

Troisième inventaire faunistique de la doline de l'usine pilote, du Déversoir, et du Creek de la Baie Nord



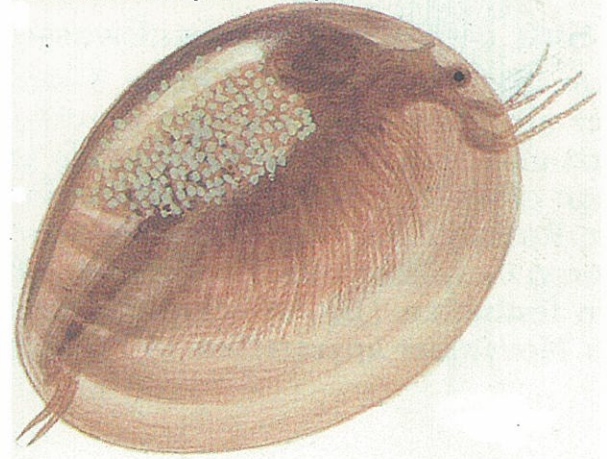
Megaporus nsp.



Protogobius attiti



Conchostraca : *Lyncaeus nsp.*



Décembre 2001

Version modifiée du 17/08/03

Troisième inventaire faunistique de la doline de l'usine pilote, du Déversoir, et du Creek de la Baie Nord

Christine M. Pöllabauer, Dr ès Sciences, Août 2003

Rapport d'étude, ERBIO, Bureau d'études et de recherches biologiques

© ERBIO
ETUDES ET RECHERCHES BIOLOGIQUES
20, rue Général Mangin,
98800 Nouméa
Nouvelle-Calédonie

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproduction strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part que « les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple et d'utilisation, toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayant cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Troisième inventaire faunistique de la doline de l'usine pilote, du Déversoir, et du Creek de la Baie Nord

Christine Pöllabauer
Docteur ès Sciences en zoologie et biochimie

Version révisée du 17/08/03

SOMMAIRE

Sommaire.....	2
Liste des Tableaux	4
Liste des figures.....	4
Liste des Photos.....	4
Résumé	5
I. Introduction	7
I. 1. Une faune diversifiée et unique.....	7
I. 2. Etudes antécédentes.....	7
I.2.1. Etude d'impact préalable sur 4 bassins versants.....	7
I.2.2. Etude de deux plans d'eau stagnants.....	8
II. Objectifs	11
III. Méthode.....	11
III. 1. Prélèvements	11
III.1.1. Matériel	11
III.1.2. Période.....	12
III.1.3. Lieu et durée des prélèvements	12
III. 2. Identification au laboratoire	13
IV. Résultats	15
IV. 1. Inventaire et caractérisation des trois plans d'eau 2001.....	15
IV.1.1. La doline de l'usine pilote	15
IV.1.2. Le Déversoir.....	18
IV.1.3. Le creek de la Baie Nord.....	21
IV. 2. Comparaison et évolution de la biodiversité aquatique par rapport aux inventaires précédents de 1999 et de 2001.....	24
IV. 3. Caractérisation physico-chimique de l'eau de ces sites et identification des éléments des rejets qui affectent la vie aquatique	27
IV. 4. Evaluation de l'impact de l'usine pilote	31
IV.4.1. Une modification des propriétés physico-chimiques de l'eau	31
IV.4.2. Une diminution de richesse spécifique	31
IV.4.3. L'absence des espèces endémiques.....	32
IV.4.4. Une espèce éteinte ?	32
V. Conclusions	33
V. 1. Des plans d'eau dégradés à différentes échelles.....	33
V. 2. Une biodiversité diminué	33
VI. Recommandations.....	35
VI. 1. Poursuivre l'étude faunistique et le contrôle de l'impact	35
VI. 2. Elargir le réseau de surveillance	35
VI.2.1. Choix d'un site de référence.....	35
VI.2.2. Surveillance de la doline au crustacés préhistoriques.....	35

VI. 3. Conserver les trois espèces menacées d'extinction dans un futur imminent	35
VI.4. Envisager des mesures compensatoires.....	36
VII. Remerciements.....	37
VIII. Bibliographie	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Dates des sorties terrain depuis 1998	12
Tableau 2 : Coordonnées GPS.....	13
Tableau 3 : Liste des animaux capturés à la doline le 26 et le 27 décembre 2001.....	17
Tableau 4 : Liste des animaux capturés au déversoir le 26 et le 27 décembre 2001	20
Tableau 5 : Liste des animaux capturés au Creek de la Baie Nord.....	22
Tableau 6 : Evolution et Comparaison de la Biodiversité aquatique des sites déversoir et doline de l'usine pilote Gni : en nombre d'individus collectés / espèce.....	25
Tableau 7 : Les espèces et le nombre d'individus recensés dans le creek de la Baie Nord	26
Tableau 8-1 : Analyses d'eau de la doline de l'usine pilote Gni (Janvier – décembre 2001)	28
Tableau 9 : Analyses d'eau du creek de la Baie Nord.....	30
Tableau 10 : Evolution de la richesse spécifique sous l'influence de l'usine pilote de GNI.....	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Matériel de pêche	11
Figure 2 : Carte des stations / site de prélèvements	14

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Faune de la doline de l'usine pilote.....	8
Photo 2 : Le Déversoir du Lac-en-Huit (26/12/2002).....	10
Photo 3 : La Doline de l'usine pilote Gni (Novembre 2000).....	10
Photo 4 : Doline de l'usine pilote avec des nombreux gyrins à la surface	15
Photo 5 : Doline de l'usine pilote en 1999.....	16
Photo 6 : Doline de l'usine pilote en 2001	16
Photo 7 : Faune de la doline (27/12/02).....	17
Photo 8 : Ericaule sp., plante endémique fleurissant sous l'eau.....	18
Photo 9 : Les crevettes du genre Paratya	19
Photo 10 : Les mollusques aquatiques endémiques <i>Melanopsis frustulum</i>	19
Photo 11 : Larves d'insectes aquatiques : Triplectides (à gauche) et Lepeorus (à droite)	19
Photo 12 : Déversoir : l'anguille <i>Anguilla reinhardtii</i>	19
Photo 13 : Déversoir (26 décembre 2001).....	20
Photo 14 : Creek de la Baie Nord (décembre 2001)	21
Photo 15 : <i>Redigobius bikolanus</i>	21
Planche Photos 16 : Les poissons du creek de la Baie Nord	23

RÉSUMÉ

Une exploitation minière de nickel à large échelle est programmée dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie ; son procédé d'extraction est celui de la lixiviation acide¹.

Des études d'impact et de suivi ont été effectuées dans plusieurs milieux, dont les eaux douces : Soumis aux investigations, trois différents milieux aquatiques (la doline de l'usine pilote, le déversoir, le creek de la baie Nord, etc.) ont fait l'objet d'études d'inventaire faunistique annuel répétitives en 1999 et 2000, permettant de suivre l'évolution de ces composantes faunistiques en rapport avec les modifications de la qualité physico-chimique de l'eau.

Depuis septembre 1999, un captage de l'eau potable a été mis en place dans le déversoir, près du Lac-en-huit.

A la fin de l'année 1999, l'usine pilote de Goro-Nickel (Gni) a débuté son activité et la doline près de cette usine a reçu des sumageants des bassins de sédimentation depuis février 2000.

Par un réseau de résurgences², l'eau de la doline de l'usine pilote s'écoule vers le bassin versant du Creek de la Baie Nord qui de ce fait est également suivi pour tout impact éventuel sur la faune de cette rivière³.

En octobre et décembre 2001, un troisième inventaire faunistique a été réalisé. Il montre une diminution sensible de la biodiversité et des effectifs : 81,1% des espèces observées auparavant ont déserté la doline, 66,7% le creek de la Baie Nord et 50% des espèces le déversoir. Lors de cette campagne, aucune espèce endémique de poissons n'a pu être capturée ou observée dans le creek de la Baie Nord. Une seule espèce d'invertébré endémique, une larve de libellule, était présente dans les prélèvements de la doline.

Deux espèces endémiques, un poisson du creek de la baie Nord *Protogobius attiti*, et un coléoptère aquatique de la doline *Megaporus nsp.* doivent être considérées, selon les critères de UICN, vulnérables ou – pour l'espèce de coléoptère qui n'est actuellement connu uniquement de la doline de l'usine pilote- en danger d'extinction⁴.

Dans la doline, une des principales causes de l'impact négatif important étaient les concentrations de sulfates très élevées, passant de moins de 3 mg / l en 1999 à 624mg / l en moyenne en 2001 (avec une valeur maximale de 1369mg/l). Les limites de qualités pour les sulfates des eaux destinées à la consommation humaine sont de 250mg/l. Une autre cause est

¹ Opération qui consiste à faire passer un solvant, dans ce cas l'acide sulfurique, à travers une couche de produit en poudre, pour en extraire un ou plusieurs constituants solubles comme le nickel.

² Réapparition à l'air libre, sous forme de grosse source, d'eaux infiltrées dans un massif calcaire.

³ Le faible nombre de prélèvements ne donne pas des résultats statistiquement significatifs, il est donc prématuré d'affirmer une relation de cause à effet.

⁴ Selon les critères UICN une espèce est présumée éteinte, quand un inventaire exhaustif de son habitat connu, dans un intervalle de temps approprié (un cycle de 24 heures, un cycle saisonnier ou annuel), n'a pas permis d'observer un seul individu. L'inventaire devait se faire durant un cycle de vie de l'espèce considérée.

vraisemblablement un taux de calcium trop élevé, passant de 0,4-46mg / l en 1991, à 272mg / l en moyenne en 2001, avec des maximums de 517mg / l. L'eau douce devient peu favorable pour la vie aquatique à partir de 160mg de calcium / l.

Les causes de la diminution de la biodiversité au le creek de la Baie Nord ne peuvent être identifiées clairement¹, on peut cependant émettre l'hypothèse que deux facteurs ont principalement influencé cette absence : la température très élevée au moment des prélèvements ainsi que quelques fluctuations ponctuelles élevées de nickel relevées au cours de l'année.

Le déversoir n'a pas subi pas de modification chimique, puisqu'il n'est pas situé en zone d'exploitation. Cependant, l'abaissement du niveau dû au captage, provoque une augmentation de la température et une diminution du taux d'oxygène, et par rapport à l'année précédente, 50% des espèces n'ont plus été observées.

¹ Le creek de la Baie Nord a montré une diminution de la biodiversité et des effectifs, mais le faible nombre de prélèvements réalisés (2 jours / an, dont 1 en octobre 2001 et un en décembre 2001) n'a pas donné de résultats statistiquement significatifs.

I. INTRODUCTION

I. 1. Une faune diversifiée et unique

La Nouvelle-Calédonie -à la différence des autres îles du Pacifique-, est un **fragment du Gondwana** qui a dérivé (au Trias) vers l'est à partir de l'Australie. Sa faune a donc évolué dans un quasi total isolement géographique. Elle a eu, d'autre part, à s'adapter aux **péridotites** mises en place à l'éocène (CLUZEL, 1998) et à des propriétés physico-chimiques habituellement nocives. Ceci explique l'évolution d'une grande diversité et surtout d'une grande spécificité ainsi que le fort taux d'endémisme de la faune néo-calédonienne et notamment de celle du Sud.

Mais, malgré cette biodiversité naturelle, très peu de travaux d'inventaire faunistique et encore moins d'études sur la biologie de ces animaux sont publiées. CHAZEAU (1993) recense 3461 espèces d'insectes autochtones¹ et allochtones².

Concernant la faune d'eau douce, quelques éléments rares ont été signalés uniquement du Sud de la Nouvelle-Calédonie : parmi les crevettes d'eau douce, quatre espèces endémiques appartenant à la famille des Atyidae, (HOLTHUIS, 1969) sont uniquement spécifiques de l'aire ultramaïque du Sud (CHAZEAU, 1993). Un poisson, *Nesogalaxias neocaledonicus* (de la famille des Galaxiidae) ne se rencontre que dans les lacs et les rivières du Sud ultramaïque (MCDOWALL, 1990). STARMÜHLNER (1970) cite le cas de deux espèces de mollusques aquatiques *Heterocyclus petiti* et *Physastra petiti*, endémiques au Lac en huit et au Grand Lac.

I. 2. Etudes antécédentes

L'usine pilote de Goro-Nickel, dont le procédé d'extraction du nickel repose sur la lixiviation acide, a été construite entre 1998 et 1999 et mise en fonctionnement fin 1999.

I.2.1. Etude d'impact préalable sur 4 bassins versants

Dans le cadre d'une étude d'impact au préalable, quatre bassins versants situés dans la zone d'exploitation, ont été inventoriés dans un premier temps: la rivière Kwé, la rivière du Trou bleu, la Wadjana et le creek de la Baie Nord (Pöllabauer, mars 1999). Ces cours d'eau hébergent:

¹ Autochtone = une espèce originaire du pays qu'elle habite

² Allochtone = une espèce introduite récemment dans la région considérée

- 11 familles, 18 genres et 26 espèces de poissons, dont au moins 4 sont endémiques (*Sicyopterus sarasini*, *Protogobius attiti* et *Parioglossus neocaledonicus* ; *Stenogobius blokzeyli*) ;
- 2 familles de crevettes d'eau douces, 3 genres et au moins 10 espèces dont 7 endémiques.

1.2.2. Etude de deux plans d'eau stagnants

Deux autres écosystèmes aquatiques naturels, des plans d'eau stagnants, soumis à l'influence directe de l'usine pilote de GNI à Goro, ont été étudiés en mars 1999 puis en septembre et octobre 2000 :

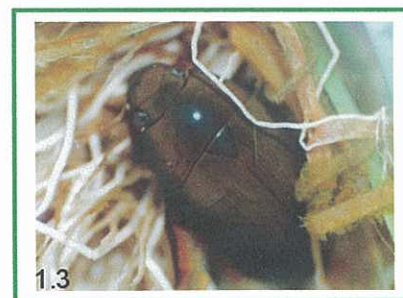
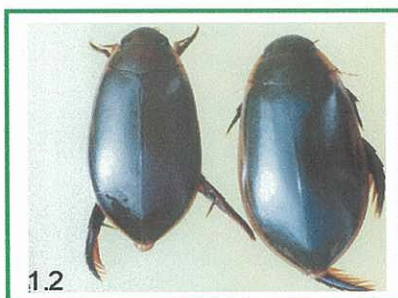
- **La doline de l'usine** (photo 3) qui recueille les surnageants des bassins de sédimentation de l'usine (depuis février 2000) : Ces effluents de l'usine sont traités et décantés dans des bassins. Les surnageants de décantation sont évacués dans la doline à côté de l'usine. Depuis le début du fonctionnement de l'usine pilote, ils modifient les caractéristiques physico-chimiques - l'eau est principalement enrichie en sulfates et en calcium - et par conséquent les propriétés biologiques de la doline. Les surnageants peuvent contenir également des valeurs ponctuelles de nickel.

La faune recensée en 1999 et 2000 comprenait 37 espèces au total, dont une espèce de batraciens (introduite), une espèce de mollusque endémique, 2 espèces d'araignées, 4 espèces d'acariens, 10 de punaises aquatiques, une trichoptère, 2 espèces d'éphémères, 8 de coléoptères et 8 espèces de larves de libellules.

En l'an 2000, après 7 mois de fonctionnement de l'usine, l'eau de la doline s'est sensiblement **enrichie en sulfates** (valeur maximale 893 mg/l par rapport à 1,8mg/l en 1999) **et en calcium** (440 mg/l par rapport à 0,4mg/l en 1999) (cf. annexe 1-3 : les analyses d'eau effectuées par Goro-Nickel).

Photo 1 : Faune de la doline de l'usine pilote

1.1= Mollusque endémique : (*Physastra nasuta*), 1.2 = Coléoptère aquatique : le Dytique (*Cybister tripunctatus*) ; 1.3 = Coléoptère aquatique : l'*Hydrophile* (*Hydrophilus australis*)



Des conséquences directes probables étaient :

- Une forte mortalité constatée chez une espèce de mollusque endémique *Physastra nasuta* (photo 1.1), cependant cette espèce restait abondante en octobre 2000 ; **les mollusques**, filtreurs végétariens ou détritivores, sont généralement de bons bioindicateurs concernant la qualité de l'eau, ils montrent ainsi par leur abondance ou encore par leur absence l'état de l'écosystème aquatique.

- Un effectif diminué de quelques espèces de **coléoptères aquatiques** , comme l'espèce *Megaporus*, nouvelle espèce endémique à la doline et découverte au cours de l'étude, le grand *Cybister tripunctatus* (photo 1.2), ou encore une petite espèce de Dytiscidae. L'abondance des larves de libellules a également baissé.

- L'absence de quelques espèces comme par exemple un autre coléoptère aquatique *Hydrophilus australis* (photo 1.3) a également été constatée.

Le cycle biologiques et l'effet de saisonnalité reste cependant des facteurs peu connus en Nouvelle-Calédonie, notons que chez beaucoup d'insectes aquatiques, les larves vivent dans l'eau douce, les adultes sont terrestres (W. Engelhardt, 1998).

- **Le Déversoir du Lac-en-huit** (photo 2) : Un captage d'eau douce pour l'usine a été mis en place en septembre 1999 au niveau du lieu-dit « Déversoir ». Il abaisse d'environ 30% le débit naturel de ce site ce qui risque de modifier la composition faunistique. Un suivi annuel a donc été réalisé.

La faune aquatique se composait (en 1999 et 2000) de 13 espèces au total, dont 2 espèces de poisson, 2 espèces de petits crustacés endémiques, 2 de coléoptères, 5 punaises d'eau, une araignée et une espèce de mollusque endémique.

Photo 2 : Le Déversoir du Lac-en-Huit (26/12/2002)



Photo 3 : La Doline de l'usine pilote Gni (Novembre 2000)



En 2001, une nouvelle étude qualitative de suivi a été entreprise concernant le déversoir et la doline du site pilote (photo 3). Un troisième site, le Creek de la Baie Nord qui reçoit par infiltration l'eau de la doline, a été échantillonné.

Ce rapport représente les résultats de suivi de cette troisième étude.

II. OBJECTIFS

- Inventaire et caractérisation des trois plans d'eau : Approfondir les connaissances faunistiques de deux milieux directement sous l'influence de l'usine pilote de Goro-Nickel (doline et Déversoir), et à plus large échelle un troisième milieu : le creek de la Baie Nord
- Comparaison et évolution de la biodiversité aquatique par rapport aux inventaires précédents de 1999 et de 2001
- Caractérisation physico-chimique de l'eau de ces sites (fourni par Gni), et identification des éléments des rejets qui affectent la vie aquatique,
- Evaluation de l'impact de l'usine pilote
- Propositions de mesures d'atténuation de l'impact, de mesures compensatoires et de suivi

III. MÉTHODE

III. 1. Prélèvements

III.1.1. Matériel

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un matériel de pêche électrique portable (figure 1.2), un appareil adapté aux eaux douces peu profondes (moins d'un mètre de hauteur d'eau), à faible turbidité et à tout type de courant. Il nécessite l'aide d'une ou de deux personnes munies d'épuisettes pour attraper les poissons qui sont attirés dans un champ électrique. L'appareil utilisé est le type WFC911 de ELECTRACATCH international, il peut émettre un courant d'une puissance de 300 watts et de 400 volts. La pêche électrique est la méthode la plus efficace dans les cours d'eau que l'on peut entièrement prospecter à pied. Pour les eaux stagnantes plus profondes, la prospection a été complétée par des observations et des prélèvements en apnée et en plongée en bouteille entre 0 à 5 m à l'aide de filet à mailles très fines (0,3 mm) (figure 1.1).

Figure 1 : Matériel de pêche

1.1 Filet micromesh



1.2 Appareil de pêche électrique



III.1.2. Période

Les sorties de terrain à la doline et au déversoir ont été effectuées en décembre 2001, celles au creek de la Baie nord en octobre et décembre 2001 (tableau 1).

Tableau 1 : Dates des sorties terrain depuis 1998

 Jour de prélèvements / site

ANNÉE	JOUR / MOIS	DOLINE	DÉVERSOIR	CREEK DE LA BAIE NORD
1998	19 et 25 novembre			
	15 décembre			
1999	23 mars			
	12 mai			
2000	11 et 12 mai			
	23 août			
	3 septembre			
	1 ^{er} octobre			
	2 octobre			
2001	21 octobre			
	26 décembre			
	27 décembre			
	28 décembre			

III.1.3. Lieu et durée des prélèvements

Les trois stations inventoriées figurent sur la carte ci-dessous (figure 2). Les positions ont été prises avec un GPS etrex summit de GARMIN.

La durée des plongées en bouteille dans la doline pour une personne était de 2 heures 30 minutes, en même temps 2 autres personnes réalisaient des prélèvements à l'aide des épuisettes le long des bords en eau de faible profondeur.

Le déversoir était échantillonné par pêche électrique sur 20,10m en partant du pool vers le Lac-en-Huit (20,10m c'était le tronçon en eau, plus loin le cours d'eau était asséché). Le pool à cause de sa faible profondeur et son fond vaseux était échantillonnée en apnée.

Le creek de la baie Nord a été principalement échantillonné par pêche électrique, la faune aquatique de quelques pools trop profonds a été prélevée en plongée en apnée ou comptabilisée par simple observation. La longueur totale du tronçon pêché était d'environ un kilomètre.

Tableau 2 : Coordonnées GPS

CODE GPS	58 K	UTM	Altitude	Code GPS
Doline	0 696 178	7 528 619	138m	DOLI01
Déversoir	0 693 829	7 535 692	243m	DEVE01
Creek de la Baie Nord 1(vers l'embouchure)	0 694 020	7 528 900	2m	CBN01
Creek de la Baie Nord 2	0 694 750	7 528 425	21m	CBN02

III. 2. Identification au laboratoire

L'identification des mollusques a été basée sur l'inventaire de STARMÜHLNER (1970), celle des Aranea (araignées) et des acariens à partir des études de RAVEN (1992) et VIETS (1968).

Les travaux de HOLTHUIS (1969) et SARASIN & ROUX (1926) ont été utilisés pour l'identification des crustacés.

La détermination des espèces de coléoptères s'est faite en collaboration avec des spécialistes des différents groupes en Europe : DR M.JÄCH¹, PROF. DR GÜNTHER WEWALKA² et DR M. BALKE.

Pour les punaises aquatiques, POLHEMUS et HERRING (1970) (1976) ont été consultés ; et LIEFTINCK & MAURITS pour les libellules et leurs larves ont été cités en référence. Les travaux d'ALLEN (1991) et PÖLLABAUER (1999) ont été utilisés pour l'identification des poissons.

¹ Dr Manfred Jäch, Naturhistorisches Museum Wien, Autriche

² Prof. Dr Günther Wewalka, Universität Wien, Autriche

Figure 2 : Carte des stations / site de prélèvements

IV. RESULTATS

IV. 1. Inventaire et caractérisation des trois plans d'eau 2001

IV.1.1. La doline de l'usine pilote

IV.1.1. 1 Caractérisation du milieu

De forme ovale, la doline mesurait 133 m sur 40,3 m le jour des prélèvements, la profondeur moyenne était de 1,50m, la profondeur maximale environ 4m. Le temps était ensoleillé.

L'eau de la doline était d'une couleur opaque et jaunâtre (photo 5 et 6), avec une turbidité¹ ainsi qu'une température très élevées (température extérieure 36,8°, celle de l'eau $\approx$ 33,0°C).

Le fond vaseux de la doline était craquelé comme s'il avait séché auparavant. *Ericaulon sp.*, plante endémique fleurissant sous l'eau, très abondante les années précédentes, semblait décimée et couverte de vase au fond de la doline. Les mollusques aquatiques appartenant à l'espèce endémique *Physastra nasuta* et en nombre très important auparavant, avaient disparus. Nous avons noté un nombre très élevé de gyrins ou tourniquets, coléoptères aquatiques tournants à la surface de l'eau ou chassant sous l'eau (photo 4).



Photo 4 : Doline de l'usine pilote avec des nombreux gyrins à la surface

¹ Les valeurs de turbidité n'ont pas été relevées faute de turbidimètre portable disponible, la visibilité était cependant d'environ 10-20cm.

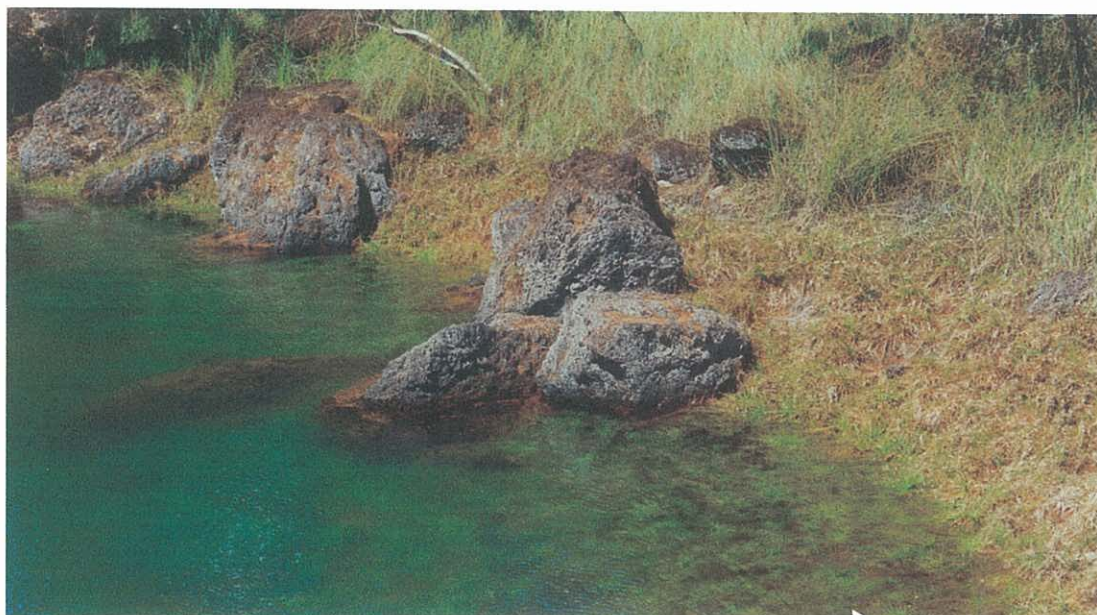


Photo 5 : Doline de l'usine pilote en 1999

On note qu'en 1999, l'eau de la doline était claire et qu'un nombre élevé de plantes endémiques *Ericaulon* (photo 8, page 16) tapissait le fond (photo 5). Dix-huit mois plus tard, on constate une turbidité élevée et une diminution important de la faune et la flore aquatique endémique.



Photo 6 : Doline de l'usine pilote en 2001

- l'eau jaunie par les sulfates et le calcium

IV.1.1.2 Inventaire

A la doline, 56 animaux au total ont été récoltés (tableau 3). Les seuls représentants des vertébrés étaient des têtards d'une espèce de batracien introduit, *Litorina aurea* (photo 7.1), avec 12,5% des captures (tableau 3).

Six espèces appartenaient aux invertébrés aquatiques, dont une large majorité aux coléoptères, *Gyrinus convexiulus*, avec 67,9%, suivi par des larves de libellules de la famille des Coenagrionidae et des punaises d'eau adultes, *Anisops cleopatra* (photo 7.3), à pourcentage égal avec 7,1% (tableau 3). Puis respectivement une seule larve (1,8%) a été trouvée d'une autre espèce de libellule endémique, *Synthemis sp* (photo 7.4), d'un coleoptère aquatique, un gyrin ou tourniquet *Gyrinus sp.* (photo 4) et d'un grand dytiscidé *Cybister tripunctatus* (photo 7.2).

Tableau 3 : Liste des animaux capturés à la doline le 26 et le 27 décembre 2001

GROUPE D'ANIMAUX	NOM COMMUN	ESPÈCE	STATUT	NOMBRE D'INDIVIDUS CAPTURÉS	OBSERVATIONS
Batraciens	grenouilles	<i>Litorina aurea</i>	introduit	7	Têtards
Coléoptères	Gyrin ou tourniquet	<i>Gyrinus convexiulus</i>	autochtone	38	Adultes
	Gyrin	<i>Gyrinus sp.</i>	autochtone	1	Adulte
	Cybister (Dytique)	<i>Cybister tripunctatus</i>	autochtone	1	Larve
Hemiptèra	Punaises d'eau	<i>Anisops cleopatra</i>	autochtone	4	Adultes
Odonata	Libellules	<i>Synthemis sp.</i>	Endémique	1	Larves
		<i>Coenagrionidae</i>	Autochtone	4	Larves
TOTAL				56	

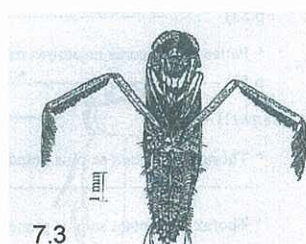


Photo 7 : Faune de la doline (27/12/02)

7.1 *Litorina aurea* ; 7.2 Larve de *Cybister tripunctatus* ; 7.3 *Anisops sp.* (d'après N. Mary, 2000) ; 7.4 Larve de *Synthemis*

IV.1.2. Le Déversoir

IV.1.1. 1 Caractérisation du milieu

Le déversoir mesurait 41,8m de longueur ; sa profondeur maximale, au point de la prise d'eau, était de 1,80m, la profondeur moyenne se situait à environ 0,40m ; pas de courant perceptible (photo 13).

Le temps était ensoleillé et la température élevée (33,2° à l'extérieur et 30° la température d'eau).

L'eau était claire, le fond très vaseux, la partie en aval du déversoir parsemée de divers cypéracés (joncs). *Ericaulon sp.*, plante endémique fleurissant sous l'eau (photo 8).



Photo 8 : *Ericaulon sp.*, plante endémique fleurissant sous l'eau

IV.1.1. 2 Inventaire

Les prélèvements effectués au déversoir ont permis de d'obtenir 57 animaux, dont trois espèces de poissons, 2 anguilles et un tilapia, et 6 espèces d'invertébrés (tableau 4) : des petites crevettes endémiques *Paratya sp.* (photo 9) étaient dominantes en nombre avec 54,4%, suivi des mollusques endémiques *Melanopsis frustulum* (photo 10) avec 26,3%, d'une espèce de poisson introduit (*Oreochromis mossambicus* ou tilapia) avec 7,0%, puis avec 3,5% d'une espèce d'éphéméroptères *Lepeorus sp.* (photo 11) et respectivement avec 1,8% chacun, une larve de trichoptère *Triplectides* (photo 11), une larve de libellule *Synthemis*, une larve de coléoptère *Cybister tripunctatus*, deux espèces d'anguilles *Anguilla reinhardtii* (photo 12), et *A. marmorata*.

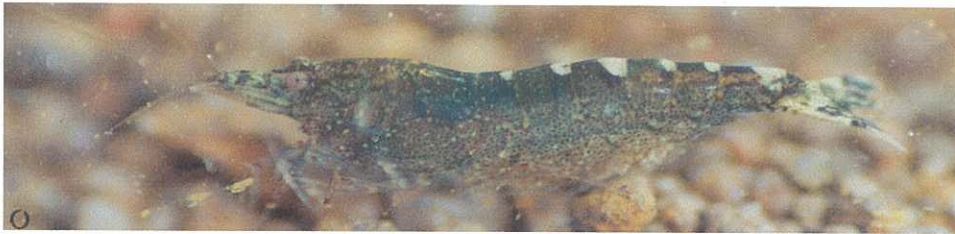


Photo 9 : les crevettes du genre *Paratya*



Photo 10 : les mollusques aquatiques endémiques *Melanopsis frustulum*

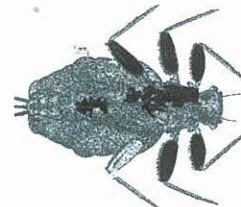


Photo 11 : Larves d'insectes aquatiques : Triplectides (à gauche) et Lepeorus (à droite)



Photo 12 : Déversoir : l'anguille *Anguilla reinhardtii*

Tableau 4 : Liste des animaux capturés au déversoir le 26 et le 27 décembre 2001

GROUPE D'ANIMAUX	ESPÈCE	STATUT	NOMBRE D'INDIVIDUS CAPTURÉS	OBSERVATIONS
Crustacés	<i>Paratya dp.</i>	endémique	31	adultes
Mollusques (escargots aquatiques)	<i>Melanopsis frustulum</i>	endémique	15	adultes
Ephéméroptères	<i>Leptophlébiidae : Lepeorus so.</i>	endémique	2	adultes
Adultes Trichoptères	<i>Triplectides sp.</i>	endémique	1	adultes
Coleoptères	<i>Cybister tripunctatus</i>	autochtone	1	adultes
Odonates	<i>Synthemis sp.</i>	endémique	1	adultes
Pisces	<i>Anguilla marmorata</i>	autochtone	1	juvéniles
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	autochtone	1	
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	introduit	4	
Total			57	

Les invertébrés endémiques sont toujours présents dans le déversoir, le nombre d'individus observés au total (le 26 et le 27 décembre 2001) a cependant diminué en 2001 par rapport aux années précédentes. Les prélèvements des différentes campagnes n'étant pas effectués dans une même période de l'année et leur nombre étant insuffisant, il est difficile de faire une évaluation comparative.



Photo 13 : Déversoir (26 décembre 2001)

IV.1.3. Le creek de la Baie Nord

IV.1.1. 1 Caractérisation du milieu

Le creek de la baie Nord était échantillonné sur une distance d'environ 1 km dans sa partie basse et dans sa partie haute, sur une distance de 500m en aval du confluent. Son lit est composé de roches et de blocs entrecoupés de petites cascades et de quelques pools plus ou moins profonds, dont le fond peut être constitué de sable et de vase. Le niveau d'eau était assez bas, la température d'eau de ce fait élevée, elle avoisinait 30° (en décembre 2001). L'eau était très claire au moment des prélèvements (photo 14).



Photo 14 : Creek de la Baie Nord (décembre 2001)

IV.1.1. 2 Inventaire

61 animaux au total ont été capturés par pêche électrique, 12 espèces de poissons, deux espèces de crevettes et deux d'insectes.

L'espèce de poisson la plus abondante était *Redigobius bikolanus* avec 10,5% des captures (tableau 5). Il s'agit d'un petit poisson d'environ 3cm (photo 15), qui figure sur la liste rouge de l'UICN, il est considéré rare et vulnérable.

Photo 15 :
Redigobius
bikolanus



**Tableau 5 : Liste des animaux capturés au Creek de la Baie Nord
(le 21 octobre et le 28 décembre 2001)**

GROUPE D'ANIMAUX	ESPECE	STATUT	INDIVIDUS CAPTURES	
			NOMBRE	%
PISCES (poissons) Anguillidae (anguilles)	<i>Anguilla marmorata</i>	autochtone	1	1,8
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	autochtone	1	1,8
	<i>Anguilla obscura</i>	autochtone	1	1,8
Mugilidae (mulets)	<i>Cestraeus plicatilis</i>	autochtone	1	1,8
	<i>Cestraeus oxyrhynchus</i>	autochtone	4	7,0
Kuhliidae (carpes)	<i>Kuhlia rupestris</i>	autochtone	3	5,3
Gobiidae (lochons)	<i>Awaous guamensis</i>	autochtone	1	1,8
	<i>Glossogobius celebius</i>	autochtone	2	3,5
	<i>Periophthalmus argentilineatus</i>	autochtone	1	1,8
	<i>Redigobius bikolanus</i>	autochtone, menacé	6	10,5
	<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	autochtone	2	3,5
Eleotridae (lochons)	<i>Eleotris fusca</i>	autochtone	1	1,8
CRUSTACÉS Palaemonidae (crevettes)	<i>Macrobrachium aemulum</i>	autochtone	29	50,9
	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	endémique	7	12,3
INSECTES Odonates (libellules)	<i>Synthemis sp.</i>	endémique	1	1,8
Total			57	

La deuxième espèce de poissons en terme d'abondance était un mulot *Cestraeus oxyrhynchus* avec 7,0 % des captures – un seul individu appartenait à l'espèce *Cestraeus plicatilis* (photo 16.1), habituellement la plus abondante -, puis la carpe calédonienne *Kuhlia rupestris* (photo 16.2). Néanmoins l'effectif des captures était très faible par rapport à la distance parcourue (en comparaison avec des études précédentes et d'autres cours d'eau).

La famille des gobiés était la mieux représentée dans les captures avec 5 espèces et 12 poissons (photos 16.3 - 16.5), suivie de la famille des anguilles avec 3 espèces et 3 individus, puis les mulets avec 2 espèces et 5 individus. Les familles des carpes et celle des eleotridés (photo 16.6), habituellement parmi les plus abondantes, n'étaient représentées que par une seule espèce et peu d'individus (tableau 5).

L'espèce de crevette *Macrobrachium aemulum* était la plus abondante, *Macrobrachium caledonicum*, l'espèce endémique était capturée plus rarement comme les années auparavant.

Parmi les insectes une seule larve de libellule a été capturée, puis des trichoptères du genre *Helicopsyche* ont été observées.

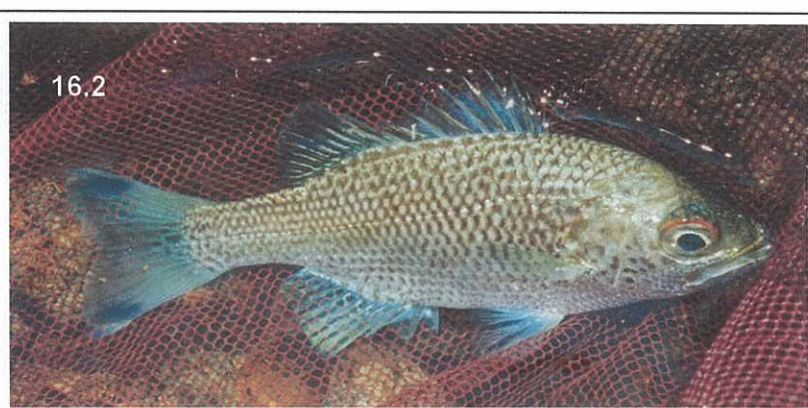
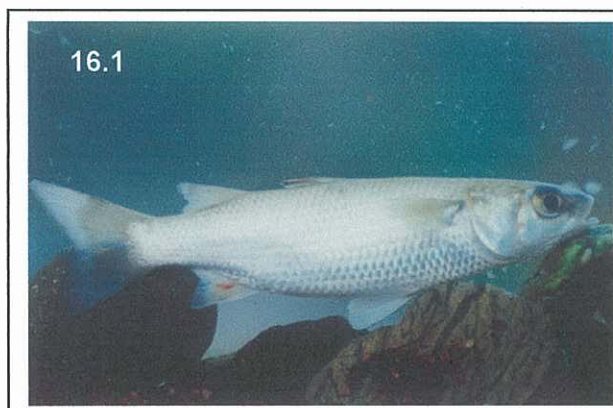
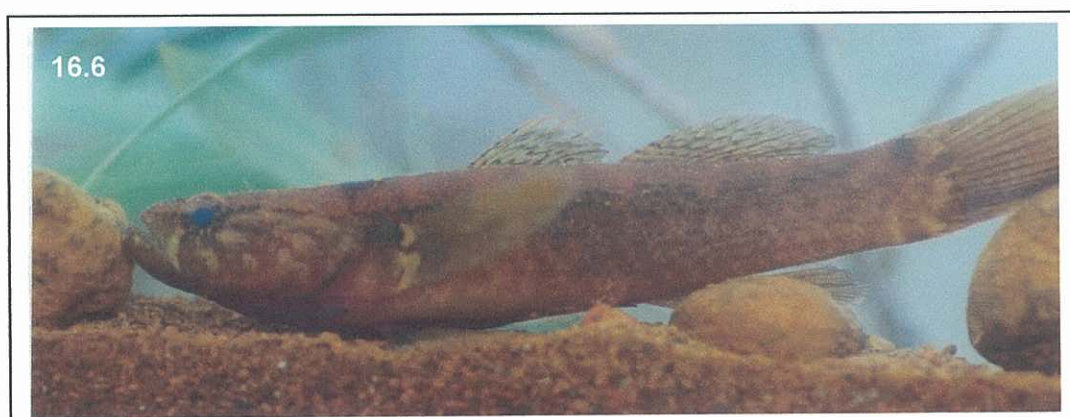


Planche Photos 16 : Les poissons du creek de la Baie Nord

- 16.1- *Cestraeus plicatilis* (mulet) ;
- 16.2- *Kuhlia rupestris* (carpe) ;
- 16.3- *Awaous guamensis* (lochon blanc) ;
- 16.4- *Glossogobius celebius* ;
- 16.5- *Sicyopterus lagocephalus* ;
- 16.6- *Eleotris fusca*



IV. 2. Comparaison et évolution de la biodiversité aquatique par rapport aux inventaires précédents de 1999 et de 2001

Des inventaires qualitatifs ont été réalisés durant 3 années successives de 1999, 2000 et 2001, dans la doline et le déversoir permettant ainsi de suivre l'évolution de ces écosystèmes depuis la mise en place de l'usine pilote. La doline reçoit les surnageants depuis février 2000, le captage au déversoir était installé en septembre 1999.

Le nombre d'espèces présentes dans la doline était de 19 en 1999, de 33 en 2000 et de 7 en 2001 (tableau 6).

Le nombre plus faible en 1999 par rapport à celui de 2000 peut s'expliquer par le nombre de prélèvements et par la période : en effet en 1999 la phase terrain a eu lieu pendant deux jours en mars et en mai, en 2000, il s'agissait de 3 jours en septembre et en octobre. La période la plus favorable pour la collecte d'insectes aquatiques est celle de l'étiage (le niveau le plus bas des eaux), ce qui correspond en Nouvelle-Calédonie à octobre, novembre et décembre. **En 2001, 78,8% des espèces ont disparu, dont toutes celles qui sont endémiques** (le mollusque *Physastra*, la punaise *Hydrometra aculeata*, la libellule *Caledargiolestes uniseris*) à l'exception d'une seule larve de libellule *Synthemis* sp. En terme d'effectif, les captures représentaient 72% en moins en 2001 par rapport à l'année précédente.

Dans le déversoir 17 espèces au total ont été trouvées, dont sept en 1999, douze en 2000 et neuf en 2001 (tableau 6). En terme d'effectif, les captures représentaient 46,7% en moins en 2001 par rapport à l'année précédente et en terme de richesse spécifique, une diminution de 25% d'espèces. Notons toutefois, que sept espèces d'invertébrés aquatiques présentes en 2000, n'ont plus été observées (soit 58,3%), cependant quatre autres espèces ont été recensées pour la première fois en 2001. Les invertébrés aquatiques – à part les mollusques- sont en majorité des insectes ailés, où les adultes peuvent se déplacer en volant d'un plan d'eau à un autre.

Le creek de la Baie Nord montraient une richesse spécifique de 17 espèces de poissons en 1996 et 1998 (tableau 7), dont 3 espèces endémiques et deux espèces menacées inscrites sur la liste rouge d'UICN (*Redigobius bikolanus* et *Eleotris melanosoma*). En 2001, **aucune espèce endémique de poissons n'a été observée, une seule des deux espèces inscrites sur la liste rouge (*Redigobius bikolanus*) a été capturée.** Globalement, la population de cette rivière s'est appauvrie de 25% au total (soit de 4 espèces), 9 espèces ont disparues (probablement ponctuellement) par rapport aux relevées des années précédentes (soit 56,3%), et 4 autres espèces ont été observées pour la première fois.

Tableau 6 : Evolution et Comparaison de la Biodiversité aquatique des sites déversoir et doline de l'usine pilote Gni (en nombre d'individus collectés / espèce)

Animaux aquatiques	Espèces	Statut	Doline			Déversoir		
			1999 ¹	2000	2001	1999	2000	2001
Mollusques (escargots)	<i>Physastra nasuta</i>	!	>20	65	0	0	0	0
	<i>Melanopsis frustulum</i>	!	0	0	0	1	5	15
Arachnidae (araignées)	Espèce indéterminée	?	0	2	0	0	0	0
	Espèce indéterminée	?	0	0	0	2	1	0
	Lycosidae	?	<10	1	0	0	0	0
Acariens	<i>Aspidobates</i> sp.1	?	0	1	0	0	0	0
	<i>Aspidobates</i> sp.2	?	0	1	0	0	0	0
	<i>Aspidobates</i> sp.3	?	0	1	0	0	0	0
	<i>Aspidobates</i> sp.4	?	0	2	0	0	0	0
Hemiptères (punaises)	<i>Anisops cleopatra</i>		10-20	4	4	3	3	0
	<i>Anisops hyperion</i>		0	9	0	0	1	0
	<i>Anisops occipitalis</i>		<10	2	0	0	0	0
	<i>Notonecta</i> indéterminé	?	<10	10	0	0	2	0
	<i>Anisops</i> sp.1	?	0	3	0	0	1?	0
	<i>Anisops</i> sp.2	?	0	6	0	0	0	0
	<i>Anisops</i> sp.3	?	0	3	0	0	0	0
	<i>Hydrometra aculeata</i>	!	0	5	0	0	0	0
	Veliidae	?	0	3	0	0	0	0
	<i>Limnogonus fossarum</i>		<10	3	0	4	3	0
Trichoptères	<i>Triplectides</i> sp.	!	0		0	0	0	1
	Ecnomidae ?	!	0	1	0	0	0	
Ephéméroptères	Leptophlebiidae, <i>Lepeorus</i> sp.	!	0	2	0	0	0	2
	<i>Celiphlebia</i> ?	!	0	1	0	0	0	0
Odonates (libellules)	<i>Aeschna brevistyla</i>		<10	1	0	0	0	0
	<i>Synthemis</i> sp. 1	!	10-20	2	1	0	0	1
	<i>Synthemis</i> sp. 2	!	0	4	0	0	0	0
	<i>Synthemis</i> sp. 3	!	0	7	0	0	0	0
	<i>Tramea liberata liberata</i>		<10	3	0	0	0	0
	<i>Tramea transmarina intersecta</i>		<10	2	0	0	0	0
	<i>Caledargiolestes uniseriatus</i>	!	<10	3	0	0	0	0
	Coenagrionidae	?	<10	0	4	0	0	0
Coléoptères : Gyrinidae	<i>Gyrinus convexiusculus</i>		>20	26	38	0	6	0
	<i>Gyrinus</i> sp.		10-20	15	1	0	13	0
Dytiscidae	<i>Cybister tripunctatus</i>		<10	2	-	0	0	0
	<i>Cybister tripunctatus</i> ? (larve)	?	<10	2	1	0	0	1
	<i>Megaporus</i> nsp.	!	>20	18	? ²	0	0	0
	<i>Hydaticus quadrivittatus</i> ²		<10	1	? ²	0	0	0
	<i>Rhantaticus congestus</i> ²			1	? ²	0	0	0
	<i>Hydrophilus australis</i>		<10	0	0	0	0	0
	<i>Hydrophilus</i> sp.		0	1	0	0	0	0
Crustacés	<i>Paratya</i> sp.1 et sp.2	!!	0	0	0	11	66	31
Pisces (poissons)	<i>Oreochromis mossambicus</i>	*	0	0	0	7	6	4
Kuhliidés (carpes)	<i>Kuhlia rupestris</i>		0	0	0	0 Note ³	0	0
Anguillidés (anguilles)	<i>Anguilla marmorata</i>		0	0	0	0	0	1
	<i>Anguilla reinhardtii</i>		0	0	0	2	1	1
Batraciens (Grenouilles)	<i>Litorina aurea</i>		0	14	7	0	0	0
TOTAL d'individus			~180	225	63	30	107	57
TOTAL d'espèces			19	34	7	7	12	9
TOTAL d'espèces endémiques			4	10	1	2	3	4

(Prélèvements qualitatifs réalisés en 1999, en 2000 et en 2001)

	Espèce endémique	Espèce non présente	Espèce observée les années précédentes, mais absentes en 2001
--	------------------	---------------------	---

¹ En 1999, les individus n'ont pas été comptés, une classification de 3 termes (abondant, commun, rare) a été chiffré empiriquement de façon suivante : abondant : >20, commun : 10-20, rare : <10 individus pendant l'effort de collecte

² *Hydaticus quadrivittatus* et *Rhantaticus congestus* ont été encore signalé en novembre 2001 par un chercheur spécialiste de coléoptères aquatiques Prof Dr Günther Wewalka du Muséum d'histoire naturelle de Vienne, Autriche ; l'eau de la doline était claire au moment de ses prélèvements.

³ Observé pour la dernière fois en 1998

Tableau 7 : Evolution et Comparaison de la biodiversité aquatique du creek de la Baie Nord
(en nombre d'individus collectés / espèce)

X = espèce présente¹

 Espèce endémique

 Espèce non présente

 Espèce absente en 2001

 Espèce sur la liste rouge

Famille	Espèces capturées	Statut taxonomique	Creek de la Baie Nord	
			1996 / 1998	2001
Anguillidae (anguilles)	<i>Anguilla marmorata</i>	Autochtone	X	1
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	Autochtone	0	1
	<i>Anguilla obscura</i>	Autochtone	X	1
	<i>Anguilla megastoma</i>	Autochtone	X	0
Mugilidae (mulets)	<i>Cestraeus plicatilis</i>	autochtone	X	1
	<i>Cestraeus oxygynchus</i>	autochtone	X	4
Kuhliidae (carpes)	<i>Kuhlia rupestris</i>	autochtone	X	3
	<i>Kuhlia marginata</i>	autochtone	X	0
	<i>Kuhlia munda</i>	autochtone	X	0
Gobiidae	<i>Awaous guamensis</i>	autochtone	X	1
	<i>Glossogobius celebius</i>	autochtone	0	2
	<i>Periophthalmus argentilineatus</i>	autochtone	2	1
	<i>Protogobius attiti</i>	endémique	3	0
	<i>Redigobius bikolanus</i>	Liste rouge UICN	X	6
	<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	autochtone	0	2
	<i>Sicyopterus sarasini</i>	endémique	2	0
Eleotridae	<i>Eleotris melanosoma</i>	Liste rouge UICN	X	0
	<i>Eleotris fusca</i>	autochtone	0	1
	<i>Ophieleotris nsp.</i>	endémique	3	0
Teraponidae	<i>Terapon jarbua</i>	autochtone	2	0
Lutjanidae	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	autochtone	1	0
	<i>Macrobrachium lar</i>	autochtone	X	0
CRUSTACES				
Palaemonidae	<i>M. aemulum</i>	autochtone	X	29
	<i>M. caledonicum</i>	endémique	X	7
INSECTES : Odonata (Libellules)	<i>Synthemis sp.</i>	endémique	0	1
Total d'espèces de poissons			17	12
Total d'espèces de poissons endémiques / ou UICN			6	1
Nombre total de poissons				24
Total d'espèces de crevettes			3	2
Total d'espèces endémiques			1	1
Nombre total de crevettes				36
Total d'espèces d'invertébrés			0 ²	1
Total d'espèces de crevettes endémiques				1

¹ En 1996 et 1998 les études étaient qualitatives, le nombre d'individus / espèce n'a pas été relevé.

² non relevé

IV. 3. Caractérisation physico-chimique de l'eau de ces sites et identification des éléments des rejets qui affectent la vie aquatique

Le déversoir étant situé hors zone d'impact de l'usine pilote, la composition physico-chimique de l'eau s'est peu modifiée depuis le début de l'étude : l'eau est pauvre en minéraux et métalloïdes dissous (chlorures, sulfates, calcium et aluminium essentiellement).

L'eau de la doline de l'usine pilote a cependant subi des modifications conséquentes (tableau 8-1 et 8-2) : Les surnageants, effluents issus des procédés de lixiviation par acide sulfurique et neutralisés avec de la chaux et du calcaire, ont rejoint la doline et ont ainsi provoqué une dégradation importante des eaux en modifiant leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques. Le **taux de sulfates** qui était à l'origine de moins de 3mg/l (en 1999), se situe depuis le fonctionnement de l'usine pilote en moyenne à 624mg / l avec des valeurs extrêmes de 1369mg/l.

Rappelons que les limites de qualité pour les sulfates des eaux destinées à la consommation humaine sont de 250mg / l. Les limites considérées comme dangereuses pour les populations de salmonidés (saumons) ou de cyprinidés (carpes)¹ se situent >100mg/l (Arrignon, 1991).

L'impact était visible à l'œil nu, la couleur de l'eau était jaunâtre et trouble, des dépôts blanchâtres étaient présents sur les roches émergées et sur les plantes à proximité de la sortie des surnageants.

Un autre élément présent dans l'eau qui affiche des fluctuations pouvant entraîner une toxicité ponctuelle, c'est le **nickel** (en 2001 : valeur de 300µg en janvier, de 200 µg en mars, septembre et octobre et de 400µg/ l en décembre pour un seuil de 20 µg/ l).

Des éléments comme le calcium, le magnésium ou encore le manganèse montrent également des valeurs anormalement élevées (tableau 8.1 et 8.2) :

- le **calcium et le magnésium** (et le gaz carbonique) sont liés par des réactions chimiques très importantes pour l'élaboration de la matière vivante contenue dans l'eau. Notons que des valeurs de calcium au-delà de 160mg/l rendent l'eau très dure, incrustant et peu favorable à la vie aquatique. La valeur moyenne de calcium pour l'année 2001 était de 272mg/ l, les maximales se situaient au-dessus de 500mg/ l (517mg/ l).

Le creek de la Baie Nord semble affecté par les mêmes éléments que la doline à une échelle nettement moindre et dans les limites de tolérances. Soulignons cependant les valeurs de nickel (à la station près de l'embouchure)² qui ont atteint ponctuellement 400 µg en janvier, 500 µg en mai et 9600 µg/ l pour un seuil d'eau potable¹ de 20 µg/ l (tab. 9). Cependant, ces variations ponctuelles n'ont pas été relevées à la station H à proximité de l'usine pilote mais uniquement à la station I (tab.9) beaucoup plus éloignée au cours inférieur du creek.

¹ Les limites de tolérances des espèces calédoniennes n'ont jamais été testées.

² cf. Note de bas de page p.31

Tableau 8-1 : Analyses d'eau de la doline de l'usine pilote Gni (Janvier – décembre 2001)
(Source Gni)



DOLINE
janvier à décembre 2001

Paramètres	point zéro	janv-01					fev-01					mars-01					avr-01					mai-01					juin-01				
		Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline			
pH	5,6 à 6,9	6,8	6,6	6,7	6,5	6	5,6	5,8	5,7	6,3	6,3	6,4	6,4	6,4	6,2	5,9	5,8	5,8	6	6,3	6,5	6,4	6,3	6,7	7,5	6,7	6,4				
	Température	28	29	28	29,5	28	24	26	27	28	29	28	27	28	27	28	24	25	27	25	25	23	23	23	21	20	20				
Aluminium + Fe		0,3	0,2	1,3	<0,05	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	<0,1	<0,1	*	*	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Calcium	0,4 à 46,2	517	483	442	494	358	219	144	167	173	219	268	373	314	289	98	*	85	123,8	235	299	351	408	377	327	350	348				
Cadmium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Cobalt	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Chrome	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	*	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Cuivre	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	*	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Magnésium	1 à 14	18,2	18,3	17,2	19,6	15,5	14,1	10,0	11,2	10,5	13,5	14,6	17,7	12,5	10,5	4,3	*	3,8	5,9	13,2	15,0	24,3	55,4	49,6	39,4	41,5	36,0				
Manganèse	<0,1 à 0,14	0,05	0,04	0,04	0,3	0,01	0,01	0,02	0,06	0,04	0,08	0,08	0,13	0,16	0,06	0,04	*	0,01	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02				
Nickel	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	*	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Plomb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	*	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Sulfate	1,7 à 121,1	990	951	1041	1369	701	449	314	387	402	562	606	767	547	529	181	*	177	257	535	594	673	928	872	764	844	777				
Silicium	0,1 à 0,9	1	1	1,1	0,7	0,6	0,6	0,4	0,9	0,4	1,5	0,9	1,7	0,8	0,9	0,6	*	0,4	0,7	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8				
Zinc	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Chrome (VI)	<0,01				<0,01					<0,01				<0,01	<0,01	<0,01	*	<0,01	<0,01				<0,01				<0,01				
	CN									<0,005													<0,005				<0,01				
DCO	<0,1 à 18,8	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10				
DBO5	<1				2					2				2					<1				<1				<1				
HT	0,2				<1					<1				<1					<1								<1				
MEST	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10				

HT = hydrocarbures totaux

Tableau 8-2 : Analyses d'eau de la doline de l'usine pilote Gni (Janvier – décembre 2001)
(Source Gni)



DOLINE
Janvier à décembre 2001

Paramètres	point zéro	juil-01						août-01						sept-01						oct-01						nov-01						déc-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline	Doline

HT = hydrocarbures totaux

Tableau 9 : Analyses d'eau du creek de la Baie Nord

Réalisées entre janvier et décembre 2001 (Source Gni)

2 stations d'échantillonnage au niveau du creek de la baie nord (station H en amont de I)

[illegible][illegible]

IV. 4. Evaluation de l'impact de l'usine pilote

IV.4.1. Une modification des propriétés physico-chimiques de l'eau

Depuis la mise en place de l'usine pilote, les effluents ont entraîné dans la doline une forte augmentation chronique des concentrations en **sulfates** (en 2001, la valeur maximale relevée était de plus de 1300 mg/l), en **calcium** (valeurs maximums plus de 500mg/l), ainsi que des pics ponctuels en **nickel**. Ces importantes modifications du taux de calcium et de sulfates et dans une moindre mesure d'autres composés déversés dans la doline comme le magnésium ou le manganèse ont affecté lourdement les caractéristiques physiques et chimiques, et par conséquent biologiques. La composition physico-chimique du creek de la Baie Nord a subi des modifications à moindre échelle et dans les limites de tolérance, à part quelques valeurs élevées de nickel¹. L'impact biologique observé ne peut pas être imputé avec certitude à ces changements, d'autres facteurs environnementaux défavorables (niveau bas, température d'eau de 30°, etc.) pourraient jouer un rôle.

IV.4.2. Une diminution de richesse spécifique

La pollution des milieux aquatiques par les métaux et les métalloïdes engendre une diminution de la richesse spécifique et un changement dans la composition des communautés : les taxons sensibles disparaissent et laissent place à des taxons plus tolérants (LYNCH ET AL., 1988). Les macro-invertébrés benthiques sont de très bons indicateurs de dégradation et de contamination d'un milieu (CAIRNS ET PRATT, 1993). Par exemple, les **mollusques** et parmi les insectes, les **éphéméroptères** ou encore les **trichoptères**, sont des espèces particulièrement sensibles aux contaminants. Des plans d'eau pollués par des métaux montrent une réduction de la biomasse des macro-invertébrés et une réduction du nombre d'espèces (WINNER ET AL., 1980, CLEMENTS ET AL., 1988, CLEMENTS, 1994).

Tableau 10 : Evolution de la richesse spécifique sous l'influence de l'usine pilote de GNI

Evolution entre 1999 et 2001	Total des espèces recensées	Total des espèces absentes		Total des espèces endémiques ou sur la liste rouge de l'UICN	Espèces endémiques absentes	
		Nombre	%		Nombre	%
Doline de l'usine pilote	37	30	81,1	10	9	90,0
Déversoir	18	9	50,0	3	0	-
Creek de la Baie Nord	25 dont 17 espèces de poissons en 2000	10 dont 9 espèces de poissons entre 2000 et 2001	40,0 soit 52,9% pour les poissons	7	4	57,1

¹ Les valeurs élevées de nickel ont été relevées dans la station I près de l'embouchure, l'eau de la station H situé en amont, et plus proche de l'usine pilote, affichait des valeurs normales. Les valeurs anormalement élevées pourront donc provenir de l'érosion des berges abîmées et sans végétation.

En effet, la richesse spécifique des trois plans d'eau a fortement diminué (tableau 10) : 81,1% des espèces n'ont plus été observées à la doline, 50% au déversoir et 40% du creek de la Baie Nord.

IV.4.3. L'absence des espèces endémiques

Une large majorité des espèces endémiques a déserté leur habitat : 90% à la doline, où les mollusques endémiques *Physastra nasuta*, ainsi que toutes les espèces d'éphéméroptères et de trichoptères n'ont plus du tout été observées (tableau 6, page 23), et 57,4% des espèces au creek de la Baie Nord. Ceci montre la fragilité des écosystèmes et de cette faune spécifique du Sud de la Nouvelle-Calédonie (tableau 10).

Par ailleurs, il semble que les conséquences du changement des propriétés physico-chimiques de la doline pourraient s'étendre aux rivières avoisinantes par ruissellement et infiltration, plus particulièrement au creek de la Baie Nord, où aucune espèce endémique n'a été capturée.

Une autre conséquence semble être l'influence sur l'équilibre des chaînes alimentaires. Les insectes et mollusques aquatiques sensibles aux pollutions ont déserté leurs milieux entraînant les disparitions progressives -sans que l'on constate de mortalité brutale- de poissons, tels que des gobies endémiques (*Protogobius attiti*, *Sicyopterus sarasini*) et d'une grande espèce prédatrice d'eleotridés (*Ophiéleotris* sp.).

Cependant beaucoup d'insectes aquatiques comme les grands dytiscidés, les gyrins ou encore les punaises d'eau sont ailés et peuvent donc se déplacer quand le milieu devient défavorable.

IV.4.4. Une espèce endémique en danger d'extinction ?

Le cas du dytiscidé *Megaporus* sp. Demande une attention particulière. En effet, ces coléoptères sont de bons nageurs mais mal adaptés au vol. Probablement ils n'ont pas pu fuir leur milieu devenu hostile (comm. pers. Dr. Manfred Jäch).

Rappelons qu'il s'agit non seulement d'une espèce nouvelle, mais également d'un genre nouvellement décrit de l'Australie, le seul site connu à ce jour de l'espèce endémique calédonienne était celui de la doline¹.

Le plan d'eau le plus affecté est donc la doline qui reçoit les premiers sumageants, suivi dans une moindre mesure du creek de la Baie Nord, et du déversoir en dernière position. Notons que le déversoir semble principalement affecté par l'abaissement de son niveau d'eau, entraînant une augmentation de la température (plus de 30°C en décembre) et un abaissement du taux d'oxygène. Une température élevée représente une limite létale pour un certain nombre d'espèces plus fragiles.

¹ Une équipe de spécialistes en mission sur le territoire en novembre 2001, a échantillonné plusieurs dolines aux alentours, mais n'ont trouvé aucun autre site pour le moment

V. CONCLUSIONS

L'usine pilote GNi est en activité depuis environ vingt mois. Deux plans d'eau sont affectés directement par ce projet :

- la doline, qui reçoit les premiers sumageants,
- et le creek de la Baie Nord qui semblait être affecté par l'infiltration de l'eau de la doline.

Un troisième plan d'eau, le déversoir, a subi des modifications physiques: un captage mis en place depuis septembre 1999, a entraîné une baisse d'environ 30% de son débit d'origine.

Suite aux derniers prélèvements réalisés, les trois sites sont apparus dégradés à différentes échelles : Le plan d'eau le plus altéré était la doline, suivi du creek de la Baie Nord et du déversoir. Les sumageants qui s'écoulent vers la doline, ont provoqué une forte augmentation chronique du taux des sulfates et de calcium, et des hausses ponctuelles de nickel entraînant une importante dégradation du milieu.

V. 1. Une biodiversité diminuée

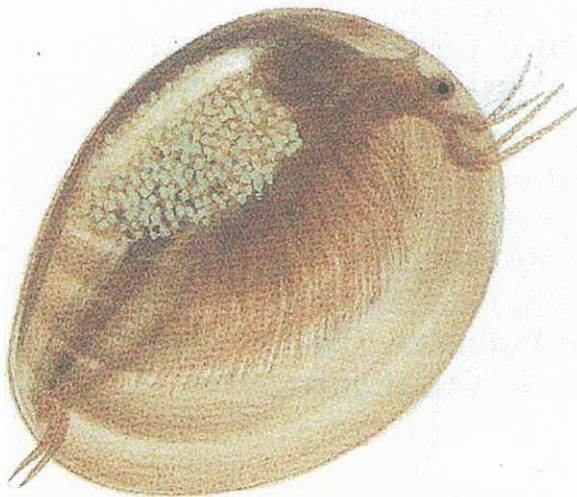
En effet 81,1% des espèces ont déserté la doline, 52,9% des espèces de poissons le creek de la Baie Nord et 50% le déversoir. Aucune espèce endémique de poissons n'a été observée dans le creek de la Baie Nord, plus aucune espèce d'invertébrés endémiques –sauf une larve de libellule- n'a été trouvée dans la doline.

Au vu des résultats de ce suivi environnemental, deux espèces sont menacées, dont une en danger imminent d'extinction : le petit coléoptère, *Megaporus nsp.* (photo page de titre) récemment découvert dans la doline de l'usine pilote, est peut-être éteint. En danger d'extinction potentiel se trouve également l'espèce de poisson *Protogobius attiti*¹ (photo page de titre).

Il apparaît clairement que les sumageants contiennent des taux beaucoup trop élevés de sulfates et de calcium pour être supportés par l'écosystème de la doline. A moindre échelle, le creek de la baie Nord a également subi d'importantes modifications faunistiques probablement dû aux fluctuations de facteurs physico-chimiques cités ci-dessus, notamment les valeurs élevées ponctuelles de nickel. Notons que le nickel pourrait provenir de l'érosion des berges abîmées qui surplombent le cours inférieur. Quant aux causes de la perte de biodiversité dans cette rivière, on ne peut exclure pour le moment qu'il puisse s'agir d'un facteur saisonnalité (température trop élevée, migration de poissons), donc d'un phénomène temporaire et réversible.

¹ Son habitat est menacé dans chacune des trois rivières, où il est présent.

Le déversoir ne semble pas avoir souffert de fluctuations chimiques importantes, la diminution de la biodiversité est probablement due à une baisse de niveau et une température très élevée au moment des prélèvements.



Rappelons qu'une troisième espèce d'eau douce demanderait une attention particulière, il s'agit d'une espèce nouvelle d'un petit crustacé préhistorique du groupe Conchostraca, *Lynceus nsp.* (photo 17), présent uniquement dans une doline à proximité du nouveau camp de base. Il semble important de surveiller que son habitat ne soit pas dégradé menaçant d'extinction ainsi la seule population existante connue à ce jour.

Photo 17 : Conchostraca : *Lynceus nsp.*, un crustacé préhistorique, qui - à cause de ses nombreuses pattes en autres- est positionné proche des trilobites.

Il est important de souligner, que le protocole tel que défini actuellement en terme de temps et de nombre de prélèvements ne permet pas l'obtention de résultats statistiquement significatifs.

Or, pour répondre aux objectifs principaux, il conviendrait de procéder chaque année à un échantillonnage du macro-benthos et du peuplement de poissons suivant des méthodes standardisées permettant l'obtention des données d'une qualité minimale nécessaire.

Pour pouvoir comparer les résultats d'une année sur l'autre il faudrait pouvoir disposer des données quantitatives de macro-benthos à raison de 6-10 prélèvements effectués séparément dans tous les types d'habitats distincts de 1/20m² chacun (jusqu'à un mètre de profondeur).

VI. RECOMMANDATIONS

VI. 1. *Poursuivre l'étude faunistique et le contrôle de l'impact*

En 2002, l'impact et ses conséquences sur l'écosystème et l'environnement aquatiques étaient très importants à la doline.

Compte tenu de l'arrêt des opérations de l'usine pilote, il convient de mettre en place des mesures de suivi de ce plan d'eau ainsi que celui du creek de la Baie Nord et du déversoir. Il semble, à ce stade, important d'évaluer si les dommages sont réversibles et si oui, quelle est l'évolution de ces écosystèmes aquatiques.

Des prélèvements devraient donc être réalisés d'octobre à décembre, la période d'étiage, ceux concernant les Conchostraca, également en mai. On pourra ainsi constater si un repeuplement a lieu, et si oui, quelles sont les espèces qui reviennent en priorité dans leur biotope, et dans quel intervalle de temps une éventuelle réhabilitation du site a lieu.

VI. 2. *Elargir le réseau de surveillance*

VI.2.1. **Choix d'un site de référence**

Un site de référence permettra d'exclure un facteur saisonnalité et l'influence d'autres facteurs externes. Des nombreuses références indiquent qu'il est primordial pour une étude d'impact d'avoir des éléments de comparaison avec un site non impacté.

VI.2.2. **Protection de la doline aux crustacés préhistoriques**

La doline à proximité du nouveau camp de base, périodiquement en eau, est le seul site connu où ces crustacés endémiques d'origine très ancienne et primitive, ont été signalés. Ils sont adaptés dans leur cycle de vie aux eaux périodiques et peuvent supporter plusieurs années de sécheresse. Les animaux n'ont été capturés qu'une seule fois en mai 2000.

VI. 3. *Conserver les trois espèces menacées d'extinction*

Trois espèces endémiques, récemment découvertes sont concernées en priorité :

- *Protogobius attiti*, un nouveau genre et une nouvelle espèce de poisson d'eau douce, élément clé très ancien dans l'évolution des poissons, dont tous les habitats connus sont actuellement menacés. Présent dans le creek de la Baie Nord les années précédentes, ce poisson n'a plus été observé en 2001. Il a également été signalé à la Kwé, situé dans la zone d'impact et à la rivière du Trou bleu où leur habitat a subi de fortes modifications dus à un barrage érigé pour l'alimentation en eau du Gîte Kanua.

En effet, une grande partie de ce cours d'eau est maintenant périodiquement asséché, empêchant ainsi les migrateurs de circuler librement

- *Megaporus nsp.*, un coléoptère dytiscidé connu à ce jour uniquement de la doline de l'usine pilote, son seul représentant endémique en Nouvelle-Calédonie (il s'agit d'un nouveau genre récemment découvert en Australie). Présent les années précédentes, il n'a plus été observé lors des derniers prélèvements en 2001. L'espèce est selon les critères UICN présumée éteinte.
- *Lynceus nsp.*, un conchostraca (crustacé préhistorique dont la carapace forme une coquille bivalve, de taille ~ 5-9 mm, nageant en pleine eau). Cette espèce n'a été observée qu'une seule fois en mai 2000.

VI.4. Envisager des mesures compensatoires

Trois espèces animales endémiques sont menacées d'extinction par le projet GNI, il conviendrait donc d'envisager des mesures compensatoires permettant leur protection ainsi que leur conservation.

Pour la sauvegarde :

- de *Protogobius attiti*, il serait urgent de réaliser des études concernant la biologie, les éventuelles migrations, l'élevage en captivité, et le transfert dans d'autres plans d'eau.
- de *Lynceus nsp.*, la nouvelle espèce de crustacé primitif, il faudrait protéger et surveiller l'habitat, la qualité de l'eau de la doline proche du nouveau camp de base et, dans le cas d'une éventuelle dégradation de l'habitat, envisager des études de transfert dans les eaux périodiques semblables.
- De *Megaporus nsp.*, le coléoptère aquatique, plusieurs plans d'eau devraient être inventoriés pour confirmer son existence dans d'autres sites ou bien confirmer son extinction.

VII. REMERCIEMENTS

Je remercie Messieurs Prof. Dr. Günther Wewalka, Dr Michael Balke, Dr MANFRED JÄCH, M. HENDRICH, et MAZZOLDI pour leur collaboration dans le travail d'identification des coléoptères.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN, G.R., 1991. Field guide to the freshwater fishes of New Guinea. Publication n°9. Christensen Research Institute, Papua New Guinea. 268 p.
- ARRIGNON, J., 1991. Aménagement piscicole des eaux douces (4e édition). Technique et Documentation Lavoisier, Paris. 631 p.
- BALFOUR-BROWNE J., 1939. New and rare species of aquatic Coleoptera from New Caledonia. Dytiscidae and Palpicornia. Ann. Mag. Nat. Hist., Ser 2, 3 : 370-376
- BALFOUR-BROWNE J., 1945. Aquatic Coleoptera of Oceania (Dytiscidae, Gyrinidae, and Palpicornia). Ann. Mag. Nat. Hist. 18 (7) : 103 – 132
- BERGROTH E., 1909. *Hemiptera nova orientala*. Ann. Soc. Entom. Belg., 53 : 84-190.
- BRANCUCCI M., 1985. *Typhlodessus monteithi* n.gen., n.sp., a blind terrestrial Dytiscidae (Coleoptera) from New Caledonia. Bull. Soc. Entomol. Suisse, 58 : 467-470
Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol. III (2) : 87-108.
- CAIRNS, J. and J.R., PRATT, 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In : D.M. ROSENBERG and V.H. RESH (ed.). Freshwater biomonitoring and benthic macrobenthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York.
- CAMPION H. 1921 Odonata collected in New Caledonia by the late Mr. Paul D. MONTAGUE. Ann. Mag. Nat. Hist. , (9) 8 : 33-67.
- CHAZEAU J., 1993. Research on New Caledonian terrestrial fauna: achievement and prospects Biodiversity letters, 1, 123-129.
- CLEMENS, W.H., 1994. Benthic invertebrate community responses to heavy metals in the upper Arkansa River basin, Colorado. J. N. Am. Benthol. Soc., 13 (1), 30-44.
- CLEMENS, W.H., D.S., CHERRY, and J., CAIRNS., 1988. The impact of heavy metals on macroinvertebrate communities: a comparison of observational and experimental results. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45 : 2017-2025.
- CLUZEL D., 1998. Du Gondwana au caillou : les origines géologiques de la Nouvelle-Calédonie. Mines, Bull. d'information du secteur minier de la Nouvelle-Calédonie, 2, 21-24.
- DISTANT W.L., 1914. *Rhynchota* from New Caledonia and the surrounding Islands Sarasin F. & Roux J., Nova Caledonia, Kreidels Verl., Zool., 1 (4): 369-390, pl.11-12.
- DISTANT W.L., 1920. *Rhynchota* from New Calédonia Ann. Mag. Nat. Hist., 9 (6) : 143 164.
- ENGELHARDT W. 1998, De la Vie dans les étangs, les ruisseaux et les marées. Ed . Vigot, ISBN 2 7114 1281-4 ; 316p.
- GARGOMINY O. 1996 Conséquences des introductions d'espèces animales et végétales sur la biodiversité en Nouvelle-Calédonie Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 51.
- GENTILI, E., 1980. The genus *Laccobius* in Melanesia (Coleoptera: Hydrophilidae) Pac. Insects, 22 (3-4) : 385 – 400

HOLTHUIS, 1969. Etudes hydrobiologiques en Nouvelle Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de Zoologie de l'Université de Vienne). The freshwater shrimps (Crustacea Decapoda, Natantia) of New Caledonia.

HUNGERFORD, H.B., 1938. A new *Hydrometra* from New Caledonia and Australia. Pan.-Pac Entomol., 14 : 81-83.

JANSSON, A., 1982. Notes on some *Corixidae* (Heteroptera) from New Guinea and New Caledonia. Pac. Insects, 24 (1) 95-103.

KIMMINS, D.E., 1953. Miss L.E. Cheesman' expedition to New Caledonia, 1949, Odonata, Ephemeroptera, Neuroptera and Trichoptera Ann. Mag. Nat. Hist. 12 (6) : 241-257

LIEFTINCK, M.A., 1975. The dragonflies (Odonata) of New Caledonia and the Loyalty Islands, Part I. Imagines Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Hydrobiol. 9 (3): 127 – 166.

LIEFTINCK, M.A., 1976. The dragonflies (Odonata) of New Caledonia and the Loyalty Islands, Part 2. Immature stages Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Hydrobiol. 10 (3): 165 – 200.

LIPPIT WILLEY, R., 1955. A terrestrial damselfly nymph (Megapodagrionidae) from N.C. Psyche, 62 : 137-144.

LYNCH, T.R., C.J., POPP, & D., PETERS, 1988. Aquatic insects as environmental monitors of trace metal contamination: Red river, New Mexico. Water air and soil pollution, 42 : 19-31.

MARY NATHALIE, 2000 . Guide pratique d'identification des Macroinvertébrés benthiques des cours d'eau : 92p.

MONTANDON, A.L., 1892. Deux Hémiptères nouveaux (section des Hydrocorises Latreille). Rev. Entomol; 11: 73-76.

OCHS, G., 1968. V. Gyrinidae (Col.) von Neukaledonien Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol., 2 (1) : 69-73.

PÖLLABAUER, C., 1999. Faune ichthyologique et carcinologique de Nouvelle Calédonie. Rapport final de l'inventaire des cours d'eau de la Province Sud. ERBIO, pour la Province Sud NC, Direction des Ressources Naturelles. Juillet. 183 p.

PÖLLABAUER, C., Mars 1999. Le milieu fluvio-lacustre de 4 rivières dans le Sud de la Grande Terre : Kwé, Trou Bleu, Wadjana et Creek de la Baie Nord. Rapport d'étude ; 67p.

PÖLLABAUER, C., Juillet 1999. Inventaire faunistique de la doline de l'usine pilote Goro-Nickel et déversoir Rapport d'étude.

PÖLLABAUER, C. 2000. Deuxième Inventaire faunistique de la doline de l'usine pilote Goro-Nickel et du Déversoir, Rapport d'étude. 27p.

POLHEMUS, J.T., & HERRING, J.L., 1970. Aquatic and semiaquatic Hemiptera of New Caledonia. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Hydrobiol. 4 (2) : 3-12.

RAVEN, J.R., 1992. Systematics of the intertidal trapdoor spider genus *Idiocris* (Mygalomorphae : Barychelidae) in the western pacific with a new genus from the northeast. Mem. Of the Queensland Museum, 32 (1).

RIS, F., 1915. Libellen (Odonaten) von Neukaledonien und den Loyalty – Inseln.
SARASIN F. & ROUX J., Nova Caledonia, Kreidels Verl., Wiesbaden, A.Zool., 2 (1): 57-72.

SATO, M., 1966. Some species of aquatic Coleoptera from New Caledonia Bull. Osaka Mus. Nat. Hist. 19 : 1-8.

SOLEM, A., 1964. New records of New Caledonian nonmarine Mollusks and an analysis of the introduced mollusks Pacific Science, vol. XVIII, april 1964.

STARMÜHLNER, 1970. Etudes hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de Zoologie de l'université de Vienne. Die mollusken der neukaledonischer binnengewässer. Les mollusques d'eau douce et saumâtre de Nouvelle Calédonie. Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol. IV (3-4) : 1-127.

STARMÜHLNER, 1979. Distribution of freshwater molluscs in mountain streams of tropical indo-pacific islands (Madagascar, Ceylon, New Caledonia) Malacologia, 18 : 245-255.

VIETS, K.O., 1968. Etudes hydrobiologiques en Nouvelle-Calédonie (Mission 1965 du Premier Institut de Zoologie de l'Université de Vienne). Wassermilben (Hydrachnellae, Acari). Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol. II (3-4) : 35-77.

WEBER, M., L.F., DE BEAUFORT, 1953. The fishes of the Indo-Australian archipelago, X Gobiodea. E.J. Brill, Leiden. pp. 392.

WINNER, R.W., B.W. BOESEL, and M.P. FARRELL. 1980. Insect community structure as an index of heavy-metal pollution in lotic ecosystems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37: 647-655.

WINSTANLEY, W.J., 1984. *Synthemis serendipita* sp. nov. (Odonata: Synthemistidae) from New Caledonia NZ J. Zool. 11 : 9-12.

WINSTANLEY, W.J., DAVIES, D.A.L., 1982. *Caledopteryx maculata* spec. Nov. from New Caledonia (Zygoptera : Megapodagrionidae) Odonatologica, 11 : 339 – 346.

