le tableau 10 présente les surfaces en habitats calculées par traitement de données spatialisées pour chacun des scénarios.

Tableau 10: Détails des superficies par habitat et couvert végétal des scénarios d'exploitation minière envisagés dans le Grand Sud

Habitats et couverts d'exploitation minière	Scénario de référence		Scénario d'exploitation faible		Scénario d'exploitation moyenne	
	Surface (en ha)	Pourcentage	Surface (en ha)	Pourcentage	Surface (en ha)	Pourcentage
Eau douce	2,7	0,14%	55,4	0,76%	100,5	0,53%
Eau marine	0,0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Forêt sur substrat ultramafique	366,9	19,43%	1684,5	23,18%	3726,3	19,81%
Forêt sur substrat volcano-sédimentaire	0,015	0,00%	13,715	0,19%	45,915	0,24%
Mangrove clairsemée	2,3	0,12%	2,3	0,03%	2,3	0,01%
Mangrove dense	1,03	0,05%	1,03	0,01%	1,03	0,01%
Maquis dense paraforestier	377,3	19,98%	2376,7	32,70%	6188,1	32,89%
Maquis ligno-herbacé	574,4	30,41%	1600,9	22,03%	5501,8	29,24%
Sol nu sur substrat ultramafique	174,2	9,23%	574,1	7,90%	943,1	5,01%
Sol nu sur substrat volcano-sédimentaire	0,2	0,01%	49,6	0,68%	62,6	0,33%
Tanne	1,2	0,06%	2,4	0,03%	3	0,02%
Végétation arbustive sur substrat volcano-sédimentaire	0,3	0,02%	113,9	1,57%	276,1	1,47%
Végétation éparses sur substrat ultramafique	387,8	20,54%	694,6	9,56%	1833,2	9,74%
Végétation éparses sur substrat volcano-sédimentaire	0,0	0,00%	0,44	0,01%	2,09	0,01%
Savane	0,0	0,00%	16,29	0,22%	42,4	0,23%
Zones d'habitation	0,0	0,00%	1,37	0,02%	1,37	0,01%
Zones sombres (non interprétables) et nuages	0,0	0,00%	79,91	1,10%	83,6	0,44%
Total général	1888	100%	7267	100%	18813	100%

2.2 EVALUATION DE LA PERTE EN SURFACE PRODUCTIVE EN SERVICE POUR CHACUN DES SCENARIOS D'EXPLOITATION MINIERE

Par manque de données quantitatives sur les impacts de l'activité minière, les pertes liées à l'exploitation minière ne seront, dans un premier temps, traitées qu'en termes de pertes nettes en couvert végétal et traduites en variation (en hectares) de surfaces productives en services écosystémiques. Dans cette première analyse, seuls les impacts, induisant une variation de surface, seront considérés. Pour cela, nous utiliserons exclusivement les données de surfaces présentées dans le Tableau 10.

Dans un second temps, des hypothèses à dire d'experts seront faites afin de considérer les impacts qui toucheraient, cette fois-ci, à une variation de la qualité des écosystèmes (impacts directs et indirects non surfaciques). Des écosystèmes situés en dehors du cadastre exploité peuvent, en effet, être indirectement impactés par les mines. C'est le cas par exemple des récifs coralliens dont l'état de santé est dépendant de la qualité des eaux du lagon. Or ces eaux sont aujourd'hui menacées par le risque de pollutions diffuses ou accidentelles d'origine terrigène provenant des activités minières situées en amont. Pour ce second niveau d'analyse, des hypothèses seront formulées sous la forme de variations relatives (en %) de la valeur totale des services offerts par les habitats impactés. Ce second niveau

d'analyse devrait notamment permettre d'intégrer la notion de continuité écologique et hydrologique en considérant la dégradation par l'activité minière d'habitats situés en dehors du cadastre minier.

En raison du temps long nécessaire à la récupération de l'ensemble des services écosystémiques après réhabilitation d'un couvert végétal décapé par l'exploitation minière, nous ne considérerons pas non plus l'impact « positif » de la révégétalisation minière dans les scénarios d'exploitation à 30 ans. On suppose que les services écosystémiques perdus après décapage des surfaces productives en services ne seront retrouvés que dans un délai bien plus long que celui considéré dans nos scénarios.

3 EVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE DE SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE

3.1 ÉVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE NETTE EN SURFACES PRODUCTIVES EN SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE

Comme cela a déjà été mentionné précédemment, dans un premier temps, nous n'évaluons donc pas les pertes de services liées à une dégradation de la qualité des écosystèmes mais seulement les pertes de services liées à une perte de surfaces « productives » en services. Le Tableau 11 présente la liste des services écosystémiques qui sont considérés dans la première analyse, dite évaluation économique de la perte nette en surfaces productives en SE.

Tableau 11: Services écosystémiques considérés (en blanc) et non-considérés (en gris) dans l'évaluation en perte de surfaces productives

Services	Unités écologiques
Pêche récifo-lagonaire (professionnelle, non-professionnelle et vivrière)	Récifs coralliens
Pêche en eau douce	Eau douce
Agriculture	Jardins, vergers familiaux
Production sylvicole	Surfaces plantées
Approvisionnement en eau	Bassin versant de Yaté
Pêche récifo-lagonaire de loisir	Récifs coralliens
Tourisme nautique	Milieux marins
Plaisance	Récifs coralliens
Tourisme de nature des résidents et non résidents	Forêts
Support de recherche et de connaissance	Toutes
Savoirs traditionnels	
<i>Sculpture kanak</i>	Forêts
<i>Santé</i>	Forêts, maquis, savane, végétation
<i>Coutumes et traditions</i>	Jardins, vergers familiaux
Bioprospection	Toutes
Régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène	
<i>Production d'hydroélectricité</i>	Forêts du bassin versant de Yaté
<i>Régulation de la qualité de l'eau</i>	Forêts des bassins versants des captages AEP
<i>Régulation de la turbidité des eaux du lagon</i>	Mangroves
Protection contre l'érosion côtière générée par la houle et les vagues	Récifs coralliens et mangroves
Régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau	Zone humides
Rôle contre les tsunamis	Mangroves
Régulation du climat global	Jardins, vergers familiaux
<i>Fixation de CO2 par les forêts</i>	Forêts plantées, maquis
<i>Piégeage de CO2 par les écosystèmes côtiers</i>	Herbiers, mangroves
<i>Stock de CO2 des forêts</i>	Forêts

Les politiques de gestion mises en place pour diminuer les impacts ne sont pas non plus prises en compte dans nos calculs. Les services écosystémiques sont supposés stables dans le temps et offrent donc la même valeur annuelle sur 30 ans.

3.1.1 Spatialisation de la perte en services écosystémiques

L'évaluation économique des services écosystémiques (L2.3.), bien que, rapportant les résultats de l'évaluation à l'hectare pour l'ensemble du Grand Sud, a mis en évidence la spatialisation de certains services écosystémiques.

Les services écosystémiques comme l'approvisionnement en eau et la régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène pour la production d'hydroélectricité, n'ont ainsi été considérés que pour les seuls cadastres miniers inclus dans le Bassin Versant de Yaté, à savoir 3 600 hectares situés dans la réserve technique de Pernod. Seul le scénario d'exploitation moyenne considère cette surface comme étant exploitée, il sera donc le seul à supporter une perte des services d'approvisionnement en eau et de régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène.

Les tourisms de nature des résidents et des non-résidents ont, eux aussi, fait l'objet d'une spatialisation. En effet, d'après le rapport sur l'étude de faisabilité des activités génératrices de revenus menée dans le cadre du projet RESCCUE (RESCCUE, 2015), les touristes du Grand Sud se concentreraient principalement sur deux grandes zones : 18 000 touristes se concentreraient sur la Baie de Prony et 66 000 sur l'ensemble des aires protégées. Une dégradation des écosystèmes, engendrée par l'activité minière, aura un impact négatif direct sur le tourisme dit « de nature » car la principale motivation des touristes est d'observer les milieux naturels. Ainsi dans le scénario d'exploitation moyenne provoquant 30% de perte de surfaces sur la Baie de Prony, la perte de la valeur totale du tourisme de nature du Grand Sud, liée à l'activité minière dans ce scénario, pourrait être estimée à plus de 6%. Cette estimation est réalisée en utilisant l'hypothèse d'une diminution du nombre de touristes proportionnelle à la perte de surfaces de milieux naturels. Cette hypothèse haute a été choisie, en l'absence d'éléments plus précis.

Le service de régulation de la qualité de l'eau, offert par les forêts des bassins versants de captage AEP, a aussi été spatialisé. En effet, les zones de captage AEP du Grand Sud se situent autour de la tribu de Goro ainsi que dans la réserve technique de Pernod. Seules les forêts de ces deux zones ont donc été considérées dans le calcul des pertes représentant 1 329 ha (Goro) pour le scénario de faible exploitation et 1 891 ha (Goro et Pernod) pour le scénario d'exploitation moyenne.

3.1.2 Résultats

Afin d'évaluer les pertes de services écosystémiques liées à l'activité minière, nous avons calculé la valeur actualisée nette (VAN) pour chacun des scénarios de d'exploitation sur 30 ans. Elle représente la somme des valeurs économiques actualisées⁸ pour la période considérée. La VAN est calculée pour chaque service pour les trois scénarios (Tableau 12). La différence entre les VAN des scénarios est ensuite calculée afin d'estimer la perte de services par rapport au scénario de référence pour chacun des deux scénarios d'exploitation.

A noter que dans le **Tableau 12**, l'absence de variation de valeur totale entre les scénarios d'exploitation et le scénario de référence ne signifie pas systématiquement l'absence d'impact de l'activité minière sur le service écosystémique considéré. Elle peut aussi être expliquée par l'absence de valeur économique calculée pour ce service. Les services écosystémiques pour lesquels nous n'avons pas pu estimer de valeur économique sont indiqués par un astérisque. Les SE non-considérés dans cette analyse et déjà identifiés dans le **Tableau 12** sont colorés en rouge.

⁸ Ce taux d'actualisation rend compte de la dépréciation de la valeur dans le temps. 4% est la valeur généralement admise de la littérature sur l'évaluation économique des écosystèmes, tant marins que terrestres (Van Beukering et al., 2003). Mais un très récent rapport du Commissariat Général à la Stratégie et la Prospective suggère plutôt de considérer un taux d'actualisation de 2,5% dans ce cas de figure (Quinet, 2013).

Tableau 12: Evaluation des pertes pour les différents scénarios d'exploitation minière du Grand Sud

Service	Unités écologiques	Surface perdue lors du scénario d'exploitation faible (ha)	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation faible sur la période 2016-2046	Surface perdue lors du scénario d'exploitation moyenne (ha ou %)	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046
Services d'approvisionnement						
Pêche récifo lagonaire	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
<i>Pêche commerciale professionnelle</i>	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
<i>Pêche vivrière</i>	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
<i>Pêche commerciale non professionnelle</i>	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
Pêche en eau douce	Eau douce	0	0	0	0	0
Agriculture	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture commerciale professionnelle</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture vivrière</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture commerciale non professionnelle</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
Production sylvicole	Surfaces plantées	0	0	0	0	0
Approvisionnement en eau	Bassin versant de Yaté	0	0	- 562	119 871 891	119 871 891
Services culturels						
Pêche récifo lagonaire de loisirs	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
Tourisme nautique	Milieu marin	0	0	0	0	0
Plaisance	Récifs coralliens	0	0	0	0	0
Tourisme de nature des non-résidents	Forêts	0	0	-6,43%	33 895	33 895
Tourisme de nature des résidents	Forêts	0	0	-6,43%	75 722	75 722
Support de recherche et de connaissance*	Toutes	-5 379	0	-16 925	0	0
Savoirs traditionnels			3 179 247		10 549 890	7 370 643
<i>Sculpture kanak*</i>	Forêts	-1 331	0	-3 405	0	0

Service	Unités écologiques	Surface perdue lors du scénario d'exploitation faible (ha)	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation faible sur la période 2016-2046	Surface perdue lors du scénario d'exploitation moyenne (ha ou %)	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046	Différence de la valeur actualisée nette du scénario de référence et du scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046
<i>Santé</i>	Forêts, maquis, savane, végétation	-4 794	3 179 247	-15 909	10 549 890	7 370 643
<i>Coutumes et traditions</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
Bioprospection*	Toutes	-5 379	0	-16 925	0	0
Services de régulation						
Régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène			32 012 052		45 544 523	13 532 471
<i>Production d'hydroélectricité*</i>	<i>Forêts du bassin versant de Yaté</i>	0	0	-562	0	0
<i>Régulation de la qualité de l'eau</i>	<i>Forêts des bassins versants des captages AEP</i>	-1 329	32 012 052	- 1 891	45 544 523	13 532 471
<i>Régulation de la turbidité des eaux du lagon</i>	<i>Mangroves</i>	0	0	0	0	0
Protection contre l'érosion côtière générée par la houle et les vagues			0		0	0
<i>Protection contre l'érosion côtière par les récifs coralliens</i>	<i>Récifs coralliens</i>	0	0	0	0	0
<i>Protection contre l'érosion côtière par les mangroves</i>	<i>Mangroves</i>	0	0	0	0	0
Régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau	Zones humides	-1 331	384 231 755	-3 405	982 837 666	598 605 911
Rôle contre les tsunamis*	<i>Mangroves</i>	0	0	0	0	0
Régulation du climat global	Jardins, vergers familiaux		4 720 770		12 075 395	7 354 625
<i>Fixation de CO2 par les forêts</i>	<i>Forêts plantées,</i>	0	0	0	0	0
<i>Piégeage de CO2 par les écosystèmes côtiers*</i>	<i>Herbiers, mangroves</i>	0	0	0	0	0
<i>Stock de CO2 des forêts</i>	<i>Forêts</i>	-1 331	4 720 770	- 3 405	12 075 395	7 354 625
Total			424 143 824		1 170 988 982	746 845 158

En considérant une exploitation minière faible sur les 30 prochaines années, nous pouvons noter une perte de services écosystémiques d'une valeur de plus de 424 millions de F CFP. Cette valeur augmente fortement lorsque l'on considère une exploitation moyenne, pour atteindre les 1,17 milliards de F CFP de pertes (à savoir ; 1,36% de perte de la valeur économique actualisée des services écosystémiques). Une augmentation de 11 000 hectares d'exploitation (augmentation entre le 2^{ème} et le 3^{ème} scénario) engendre ainsi une perte de plus de 740 millions de F CFP sur 30 ans (0,9% de perte de la valeur économique actualisée des services écosystémiques). La perte de régulation de l'inondation par les forêts et la perte d'approvisionnement en eau représentent, respectivement, 80% et 16% de la perte totale entre les deux scénarios d'exploitation.

Ces résultats peuvent paraître faibles mais il est important de souligner que ces estimations sont des minima. En effet, l'ensemble des impacts, associés à l'activité minière, n'a pu être pris en compte ici. Ce travail n'offre qu'un échantillon des pertes en services écosystémiques sur la base d'une variation de la surface « productives » en services.

D'autres éléments tels que les efforts des exploitants pour réduire leurs impacts environnementaux n'ont pas non plus été considérés. En effet, les opérateurs miniers ont mis en place une gestion des eaux de ruissellement et ont généralisé les pratiques de revégétalisation des surfaces exploitées sur l'ensemble des sites nouvellement exploités (DIMENC, n.d). Cependant, nous n'avons pas pu réunir d'informations sur l'efficacité de ces techniques au regard du maintien des potentialités écologiques, et, pour notre cas, de la fourniture de services écosystémiques.

3.1.3 Analyse distributive des pertes par bénéficiaires des services écosystémiques impactés par l'activité minière

Il est également intéressant d'analyser les résultats précédents au regard des acteurs concernés par cette perte en services. La perte en services écosystémiques va principalement impacter les populations locales, le secteur tertiaire et les entreprises privées telles que Enercal, pour la production d'hydroélectricité et Vale NC, pour l'approvisionnement en eau. L'objectif, ici, est donc d'identifier les acteurs les plus touchés par l'activité minière. Le tableau ci-dessous associe chaque service écosystémique calculé dans le livrable L2.3. (*Evaluation économique des services écosystémiques du Grand Sud*) et impacté par l'activité minière à ses bénéficiaires dans le Grand Sud.

Tableau 13: Bénéficiaires des services écosystémiques calculés impactés par l'activité minière du Grand Sud

Services		Populations locales	Secteur tertiaire	Vale NC	Enercal
Approvisionnement	Pêche récifo-lagonaire vivrière				
	Pêche récifo-lagonaire commerciale non-professionnelle ⁹				
	Pêche en eau douce				
	Approvisionnement en eau				
Culturel	Pêche récifo lagonaire de loisirs				
	Tourisme nautique				
	Plaisance				
	Tourisme de nature des non-résidents				
	Tourisme de nature des résidents				
	Support de recherche et de connaissance				
	Savoirs traditionnels				
	Bioprospection				
Régulation et support	Régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène				
	<i>Production d'hydroélectricité</i>				
	<i>Régulation de la qualité de l'eau</i>				
	<i>Régulation de la turbidité des eaux du lagon</i>				
	Protection contre l'érosion côtière générée par la houle et les vagues				
	Régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau				
	Rôle contre les tsunamis				
	Régulation du climat global				
	<i>Piégeage de CO2 par les écosystèmes côtiers</i>				
	<i>Stock de CO2 contenu dans les forêts</i>				
Nombre de services bénéficiant à chaque acteur		12	8	2	3

Dans le cadre d'une exploitation faible, plus de 99% de la perte nette totale en surface productrice de services écosystémiques, sont supportés par les populations locales. En effet, même si les populations locales ne sont pas présentes sur les sites d'activité minière, les écosystèmes directement impactés par l'exploitation minière tels que les forêts, sont le support de services pouvant, éventuellement, bénéficier aux populations locales. Les forêts, par exemple, sont support du savoir traditionnel kanak pour la pharmacopée et l'art. Les populations locales sont, également, dépendantes du service de régulation de l'inondation représentant, à lui seul, la quasi-totalité de la perte nette totale. Le reste de la perte, soit 1%, est supporté équitablement entre le secteur tertiaire et les deux entreprises privées et correspond à une perte de valeur du service de régulation du climat global.

Le scénario d'exploitation moyenne considère des pertes de valeurs supplémentaires pour le service de tourisme de nature et les services offerts par les écosystèmes du bassin versant de Yaté dont

⁹ Dans l'évaluation économique des SE, les pêcheurs non locaux sont également supposés bénéficier de ce service.

certaines sont inclus dans la réserve technique de Pernod. La perte totale de valeur économique est alors supportée, à hauteur de 89% par les populations locales et à 10% par Enercal, producteur d'hydroélectricité, qui est impacté suite à la perte de surfaces impliquées dans l'approvisionnement du lac de Yaté. La perte de valeur pour ce service d'approvisionnement en eau n'a pu être considérée pour les autres bénéficiaires étant donné que la valeur économique associée n'avait pas pu être estimée dans le cadre du travail d'évaluation précédent par manque de données. Le secteur tertiaire et Vale NC supportent le reste de la perte totale de valeur en raison d'une perte de service de régulation du climat global.

3.2 EVALUATION ECONOMIQUE DE LA PERTE ABSOLUE EN SERVICES ECOSYSTEMIQUES LIEE A L'ACTIVITE MINIERE

Comme déjà mentionné, nous n'avons pas pris en compte les impacts indirects ou qualitatifs de l'activité minière à cause d'un manque de données quantitatives sur les conséquences de ces impacts sur la fourniture des SE. Les résultats précédents ne reflètent ainsi, qu'une perte nette de surfaces productives et sous-estiment donc la valeur réelle des impacts de l'activité minière sur les services écosystémiques du Grand Sud.

Dans l'objectif d'amener à la discussion et de prendre en considération la connectivité écologique et hydrologique des écosystèmes, nous proposons d'émettre des hypothèses à dire d'experts afin de quantifier les impacts non-évalués dans la précédente analyse. Il est important de préciser que ces hypothèses n'ont pu être appuyées par des informations recueillies dans la littérature en raison d'un manque d'études portant sur l'impact de l'activité minière sur le milieu naturel. Les variations en pourcentage sont ainsi volontairement basses. L'idée ici est de prendre en compte ces impacts avec des hypothèses « faibles » de perte due à l'activité minière afin de considérer a minima les impacts de l'activité minière sur toute la biodiversité et pas seulement en termes de pertes de surfaces productives en SE. L'objectif est de montrer que même si les pourcentages de pertes considérés sont minimales, les valeurs économiques des pertes pour chaque scénario augmentent fortement dès lors que nous considérons tous les impacts directs et indirects.

3.2.1 Hypothèses de pertes qualitatives en services écosystémiques

Pour les valeurs des services écosystémiques impactés par l'activité minière, suite à une variation qualitative de l'état de santé du milieu ou d'une variation quantitative du bien fourni (p. ex. volume d'eau douce) (Tableau 2 à 8), nous avons pu émettre des hypothèses de variations en pourcentages de la valeur totale des services. Les différences entre les hypothèses des deux scénarios d'exploitation ont été établies, arbitrairement, en prenant en compte la spatialisation des zones d'exploitation de ces deux scénarios.

Par exemple, l'activité minière est supposée avoir des impacts sur les récifs coralliens (Pérez-Vitoria, 2015) dus notamment à la perturbation du régime hydrologique et la détérioration de la qualité de l'eau. Ces écosystèmes sont supports de nombreux services tels que la pêche récifo-lagonaire, le tourisme nautique et d'autres. Afin de ne pas omettre l'importance des pertes qui pourraient être engendrées par l'activité minière sur ces écosystèmes marins, et en l'absence de données quantitatives, nous avons donc émis des hypothèses sur l'impact de l'activité sur la perte de services offerts par les récifs coralliens. Nous considérons ainsi une perte de 5% du service total pour le scénario de faible exploitation et une perte de 10% pour le scénario de moyenne exploitation sur 30 ans. Ces hypothèses seront bien évidemment dépendantes du niveau d'exploitation développé sur chacun des sites exploités. A noter que la matérialisation de la perte de services en pourcentage et non pas en surface empêche toute spatialisation des pertes comme cela a pu être fait dans l'analyse précédente. Ainsi, l'« effet rebond » induisant une augmentation des activités dans d'autres zones à la suite d'une perte de services dans une zone donnée n'est pas considéré dans cette analyse. Par exemple, pour la pêche et le tourisme il est probable que les activités soient reportées dans d'autres zones à la suite de la dégradation du milieu, favorisant le maintien de la valeur de ces services. Cependant, nous pouvons

aussi supposer que ce report des activités de pêche ou touristique puisse engendrer des conflits d'usage ou inter-clans augmentant d'autant plus la pression sur les habitats naturels.

Le tableau suivant fait la synthèse des hypothèses qui sont utilisées pour quantifier la perte absolue de valeur économique liée à l'activité minière. Les services pour lesquels nous avons émis des hypothèses de variation en % de la valeur totale sont présentés en rouge.

Les services écosystémiques pour lesquels nous n'avons pas pu estimer de valeur économique dans le Livrable 2.3 sont indiqués par un astérisque.

Tableau 14: Hypothèses des pertes qualitatives en services écosystémiques selon les scénarios

Service	Unités écologiques	Surface perdue Scénario d'exploitation faible (en ha ou %)	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation faible sur la période 2016-2046	Surface perdue scénario moyenne (en ha ou %)	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046
Services d'approvisionnement						
Pêche récifo lagonaire	Récifs coralliens		16 287 505		32 575 011	16 287 505
<i>Pêche commerciale professionnelle</i>	Récifs coralliens	-5%	145 305	-10%	290 610	145 305
<i>Pêche vivrière</i>	Récifs coralliens	-5%	9 258 377	-10%	18 516 753	9 258 377
<i>Pêche commerciale non professionnelle</i>	Récifs coralliens	-5%	6 883 824	-10%	13 767 647	6 883 824
Pêche en eau douce	Eau douce	-5%	556	-15%	1 668	1 112
Agriculture	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture commerciale professionnelle</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture vivrière</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
<i>Agriculture commerciale non professionnelle</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
Production sylvicole	Surfaces plantées	0	0	0	0	0
Approvisionnement en eau	Bassin versant de Yaté	0	0	-562	119 871 891	119 871 891
Services culturels						
Pêche récifo lagonaire de loisirs	Récifs coralliens	-5%	55 236 778	-10%	110 473 556	55 236 778
Tourisme nautique	Milieu marin	-5%	17 386	-10%	34 772	17 386
Plaisance	Récifs coralliens	-5%	25 301 175	-10%	47 123 528	21 822 353
Tourisme de nature des non-résidents	Forêts		0	-6,43%	33 895	33 895
Tourisme de nature des résidents	Forêts		0	-6,43%	75 722	75 722
Support de recherche et de connaissance*	Toutes	-5 379	0	-16 925	0	0
Savoirs traditionnels			3 179 247		10 549 890	7 370 643

Service	Unités écologiques	Surface perdue Scénario d'exploitation faible (en ha ou %)	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation faible sur la période 2016-2046	Surface perdue scénario d'exploitation moyenne (en ha ou %)	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046	Pertes de la Valeur économique totale entre le scénario de référence et le scénario d'exploitation moyenne sur la période 2016-2046
<i>Sculpture kanak*</i>	Forêts	-1 331	0	-3 405	0	0
<i>Santé</i>	Forêts, maquis, savane, végétation	-4 794	3 179 247	-15 909	10 549 890	7 370 643
<i>Coutumes et traditions</i>	Jardins, vergers familiaux	0	0	0	0	0
Bioprospection*	Toutes	-5 379	0	-16 925	0	0
Services de régulation						
Régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène			32 481 143		46 482 705	14 001 562
<i>Production d'hydroélectricité*</i>	Forêts du bassin versant de Yaté	0	0	-562	0	0
<i>Régulation de la qualité de l'eau</i>	Forêts des bassins versants des captages AEP	-1 329	32 012 052	-1 891	45 544 523	13 532 471
<i>Régulation de la turbidité des eaux du lagon</i>	<i>Mangroves</i>	<i>-5%</i>	<i>469 091</i>	<i>-10%</i>	<i>938 182</i>	<i>469 091</i>
Protection contre l'érosion côtière générée par la houle et les vagues			372 350 182		744 700 363	372 350 182
<i>Protection contre l'érosion côtière par les récifs coralliens</i>	<i>Récifs coralliens</i>	<i>-5%</i>	<i>371 658 499</i>	<i>-10%</i>	<i>743 316 998</i>	<i>371 658 499</i>
<i>Protection contre l'érosion côtière par les mangroves</i>	<i>Mangroves</i>	<i>-5%</i>	<i>691 683</i>	<i>-10%</i>	<i>1 383 365</i>	<i>691 683</i>
Régulation de l'inondation par débordement des cours d'eau	Zones humides	-1 331	384 231 755	-3 405	982 837 666	598 605 911
Rôle contre les tsunamis	Mangroves	0	0	0	0	0
Régulation du climat global	Jardins, vergers familiaux		4 720 770		12 075 395	7 354 625
<i>Fixation de CO2 par les forêts</i>	Forêts plantées, maquis	0	0	0	0	0
<i>Piégeage de CO2 par les écosystèmes côtiers*</i>	<i>Herbiers, mangroves</i>	<i>-5%</i>	<i>0</i>	<i>-10%</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Stock de CO2 contenu dans les forêts</i>	Forêts	-1 331	4 720 770	-3 405	12 075 395	7 354 625
Total			893 806 497		2 106 836 061	1 213 029 565

3.2.2 Résultats

Les résultats, obtenus après l'implémentation de nos hypothèses, montrent une augmentation des pertes par rapport aux résultats précédents. La perte liée à une activité minière faible s'élève maintenant à plus de 890 millions de F CFP sur 30 ans (correspondant à 1,04% de perte de services). Si nous considérons une activité minière moyenne, les pertes représentent, cette fois, plus de 2,1 milliards de F CFP sur 30 ans (2,46% de perte de services). Les hypothèses, mises en place, sont à hauteur de 5 à 15% de variation de valeur sur 30 ans, ce qui est très faible. Ces hypothèses, même à minima, permettent d'entrevoir des pertes dues à l'activité minière importantes lorsque l'on considère les conséquences à l'aval. En effet, les pertes liées au scénario d'exploitation faible ont augmenté de 110%, après l'implémentation des hypothèses, et celles liées au scénario d'exploitation moyenne ont augmenté de 80%.

Sous ces hypothèses aussi, les populations locales sont les principaux acteurs impactés par l'activité minière. En effet, lors du scénario d'exploitation faible, elles supportent plus de 90% des pertes et à hauteur de 86% pour le scénario d'exploitation moyenne. Cette augmentation est due principalement à la prise en compte des impacts sur la pêche récifo-lagonaire et du service de régulation de la turbidité du lagon supporté par les mangroves. Le secteur tertiaire est impacté à hauteur de 9% de la valeur totale des pertes pour le scénario d'exploitation faible et de 7,75% pour le scénario d'exploitation moyenne. La prise en compte des impacts sur le tourisme nautique, la pêche récifo-lagonaire et la plaisance ont causé une augmentation des pertes supportée par le secteur tertiaire, en comparaison avec les résultats précédents.

Ces résultats mettent ainsi clairement en lumière la nécessité de considérer les connectivités écologiques et hydrologiques des écosystèmes au regard des futures zones d'exploitation des mines. En effet, même dans le cas de dégradation faible sur un temps long (de 5 à 10% sur 30 ans) un habitat dégradé par une mise en exploitation n'entraînera pas les mêmes conséquences selon qu'il est connecté, ou non, au réseau hydrographique, à d'autres unités écologiques, à une zone présentant un fort risque d'érosion, ou seulement selon sa position dans le bassin versant.

Chapitre 5 : Discussion

1 ANALYSE DES IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'EXPLOITATION MINIERE

Dans la présente étude, nous avons évalué les impacts de l'activité minière sur l'environnement à travers la notion de services écosystémiques. Cependant, pour aller plus loin dans l'évaluation des impacts de l'activité minière il serait important de considérer d'autres types d'impacts socio-économiques. L'activité minière en Nouvelle-Calédonie est, en effet, créatrice d'emplois. En 2015, elle comptait 2 600 salariés¹⁰. Ainsi, dans le Grand Sud, le site minier et métallurgique de Vale-NC emploie 1 350 personnes et fait travailler indirectement 600 entreprises locales (come. Pers. Yannick Dominique, Bioeko). Le secteur minier permet aussi le développement du tissu industriel local, d'infrastructures publiques (voieries, écoles et centres médicaux) dans des zones souvent éloignées des principaux centres urbains (DIMENC, n.d) avec 4,5 milliards d'USD investis sur le site de Vale NC depuis le début du projet, dont 2,2 milliards vers des sous-traitants locaux. Près de 900 millions d'USD ont également été investis dans la mise en place d'études environnementales : acquisition de connaissances, travaux de réhabilitation de site, barrières de protection environnementales (drains, bassins de décantation,...).

A l'inverse, l'exploitation minière peut avoir d'autres types d'impacts socio-économiques négatifs. Elle est par exemple soupçonnée d'être à l'origine de certains problèmes de santé publique. En effet, les poussières de nickel sont mises en cause dans l'apparition de maladies respiratoires telles que

¹⁰ <https://www.ac-noumea.nc/spip.php?rubrique43>

l'asthme, la pneumopathie d'hypersensibilité, l'hyperréactivité bronchique non spécifique ainsi que certains cancers¹¹.

Ces éléments seraient à inclure dans la construction d'un scénario d'arrêt de l'activité minière dans le Grand Sud, scénario qui n'a pas été considéré dans notre évaluation. Notre scénario de référence apporte cependant de premiers éléments de description d'un scénario de l'arrêt de l'activité minière pour la biodiversité puisqu'il considère qu'aucune exploitation minière supplémentaire ne sera engagée dans le futur. En revanche, les impacts socio-économiques d'un scénario de fermeture ne sont pas les mêmes que notre scénario de référence. En effet, l'arrêt de l'activité minière engendrerait la perte d'emplois ainsi qu'une perte de richesse. D'un point de vue environnemental ensuite, une étude de GIE Océanide (Bernard et al., 2014) mettait aussi en avant la peur de certains membres des tribus de voir la pression de la pêche récifo-lagonaire augmenter suite à la fermeture des sites miniers. En effet, les tribus auraient constaté que lors d'épisodes de fermeture provisoire de l'activité minière (lors de certains accidents, par exemple), les salariés avaient tendance à aller plus souvent pêcher pour vendre ensuite leurs prises. Ainsi, l'arrêt de l'activité minière pourrait inversement, si elle n'est pas accompagnée, avoir un impact négatif sur les ressources halieutiques du lagon. De plus, comme nous l'avons précisé précédemment, l'incertitude concernant la bonne remise en état des écosystèmes après l'exploitation minière et le temps nécessaire au retour des services écosystémiques à leur niveau avant exploitation permet de conclure à la non-pertinence de l'arrêt complet de l'exploitation minière.

En bref, une évaluation fine des impacts socio-économiques de l'activité minière y compris dans leur dimension distributive apparaît aujourd'hui nécessaire afin d'être en mesure de quantifier les retombées économiques directes et indirectes du site de Vale-NC et surtout d'identifier les bénéfices socio-économiques dédiés à chacun des acteurs (populations locales, collectivités locales, Etat, entreprises calédoniennes, multinationale minière).

2 LIMITES DE L'OUTIL D'ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

La présente étude comprend plusieurs limites qu'il est important de mentionner. Comme nous l'avons précisé précédemment, la méthodologie de l'évaluation économique des impacts environnementaux de l'activité minière se base sur les résultats de l'évaluation économique des services écosystémiques du Grand Sud présentée dans un précédent livrable (L.2.2 Évaluation des services écosystémiques du Grand Sud). De ce fait, les limites identifiées lors de cette précédente étude s'appliquent également ici. Premièrement, le contexte du Grand Sud néocalédonien est peu adapté à l'application des évaluations économiques de services écosystémiques : une population peu dense, une mutation culturelle, une forte dépendance des populations aux services écosystémiques et une prépondérance de la production vivrière non marchande. Nous avons aussi relevé un manque évident de données pour pouvoir évaluer certains services. Parmi ces derniers services non-évalués, certains sont impactés par l'activité minière. Malheureusement, de par ce manque de données, les impacts de ces services non-évalués n'ont pas pu être, à leur tour, quantifiés (p. ex. impact sur le service de support et de recherche de connaissance, sur la régulation de l'apport de sédiments d'origine terrigène pour la production hydroélectrique).

Ces limites peuvent remettre en cause l'utilisation de l'évaluation économique des services écosystémiques pour la mesure d'impacts de l'activité minière. Cependant, elles ne remettent pas en question le recours à une analyse qualitative qui s'appuie sur les services écosystémiques. Cette approche nous apparaît pertinente pour l'identification de l'ensemble des impacts de l'activité minière sur la société. Il s'agirait donc dans de futurs travaux, plus axés sur la sociologie des institutions ou les sciences politiques, de savoir si pousser cet exercice jusqu'à la monétarisation peut réellement servir à l'information des acteurs, à la décision ou encore au développement de mesures de compensation.

¹¹ <http://www.inrs.fr/risques/chimiques/effets-sante-securite.html>

Un manque de données a enfin été constaté, cette fois-ci, sur la quantification des impacts de l'activité minière sur l'environnement. Ce manque de données pourrait soit induire une sous-estimation des impacts non étudiés soit un risque de surestimation des impacts pour lesquels des hypothèses ont dû être émises (p. ex. perte de surface des récifs coralliens). Ce manque d'information traduit aussi, le manque de connaissance d'impact de certaines pratiques de l'activité minière sur l'environnement. Par extension, les mesures correctives appliquées pour limiter les impacts (gestion des effluents sur la mine p. ex.) pourraient bénéficier de meilleures connaissances sur ces impacts afin d'être mieux ciblés.

3 RECOMMANDATIONS

Ces travaux permettent de proposer un certain nombre de recommandations, détaillées ci-dessous.

Séquence « Eviter, Réduire et Compenser » (ERC) et activité minière

- **Prise en compte des connectivités écologiques dans les outils de gestion d'impact environnemental (séquence ERC).** Bien que les relations entre formations végétales et zones humides soient reconnues (rôle tampon des formations végétales sur les flux hydrique limitant les variations de débits et les phénomènes de lessivage et d'érosion des sols), la quantification de ces dernières n'a pas encore été engagée. Actuellement, la séquence ERC et les opérations de compensation qui en découlent, ne prennent donc en compte que la restauration des formations végétales impactées sur les sites d'exploitation. Cela peut donc entraîner une perte nette en biodiversité car au-delà du constat que la revégétalisation des sites prend beaucoup de temps pour réinstaurer l'équivalence écologique observée avant-exploitation (pertes nettes dans le temps), les impacts (sur les zones humides notamment) situés en aval des sites exploités ne sont pas compensés (pertes nettes de dépendance écosystémique).
- **Renforcer la prise en compte des « services écosystémiques » dans la séquence ERC.** L'idée n'est pas de considérer l'aspect monétaire des SE mais plutôt l'aspect quantitatif de l'impact de l'activité minière sur ces SE. Ce travail pourrait passer par une cartographie des services écosystémiques et des enjeux écologiques (et sociaux) associés. Cela pourrait tout d'abord servir à orienter les exploitants miniers dans la définition des périmètres d'exploitation en phase avant-projet. Dans un second temps cela permettrait aux gestionnaires d'arbitrer entre développement économique et conservation avant de délivrer les autorisations d'exploitation.

Méthodologie et besoins en connaissances

- **Identifier et quantifier tous les impacts environnementaux et socio-économiques de l'activité minière.** Nous avons constaté que la mise en place d'hypothèses même très faibles sur les connectivités écologiques (sûrement sous-estimées ici) entraînait une augmentation considérable des pertes de services écosystémiques. La quantification des impacts indirects dans des scénarios prospectifs permettrait donc d'évaluer les pertes de façon plus rigoureuse.
- **Conduire une évaluation fine des impacts socio-économiques de l'activité minière** y compris dans leur dimension distributive pourrait permettre de mieux préciser les bénéfices et autres coûts non-environnementaux liés à l'activité minière : Quelle est la rentabilité de l'usine et de l'exploitation minière dans le Grand Sud? Quels sont les impacts socio-économiques sur les populations locales et sur les collectivités?

Conclusion

Notre approche d'évaluation des pertes de services écosystémiques liées à l'activité minière du Grand Sud, se base sur la démarche classique d'évaluation des impacts environnementaux que nous avons nourrie en y incluant l'approche et les résultats d'une évaluation économique des services écosystémiques menée lors d'un précédent livrable (cf. L2.2). La stratégie future de l'activité minière étant inconnue, nous avons défini 3 scénarios d'exploitation sur les 30 prochaines années : 1) scénario de « non-exploitation », 2) scénario d'exploitation faible, 3) scénario d'exploitation moyenne. Le but de cette étude n'était pas d'argumenter pour la fermeture de toute activité minière dans le Grand Sud mais plutôt d'apporter des éléments d'information pour la définition d'une stratégie d'exploitation minière « plus durable ».

La seule prise en compte des impacts traduits en perte de surface productive en services a entraîné la sous-estimation des résultats de l'évaluation d'impacts et donc des valeurs obtenues, à considérer comme des minima. Sur la base d'hypothèses « faibles », nous avons donc ensuite mené une seconde analyse afin d'identifier la perte absolue liée à l'activité minière. Ceci nous a permis de démontrer que même avec de faibles hypothèses de variations, la valeur des pertes selon les scénarios augmente significativement. La recherche de données, sur les services écosystémiques ainsi que sur les impacts environnementaux et socio-économiques liés à l'activité minière du Grand Sud, permettrait par la suite de réaliser une étude, plus complète, de ces impacts et d'obtenir des résultats reflétant au mieux la réalité et appuyant donc mieux la décision.

Même si l'évaluation économique des services écosystémiques, sur laquelle notre étude se base, comporte des limites, il reste intéressant d'intégrer la notion de « services écosystémiques » dans l'étude et la gestion des impacts miniers. Les outils développés dans le cadre de la séquence ERC peuvent avoir un intérêt à prendre en compte cette approche par les SE, pas nécessairement pour sa dimension « monétaire » mais plutôt pour son approche quantitative afin de mettre en place une séquence ERC plus performante et respecter les engagements « pas de pertes nettes » de biodiversité.

Bibliographie

- ADEME. 2005. "Introduction à l'Analyse de Cycle de Vie,".
- AFD. 2015. « Préserver les écosystèmes insulaires et les rendre moins vulnérables au changement climatique ». AFD.
http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/shared/PORTAILS/SECTEURS/CLIMAT/fiches-2015/PACIFIQUE_SUD_RESCCUE_Biodiv.pdf.
- André, Pierre, Claude E. Delisle, et Jean-Pierre Revéret. 2010. L'évaluation des impacts sur l'environnement. 3e édition. Processus acteurs et pratiques pour un développement durable. Presses internationales Polytechnique.
- Auroi, Danielle. 2014. Rapport d'information sur l'initiative envisagée par la Commission européenne pour atteindre l'objectif « Aucune perte nette de biodiversité »: Aucune perte nette de biodiversité : un objectif difficile à atteindre mais impératif. Assemblée nationale.
- Awa communication. 2015. « Annuaire des acteurs de l'environnement et du développement durable », n° 2: 102.
- Berg, H., M.C. Ohman, S. Troeng and O. Linden, 1998. Environmental economics of coral reef destruction in Sri Lanka. *Ambio* 27: 627 - 634.
- Bernard et al., 2014. Dynamiques des habitudes, des pratiques et des savoirs relatifs à l'usage et à la gestion du littoral et de la mer dans un contexte de pression industrielle sur le milieu et de changements sociaux.
- Brondizio E.S., F.W. Gatzweiler, C. Zografos, M. Kumar, G. Kadekodi, A. McNeely, J. Xu et J. Martinez-Alier. "Chapter 4: Social-Cultural Context of Ecosystem and Biodiversity Valuation." In *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations*, by de Groot, R., P. Kumar, S. van der Ploeg et P. Sukhdev, 212–35, EarthScan Publisher. London, 2010.
- Cesar, H. & Chong, C.K., 2004. "Economic Valuation and Socioeconomics of Coral Reefs: Methodological Issues and Three Case Studies." In Ahmed, M., C.K. Chong, and H. Cesar. 2004. "Economic Valuation and Policy Priorities for Sustainable Management of Coral Reefs." Penang, Malaysia: WorldFish Center, pp. 14-40.
- Cesar, H. & van Beukering, P., 2004. "Economic Valuation of the Coral Reefs of Hawaii." *Pacific Science* Vol. 58, No. 2: 231-242.
- Chaire en Eco-Conseil. "L'industrie Minière et Le Développement Durable." Université du Québec à Chicoutimi, 2012.
- Chazeau, J., Jourdan, H., Sadlier, R., Bonnet de Larbogne, L., Konghouleux, J. et Potiroa, T. (2003). Identification, typologie et cartographie des groupements végétaux de basse altitude du Grand Sud calédonien et de la vallée de la Tontouta. Caractérisation écologique, botanique et zoologique des écosystèmes représentatifs de ces secteurs (Convention province Sud/IRD). In IRD, Rapport final 2ème partie, Nouméa, Conventions Sciences de la vie Zoologique.
- Constanza, R, R Arge, R S De Groot, S Farber, M Grasso, B Hannon, K Limburg, et al. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital." *Nature*, 1997.
- Cournil, Christel, et François Gemenne. 2011. « Les populations insulaires face au changement climatique : des migrations à anticiper ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Volume 10 Numéro 3 (janvier). doi:10.4000/vertigo.10482.
- David, Gilbert. 2011. « Existe-t-il une spécificité insulaire face au changement climatique ? » *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Volume 10 Numéro 3 (janvier). doi:10.4000/vertigo.10530.

DIMENC. "Le Schéma de Mise En Valeur Des Richesses Minières de La Nouvelle-Calédonie," n.d.

Dixon J. A., L.F. Scura et T. van't Hof, 1995, Ecology and Microeconomics as 'Joint Products': The Bonaire Marine Park in the Caribbean. In: Perrings, C. A., et al. (eds.) Biodiversity Conservation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.127–145.

DTSI. 2008. « Classification de l'occupation du sol de la Nouvelle- Calédonie par approche objet V1.0 - 2008 ». <http://sig-public.gouv.nc/Notice-Occupationdusol2008-SPOT5-approcheobjet.pdf>.

ELAW. "Guide Pour L'évaluation Des EIE de Projets Miniers," n.d.

ELAW. 2010. "Guide Pour L'évaluation Des EIE de Projets Miniers,"

Garcia, Frédéric, and Eric Backes. "Fiche Descriptive Sur Les Zones Humides Ramsar (FDR) - Version 2009-2014," 2013.

Gautier et al., « L'impact du nickel en Nouvelle-Calédonie. Deux emplois privés sur dix liés au secteur nickel en 2012 ».

Heal G.M., E.E. Barbier, K.J. Boyle, A.P. Covich, S.P. Gloss, C.H. Hershner, J.P. Hoehn, C.M. Pringle, S. Polasky, K. Segerson et K. Shrader-Frechette. "Valuing Ecosystems Services: Toward Better Environmental Decision-Making,." National Research Council, 2005.

Hodgson G. et J.A. Dixon, 1988, Logging versus fisheries and tourism in Palawan: An environmental and economic analysis. Occasional Paper, 7, East-West Environment Institute.

Hundloe, T.A., F.M. Vanclay et M. Carter, 1987, Economic and Socio-Economic Impacts of the Crown of Thorns Starfish on the Great Barrier Reef. Unpublished

Jaffré, Tanguy, G Dagostini, and al. "Identification, Typologie et Cartographie Des Groupements Végétaux de Basse Altitude Du Grand Sud Calédonien et de La Vallée de La Tontouta." Nouméa: Institut de recherche pour le développement, 2002.

"Journal Officiel de La Nouvelle-Calédonie," mai 1989.

Krutilla, John V, 1967. "Conservation Reconsidered." The American Economic Review 57, no. 4 : 777–86.

L'Oeil magazine. "Feu de Brousse, Fléau Environnemental," juin 2015.

Laroche. O., 2011. "Revégétalisation de Sites Miniers et Valorisation de Boues de Stations D'épuration: Cas de La Nouvelle-Calédonie,"

Laurans, Yann, Nicolas Pascal, Thomas Binet, Luke Brander, Eric Clua, Gilbert David, Dominique Rojat, and Andrew Seidl. "Economic Valuation of Ecosystem Services from Coral Reefs in the South Pacific: Taking Stock of Recent Experience," September 2011.

Le Bars, Yves, Elsa Faugère, Philippe Menanteau, Bernard Multon, Arthur Riedacker, et Sébastien Velut, éd. 2013. « Les variations de stocks de carbone dans la végétation en Nouvelle-Calédonie ». In *L'énergie dans le développement de la Nouvelle-Calédonie*, 244-72. Expertise collégiale. Montpellier: IRD Éditions. <http://books.openedition.org/irdeditions/1016>.

Le Breton, J., Chazeau, J. et Jourdan, H. (2003). Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera : Formicidae) on native litter ant fauna in New Caledonian rain forest. *Austral Ecol.*, n° 28, p. 204-209.

Leduc. G, and Raymond. M. 2000. L'évaluation Des Impacts Environnementaux: Un Outil D'aide à La Décision. Édition multimonde.

Longépée, Esmeralda. 2015. « Les atolls, des territoires menacés par le changement climatique global ? L'exemple de Kiribati (Pacifique Sud) — Géoconfluences ». <http://geoconfluences.ens->

lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/oceans-et-mondialisation/corpus-documentaire/Kiribati#section-0.

McAllistair, D.E., 1988, Environmental, Economic and Social Costs of Coral Reef. Destruction in the Philippines. *Galaxea*, 7, pp. 161-178.

MAES, 2005. Ecosystems and Human Well-being. A Framework for Assessment, Island Press. MEA.

Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. "Guide de L'étude D'impact Sur L'environnement Des Parcs éoliens," 2010.

Mous, P., Pet-Soede, L., Erdmann, M., Cesar, H., Sadovy, Y. & Pet,J., 2000. Cyanide fishing on Indonesian coral reefs for the live food fish market: what is the problem? In: H. Cesar (ed.). 2000. "Collected essays on the economics of coral reefs." Kalmar, Sweden: CORDIO, Kalmar University, pp. 69-77.

Neyret, L., et G. J. Martin. 2012. « Nomenclature des préjudices liés au dommage environnemental ». LGDJ Lextenso. paris.

Ohman, M. & Cesar, H., 2000. "Costs and benefits of coral mining." In H. Cesar (ed.). 2000. "Collected essays on the economics of coral reefs." Kalmar, Sweden: CORDIO, Kalmar University, pp. 85-94.

Pérez-vitoria, Silvia. Manifeste pour un XXIe siècle paysan. Éditions Actes Sud, 2015.

Pet-Soede, C., Cesar, H. S. J., & Pet, J. S., 1999. "An Economic Analysis of Blast Fishing on Indonesian Coral Reefs". *Environmental Conservation*. 26 (1).

Province Sud, n.d. Les lacs du Grand Sud. Penser mondial, agir local. Ramsar.

RESCCUE, 2015, Etude de faisabilité : activités génératrices de revenus

Secrétariat du traité sur l'Antarctique. "Manuel Du Comité Pour La Protection de L'environnement," 2011.

Spash C.L., J.D. van der Werff, S. Westmacott et H.J. Ruitenbeek, 1998, Lexicographic preferences and the contingent valuation of coral reef biodiversity in Curaçao and Jamaica, Study prepared for the World Bank, World Bank, Washington D.C.

Subade R.F., 2007, Mechanisms to capture economic values of marine biodiversity: the case of Tubbataha Reefs UNESCO World Heritage Site, Philippines, *Marine Policy*, 3, pp. 135–142

ten Brink P., T. Badura, S. Bassi, E. Daly, I. Dickie, H. Ding, S. Gantioler, H. Gerdes, M. Kettunen, M. Lago, S. Lang, A. Markandya, P.A Nunes, M. Pieterse, M. Rayment et R. Tinch, 2011, Estimating the Overall Economic Value of the Benefits provided by the Natura 2000 Network, Final Report to the European Commission, DG Environment on Contract ENV.B.2/SER/2008/0038. Institute for European Environmental Policy / GHK / Ecologic, Brussels 2011

Turner, R. K., D. Pearce, and I. Bateman. 1994. "Environmental Economics: An Elementary Introduction.," 328pp.

Annexes

ANNEXE 1 : PERSONNES CONTACTEES POUR LA COLLECTE DE DONNEES

- Claire Gueunier, Société Le Nickel
- Brice Van Haaren, WWF Nouvelle-Calédonie
- Cyril Dutheil, Institut de recherche pour le développement
- Cyril Marchand, Institut de recherche pour le développement
- Eric Dinahet, MEDEF NC
- François Tron, Conservation International
- Geoffroy Wotling, Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales
- Jean-Christophe Lefeuvre, Conservation International
- Marie-Charlotte Jumel, province Sud
- Olivier Guérin, SAEM Sud Forêt
- Solène Touzé, BRGM, Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies, projet CARBOSCORIES
- Yannick Dominique, Directeur, Bioeko