



VALE

**SUIVI DES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES DANS LA
REGION DE GORO**

Rapport Annuel 2011

VALE NOUVELLE CALEDONIE

Rapport 038-11 V02



*Caractéristiques du dossier :*

Référence du document	Rap 038-11_Ver 00	
Référence du contrat	A.O N°T 138 / Contrat 2741	
Numéro de l'affaire	038-11	
Client	Vale Nouvelle-Calédonie	
Commune	Mont Dore et Yaté	
Coordonnées (RGNC91)	X	496 246
	Y	209 356
Mots clés	projet Goro Nickel, indice biotique, indice bio-sédimentaire, faune benthique, mine	

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	Février 2012
01	VALE NC	Rapport préliminaire pour validation	09/02/2012
02	VALE NC	Rapport final (1 exemplaire papier + 1 CD-ROM)	21/02/2012

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	Lison GAMAS (Vale NC)
Entreprise	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 038-11_Ver 00	Février 2012	AQUA TERRA VV	AQUA TERRA VF	Février 2012
Rap 038-11_Ver 01	09/02/2012	AQUA TERRA SL	Le Client	1402/2012
Rap 038-11_Ver 02	21/02/2012	AQUA TERRA SL		

E q u i p e d e t r a v a i l

Le Mandataire pour cette étude est la SARL AQUA TERRA, avec Valérie VAILLET comme chef de projet.

Les principaux intervenants étaient donc :

 **Valérie VAILLET** : ingénieur biologiste, gérante

Depuis plus de 12 ans sur le Territoire, Valérie possède de nombreuses références principalement dans les milieux aquatiques en expertise, états initiaux et pilote d'études ainsi qu'une très forte expérience des études d'impacts. Elle est également l'un des 2 experts calédoniens formés par le Territoire (DAVAR) pour la réalisation du suivi des creeks et rivières par les Indices Biotiques, notamment avec l'Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie (IBNC). A ce titre, elle a participé à de nombreuses campagnes de caractérisation des rivières calédoniennes, tant pour l'administration (Observatoire de la Ressource en Eau à la Davar) que pour des privés (miniers, promoteurs).

Côté milieu marin, elle est notamment responsable du suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah pour le projet Goro Nickel, études menées de façon semestrielle, depuis 2005. Elle a aussi été mandatée pour l'expertise de l'impact de la fuite acide sur les communautés benthiques marines.

Elle est fondatrice et gérante de la SARL AQUA TERRA. Plongeuse professionnelle niveau III, photographe.

 **Sandra LAMAISON** : chargée d'affaires – spécialité : géographie et terrain

Sandra possède un Master professionnel en Environnement et Espaces Littoraux (Mention géographie) à l'université de La Rochelle, avec précédemment une Licence de Géographie (Mention Environnement et Aménagement) à l'université de Pau.

Sandra a une formation de géographe qui lui permet de bien maîtriser les SIG. Ayant intégrée depuis août 2010 l'équipe d'AQUA TERRA, elle est formée plus spécifiquement aux missions terrain : mesures, prélèvements, encadrement des techniciens pour les prélèvements de faune benthique dulcicole. Elle est également plongeur niveau II. Elle participe aux études d'impact en milieu littoral (DAODPM du Port Autonome –quai 8, DAODPM des coffres du centre minier de Tiébaghi) et à l'élaboration des dossiers de demande d'autorisation de travaux de recherche selon le Code minier (DTR Ningua partie terrestre et partie héliportée pour la SLN, DTR Suivante pour la NMC), ainsi qu'aux divers suivis de la qualité des eaux d'un point de vue biologique (via les IB) réalisés pour nos différents Clients.

Table des Matières

EQUIPE DE TRAVAIL	3
TABLE DES MATIERES	4
LISTE DES TABLEAUX	5
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES CARTES	5
1 PREAMBULE.....	6
1.1 CADRE REGLEMENTAIRE ET CONTEXTE DE L'ETUDE.....	6
1.2 OBJECTIF DE L'ETUDE.....	6
2 METHODOLOGIE.....	7
2.1 PRESENTATION GENERALE DES INDICES BIOTIQUES.....	7
2.2 ZONE D'ETUDE	8
2.2.1 Contexte général.....	8
2.2.2 Présentation des stations.....	10
2.2.3 Présentation des campagnes de l'année 2011	10
3 DONNEES DE BASE	12
3.1.1 Positionnement des stations par rapport au projet.....	12
3.1.2 Données pluviométriques sur le site	13
4 SYNTHESE DES RESULTATS BRUTS	14
4.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	14
4.1.1 La température	14
4.1.2 Le pH.....	14
4.1.3 L'oxygène dissous.....	15
4.1.4 La conductivité	16
4.1.5 La turbidité	16
4.2 PARAMETRES BIOLOGIQUES	17
4.2.1 Densité et Richesse taxonomique.....	18
4.2.2 Indice EPT.....	19
4.2.3 Indice d'équitabilité.....	19
4.2.4 IBNC.....	20
4.2.5 IBS	20
5 DISCUSSION.....	22
5.1.1 Bassin versant du creek de la Baie Nord.....	22
5.1.2 Bassin versant du creek Kadji	22
5.1.3 Bassin versant de la Kwé.....	23
5.1.4 Bassin versant du creek Trou bleu.....	23
6 CONCLUSION	24
ANNEXE 01 : METHODOLOGIE POUR LE PRELEVEMENT DE MACROFAUNE BENTHIQUE ET LE	
CALCUL DE L'IBNC ET DE L'IBS.....	25

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Coordonnées des stations (RGNC91 Lambert)	10
Tableau 02 : Stations inventoriées selon les campagnes	11
Tableau 03 : Stations et impacts potentiels du projet	12
Tableau 04 : Paramètres physico-chimiques mesurés in situ pour toutes les stations, lors de chaque campagne	21
Tableau 05 : Paramètres biologiques mesurés in situ pour toutes les stations, lors de chaque campagne	21

Liste des Figures

Figure 01 : Cumuls mensuels des précipitations sur le site.....	13
Figure 02 : Températures mesurées à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire.....	14
Figure 03 : pH mesurés à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire.....	15
Figure 04 : Pourcentage d'oxygène dissous mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	15
Figure 05 : Conductivité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	16
Figure 06 : Turbidité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire.....	17
Figure 07 : Densité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	18
Figure 08 : Richesse taxonomique mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire.....	18
Figure 09 : Indice EPT mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	19
Figure 10 : Indice d'équitabilité mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire.....	19
Figure 11 : IBNC mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	20
Figure 12 : IBS mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire	20

Liste des Cartes

Carte 01 : Localisation des stations de suivi	9
Carte 02 : Localisation des stations météorologiques.....	13

1 Préambule

1.1 Cadre réglementaire et contexte de l'étude

Dans le cadre de son programme de suivi environnemental, la Société Vale Nouvelle-Calédonie doit réaliser des suivis de macro-invertébrés, des mesures d'Indices Biotiques de la Nouvelle-Calédonie (IBNC) et d'IBS (Indice Bio Sédimentaire) sur différents cours d'eau du projet.

Un cadre réglementaire impose ces différents suivis :

- ↳ L'arrêté n° 890-2007/PS du 12 juillet 2007 autorisant la société Goro Nickel SAS à exploiter les utilités de la centrale électrique au charbon sises sur le lot n° 59 et n° 49 section Prony-Port Boisé, au lieu-dit « Goro », commune du Mont-Dore.
- ↳ L'arrêté n° 1467-2008/PS du 9 octobre 2008 autorisant la société Goro Nickel SAS à l'exploitation d'une usine de traitement de minerai de nickel et de cobalt sise « Baie Nord » - commune du Mont-Dore, d'une usine de préparation du minerai et d'un centre de maintenance de la mine sis « Kwé Nord » - commune de Yaté.
- ↳ L'arrêté n°11479-2009/PS du 13 novembre 2009 modifié par l'arrêté n°85-2011/ARR/DENV du 17 janvier 2011 autorisant la société Vale Nouvelle-Calédonie à exploiter deux installations de traitement et d'épuration des eaux résiduaires domestiques ou assimilées, dénommées STEP5 et STEP6, issues de la base-vie et de l'usine commerciale sises Baie Nord, sur le territoire de la commune du Mont-Dore.
- ↳ La Convention Biodiversité.
- ↳ Renouvellement de concession.
- ↳ Etat initial.

La prestation porte sur la réalisation de suivis de macroinvertébrés benthiques sur différents bassins versants dans la région de Goro et plus précisément dans le périmètre concerné par le projet de Vale Nouvelle-Calédonie.

Les suivis sont réalisés sur deux types de milieu :

- Les cours d'eau ;
- Les dolines permanentes et temporaires.

1.2 Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude est de réaliser le suivi de la faune macro-benthique des cours d'eau et des zones humides de Vale Nouvelle-Calédonie.

AQUA TERRA a commencé à travailler comme prestataire sur ce sujet pour Vale Nouvelle-Calédonie en juillet 2011 et a ainsi réalisé 3 campagnes.

Ce rapport présente la synthèse des résultats des différentes campagnes réalisées par AQUA TERRA durant l'année 2011.

C'est le rapport annuel qui correspond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre¹.

¹ Il n'est pas repris ici les données antérieures qui dépendaient d'un autre contrat et qui n'étaient pas citées dans le contrat.

2 Méthodologie

2.1 Présentation générale des Indices Biotiques

Les indices biotiques sont des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières. Ces méthodes se basent sur l'étude des organismes vivants inféodés aux milieux aquatiques. Elles sont fondées sur le fait que des formes animales ou végétales de sensibilités différentes vis-à-vis de facteurs environnementaux coexistent dans les eaux courantes. Si la pollution fait varier ces paramètres, les organismes les plus sensibles ou bioindicateurs régressent au profit des plus résistants. Ces méthodes s'appuient généralement sur l'organisation des communautés de macroinvertébrés (mollusques, oligochètes, larves d'insectes, crustacés, ...) qui colonisent le substrat des rivières.

Un premier Indice Biotique, l'IBNC (Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie) a été élaboré lors d'un travail de thèse présentée en 1999, par N. MARY. Ce travail s'est appuyé sur différents indices (de diversité et biotiques) existants déjà (dont l'IBGN français, le MCI de Nouvelle-Zélande et le SIGNAL d'Australie). Il a été adapté afin d'être directement applicable aux rivières de Nouvelle-Calédonie. C'est donc un indice biotique original et spécifique.

L'IBNC se réfère à 66 taxons fréquemment rencontrés auxquels il a été attribué un score en fonction de leur sensibilité aux matières organiques. Il permet donc de détecter des pollutions organiques, en milieu courant. C'est donc une méthode biologique d'évaluation indirecte de la qualité des eaux des rivières.

Un nouvel indicateur a été développé en 2007 par N. MARY et Hytec afin de pouvoir répondre à la problématique de la dégradation possible de la qualité de l'eau des rivières calédoniennes par le transport solide sédimentaire.

L'IBS (Indice BioSédimentaire) concerne les milieux d'eau courante peu profonds (de l'ensemble de la Grande Terre et des îles Bélep) et il repose sur la même procédure d'échantillonnage que l'IBNC en se basant également sur le principe des scores : L'IBS se réfère à 56 taxons fréquemment rencontrés auxquels un score a été attribué en fonction de leur sensibilité à la présence de dépôts latéritiques sur le substrat.

Comme pour l'IBNC, une fois le listing taxonomique réalisé, un score est attribué aux taxons pris en compte pour l'IBS.

L'IBS est élaboré pour évaluer les perturbations de type mécanique générées par les particules sédimentaires, fines en particulier, dans les cours d'eau drainant des terrains à dominante ultrabasique.

Sur le terrain, à chaque station d'étude, plusieurs paramètres physiques, chimiques et mésologiques permettant de définir les conditions environnementales du milieu sont relevés. Des prélèvements de faune benthique sont ensuite effectués. **Le protocole d'échantillonnage de ces communautés benthiques est strict et précis et est effectué en respectant toutes les préconisations du document n° 99 PACI 0027 ainsi que celui édité par les Directions de l'environnement des Provinces Nord et Sud.** La méthodologie est décrite plus précisément en [annexe 01](#).

Les étapes clés sont :

- ↳ l'utilisation de l'échantillonneur adéquat et normalisé,
- ↳ l'échantillonnage de 5 micro-stations par station (multiplicité des habitats et des débits, le cas échéant),
- ↳ la fixation et la conservation des échantillons.

Au laboratoire, les invertébrés récoltés (de taille supérieure à 250 µm) sont triés, comptés et déterminés au moyen d'une loupe binoculaire. Les spécimens sont identifiés au niveau taxinomique le plus bas possible (ordre, famille, genre ou espèce) et un score est attribué aux taxons pris en compte pour chaque Indice Biotique. Ce score (compris entre 1 et 10) est fonction de leur sensibilité aux pollutions. Les taxons les plus polluo-sensibles ont les scores les plus élevés.

L'Indice Biotique peut alors être calculé. Il varie entre 0 et 10 : plus il est élevé et plus la qualité de l'eau augmente. La qualité de l'eau de la rivière aux différentes stations peut donc être évaluée indirectement par rapport au type de pollution révélé par chacun des indices.

Dans les milieux aquatiques, ces indices biotiques sont intéressants car ils intègrent et mémorisent, sur des périodes plus ou moins longues, l'impact des variations passées et présentes du milieu sur les espèces vivantes. Ils sont complémentaires des analyses chimiques dont les données sont ponctuelles et susceptibles de variations rapides au cours du temps.

En effet, les résultats des analyses physico-chimiques témoignent de la composition de l'eau au moment de l'échantillonnage, alors que les analyses biologiques reflètent elles, la composition moyenne de l'eau de la période précédente (durée de quelques mois, variable selon les espèces et surtout les milieux).

Les méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux sont généralement employées pour contrôler et suivre la qualité d'un cours d'eau. Elles peuvent également servir lors de l'aménagement de sites et au cours d'études d'impact d'une industrie ou d'une installation classée en milieux aquatiques. Appliquée comparativement (par exemple en amont et en aval d'un rejet ; avant puis pendant l'exploitation), la méthode permet d'évaluer, dans les limites de sa sensibilité, l'effet d'une perturbation sur le milieu récepteur.

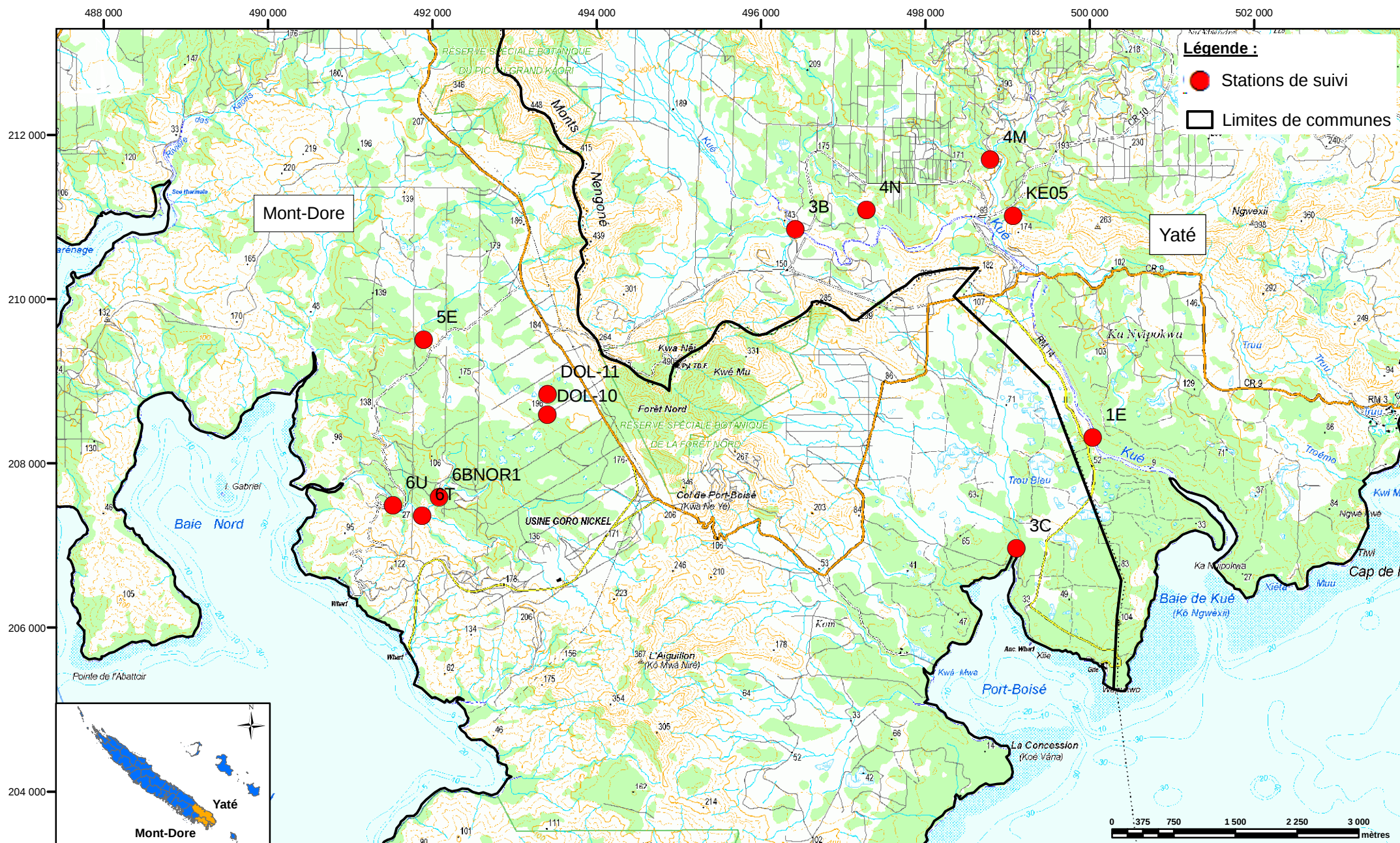
2.2 Zone d'étude

2.2.1 Contexte général

La zone d'étude générale se situe dans le Sud de la Grande Terre sur les communes du Mont-Dore et Yaté. Il s'agit de zones dulçicoles pouvant être influencées (de manière directe ou indirecte) par l'activité minière du projet Vale Nouvelle-Calédonie.

12 stations de suivi et 4 secteurs de prospections ont été identifiés au sein de cette zone du grand sud calédonien. La [carte 01](#) localise l'ensemble de ses stations.

Carte 01 : Localisation des 12 stations de suivi



2.2.2 Présentation des stations

Comme évoqué précédemment, le suivi des macro-invertébrés benthiques est réalisé dans deux types de milieux :

- des cours d'eau,
- des dolines permanentes et temporaires.

Les coordonnées des stations (RGNC91 Lambert) sont données dans le [tableau 01](#). Celles-ci peuvent différer de celles fournies dans le cahier des charges car elles ont été précisées sur site lors des campagnes terrain.

Tableau 01 : Coordonnées des stations (RGNC91 Lambert)

STATION	BASSIN VERSANT	LATITUDE E (X)	LONGITUDE S (Y)
6-BNOR1	Creek Baie Nord	492 082	207 587
6-T	Creek Baie Nord	491 875	207 363
6-U	Creek Baie Nord	491 519	207 490
DOL-10	Creek Baie Nord	493 401	208 591
DOL-11	Kadji	493 403	208 841
5-E	Kadji	491 893	209 505
4-M	Kwé Nord	498 789	211 701
4-N	Kwé Ouest	497 284	211 087
3-B	Kwé Ouest	496 419	210 852
KE-05	Kwé Est	499 068	211 015
1-E	Kwé Principale	500 038	208 316
3-C	Trou Bleu	499 109	206 966

Par ailleurs, 4 zones ont été prospectées afin d'y définir des stations :

- la doline Xère Wapo, pour y installer 2 stations,
- le lac Robert, pour y installer 2 stations,
- le bassin versant du creek de l'entonnoir, pour y installer 1 station,
- le bassin versant de la Truu, pour y installer 3 stations.

Cela portera le nombre de stations totales concernées en phase d'inventaire à 20.

2.2.3 Présentation des campagnes de l'année 2011

Durant l'année 2011, AQUA TERRA a réalisé, conformément au cahier des charges, 3 campagnes d'inventaire, concernant en tout 10 stations, comme cela est détaillé dans le [tableau 02](#).

Tableau 02 : Stations inventoriées selon les campagnes

STATION / CAMPAGNE	JUILLET 2011	SEPTEMBRE 2011	NOVEMBRE 2011
6-BNOR1	X	X	X
6-T	X	X	X
6-U	X		X
5-E	X		
4-M	X		
4-N	X		
3-B	X		X
KE-05	X		
1-E	X		X
3-C	X	X	X

Le présent rapport concerne la synthèse des résultats des 3 campagnes de l'année 2011, qui ont permis l'inventaire de 10 des 12 stations présentées auparavant, avec 1 à 3 échantillonnages chacune.

Les résultats bruts pour chaque station, leur fiche descriptive etc. ont été fournis dans chacun des rapports mensuels concernés.

3 Données de base

3.1.1 Positionnement des stations par rapport au projet

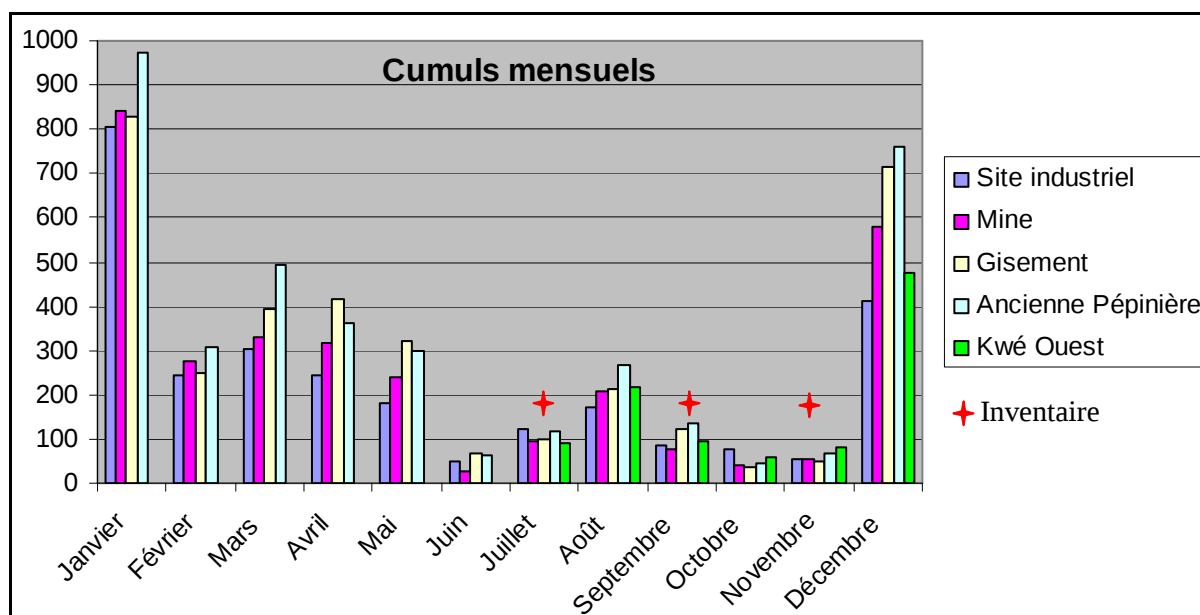
Les impacts potentiels du projet pouvant être ressentis au niveau des stations sont donnés dans le [tableau 03](#).

Tableau 03 : Stations et impacts potentiels du projet

STATION	BASSIN VERSANT	PRECISION	IMPACTS POTENTIELS DU PROJET
6-BNOR1	Creek Baie Nord	Creek baie nord	A 1.5 km en vol d'oiseau de l'usine. A 10 m en amont de l'ancien rejet de la STEP base vie (arrêt émission en 2008)
6-T	Creek Baie Nord	Cours inférieur. Aval confluence bras principal et bras sud. A 350 m en aval de 6-BNOR1	Aval lointain rejet STEP. Travaux terrassement et construction en partie amont et est de son BV. Aval (environ 2 km à vol d'oiseau) des rejets d'eaux de refroidissement de la centrale électrique de Prony
6-U	Creek Baie Nord	Cours inférieur. A 500 m en aval de 6-T	Aval encore plus lointain rejet STEP et eaux de refroidissement de la centrale électrique
DOL-10	Creek Baie Nord	Doline	Zone d'influence de la STEP
DOL-11	Kadji	Doline	
5-E	Kadji	Creek Kadji Aval confluence des 3 grands bras	Impacts résiduel base vie (eaux de ruissellement, rejet STEP 150 eqh)
4-M	Kwé Nord	Cours supérieur des affluents (écoulement sur cuirasse des eaux de l'aquifère supérieur du plateau suite à leur résurgence)	Impacts usine de préparation de minerai (en amont)
4-N	Kwé Ouest		
3-B	Kwé Ouest	1.5 km en amont de 4-N. Aval immédiat site extraction carrière du Mamelon, aire de stockage des résidus solides	Phase construction : impact résiduels des différents chantiers (aire stockage résidus, carrière extraction matériaux du Mamelon). Phase exploitation : impacts stockage des résidus épaissis
KE-05	Kwé Est	Zone d'influence d'une exploitation de roche massive (partie amont du BV) + zone d'extraction de la mine	Impacts de la verse à stérile
1-E	Kwé Principale	Cours inférieur (2.4 km amont de l'embouchure, 2.8 km aval des confluences de tous les bras)	Aval de toutes les activités : impacts résiduels de l'ensemble des activités développées sur le BV de la Kwé
3-C	Trou Bleu	Cours inférieur à 200 m embouchure	Hors tous impacts du projet

3.1.2 Données pluviométriques sur le site

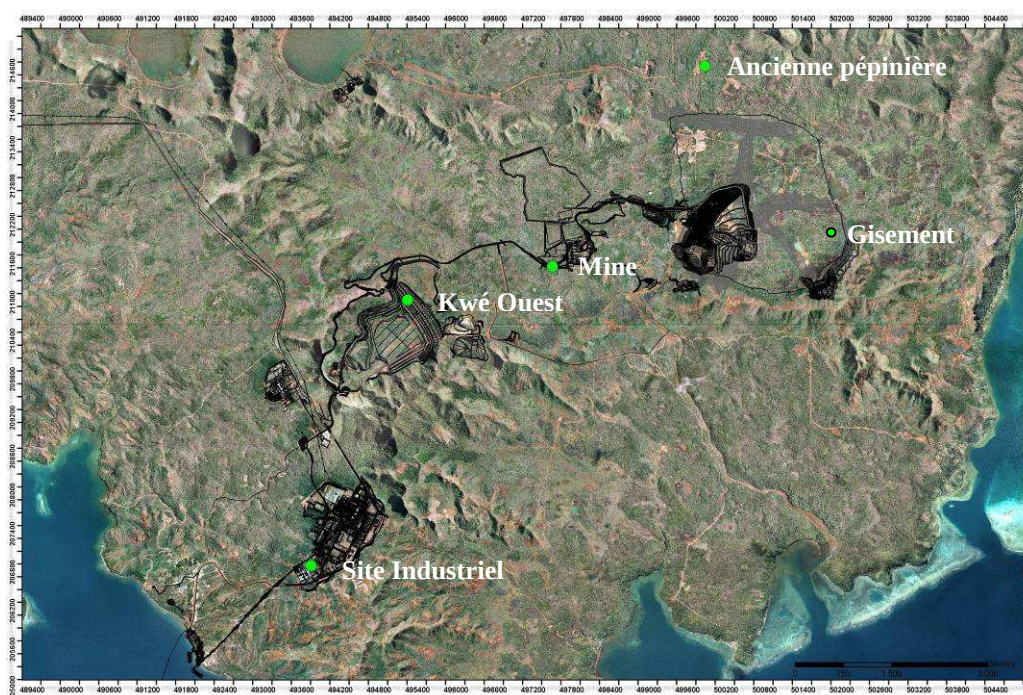
Cinq stations de relevés météorologiques existent sur le site (cf. [carte 02](#) pour leur positionnement). Les données enregistrées concernant la pluviométrie sont fournies dans la [figure 01](#) : ce sont les cumuls mensuels (en mm) pour l'année 2011.



*Figure 01 : Cumuls mensuels des précipitations sur le site
(source : Vale Nouvelle-Calédonie)*

Les relevés pluviométriques quelque soit la station d'enregistrement suivent sensiblement les mêmes évolutions.

On peut noter que les 3 campagnes d'inventaire, qui se situent en fin d'hiver début d'été, ont été réalisées en période sèche, avec des cumuls mensuels pluviométriques faibles (sous les 200 mm voir les 100 mm).



*Carte 02 : Localisation des stations météorologiques
(source : Vale Nouvelle-Calédonie)*

4 Synthèse des résultats bruts

4.1 Paramètres physico-chimiques

Les paramètres ambiants de l'eau mesurés par sondes multiparamètres *in situ* à chacune des stations lors de chaque mission sont récapitulés dans le [tableau 04](#).

Les graphiques des [figures 02 à 06](#) sont issus des données de ce tableau.

4.1.1 La température

Les températures extrêmes relevées dans des rivières calédoniennes varient entre 13°C (station sur la Panié à 1360 m d'altitude) et 33°C (station dans un creek à PK7 en octobre 1996). La température augmente de l'amont vers l'aval des rivières. Les moyennes s'échelonnent entre 15°C et 21°C au niveau des cours supérieurs des rivières, entre 22°C et 24°C au niveau des cours moyens et dépassent 25°C au niveau des cours inférieurs.

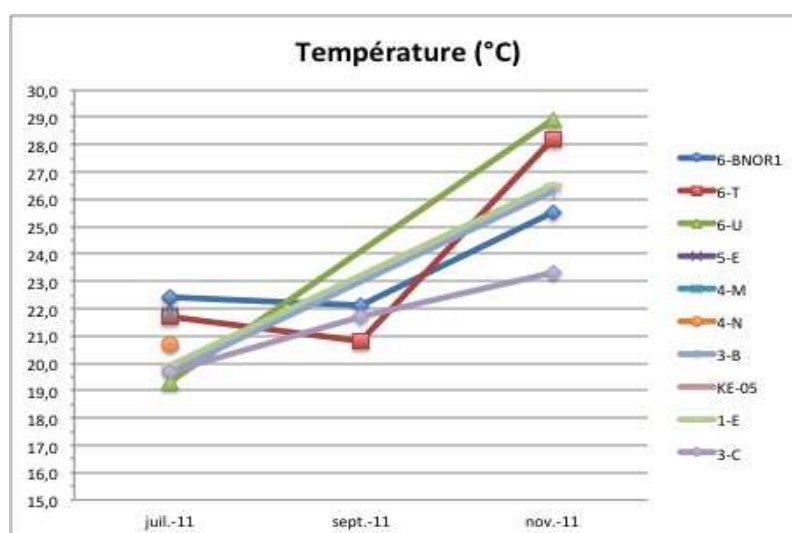


Figure 02 : Températures mesurées à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les valeurs mesurées s'échelonnent de 19,3°C à 22,4°C selon les stations pour la campagne de juillet et entre 25,5°C à 28,9°C pour la campagne de novembre.

Comme le montre la [figure 02](#), il y a une hausse significative des températures entre les 3 missions, augmentation normale au vu de la saison (début de la période estivale en novembre).

4.1.2 Le pH

La majorité des rivières calédoniennes présentent des eaux basiques, leur pH étant compris entre 7,5 et 8,5. Ces valeurs élevées peuvent être expliquées par la nature géologique des roches des bassins versants (influence des péridotites) et par les teneurs importantes des eaux en bicarbonates.

Selon la littérature, d'une manière générale, les eaux acides présentent un nombre plus réduit d'espèces (diminution de la biodiversité) et des populations de macroinvertébrés moins abondantes que les eaux neutres.

Les pH mesurés sur toutes les stations sont globalement dans les moyennes attendues avec des valeurs légèrement basiques (7,09 à 8,28, toutes stations et missions confondues).

Il faut cependant noter 3 valeurs faibles pour :

- 6-BNOR1 (6,24) et 5-E (6,74) en juillet,
- 3-B (6,81) en novembre.

Les stations 5-E et 3-B n'ont pas été réinventoriées depuis, il faudra donc porter une attention particulière à ce paramètre dans le futur.

La station 6-BNOR1 avait à nouveau des pH basiques en septembre (8,04) et novembre (8,28).

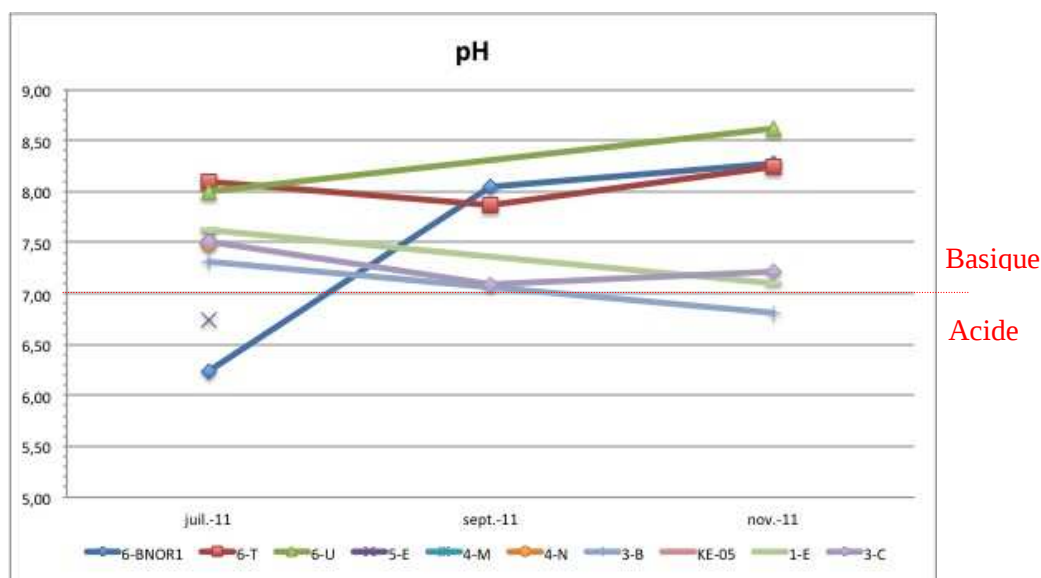


Figure 03 : pH mesurés à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

4.1.3 L'oxygène dissous

L'eau des rivières calédoniennes est en moyenne bien oxygénée, avec des valeurs qui varient de 70% de saturation en oxygène relevées sur des ruisseaux forestiers contenant d'importantes quantités de feuilles en décomposition à des valeurs maximales de 140% de saturation en oxygène obtenues dans des secteurs lotiques² de rivières.

A l'inverse des températures, ce paramètre tend à diminuer de l'amont vers l'aval (diminution des vitesses et de l'agitation, augmentation des végétaux, températures, etc.).

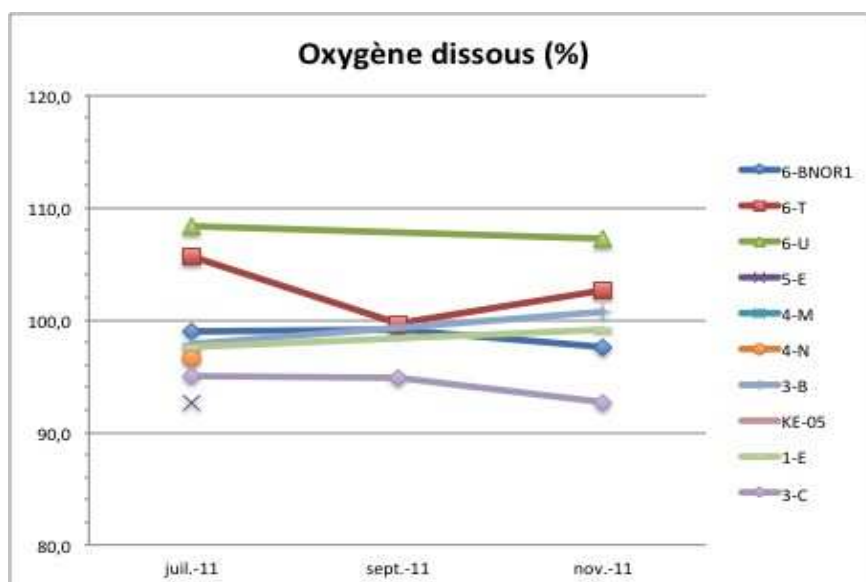


Figure 04 : Pourcentage d'oxygène dissous mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les valeurs mesurées pour toutes les stations et toutes les missions, sont dans des gammes traduisant un milieu avec une oxygénation correcte (92,6 % à 108,3 %).

Une légère baisse en novembre peut être notée, certainement à corrélérer avec la hausse des températures.

² Zones d'habitat lotique : zone où l'eau est courante, avec cependant des alternance seuils (rapides) et moulles (courant lent) possibles. S'oppose à un secteur lentique (ou lénitique) où l'eau est stagnante.

4.1.4 La conductivité

Les valeurs de conductivité (qui est directement proportionnelle à la quantité de solides (sels minéraux) dissous dans l'eau) mesurées dans les rivières calédonniennes fluctuent entre 28 $\mu\text{S/cm}$ (station Panié) et 1181 $\mu\text{S/cm}$ (station Magenta recevant d'importants effluents domestiques). La conductivité moyenne augmente de l'amont vers l'aval des rivières même si cette augmentation est moins importante pour les bassins versants de plus petite taille et pour ceux situés sur des substrats ultrabasiques.

Plus de 55% de l'ensemble des stations prospectées sur la Grande Terre présentent des conductivités comprises entre 75 et 175 $\mu\text{S/cm}$. La plupart de ces stations moyennement minéralisées se situent sur les rivières de l'est du Territoire, sur les cours d'eau ayant un bassin versant minier ou dans la région de la Foa.

Un quart des sites ont une conductivité relativement forte comprise entre 175 et 300 $\mu\text{S/cm}$. Ces stations sont essentiellement situées sur les rivières de la côte Ouest sur des terrains volcano-sédimentaires à vocation agricole.

Enfin, les stations dont la conductivité est supérieure à 300 $\mu\text{S/cm}$ représentent environ 10% des mesures. Cet ensemble concerne les sites recevant d'importants effluents urbains ou les cours inférieurs des rivières de la côte Ouest qui subissent un enrichissement naturel de la rivière en nutriments de l'amont vers l'aval et des pollutions agricoles.

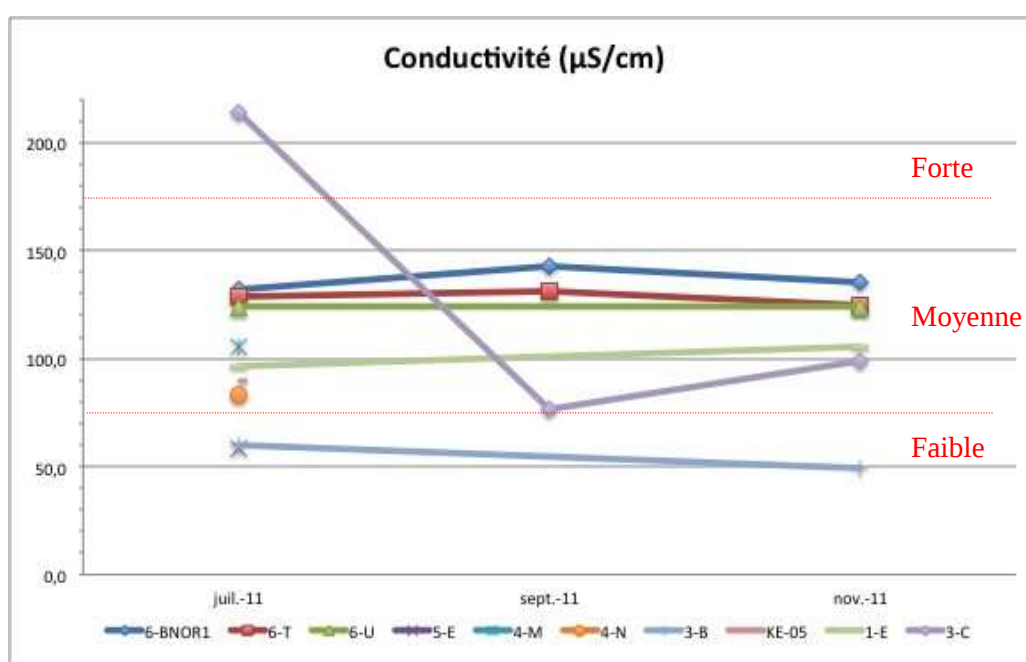


Figure 05 : Conductivité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les valeurs mesurées sur toutes les stations reflètent des eaux moyennement minéralisées (de 82.9 $\mu\text{S/cm}$ à 142.8 $\mu\text{S/cm}$) et avec des concentrations stables selon les campagnes.

Deux stations sont légèrement en dessous, avec des valeurs entre 49.3 $\mu\text{S/cm}$ et 59.8 $\mu\text{S/cm}$: 3-B et 5-E.

Enfin, la station 3-C qui présentait des eaux plus fortement minéralisées en juillet (214 $\mu\text{S/cm}$), était à nouveau dans les moyennes en septembre et novembre après une baisse sensible (cf. figure 05).

De manière globale, les stations situées sur le bassin versant de la Kwé et de Kadji semblent plus faiblement minéralisées que celles situées dans le creek de la Baie Nord.

4.1.5 La turbidité

La turbidité désigne la teneur du liquide en matières qui le troublent. Ces dernières peuvent être des particules colloïdales, des bactéries, des micro-algues ou du plancton.

Les Matières En Suspension des eaux naturelles résultent de l'érosion naturelle des sols. Une quantité importante de MES peut être à l'origine d'une pollution mécanique et augmenter la turbidité des eaux.

Les turbidités mesurées pour toutes les stations vont de 0.13 NTU à 3.10 NTU : elles sont très faibles ce qui confirme les observations terrain où l'eau était claire.

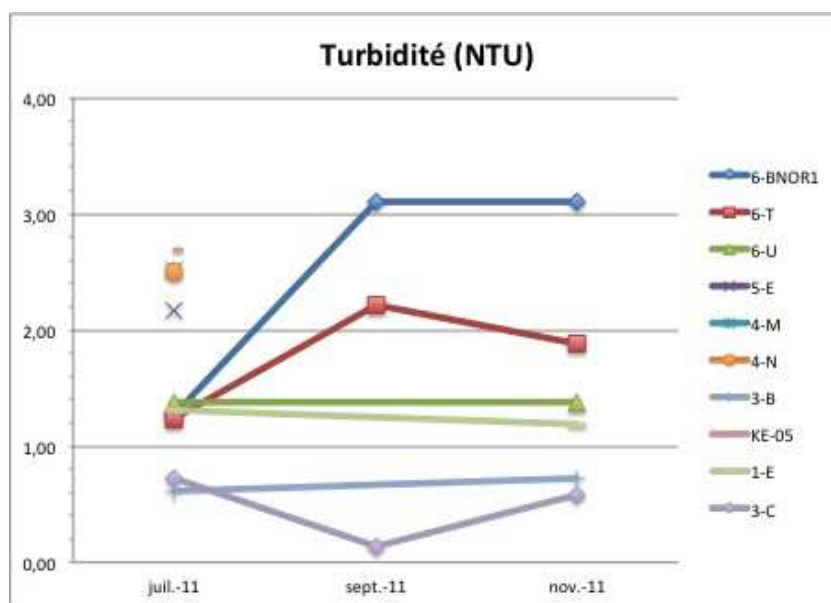


Figure 06 : Turbidité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

4.2 Paramètres biologiques

Les paramètres biologiques mesurés suite au prélèvement de la macrofaune benthique, leur tri et leur analyse (comptage, détermination) sont présentés dans le [tableau 05](#). Ils regroupent des indices de diversité et des indices biotiques qui expriment divers aspects de la structure des communautés benthiques.

Les indices de diversité prennent en compte la richesse spécifique et l'abondance relative des taxons au sein d'un échantillon. Des valeurs faibles sont souvent le reflet d'une perturbation.

Les indices retenus (car applicables) ici sont :

- La densité (D) : qui est le nombre d'individus récoltés par m² ;
- La richesse spécifique (S) qui attention, dans le cadre de ces études dulçaquicoles³, correspond au nombre de taxons, et devrait donc plus justement s'appeller « richesse taxonomique » ;
- L'indice EPT, qui est le nombre de taxons en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères qui sont généralement considérés comme sensibles à la pollution organique. C'est un indice couramment utilisé dans l'évaluation de la qualité des eaux, mais il est simplement qualitatif et permet une évaluation temporelle : sa diminution indique une perturbation ;
- L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') qui est fondé sur la théorie de l'information qui considère 2 composantes de la diversité : le nombre d'espèces et la régularité de leur distribution de fréquence. H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983) ;
- L'indice d'équitabilité (de Pielou, 1966) (E), appelé également indice d'équirépartition (Blondel, 1979), qui représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (Hmax). Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

Les **indices biotiques** sont eux fondés sur l'utilisation d'espèces indicatrices de pollutions et témoignent généralement de perturbations particulières.

Les indices retenus (car applicables) ici sont : (cf. § 2 et [annexe 01](#) pour plus de détails)

³ La détermination de la faune, dans le protocole pour le calcul des indices biotiques, se fait jusqu'à un niveau taxonomique prédéfinie, qui n'est parfois que la famille ou l'ordre, etc. et non l'espèce (cf. [annexe 01](#)).

- L'IBNC (Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie), qui permet de détecter des pollutions organiques, en milieu courant ;
- L'IBS (Indice BioSédimentaire), qui permet d'évaluer les perturbations de type mécanique générées par les particules sédimentaires, fines en particulier, dans les cours d'eau drainant des terrains à dominante ultrabasique.

Les graphiques des figures 07 à 12 sont issus des données du tableau 05.

4.2.1 Densité et Richesse taxonomique

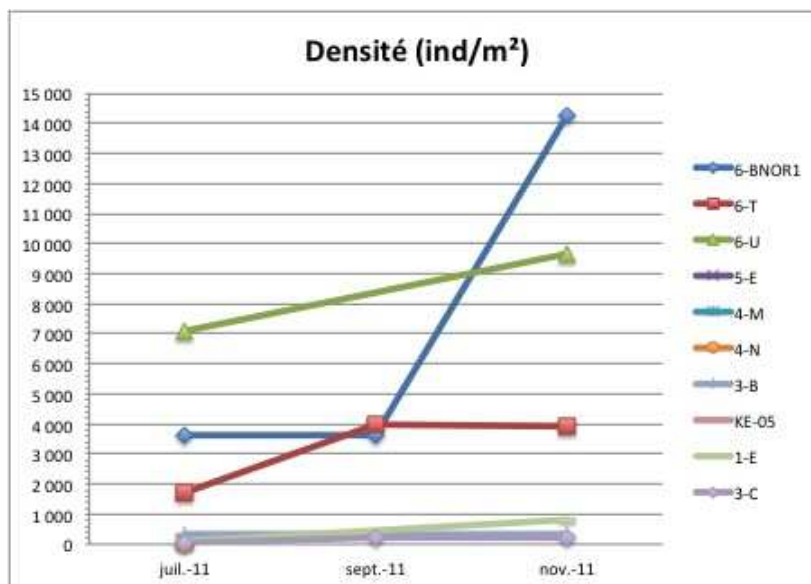


Figure 07 : Densité mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

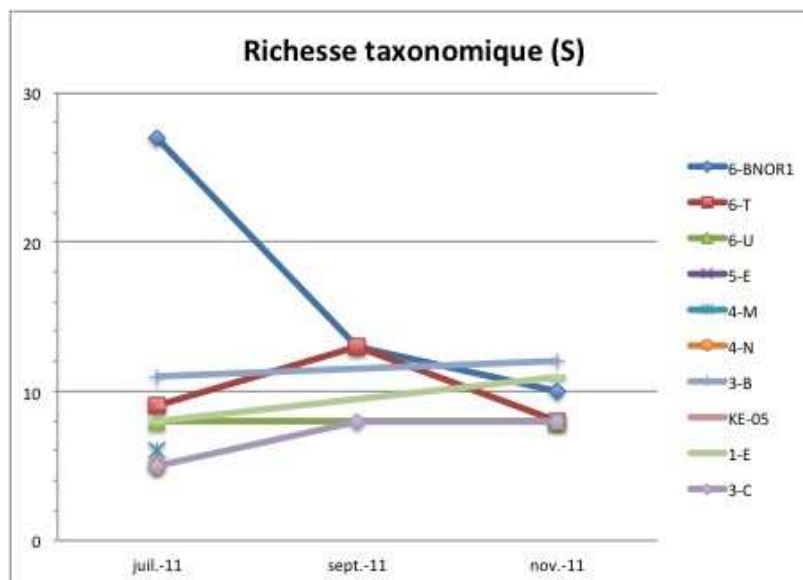


Figure 08 : Richesse taxonomique mesurée à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les densités sont très différentes entre les stations puisqu'elles s'échelonnent de 36 individus/m² (3C en juillet) à 14 272 ind./m² (6BNOR1 en novembre).

Le groupe des stations du creek de la Baie Nord (6-BNOR1, 6-T, 6-U) se différencie globalement avec des densités supérieures aux autres stations et comportant plus de 1 000 individus/m².

Il peut aussi être noté une légère augmentation en septembre par rapport à juillet qui se confirme nettement en novembre.

La richesse taxonomique est en moyenne assez faible (de 5 à 13 taxons différents par station), avec un inventaire qui se détache : 27 taxons récoltés à la station 6BNOR1 en juillet.

Il est d'ailleurs intéressant de noter que pour cette station, alors que la densité augmente au fil des 3 missions, la richesse taxonomique diminue, ce qui prouve la non corrélation de ces 2 paramètres.

Pour comparaison, actuellement, moins de 200 taxons pour la faune benthique dulçaquicole ont été décrits jusqu'ici en Nouvelle-Calédonie.

4.2.2 Indice EPT

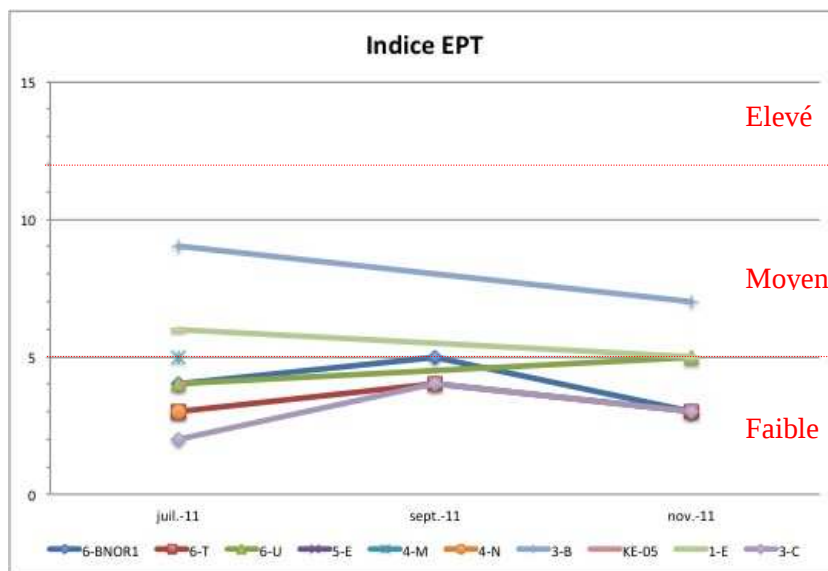


Figure 09 : Indice EPT mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les indices EPT mesurés pour chaque campagne sont assez faibles puisqu'ils varient de 2 à 9.

4.2.3 Indice d'équitabilité

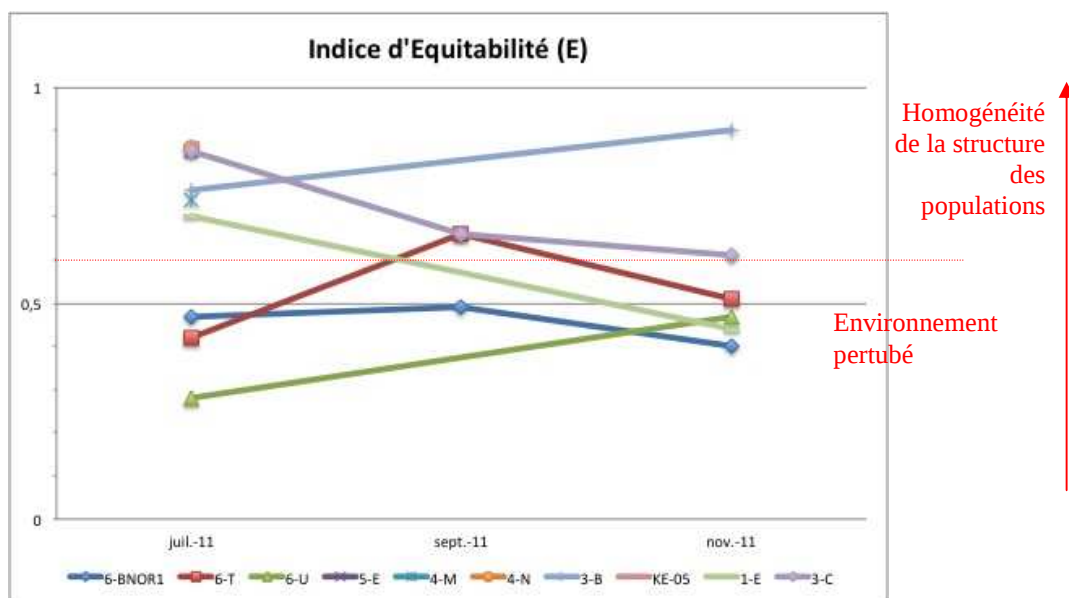


Figure 10 : Indice d'équitabilité mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les indices d'équitabilité sont différents pour chaque station et s'échelonnent de 0.28 à 0.9.

Globalement, les indices des stations sur le creek de la Baie Nord reflètent un environnement perturbé ($E < 0.6$) avec des populations présentant un déséquilibre dans la répartition de fréquence de certains taxons (nettement plus abondants que les autres).

On peut noter que, en moyenne, E baisse légèrement de juillet à septembre puis novembre.

4.2.4 IBNC

Les IBNC mesurés sur les 19 campagnes s'échelonnent de 4.60 (6-BNOR1 en novembre, eau de qualité passable) à 7.63 (3-B en juillet, eau d'excellente qualité).

Le groupe des stations du creek de la Baie Nord a des indices inférieurs aux autres stations et c'est la station 3-B (Kwé ouest) qui obtient les meilleurs résultats.

Attention cependant : sur 19 inventaires, pour 14 d'entre eux le nombre de taxa indicateurs servants au calcul de l'IBNC est inférieur à 7 : ces valeurs ne sont donc pas forcément cohérentes.

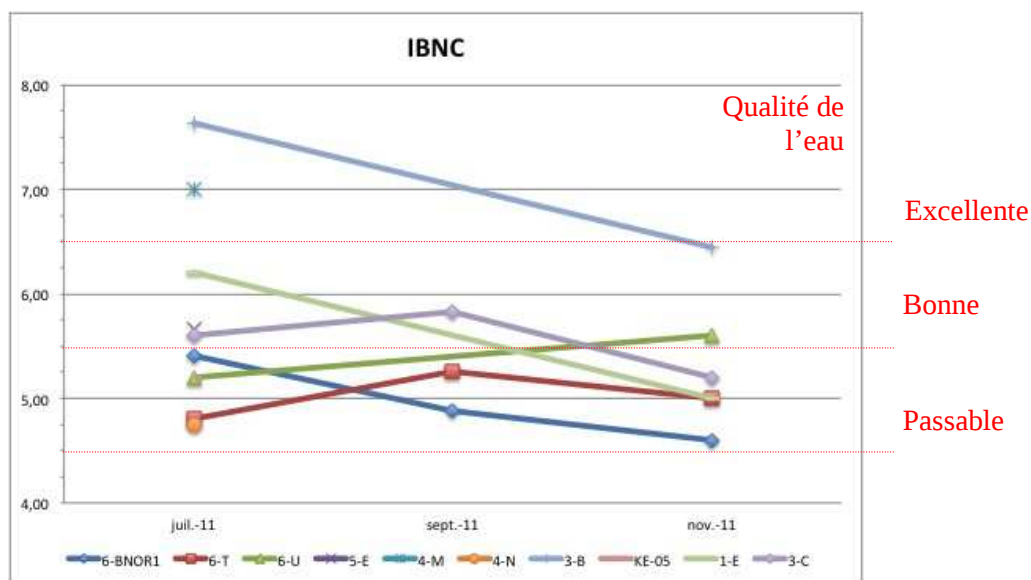


Figure 11 : IBNC mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

4.2.5 IBS

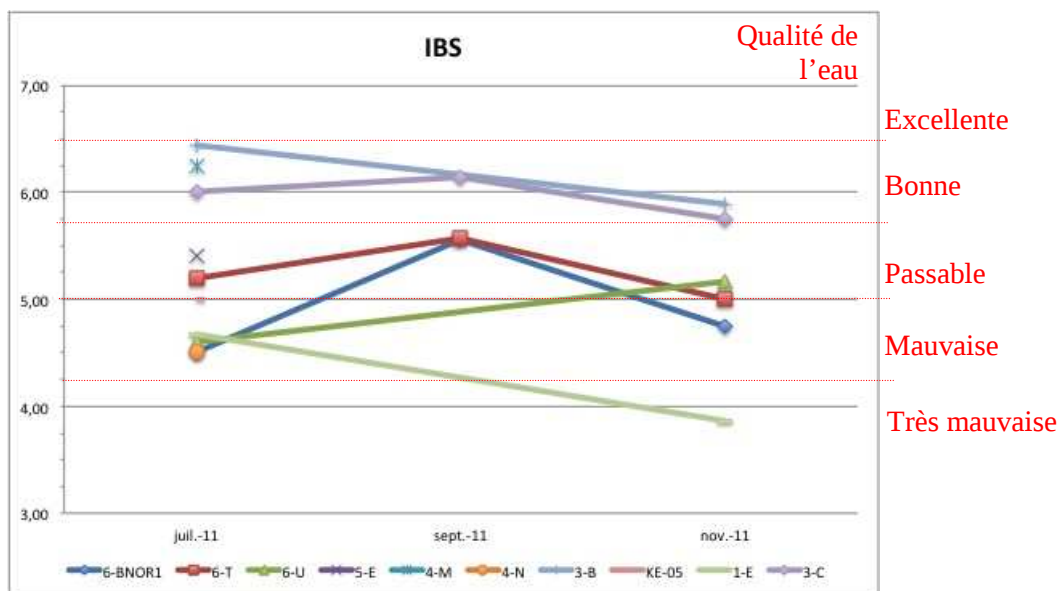


Figure 12 : IBS mesuré à chaque station, lors de chaque campagne d'inventaire

Les IBS mesurés sur les 19 campagnes s'échelonnent de 3.86 (1-E en novembre, eau de qualité très mauvaise) à 6.44 (3-B en juillet, eau de bonne qualité).

Le groupe des stations du creek de la Baie Nord présente ici aussi des indices en moyenne inférieurs aux autres stations, même si cela est moins net, et c'est la station 3-B (Kwé ouest) qui obtient les meilleurs résultats.

Attention cependant : sur 19 inventaires, pour 13 d'entre eux le nombre de taxa indicateurs servants au calcul de l'IBNC est inférieur à 7 : ces valeurs ne sont donc pas forcément cohérentes.

Tableau 04 : Paramètres physico-chimiques mesurés in situ pour toutes les stations, lors de chaque campagne

Station	pH			Température (°C)*			Oxygène dissous (%)			Conductivité (µS/cm)			Turbidité (NTU)		
Date	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11
6-BNOR1	6,24	8,04	8,28	22,4	22,1	25,5	99,0	99,2	97,6	131,6	142,8	135,3	1,27	3,10	3,10
6-T	8,09	7,86	8,25	21,7	20,8	28,2	105,7	99,7	102,6	128,3	130,8	124,7	1,24	2,21	1,88
6-U	8,00		8,61	19,3		28,9	108,3		107,2	124,1		124,1	1,38		1,38
5-E	6,74			22,1			92,6			58,2			2,17		
4-M	7,58			21,8			97,2			105,7			2,52		
4-N	7,49			20,7			96,6			82,9			2,50		
3-B	7,31		6,81	19,7		26,3	97,8		100,8	59,8		49,3	0,61		0,72
KE-05	7,62			20,7			97,7			90,2			2,70		
1-E	7,63		7,10	19,9		26,5	97,6		99,2	96,1		105,6	1,31		1,19
3-C	7,51	7,09	7,22	19,7	21,7	23,3	95,0	94,8	92,7	214,0	76,4	99,2	0,73	0,13	0,58

* tempértaure mesurée par la sonde pH

Tableau 05 : Paramètres biologiques mesurés in situ pour toutes les stations, lors de chaque campagne

Station	Abondance			Densité (ind/m²)			Richesse taxonomique (S)			Indice EPT			IBNC*			IBS*			Shannon (H')			Equitabilité (E)		
Date	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11	juil-11	sept-11	nov-11
6-BNOR1	907	910	3 568	3 628	3 640	14 272	27	13	10	4	5	3	5,40	4,88	4,60	4,50	5,56	4,75	1,03	1,25	0,93	0,47	0,49	0,4
6-T	428	997	980	1 712	3 988	3 920	9	13	8	3	4	3	4,80	5,25	5,00	5,20	5,57	5,00	0,92	1,69	1,07	0,42	0,66	0,51
6-U	1 766		2 421	7 064		9 684	8		8	4		5	5,20		5,60	4,60		5,17	0,62		0,97	0,28		0,47
5-E	28			112			6			3			5,67			5,40			1,52			0,85		
4-M	30			120			6			5			7,00			6,25			1,32			0,74		
4-N	8			32			5			3			4,75			4,50			1,39			0,86		
3-B	79		88	316		352	11		12	9		7	7,63		6,44	6,44		5,89	1,82		2,23	0,76		0,9
KE-05	19			76			9			4			5,20			5,00			1,91			0,87		
1-E	25		198	100		792	8		11	6		5	6,20		5,00	4,67		3,86	1,46		1,05	0,7		0,44
3-C	9	49	59	36	196	236	5	8	8	2	4	3	5,60	5,83	5,20	6,00	6,14	5,75	1,52	1,37	1,27	0,85	0,66	0,61

* Attention, la richesse taxonomique est un élément indispensable à considérer pour expliquer une note indicielle. L’expérience en Nouvelle-Calédonie montre que dans les stations où un faible nombre de taxa indicateurs est récolté, les notes indicielles IBNC et IBS peuvent être incohérentes et difficilement interprétables. Un seuil empirique de 7 taxa indicateurs a donc été fixé pour le calcul des notes IBNC et IBS : si le nombre de taxons indicateurs prélevé sur une station est strictement inférieur à 7, il n’est pas conseillé de calculer les indices IBNC et IBS. Pour un certain nombre d’échantillonnages (une grande majorité : 14 et 13 sur 19), le nombre de taxa indicateur était en dessous de 7. Les indices biotiques ont cependant été calculés et sont écrits en italique. Ils sont donnés à titre indicatif, mais ne sont pas applicables en eux-mêmes ici. Ils peuvent servir à suivre des évolutions.

5 Discussion

5.1.1 Bassin versant du creek de la Baie Nord

Les stations situées sur le creek de la Baie Nord et concernées par cette étude sont au nombre de 3 : 6-BNOR1, 6-T et 6-U.

Les deux premières ont été échantillonnées lors des 3 campagnes de 2011 (juillet, septembre et novembre), alors que la dernière ne l'a été que 2 fois (juillet et novembre).

La station 6-BNOR1 se situe à environ 1.5 km à vol d'oiseau de l'usine et à 10 m en amont de l'ancien rejet de la station d'épuration de la base vie (dont les émissions se sont arrêtées en 2008).

La station 6-T se situe à 350 m en aval de 6-BNOR1, mais aussi juste en aval de la confluence du bras principal et du bras sud, ce qui la place ainsi à environ 2 km à vol d'oiseau des rejets des eaux de refroidissement de la centrale électrique de Prony Energies et des eaux de ruissellement du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie. Il y a des travaux de terrassement et de construction en partie amont et dans l'est de son bassin versant.

La station 6-U est positionnée environ à 500 m en aval de 6-T.

Pour ces 3 stations, les densités et les richesses taxonomiques sont les plus élevées de toute l'étude, même si elles restent moyennes à faibles. L'indice EPT est lui aussi assez faible avec 3 à 5 taxons différents. On peut d'ailleurs noter l'absence (à 2 exceptions près : 1 taxon pour 6-BNOR1 en juillet et pour 6-U en novembre) des éphéméroptères.

Les indices d'équitabilité sont eux aussi faibles puisque à une exception près (0.66 pour 6-T en septembre) ils sont tous en dessous du seuil de 0.60 admis comme un point d'équilibre. La station 6-U enregistre même un $E=0.28$ en juillet qui s'explique par la présence de 1 446 Simuliidae et 259 Orthoclaadiinae sur 1 766 individus récoltés à cette mission. Ainsi, les 7 taxons restants comptent seulement entre 1 et 24 individus. Ces deux taxons sont nettement dominants sur toutes les campagnes et sont la cause du déséquilibre de la structure des communautés benthiques.

Les IBNC traduisent (à une exception près : 6-U en novembre : eau de bonne qualité, mais avec une note à 5.60, la limite étant à 5.50) des eaux de qualité passable. Il faut cependant noter que seul à la campagne de septembre, pour les stations 6-BNOR1 et 6-T, il y avait plus de 7 taxons -conseillés- indicateurs.

Les IBS quant à eux (avec la même remarque restrictive sur le nombre de taxons indicateurs) indiquent des eaux de qualité passable à mauvaise.

Il semblerait donc que pour ces 3 stations, la qualité des eaux d'un point de vue biologique soit plutôt passable et les communautés sont effectivement assez pauvres et de composition non homogène, avec une prédominance écrasante de 2 taxons (Simuliidae et Orthoclaadiinae).

Par ailleurs, il ne ressort pas réellement de gradient qui permettrait de quantifier les impacts possibles (6-BNOR1 en amont des rejets est dans le même état global que 6-T ou encore 6-U bien plus en aval).

De même, il n'y a pas de variation significative entre les 3 campagnes.

Cette altération peut provenir de plusieurs sources (indépendantes ou s'additionnant) : état dégradé du milieu, conditions météorologiques particulières du début d'année 2011, pollution en amont, etc.

5.1.2 Bassin versant du creek Kadji

Une seule station est placée sur ce creek (5-E) et elle n'a été échantillonnée qu'une seule fois en juillet.

Elle se situe en aval de la confluence des 3 bras principaux et donc peut recevoir les impacts résiduels de la base vie (eaux de ruissellement, rejet de la station d'épuration 150 Eqh).

Elle présentait une densité faible (112 individus/m²), répartis en peu de taxons ($S=6$) et l'indice EPT est à 3 (1 taxon d'éphéméroptères et 2 de trichoptères).

Cependant, son indice d'équitabilité est plutôt bon ($E=0.85$), traduisant un équilibre dans la répartition des différentes populations.

L'IBNC à 5.67 reflète une eau de bonne qualité et l'IBS (5.40) des eaux de qualité passable (il faut cependant noter l'absence des 7 taxons -conseillés- indicateurs).

Il faut attendre les prochains échantillonnages pour pouvoir suivre ses évolutions potentielles.

5.1.3 Bassin versant de la Kwé

5 stations sont positionnées sur la Kwé : de l'amont vers l'aval, on peut ainsi voir : la station 4-M sur le bras nord, les stations 3-B et 4-N sur le bras ouest, la station KE-05 sur le bras est et enfin, la station 1-E sur le bras principal, bien en aval.

Les 4 premières stations subissent les impacts potentiels de l'usine de préparation de minerai, de différents chantiers, carrière, verse ou zone de stockage de résidus. La 1-E étant en aval, elle reçoit les impacts résiduels de l'ensemble des activités développées sur le bassin versant de la Kwé.

Les 5 stations ont été échantillonnées une fois en juillet et seules les stations 3-B et 1-E l'ont été aussi en novembre.

Les densités sont dans l'ensemble assez faibles (76 à 316 ind/m²) en juillet avec une augmentation en novembre (352 et 792 ind/m²). La richesse taxonomique n'est pas très élevée, puisqu'elle évolue en 5 et 12 taxons. L'indice EPT est faible pour les stations 4-N et KE-05 (3 et 4), mais bon à plutôt bon (dans l'intervalle « moyen ») pour les autres (de 5 pour 4-M en juillet et 1-E en novembre à 9 pour 3-B en juillet). Excepté 1-E en novembre, toutes les stations présentent de bons indices d'équitabilité ($0.7 < E < 0.9$). 1-E dont $E=0.7$ en juillet tombe à $E=0.44$ en novembre, notamment à cause d'une explosion d'abondance d'Hydroptilidae qui déséquilibre la structure des communautés. Un score de 3 étant attribué à ce taxon pour le calcul de l'IBS, cet indice enregistre aussi une baisse forte en novembre, où la qualité des eaux est alors très mauvaise d'un point de vue sédimentaire.

Les stations 4-M et 3-B présentent des eaux d'excellente qualité selon l'IBNC (légère baisse à une classe « d'eau de bonne qualité » pour 3-B en novembre) et de bonne qualité selon l'IBS. Les stations 4-N et KE-05 ont-elles des eaux de qualité passable selon l'IBNC à mauvaise selon l'IBS. La station 1-E présente selon l'IBNC des eaux de bonne qualité en juillet puis de qualité passable et selon l'IBS des eaux de qualité mauvaise (juillet) à très mauvaise (novembre).

Globalement deux stations de la Kwé ont des eaux de très bonne qualité et des communautés en équilibre : 4-M et surtout 3-B, qui donc ne paraissent pas avoir subi de dommage des impacts potentiels du projet.

Au contraire, les stations 4-N et KE-05 possèdent des eaux de qualité moyenne ce qui pourrait laisser penser à un impact des diverses activités ayant lieu sur leur bassin versant.

La station 1-E, en aval, présentait des eaux de bonne qualité et des populations en équilibre en juillet mais accuse une forte baisse en novembre. Cependant, pour pouvoir suivre et extrapoler cette baisse il aurait fallu avoir d'autres données. Hors, seule une autre station (3-B) a été aussi échantillonnée en novembre. Cette dernière (3-B) enregistre aussi une légère baisse de qualité de ces indices biotiques, tout en gardant des populations équilibrées et des eaux de bonne qualité. Il est donc difficile de pouvoir attribuer une cause à ces résultats, bien qu'une pollution sur un bras en amont puisse être suspectée.

5.1.4 Bassin versant du creek Trou bleu

Le creek Trou bleu compte une station de suivi (3-C) qui est placée à 200 m de son embouchure.

Cette station a été choisie car elle peut servir de référence étant exempte de tout impact potentiel du projet.

Elle a été échantillonnée lors des 3 campagnes de 2011.

Sa densité très faible en juillet (36 ind/m²) est légèrement remontée en septembre (196 ind/m²) et en novembre (236 ind/m²). Cependant, dans le même temps, sa richesse taxonomique n'a que très peu augmentée ($S=5$ en juillet et $S=8$ en septembre et novembre).

L'indice EPT variait lui de 2 à 4 à 3 (niveau faible) avec aucun éphéméroptères en juillet et 1 taxon en septembre et novembre (ce qui est peu : pour rappel les éphéméroptères sont des taxons considérés comme sensibles à la pollution organique).

L'indice d'équitabilité, bon en juillet ($E=0.85$) chute en septembre ($E=0.66$) puis en novembre ($E=0.61$). Cependant, cette déstructuration des populations est à minorer, car si elle est bien due à la dominance d'un taxon, celui-ci est un éphéméroptère (*Lepeorus*). C'est un genre endémique et polluo-sensible (score de 6 et 7 respectivement pour le calcul de l'IBNC et l'IBS). On peut noter qu'il n'a pas été récolté en juillet. De plus, les Orthoclaïinae (taxons marqueurs au contraire de déséquilibres), présents, le sont dans des proportions normales par rapport aux autres taxons.

IBNC et IBS traduisent des eaux de bonne qualité en juillet et septembre (avec une légère hausse des notes

pour la 2^{ème} campagne) puis passable en novembre. (NB : seul le calcul de l'IBS en septembre repose sur plus de 7 taxons indicateurs).

Donc, dans l'ensemble, cette station paraît en équilibre, avec cependant une abondance assez faible à surveiller et une légère baisse de la qualité de ces eaux en fin d'année.

6 Conclusion

Globalement, les 3 campagnes d'inventaires qui ont été réalisées en juillet, septembre, novembre, avaient des conditions météorologiques correctes, avec comme différence essentielle la hausse des températures de l'air et de l'eau (début de l'été).

Elles correspondaient par ailleurs à la période d'étiage et il y a eu pendant cette période une pluviométrie faible.

Les paramètres physico-chimiques mesurés lors de ces 3 campagnes d'inventaires, sont dans l'ensemble dans les gammes de valeurs attendues et semblent globalement stables. Seules les températures évoluent – normalement- à la hausse en corrélation avec la saison (hausse des températures de l'air avec l'arrivée de l'été).

Les petits écarts observés, n'ont pas eu d'impact mesurable sur la composition des communautés benthiques.

Dans l'ensemble les communautés paraissent être dans des conditions d'équilibre plutôt moyen : le groupe des stations du creek de la Baie Nord étant plus faible et les stations 4-M et 3-B de la Kwé étant plus fortes. La station de référence (3-C) est mieux équilibrée que les stations sur le creek de la Baie Nord, mais les différentes notes indicielles des stations 4-M et surtout 3-B sont bien meilleures.

Il n'apparaît pas de tendance majeure d'évolution entre les 3 campagnes : il y a de petites dégradations pour certaines entre juillet et novembre et au contraire une légère amélioration pour d'autres.

Ce rapport ne présente le résultat que de 3 campagnes de mesure au mieux et doit donc être considéré sur cette base faible de données. Il devra être et sera complété par les inventaires de l'année 2012.

Annexe 01 : Méthodologie pour le prélèvement de macrofaune benthique et le calcul de l'IBNC et de l'IBS

Généralité

Les indices biotiques sont des **méthodes biologiques d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières**. Ces méthodes se basent sur l'étude des organismes vivants inféodés aux milieux aquatiques. Elles sont fondées sur le fait que des formes animales ou végétales de sensibilités différentes vis-à-vis de facteurs environnementaux coexistent dans les eaux courantes. Si la pollution fait varier ces paramètres, les organismes les plus sensibles ou **bioindicateurs** régressent au profit des plus résistants. Ces méthodes s'appuient généralement sur **l'organisation des communautés de macroinvertébrés** (mollusques, oligochètes, larves d'insectes, crustacés, ...) qui colonisent le substrat des rivières.

Dans les milieux aquatiques, ces indices biotiques sont intéressants car ils intègrent et mémorisent, sur des périodes plus ou moins longues, l'impact des variations passées et présentes du milieu sur les espèces vivantes. Ils sont complémentaires des analyses chimiques dont les données sont ponctuelles et susceptibles de variations rapides au cours du temps.

En effet, les résultats des analyses physico-chimiques témoignent de la composition de l'eau au moment de l'échantillonnage, alors que les analyses biologiques reflètent elles, la composition moyenne de l'eau de la période précédente (durée de quelques mois, variable selon les espèces et surtout les milieux).

Les méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux sont généralement employées pour contrôler et suivre la qualité d'un cours d'eau. Elles peuvent également servir lors de l'aménagement de sites et au cours d'études d'impact d'une industrie ou d'une installation classée en milieux aquatiques. **Appliquée comparativement (par exemple en amont et en aval d'un rejet ; avant puis pendant l'exploitation), la méthode permet d'évaluer, dans les limites de sa sensibilité, l'effet d'une perturbation sur le milieu récepteur.**

Terrain

Le protocole d'échantillonnage des communautés benthiques est strict et précis et a été effectué en respectant toutes les préconisations du document n° 99 PACI 0027⁴ ainsi que celui édité par les Directions de l'environnement des Provinces Nord et Sud⁵.

Les étapes clés sont :

- l'utilisation de filets Surber (maille de diamètre 250 µm ; surface unitaire d'échantillonnage 0,05 m²) dans les environnements lotiques (cf. [figure A](#)),
- l'échantillonnage de 5 micro-stations par station (multiplicité des habitats et des débits),
- la fixation et la conservation des échantillons.

Sur le terrain, à chaque station d'étude, plusieurs paramètres physiques, chimiques et mésologiques permettant de définir les conditions environnementales du milieu sont relevés.

⁴ Mary N., 1999. Caractérisations physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. Thèse de doctorat, Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Université Française

⁵ Mary N., 2000. Protocole de détermination de l'Indice Biotique de la Nouvelle-Calédonie (IBNC). Ministère de l'Environnement, Provinces Nord et Sud de la Nouvelle-Calédonie. 6 p

Une fiche normalisée est alors remplie décrivant la station et reprenant ces paramètres au moment de l'échantillonnage (conditions climatiques, préleveur, granulométrie du substrat, pente, vitesse du courant, recouvrement des berges, etc) ainsi que les mesures *in situ* des paramètres ambiants de l'eau. En effet, en préalable aux échantillonnages de macro-faune, des mesures *in situ* sont réalisées en sub-surface (pH, température, conductivité, oxygène dissous en % et en mg/l et turbidité).

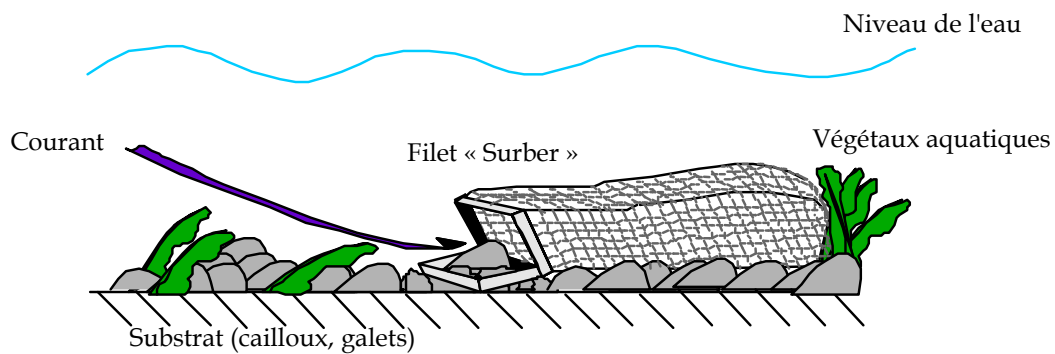


Figure A : Schéma de principe et photographie sur le terrain de prélèvement de macrofaune benthique avec l'échantillonneur de type « Surber »

Laboratoire

Etape 1 = le tri

Au laboratoire, dans un premier temps, les invertébrés récoltés (de taille supérieure à 250 μm) sont triés (séparation avec la matière organique ou minérale prélevée en même temps sur le terrain : cf. [figure B](#)) au moyen d'une loupe trinoculaire (appareil avec un troisième objectif permettant le montage d'un appareil numérique pour la projection sur ordinateur et la prise de photographies ou de films).

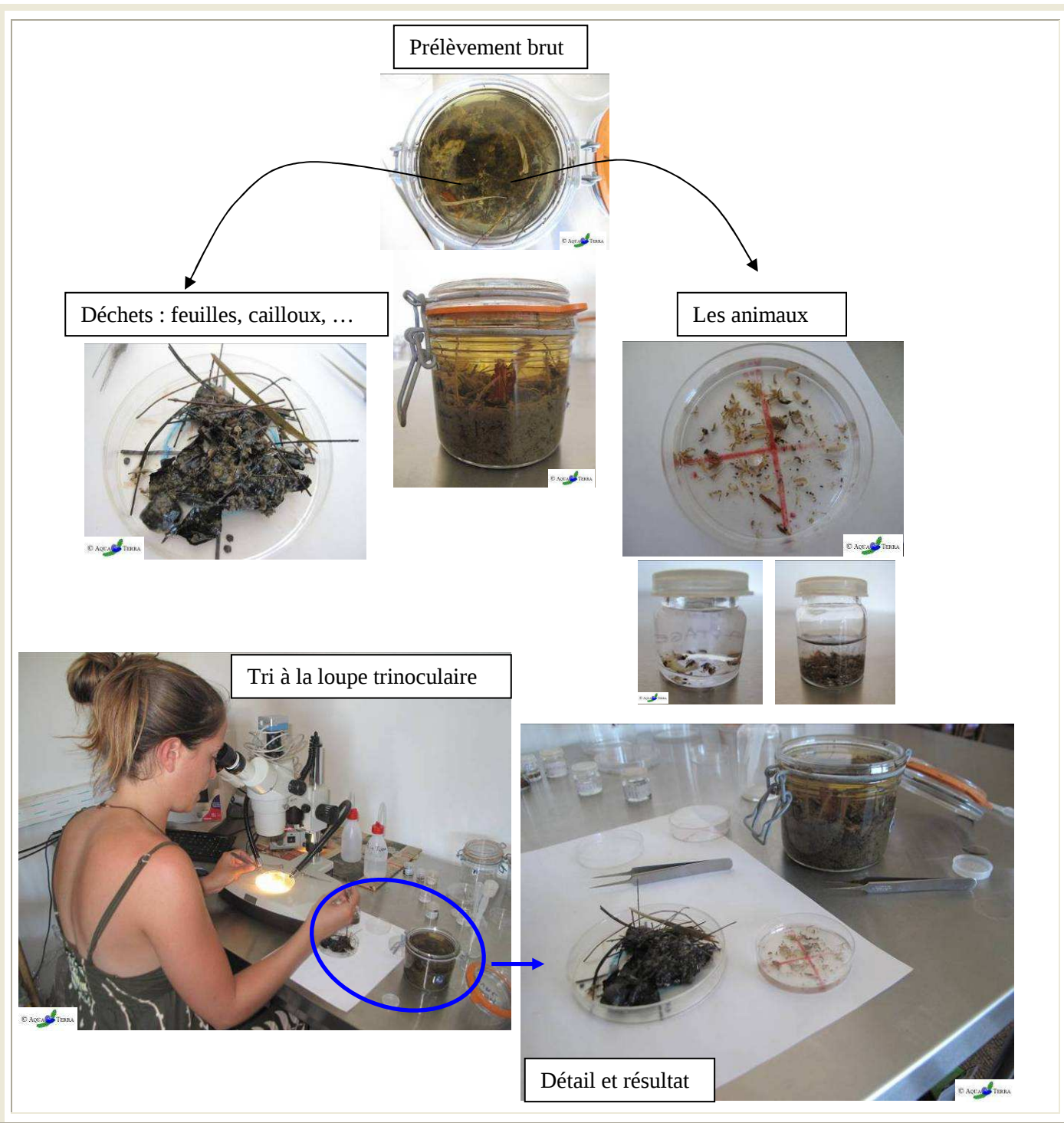


Figure B : Principes de l'étape du tri

Laboratoire

Etape 2 = la détermination

Les spécimens sont ensuite comptés et déterminés (cf. [figure C](#)).

Ils sont identifiés au niveau taxinomique le plus bas possible (ordre, famille, genre ou espèce, cf. [tableau A](#) = qui est la liste de référence⁶) grâce à une loupe trinoculaire ou à un microscope le cas échéant.

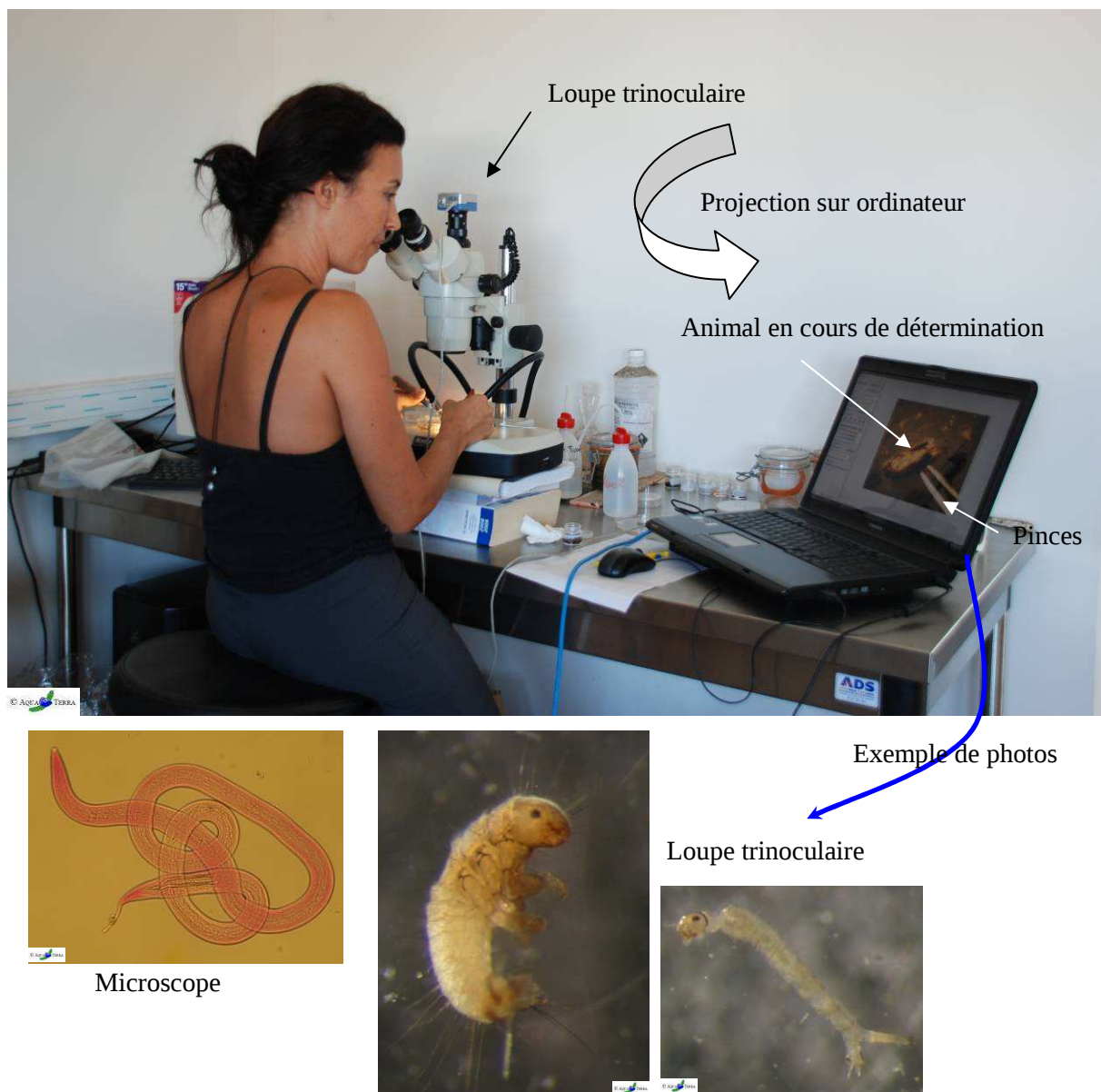


Figure C : Principes de l'étape de la détermination

⁶ Mary N., 2000. Guide d'identification de la macrofaune des invertébrés benthiques des rivières de la Nouvelle-Calédonie. Ministère de l'Environnement, Service de l'Eau (Paris), Province Nord et Province Sud de la Nouvelle-Calédonie. 92p

Tableau A : Liste de référence des taxons connus

Embranchement	Classe / sous-classe	Ordre	Famille	Genre et espèce
Plathelminthes				
Némathelminthes	Nématodes			
Némertiens				
Annélides	Oligochètes		Naididae	
	Achètes			
Mollusques	Gastéropodes Prosobranches		Neritidae	
			Hydrobiidae	
			Thiaridae	<i>Melanopsis</i>
				<i>Melanoides</i>
	Gastéropodes Pulmonés		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>
				<i>Physastra</i>
Arthropodes	Crustacés Ostracodes			
	Crustacés Copépodes			
	Crustacés Malacostracés	Isopodes		
		Amphipodes		
		Décapodes	Atyidae	
			Grapsidae	
			Hymenostomatidae	
			Palaemonidae	
	Hydracariens			
	Insectes Aptérygotes	Collembole		
	Insectes Ptérygotes	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Amoa spp.</i>
				<i>Celiphlebia</i>
				<i>Fasciamirus</i>
				<i>Kariona</i>
				<i>Kouma</i>
				<i>Lepegenia</i>
				<i>Lepeorus</i>
				NG4
				NG A
				NG B
				<i>Notachalcus corbassoni</i>
				<i>Ouma</i>
				<i>Ounia loisoni</i>
				<i>Papposa</i>
				<i>Paraluma</i>
				<i>Peloracantha</i>
				<i>Poya</i>
				<i>Simulacala</i>
				<i>Tenagophila</i>
				<i>Tindea</i>
		Lépidoptères		
		Odonatoptères	Aeshnidae	
			Coenagrionidae	
			Corduliidae	

Embranchement	Classe / sous-classe	Ordre	Famille	Genre et espèce
			Isostictidae	<i>Isosticta spp.</i>
			Lestidae	
			Libellulidae	
			Megapodagrionidae	
			Synthemistidae	
Arthropodes	Insectes Ptérygotes	Hétéroptères	Belostomatidae	
			Corixidae	
			Gerridae	
			Hydrometridae	
			Leptopodidae	
			Mesoveliidae	
			Notonectidae	
			Ochteridae	
			Pleidae	
			Veliidae	
		Diptères	Blephariceridae*	
			Ceratopogonidae	Ceratopogoninae spp.
				Forcipomyiinae
			Chironomidae	Chironomini indéterminés
				<i>Chironomus</i>
				Chironomini <i>Harrisius</i> spp.
				<i>Corynoneura spp.</i>
				Orthoclaadiinae spp.
				Pseudochironomini
				Tanypodinae spp.
				Tanytarsini
			Culicidae	
			Dixidae	
			Dolichopodidae	
			Empididae	
			Ephydriidae	
			Limoniidae	
			Psychodidae	
			Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>
			Stratiomyidae	
			Syrphidae	
			Tabanidae	
			Tipulidae	
		Trichoptères	Ecnomidae	
			Hydroptilidae	
			Helicophidae	
			Helicopsychidae	
			Hydrobiosidae	
			Hydropsychidae	
			Kokiriidae	
			Leptoceridae	<i>N. gen. D sp.</i>
				<i>N. gen. F sp.</i>
				<i>Gracilipsodes sp.</i>
				<i>Symphitoneuria sp.</i>

Embranchement	Classe / sous-classe	Ordre	Famille	Genre et espèce
				<i>Oecetis sp.</i>
				<i>Triplectides sp.</i>
			Philopotamidae	
			Polycentropodidae	
		Coléoptères	Curculionidae	
			Dytiscidae	
			Gyrinidae	
			Scirtidae/Helodidae	
			Hydraenidae	
			Hydrophilidae	

Les abondances brutes (nombre d'individus) sont ensuite regroupées en classe d'abondance (cf. [tableau B](#)).

Tableau B : Classe d'abondance pour les macro-invertébrés benthiques

ABONDANCE BRUTE (NB. INDIVIDUS)	CLASSE D'ABONDANCE
1 à 3	1
4 à 20	2
21 à 100	3
100 à 500	4
> 500	5

Calculs

Une fois le listing établi, différents calculs peuvent alors être réalisés.

Ils se classent en deux grandes catégories : les indices de diversité des peuplements et les indices biotiques. Quelques exemples et explications sont donnés ci-dessus.

Indices de diversité des peuplements

Le nombre total de taxons (richesse taxonomique)

C'est une mesure simple de la qualité d'un milieu. Une augmentation de ce paramètre suggère que le biotope est favorable au développement de nombreuses espèces⁷. En effet, dans un milieu non perturbé, les communautés sont relativement diversifiées (richesse spécifique élevée et uniformité de distribution). A l'inverse, les stress qui surviennent (pollutions diverses, aménagement du lit de la rivière, ...) ont en général pour conséquence la réduction de la diversité spécifique, les conditions de vie devenant difficiles pour certaines espèces.

On parle ici de richesse « taxonomique » plutôt que « spécifique », car la détermination des individus ne descend pas jusqu'à l'espèce le plus souvent et s'arrête à différents niveaux taxonomiques (famille, genre, ... selon les groupes).

Le nombre de taxons en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (indice EPT)

Le nombre de taxons en Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) est un indice couramment utilisé par les Anglo-saxons en matière de bioindication dans l'évaluation de la qualité des milieux¹. Une diminution du nombre de ces taxons généralement considérés comme sensibles à la pollution indique une perturbation. Aucune larve de Plécoptère n'ayant été récoltée en Nouvelle-Calédonie, l'indice EPT ne totalise en fait que le nombre de taxons en Ephéméroptères et en Trichoptères.

Les valeurs moyennes en ET(P) (Ephémères et Trichoptères) les plus élevées (12 à 18 taxons) se situent au niveau des stations où la richesse spécifique est la plus importante (ruisseaux forestiers) et sur les stations peu perturbées par les pollutions organiques. Les cours inférieurs des rivières et les stations sur des péridotites altérées présentent des

⁷ Resh V.H. & Jackson J.K., 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using macroinvertebrates. In : Rosenberg D.M. & Resh V.H. (eds) Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall NY, 195-233

valeurs faibles (inférieures à 5), les stations urbaines polluées des valeurs nulles.

Par ailleurs, l'EPT et la richesse spécifique ont une relation linéaire négative avec l'altitude.

C'est un indice qui est simplement qualitatif et permet donc une évaluation temporelle : une diminution du nombre de ces taxons, généralement considérés comme sensibles à la pollution organique, indique une perturbation.

Cet indice ainsi que la richesse taxonomique permettent une différenciation globale des sites : les plus fortes valeurs ont été relevées sur les stations les moins perturbées des rivières (cours supérieurs). Cependant, les stations non perturbées du nord-est du Territoire ont des indices équivalents à ceux de certains cours inférieurs et moyens proches d'habitations ou de tribus.

Indices biotiques

L'IBNC (Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie)

L'IBNC a été élaboré lors d'un travail de thèse présentée en 1999, par N. MARY⁸. Ce travail s'est appuyé sur différents indices (de diversité et biotiques) existants déjà (dont l'IBGN français, le MCI de Nouvelle-Zélande et le SIGNAL d'Australie). Il a été adapté afin d'être directement applicable aux rivières de Nouvelle-Calédonie. C'est donc un indice biotique original et spécifique au Territoire.

L'IBNC se réfère à 66 taxons fréquemment rencontrés auxquels il a été attribué un score en fonction de leur sensibilité aux matières organiques. Il permet donc de détecter des pollutions organiques, en milieu courant. C'est donc une méthode biologique d'évaluation indirecte de la qualité des eaux des rivières.

Une fois le listing taxonomique réalisé, un score est attribué aux taxons pris en compte pour l'IBNC (cf. [tableau C](#)).

Ce score (compris entre 1 et 10) est fonction de leur sensibilité aux teneurs en matières organiques dans les eaux et à différents paramètres indicateurs de pollution organique (chlorures, sulfates, sodium, potassium, ammonium, phosphates, MES, DBO₅). Les taxons les plus polluo-sensibles ont les scores les plus élevés.

L'IBS (Indice BioSédimentaire)

Ce nouvel indicateur a été développé en 2007 par N. MARY et HYTEC⁹ afin de pouvoir répondre à la problématique de la dégradation possible de la qualité de l'eau des rivières calédoniennes par le transport solide sédimentaire.

L'IBS concerne les milieux d'eau courante peu profonds (de l'ensemble de la Grande Terre et des îles Bélep) et il repose sur la même procédure d'échantillonnage que l'IBNC en se basant également sur le principe des scores : L'IBS se réfère à 56 taxons fréquemment rencontrés auxquels un score a été attribué en fonction de leur sensibilité à la présence de dépôts latéritiques sur le substrat.

Comme pour l'IBNC, une fois le listing taxonomique réalisé, un score est attribué aux taxons pris en compte pour l'IBS (cf. [tableau C](#)).

L'IBS est élaboré pour évaluer les perturbations de type mécanique générées par les particules sédimentaires, fines en particulier, dans les cours d'eau drainant des terrains à dominante ultrabasique.

Tableau C : Scores de sensibilité des taxons indicateurs des indices biotiques

Taxon	Score IBNC	Score IBS	Taxon	Score IBNC	Score IBS	Taxon	Score IBNC	Score IBS
Plathelminthes	3	9	Papposa	/	10	Limoniidae	4	5
Nématodes	1	3	Paraluma	/	4	Psychodidae	4	10
Némertiens	3	7	Poya	10	/	Simulidae	/	6
Oligochètes	3	2	Simulacala	7	7	Syrphidae	1	/
Achètes	2	/	Tenagophila	10	9	Tabanidae	5	3
Mollusques			Tindea	9	7	Trichoptères		
Neritidae	5	/	Odonatoptères			Ecnomidae	8	4
Hydrobiidae	5	4	Corduliidae	5	/	Hydroptilidae	5	3
Melanopsis	6	5	Isostictidae	7	7	Helicophidae	9	/

⁸ Mary N., 1999. Caractérisations physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. Thèse de doctorat, Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Université Française

⁹ Mary N. & Hytec, 2007. Mise en place d'un indice biologique spécifique aux terrains miniers en Nouvelle-Calédonie. Rapport réalisé pour la Province Sud, la Province Nord et la DAVAR. 120p

<i>Melanoides</i>	3	/	Libellulidae	5	3	Helicopsychidae	8	8
<i>Gyraulus</i>	6	/	Megapodagrionidae	9	6	Hydrobiosidae	7	6
<i>Physastra</i>	3	/	Synthemistidae	6	8	Kokiriidae	10	/
Crustacés			Hétéroptères			Leptoceridae		
Amphipodes	8	7	Veliidae	7	6	<i>N. gen. D sp.</i>	9	/
Atyidae	5	/	Diptères			<i>N. gen. F sp.</i>	/	10
Hymenostomatidae	5	/	Blephariceridae	10	4	<i>Gracilipsodes</i>	7	8
Ephéméroptères			Ceratopogoninae	6	3	<i>Symphitoneuria</i>	9	9
<i>Amoa</i>	8	9	Forcipomyiinae	8	8	<i>Oecetis</i>	6	6
<i>Celiphlebia</i>	7	8	Chironomini	4	4	<i>Triplectides</i>	6	8
<i>Fasciamirus</i>	7	9	<i>Chironomus</i>	1	4	Philopotamidae	9	9
<i>Kouma</i>	8	9	<i>Harrisius</i>	6	4	Polycentropodidae	8	6
<i>Lepegenia</i>	10	8	<i>Corynoneura</i>	6	7	Coléoptères		
<i>Lepeorus</i>	6	7	Orthocladiinae	2	4	Dytiscidae	8	/
NG4	7	10	Pseudochironomini	8	9	Scirtidae/Helodidae	/	7
<i>Notachalcus</i>	6	8	Tanypodinae	5	/	Hydraenidae	8	7
<i>Oumas</i>	9	7	Dixidae	9	9	Hydrophilidae	5	5
<i>Ounia</i>	9	9	Empididae	8	6			

L'IBNC comme l'IBS peut alors être calculé :

$$\text{indice} = 1/n \sum_{i=1}^n S_i$$

avec n : nombre de taxons indicateurs et S_i : score du taxon i

A chaque notes calculée, une qualité de l'eau peut alors être attribuée (cf. [tableau D](#)).

Tableau D: Seuils pour le calcul de la qualité de l'eau

Indice Biotique (IBNC)	Indice BioSédimentaire (IBS)	Qualité de l'eau
$IBNC \leq 3.50$	$IBS \leq 4.25$	Très mauvaise
$3.50 < IBNC \leq 4.50$	$4.25 < IBS \leq 5.00$	Mauvaise
$4.50 < IBNC \leq 5.50$	$5.00 < IBS \leq 5.75$	Passable
$5.50 < IBNC \leq 6.50$	$5.75 < IBS \leq 6.50$	Bonne
$IBNC > 6.50$	$IBS > 6.50$	Excellente

NB : Ces indices ont été mis au point pour des milieux lotiques. Par ailleurs, la richesse taxonomique est un élément indispensable à considérer pour expliquer une note indicielle. L'expérience en Nouvelle-Calédonie montre que dans les stations où un faible nombre de taxa indicateurs est récolté, les notes indiciaires IBNC et IBS peuvent être incohérentes et difficilement interprétables. Un seuil empirique de 7 taxa indicateurs a donc été fixé pour le calcul des notes IBNC et IBS : si le nombre de taxons indicateurs prélevé sur une station est strictement inférieur à 7, il n'est pas conseillé de calculer les indices IBNC et IBS.

Aqua



Terra

Mission terrain : campagne courantologique, mesures de bruits, prélèvements eaux et sédiments, ...

Indices biotiques : IBNC, IBS

Etats initiaux : inventaire floristique et faunistique (milieux marins, littoral, miniers...), hydrologie, géologie, zones dégradées

Etudes de Faisabilité technique et environnementale : projets agricoles, aquacoles, carrière et mine

Etudes d'impact sur l'Environnement

Dossier d'Autorisation d'Occupation du Domaine Public Maritime (DAODPM)

Dossier Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) : déclaration et autorisation

Plans de restauration et de réhabilitation : carrière, mine, milieu marin (récifs), mangroves et rivières

Conception pour les aménagements touristiques : jardins paysagers sous-marins

Maîtrise d'œuvre / suivi de chantier en terrassement, gestion des eaux et revégétalisation

Consulting en revégétalisation de sites miniers

Formation, sensibilisation : environnement, normes, réglementations, audits internes

Management qualité – Norme ISO 9001

Management environnemental – Norme ISO 14001