

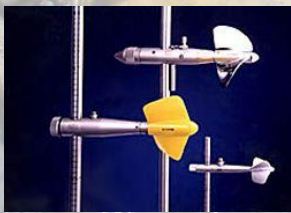
Nos domaines d'intervention



- Diagnostique, aménagement et gestion des rivières



- Inventaires ichtyologiques des cours d'eau par pêche électrique
- Indice d'intégrité biotique poisson (IIBP), IBNC



- Hydraulique fluviale (Jaugeage, courantologie, profondimétrie,...)



- Inventaire de la ripisylve



- Amélioration et diversification de l'habitat (passe à poissons, bras de contournement, ...)



ETUDES ET RECHERCHES
BIOLOGIQUES

Identifications et Investigation suite
à la présence de poissons dans le
bassin de 1^{er} flot Nord 2.

Rapport du 20 mars 2011

ALLIOD Romain

SOMMAIRE

1	Introduction.....	4
2	Matériel et méthode.....	4
2.1	Identifications.....	4
2.2	Prospection.....	5
3	Résultats.....	5
3.1	Identification des poissons morts.....	5
3.2	Prospection.....	6
4	Discussion.....	10
4.1.1	Quelques caractéristiques du Tilapia <i>Oreochromis mossambicus</i>	10
4.1.1.1	Origine d' <i>Oreochromis mossambicus</i>	10
4.1.1.2	Description.....	10
4.1.1.3	Régime alimentaire.....	11
4.1.1.4	Reproduction.....	12
4.1.2	Le Tilapia, espèce introduite et envahissante en Nouvelle-Calédonie.....	13
4.1.2.1	Les différentes espèces de poissons introduites en Nouvelle-Calédonie....	14
4.1.2.2	Le danger de ces poissons introduits.....	15
4.1.2.3	Origine du Tilapia <i>Oreochromis mossambicus</i> en Nouvelle-Calédonie.....	16
4.1.2.4	Distribution du Tilapia en Nouvelle-Calédonie.....	17
4.2	Présence probable d'espèces de poissons introduits et envahissants dans le bassin d'eau brute.....	19
4.3	Investigation sur la provenance des Tilapias dans le Bassin de 1 ^{er} flot Nord 2.....	20
4.4	Présence de Tilapia dans les bassins de sédimentation.....	24
5	Conclusions et recommandations.....	25
5.1	Recommandations prioritaires:.....	26
5.2	Recommandations secondaires :.....	27

PHOTOS

Photo 1 :	Photos prises lors de l'identification des différents individus retrouvés morts en sortie de vidange du 22/02/11.	6
Photo 2 :	Traces de fientes d'oiseaux (héron) aux abords du bassin d'eaux brutes.....	8
Photo 5 :	Traces de débordements observés au niveau du bassin d'eau brute lors de la prospection du 1er mars 2011.....	20

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des poissons morts collectés en sortie de la vidange du bassin de 1 ^{er} flot Nord 2 le 22/02/11.....	6
--	---

FIGURES

Figure 1 : Un modèle pour la planification des repeuplements en corégones. Les examens, à gauche, illustrent les différents niveaux de la collecte des données et les champs de décision, à droite, les stades de décision respectifs, avec des questions qui s'y rapportent. Les repeuplements devraient être rejetés si les réponses sont négatives. http://www.fao.org/docrep/005/V5344F/V5344F02.gif	23
--	----

CARTES

Carte 1 : Carte de l'ensemble de la zone d'étude avec les différentes infrastructures concernées ainsi que les endroits où le Tilapia a été observé au cours de la prospection du 01/03/11.	9
Carte 2 : Distribution (non exhaustive) du Tilapia en Nouvelle-Calédonie, d'après les observations et les inventaires piscicoles du bureau d'étude ERBIO.....	18

1 Introduction

Comme son nom l'indique, le procédé hydrométallurgique utilisé pour l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie requiert de grandes quantités d'eau. L'usine doit donc avoir accès à une alimentation en eau fiable et abondante. En contrepartie, l'eau utilisée dans le cours du procédé et qui n'est pas recyclée (les deux tiers sont recyclés) constitue un résidu liquide qui est traité avant d'être rejeté. De ce fait, un certains nombres d'infrastructures (captages, pompes, bassins) ont été mis en place.

D'autre part, comme les fortes pluies qui sévissent en Nouvelle-Calédonie pendant la saison humide provoquent une érosion et un lessivage importants des sols, un système efficace de gestion des eaux de ruissellement a été mis en place afin de protéger les rivières et les eaux souterraines alentours de toutes pollutions liquides liées à l'usine.

Ces eaux d'alimentation et de ruissellement de l'usine sont toutes drainées dans des bassins nommés bassins de 1^{er} flot. A ce niveau, elles sont analysées et si les résultats d'analyses ressortent dans les normes, ces eaux sont alors rejetées dans le milieu naturel (Directement dans le Creek de la Baie Nord) par vidange des bassins.

Le 22/02/2011, une vidange du bassin de 1^{er} Flot Nord 2 a été réalisée et quelques heures après, des agents de Vale NC ont découvert des poissons morts en sortie du tuyau. Les bassins ont tout de suite été suspectés et les vidanges ont été stoppées jusqu'à nouvel ordre. Après l'introduction d'appâts (morceau de biscuit) dans le bassin de 1^{er} flot Nord 1, de nombreux poissons ont été observés par les agents.

Suite à cette découverte, Vale-NC a sollicité notre bureau d'étude, ERBIO, afin d'identifier les poissons morts et réaliser une investigation pour comprendre comment ces poissons se sont retrouvés dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2.

Les différents résultats, discussions, conclusions, et recommandations de cette étude sont présentés dans la suite du présent document.

2 Matériel et méthode

2.1 Identifications

Les poissons morts, à identifier, ont été collectés le 22/02/11 et placés immédiatement dans un congélateur par des agents de Vale NC.

Ils ont été livrés le 25/02/11 directement à notre bureau d'étude par un responsable du service environnement de Vale NC. Ils ont été immédiatement conservés dans un congélateur. Chaque individu a été identifié, pesé et mesuré. Les identifications ont été

réalisées à l'œil nu et à l'aide d'un microscope par un spécialiste (Christine POELLABAUER, ERBIO) dans nos locaux. Les mesures ont été effectuées à l'aide de réglettes graduées (max 15 cm, 0,1 cm de précision). Les pesées ont été réalisées à l'aide d'une balance MII-600 (max 600 g, précision 0,1g).

2.2 Prospection

Afin d'évaluer la provenance des poissons dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2, une prospection a été réalisée la journée du 01/03/2011 par une personne de notre bureau d'étude, Romain ALLIOD, en compagnie de Lison Gamas (Ingénieur environnement Vale-NC). Cette prospection a été opérée dans le but de comprendre le réseau d'alimentation en eau et de gestion des eaux de ruissellement de l'usine.

3 Résultats

3.1 Identification des poissons morts

Les poissons collectés à la sortie de la vidange par les agents du service environnement de Vale NC sont arrivés dans nos locaux le vendredi 25 février 2011 dans un état très avancé de dégradation (Photo 1). Malgré ce problème, tous les individus ont pu être identifiés. Cependant le sexe et le rapport gonado-somatique n'ont pas pu être réalisés car l'intérieur du corps était totalement décomposé.

Au total 23 poissons ont été identifiés. Ces poissons sont tous de la même espèce : *Oreochromis mossambicus* (nom commun Tilapia), espèce introduite et envahissante.



Photo 1 : Photos prises lors de l'identification des différents individus retrouvés morts en sortie de vidange du 22/02/11.

La liste des différents individus, avec leur taille et leur poids, est donnée dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Liste des poissons morts collectés en sortie de la vidange du bassin de 1^{er} flot Nord 2 le 22/02/11.

Lieu	Date	N°	Nom latin	Nom commun	Longueur (cm)	Poids (g)	Observations
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-1	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	12,14	27,4	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-2	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	15,28	38,0	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-3	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,30	16,1	estimé, sans tête
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-4	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	12,52	15,8	tête détachée
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-5	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,04	12,6	estimé, sans tête
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-6	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	9,12	8,2	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-7	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	7,53	5,9	estimé, sans tête
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-8	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	4,33	0,9	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E1-9	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	4,67	1,2	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-1	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,77	17,4	estimé, sans tête ni queue
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-2	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,82	19,6	entier
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-3	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	13,91	21,6	estimé, sans tête
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-4	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	13,35	23,3	estimé, sans tête ni queue
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-5	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	14,09	22,2	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-6	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,58	14,3	estimé, sans tête
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-7	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	14,05	13,5	estimé, sans la moitié du corps
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-8	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	13,09	21,0	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-9	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	6,88	3,7	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-10	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	11,15	19,5	estimé sans queue
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-11	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	8,64	9,7	entier
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-12	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	14,28	21,8	
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-13	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	8,40	5,8	entier
Vidange Nord 2-U1	22/02/11	E2-14	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	10,80	8,6	estimé, sans corps avant

3.2 Prospection

Grace à la disponibilité et aux explications de l'ingénieur environnement de Vale, Lison GAMAS, la journée de prospection a permis de comprendre plus en détail le fonctionnement de l'alimentation en eau et de la gestion des eaux de ruissellement de l'usine afin de mener l'investigation.

En phase d'exploitation, l'alimentation en eau de l'usine est assurée à partir du lac artificiel de Yaté. L'eau circule jusqu'à l'usine par un tuyau enterré sur tout son parcours et qui passe sous la route, au niveau de la réserve de La Madeleine, afin d'éviter tout défrichage dans cette zone. La quantité d'eau pompée est limitée par un arrêté (limites journalières et mensuelles précises) et contrôlée par des débitmètres. Une partie de cette eau est utilisée par Prony Energies. Elle représente moins de 1,5% du débit qui est utilisé par le barrage d'Enercal, autrement dit : Vale Nouvelle-Calédonie pompe annuellement dans le lac de Yaté le volume d'eau qui est turbiné en 5 jours au niveau de la centrale. De ce fait, le pompage n'a pas d'impact majeur même en saison sèche. Toute cette eau est stockée dans un bassin appelé bassin d'eau brute (Carte 1). A partir de celui-ci, l'eau brute du lac de Yaté est acheminée dans le procédé de l'usine et de Prony Energies. Une fois passée dans le procédé, les 2/3 de l'eau sont recyclés et les 1/3 vont dans l'unité de traitement des effluents de l'usine dont le rejet se fait dans le canal de la Havannah en mer.

Les 2 bassins de 1^{er} flot Nord 1 et Nord 2 (Carte 1), indépendants l'un de l'autre, reçoivent les eaux de ruissellement de l'usine. En effet, le projet a été conçu de manière à ne pas rejeter d'eau polluée dans le milieu naturel. Afin de réduire les risques, Vale Nouvelle-Calédonie a mis en place un système de gestion des eaux de ruissellement afin de contrôler la qualité des eaux avant leur rejet, ainsi que des moyens de contrôle pour limiter et gérer tout déversement ou fuite accidentelle. Les bassins de premier flot contiennent ces eaux avant d'être rejetées dans le Creek de la Baie Nord, après contrôle de leur qualité physico-chimique.

Il est important de noter que le bassin d'eau brute et les deux bassins de 1^{er} flot (Nord 1 et 2) sont les uns à côté des autres et possèdent chacun un déversoir, qui est un trop plein ou encore un évacuateur en cas de crue. Les eaux sont, en cas de trop plein des bassins, drainées dans un bassin de sédimentation prévu à cet effet. Ce dernier se déverse ensuite directement dans le milieu naturel (une doline).

L'altération potentielle de l'eau et des sédiments peut éventuellement résulter du rejet des eaux traitées de la station d'épuration de la base vie (pour le Creek de la Baie Nord) et des rejets d'eaux de ruissellement de l'usine (pour le Creek de la Baie Nord et la Kwé). Afin de palier à cette éventualité, plusieurs bassins de sédimentation ont été aménagés.

A quelques dizaines de mètres de la sortie de la vidange des bassins de 1^{er} flot Nord 1 et 2, le creek est entrecoupé par deux bassins de sédimentation (Carte 1). Les eaux rejetées dans le milieu naturel passent donc obligatoirement par ces bassins avant de continuer leur chemin dans le cours d'eau. Ils sont la dernière barrière entre l'usine et le milieu naturel.

En plus de permettre la compréhension du réseau d'alimentation et de ruissellement en eau, cette prospection a permis d'observer un grand nombre de Tilapias dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2 mais aussi dans les deux bassins de sédimentation juste en contrebas du rejet.

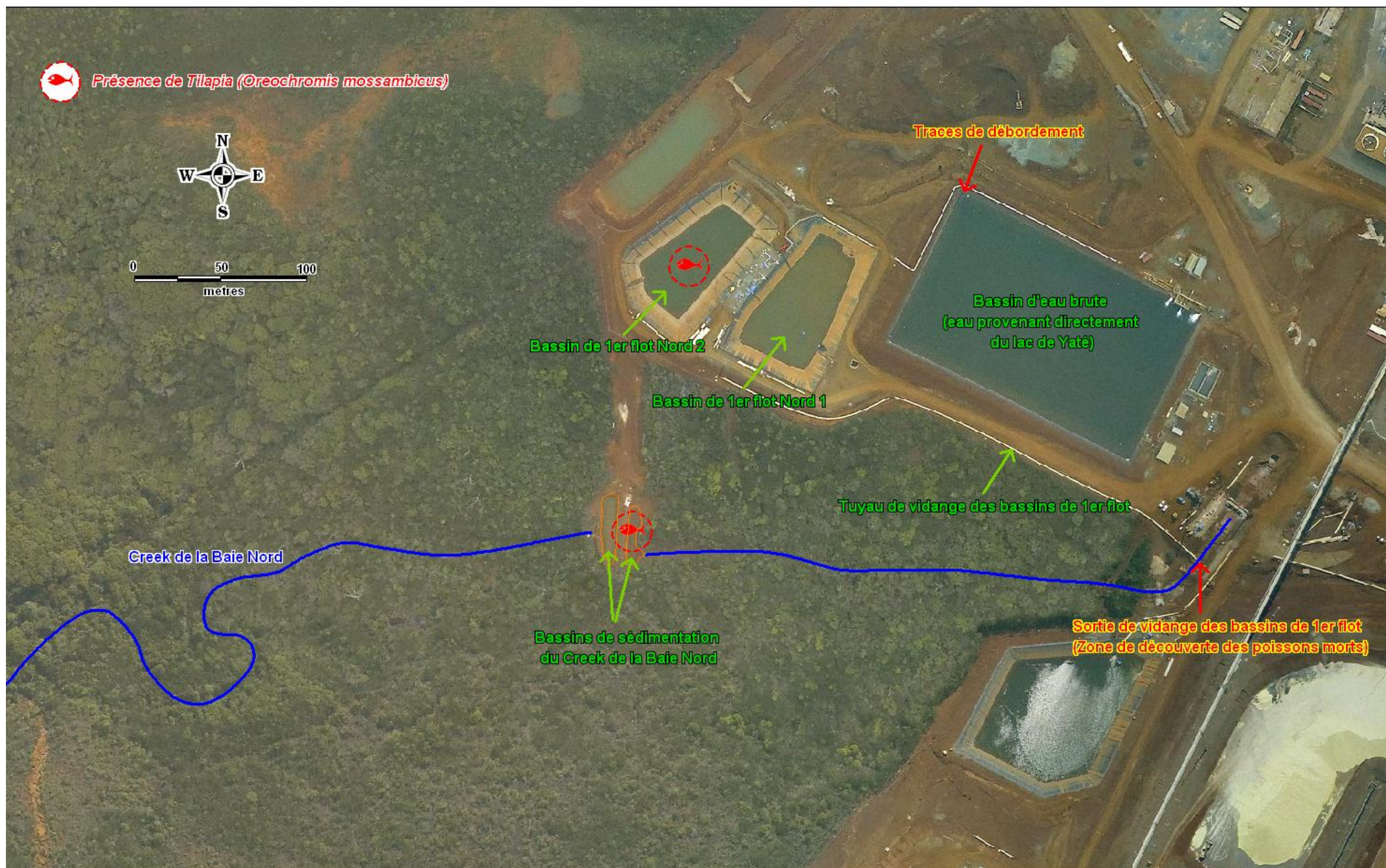
Dans le bassin d'eau brute et le bassin de 1^{er} flot Nord 1, aucun poisson n'a été observé malgré les appâts (morceau de biscuit) mis dans les bassins.

Il a été noté tout de même que, dans le bassin d'eau brute, un héron était en train de chasser dans le bassin et de nombreux indices de présence aux abords du bassin (nombreuses traces de fientes, Photo 2) montre que l'oiseau reste très souvent dans ce coin.

Il est important de signaler que l'oiseau a aussi été vu, 2 semaines plus tard, en train de chasser dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2.



Photo 2 : Traces de fientes d'oiseaux (héron) aux abords du bassin d'eaux brutes.



Carte 1 : Carte de l'ensemble de la zone d'étude avec les différentes infrastructures concernées ainsi que les endroits où le Tilapia a été observé au cours de la prospection du 01/03/11.

4 Discussion

D'après l'identification des individus retrouvés morts en sortie de vidange et les observations réalisées au cours de la prospection, les poissons présents dans le bassin de 1^{er} flot appartiennent toutes à l'espèce introduite et envahissante *Oreochromis mossambicus* (Tilapia du Mozambique).

Des centaines voir quelques milliers d'individus sont présents dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2.

De nombreux Tilapias juvéniles (entre 1 et 5 cm) ont survécu au passage dans la pompe et se retrouve maintenant dans les deux bassins de sédimentation en amont du Creek de la Baie Nord, en lien direct avec le milieu naturel. Cette situation est problématique car le passage des poissons dans le cours d'eau est fortement présumé à ce niveau.

Depuis son introduction sur le territoire dans les années 50, la Nouvelle-Calédonie n'a pas échappé au Tilapia. Cette espèce est un fléau dans de nombreux pays car elle présente des caractéristiques biologiques qui permettent sa prolifération dans divers milieux et habitats. Elle peut devenir dans certains cas transformatrice de l'écosystème et donc néfaste au milieu.

4.1.1 Quelques caractéristiques du Tilapia *Oreochromis mossambicus*

4.1.1.1 Origine d'*Oreochromis mossambicus*

Le Tilapia du Mozambique (*Oreochromis mossambicus*) est un cichlidé du genre *Oreochromis* devenu invasif. Il est originaire du lac Malawi, et de toute l'Afrique. Il a été introduit pour l'apport en protéines dans de nombreux pays de la zone intertropicale (avec plus ou moins de réussite, et beaucoup de destructions et disparitions d'espèces autochtones, essentiellement à Madagascar).

4.1.1.2 Description

Tilapia est un genre, de la famille des cichlidés, comprenant environ 40 espèces originaires de la zone éthiopienne. Avec les espèces du genre *Oreochromis*, elles constituent le groupe de poissons nommés Tilapias (nom vernaculaire). Les plus grands spécimens de Tilapia mesurent 61 cm et pèsent 5,5 kg.

Certaines espèces ont été introduites dans certains plans d'eau douce car elles présentent des caractéristiques intéressantes à l'élevage :

- un régime alimentaire polyvalent (planctonophage, végétarien ou omnivore) ;
- un indice de conversion alimentaire et une croissance généralement élevés ;
- une grande résistance au manque d'oxygène, mais pas de respiration aérienne;

- une reproduction rapide et facile ;
- un faible degré de parasitisme, ce qui diminue les pertes causées par une baisse dans le taux de croissance et par la mortalité ;
- une chair de bonne qualité et de prix abordable ;
- une tolérance aux eaux à température relativement élevée.

La production actuelle de Tilapia est de 1,5 million de T, essentiellement en Chine et Philippines.

Les mâles mesurent en moyenne 30cm et les femelles 20cm. Les individus de cette espèce possèdent un liseré rouge à la dorsale et à la caudale chez les 2 sexes. Le corps est gris clair à noir foncé suivant le sexe ou le stress, et ils ont la gorge blanche. Le dimorphisme sexuel est visible: Males noirs avec un bec de canard plus ou moins prononcé, la gorge blanche et un beau liseré rouge sur la dorsale et la caudale. Femelles grisâtres et plus petites.

C'est une espèce très résistante. Leur espérance de vie est de 12 ans. Il est très territorial et agressif.

4.1.1.3 Régime alimentaire

D'après la synthèse établie par l'ORSTOM en 1988 "Biology and ecology of African freshwater fishes"¹ *Oreochromis mossambicus* est un microphage filtreur qui consomme essentiellement du phytoplancton et des micro-détritus divers. Il peut se comporter en filtreur de pleine eau, mais il peut aussi se nourrir aux dépens de la pellicule détritique du fond riche en algues sédimentées. Il semble que les algues les mieux retenues par le filtre branchiospinal soient les Cyanophycées filamenteuses, cependant toutes les algues présentes dans le milieu peuvent être plus ou moins consommées selon les critères de taille, de forme, ou de leur adhérence plus ou moins grande vis-à-vis du mucus qui couvre les branchiospines. Dans son milieu, *Oreochromis mossambicus* se nourrit de différents types de nourriture selon sa localité géographique, suivant l'habitat et la niche écologique qu'il peuple (Source : wikipedia) : Il creuse et dévore les plantes (Source <http://www.aquabase.org>). Il affiche un comportement alimentaire opportuniste ; les juvéniles sont en majorité omnivores, tandis que les adultes se nourrissent en majorité de détritus (source <http://www.issg.org>). Selon une autre source, il mange tout ce qu'il trouve, y compris les petits poissons (<http://cichlid1.free.fr/fiches/fiches.poissons/o.mossambicus1.html>). De Silva et al. (1984) et Maitpe et de Silva (1985) ont observé chez *Oreochromis mossambicus* des régimes alimentaires totalement différents suivant les milieux dans lesquels se trouve le

¹ C. Lévêque, M.N. Brutton, G.W. Ssentongo, 1988, Biology and ecology of African freshwater fishes, ORSTOM Collection TRAVAUX ET DOCUMENTS n° 216, 508p.

poisson. Entièrement carnivore dans certains petits barrages, il est totalement herbivore ou exclusivement détritivore dans d'autres².

4.1.1.4 Reproduction

Le Tilapia atteint sa maturité sexuelle très précocement (vers six mois et un poids qui peut être inférieur à 40g). La femelle se reproduit à fréquence très élevée : chaque cycle reproductif dure 1 à 1,5 mois, une femelle Tilapia peut ainsi se reproduire jusqu'à 10 fois par an (CIRAD, 2002 : Mémento de l'agronome : La pisciculture et les élevages non conventionnels). Les Tilapias ont la particularité, comme la plupart des poissons de la famille des Cichlidae d'incuber les œufs dans leur bouche. A la période de reproduction, le mâle creuse une dépression (nid) dans le sol et y passe la majorité de son temps à harpoyer les femelles de passages pour tenter une reproduction (Source : <http://www.aquabase.org>). La femelle dépose alors ses œufs dedans.

Fécondée par le mâle, la ponte est ensuite reprise par la femelle qui la couve dans sa bouche jusqu'à l'éclosion. Les alevins s'y réfugient au moindre danger, jusqu'à ce qu'ils deviennent plus indépendants. La femelle prend 300 -1800 œufs en bouche (www.fishbase.org). Les œufs sont incubés 3 à 5 jours. Les alevins restent dans la bouche de la femelle encore 10 à 15 jours de plus.

(Source : http://www.gcca.net/fom/Oreochromis_mossambicus.htm).

L'efficacité de la reproduction des Tilapias, a des conséquences paradoxales: d'un côté cette aptitude qui permet une reproduction facile et rapide dans divers milieux tropicaux et subtropicaux explique l'intérêt accordé à ces espèces en pisciculture; d'un autre côté, elle est une source de problèmes car la prolifération des juvéniles en pisciculture, lorsqu'elle n'est pas contrôlée, et les compétitions alimentaires en résultant, conduisent à la production de populations de poissons de petites taille, de faible valeur commerciale.

La période de reproduction varie en fonction des régions par exemple certains *Oreochromis* se reproduisent toute l'année dans les lacs équatoriaux (Lowe-McConnell, 1958), alors que dans des régions distantes de l'équateur, la même espèce présente une saison de reproduction bien définie durant les mois les plus chauds et les plus ensoleillés (Lowe-McConnell, 1958; Babiker et Ibrahim, 1979). Dans certains cas la reproduction apparaît liée à la saison des pluies (Aronson, 1957; Lowe-McConnell, 1958 et 1959; Hyder, 1969 et 1970a; Marshall, 1979). Tous les facteurs présentant une évolution saisonnière sont donc susceptibles de jouer un rôle notamment la température et la photopériode.

² http://aquatrop.cirad.fr/encyclopedie/especes_d_interet_aquacole/Tilapia/

4.1.2 Le Tilapia, espèce introduite et envahissante en Nouvelle-Calédonie

D'après BEAUVAIS et al, 2006³ une espèce introduite et envahissante se définit comme « toute espèce (allochtone, exotique, importée) dont l'introduction volontaire ou fortuite, mais surtout la prolifération dans les milieux naturels ou semi-naturels, provoquent ou sont susceptibles de provoquer des nuisances ».

Les introductions d'espèces constituent l'un des problèmes écologiques les plus préoccupants de ce début du 21^e siècle (UICN)⁴. En effet, elles sont souvent irréversibles à l'échelle humaine et, contrairement à d'autres impacts de l'homme, le phénomène est encore actuellement en phase d'accélération⁵. Par ailleurs, outre un impact écologique considérable, les introductions d'espèces peuvent être extrêmement coûteuses d'un point de vue économique. Ce dernier point est largement ignoré des gestionnaires, des hommes politiques et des journalistes, qui ont tendance à privilégier des impacts à court terme, donc moins graves, mais plus spectaculaires. Les écosystèmes insulaires sont réputés pour leur grande vulnérabilité aux perturbations de toute nature, et particulièrement aux introductions d'espèces animales et végétales (MOUTOU, 1983 ; SIMBERLOFF, 1995)

La Nouvelle-Calédonie n'a pas échappé à ce fléau et de vastes espaces naturels de l'île sont aujourd'hui infestés voir dominés par des espèces exogènes, les unes introduites volontairement, les autres accidentellement (GARGOMINY et al, 1996).

³ Marie-Laure BEAUVAIS, Alain COLÉNO, Hervé JOURDAN, 2006, Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien, un risque environnemental et économique majeur, IRD éditions, collection Expertise collégiale, Paris, 579 p.

⁴ Une espèce invasive ou espèce envahissante est une espèce vivante exotique qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi naturels parmi lesquels elle s'est établie. Les phénomènes d'invasion biologique sont aujourd'hui considérés par l'ONU comme une des grandes causes de régression de la biodiversité, avec la pollution, la fragmentation écologique des écosystèmes et l'ensemble constitué par la chasse, la pêche et la surexploitation de certaines espèces (*Source : <http://fr.wikipedia.org>*).

⁵ D'après la Liste rouge de l'UICN, les espèces introduites envahissantes constituent la 3^e menace pesant sur les espèces à l'échelle mondiale. En outre-mer, les invasions biologiques représentent l'une des principales causes d'érosion de la biodiversité, avec des conséquences importantes sur les plans économique et sanitaire (*Source : <http://www.uicn.fr/especes-envahissantes-d-outre-mer.html>*)

4.1.2.1 Les différentes espèces de poissons introduites en Nouvelle-Calédonie

Tout comme les crustacés, la plupart des introductions de poissons, d'après Keith (2005), ont été réalisées à l'initiative de la Commission du Pacifique Sud (CPS) «à une époque où l'on pensait que le développement et l'autosuffisance alimentaire passaient par la mise en place d'élevages d'espèces faciles à élever ».

D'autres introductions sont dues à l'initiative de pêcheurs ou d'aquariophiles, les poissons d'aquariophilie en vente libre constituant tous un danger potentiel pour les milieux aquatiques de Nouvelle-Calédonie. Chez les poissons, les espèces qui furent introduites seraient au nombre de 13 (Keith, 2005):

- le Tilapia du Mozambique *Oreochromis mossambicus*,
- le *Tilapia zillii*,
- le *Sarotherodon occidentalis*,
- le black-bass à grande bouche *Micropterus salmoides*,
- le gourami perlé *Trichogaster pectoralis*,
- le dalag *Channa striata*,
- le guppy (poisson million) *Poecilia reticulata*,
- la gambusie *Gambusia affinis*,
- le porte-épée *Xiphophorus hellerii*,
- le gourami géant *Osphronemus gouramy*,
- la carpe *Cyprinus carpio*,
- le carassin doré ou poisson rouge *Carassius auratus*,
- et la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss*.

Sur les 13 espèces de poissons introduites, 10 l'ont été avant 1960 et seules six se sont acclimatées et sont largement répandues en Nouvelle-Calédonie.

Parmi celles-ci, on trouve :

- le Tilapia du Mozambique dont 40 ont été introduits en 1955 en provenance de Manille par H. Van Pel (de la CPS) en vue de l'élevage ;
- le *Sarotherodon*, espèce africaine sans doute introduite par hasard en même temps que l'espèce précédente. Aujourd'hui d'après nos observations et avis d'experts
- le guppy originaire du continent américain, utilisé pour contrôler les larves de moustiques, sans doute introduit par les Américains pendant la deuxième guerre mondiale (Godard et al., 1982), fait qui avait été contesté par Laird (1956), et qui est maintenant acclimaté sur tout le territoire, y compris les îles Loyauté ;
- le porte-épée originaire de golfe du Mexique, acclimaté dans plusieurs rivières de la Grande Terre ;

- le black-bass à grande bouche originaire du continent Nord américain, introduit le 26 juillet 1960 pour le développement de la pêche sportive en eau douce et pour le contrôle des Tilapias, qui est actuellement largement répandu dans les lacs du Sud et dont la dissémination continue dans les plans d'eau par l'intermédiaire des pêcheurs ;
- le *Trichogaster pectoralis*, introduit en 1955 dans le cadre de projets aquacoles, présent dans la province Nord et dans le bassin du Diahot.

4.1.2.2 Le danger de ces poissons introduits

Ces espèces peuvent présenter un danger pour les espèces indigènes. Ainsi, Lever (1997) constate que le guppy peut s'attaquer aux œufs d'autres poissons. Il en est de même du porte-épée. L'impact de ces 2 espèces sur les populations des espèces autochtones de Nouvelle-Calédonie n'a pas été entrepris.

C'est également le cas pour le Tilapia acclimaté et pour le black-bass à grande bouche qui semblent tous deux être à l'origine de la disparition de l'espèce de poisson endémique *Galaxias neocaledonicus* qui, rappelons-le, n'est connu que de Nouvelle-Calédonie.

La présence de ces prédateurs dans d'autres milieux, tels que le bas des rivières ou les estuaires, pourrait, par prédation des jeunes stades, mettre en danger les espèces endémiques amphidromes dont les populations ont souvent des effectifs faibles.

En l'absence de situations comparables pouvant servir de référentiel, l'étude et la mise au point de stratégies et d'outils de gestion de ces espèces, dont les impacts ont été démontrés ou sont fortement suspectés en Nouvelle-Calédonie, doivent faire l'objet d'une attention particulière (BEAUVAIS et al, 2006⁶). À noter également que dans beaucoup de situations, les relations établies entre plusieurs espèces allochtones devront être prises en considération dans l'élaboration d'éventuelles mesures de gestion, qu'il s'agisse de simples limitations d'effectifs de population ou de projets d'éradication.

Les invasions biologiques sont considérées actuellement comme l'une des principales causes de perte de biodiversité et la principale cause de la banalisation des faunes et des flores à l'échelle du globe (Diamond, 1989 ; Vitousek et al., 1997 ; Hulme, 2003). Mooney et Hobbs (2000) vont jusqu'à les considérer comme l'un des processus majeurs du changement global en cours, au même titre que le changement climatique.

⁶ Marie-Laure BEAUVAIS, Alain COLÉNO, Hervé JOURDAN, 2006, Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien, un risque environnemental et économique majeur, IRD éditions, collection Expertise collégiale, Paris, 579 p.

4.1.2.3 Origine du Tilapia *Oreochromis mossambicus* en Nouvelle-Calédonie

Plusieurs espèces de Tilapias ont été introduites à partir de 1950 dans de nombreuses îles du Pacifique, ils étaient destinés à fournir des ressources alimentaires ou sportives (L.C. Devambez)⁷. Le Tilapia du Mozambique a été introduit vers 1954⁸ sur la Grande Terre (Devambez, 1964 ; Marquet et *al.*, 2003). Cette espèce figure sur la liste noir de l'IUCN des 100 espèces qui, introduites, engendrent les dysfonctionnements les plus importants aux écosystèmes d'accueil (ISSG, 2001).

Deux sources à sa prolifération en Nouvelle-Calédonie sont probables :

➤ Deux marais de la région de Yaté

En mars 1957 et de nouveau en août 1958, des Tilapias *O. mossambicus* avaient été placés en petit nombre dans deux marais de la région de Yaté, dans le sud de la Nouvelle-Calédonie (D'après H. Van PEL, 1959⁹).

Avec l'achèvement du barrage hydro-électrique de la rivière Yaté, un lac artificiel de 22 Km. de long sur 5 de large, couvrant à peu près 3.860 hectares, a été formé.

Bien qu'ils aient été à l'origine à près de quarante mètres au-dessus du niveau de la rivière, les deux marais qui avaient reçu les Tilapia en 1957 et 1958 font maintenant partie de ce lac. Les Tilapias se chiffrent actuellement par milliers et ont attiré les pêcheurs à la ligne qui les prennent en appâtant avec des vers de terre. Des prises se montant à plusieurs centaines de Tilapia pour quelques heures de pêche ne sont pas rares. D'après les pêcheurs, ces Tilapia ont un goût excellent.

Le spectacle de bancs de Tilapia se promenant à travers les arbres et les buissons inondés, le long des bords du lac, est devenu aujourd'hui courant pour la Nouvelle-Calédonie.

➤ Les étangs et bassins du centre agricole de Port Laguerre

En octobre 1955, 40 Tilapias (*O. mossambicus*), en provenance du Bureau des Pêches des Philippines (L.C. Devambez, Chargé des Pêches à la Commission du Pacifique Sud) ont donc été introduits par M. Van Pel (de la CPS) dans des étangs ou des bassins du centre agricole de Port Laguerre, en Nouvelle Calédonie, en vue de leur élevage. Ils auraient ensuite colonisés les eaux douces. Cette espèce s'est acclimatée en Nouvelle-Calédonie

⁷ L.C. DEVAMBEZ SPB14_4_Devambez VF[1].pdf : Le Tilapia dans le Pacifique Sud

⁸ Dans l'expertise collégiale de l'IRD sur "les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien", il est mentionné que " Le tilapia du Mozambique a été introduit en 1854 sur la Grande Terre (Devambez, 1964 ; Marquet et *al.*, 2003)". Une erreur de frappe a été faite au niveau de l'année d'introduction dans ce rapport. Le Tilpaia a donc bien été introduit en 1954 en Nouvelle-Calédonie et non en 1854.

⁹ Pel H.V. 1959. Les pêches aux Samoa Américaines, aux Fiji & en Nouvelle-Calédonie. Nouméa, Nouvelle-Calédonie: Commission du Pacifique Sud. Bulletin trimestriel Vol. 9, No. 3, juillet 1959, p. 65-68, 81.

mais elle est très fortement concurrencée par *Sarotherodon occidentalis* (Keith, 2005)¹⁰. La présence de cette dernière, très bien acclimatée et largement répandue en Nouvelle-Calédonie, est une énigme. Son aire d'origine est en effet très localisée en Afrique et l'espèce n'a jamais fait l'objet d'élevage commercial. Elle a probablement été introduite par hasard et en même temps qu'*O. mossambicus*, où des individus auraient pu être mélangés au départ de l'Afrique.

A l'heure actuelle, la dissémination de ce prédateur en Nouvelle-Calédonie est réalisée involontairement mais aussi volontairement comme les pêcheurs et certains particuliers non avertis qui l'introduisent dans les plans d'eau stagnants sur tout le territoire et mettent en danger les espèces aquatiques autochtones et endémiques.

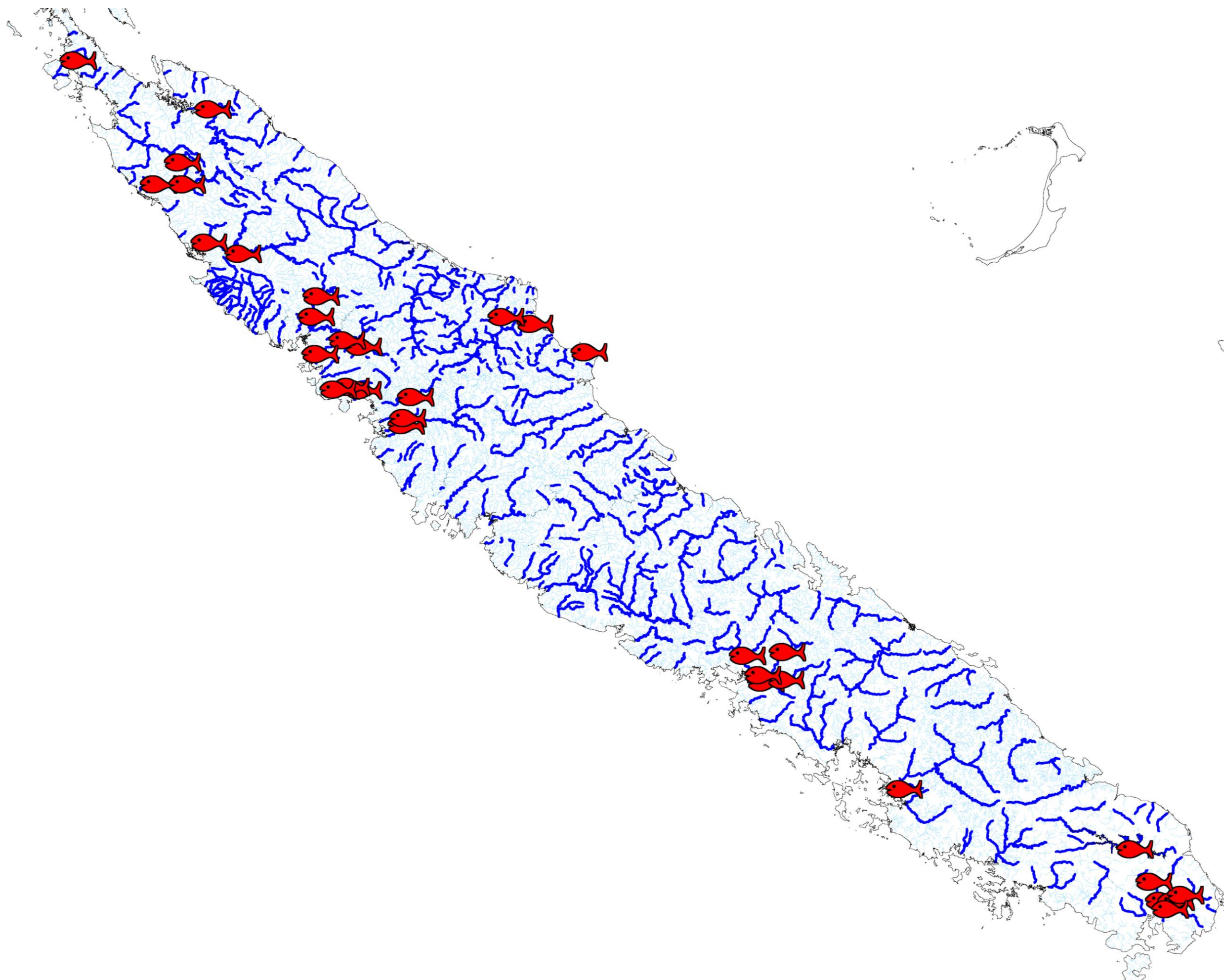
4.1.2.4 Distribution du Tilapia en Nouvelle-Calédonie

D'après nos connaissances et les inventaires réalisés depuis plus de 15 ans dans de nombreux cours d'eau calédoniens, nous avons pu dresser une liste non exhaustive des cours d'eau et lacs où le Tilapia a été observé par notre bureau d'étude. 21 cours d'eau et 4 lacs sont concernés. Cette liste est la suivante:

La Bwak, la Coco, le Déversoir (Kadji), la Foa, le Grand Lac, La Kamédwa, la Koné, la Koumac, le lac en 8, le lac en Y, le lac de Yaté, la Louanga, la Negropo, la Népia, la Ouébia, la Ouegoa, la Pandanus, la Pouembout, la Rhaabiri, la Rivière des lacs, la Témala, la Tipwa et la Voh.

A partir de ces informations, une carte de distribution du Tilapia en Nouvelle-Calédonie, non exhaustive, a pu être établie (Carte 2).

¹⁰ Source: <http://www.issg.org>



Carte 2 : Distribution (non exhaustive) du Tilapia en Nouvelle-Calédonie, d'après les observations et les inventaires piscicoles du bureau d'étude ERBIO.

On remarque, d'après cette carte, que le Tilapia est présent, aussi bien sur la cote Ouest que la cote Est, de l'extrême Sud (Province Sud) à l'extrême Nord de la Grande Terre (Province Nord).

Il est important de noter que cette espèce ne touche, pour le moment, qu'un petit nombre de cours d'eau comparé à l'ensemble du réseau hydrographique du pays. En effet, d'après nos observations et nos inventaires, de nombreuses rivières en Nouvelle-Calédonie restent encore préservées de cette espèce introduite et envahissante.

4.2 Présence probable d'espèces de poissons introduits et envahissants dans le bassin d'eau brute.

Malgré qu'aucun poisson n'ait été observé au cours de la prospection, plusieurs pistes laissent à supposer que des poissons sont présents dans le bassin d'eau brute.

En effet, tout d'abord l'eau est pompée directement dans le lac de Yaté où le Tilapia, le poisson million et le Black-bass sont présents en abondance. Les crépines à l'entrée du pompage ont des tailles (fentes) de 5 mm à l'aspiration des pompes de Yaté et une crépine avec un maillage de 25 mm au niveau du bassin d'eau brute. Ces crépines peuvent laisser passer des petits individus (juvéniles, alvins, œufs). Les fentes de 5 mm à l'aspiration peuvent permettre le passage d'individus d'une longueur d'au moins 3 cm (s'ils sont aspirés dans le sens de la longueur).

Le héron en train de chasser est un indicateur de présence de poissons mais aussi de transfert. En effet le héron observé en train de chasser révèle qu'il y a très certainement du poisson dans ce bassin. De plus, le héron se déplace de bassins en bassins. Même si aucun poisson ne soit arrivé par le pompage du lac de Yaté, des poissons peuvent, très probablement, venir du bassin de 1^{er} Flot Nord 2 par l'intermédiaire du héron. En effet, beaucoup de propagation d'espèces aquatiques s'effectue par voies aériennes et les vecteurs sont très souvent les oiseaux. Le héron peut très bien attraper un poisson et l'emmener dans l'autre bassin ou au bord pour le manger. Ce dernier peut alors s'échapper ou si c'est une femelle, les alevins peuvent s'échapper de la bouche. Rappelons que chez cette espèce, la femelle garde dans sa bouche ses œufs et alevins pendant plusieurs jours pour les protéger.

De plus, la découverte des poissons dans le bassin de 1^{er} flot met en évidence que l'habitat qu'offre ces bassins convient à cette espèce.

Il est donc très probable que des poissons soient présents ou risque de coloniser ce bassin par l'intermédiaire du pompage direct dans le lac de Yaté.

Il serait important de vérifier si des espèces introduites et envahissantes ont réussi à coloniser ce bassin. De plus il est nécessaire de trouver un système de pompage qui puissent éviter tout passage d'individus.

4.3 Investigation sur la provenance des Tilapias dans le Bassin de 1^{er} flot Nord 2

Suite à nos observations, réflexions et renseignements fournis par Vale NC lors de la prospection du 1^{er} mars 2011, 5 hypothèses d'introduction ont pu être émises quant à l'origine de ces poissons. Rappelons que, malgré leur proximité, les bassins sont conçus de telle manière qu'aucun échange de leurs eaux ne soit possible.

Les hypothèses sont les suivantes :

1. Introduction par les eaux du bassin d'eau brute (en lien direct avec le lac de Yaté).

Cette hypothèse nous semble la plus probable. Des Tilapias (juvéniles, alvins, œufs) peuvent avoir été acheminés du lac jusqu'au bassin d'eau brute. Malgré le trop plein du bassin qui acheminent les eaux par des drains jusqu'au bassin de sédimentation prévu à cet effet, des débordements sont bien visibles ailleurs et tout particulièrement en direction des bassins de premier flot (Photo 3, Carte 1). Les poissons peuvent alors avoir profités de ces débordements exceptionnels pour arriver dans les bassins de premiers flots positionnés quelques mètres en contre bas.



Photo 3 : Traces de débordements observés au niveau du bassin d'eau brute lors de la prospection du 1^{er} mars 2011.

Il se peut aussi que des échanges d'eaux entre le bassin d'eau brute et les bassins de premier flot aient eut lieu, à leur tout début, lorsque les niveaux d'eau dans ces derniers n'étaient pas encore au point (tests des niveaux).

Cette introduction n'est pas récente. Des techniciens affirment voir des poissons dans ce bassin depuis plus d'un an.

2. Introduction par les aires à partir d'une zone avec du Tilapia.

Comme nous l'avons vu auparavant, le héron peut être un vecteur d'introduction. Les oiseaux pêcheur tel le héron, le balbuzard, peuvent avoir contribué à cette introduction.

Etant donné la distance entre les milieux naturels où le Tilapia est présent (plaine des lacs, lac de Yaté), il est peu probable qu'un oiseaux soient venu de la plaine des lacs avec un Tilapia en bouche pour le manger dans le bassin de premier flot. Cependant cette hypothèse n'est pas totalement réfutée. Néanmoins ce qui est fort probable c'est qu'un oiseau, comme il a été observé avec le héron, chasse entre les différents bassins. Ainsi, si bien sûr l'introduction de Tilapia par les eaux du lac de Yaté est confirmée dans le bassin d'eau brute, un oiseau peut avoir introduit des Tilapias dans les bassins de premier flot à partir de ce bassin.

3. Introduction volontaire par l'homme.

Cette hypothèse n'est pas exclue car il se peut qu'une personne ait pu mettre un ou des individus (une femelle avec des œufs dans la bouche suffit) dans le bassin malgré qu'il soit à l'intérieur de l'enceinte de l'usine. Notons que ce bassin est le plus proche des limites externes de l'enceinte sécurisée.

Une grande partie des introductions est réalisée volontairement par l'intermédiaire de l'homme. Une des causes principales de propagation est la mise en liberté d'animaux et de plantes par des personnes qui veulent s'en débarrasser.

En ce qui concerne les poissons, certaines personnes, par méconnaissance des dangers pour l'environnement, pensent bien faire en introduisant, en se débarrassant ou en déplaçant des espèces de poissons dans des plans d'eau et des cours d'eau dépourvus de poissons.

Il est important de signaler qu'un plan d'eau ou un cours d'eau avec peu ou sans poissons n'est pas forcément un signe de mauvaise qualité.

L'introduction d'une espèce exogène dans un milieu peut engendrer un déséquilibre avec des conséquences néfastes sur l'écosystème concerné et ceux alentours.

De nos jours, dans beaucoup de pays, des campagnes de repeuplement de masses en eau douce naturelle sont communément entreprises et sont de plus en plus médiatisées. Certaines personnes non averties (certains pêcheurs, naturalistes) pensent bien faire en contribuant à cela par leurs propres moyens.

Cependant de telles actions ne sont pas si simples. Elles sont planifiées bien en amont du repeuplement. En effet, avant de mettre une espèce dans un milieu, qu'il soit un simple petit bassin ou un lac naturel de plusieurs km², de nombreuses questions doivent se poser et de nombreux facteurs (facteurs environnementaux

abiotiques, interactions inter et intraspécifiques, pathologies et génétique, impacts environnementaux) doivent être pris en considération en amont.

Afin de montrer la complexité d'une action de repeuplement par une espèce, un exemple de modèle de planification pour le repeuplement en corégones¹¹ est donné dans la figure 1 ci-dessous.

Les déplacements ou introductions de population dans un milieu, réalisés par des personnes non avertis, sont dangereux pour l'environnement car ils contribuent très souvent à la propagation des espèces introduites et envahissantes.

¹¹ Le **corégone** ou **corégone blanc** (*Coregonus albula*) est une espèce de poisson d'eau douce qui vit exclusivement dans les lacs alpins, encore assez mal connu, qui fait encore l'objet d'études phylogénétique. Les corégones sont localement fréquents dans l'hémisphère nord en Europe, en Asie et en Amérique du Nord où selon le lieu il est appelé : marène, vendace, féra, lavaret, palée, riapouchka (en Russie), etc. http://fr.wikipedia.org/wiki/Cor%C3%A9gone_blanc

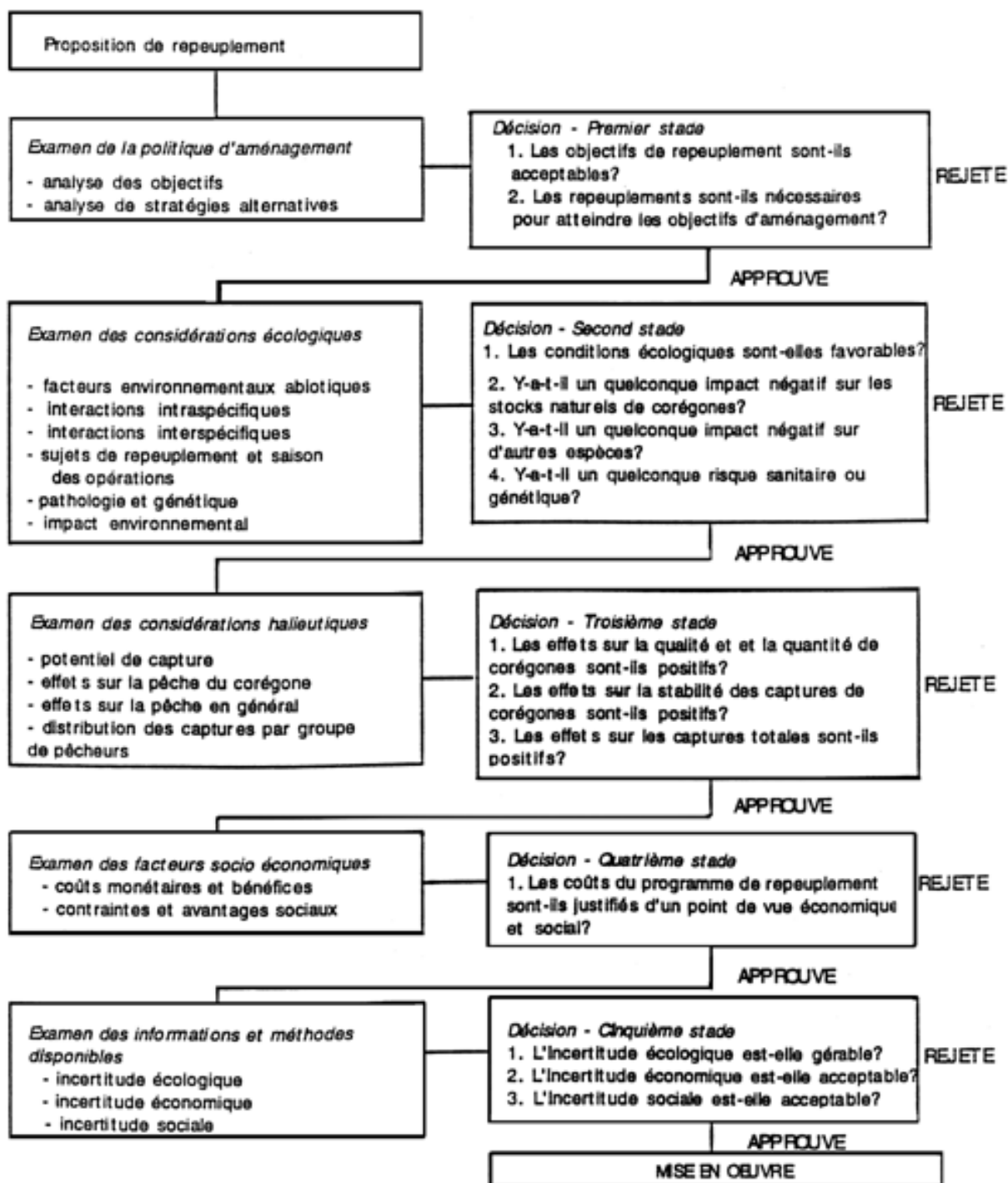


Figure 1 : Un modèle pour la planification des repeuplements en corégones. Les examens, à gauche, illustrent les différents niveaux de la collecte des données et les champs de décision, à droite, les stades de décision respectifs, avec des questions qui s'y rapportent. Les repeuplements devraient être rejetés si les réponses sont négatives. <http://www.fao.org/docrep/005/V5344F/V5344F02.gif>

Les deux hypothèses suivantes ont été émises au départ mais ont très vite été réfutées suites à des connaissances plus poussées sur l'hydrogéologie de la zone et les avis d'experts (Hydrogéologue de Vale-NC).

4. Introduction par voies souterraines (failles).

L'hydrogéologie du Sud est très complexe. De nombreuses connections souterraines par l'intermédiaire de failles sont présentes et ressortes à plusieurs endroits. Cependant, d'après l'avis d'expert, aucune connexion souterraine n'est présente entre les milieux naturels où le Tilapia est présents et la zone concernée de l'usine.

5. Introduction par les eaux de ruissellements naturels.

L'hypothèse d'une arrivée d'individus provenant du déversoir, rivières ou lacs contenant du Tilapia par les eaux de ruissellement naturels a été émise.

Par connaissance de l'hydrogéologie et des zones connues de présence du Tilapia, il est impossible que des individus ne soient arrivés jusqu'au bassin de 1^{er} flot Nord 2 par l'intermédiaire des eaux de ruissellements naturels.

Cette investigation a permis de mettre en avant plusieurs hypothèses sur l'origine de ces poissons. L'hypothèse du bassin d'eau brute est la plus probable. Dans tout les cas, elle reste une source potentielle certaine.

L'introduction du Tilapia dans ce bassin n'est apriori pas récente. Des vagues successives d'introduction ont probablement eut lieu à plusieurs reprises et peuvent continuer si la ou les sources ne sont pas identifiées et stoppées.

Remarque : aucun poisson n'a été observé dans le bassin de premier flot Nord 1, contrairement à Nord 2 juste à coté, car ce bassin a permis de contenir plusieurs pollutions successives ayant eut lieu au sein de l'usine durant l'année 2010 et début 2011. Si des individus auraient pu entrer dans ce bassin, ces pollutions ont dû, très certainement, les éradiquer. Au contraire, Nord 2 n'a jamais contenu de pollution jusqu'à sa création.

4.4 Présence de Tilapia dans les bassins de sédimentation

D'après nos constatations, la découverte de Tilapia dans les bassins de sédimentation du Creek de la Baie Nord est une première. L'explication vient du fait que l'ancienne pompe de vidange a été remplacée par une nouvelle plus puissante. De ce fait des poissons, ne pouvant résister au débit d'aspiration, ont été aspirés. Les individus de grande taille ont été tués (broyés) par les pales de la pompe. Les individus de plus petite taille ont survécu au passage dans la pompe et se sont retrouvés dans les bassins de sédimentation, juste en contrebas.

Les bassins de sédimentation sont la dernière barrière avant le milieu naturel. La présence de Tilapia dans ces bassins est problématique car contrairement au bassin de 1^{er} flot qui permet de contenir efficacement les poissons, ces bassins sont en lien direct avec le Creek de la Baie Nord. L'écoulement des eaux à ce niveau n'est pas contrôlable et passe au travers d'un géotextile pouvant présenter des brèches. De plus en cas de fortes pluies les eaux passent par débordement dans le creek. Cette espèce introduite et envahissante peut donc facilement passer à ce niveau dans le Creek de la Baie Nord et coloniser éventuellement le milieu.

Rien n'exclut qu'auparavant quelques poissons n'aient pu passer par les anciennes pompes et ne se soient retrouvés dans les bassins de sédimentation avant de passer dans le Creek de la Baie Nord. Cependant au cours des suivis, régulier et très poussés dans ce cours d'eau suite à la fuite d'acide du 1^{er} avril 2009, aucun Tilapia n'a été capturé ou observé lors des différentes campagnes.

Il est important de rappeler que le Tilapia appartient à la liste noire de l'UICN des 100 espèces posant de graves problèmes comme espèces envahissantes à l'échelon mondial.

Remarque : Si les opérations de Vale Nouvelle-Calédonie ne sont pas obligées de vidanger le bassin de 1^{er} flot Nord 2, les poissons présents dans ce bassin ne sont, pour le moment, pas une grande menace pour le milieu naturel. Les vidanges ont été stoppées jusqu'à nouvel ordre.

5 Conclusions et recommandations

Cette étude a permis de mettre en évidence la présence d'un grand nombre, de Tilapia *Oreochromis mossambicus* dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2, ainsi que dans les bassins de sédimentation en amont du creek de la Baie Nord. Les individus de petites tailles, aspirés lors de la vidange du 22/02/11, ont survécu au passage dans la pompe et ce sont alors retrouvés en contrebas dans des bassins de sédimentation (dernière barrière avant le milieu naturel). L'investigation menée au cours de cette étude, a abouti à plusieurs hypothèses sur la provenance de ces poissons dans Nord 2. La plus probable est l'introduction des Tilapias à partir du lac de Yaté par l'intermédiaire du bassin d'eau brute.

Suite à cette étude plusieurs recommandations sont proposées ci-après.

Etant donné l'importance d'une telle situation « présence et risque de propagation d'une espèce introduite et envahissante dans le milieu naturel », certaines recommandations ont été appliquées très rapidement par le service environnement de Vale-NC soit avant réception du présent rapport et après concertation avec notre bureau d'étude.

5.1 Recommandations prioritaires:

En premier lieu, il est impératif de contenir les Tilapias présents dans les bassins de sédimentation afin d'éviter toute propagation de cette espèce dans le Creek de la Baie Nord. La pose de barrage ne laissant pas passer les individus même les plus petits peut être envisagée à ce niveau. Des filets avec un maillage inférieur à 5 mm doivent être utilisés. Des ombrières ou géotextiles peuvent faire l'affaire du moment qu'ils sont bien fixés en cas de fort courant. Il est important que la mise en place de ces barrages colmate les éventuelles brèches dans le géotextile d'origine et évite par la même occasion le passage d'individus en cas de débordement des bassins.

Dans un deuxième temps, des barrages peuvent éventuellement être mis à l'amont du creek afin de contenir les individus qui auraient pu passer les bassins de sédimentation.

Il est aussi impératif de ne plus utiliser la vidange jusqu'à ce que les Tilapias ne soient totalement éradiqués dans le bassin de 1^{er} flot pour éviter une contamination plus importante dans les bassins de sédimentation.

Un moyen d'éradiquer les poissons dans les deux bassins de sédimentation doit être très vite trouvé. Etant donné le faible niveau d'eau (50-70 cm), une pêche électrique peut être envisagée et peut être tentée par notre bureau d'étude afin de sortir un maximum de Tilapia. La meilleure solution est de vider totalement les bassins mais cette procédure est plus compliquée à mettre en place rapidement. L'arrivée d'eau permanente dans ces bassins doit être stoppée. A ce moment, un système de pompage avec crépine en sortie pour retenir les poissons doit être mis en place. Après assèchement total des bassins, le fond vaseux doit absolument être dragué car les Tilapias arrivent à rentrer dans la vase et survivre pendant plusieurs jours à l'intérieur du temps qu'elle reste humide.

L'utilisation de produit chimique est à éviter car les eaux sont en lien direct avec le milieu naturel

Il est urgent aussi de trouver une méthode d'éradication des poissons dans le bassin de 1^{er} flot Nord 2. En effet, les opérations de Vale ont besoin que ce bassin soit au plus vite opérationnel. En cas de trop plein, suite aux pluies très fréquentes en cette période dans le Sud, ils doivent impérativement pouvoir vidanger les bassins afin de réguler les niveaux pour contenir quelconques pollutions en cas d'incident.

La solution la plus efficace et la plus écologique serait d'assécher totalement le bassin à l'aide de pompe équipé en sortie d'un chenal avec une crépine à maillage très fin pour

réceptionner les poissons et par la suite les éradiquer. D'après les services de Vale cette solution n'est pas possible.

Une pêche électrique avec notre matériel n'est pas envisageable étant donné que les niveaux d'eau ne peuvent pas être baissés en dessous de 3 m (risque de désamorçage des pompes). L'efficacité de notre appareil est limitée à 1m20 de profondeur.

Le bassin est confiné et totalement étanche (liner étanche et résistant aux pollutions). Il n'y a donc aucun lien avec le milieu naturel si les vannes de vidange restent fermées. Une lutte chimique, comme la roténone, peut donc être envisageable.

Pour information, la roténone est une molécule organique, naturellement produite par certaines plantes tropicales, qui est toxique pour de nombreuses espèces d'animaux à sang froid. Elle entre dans la composition de nombreux pesticides et insecticides. Il semble que le principe actif de la molécule est spécifiquement anti-mitotique (les effets anti-tumeur étaient employés dans les années 70). Le blocage de l'Adénosine Triphosphate (ATP) est induit par l'inactivation du cytochrome-b. La mitochondrie est alors privée de l'énergie nécessaire pour la multiplication des cellules par son transporteur d'oxygène : l'ATP. Il semble que dans le cas des poissons, la roténone agisse dès le contact avec les branchies. La roténone est une méthode de contrôle autorisée pour la lutte contre les espèces de poissons envahissants. Elle disparaît du milieu en 12 heures.

Notons que d'autres produits chimiques, comme le chlore, peuvent être utilisés.

La dernière recommandation prioritaire est de s'assurer que des Tilapias n'ont pas réussi à franchir les bassins de sédimentations et ne soient pas arrivés dans le Creek de la Baie Nord. Le meilleur moyen de s'en assurer est de réaliser des pêches électriques et des observations en apnée dans ce cours d'eau.

En cas de présence, il est important de lancer une campagne d'éradication. Il est important de signaler qu'une éradication totale (plus aucun individu) avec les méthodes actuelles connues est impossible à moins d'utiliser une lutte chimique qui détruirait l'ensemble des espèces du creek.

La solution est d'utiliser un moyen qui permet d'éradiquer le maximum d'individus sans créer de dommages aux autres espèces et à l'écosystème. La pêche électrique est un bon moyen. Le but d'une telle intervention même si elle n'est pas efficace à 100% est de diminuer et de contrôler au plus vite les populations afin d'éviter une probable invasion.

5.2 Recommandations secondaires :

Ces recommandations sont moins urgentes mais demandent une attention toute particulière afin qu'une situation similaire ne se reproduise plus à l'avenir.

Afin d'éviter tout transfert d'espèces de poissons introduits et envahissants, il est important de trouver un système de pompage dans le lac qui empêcherait tout passage d'individus (juvéniles, alevins, œufs). Les eaux brutes sont la source la plus probable de contamination du bassin de 1^{er} flot. Même si cette hypothèse n'est pas vérifiée, il est tout à fait possible qu'à l'avenir des Tilapias, Poissons millions ou black-bass puissent arriver dans le bassin d'eau brute, étant donné leur abondance dans le Lac de Yaté.

Ces eaux brutes, pompées dans le lac, sont une source potentielle de transfert. Il est donc impératif d'éliminer cette source.

Une solution serait de mettre à l'aspiration une crépine avec un maillage de 2 mm, au lieu de fentes de 5 mm. Cependant, nous sommes conscient que cette crépine à maillage très fin risque de causer un problème au niveau du pompage (désamorçage des pompes). D'autres solutions seraient à envisager mais pour cela des réflexions et concertations sont à mettre en place avec les techniciens de Vale.

La vérification d'une présence ou non d'espèces envahissantes dans le bassin d'eau brute est indispensable. En effet, comme nous l'avons vu, si des espèces introduites sont présentes, plusieurs vecteurs (Oiseaux, débordements) peuvent faire que des individus arrivent de nouveau dans les bassins de 1^{er} flot et puissent contaminer le milieu naturel. Comme le bassin ne peut être vidée, la meilleure solution serait la pose de filet, de nasses et la mise en place de lignes de pêche avec des appâts adaptés aux Tilapias et black-bass (vers).

Lors de cette étude, nous avons remarqué que le trop plein du bassin d'eau brute ne joue pas vraiment son rôle. Des débordements sont visibles en dehors de celui-ci. Des modifications devraient être réalisées à ce niveau (baisser la hauteur du trop plein) afin d'éviter le débordement du bassin en dehors des drains prévus.

Il est important aussi de sensibiliser les employés de l'usine sur les dangers des espèces introduites et envahissantes. Lorsque ces espèces sont observées sur site, il doit être impératif d'avertir le plus rapidement possible le service environnement afin d'éviter que des situations, comme la présente étude, se reproduisent.

Des campagnes de sensibilisation devraient être mises en place dans le but que n'importe quelle personne puisse identifier rapidement ces espèces et de connaître les gestes à adopter en cas de présence. Si une espèce introduite et envahissante est découverte elle doit être systématiquement tuée. Elles ne doivent en aucun cas être nourries (des techniciens prétendaient donner à manger de temps en temps aux poissons présents dans le bassin de 1^{er} flot).

La sensibilisation est un très bon moyen de lutte. Elle permet au vecteur le plus important de ces espèces « l'Homme » de prendre conscience des dangers et surtout de réagir, contrôler et éviter une propagation accrue de ces espèces avant qu'elles ne deviennent un fléau tant d'un point de vue écologique qu'économique.