



# Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique

Rapport final : étude globale



Janvier 2015



Agence pour l'Eau et l'Environnement du  
Pacifique  
14, rue Edouard Glasser – Motor Pool  
BP 8176 – 98 807 NOUMEA



Etudes et Recherches Biologiques  
1, rue Soenne - VDC  
98 800 NOUMEA



Etudes et Recherches Biologiques  
54 bis A, rue Bénébég  
98 800 NOUMEA

<b>Client</b>	VALE NC
<b>Interlocuteur</b>	L. GAMAS
<b>Numéro de l'affaire</b>	032/13/O/H/NC
<b>Numéro de document</b>	D0011/15/NC
<b>Révision</b>	Révision : 00
<b>Chargé d'affaire</b>	C POELLABAUER (ERBIO) A WULFF (SORECONC) M ROUXEL / Frédéric BOUNAMOUS (A2EP)
<b>Date de mise à disposition du rapport</b>	Janvier 2015
<b>Coordonnées X,Y (RGNC Lambert)</b>	494 510 , 212 401
<b>Mots clés</b>	Etude d'impact, Hydrologie, Faune et flore aquatique, Kwé, Goro.
<b>Signature du rédacteur :</b>	
<b>Signature du vérificateur :</b>	

Indice	Version	Rédacteur	Vérificateur	Date
0A	Pour commentaires	C HUET (ERBIO) A WULFF (SORECONC) M. ROUXEL, Sylvie HAVET, Nicolas CAZE (A2EP)	C POELLABAUER (ERBIO) A WULFF (SORECONC) M. ROUXEL (A2EP)	17/10/2014
0B	Mise à jour	C HUET (ERBIO) A WULFF (SORECONC) M. ROUXEL, Sylvie HAVET Nicolas CAZE (A2EP)	C POELLABAUER (ERBIO) A WULFF (SORECONC) Frédéric BOUNAMOUS (A2EP)	27/11/2014
00	Finale	C HUET (ERBIO) A WULFF (SORECONC) M. ROUXEL, Sylvie HAVET Nicolas CAZE (A2EP)	C POELLABAUER (ERBIO) A WULFF (SORECONC) Nicolas CAZE (A2EP)	08/01/2015

## Sommaire

<b>1</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE</b> .....	<b>21</b>
1.1	CONTEXTE .....	21
1.2	ZONE D'ETUDE .....	22
1.2.1	<i>LA RIVIERE KWE</i> .....	22
1.2.2	<i>LA RIVIERE WADJANA</i> .....	22
1.2.3	<i>LA RIVIERE TRUU</i> .....	22
1.3	LES IMPACTS ACTUELS SUR LES COURS D'EAU ETUDIES .....	23
1.3.1	<i>FRAGMENTATION ET RUPTURE DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE</i> .....	23
1.3.2	<i>LA POLLUTION</i> .....	23
<b>2</b>	<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>26</b>
2.1	IMPORTANCE DU REGIME HYDROLOGIQUE SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES .....	26
2.1.1	<i>LA RELATION ESPECE-HABITAT</i> .....	26
2.1.2	<i>LES PREFERENCES HYDRAULIQUES DU MICRO-HABITAT</i> .....	27
2.1.3	<i>LES REPONSES DES ECOSYSTEMES A UN CHANGEMENT DE DEBIT</i> .....	27
2.1.3.1	MODIFICATIONS DU DEBIT EN REGIMES NATURELS .....	28
2.1.3.2	MODIFICATIONS DU DEBIT EN REGIMES INFLUENCES .....	30
2.1.4	<i>CADRE LEGISLATIF EN FRANCE ET DANS LES DOM/TOM</i> .....	30
2.1.5	<i>LES OUTILS D'AIDE A LA GESTION DES DEBITS</i> .....	31
2.2	METHODES D'EVALUATION DES IMPACTS D'UNE MODIFICATION DES DEBITS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES .....	33
2.2.1	<i>L'APPROCHE BIOLOGIQUE SIMPLE</i> .....	33
2.2.2	<i>L'APPROCHE HYDRAULIQUE</i> .....	34
2.2.3	<i>L'APPROCHE COMBINEE : LES MODELES D'HABITAT</i> .....	35
2.2.3.1	L'APPROCHE CLASSIQUE .....	35
2.2.3.2	LES APPROCHES STATISTIQUES .....	36
2.2.3.3	UNE APPROCHE MULTI-SITES .....	37
2.2.4	<i>L'IDENTIFICATION DES ZONES HYDROMORPHES RIVULAIRES</i> .....	38
2.2.4.1	EMPLOI DE CARTE DES SOLS .....	38
2.2.4.2	EMPLOI DE PHOTO-AERIENNES .....	38
2.2.4.3	EMPLOI D'INDICES TOPOGRAPHIQUES .....	38
2.2.5	<i>PREDICTION DE L'AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU</i> .....	41
2.2.5.1	RESEAU DE NEURONES ET REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE .....	41
2.2.5.2	MODELE EDF .....	41
2.3	CONNAISSANCES SUR LES ECOSYSTEMES DES RIVIERES INSULAIRES TROPICALES .....	42

<b>2.3.1</b>	<b><i>BIODIVERSITE AU SEIN DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES CALEDONIENS</i></b>	<b>42</b>
2.3.1.1	BIODIVERSITE ET ENDEMISME	42
2.3.1.2	TOLERANCE A LA SALINITE ET ZONATION ALTITUDINALE/LONGITUDINALE	43
2.3.1.3	TOLERANCE A UNE MODIFICATION DE LA TEMPERATURE	45
2.3.1.3.1	TEMPERATURE ET METABOLISME	46
2.3.1.3.2	TEMPERATURE ET REPRODUCTION	47
2.3.1.3.3	TEMPERATURE ET PATHOLOGIE	47
2.3.1.4	CONNAISSANCES DE LA BIOLOGIE ET DES EXIGENCES ECOLOGIQUES DES ESPECES DE POISSONS ET DE MACROINVERTEBRES D'EAU DOUCE DE NOUVELLE-CALEDONIE	48
2.3.1.4.1	POISSONS	48
2.3.1.4.2	MACRO-INVERTEBRES	48
<b>2.3.2</b>	<b><i>FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES</i></b>	<b>49</b>
2.3.2.1	LE CYCLE DE VIE DES ESPECES ICHTYENNES DIADROMES AMPHIDROMES	49
2.3.2.2	GRADIENTS DE DISTRIBUTION AMONT/AVAL DES MACROINVERTEBRES	50
2.3.2.3	NICHES ECOLOGIQUES	52
<b>2.4</b>	<b>CONNAISSANCES GENERALES SUR LA VEGETATION RIVULAIRE ET SA RESILIENCE VIS-A-VIS DES VARIATIONS DE DEBITS</b>	<b>54</b>
<b>2.4.1</b>	<b><i>ROLE ECOSYSTEMIQUE DE LA VEGETATION RIVULAIRE</i></b>	<b>54</b>
<b>2.4.2</b>	<b><i>SENSIBILITE DE LA VEGETATION RIVULAIRE FACE AUX CHANGEMENTS DE DEBITS ET DE HAUTEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE</i></b>	<b>54</b>
<b>2.5</b>	<b>DONNEES DISPONIBLES SUR LA ZONE D'ETUDE</b>	<b>55</b>
<b>2.5.1</b>	<b><i>DONNEES SPATIALES</i></b>	<b>55</b>
2.5.1.1	SIG GOUVERNEMENTAL (DITTT)	55
2.5.1.2	SIG ŒIL	56
2.5.1.3	DONNEES SIG VALE	56
2.5.1.4	LIDAR	56
<b>2.5.2</b>	<b><i>SUIVIS HYDROLOGIQUES/HYDROGEOLOGIQUES/PHYSICO-CHIMIQUES</i></b>	<b>56</b>
2.5.2.1	ETUDES DISPONIBLES ET SUSCEPTIBLES D'ETRE UTILISEES	56
2.5.2.2	RESEAUX DE SUIVI	57
<b>2.5.3</b>	<b><i>INVENTAIRES BIOLOGIQUES</i></b>	<b>59</b>
2.5.3.1	INVENTAIRES ICHTYOLOGIQUES ET CARCINOLOGIQUES	59
2.5.3.1.1	LA RIVIERE KWE	59
2.5.3.1.2	LA RIVIERE TRUU	62
2.5.3.1.3	LA RIVIERE WADJANA	62
2.5.3.2	INVENTAIRES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES	63
2.5.3.2.1	LISTE DES RAPPORTS D'INVENTAIRES DISPONIBLES	63
2.5.3.2.2	LES STATIONS DE SUIVIS INBC/IBS SUR LA ZONE D'ETUDE	64

2.5.3.2.3	LOCALISATION DES STATIONS MACROINVERTEBRES DE LA KWE ET DE LA RIVIERE WADJANA .....	65
<b>2.5.4</b>	<b>INVENTAIRES BOTANIQUES .....</b>	<b>67</b>
2.5.4.1	CARACTERISATION DE LA VEGETATION SUR L'ENSEMBLE DU PROJET MINIER DE VALE NOUVELLE-CALEDONIE .....	67
2.5.4.2	CARACTERISATION DE LA VEGETATION SUR LA KWE EST .....	69
2.5.4.2.1	FORET SUR EBOULIS PERIDOTITIQUE ET FORET RIVULAIRE DE LA KWE EST .....	69
2.5.4.3	CARACTERISATION DE LA VEGETATION DE LA KWE NORD .....	70
2.5.4.3.1	VEGETATION SOUS L'EMPRISE DU BASSIN DE SEDIMENTATION DE LA MINE SUR LA KWE NORD .....	70
2.5.4.3.2	VEGETATION RIVULAIRE A LA CONFLUENCE DE KN2 ET KN3 SUR 200 M AU DESSUS DE LA VOIE DE ROULAGE. ....	71
2.5.4.4	CARACTERISATION DE LA VEGETATION DE LA KWE OUEST.....	72
2.5.4.4.1	VEGETATION DE LA ZONE DE KO5 ET KO1 (CAMPAGNE DE SONDAJE « GARDENIA »). ....	72
2.5.5	DESCRIPTION DU PROJET MINIER DE VALE NOUVELLE-CALEDONIE .....	73
<b>2.6</b>	<b>EXPLOITATION DES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SPECIFIQUES A LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>74</b>
2.6.1	HYDROGRAPHIE .....	74
2.6.2	GEOMORPHOLOGIE .....	75
2.6.3	HYDROLOGIE .....	78
2.6.3.1	DEBITS CARACTERISTIQUES.....	78
2.6.3.1.1	LA RIVIERE KWÉ (KAL, KOL, KNL, PDL) .....	78
2.6.3.1.2	DEBITS DE CRUE.....	81
2.6.3.1.3	DCE MEDIANS.....	82
2.6.4	PHYSICO-CHIMIE .....	83
2.6.5	HYDROGEOLOGIE.....	84
2.6.5.1	INTERACTION RIVIERES/NAPPES .....	84
2.6.5.2	AQUITARD LATERITIQUE .....	84
2.6.6	FAUNE AQUATIQUE.....	86
2.6.6.1	POISSONS RECENSES SUR LA KWE DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES .....	86
2.6.6.1.1	SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT .....	86
2.6.6.1.2	PAR SOUS-BASSIN VERSANT ET STATION D'ETUDE .....	89
2.6.6.1.3	REPARTITION SPATIALE .....	91
2.6.6.2	POISSONS RECENSES SUR LA TRUU DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES .....	93
2.6.6.2.1	SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT (STATION TRU-70).....	93
2.6.6.2.2	REPARTITION SPATIALE DES DIFFERENTES ESPECES .....	95
2.6.6.3	POISSONS RECENSES SUR LA WADJANA DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES .....	95
2.6.6.3.1	SUR L'ENSEMBLE DE LA RIVIERE WADJANA .....	95
2.6.6.3.2	PAR SOUS-BASSIN VERSANT ET STATION D'ETUDE .....	97

2.6.6.3.3	REPARTITION SPATIALE .....	97
2.6.6.4	MACROCRUSTACES RECENSES DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES SUR LA KWE .....	99
2.6.6.4.1	SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT .....	99
2.6.6.4.2	PAR SOUS-BASSIN VERSANT .....	100
2.6.6.4.3	REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES DONNEES D'INVENTAIRES DE LA KWE 102	
2.6.6.5	MACROCRUSTACES RECENSES DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES SUR LA TRUU ...	104
2.6.6.5.1	SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT .....	104
2.6.6.5.2	REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES DONNEES D'INVENTAIRE DE LA TRUU 104	
2.6.6.6	MACROCRUSTACES RECENSES DEPUIS LE DEBUT DES INVENTAIRES SUR LA WADJANA .....	105
2.6.6.6.1	SUR L'ENSEMBLE DE LA RIVIERE .....	105
2.6.6.6.2	PAR STATION .....	106
2.6.6.6.3	REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DES DONNEES D'INVENTAIRES DE LA WADJANA .....	107
2.6.6.7	MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES RECENSES POUR LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE KWE .....	109
2.6.6.7.1	SUR LA RIVIERE KWE ET SES AFFLUENTS.....	109
2.6.7	FORMATIONS RIVULAIRES ET HYDROMORPHES.....	122
2.6.7.1	CONNAISSANCES ACQUISES SUR LES GROUPEMENTS VEGETAUX DES ZONES HUMIDES DU SUD.....	122
2.6.7.1.1	LE MAQUIS DES PLAINES HYDROMORPHES (OU A HYDROMORPHIE PERMANENTE) 122	
2.6.7.1.2	LES MAQUIS DES SOLS A HYDROMORPHIE TEMPORAIRE.....	124
2.6.7.1.3	LES FORETS DENSES HUMIDES SUR EBOULIS ET RIVULAIRES .....	125
2.7	PROPOSITION D'UNE METHODE APPLICABLE AU SITE DE GORO.....	126
2.7.1	REPRESENTATION DES CONDITIONS HYDRAULIQUES APRES IMPACT.....	126
2.7.1.1	HYPOTHESES DE MODELISATION .....	126
2.7.1.2	ÉTAPES DE CARACTERISATION DES PARAMETRES HYDRAULIQUES.....	126
2.7.2	DEFINITION DES HABITATS POTENTIELS POUR LA FAUNE AQUATIQUE.....	127
2.7.3	REPARTITION DE LA FLORE.....	127
2.7.4	EVALUATION DES IMPACTS SUR LA FAUNE ET LA FLORE .....	127
3	LES MOYENS D'ANALYSE POUR L'ÉVALUATION DE L'IMPACT : LE MODELE HYDRAULIQUE.....	128
3.1	PRESENTATION DE L'IMPACT SUR LES DEBITS DE BASE DANS LA RIVIERE KWE.....	128
3.1.1	PRESENTATION DES MODELES HYDROGEOLOGIQUES .....	128
3.1.1.1	MODELE HYDROGEOLOGIQUE DE KO4 ET SES HYPOTHESES.....	129
3.1.1.2	MODELE HYDROGEOLOGIQUE DE FM25 ET SES HYPOTHESES .....	130
3.1.2	EXTRACTION DES DEBITS.....	132

3.1.2.1	REPARTITION SPATIALE DES DEBITS NATURELS ET CHOIX DES STATIONS REPRESENTATIVES .....	132
3.1.2.1.1	RIVIERE KO5 .....	132
3.1.2.1.2	RIVIERE KWE EST .....	132
3.1.2.1.3	RIVIERE KWE NORD .....	133
3.1.2.1.4	RIVIERE KWE OUEST .....	134
3.1.2.2	CHOIX DES ANNEES DE REFERENCE .....	134
3.1.3	<b>REPARTITION SPATIALE DES IMPACTS ET PRESENTATION DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE HYDRAULIQUE.....</b>	<b>137</b>
3.1.3.1	DEBITS INJECTES DANS LE MODELE HEC-RAS .....	137
3.1.3.2	REPARTITION SPATIALE DES IMPACTS .....	137
3.1.3.2.1	POUR L'ANNEE LA PLUS HUMIDE (2033) .....	137
3.1.3.2.2	POUR L'ANNEE MOYENNE (2041) .....	140
3.1.3.2.3	POUR L'ANNEE SECHE (2041) .....	143
3.2	<b>PRESENTATION DU MODELE HYDRAULIQUE DE LA RIVIERE KWE .....</b>	<b>146</b>
3.2.1	<b>OBJECTIF DU MODELE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>146</b>
3.2.2	<b>RECENSEMENT DES DONNEES.....</b>	<b>146</b>
3.2.3	<b>METHODOLOGIQUE .....</b>	<b>146</b>
3.2.3.1	CONSTRUCTION DU MODELE .....	146
3.2.3.1.1	GENERALITES SUR LA PLATEFORME DE MODELISATION EMPLOYEE .....	146
3.2.3.1.2	ÉQUATIONS RESOLUES PAR LE MODELE .....	147
3.2.3.1.3	REPRESENTATION NUMERIQUE DU COURS D'EAU.....	147
3.2.3.1.4	SORTIE GRAPHIQUES ET INTERFACE .....	148
3.2.3.1.5	ANALYSE DE LA TOPOGRAPHIE .....	148
3.2.3.1.6	OUVRAGES .....	150
3.2.3.1.7	INTERPOLATION ENTRE LES SECTIONS CONSTRUITES .....	150
3.2.3.1.8	OSSATURE DU MODELE GEOMETRIQUE .....	150
3.2.3.1.9	COEFFICIENT DE RUGOSITÉ .....	153
3.2.3.1.10	CONDITIONS AUX LIMITES DU MODÈLE HYDRAULIQUE.....	154
3.2.3.2	CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE .....	154
3.2.3.2.1	PRINCIPE .....	154
3.2.3.2.2	ANALYSE DES HAUTEURS D'EAU.....	155
3.2.3.2.3	ANALYSE DU PROFIL EN LONG.....	156
3.2.3.2.4	ANALYSE DE LA LARGEUR DU LIT MOUILLÉ.....	156
3.2.4	<b>ANALYSE DE SENSIBILITE AUX INCERTITUDES .....</b>	<b>157</b>
3.2.5	<b>CONSEQUENCE DES AMENAGEMENTS SUR L'ECOULEMENT DES RIVIERES .....</b>	<b>158</b>
3.2.5.1	LES IMPACTS SUR LE DEBIT .....	158
3.2.5.2	LES IMPACTS SUR LES HAUTEURS D'EAU ET LES VOLUMES/ML .....	160

	3.2.5.3 LES IMPACTS SUR LES VITESSES .....	161
	3.2.5.4 LES IMPACTS SUR LA LARGEUR DU LIT MOUILLE.....	162
<b>4</b>	<b>VOLET FAUNE AQUATIQUE .....</b>	<b>164</b>
<b>4.1</b>	<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>164</b>
	<b>4.1.1 EXPERTISE FAUNISTIQUE.....</b>	<b>164</b>
	4.1.1.1 SUIVIS PISCICOLES.....	164
	4.1.1.2 SUIVIS MACROBENTHIQUES.....	165
	<b>4.1.2 EVALUATION DES HABITATS DE PREFERENCE .....</b>	<b>166</b>
	4.1.2.1 DONNEES ENVIRONNEMENTALES .....	167
	4.1.2.2 PREFERENCES ECOLOGIQUES ET HABITABILITE .....	167
<b>4.2</b>	<b>DESCRIPTION DU MILIEU NATUREL.....</b>	<b>168</b>
	<b>4.2.1 CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE.....</b>	<b>168</b>
	<b>4.2.2 CHOIX DES PARAMETRES DESCRIPTIFS DE L'HABITAT .....</b>	<b>168</b>
	4.2.2.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES.....	169
	4.2.2.2 COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES.....	171
	<b>4.2.3 CARTES DE L'ETAT DE REFERENCE.....</b>	<b>173</b>
	4.2.3.1 VITESSE DU COURANT .....	174
	4.2.3.2 PROFONDEUR .....	176
	4.2.3.3 LARGEUR DU LIT MOUILLE.....	178
	4.2.3.4 SUBSTRAT .....	180
	4.2.3.5 OMBRAGE.....	182
<b>4.3</b>	<b>SELECTION DES ESPECES CIBLES.....</b>	<b>184</b>
	<b>4.3.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES.....</b>	<b>184</b>
	4.3.1.1 LA PARTIE AVAL DE LA RIVIERE KWE (EMBOUCHURE).....	184
	4.3.1.2 LES DIFFERENTS BRAS PRINCIPAUX DE LA RIVIERE KWE.....	184
	4.3.1.2.1 LES ESPECES COMMUNES PRESENTES SUR LA KWE.....	184
	4.3.1.2.2 LES ESPECES QUALIFIEES DE RARES ET/OU SENSIBLES.....	186
	4.3.1.3 PRESENTATION DES ESPECES CIBLES .....	188
	<b>4.3.2 COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES.....</b>	<b>193</b>
<b>4.4</b>	<b>HABITABILITE DE LA RIVIERE KWE PAR RAPPORT AUX ESPECES CIBLES .....</b>	<b>199</b>
	<b>4.4.1 HABITABILITE EN SITUATION DE REFERENCE .....</b>	<b>199</b>
	4.4.1.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES.....	199
	4.4.1.2 COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES.....	201
	<b>4.4.2 HABITABILITE EN FONCTION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE REFERENCE ...</b>	<b>202</b>
	4.4.2.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES.....	203
	4.4.2.1.1 SMILOSICYOPUS CHLOE.....	203
	4.4.2.1.2 CESTRAEUS PLICATILIS ET CESTRAEUS OXYRHINCUS.....	204

4.4.2.1.3	PROTOGOBIUS ATTITI.....	205
4.4.2.1.4	ANGUILLA MEGASTOMA .....	206
4.4.2.1.5	KUHLIA RUPESTRIS.....	207
4.4.2.2	COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES.....	208
4.4.2.2.1	HELICOPSYCHIDAE .....	208
4.4.2.2.2	LEPEORUS .....	209
4.4.2.2.3	POLYCENTROPODIDAE.....	210
4.4.2.2.4	HYDROPSYCHIDAE.....	211
4.4.2.2.5	PARATYA .....	211
4.4.2.2.6	HYDROBIIDAE.....	212
<b>4.5</b>	<b>CONSEQUENCES DES REDUCTIONS DE DEBIT SUR L'HABITABILITE DE LA RIVIERE KWE ...</b>	<b>213</b>
<b>4.5.1</b>	<b>COMMUNAUTES ICHTYOLOGIQUES.....</b>	<b>213</b>
4.5.1.1	SMILOSICYOPUS CHLOE.....	213
4.5.1.2	CESTRAEUS PLICATILIS ET CESTRAEUS OXYRHINCUS .....	215
4.5.1.3	PROTOGOBIUS ATTITI .....	216
4.5.1.4	ANGUILLA MEGASTOMA.....	218
4.5.1.5	KUHLIA RUPESTRIS .....	219
<b>4.5.2</b>	<b>COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES.....</b>	<b>221</b>
4.5.2.1	HELICOPSYCHIDAE .....	221
4.5.2.2	LEPEORUS.....	222
4.5.2.3	POLYCENTROPODIDAE.....	224
4.5.2.4	HYDROPSYCHIDAE .....	225
4.5.2.5	PARATYA.....	227
4.5.2.6	HYDROBIIDAE.....	228
<b>4.6</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>230</b>
<b>4.6.1</b>	<b>IMPACTS D'UNE REDUCTION DE DEBIT VIS-A-VIS DES ESPECES CIBLES.....</b>	<b>230</b>
4.6.1.1	ESPECES PISCICOLES.....	230
4.6.1.2	ESPECES MACROBENTHIQUES .....	233
<b>4.6.2</b>	<b>IMPACTS SUR L'ENSEMBLE DES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES.....</b>	<b>236</b>
4.6.2.1	L'HABITABILITE D'UNE RIVIERE ET PREFERENDUM ECOLOGIQUE.....	236
4.6.2.2	IMPACTS SUR LES POISSONS.....	240
4.6.2.3	IMPACTS SUR LES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES.....	242
<b>4.7</b>	<b>SYNTHESE .....</b>	<b>246</b>
<b>4.7.1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>246</b>
<b>4.7.2</b>	<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>246</b>
<b>4.7.3</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>247</b>
<b>4.7.4</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>249</b>

5	VOLET BOTANIQUE .....	250
5.1	INTRODUCTION.....	250
5.2	METHODOLOGIE.....	250
5.3	RESULTATS .....	251
	<b>5.3.1 CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS NATURELLES POUVANT ETRE IMPACTEES.....</b>	<b>251</b>
	<b>5.3.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS POSSIBLES SUR LES FORMATIONS NATURELLES .....</b>	<b>255</b>
	5.3.2.1.1 KWE OUEST.....	256
	5.3.2.1.2 KWE NORD .....	256
	5.3.2.1.3 KWE EST .....	257
	5.3.2.1.4 KWE PRINCIPALE .....	257
	<b>5.3.3 ESPECES RARES ET MENACEES RENCONTREES PENDANT LES PROSPECTIONS.....</b>	<b>257</b>
	5.3.3.1.1 ARAUCARIA MUELLERI (ARAUCARIACEAE).....	257
	5.3.3.1.2 BLECHNUM FRANCI (BLECHNACEAE).....	260
	5.3.3.1.3 NEOCALLITROPSIS PANCHERI (CUPRESSACEAE).....	261
	5.3.3.1.4 PANDANUS LACUUM (PANDANACEAE) .....	263
	5.3.3.1.5 PLANCHONELLA PRONYENSIS (SAPOTACEAE) .....	264
	5.3.3.1.6 PYCNANDRA CANALICULATA (SAPOTACEAE) .....	265
	5.3.3.1.7 RAUVOLFIA SEVENETII (APOCYNACEAE).....	266
	5.3.3.1.8 RETROPHYLLUM MINUS (PODOCARPACEAE) .....	268
	5.3.3.1.9 SERIANTHES PETITIANA (FABACEAE).....	270
	5.3.3.1.10 SYZYGIUM NITENS (MYRTACEAE).....	271
	5.3.3.1.11 XANTHOSTEMON SULFUREUS (MYRTACEAE) .....	272
	<b>5.3.4 IDENTIFICATION DES IMPACTS POSSIBLES SUR LES ESPECES RARES ET MENACEES</b>	<b>273</b>
	5.3.4.1.1 IMPACT DES VARIATIONS DE DEBITS SUR LES ESPECES LES PLUS SENSIBLES .	274
5.4	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....	275
5.5	SYNTHESE .....	276
	<b>5.5.1 CONTEXTE DE L'ETUDE.....</b>	<b>276</b>
	<b>5.5.2 METHODOLOGIE.....</b>	<b>276</b>
	<b>5.5.3 RESULTATS .....</b>	<b>277</b>
	<b>5.5.4 PERSPECTIVES .....</b>	<b>278</b>
6	BIBLIOGRAPHIE .....	279

## Liste des figures

Figure 1 : Zone d'étude : cours d'eau et aménagements industriels .....	24
Figure 2 : Localisation des ouvrages sur les cours d'eau.....	25
Figure 3 : Exemple de carte de sectorisation (ISL/Aquascop, 2010).....	33
Figure 4 : Représentativité des faciès (ISL/Aquascop, 2010).....	34
Figure 5 : Restitution d'un modèle hydraulique (vitesses et hauteurs d'eau) obtenu avec HEC-RAS (ECOGEA, 2012).....	35
Figure 6: Principe de la méthode des micro-habitats (Ginot, 1995b).....	36
Figure 7: Corrélation température/oxygène dissous.....	47
Figure 8 : Réseaux de suivis quantitatif, qualitatif et limnimétrique .....	58
Figure 9 : Ensemble de la zone d'étude et des tronçons prospectés lors des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur le bassin versant de la Kwé. ....	61
Figure 10 : Zone d'étude et tronçons d'inventaire ichtyologique et carcinologique prospectés sur l'ensemble de la Truu depuis janvier 2012. ....	62
Figure 11 : Zone d'étude et tronçons d'inventaire ichtyologique et carcinologique prospectés sur l'ensemble de la Wadjana depuis 2000. ....	63
Figure 12 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS du bassin versant de la Kwé.....	66
Figure 13 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS de la Wadjana.....	66
Figure 14: Pression d'inventaire sur les cours d'eaux concernés.....	67
Figure 15: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'IRD en 2002.....	68
Figure 16: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de la zone des 15 ans d'exploitation... ..	69
Figure 17: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'emprise du bassin de sédimentation de la Kwé Nord .....	70
Figure 18: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'emprise du projet à la confluence de KN2 et KN3.....	71
Figure 19: Zone inventoriée dans le cadre de la campagne de sondage « Gardenia » .....	72
Figure 20 : Emprise des éléments constitutifs du projet d'exploitation minière de Vale Nouvelle-Calédonie .....	73
Figure 21 : Carte de localisation du secteur.....	76
Figure 22 : Localisation des principaux bassins endoréiques et des systèmes pseudo-karstiques associés (Source : Vale, 28/02/2012).....	77
Figure 23 : Estimation sommaire des volumes de plages de sédiments sur la rivière Kwé (EMR,	

2010) .....	78
Figure 24 : Évolution des débits mensuels moyens aux quatre stations sur la Kwé .....	80
Figure 25 : Carte de l'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de basses eaux .....	85
Figure 26 : Carte de l'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de hautes eaux .....	85
Figure 27 : Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur le bassin versant de la Kwé (espèces endémiques en <b>vert</b> , espèces rares et/ou sensibles en <b>bleu</b> , espèces marines en <b>orange</b> ). .....	92
Figure 28: Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur la station d'inventaires TRU-70 prospectée depuis 2012 sur le bassin versant de la Truu (espèces endémiques en <b>vert</b> , espèces rares et/ou sensibles en <b>bleu</b> , espèces marines en <b>orange</b> ).....	95
Figure 29 : Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur le bassin versant de la Wadjana (espèces endémiques en <b>vert</b> , espèces rares et/ou sensibles en <b>bleu</b> , espèces marines en <b>orange</b> ). .....	98
Figure 30 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur le bassin versant de la Kwé depuis le début des inventaires .....	103
Figure 31 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur la Truu depuis le début des inventaires (espèces endémiques en <b>vert</b> ). .....	105
Figure 32 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur la Wadjana depuis le début des inventaires (espèces endémiques en <b>vert</b> ).....	108
Figure 33 : Représentation cartographique des taxons macrobenthiques recensés sur la zone d'étude.....	121
Figure 34: Maquis à hydromorphie permanente en amont de la Kwé Ouest.....	123
Figure 35: Maquis des sols à hydromorphie temporaire sur la Kwé Ouest.....	124
Figure 36: Forêt dense humide rivulaire sur la Kwé Est.....	125
Figure 37 : Plan de localisation du périmètre des modèles hydrogéologiques du site de Goro: en rouge le modèle "KO4" et en bleu le modèle "FM25" ( <i>source Artelia</i> ) .....	129
Figure 38 : Plan de localisation des aménagements pris en compte dans le modèle KO4 ( <i>source Artelia</i> ) .....	130
Figure 39 : Plan de localisation des aménagements pris en compte dans le modèle FM25 ( <i>source Artelia</i> ) .....	131
Figure 40 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière KO5 observé entre février 2012 et février 2014 .....	132

Figure 41 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Est entre juillet 2011 et mars 2014.....	133
Figure 42 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Nord entre juillet 2011 et octobre 2013.....	133
Figure 43 : Évolution naturelle du débit observé entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Ouest sur la période juillet 2012 et octobre 2013.....	134
Figure 44 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Ecart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année humide.....	138
Figure 45 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année humide.....	139
Figure 46 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année moyenne.....	141
Figure 47 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année moyenne.....	142
Figure 48 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Ecart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année sèche.....	144
Figure 49 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année sèche.....	145
Figure 50 : Profil en travers CPKE 05.....	149
Figure 51 : Profil en travers du Creek de la Crête Sud.....	149
Figure 52 : Profil en travers au niveau de la station KOL modification du profil topographique de la section extrait du MNT en utilisant les données obtenues sur le terrain.....	150
Figure 53 : Localisation et position par rapport au lit du cours d'eau des profils utilisés pour la construction du modèle géométrique de la rivière.....	151
Figure 54 : Architecture du modèle géométrique de la rivière Kwé.....	152
Figure 55 : Illustration pour quatre exemples de coefficients de rugosité.....	153
Figure 56 : Courbes cumulées du linéaire des tronçons de la rivière Kwé Ouest en fonction de la hauteur d'eau observée sur le terrain (courbe rouge) et la hauteur d'eau modélisée.....	155
Figure 57 : Profil en long du tronçon de rivière de la Kwé ouest utilisé pour le calage du modèle hydraulique.....	156

Figure 58 : Comparaison des courbes du linaire cumulé en fonction de la largeur du lit mouillé modélisé et la largeur du lit mouillé observé. ....	157
Figure 59 : Profil en long du niveau d'eau suivant différentes valeurs du coefficient de Strickler (bleu : nombres de Strickler de référence, vert : nombres de Strickler augmentés de 25% et rose : nombres de Strickler diminués de 25%).....	158
Figure 60 : Relation entre la diminution du débit et la diminution de la hauteur d'eau .....	161
Figure 61 : Ensemble de la zone d'étude et des tronçons prospectés lors des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur le bassin versant de la Kwé .....	165
Figure 62 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS du bassin versant de la Kwé.....	166
Figure 63 : Niches écologiques d'un torrent de montagne (Starmühlner, 1986).....	172
Figure 64 : Représentation de la vitesse moyenne du courant sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence.....	175
Figure 65 : Représentation de la hauteur d'eau sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence .....	177
Figure 66 : Représentation de la largeur du lit mouillé sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence .....	179
Figure 67 : Représentation de la granulométrie dominante sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence.....	181
Figure 68 : Représentation de l'ombrage sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence .....	183
Figure 69 : Répartition des espèces cibles piscicoles rencontrées sur les différentes stations du bassin versant de la Kwé depuis 2000.....	190
Figure 70 : Répartition des espèces cibles macro-invertébrés rencontrées sur les différentes stations du bassin versant de la Kwé depuis 2000.....	196
Figure 71: Découpage de la zone d'étude au niveau de la jonction des affluents et de la Kwé principale. Les séparations entre chaque zone sont matérialisées par un trait rouge.....	252
Figure 72 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Ouest.....	253
Figure 73 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Est.....	253
Figure 74 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Nord .....	254
Figure 75: Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé principale.....	254
Figure 76 : <i>Araucaria muelleri</i> .....	258
Figure 77 : Distribution d' <i>Araucaria muelleri</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	259
Figure 78 : <i>Blechnum francii</i> .....	260

Figure 79: Distribution de <i>Blechnum francii</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	260
Figure 80: Détails de <i>Neocallitropsis pancheri</i> .....	261
Figure 81: Délimitation de la population de la Kwé Ouest.....	261
Figure 82: Distribution de <i>Neocallitropsis pancheri</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	262
Figure 83: Fruit de <i>Pandanus lacuum</i> .....	263
Figure 84 : Distribution de <i>Pandanus lacuum</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	264
Figure 85 : Distribution de <i>Planchonella pronyensis</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	265
Figure 86 : Distribution de <i>Pycnandra canaliculata</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	266
Figure 87: Détails de <i>Rauvolfia seveneti</i> .....	267
Figure 88 : Distribution de <i>Rauvolfia sevenetii</i> sur l'ensemble de la zone d'étude .....	267
Figure 89: Détails de <i>Retrophyllum minus</i> .....	268
Figure 90: Grand individu de <i>Retrophyllum minus</i> .....	269
Figure 91 : Distribution de <i>Retrophyllum minus</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	269
Figure 92: Détails d'un individu juvénile de <i>Serianthes petitiana</i> .....	270
Figure 93 : Distribution de <i>Serianthes petitiana</i> sur l'ensemble de la zone d'étude.....	270
Figure 94: Détails d'une feuille de <i>Syzygium nitens</i> .....	271
Figure 95 : Distribution de <i>Syzygium nitens</i> sur l'ensemble de la zone d'étude. ....	271
Figure 96: Détails d'un individu adulte et des feuilles de <i>Xanthostemon sulfureus</i> .....	272
Figure 97 : Distribution de <i>Xanthostemon sulfureus</i> sur l'ensemble de la zone d'étude .....	272
Figure 98 : Autres espèces rares et menacées abondantes : En haut à gauche: <i>Cunonia deplanchei</i> . En haut à droite: <i>Melaleuca brongniartii</i> . En bas à gauche: <i>Cloezia aquarum</i> . En bas à droite: <i>Scagea oligostemon</i> .....	273

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Indices topographiques développés pour la prédiction des zones humides riveraines .....	39
Tableau 2 : Les préférences d'habitat des macroinvertébrés .....	52
Tableau 3: Synthèse générale de l'ensemble des rapports d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques recensés concernant les bassins versants de la Kwé, de la Truu et de la Wadjana. ....	60
Tableau 4 : Stations d'inventaire ichtyologique et carcinologique étudiées sur la Kwé depuis 2000. ....	61
Tableau 5: Stations d'inventaire ichtyologique et carcinologique étudiées sur la Wadjana depuis 2000. ....	63
Tableau 6 : Tableau synthétique des inventaires concernant la zone d'étude .....	64
Tableau 7 : Tableau synthétique des stations inventaires IBNC/IBS présentes sur la zone d'étude.....	65
Tableau 8 : Débits caractéristiques aux quatre stations KAL, KOL, KNL, PDL.....	80
Tableau 9 : Débits de crue annuelle, décennale et centennale, calculés par la méthode rationnelle et exprimé en m <sup>3</sup> /s.....	81
Tableau 10 : Débits de crue annuelle, décennale et centennale, calculés par la méthode de transposition (en m <sup>3</sup> /s) .....	82
Tableau 11 : Débits caractéristiques d'étiage .....	83
Tableau 12: Espèces de poissons recensées sur l'ensemble des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés dans la rivière Kwé de 2000 jusqu'à fin 2013.....	88
Tableau 13: Espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur la rivière Kwé.....	89
Tableau 14: Espèces de poissons recensées sur la station d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques (TRU-70) de la rivière Truu depuis 2012 jusqu'à fin 2013. ....	94
Tableau 15: Espèces recensées sur l'ensemble des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés dans la rivière Wadjana depuis 2000 jusqu'à fin 2013. ....	96
Tableau 16: Espèces recensées sur chacune des stations d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur la rivière Wadjana.....	97
Tableau 17 : Statut, stratégie migratoire, effectif total et proportion en macrocrustacés recensés sur la Kwé depuis le début des inventaires .....	99
Tableau 18 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des macrocrustacés inventoriés sur chaque sous bassin versant de la Kwé. ....	101
Tableau 19 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des	

macrocrustacés inventoriés sur la Truu depuis 2012.....	104
Tableau 20 : Effectif total et proportion en macrocrustacés recensés sur la Wadjana depuis le début des inventaires (2007).....	106
Tableau 21 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des macro-crustacés inventoriés sur la Wadjana.....	107
Tableau 22 : Classification, effectif et proportion des taxons inventoriés sur le bassin versant de la Kwé.....	110
Tableau 23 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé principale.....	111
Tableau 24 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Nord.....	112
Tableau 25 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Est.....	113
Tableau 26 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest.....	115
Tableau 27 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest 4.....	116
Tableau 28 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest 5.....	119
Tableau 29 : Moyennes pluviométriques sur la période 2012-2044.....	135
Tableau 30 : Débits de référence et débits impactés par les éléments du projet d'exploitation minière pour les trois années de référence et pour toutes les stations représentatives.....	136
Tableau 31 : Écarts relatifs moyens entre l'état de référence et l'état perturbé par les aménagements miniers pour les <b>débits simulés</b> pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.....	159
Tableau 32 : <b>Diminutions des hauteurs d'eau</b> simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.....	160
Tableau 33 : Diminutions des vitesses moyennes simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.....	162
Tableau 34 : Diminutions de la largeur du lit mouillé simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.....	163
Tableau 35 : Tableau récapitulatif des espèces cibles et de leurs préférences écologiques....	191
Tableau 36 : Tableau récapitulatif des espèces cibles et de leurs préférences écologiques....	197
Tableau 37 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé par les espèces cibles piscicoles en situation de référence.....	200

Tableau 38 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé par les espèces cibles macrobenthiques en situation de référence .....	201
Tableau 39 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Smilosicyopus chloe</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	203
Tableau 40 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Cestreaeus plicatilis</i> et <i>Cestreaeus oxyrhyncus</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	204
Tableau 41 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Protogobius attiti</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence.....	205
Tableau 42 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Anguilla megastoma</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	206
Tableau 43 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Kuhlia rupestris</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	207
Tableau 44 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Helicopsychidae en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	208
Tableau 45 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Lepeorus</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	209
Tableau 46 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Polycentropodidae en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	210
Tableau 47 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydropsychidae en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	211
Tableau 48 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis du genre <i>Paratya</i> en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	212
Tableau 49 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydrobiidae en fonction des conditions hydrologiques de référence .....	212
Tableau 50 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de <i>Smilosicyopus chloe</i> .....	214
Tableau 51 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Smilosicyopus chloe</i> après réduction du débit .....	214
Tableau 52 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de <i>Cestreaeus plicatilis</i> et <i>Cestreaeus oxyrhyncus</i>	215
Tableau 53 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Cestreaeus plicatilis</i> et <i>Cestreaeus oxyrhyncus</i> après réduction du débit .....	216
Tableau 54 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de <i>Protogobius attiti</i> .....	217
Tableau 55 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-	

vis de <i>Protogobius attiti</i> après réduction du débit .....	217
Tableau 56 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis d' <i>Anguilla megastoma</i> .....	218
Tableau 57 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis d' <i>Anguilla megastoma</i> après réduction du débit.....	218
Tableau 58 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de <i>Kuhlia rupestris</i> .....	219
Tableau 59 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Kuhlia rupestris</i> après réduction du débit.....	220
Tableau 60 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Helicopsychidae .....	221
Tableau 61 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Helicopsychidae après réduction du débit.....	222
Tableau 62 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de <i>Lepeorus</i> .....	223
Tableau 63 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de <i>Lepeorus</i> après réduction du débit.....	223
Tableau 64 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Polycentropodidae.....	224
Tableau 65 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Polycentropodidae après réduction du débit .....	225
Tableau 66 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Hydropsychidae.....	226
Tableau 67 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydropsychidae après réduction du débit .....	226
Tableau 68 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des <i>Paratya</i> .....	227
Tableau 69 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des <i>Paratya</i> après réduction du débit .....	227
Tableau 70 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Hydrobiidae .....	228
Tableau 71 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydrobiidae après réduction du débit.....	229
Tableau 72: Surface totale de chaque type de formation sur l'ensemble de la zone d'étude...	255
Tableau 73: Surface totale de chaque type de formation par zone géographique. ....	256
Tableau 74: Sensibilité des espèces rares et menacées du site d'étude.....	274



## 1 CONTEXTE DE L'ETUDE

### 1.1 CONTEXTE

La société Vale Nouvelle-Calédonie prévoit de mettre en exploitation, dans les prochaines années, une fosse minière exploitée sur une période de 25 ans, dans le secteur Kwé Nord.

La modification des terrains, le creusement des fosses (qui modifie les circulations souterraines) et la mise en place de parcs de stockage de résidus (KWSRF, puis KO4 qui prendra le relais de KWRSF à horizon de 10 ans), de carrières et de verses vont modifier le débit des cours d'eau, généralement à la baisse.

La réglementation en vigueur dans le cadre de l'ouverture de fosses minières est régie par le Code Minier de la Nouvelle-Calédonie, créé par la Loi du pays n°2009-6 du 16 avril 2009.

L'article R142-10-4 du Code Minier prévoit les documents associés à la demande d'autorisation d'exploitation minière initiale, et en particulier au point 4 « un exposé relatif à la gestion et à la protection des eaux superficielles et souterraines ».

L'article R142-10-8 précise le contenu de cet exposé : « l'exposé (...) décrit l'état initial des eaux superficielles et souterraines et des cours d'eau permanents et intermittents (...). Il indique le plan de suivi des eaux, l'évaluation de l'impact sur les masses d'eau et les mesures mises en œuvre pour les limiter. ».

L'objectif de la mission confiée à A2EP/ERBIO/SoREco-NC est la réalisation d'une étude d'impact de la réduction des débits des rivières Truu, Wadjana et Kwé. Il est question de traiter l'impact de la réduction de débit sur le milieu aquatique :

- La faune et la flore aquatique
- La flore rivulaire (maquis rivulaire et forêts rivulaires)
- Les maquis des zones humides à hydromorphie permanente (Maquis des plaines hydromorphes, maquis rivulaire)
- Les maquis des zones à hydromorphie temporaire

L'étude se déroule en 3 phases :

- Phase 1 : Bibliographie et méthodologie
- Phase 2 : Reconnaissances de terrain
- Phase 3 : Rédaction de l'étude globale

**Le présent rapport constitue le rapport final de l'étude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique, correspondant à la phase 3.**

## 1.2 ZONE D'ETUDE

### 1.2.1 LA RIVIERE KWE

Pour les besoins de l'étude, la rivière Kwé a été divisée en 4 sous-bassins versants drainés par les principaux affluents de cette rivière (Figure 1) :

**La Kwé principale** correspondant au cours inférieur de la rivière Kwé. Il s'agit d'un cours d'eau de taille moyenne qui évacue vers le milieu marin 60 millions de m<sup>3</sup> par an pour un débit moyen de 1 900 l/s. Elle s'écoule vers le sud sur environ 4 km en direction du littoral au travers de la plaine de Port Boisé et se déverse dans un estuaire large de 74 m en fond de la baie Kué. En amont, elle est alimentée par trois affluents : la Kwé Ouest, la Kwé Nord et la Kwé Est.

**La Kwé Ouest** est un cours d'eau à faciès d'écoulement plat, globalement profond (plus d'un mètre) présentant quelques radiers rapides et s'écoulant vers l'est/sud-est sur 8 km. Cet affluent a un débit moyen de 860 l/s et représente environ 45% du bilan hydrique de la rivière Kwé principale.

**La Kwé Nord** est un petit torrent, de faible largeur, de pente forte. La vitesse de courant y est supérieure. Cet affluent s'écoule vers le sud/sud-ouest et son cours mesure environ 7 km.

**La Kwé Est** est un cours d'eau à faciès d'écoulement rapide, à dénivelé assez fort, présentant quelques cascades, de faible profondeur globalement qui s'écoule vers l'ouest sur environ 4 km.

Tous les affluents de la rivière Kwé drainent les eaux des terrains sur lesquels sont implantées les installations de Vale Nouvelle-Calédonie. La quantité d'eau drainée par la rivière Kwé est importante car le bassin versant de la Kwé est situé sur la deuxième zone géographique la plus pluvieuse de Nouvelle-Calédonie.

Le bassin-versant de la Kwé Ouest a une superficie de 18 km<sup>2</sup>, celui de la Kwé Nord 15 km<sup>2</sup> et celui de la Kwé Est 3 km<sup>2</sup>.

### 1.2.2 LA RIVIERE WADJANA

La rivière Wadjana est le cours d'eau situé le plus à l'Est. La rivière Wadjana draine une petite partie de la bordure est du plateau de Goro. Le bassin versant de cette rivière a une superficie de 4,6 km<sup>2</sup>, et draine par voies souterraines les eaux d'un bassin versant endoréique. Le débit de la Wadjana varie entre 28 et 365 l/s suivant la période hydrologique.

### 1.2.3 LA RIVIERE TRUU

La rivière Truu draine le versant ouest de la Crête Est de la plaine de Port Boisé. Cette rivière est aussi alimentée par des sources situées le long du versant en rive gauche de son cours principal. Par l'intermédiaire de ces sources, la rivière Truu draine également les quatre bassins versants endoréiques situés à l'est (endoréique de la rivière Kwé Est, endoréique de la Mine des

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 23 / 294</b>

Japonais et les deux bassins versants endoréiques de l'Entonnoir). Le débit au niveau de la station la plus en aval varie entre 64 et 301 l/s (ordre de grandeur comparable à la rivière Wadjana).

## **1.3 LES IMPACTS ACTUELS SUR LES COURS D'EAU ETUDIÉS**

### **1.3.1 FRAGMENTATION ET RUPTURE DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE**

Une des sources d'impacts notables sur les organismes dulçaquicoles<sup>1</sup> (faune et flore) est la rupture de continuité du corridor écologique provoquée par les aménagements des berges et/ou du cours d'eau. Les obstacles entraînant une rupture de la continuité sont recensés sur la Figure 2.

La Kwé concentre la majeure partie des ouvrages présents sur les cours d'eau étudiés.

Sur la Wadjana, un barrage avec une conduite forcée (« seuil Enercal ») est situé 650 m en amont de l'embouchure. L'exutoire du bassin versant endoréique pourrait être situé entre un radier (1,1 km en amont de l'embouchure) et le seuil Enercal. Sur l'aval, une partie de l'eau est déviée vers une conduite forcée qui permet d'entraîner une turbine.

La Truu ne présente qu'un seul obstacle connu. Il s'agit d'un radier proche de l'embouchure.

### **1.3.2 LA POLLUTION**

Les cours d'eau sont soumis à différents types de pollution (pollution physique, chimique et organique).

Comme pour les obstacles, c'est la Kwé qui présente les sources de pollution potentielles les plus marquées. Les pentes escarpées et le fort ruissellement des eaux de pluies créent un contexte favorable à une érosion des sols déjà naturellement importante, qui est accentuée par les activités anthropiques (défrichage et travaux de terrassement).

Plusieurs incendies, associés à l'impact historique et actuel des activités minières et forestières sur la zone ont fortement contribué à favoriser ce contexte érosif (Imirizaldu 2011).

Les eaux drainées par les différents affluents de la rivière Kwé traversent des formations géologiques ultramafiques principalement constituées de péridotites et de ses produits d'altération (saproлите, latérite, cuirasse de fer). Au cours de son trajet, l'eau se charge naturellement en métaux lourds. Les activités minières pourraient accentuer ce phénomène naturel et contribuer au déséquilibre de l'écosystème.

---

<sup>1</sup> Regroupe tous les organismes qui vivent en eau douce

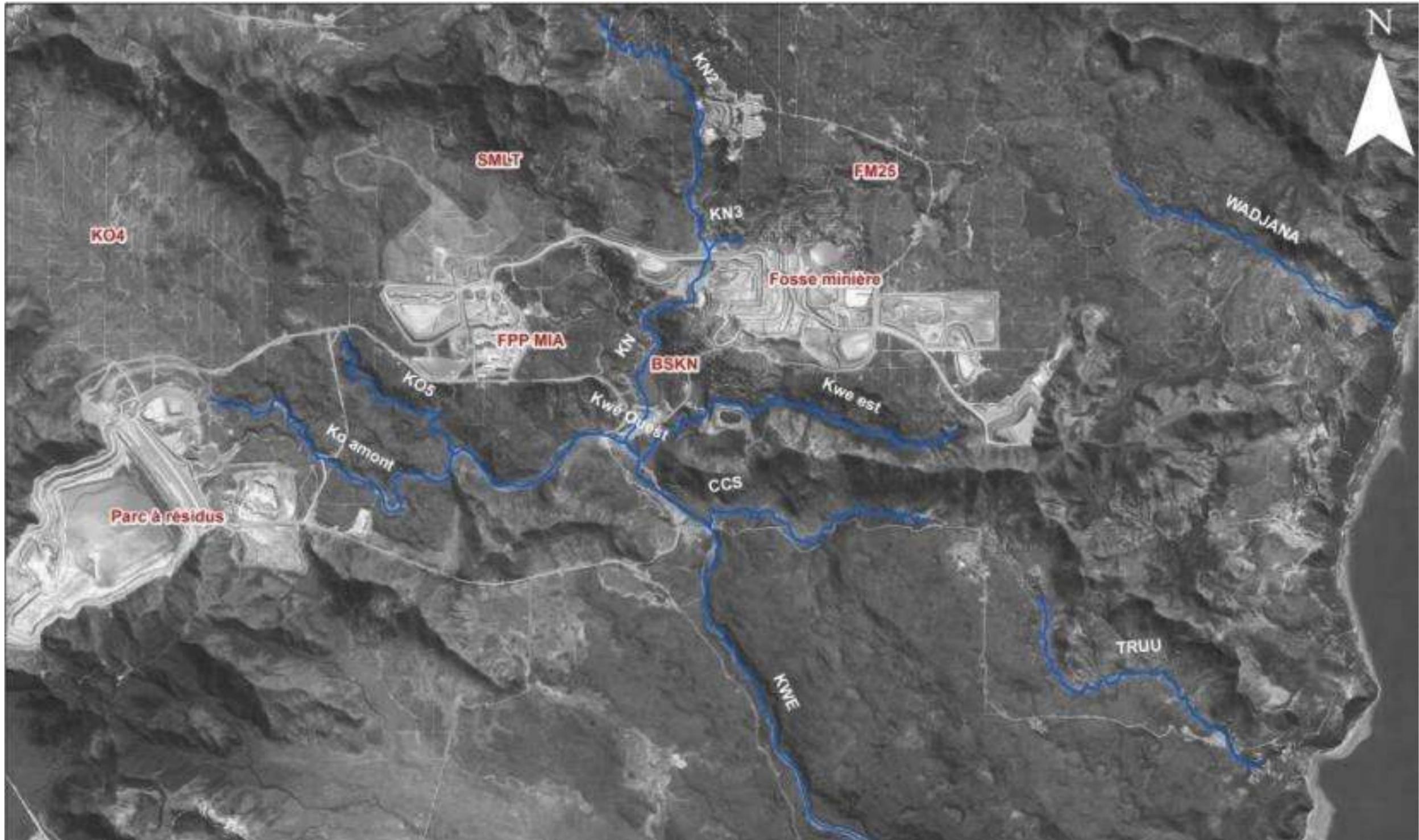


Figure 1 : Zone d'étude : cours d'eau et aménagements industriels

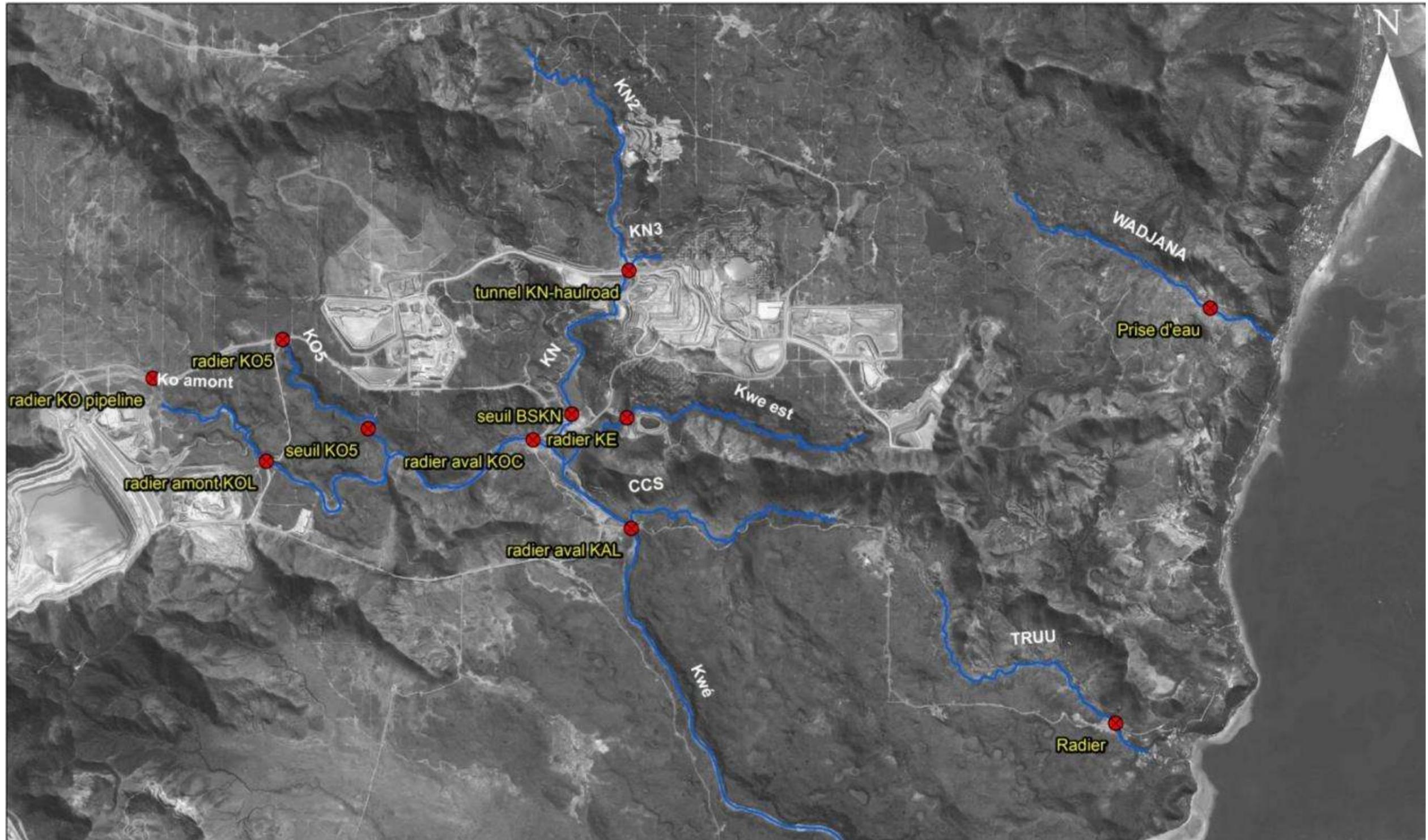


Figure 2 : Localisation des ouvrages sur les cours d'eau

## 2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

La synthèse bibliographique correspond à la phase 1 de l'étude d'impact.

Les objectifs de cette synthèse sont de faire le bilan des données de base disponibles, de présenter les connaissances sur les écosystèmes aquatiques et d'identifier les outils disponibles pour l'évaluation de l'impact d'une modification du débit sur l'écosystème.

Ce travail préliminaire prépare les reconnaissances de terrain (réalisées en phase 2), nécessaires à la récolte de données complémentaires.

### 2.1 IMPORTANCE DU REGIME HYDROLOGIQUE SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

#### 2.1.1 LA RELATION ESPECE-HABITAT

Au sein des écosystèmes aquatiques, les différents organismes vivants (les poissons, macro-invertébrés, macrophytes, etc.) interagissent entre eux et avec de nombreux facteurs environnementaux (biotiques ou abiotiques) (GIRARD 2013).

Les processus biologiques et physiques qui découlent de ces interactions sont relativement complexes et s'opèrent à différentes échelles spatio-temporelles (GIRARD 2013). Ces échelles sont imbriquées et pour comprendre l'organisation des écosystèmes, une approche hiérarchisée est généralement adoptée ((Frissell et al. 1986); (Biggs, NIKORA, et SNELDER 2005)). En particulier, l'étude de la relation espèce-habitat à l'échelle du micro-habitat permet de s'affranchir d'un certain nombre de facteurs (e.g. température, chimie) pour étudier la réponse des communautés aquatiques à un changement de débit (Statzner, Gore, et Resh 1988).

L'étude de la relation espèce-habitat repose sur l'idée que les espèces ont besoin d'un environnement spécifique qui se définit comme un ensemble de conditions environnementales, appelé niche écologique (Hutchinson 1957). Les espèces présentent donc des exigences vis-à-vis du micro-habitat qui va conditionner leur distribution au sein du tronçon. Ces préférences hydrauliques sont représentées de manière générale par la variation de la biodiversité et de l'abondance (ou l'occurrence) d'une espèce en fonction des variables hydrauliques qui sont classiquement **la vitesse, la hauteur, le substrat et la force de cisaillement**. D'après (Pursey, Arthington, et Read 1995), ces variables sont les plus importantes.

### 2.1.2 LES PREFERENCES HYDRAULIQUES DU MICRO-HABITAT

Le rôle de l'hydraulique dans la sélection du micro-habitat a été mis en évidence pour de nombreux organismes : chez les macrophytes (Riis et Biggs 2003), les poissons ((Jowett et Richardson 2003); (Teichert et al. 2012)), les macro-crustacés ((Jowett, Parkyn, et Richardson 2008); (Monti et Legendre 2009)) et les macro-invertébrés ((Jowett et al. 1991); (M. E. Benbow, Burky, et Way 1997); (Blanco et Scatena 2006); (Merigoux et al. 2009)). Toutefois, les paramètres hydrauliques ne sont pas nécessairement responsables de la sélection de l'habitat. Les préférences hydrauliques des espèces à l'échelle du micro-habitat sont flexibles entre les rivières, les saisons et les stades de vie ((Leftwich, Angermeier, et Dolloff 1997); (Jackson, Peres-Neto, et Olden 2001); (Lee et Suen 2012)). Malgré tout, certaines espèces montrent des préférences similaires à l'échelle de la région ((Lamouroux et Capra 2002); (Dolédéc et al. 2007)).

De la même manière, il a été mis en évidence que les traits fonctionnels des communautés de poissons et des macro-invertébrés répondent à un gradient hydraulique ((Lamouroux, Dolédéc, et Gayraud 2004); (Blanck, Tedesco, et Lamouroux 2007)), et certaines de ces relations sont comparables à l'échelle intracontinentale (rivières d'Europe, (Blanck et Lamouroux 2007)) et intercontinentale (rivières de France et de Virginie aux USA, (Lamouroux, Poff, et Angermeier 2002)). Cependant, la similitude des réponses **reste peu connue** au sein et en comparaison à d'autres contextes hydro-climatiques (rivières tropicales, méditerranéennes, de montagnes) où les régimes hydrologiques présentent des caractéristiques distinctes (N. Leroy Poff et Ward 1989; N. Leroy Poff et Ward 1990).

### 2.1.3 LES REPONSES DES ECOSYSTEMES A UN CHANGEMENT DE DEBIT

**La réponse des écosystèmes à un changement de débit est encore mal connue**, car peu d'études à ce jour ont pu prédire le changement de la structure des communautés en réponse à un changement de débit ((Lamouroux et al. 2006)).

Même lorsque l'on connaît les capacités de résilience et de résistance de la faune aquatique par rapport aux variations à court terme liées à des modifications du débit, Kennen et Riskin (2010) expliquent que les effets à long terme associés au développement d'activités modifiant les cours d'eau ne sont pas encore compris.

En effet, la réponse à un changement de débit n'est pas systématique ((Vilizzi, Gordon, et Roussel 2004); (Bradford et al. 2011)) et la validation des prédictions requiert l'étude de la dynamique des populations sur du long terme, en raison des multiples interactions. Une étude sur les réponses des communautés aquatiques à un changement de débit, regroupant 165 résultats de recherches (N. Leroy Poff et Zimmerman 2010), fait le bilan d'une grande variabilité des réponses suivant les groupes taxonomiques et/ou les régions concernées. Les auteurs identifient là une insuffisance de connaissances taxonomiques (en particulier chez les macro-invertébrés et les macrophytes) et autoécologiques (espèce tolérante, spécialiste ou non-native).

Néanmoins, **les changements hydrologiques**, incluant des changements annuels des niveaux d'eau dans les rivières, **entraînent des changements physiques et biologiques** au sein de la rivière (Riley 1998). Les modifications du régime hydrologique altèrent la composition, la structure, et le fonctionnement de l'écosystème aquatique à travers ses effets sur les caractéristiques

environnementales et les habitats incluant la température de l'eau, la teneur en oxygène dissous et la composition chimique de l'eau (**B.D. Richter et al. 1996; Ward et Stanford 1989**).

Beaucoup d'espèces aquatiques ont des cycles de vie très spécifiques qui leur permettent de profiter de diverses caractéristiques du régime d'écoulement (**N.L. Poff et al. 1997; N.L. Poff et al. 2006; Vieira et al. 2006**). La composition du régime hydrologique incluant les débits de base, les pulses annuels et la saisonnalité permet de réunir les **conditions d'habitat variées** et nécessaires **pour que s'établissent des biocénoses riches** et complexes (**Mathews 2009; N.L. Poff et al. 1997; B.D. Richter et al. 1997; Stanford et al. 1996**).

Les modifications dans le temps de la durée, de l'ampleur et du nombre des phénomènes hydrologiques peuvent donc affecter la faune aquatique et tout particulièrement les espèces sensibles (cycle de vie et exigences écologiques très particuliers). Par exemple, **le débit est un facteur très important dans le cycle de vie des poissons, pour des évènements critiques de leur cycle de vie (au moment du frai, pour la survie des larves) qui sont directement liés au régime hydrologique annuel (Humphries, King, et Koehn 1999)**.

La grande majorité des travaux sur les effets de réduction de débit sur les faunes d'invertébrés benthiques indiquent que les communautés sont surtout modifiées dans leur structure et dans les équilibres entre les différents groupes fonctionnels. Les taxons à fort degré de rhéophilie peuvent également être pénalisés. Les changements quantitatifs sont en revanche moins marqués. Ces recherches ont été menées principalement dans les zones continentales mais elles sont rares dans les zones tropicales. De plus, elles ont été conduites dans de nombreux systèmes affectés, malgré l'importance d'investigation en eau pure ou en espaces protégés afin de comprendre les communautés naturelles et de développer des plans de gestion, spécialement en milieu insulaire et tropical où les conditions hydrologiques sont totalement différentes. Il a été montré qu'en milieu tropical, où l'écoulement des rivières se caractérise par des conditions torrentielles, les débits en période d'étiage peuvent être inférieurs aux valeurs minimales (Débit minimum biologique) fixées par le cadre réglementaire.

#### 2.1.3.1 Modifications du débit en régimes naturels

Les modifications naturelles du débit conditionnent la morphologie et le renouvellement des habitats, et influencent donc fortement les organismes aquatiques en terme notamment de capacité de survie.

Les **effets principaux des sécheresses** naturelles sur l'habitat sont une forte **réduction des habitats lotiques** (rapide, cascades), une fragmentation des habitats avec une **perte de la continuité** hydraulique (latérale et longitudinale) et une réduction de la communication (débit d'attrait, chimique). L'accumulation des nutriments produit également des habitats de mauvaise qualité (**eutrophisation**). Par ailleurs, la **sédimentation** comble les interstices (diminuant le nombre de refuge contre la prédation) et altère les ressources alimentaires (enterrement des feuilles, recouvrement du périphyton).

Les effets des sécheresses naturelles observées sur les peuplements sont une **diminution des abondances** (Alan P. Covich, Crowl, et Heartsill-Scalley 2006), **une augmentation des migrations amont initiées par la compétition et/ou la prédation** (A. P. Covich et al. 2009; Crowl et Covich

1994; Lord et al. 2011) mais également une **migration limitée** par la fragmentation des habitats. La prolongation des périodes sèches et la diminution des variations du débit dans les rivières entraînent une régression des habitats favorables et une altération de la qualité des habitats provoquant également une altération des dynamiques trophiques (N.L. Poff et al. 1997; Power, Dietrich, et Finlay 1996). La durée et l'ampleur des périodes d'étiage semblent être significatives pour prédire la complexité des communautés aquatiques (par exemple la diversité des macroinvertébrés : la diversité en plécoptères et l'abondance en éphémères) et peuvent affaiblir la viabilité de certaines populations de poissons et de macroinvertébrés.

Les **crues** ont un **effet régulateur** sur les interactions inter et intra-spécifiques (Gomez-Aguirre, Longo-Sánchez, et Blanco 2009; Lee et Suen 2012; Monti et Legendre 2009), initient les migrations amont (Blanco et Scatena 2005), favorisent l'export des larves (Benstead, March, et Pringle 2000) et des nutriments vers les embouchures (abrasion du périphyton).

Les effets des crues sur les peuplements sont limités dans le temps et l'espace en raison de la présence de nombreux refuges hydrauliques dans le substrat et/ou de la forte capacité des espèces à recoloniser le milieu ((Cook et al. 2009) ; également observée après une pollution au chlore, (Greathouse et al. 2006)). En particulier, les effets des crues sont peu notables sur les populations de *Macrobrachium* (Alan P. Covich, Crowl, et Heartsill-Scalley 2006), à l'inverse des autres crevettes et des larves qui dérivent massivement vers l'aval (les densités d'Atyidae diminuent de près de moitié dans les zones amont ; (Alan P. Covich et al. 1991)).

Des suivis sur du long terme pendant lesquels se sont produit des événements extrêmes (sécheresse et ouragan) ont pu mettre en évidence un recouvrement rapide des populations. Par exemple, après le passage d'un ouragan, la population d'Atyidae s'est rétablie en seulement 6-7 mois (Alan P. Covich et al. 1991). A titre de comparaison, sur l'île de Taïwan, après le passage d'un typhon, la communauté de poissons a retrouvé sa composition initiale après 17 mois et le Gobiidae *Gobiid Rhinogobius* n'a pas été affecté pendant la période d'étude (Tew et al. 2002). En revanche, la reproduction des *X. elongata* a diminué au cours des années qui ont suivi une année de sécheresse record en 1994 à Porto Rico (Alan P. Covich, Crowl, et Scatena 2003).

Les macro-invertébrés aquatiques, dans les différentes phases de leur développement, sont vulnérables au changement du niveau de l'eau. Certains, par exemple, sont dépendants des fluctuations du niveau d'eau dans la rivière pour boucler leur cycle de reproduction. (Gomez-Aguirre, Longo-Sánchez, et Blanco 2009) ont étudié les communautés macro-benthiques dans les cours d'eau de l'île Gorgona à deux périodes hydrologiques différentes. Il en ressort une diminution de l'abondance et une homogénéisation de la composition taxonomique durant la saison des pluies. Il est reconnu aussi que les crues sont un élément perturbateur dans les rivières des milieux insulaires tropicaux de par les phénomènes de dérive et l'altération des refuges potentiels contre la prédation ((Flecker et Feifareck 1994); (Hildrew et Giller 1994); (Matthaei, Arbuckle, et Townsend 2000; A. Ramirez et Pringle 1998; A. Ramirez, Pringle, et Douglas 2006). En revanche, l'étude de (N. Mary 1999)) sur 41 stations en Nouvelle-Calédonie montre que la structure des peuplements benthiques a peu varié d'une saison à l'autre.

Dans l'ensemble, les espèces à niches écologiques étroites réagissent très vite aux changements survenant dans leur environnement

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 30 / 294</b>

### 2.1.3.2 Modifications du débit en régimes influencés

Les **effets des sécheresses** qui se produisent naturellement peuvent être **amplifiés par l'activité anthropique** (Alonso Ramirez et al. 2012). En effet, les conséquences des aménagements (prises d'eau, barrages, routes, rejets et/ou débordements des stations d'épuration) fréquemment observées induisent une **amplification de la fragmentation des habitats**, une **perte de la qualité de l'habitat**, une **mortalité accrue des larves lors de la dévalaison** (Eric Fiévet et al. 2000), une désorientation lors du recrutement ou lors de la montaison ((E Fiévet et Le Guennec 1998); (Gorbach et al. 2012)).

L'ensemble de ces impacts contribue à la modification des peuplements à plus ou moins long terme. En effet, il a été observé une diminution des abondances des espèces à l'amont des barrages et une accumulation des individus de petite taille à l'aval immédiat des barrages (effet sur les macro-invertébrés rhéophiles, (Mark Eric Benbow, Burky, et Way 2003; McIntosh, Benbow, et Burky 2002a; McIntosh et al. 2008a); et effet sur les crevettes, (Alan P. Covich, Crowl, et Scatena 2003)). Le maintien des espèces dans des conditions sub-optimales affecte leur croissance (effet des prédateurs sur la croissance des Atyidae ; (Leberer et Nelson 2001)) et leur reproduction (McIntosh et al. 2008a). Par exemple, pour les poissons *L. concolor* (Sicydiinae à Hawaii), il a été observée une plus grande variabilité du potentiel de reproduction chez les femelles (absence de reproduction aux plus faibles débits) et une plus grande production d'œufs ayant une taille plus petite en comparaison avec un site non impacté (Way et al. 1998).

Néanmoins, les conséquences d'un changement de régime hydrologique ne sont pas systématiques car le rétablissement des populations dépend de nombreux paramètres, tels que la configuration des rivières et de leur embouchure, qui déterminent la dispersion et la rétention des larves (Cook et al. 2009).

### 2.1.4 CADRE LEGISLATIF EN FRANCE ET DANS LES DOM/TOM

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 est la loi fondamentale qui régit la gestion quantitative de la ressource en eau en vue de préserver les milieux aquatiques en métropole. Ce texte de loi impose un débit minimal au droit ou à l'aval immédiat de l'ouvrage (seuils et barrages) pour maintenir et "garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces peuplant les cours d'eaux avant aménagement", défini initialement dans la loi Pêche de 1984. Ce débit minimal est communément appelé débit minimal biologique (DMB) ou débit réservé lorsque le débit minimal est associé aux prélèvements.

Le débit minimal fixé au droit ou à l'aval immédiat de l'ouvrage a une valeur plancher fixée de manière générale au 1/10<sup>ième</sup> du module interannuel. Le débit plancher est fixé au 1/20<sup>ième</sup> du module pour les cours d'eau ou section de cours d'eau dont le débit dépasse 80 m<sup>3</sup>/s ou les installations hydroélectriques qui participent à la production d'énergie aux heures de pointe. Le débit minimal à l'aval des ouvrages ne peut être inférieur aux valeurs planchers, à l'exception d'arrêtés administratifs spécifiques (e.g. cours d'eau ayant un fonctionnement atypique, étiage naturel exceptionnel) ou d'une modulation sur l'année autour du 1/10<sup>ième</sup> du module (avec un débit toujours >1/20<sup>ième</sup>). Par ailleurs, le débit plancher n'est en aucun cas une référence de qualité et ne saurait être la norme pour définir les débits réservés.

Le DMB tient compte non seulement des besoins des espèces au cours de leurs différents stades de vie mais vise également à répondre aux exigences de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) retranscrites dans les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des cours d'Eau (SDAGE).

### 2.1.5 LES OUTILS D'AIDE A LA GESTION DES DEBITS

De nombreuses méthodes ont été proposées comme outils d'aide à la gestion des débits (GIRARD 2013). Il en existe plus de 200 dans le monde (Tharme 2003) qui peuvent être regroupées selon quatre catégories : hydrologique, hydraulique, du micro-habitat et holistique.

Les méthodes hydrologiques ont été les premières à être mises en place. Elles se basent sur l'analyse des chroniques de débits en situation naturelle et requièrent des données sur des périodes relativement longues (~ 30 années) pour fournir des statistiques fiables. Le débit minimal se définit alors comme un pourcentage d'un débit caractéristique du régime naturel (débits d'étiages, module) auquel sont associés de potentiels effets sur les organismes aquatiques. Toutefois, le lien entre un débit minimal et un état écologique établi avec cette méthode ne repose pas sur des validations biologiques, excepté avec la méthode de Tennant (Tennant 1976). La méthode de Tennant est d'ailleurs à l'origine des débits plancher définis dans la LEMA, le module étant préféré aux débits d'étiages car c'est une donnée plus fiable ((Caissie, El-Jabi, et Bourgeois 1998)). Aujourd'hui, cette méthode a évolué vers la recommandation de régimes réservés sur la base d'un plus grand nombre de caractéristiques du régime (intensité, durée, fréquence) afin d'évaluer l'impact d'une altération des régimes (Range of Variability Approach, (Brian D. Richter et al. 1996)).

Les méthodes hydrauliques s'intéressent, quant à elles, à la variation des paramètres hydrauliques caractéristiques (périmètre mouillé, hauteur d'eau, ...) en fonction du débit sur plusieurs transects à l'échelle du tronçon. Par exemple, dans la méthode du périmètre mouillé, l'objectif est de maintenir un maximum de surface mouillée propice à la production alimentaire (périphyton), et le point de rupture observé graphiquement dans les relations de géométrie hydraulique définit le débit minimal (Jowett 1997; Jowett 1998).

La méthode du micro-habitat est la deuxième méthode la plus employée dans le monde (28 % des méthodes, (Tharme 2003)). Les modèles d'habitats associés couplent un modèle hydraulique du tronçon avec des modèles biologiques pour fournir une valeur d'habitat potentiel. Les modèles biologiques sont des courbes de préférences hydrauliques du micro-habitat, définies pour un groupe taxonomique (défini pour un stade de développement, d'espèces ou de groupes d'espèces). Le choix en particulier d'espèces à forte valeur patrimoniale ou économique conduit à parler d'espèces cibles. La valeur d'habitat (VH) fournie varie entre 0 (mauvaise qualité) et 1 (bonne qualité). La VH est en général exprimée quantitativement à travers un **Volume ou une Surface Pondérée Utile (VPU ou SPU)** en multipliant la VH par le volume ou la surface du tronçon du cours d'eau (exprimée par mètre du linéaire). La courbe de VPU (ou SPU) dans la gamme des débits simulés représente la réponse biologique à un changement de débit. Les courbes de VPU s'interprètent en particulier aux bas débits car l'efficacité de la pêche diminue pour les forts débits. Le débit minimal est discuté autour d'une valeur où la perte de VPU (ou SPU) par rapport à une situation naturelle de référence est rapide. Enfin, la valeur de débit minimale définie n'est pas

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 32 / 294</b>

systematique car elle dépend des espèces et du contexte écologique spécifique au site d'étude (hydrologie, hydraulique, biologie). En particulier, le choix du groupe taxonomique doit veiller à intégrer les espèces présentes et sensibles à la variation des conditions hydrauliques.

Les méthodes hydrologiques, hydrauliques et du micro-habitat nécessitent de nombreuses données et présentent une limite d'application dans des contextes où les ressources (techniques, financières et humaines) sont limitées. Dans de tels contextes, une approche holistique peut être adoptée où les recommandations de débits minimums reposent sur l'avis d'un panel d'experts (Building Block Methodology - BBM, (King et Louw 1998) ; Ecological Limits Of Hydrologic Alteration - ELOHA, (N. Leroy Poff et al. 2010)).

Le choix d'une méthode dépend donc du contexte en termes de ressources (humaines et financières) et des objectifs de gestion. Par conséquent, ces quatre types de méthodes ne s'excluent pas et peuvent être combinés (Jowett et Biggs 2006).

## 2.2 METHODES D'EVALUATION DES IMPACTS D'UNE MODIFICATION DES DEBITS SUR LES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

### 2.2.1 L'APPROCHE BIOLOGIQUE SIMPLE

Cette approche consiste à réaliser une carte de sectorisation du cours d'eau, en parcourant ce dernier à pied. Les différents faciès (radier, mouille, plat courant, etc...) sont délimités. Les habitats potentiels de quelques espèces cibles sont identifiés à dire d'experts (Figure 3).

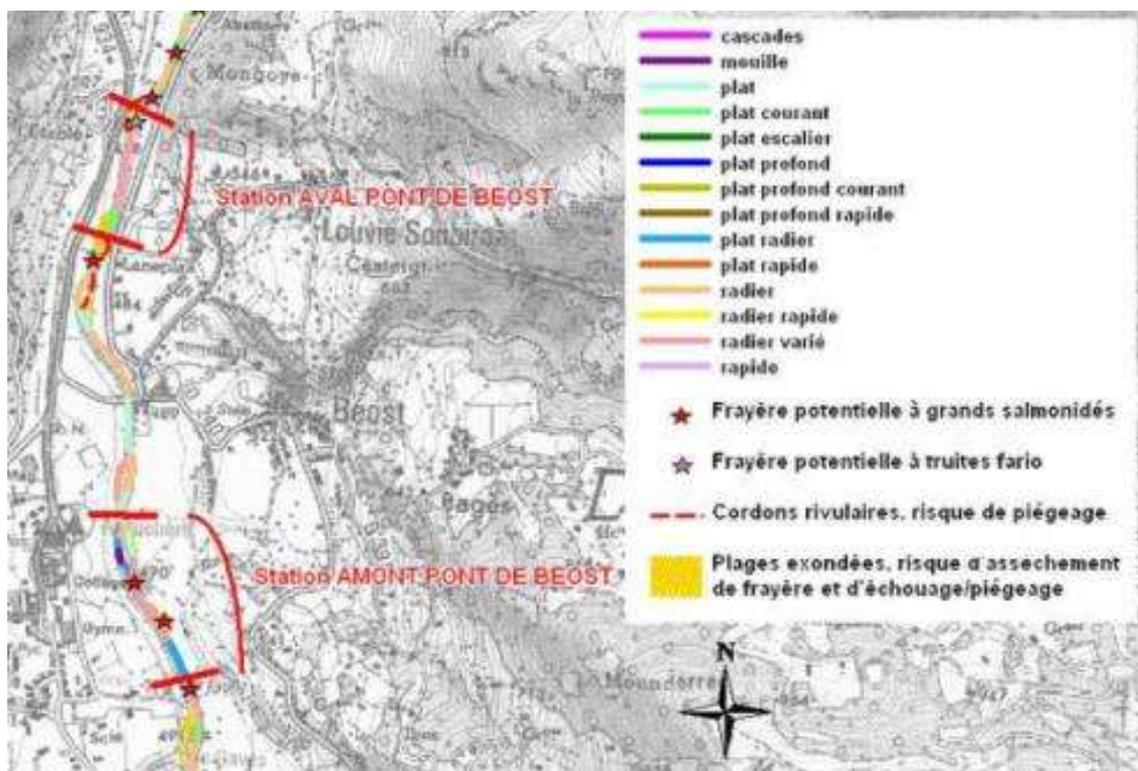


Figure 3 : Exemple de carte de sectorisation (ISL/Aquascop 2010)

On peut par la suite calculer la proportion de chaque faciès et obtenir un graphique semblable à celui présenté à la Figure 4. Une baisse de débit va impliquer une baisse de niveau d'eau. Les faciès les moins profonds à l'origine vont devenir les plus problématiques après la baisse de la ligne d'eau. Donc à partir du changement des proportions de faciès, on peut extrapoler l'impact sur la faune, toujours à dire d'experts.

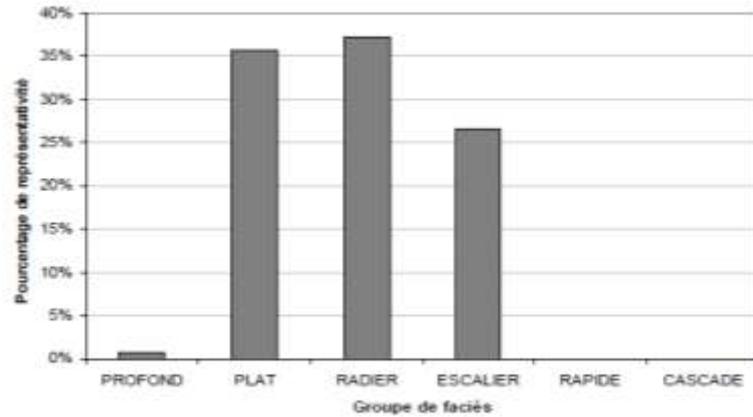


Figure 4 : Représentativité des faciès (ISL/Aquascop 2010)

### 2.2.2 L'APPROCHE HYDRAULIQUE

Une modélisation hydraulique monodimensionnelle des écoulements peut être effectuée à l'aide du logiciel HEC-RAS (développé par l'US Army Corps). Les données d'entrée sont la topographie du tronçon de rivière modélisée et l'évolution de la cote de la ligne d'eau en fonction du débit. Cela nécessite des levés topographiques qui sont organisés en transects perpendiculaires à la direction principale de l'écoulement. La géométrie de la station entre 2 transects est ensuite interpolée par le logiciel permettant ainsi de générer un modèle numérique de terrain de la station. Les conditions aux limites aval ainsi que le calage de la rugosité du chenal dans le modèle sont renseignés d'après les relevés de lignes d'eau effectués lors de campagnes de terrain. Les débits aux stations sont jaugés à l'aide d'un courantomètre.

Les résultats de la modélisation sont ensuite exploités à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) via l'interface HEC-GeoRAS.

Pour chaque débit modélisé, on dispose ainsi d'une carte de la surface mouillée ainsi qu'une carte de répartition des hauteurs et des vitesses sur les stations (un exemple de résultat est présenté à la Figure 5).

Les simulations permettent donc d'identifier les zones qui seront fortement impactées et celles qui le seront dans une moindre mesure ou pas du tout. L'impact biologique est extrapolé à dire d'expert à partir de l'impact hydromorphologique.

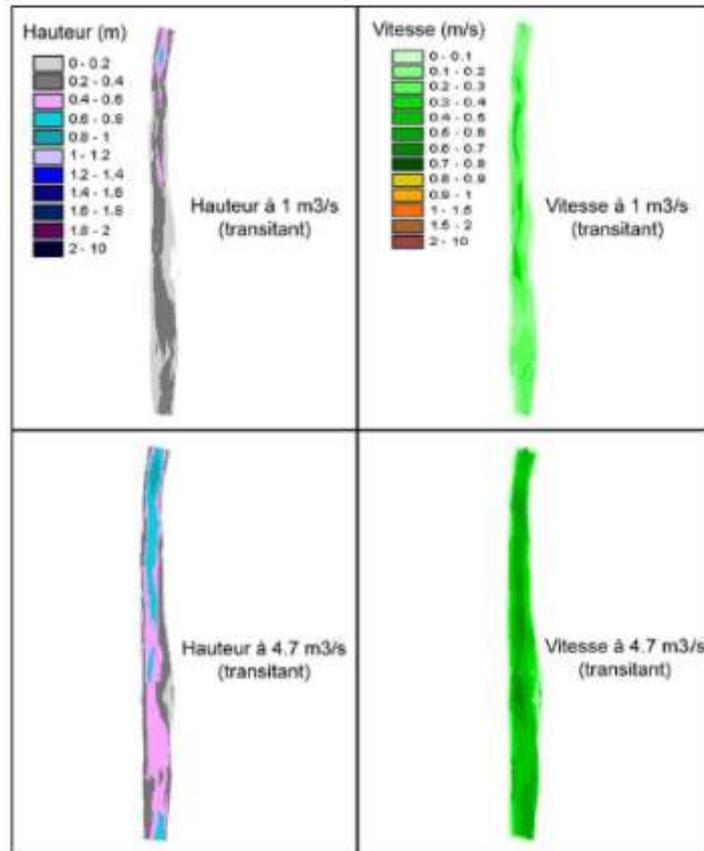


Figure 5 : Restitution d'un modèle hydraulique (vitesses et hauteurs d'eau) obtenu avec HEC-RAS (ECOGEA 2012)

## 2.2.3 L'APPROCHE COMBINÉE : LES MODELES D'HABITAT

### 2.2.3.1 L'approche classique

L'application de la méthode du micro-habitat a été initiée dans les années 70 aux USA dans le cadre méthodologique *Incremental Flow Instream Management* (IFIM, USGS) pour aider à la recommandation des débits réservés à l'aval des ouvrages. Le modèle d'habitat employé (PHABSIM, (Bovee 1982)) **couple un modèle hydraulique numérique aux modèles biologiques** (Figure 6). Ce modèle d'habitat a fait l'objet de nombreuses applications et adaptations dans le monde pour répondre à un besoin grandissant de quantifier les réponses des écosystèmes à un changement de débit (exemples de logiciels: EVHA en France, Ginot, 1995 ; RHYHABSIM en Nouvelle Zélande, (Jowett 1996); CASIMIR en Allemagne/Belgique, (Jorde, Schneider, et Zöllner 2000), (Schneider 2001)).

Paramètres critiques :

- protocole à mettre en place pour collecter les données relativement contraignant (nombreux relevés topographiques et hydrauliques)

- modèles hydrauliques peu adaptés aux écoulements torrentiels (où l'hypothèse du régime uniforme n'est plus respectée)

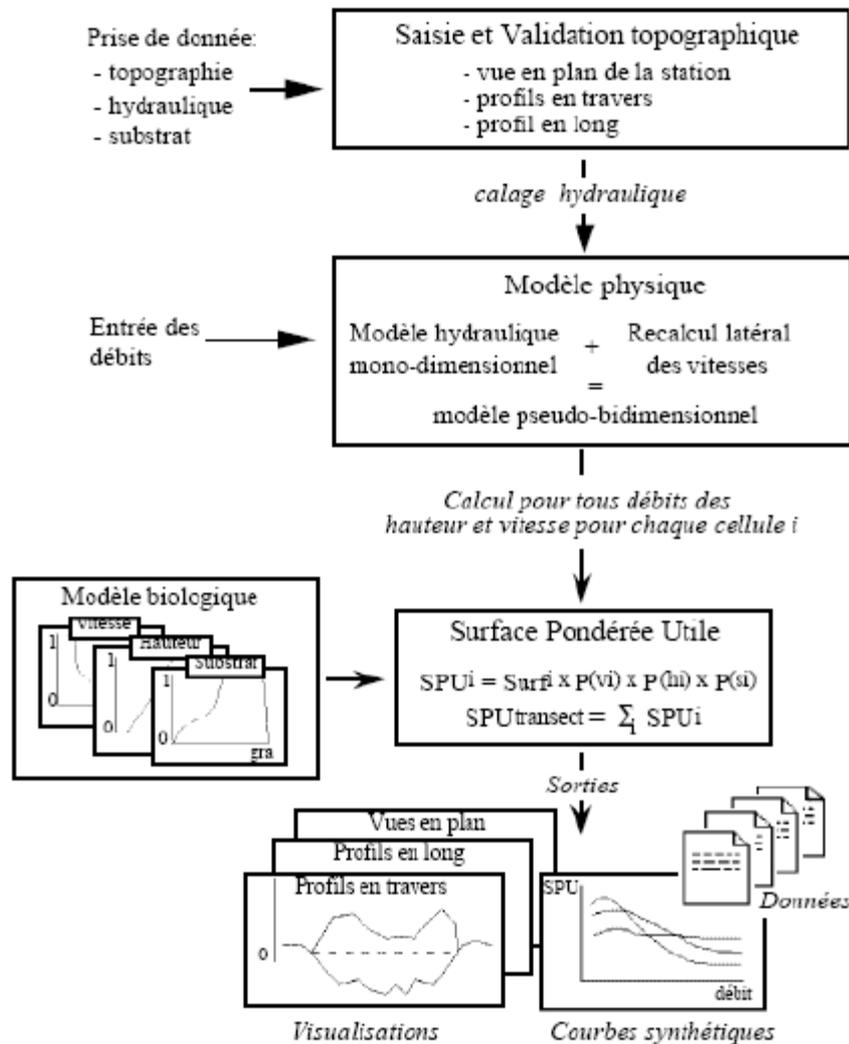


Figure 6: Principe de la méthode des micro-habitats (Ginot 1995b)

Une approche statistique peut alors être proposée comme alternative pour réduire l'effort d'échantillonnage et *a fortiori* le coût des études correspondantes.

### 2.2.3.2 Les approches statistiques

Il existe deux types de modèles d'habitats statistiques. Des modèles d'habitat, dits "généralisés", se basent sur la modélisation des valeurs d'habitat produites par les modèles d'habitats classiques. Les modèles d'habitat généralisés prédisent les valeurs d'habitat à partir de caractéristiques moyennes à l'échelle du tronçon relativement simples à collecter sur le terrain (e.g. hauteur d'eau, largeur mouillée ; e.g. logiciel ESTIMHAB, (Lamouroux et Capra 2002), (Lamouroux

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 37 / 294</b>

2002)). En effet, une centaine de hauteurs d'eau et une vingtaine de largeurs mouillées à deux débits (au minimum) suffisent à établir les relations de géométrie hydraulique à l'échelle du tronçon ((Stewardson 2005)), qui constituent les variables d'entrées du modèle. Les premiers résultats de validations des prédictions de modèles d'habitat statistiques dans les rivières des régions françaises ((Lamouroux et al. 2006)) ont montré la pertinence de leur emploi. De même, le transfert de ce type de modèle au contexte des rivières de Nouvelle-Zélande donne des prédictions relativement bonnes ((Lamouroux et Jowett 2005)). Cependant, ces modèles d'habitat statistiques ne concernent qu'un certain nombre d'espèces de poissons (dans les rivières françaises rithropotamiques).

Le deuxième type de modèles d'habitat statistiques, qui nécessite également des données d'entrées simples à collecter sur le terrain, est par contre plus souple d'emploi car les modèles couplent un modèle hydraulique statistique à des préférences biologiques ((Lamouroux et al. 1992), cf. logiciel FSTRESS ; (Lamouroux, Souchon, et Herouin 1995), (Lamouroux 1998), cf. logiciel STATHAB). Ce deuxième type de modèles d'habitat statistiques permet alors d'intégrer de nouveaux modèles de préférences biologiques selon les besoins de l'étude (macro-invertébrés, (Merigoux et al. 2009)).

Les modèles d'habitats statistiques présentent des limites d'application dans les rivières pentues (> 4 %), à forte granulométrie relative à la hauteur d'eau, aux rivières dont le module est supérieur à 30 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> et ne concernent que les rivières dont la morphologie du chenal a été peu ou pas impactée. Par ailleurs, des tests de transférabilité des modèles hydrauliques statistiques ((Lamouroux, Souchon, et Herouin 1995) ; (Lamouroux 1998); (Schweizer et al. 2007)) à d'autres contextes hydromorphologiques ont mis en évidence le besoin d'adapter les paramètres des modèles (Rosenfeld et al. 2011; Saraeva et Hardy 2009). Enfin, les modèles d'habitats statistiques n'offrent pas une cartographie des habitats hydrauliques à la différence des modèles d'habitat classiques.

Paramètres critiques :

- Non valide pour les rivières pentues (> 4 %), à forte granulométrie relative à la hauteur d'eau (> 1), aux rivières dont le module est supérieur à 30 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>
- Applicable uniquement au cours d'eau dont la morphologie est peu ou pas impactée
- Nécessite les courbes de préférences des espèces présentes

### 2.2.3.3 Une approche multi-sites

La généralisation des modèles d'habitats ou de leurs composantes (modèles biologiques ou hydrauliques) à l'échelle d'une région ou d'un ensemble de rivières s'adresse au problème de la transférabilité des modèles. En effet, la généralisation des modèles de préférences hydrauliques ou des modèles hydrauliques statistiques se base sur une approche multi-sites à l'échelle d'une région qui permet de s'affranchir des singularités à l'échelle de la station (facteurs biotiques ou abiotiques, spécificité du chenal). Par conséquent, la généralisation des modèles contribue à identifier les variables hydrauliques déterminantes dans la sélection de l'habitat chez les espèces à l'échelle du tronçon (Dolédéc et al. 2007; Lamouroux et Jowett 2005) et déterminantes de la distribution des variables hydrauliques du micro-habitat (Lamouroux, Souchon, et Herouin 1995; Schweizer et al. 2007). La poursuite du test de transférabilité des modèles d'habitat devrait permettre d'identifier les

mécanismes et les propriétés générales des écosystèmes suivant les groupes taxonomiques et les contextes hydromorphologiques. Par ailleurs, ces modèles généraux ont un large domaine d'application qui présente un fort intérêt dans la planification des débits à large échelle (région, nationale) à partir de données géoréférencées pour prioriser les projets de restauration par exemple (Snelder, Booker, et Lamouroux 2011).

## 2.2.4 L'IDENTIFICATION DES ZONES HYDROMORPHES RIVULAIRES

Le cahier des charges prévoit de déterminer l'impact de la réduction du débit sur les formations rivulaires. La première étape de ce volet consiste donc à identifier et délimiter cette zone rivulaire hydromorphe.

### 2.2.4.1 Emploi de carte des sols

Quand elles sont disponibles et suffisamment précises, les cartes pédologiques permettent d'identifier les zones hydromorphes potentielles.

### 2.2.4.2 Emploi de photo-aériennes

Cela peut aussi se faire à l'aide de photo-aériennes, en observant les différentes strates et types de végétation. Cela permet d'identifier les zones hydromorphes effectives.

### 2.2.4.3 Emploi d'indices topographiques

Une autre méthode peut être employée, notamment lorsque la végétation a été dégradée et qu'il s'agit alors d'identifier la zone rivulaire hydromorphe potentielle (zone humide existante mais non visible de la surface). Cette approche se base sur un indice topographique. Cette méthode est de plus en plus employée à l'heure actuelle en France et à l'international.

#### L'indice de Kirkby

L'indice de Kirkby est un indice géomorphologique dérivé du modèle hydrologique TOPMODEL (Beven & Kirkby 1979). Cet indice développe le concept d'aires contributives variables selon lequel les différentes zones d'un bassin versant ne contribuent pas de la même manière aux flux d'eau. La localisation de ces aires contributives dépend de la convergence des différents flux d'eau, de la pente et de la conductivité hydraulique.

Cet indice tient compte de la pente locale ( $\beta$ ), de la surface spécifique ( $\alpha$ ) (= l'aire contributive / la longueur du côté d'un pixel) et la transmissivité (T) et s'obtient avec la formule suivante:

$$i = \ln \left( \frac{\alpha}{T \cdot \tan \beta} \right)$$

Le potentiel de saturation augmente avec la valeur de cet indice.

Plus l'aire drainée amont est importante et plus la pente locale est faible, plus la quantité d'eau drainée sera grande et plus l'évacuation de celle-ci sera difficile.

L'utilisation de ce concept permet de diviser le bassin versant en deux zones : une zone saturée (avec des valeurs d'indice élevées) et une zone non-saturée. La limite entre ces deux zones est variable dans le temps. Il est souvent possible de négliger les variations de la transmissivité T devant celles de la pente et de la surface spécifique. L'indice résultant, appelé indice topographique ou indice de saturation, s'obtient avec la formule suivante:

$$i = \ln \left( \frac{\alpha}{\tan\beta} \right)$$

Cet indice topographique a été récemment utilisé lors de l'étude des zones humides et se révèle être une voie de recherche intéressante notamment pour la délimitation des zones humides. Par exemple, Mérot *et al.* (1995) l'utilisent pour prédire la distribution des zones humides ou plus précisément l'extension des sols inondés dans deux petits bassins versants. Cette méthode de localisation des zones humides donne de bons résultats, néanmoins, il arrive que les forts contenus en eau ne correspondent pas toujours aux fortes valeurs d'indices topographiques (Mérot 1995).

Les autres indices topographiques développés.

Deux autres indices ont été développés pour améliorer la prédiction de la localisation des zones humides. (Gascuel-Ouroux et al. 1998) proposent alors un indice modifié où la pente locale ( $\beta$ ) est remplacée par la pente aval et correspond au dénivelé jusqu'à la rivière. La prise en compte de la pente aval à la place de la pente locale se justifie car elle permet d'introduire une référence à la rivière.

Le second indice modifié, proposé par Mérot (2003), est un indice climato-topographique :

$$i = \ln \left( \frac{Vr}{\tan\beta} \right)$$

où Vr est égale à la surface spécifique multipliée par la hauteur moyenne des pluies efficaces annuelles (précipitations moins évapotranspiration). L'utilisation de ce nouvel indice permet de comparer plusieurs bassins qui n'ont pas les mêmes données climatiques. En effet, la présence et la taille des zones humides dans un bassin versant sont fortement dépendantes de la pluie efficace annuelle : plus la pluie est importante et plus les zones humides seront grandes.

Le tableau 1 résume l'ensemble des indices topographiques développés pour la prédiction des zones humides riveraines (ou zones hydromorphes rivulaires).

Tableau 1 : Indices topographiques développés pour la prédiction des zones humides riveraines

Nom de l'indice	Formule
<b>Indice topographique</b>	$i = \ln(\alpha / \tan\beta)$ $\alpha =$ surface spécifique $\beta =$ pente locale
<b>Indice Topo-sol</b>	$I = \ln(\alpha / T \tan\beta)$ $\alpha =$ surface spécifique

	$\beta$ = pente locale T= transmissivité
<b>Indice topo-pente aval</b>	$i = \ln(\alpha / \tan \beta)$ $\alpha$ =surface spécifique $\beta$ =pente drainée amont
<b>Indice climato-topographique</b>	$i = \ln(Vr / \tan \beta)$ Vr= surface spécifique*précipitation effective annuelle moyenne $\beta$ = pente locale

## 2.2.5 PREDICTION DE L'AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU

Comme décrit précédemment, la température de l'eau joue un rôle majeur dans la régulation de l'écosystème lotique, en particulier sur les poissons. On peut notamment rappeler qu'elle intervient directement sur certaines fonctions vitales comme le métabolisme, donc la croissance, l'activité hormonale, la reproduction, mais peut aussi intervenir indirectement, par exemple, pour certaines pathologies qui sont favorisées par l'élévation de la température de l'eau.

Un des impacts induits par une réduction du débit est une élévation de la température de l'eau. En effet, la diminution du débit engendre simultanément une **diminution de la profondeur** ainsi qu'une **augmentation du temps de transit des masses d'eau**.

Il semble donc intéressant de prédire et quantifier cette augmentation de température sur les cours d'eau impactés. Selon certains auteurs, cette étape est même essentielle aux études d'impacts sur les cours d'eau (Belanger 2005).

### 2.2.5.1 Réseau de neurones et régression linéaire multiple

Ces deux méthodes ont été développées par Belanger (2005) pour prédire la température de l'eau à partir de 2 paramètres que sont la température de l'air et le débit du cours d'eau. Ces paramètres ont été choisis car ils peuvent être facilement disponibles (mesures par sondes automatiques).

Les deux méthodes se basent sur l'hypothèse que la température de l'eau est significativement dépendante de la température de l'air des 2 jours précédents. Cette hypothèse a été validée par de nombreux auteurs.

1. La méthode des réseaux de neurones est basée sur une représentation schématique des neurones dans le cerveau. Cette méthode a été développée suite à des observations biologiques qui indiquent que les neurones font partie d'un réseau structuré. Les neurones sont organisés en couches, et il y a échange d'informations entre les couches. Le problème de simulation consiste à trouver une relation satisfaisante entre un groupe de neurones représentant les données d'entrée et le groupe associé aux données de sortie.
2. La régression linéaire multiple est une analyse statistique qui décrit les variations d'une variable endogène associée aux variations de plusieurs variables exogènes.

Ces méthodes ne seront pas présentées en détails, celles-ci nécessitant un niveau de technicité important. Cependant, ce sont des **méthodes efficaces qui permettent une bonne prédiction de la température avec un biais très faible (de l'ordre de 0.3°C)**.

### 2.2.5.2 Modèle EDF

La direction des Etudes et Recherches d'EDF a mis au point un modèle thermique qui permet de prévoir l'évolution des températures suite aux réductions de débits:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\rho c V} (RS + RA + P - RE - CV - CE). S$$

où

$\rho$  est la masse spécifique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)

$c$  est la chaleur spécifique de l'eau (J/kg.°C)

$RS, RA, P, RE, CV, CE$  sont des flux de chaleur (W/m<sup>2</sup>)  $V$  est le volume d'une masse d'eau étudiée

$S$  est l'aire de la surface libre

## 2.3 CONNAISSANCES SUR LES ECOSYSTEMES DES RIVIERES INSULAIRES TROPICALES

### 2.3.1 BIODIVERSITE AU SEIN DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES CALEDONIENS

#### 2.3.1.1 Biodiversité et endémisme

Les rivières insulaires tropicales ont généralement une **faible biodiversité et un fort taux d'endémisme** à l'échelle des îles et des archipels (A. P. Covich 2006) en raison d'une biogéographie récente (Darlington 1957; Philippe Keith et al. 2011; Page et al. 2008). La plupart des espèces indigènes sont des espèces migratrices dites diadromes avec différents degrés de tolérance des eaux salées (ponctuellement ou sur une longue période). Les espèces diadromes sont particulièrement bien adaptées au contexte insulaire tropical, car la diadromie est une stratégie de vie favorable à la dispersion et à une recolonisation rapide dans des conditions extrêmes (cyclone, éruption, crue violente) et imprévisibles (Leathwick et al. 2008; McDowall 2008). L'aire de répartition des espèces diadromes varie selon les espèces et les courants marins, et peut être particulièrement étendue (*S. lagocephalus* observé dans la Kwé est présent dans une aire ayant un rayon de 18 000 km ((Philippe Keith et al. 2005; Philippe Keith et al. 2011)).

Depuis sa séparation avec le continent Gondwana, la Nouvelle-Calédonie a conservé de nombreux vestiges de son passé à travers une faune et une flore d'une richesse et d'une rareté exceptionnelles, caractérisées par un très fort taux d'endémisme: 76 % pour la flore par exemple, 32 % pour les oiseaux et 76 % pour les geckos et les scinques (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a).

La faune aquatique de la Nouvelle Calédonie est un mélange d'éléments anciens aux affinités australiennes et même circum-antarctique, d'éléments asiatico-indonésiens et d'intrus indo-pacifiques récents d'origine marine (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a).

En ce qui concerne les poissons et les crustacés décapodes, les milieux aquatiques de Nouvelle-Calédonie ont été essentiellement colonisés à l'origine par des espèces marines remontant dans les estuaires ou par des espèces migratrices amphihalines réalisant une partie de leur cycle biologique en eau douce (Anguillidae, Gobiidae, Eleotridae). Certaines espèces marines se sont progressivement adaptées aux eaux douces et ont colonisé certains habitats. L'isolement et l'adaptation de certaines populations ont ensuite favorisé le développement d'un certain endémisme

tant chez les poissons que chez les crustacés décapodes. Certaines espèces sont ainsi limitées à seulement quelques bassins versants du pays (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a).

**Les poissons et les macrocrustacés d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie rassemblent 101 espèces d'eau douce** (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a), **soit 64 de poissons et 37 de crustacés décapodes**. Cet effectif prend en compte les espèces diadromes, vicariantes, complémentaires et sporadiques indigènes susceptibles d'être rencontrées dans les eaux douces et saumâtres de façon pérenne ou régulière ainsi que les espèces introduites présentes en eau libre. Les espèces marines qui pénètrent parfois en quête de nourriture ou de déplacements dans les estuaires ou qui séjournent à l'état juvénile ne sont pas comptabilisées.

Parmi celles-ci, 25 espèces sont endémiques soit 24,8 % des espèces indigènes présentes (17,2 % pour les poissons et 37,8 % pour les crustacés).

Concernant les macroinvertébrés, l'étude réalisée par Mary (1999), indique que la macrofaune benthique des rivières calédoniennes est dominée par les insectes. Ce groupe est représenté par 8 ordres : les éphéméroptères, les odonoptères, les hétéroptères, les coléoptères, les trichoptères, les lépidoptères, les diptères et les collemboles. Tous les auteurs indiquent un **taux d'endémisme assez élevé chez ces insectes aquatiques, plus de 75% d'entre eux seraient endémiques à la Nouvelle-Calédonie**. Plus spécifiquement, chez les éphéméroptères, largement dominés par les Leptophlebiidae, toutes les espèces sont endémiques. Chez les trichoptères, les familles Ecnomidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Kokiriidae et les Leptoceridae sont endémiques à la Nouvelle-Calédonie. L'endémisme est proche de 40% chez les odonates, les hétéroptères et les coléoptères.

L'absence de Plécoptères en Nouvelle-Calédonie est à noter, il s'agit là d'une des caractéristiques du peuplement du Territoire (Nathalie Mary 2000).

### 2.3.1.2 Tolérance à la salinité et zonation altitudinale/longitudinale

La classification des espèces de poissons et des crustacés décapodes en fonction de leur tolérance à la salinité, critère majeur d'adaptation en milieu insulaire, permet la compréhension de leur répartition biogéographique et de leur écologie.

A partir des travaux de (Myers 1938) adaptés par (Banarescu 1990)) puis par (McDowall 1997) et (Philippe Keith 1998), la classification suivante est proposée par (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a), soit:

- Les poissons **Primaires**, strictement intolérants aux eaux salées,
- Les poissons **Secondaires**, plutôt inféodés aux eaux douces, mais capables de passer des barrières salées étroites,
- Les poissons **Diadromes**, migrent alternativement entre l'eau salée (ou embouchure) et l'eau douce selon la période de leur vie pour y réaliser une étape de leur cycle biologique. Ils se divisent en trois sous-catégories:
  - Les poissons **Anadromes** (passent la majorité de leur vie en mer et ils migrent en eau douce pour s'y reproduire, exemple des salmonidés),

- Les poissons **Catadromes** (passent la majorité de leur vie en eau douce et ils migrent en mer pour s'y reproduire, exemple des anguillidés),
  - Les poissons **Amphidromes** réalisent une partie de leur cycle de vie en mer ou en eaux saumâtres. La migration n'a pas pour objectif majeur la reproduction, comme c'est le cas dans les deux catégories précédentes.
- Les poissons **Vicariants**, présumés non diadromes sont des représentants d'eau douce d'une famille d'origine marine,
  - Les poissons **Complémentaires**, poissons d'eau douce souvent ou habituellement diadromes et appartenant à des groupes marins. Ils deviennent dominants en eau douce si les catégories 1, 2 et 4 ne sont pas présentes,
  - Les poissons **Sporadiques**, poissons vivants indifféremment en eau douce ou salée ou qui rentrent en eau douce sporadiquement sans vraie migration.

Les espèces d'eau douce vraies se répartissent en deux groupes: les poissons primaires appartenant à des familles de poissons strictement inféodées aux eaux douces et les poissons secondaires, appartenant à des familles capables de franchir de courtes barrières océanes salées pour rejoindre un autre bassin versant.

Comme la plupart des "îles" du Pacifique, la Nouvelle-Calédonie bien que d'origine continentale, se caractérise par l'absence de poissons primaires et de poissons secondaires indigènes (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a).

Les poissons vicariants du territoire (non-diadromes) sont essentiellement représentés par les deux mullets noirs (*Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus*), et le *Galaxias neocaledonicus*. Les mullets noirs fréquentent uniquement les eaux courantes, de l'estuaire jusqu'au cours moyen. Ils sont très rhéophiles. D'après (D Bell, E Johnson, et J Hobday 2011), ces espèces, qualifiées d'espèces potamodromes, migrent complètement en eau douce. Elles effectuent la totalité de leur cycle en eau douce.

**Les espèces diadromes se distribuent en fonction de l'altitude et du courant selon leur capacité à escalader les obstacles pour accéder à leurs habitats préférentiels.** Par conséquent, la richesse décroît de l'embouchure vers les têtes de bassins versants et un changement brutal de la richesse spécifique peut être observé en fonction de la présence ou non de cascades infranchissables (A. P. Covich et al. 2009). La richesse spécifique d'un cours d'eau non impacté (ou très faiblement impacté) est généralement plus élevée à l'aval (embouchure) et va en diminuant vers l'amont du cours d'eau (Koné et al. 2003).

Les poissons diadromes catadromes sont représentés par cinq espèces d'anguilles: *Anguilla australis*, *A. marmorata*, *A. megastoma*, *A. obscura* et *A. reinhardtii* (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a) et deux carpes *Kuhlia marginata* et *Kuhlia rupestris* (Feutry et al. 2013). La carpe *K. rupestris* et les deux anguilles *A. marmorata* et *A. reinhardtii* sont les espèces les plus fréquentes dans les rivières de la Grande Terre, du cours inférieur au cours supérieur. La carpe à queue rouge *K. marginata* est qualifiée de rare et sensible. D'après Dr Gerald R. Allen (1991), la carpe à queue rouge *Kuhlia marginata* vit essentiellement dans les eaux propres, non polluées (« small, clean, fastflowing costal brooks »). Elle est donc beaucoup plus sensible que *Kuhlia rupestris* qui est plus résistante et retrouvée parfois dans des cours d'eau fortement impactés (Lewis et Hogan 1987). *A.*

*australis* est peu présente dans les rivières. Quant à *A. obscura*, elle est cantonnée aux eaux stagnantes des cours inférieurs des rivières de la Grande Terre et aux trous d'eau des îles Loyauté (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a). Contrairement aux autres espèces qui sont présentes dans les parties basses, *A. megastoma* ne fait que passer dans le cours inférieur à l'état juvénile lors de ses migrations vers l'amont des rivières.

A la suite de l'absence de poissons primaires et de poissons secondaires indigènes, **les rivières calédoniennes sont donc surtout colonisées par des poissons diadromes amphidromes**. Ils comprennent essentiellement deux familles, les Gobiidae et les Eleotridae. **Leur répartition dépend essentiellement de deux facteurs étroitement liés: l'altitude et la force du courant** (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a). Par exemple, les *Stenogobius*, les *Schismatogobius* et les *Glossogobius* sont cantonnés au cours inférieur des rivières et aux eaux stagnantes littorales. Les *Stiphodon* colonisent le cours inférieur et le cours moyen, essentiellement là où le courant est faible. *Sicyopterus lagocephalus* et *Sicyopterus sarasini* sont capables de franchir les cascades tout comme les *Lentipes* et les *Sicyopus*. Les Eleotridae se rencontrent aussi bien dans les eaux courantes (là où le courant est faible) de l'estuaire au cours moyen, que dans les eaux stagnantes.

Les Gobiidae se distinguent des autres espèces migratrices (e.g. Eleotridae, Anguillidae, Mugilidae, Kuhliidae) car ils présentent une morphologie adaptée (ventouses ventrales) leur permettant de résister aux écoulements torrentiels dominant dans les parties amont (P Keith 2003) et de franchir des grandes chutes (hauteur > 30 m, Blob et al. 2010; Maie, Schoenfuss, et Blob 2007). En revanche, les Anguillidae et Mugilidae, qui sont de très bons nageurs, sont limités dans leur déplacement amont par les grandes chutes infranchissables, et les Eleotridae et les Kuhliidae sont inféodés au cours d'eau bas et moyens où les écoulements sont plus lents.

Enfin, les poissons sporadiques ne colonisent que le cours inférieur des rivières. Ils appartiennent essentiellement à huit familles: Ophichthidae, Muraenidae, Moringuidae, Ambassidae, Microdesmidae, Scatophagidae, Syngnathidae et Mugilidae.

En ce qui concerne les **crustacés d'eau douce**, les espèces inventoriées sur le territoire sont essentiellement **diadromes amphidromes ou vicariantes**. Les crevettes de la famille des Atyidae présentent différentes capacités à escalader les cascades (e.g. Polynésie française, Fossati, Mosseron, et Keith 2002; De Grave, Cai, et Anker 2008). Les *Paratya*, endémiques à la Nouvelle-Calédonie et très rhéophiles pour certaines, ont une bonne capacité à escalader et se trouvent essentiellement en tête de bassin versant. En revanche, les *Macrobrachium* se situent préférentiellement dans les cours moyens et inférieurs.

Contrairement aux poissons et crustacés d'eau douce, la grande majorité des macro-invertébrés benthiques, essentiellement des larves aquatiques, ne sont pas migrateurs. Leur possibilité de déplacements sont faibles (Tachet 2010). Néanmoins, les gastéropodes Neritidae, présents dans la région pacifique dont la Nouvelle-Calédonie, sont connus pour être migrateurs. Ils ont un cycle biologique de type diadrome amphidrome (Resh, Barnes, et Craig 1990).

### 2.3.1.3 Tolérance à une modification de la température

La réduction du débit induit généralement une augmentation de la température de l'eau. Certains êtres vivants comme les mammifères ou les oiseaux ont une température corporelle

constante. Ces espèces sont dites homéothermes. Les poissons, quant à eux, sont incapables de garder leur température interne constante et celle-ci varie en fonction de la température de l'eau. Ils sont dits poïkilothermes.

On distingue les espèces eurythermes, susceptibles de supporter de grandes amplitudes de température, qui vivent préférentiellement en zone de plaine, et les espèces sténothermes qui, elles, au contraire ne tolèrent que de faibles variations autour d'une valeur moyenne. Ces dernières sont doublement dépendantes et sensibles aux valeurs de la température de l'eau. On comprend mieux pourquoi la température de l'eau est un facteur écologique primordial et les raisons pour lesquelles ses variations au cours de l'année jouent un rôle direct sur la survie des poissons. Ainsi, la température de l'eau intervient directement sur certaines fonctions vitales comme le métabolisme, donc la croissance, l'activité hormonale, la reproduction, mais peut aussi intervenir indirectement, par exemple, pour certaines pathologies qui sont favorisées par l'élévation de la température de l'eau.

#### **2.3.1.3.1 Température et métabolisme**

La température intervient directement dans la qualité chimique des eaux puisqu'elle agit sur les concentrations des différents composés essentiels présents dans l'eau, l'azote, le calcium et également l'oxygène dissous (Figure 7). D'une manière générale, une élévation de température accélère le métabolisme du poisson et donc stimule sa croissance alors qu'une baisse de la température provoque l'effet inverse.

Lorsque la température de l'eau augmente, la demande en oxygène augmente car le poisson est plus actif et s'alimente plus pour répondre à la demande métabolique. Dans le même temps, la disponibilité de l'oxygène dans l'eau diminue avec l'augmentation de la température qui limite la solubilité des gaz.

Des variations de température ont lieu au cours de l'année, par exemple entre l'été et l'hiver, où l'amplitude tourne en général autour de 15 à 20 °C. Les conditions de température d'un cours d'eau peuvent également varier de 4 à 10 °C au cours d'une même journée.

Les valeurs extrêmes de température (élevée ou basse) peuvent rendre les conditions de vie plus difficiles en provoquant un déséquilibre entre les différents éléments, ce qui fait qu'au moins un de ces éléments atteint une valeur qui n'est plus compatible avec les exigences écologiques d'une espèce. Dans ces conditions, le poisson rentre en état de stress, arrête de s'alimenter, bloque son métabolisme et, cas extrême, cherche à migrer ou peut mourir si certaines valeurs dépassent ses limites vitales.

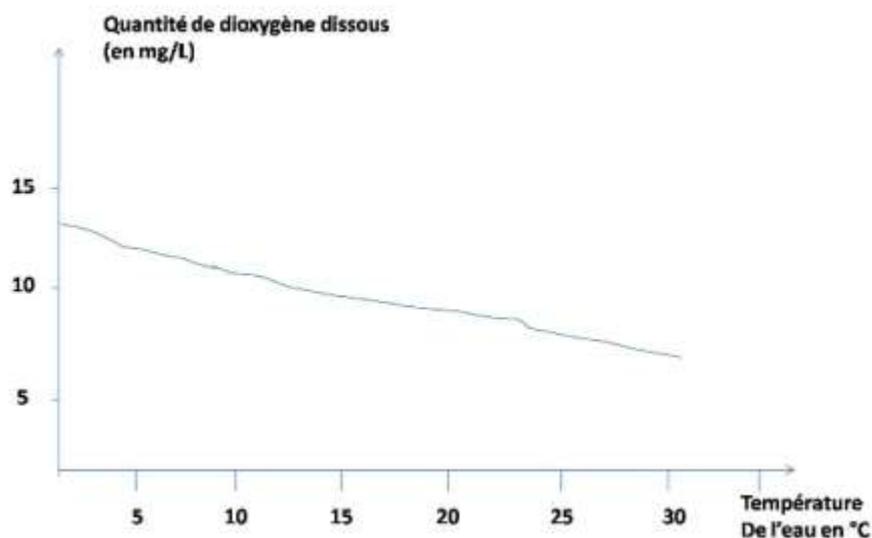


Figure 7: Corrélation température/oxygène dissous

### 2.3.1.3.2 Température et reproduction

La quasi-totalité des poissons sont dépendants de la température de l'eau pour l'ensemble de leur cycle de reproduction.

Chaque espèce a ses propres exigences thermiques, liées à la période de l'année durant laquelle se déroule la reproduction. L'étape de maturation sexuelle et de formation des gamètes est souvent déclenchée par un changement brusque de la température (élévation ou baisse) ou l'atteinte d'une valeur seuil à partir de laquelle les géniteurs commencent à maturer. Par exemple, pour la truite, la reproduction est systématiquement précédée par une chute de la température de l'eau. Les comportements migratoires, particulièrement chez les salmonidés, permettant aux géniteurs d'accéder aux zones de frayères, sont souvent déclenchés par une chute de la température de l'eau.

Enfin, la durée du développement embryo-larvaire est déterminée par la température de l'eau. Cette durée est alors exprimée en degrés-jours. Par exemple, pour la truite commune, l'éclosion des œufs intervient environ 400 degrés-jours après la fécondation.

Dans la nature, la température n'est pas constante au cours du développement embryonnaire, puisque l'eau se réchauffe à mesure que le développement a lieu. Lorsque la température d'un cours d'eau s'élève, la durée de vie embryolaire diminue. Des études réalisées sur la truite commune ont montré que la durée de vie embryolaire peut varier de quatre à six mois.

### 2.3.1.3.3 Température et pathologie

La température de l'eau est aussi un facteur important pour l'état sanitaire des poissons, en particulier concernant le développement des pathologies. Pour la totalité des poissons, les différents types de pathologies possibles, bactériennes, virales, parasitaires, sont conditionnés ou influencés par les valeurs de température de l'eau. **Les pathologies sont le plus souvent liées à un réchauffement des eaux** ou à l'atteinte d'une valeur seuil importante.

### 2.3.1.4 Connaissances de la biologie et des exigences écologiques des espèces de poissons et de macroinvertébrés d'eau douce de Nouvelle-Calédonie

#### 2.3.1.4.1 Poissons

Malgré des lacunes sur les périodes migratoires (saisonnalité) en Nouvelle-Calédonie, la biologie et les exigences des espèces sont assez bien connues pour les espèces autochtones communes du territoire (comme la carpe), du fait de leur présence et de leur intérêt dans d'autres pays du Pacifique.

**En ce qui concerne les espèces rares et sensibles, les connaissances sont faibles.** Ceci concerne tout particulièrement les espèces endémiques.

#### 2.3.1.4.2 Macro-invertébrés

D'après Blondel (1986), les communautés insulaires ne sont pas un échantillon aléatoire des peuplements de la source continentale voisine. « Il existe un tri parmi les candidats à la colonisation et ce tri favorise les petites espèces généralistes ». En effet, « les meilleurs candidats à la colonisation sont les petites espèces parce que leur petite taille leur permet de construire des populations numériquement abondantes donc moins vulnérables à l'extinction ».

**En Nouvelle Calédonie, la biologie des invertébrés aquatiques des rivières est encore mal connue.** La faune macrobenthique calédonienne comprend deux groupes d'organismes : les animaux dont le développement est strictement aquatique tels que les oligochètes, les mollusques et les crustacés et les animaux dont le développement larvaire se passe en milieu aquatique et la phase adulte en milieu aérien. Ce groupe concerne la majorité des insectes aquatiques. Les trichoptères, les diptères et les éphémères sont les groupes les plus diversifiés et les plus abondants (N. Mary 1999).

Les milieux les plus propices au développement de la macrofaune benthique et qui présentent la diversité spécifique maximale sont les ruisseaux forestiers. A l'opposé, les cours d'eau drainant des péridotites altérées et éloignés de toute occupation humaine se caractérisent par des peuplements benthiques moins diversifiés et moins abondants dus à la faible teneur en matières organiques. L'étude de la relation entre la faune et son milieu confirme que **l'occupation des sols, la végétation rivulaire et la nature géologique des bassins versants représentent les principaux facteurs expliquant la répartition et la distribution de la macrofaune benthique des rivières** (N. Mary 1999)

Mary (1999) a également mis en évidence d'importantes lacunes taxonomiques et une disparité de la connaissance des invertébrés aquatiques de Nouvelle-Calédonie. Certains groupes tels que les éphéméroptères (Peters et Peters 1980; Peters et Peters 1981; Peters et Peters 2000; Peters, Peters, et Edmunds 1978; Peters, Peters, et Edmunds 1990; Peters, Peters, et Edmunds 1994) ou les trichoptères (Johanson 1999; Stewardson 2005; Ward et Stanford 1989) sont bien étudiés. D'autres, en revanche, comme les diptères, ont fait l'objet de peu de recherches.

**La physico-chimie influencée par la géologie est un élément déterminant pour la distribution des macroinvertébrés.** Une faune typique liée aux substrats péridotitiques semble exister. Cahzeau (1994) montre qu'il existe un endémisme spécifique et générique de la faune

néocalédonienne en relation directe avec les formations végétales et les espèces végétales qui caractérisent les sols ultramafiques : « L'ultramafique a pu être le premier refuge permettant à certaines espèces moins compétitives de survivre ». Peters *et al.* (1978) démontrent que les éphémères *Lepeorus calidus notialis* et *Lepeorus goyi australis* sont restreints aux périodites du Sud de la Grande Terre. Mary (1999) a démontré que les éphémères *Lepegenia* et *NGA* et certaines espèces d'Hydropsychidae n'ont été prélevés que sur des substrats périoditiques.

Egalement, en 2011, l'inventaire des rivières KO4 et KO5 (ERBIO 2011a) a révélé la présence d'Hydrobiidae avec une forte probabilité que ces individus soient de nouvelles espèces endémiques (Com.pers.du spécialiste Dr Michael Balke). En effet, ces mollusques constituent une famille sur laquelle le phénomène de spéciation est très important : 54 espèces ont été décrites en Nouvelle-Calédonie et celles-ci sont toutes endémiques à une région ou microendémiques (ex. *Hemistomia winstonefi* qui est endémique du Sud-Ouest de la Grande Terre).

La structure des communautés de macroinvertébrés benthiques est souvent utilisée comme indicateur des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes des cours d'eau et fournit une quantité d'informations sur la qualité de l'eau et des habitats (Woodcock et Huryn 2007). Il est d'ailleurs bien connu que la présence de macroinvertébrés dépend également de l'oxygénation de l'eau. Suivant les espèces, les réactions seront très différentes. Les Tubificidae, les Chironomidae et les Syrphidae sont les groupes les plus tolérants. Ils peuvent vivre dans une eau peu oxygénée, avec une certaine quantité de polluant, à une température plus élevée. Par exemple, les larves de diptères *Chironomus* peuvent supporter des taux d'oxygène très bas. C'est une larve commune qui fabrique son hémoglobine et peut ainsi respirer dans des eaux très polluées. Au contraire, les larves dites « sensibles » telles que les plécoptères, les trichoptères à fourreau et les éphéméroptères ont besoin d'une eau bien oxygénée et peu polluée à une température assez fraîche (Touzin 2008).

Les adultes éphéméroptères ne vivent que très peu de temps, mais le stade larvaire peut varier de quelques semaines à plusieurs années (Tachet 2010). La durée de développement de la majorité des invertébrés est de type annuel (Tachet 2010). Largement diversifiés et occupant une large gamme d'habitats, les macroinvertébrés constituent d'excellents témoins de la qualité des habitats où ils se rencontrent (Tachet 2010).

## 2.3.2 FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

### 2.3.2.1 Le cycle de vie des espèces ichtyennes diadromes amphidromes

La diadromie impose un environnement salin ou d'eau douce pendant certaines étapes-clés du cycle de vie (reproduction, croissance). Les **connaissances des habitats fonctionnels** en eau douce ainsi que les modes de colonisation de ces habitats par les espèces (migration passive/active, facteurs de contrôles) sont des **éléments essentiels dans le cadre de la gestion des rivières**.

Afin de mieux appréhender l'intérêt majeur de l'hydrologie et de l'habitat sur les écosystèmes aquatiques du pays et de justifier le choix d'espèces dans l'analyse future, le cycle de vie des espèces diadromes amphidromes (largement majoritaires chez les poissons et crustacés décapodes d'eau douce de Nouvelle-Calédonie) est détaillé dans ce paragraphe.

La reproduction chez les espèces amphidromes est de type ovipare et a lieu en eau douce, de même que la phase embryonnaire et le premier stade de vie. Les femelles pondent dans l'eau douce de très nombreux ovules fertilisés ensuite par les mâles.

Après éclosion, les larves dévalent de manière passive et/ou par phototropisme (Bell, Brown, et Pepin 1995; Valade et al. 2009). La migration vers l'aval doit être relativement rapide (Delacroix et Champeau 1992). Toutefois, la migration est ralentie au passage dans les mouilles car les larves ont peu de flottabilité.

Une fois l'embouchure de la rivière atteinte, les larves des crevettes et des poissons subissent différentes métamorphoses en mer ou en estuaire. Cette phase du cycle de vie est encore mal connue étant donné les nombreux paramètres environnementaux qui interviennent (Philippe Keith et al. 2005).

Le recrutement aux embouchures est souvent associé à la période des hautes eaux, où l'arrivée d'eau douce constitue un débit d'attrait (Benstead, March, et Pringle 2000; E Fiévet et Le Guennec 1998). Le recrutement est également influencé par la lune et s'opère en général quelques jours avant la pleine lune et jusqu'à deux-trois jours après (Bell 2009; Kikkert, Crawl, et Covich 2009). En effet, la marée serait favorable aux individus et/ou espèces les plus dépourvus de capacité de locomotion (*Awaous guamensis* vs. *S. lagocephalus*).

Pour les juvéniles des Gobiidae, le recrutement (remontées massives) se produirait principalement à l'aurore et durant la journée (Delacroix 1987; E Fiévet et Le Guennec 1998). Les mécanismes de migration vers l'amont (timing et orientation) sont encore mal connus. Toutefois, il semblerait qu'un comportement d'échappement à la prédation et les relations agonistiques entre juvéniles et adultes favoriseraient une migration vers l'amont plus ou moins rapide à la recherche d'habitats disponibles (Blob et al. 2010; Lord et al. 2011).

Chez les crevettes, la migration vers l'amont se passe généralement la nuit et les influences du débit et de la lune sont variables suivant les espèces.

La plupart des espèces amphidromes ont développé une stratégie de migration en bancs, qui n'est présente qu'aux stades post-larvaires chez les poissons (Philippe Keith, Vigneux, et Bosc 1999). Le grégarisme est sans doute un reliquat du comportement larvaire en mer, ayant une fonction anti-prédateur. Les juvéniles de crevettes et de poissons migrent plutôt aux abords des berges et des cascades (en bandes étroites), à l'interface de l'eau et du substrat (Eric Fiévet 1999).

### 2.3.2.2 Gradients de distribution amont/aval des macroinvertébrés

Le concept de **continuum fluvial** (River Continuum Concept) introduit par Vannote et al. (1980), est un modèle descriptif longitudinal du fonctionnement écologique des cours d'eau des zones tempérées. Ce concept indique qu'il existe un gradient continu des ressources trophiques disponibles qui détermine la distribution des macroinvertébrés, en fonction des stratégies développées par chaque espèce pour exploiter ces ressources alimentaires.

Une part importante des feuilles des arbres tombe ou est entraînée par le vent dans les eaux stagnantes ou courantes. Ces feuilles, dans un milieu aquatique, se dégradent lentement sous l'action des micro-organismes ; les macroinvertébrés vont dissocier ces feuilles en éléments plus fins facilitant l'action des micro-organismes (Tachet 2010).

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 51 / 294</b>

Les macroinvertébrés se divisent en quatre catégories :

- les broyeur qui déchiquètent la matière organique grossière (les amphipodes, éphémères et plécoptères),
- les collecteurs qui récoltent la matière organique en suspension dans l'eau courante ou piégée dans les sédiments (les Simuliidae, nématodes et certains Chironomidae),
- les brouteurs qui se nourrissent d'algues et de micro-organismes (les gastéropodes, certains Chironomidae)
- les prédateurs (Odonates et certains coléoptères).

**Le concept de continuum fluvial prédit que la représentation de ces différents groupes varie de l'amont vers l'aval d'un cours d'eau.** Une forte population de broyeurs sera trouvée en amont, où la matière organique grossière est plus abondante. Les organismes collecteurs et brouteurs augmentent en allant vers l'aval (ou la matière organique devient particulaire), au détriment des broyeurs. La proportion en prédateurs reste relativement constante.

Des variations atypiques dans la répartition des différents groupes d'invertébrés le long d'un cours d'eau sont souvent signe d'une perturbation du milieu naturel.

Resh *et al.* (1990), Bright (1982) et Haynes (1987) ont étudié la distribution des groupes trophiques dans plusieurs cours d'eau des îles pacifiques et ont montré que peu d'individus broyeurs étaient présents dans les zones amont des rivières, contrairement à ce qui est prédit par le River Continuum Concept. Ce constat a également été montré en Nouvelle Zélande (Winterbourn, Rounick, et Cowie 1981). Ils expliquent la sous-représentation des broyeurs dans les cours supérieurs de la plupart des ruisseaux par la faible quantité de matières organiques grossières qui s'y trouve.

En Nouvelle Calédonie, il semblerait que les broyeurs soient bien représentés au niveau des ruisseaux forestiers (N. Mary 1999), bien qu'il soit délicat d'attribuer un type de régime alimentaire aux espèces sans avoir étudié précisément leur écologie.

**La répartition des macroinvertébrés est également fonction du substrat.** Les méthodologies d'indices biotiques proposent le choix des substrats à prélever en fonction d'un ordre d'**habitabilité** (Tableau 2). En Nouvelle Calédonie, les bryophytes sont considérées comme le substrat le plus biogène (Nathalie Mary et Archambault 2012a). Les surfaces uniformes de type roche mère ou argiles compactes présentent le plus faible taux d'habitabilité pour les communautés benthiques.

Tableau 2 : Les préférences d'habitat des macroinvertébrés

Ordre d'habitabilité	Substrat
11	Bryophytes
10	Spermaphytes immergés (hydrophytes*) tels que <i>Hydrilla verticillata</i>
9	Litières
8	Chevelus racinaires / supports ligneux (troncs, branchages)
7	Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250 mm)
6	Blocs déplaçables (taille supérieure à 250 mm) inclus dans une matrice de pierres et galets (25 à 250 mm)
5	Granulats grossiers (graviers) (2 à 25 mm)
4	Vases : sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins
3	Sables et limons (< 2 mm)
2	Fines latéritiques (< 2 mm)
1	Algues
0	Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, argiles compactes) (support non déplaçable)

### 2.3.2.3 Niches écologiques

Les milieux insulaires tropicaux se caractérisent par des ressources alimentaires limitées qui conduisent à une chaîne trophique courte et à un fort degré d'omnivorisisme (Coat et al. 2009). Les ressources alimentaires sont de deux natures : autochtone et allochtone. Les ressources autochtones sont principalement composées du biofilm épilithique (Lefrançois et al. 2011). C'est une ressource importante pour les crevettes, les poissons herbivores et les macro-invertébrés (M. E. Benbow, Burky, et Way 1997; Coat et al. 2009; March et Pringle 2003). Les ressources allochtones varient selon les bassins et abondent principalement en tête de bassins versants excepté lors d'événements climatiques extrêmes où elles sont délivrées plus intensément vers l'aval.

La présence des crevettes est primordiale dans la transformation des ressources allochtones (Crowl et al. 2001; Crowl et al. 2006). Les crevettes et les poissons herbivores ont une action continue qui empêche le développement algal et maintient la qualité du biofilm (Lord et al. 2011; March et al. 2002).

Les crevettes Atyidae se distinguent des autres crevettes car elles disposent de soies sur les premières paires de périoopodes qui leur permettent de filtrer la matière en suspension (Levêque 1974; Monti, Keith, et Vigneux 2010). Elles raclent également les feuilles (micro-organismes) ou les blocs (biofilm) présents dans des milieux avec des vitesses relativement faibles (< 5 cm/s, A.P. Covich 1988).

Les poissons comme les Sicydiinae (*Sicyopterus*) ou les Stiphodon sont des herbivores benthiques qui broutent les diatomées et les algues sur les rochers. Pour d'autres espèces de Gobiidae, des régimes alimentaires plus variés ont toutefois été observés, de type omnivore (Mantel, Salas, et Dudgeon 2004). Les crevettes *Macrobrachium* sont omnivores avec des tendances carnivores pour les plus gros individus. Enfin, les préférences alimentaires diffèrent selon les stades et les classes de tailles (Bielsa et al. 2003; Lord et al. 2011).

Le recouvrement des niches écologiques et les relations trophiques sont à l'origine d'interactions inter-ou intra-spécifiques relativement fortes à l'échelle du tronçon suivant les perturbations hydrologiques ((Leberer et Nelson 2001; Monti et Legendre 2009; Sheldon 2011); pour les macro-invertébrés, (Gomez-Aguirre, Longo-Sánchez, et Blanco 2009)) et la position altitudinale (A. P. Covich et al. 2009). Les réponses à la prédation sont probablement une migration vers l'amont ou l'aval et des adaptations morphologiques (rostre chez les crevettes *M. australe* - (Zimmerman et al. 2012)). En réponse à une compétition intra-spécifique, on peut observer l'exclusion d'une espèce par une autre.

## **2.4 CONNAISSANCES GENERALES SUR LA VEGETATION RIVULAIRE ET SA RESILIENCE VIS-A-VIS DES VARIATIONS DE DEBITS**

### **2.4.1 ROLE ECOSYSTEMIQUE DE LA VEGETATION RIVULAIRE**

Dans la littérature, il est souvent détaillé que la végétation rivulaire contribue à la stabilisation des berges en luttant contre l'érosion. En effet, les racines des arbres permettent au sol de mieux résister à l'érosion que peuvent entraîner des crues (Simon et Collison 2002). Par ailleurs, la végétation rivulaire permet de réguler la température du cours d'eau, de réguler les nutriments (Naiman et Décamps) et de participer à la filtration de l'eau en réduisant la concentration de certains éléments (Peterjohn et Correll).

De plus, elle permet de créer de nombreux habitats différents permettant aux espèces animales et végétales de se développer dans ces niches écologiques particulières, favorisant ainsi une biodiversité bien spécifique à ces milieux. En effet, il est reconnu que la végétation rivulaire est un foyer de biodiversité, notamment en présentant de fortes instabilités hydrologiques ce qui augmente la richesse spécifique au niveau végétal (Decamps 2003).

En Nouvelle-Calédonie, aucune étude spécifique sur le rôle de la végétation rivulaire dans les écosystèmes sur substrat ultramafique n'a été trouvée.

### **2.4.2 SENSIBILITE DE LA VEGETATION RIVULAIRE FACE AUX CHANGEMENTS DE DEBITS ET DE HAUTEUR DE LA NAPPE PHREATIQUE.**

Le maintien d'une végétation rivulaire est corrélé à la présence d'un débit suffisant en eau de ruissellement mais aussi en eau souterraine. Une réduction de la disponibilité de la nappe phréatique pour les plantes va certainement modifier la distribution de la végétation rivulaire. En effet, il est possible qu'au terme d'une certaine période, les espèces communes des maquis miniers se substituent aux espèces strictement rivulaires de ces types de formations (Webb et Leake 2005). Il est donc possible de voir des maquis à hydromorphie temporaire se développer au détriment des maquis à hydromorphie permanente. Malheureusement, les changements à long terme de la végétation vis-à-vis de ces réductions sont probablement la thématique la moins illustrée dans la connaissance des milieux rivulaires.

Plusieurs études se sont focalisées sur l'effet de la réduction de la ressource disponible en eau souterraine sur la végétation rivulaire, notamment dans le cas de pompage de la nappe phréatique pour des besoins anthropiques. Il semble que les plantes herbacées soient les premières à décliner avec la baisse du niveau de la nappe suivies par les autres espèces caractéristiques de ce type de milieu (Stromberg, Tiller, et Richter 1996).

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 55 / 294</b>

La végétation rivulaire est particulièrement plus sensible à des changements de débits maximaux et minimaux qu'à une variation du débit moyen (Auble, Friedman, et Scott 1994). Par ailleurs, la connectivité au sein de la végétation rivulaire va être influencée par la disponibilité en eaux de ruissellement et souterraine (Tabacchi et al. 1998).

Il est montré que la distribution des racines est fortement corrélée à l'évolution de la hauteur de la nappe phréatique et que la réponse de la végétation va varier en fonction d'autres facteurs tels que l'humidité et la texture du sol ou la capacité physiologique des plantes à résister au stress hydrique (Shafroth, Stromberg, et Patten). Certaines études mettent en évidence les seuils de tolérance pour des espèces rivulaires comme les peupliers (*Populus ssp.*) ou les Saules (*Salix ssp.*), notamment en termes de disponibilité en eau au niveau de la nappe phréatique (Horton, Kolb, et Hart 2001).

Au niveau physiologique, la réduction de la disponibilité en eau pour la végétation rivulaire va entraîner une réduction des échanges gazeux en réduisant la conductivité des stomates. Par ailleurs, les plantes ayant connu une réduction de la disponibilité en eau vont développer des feuilles plus petites et plus épaisses et réduire leur nombre. Les mêmes auteurs montrent que les individus juvéniles subiront plus fortement la réduction du débit du cours d'eau que les adultes, leur réseau racinaire n'étant pas assez développé pour répondre au stress hydrique.

**En Nouvelle-Calédonie, il n'y a pas d'étude spécifique sur la capacité de la végétation rivulaire à répondre à une diminution de la disponibilité en eau qui soit connue à ce jour.**

## **2.5 DONNEES DISPONIBLES SUR LA ZONE D'ETUDE**

### **2.5.1 DONNEES SPATIALES**

#### **2.5.1.1 SIG gouvernemental (DITTT)**

**BDTOPO** : La Base de Données Topographiques (BDTOPO-NC) décrit l'espace avec des objets selon leur forme, leur position, leurs attributs... sous forme de points, lignes et surfaces. Cette base de précision métrique contient tous les détails existant sur le terrain : voies de communication jusqu'à la moindre piste, toutes les constructions, bois, arbres isolés, creeks, etc. sans oublier la représentation du relief par des courbes de niveau, points côtés, talus. La BDTOPPO-NC est géoréférencée par défaut en RGNC-Lambert.

**BDORTHO** : La Base de Données Orthophotographiques (BDORTHO-NC) est une mosaïque de photos aériennes numériques en couleur dont les déformations dues à l'inclinaison de la chambre de prise de vue et au relief sont corrigées. La BDORTHO-NC présente ainsi une échelle uniforme sur l'ensemble de la mosaïque. La BDORTHO-NC est géoréférencée par défaut en RGNC-Lambert et se superpose parfaitement à la BDTOPPO-NC.

Ces données SIG couvrent la zone d'étude et sont utilisables sous Arc-Gis.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 56 / 294</b>

### 2.5.1.2 SIG ŒIL

Geoportail Cart'environnement (<http://geoportail.oeil.nc/cartenvironnement/>): Portail cartographique permettant de visualiser des images aériennes de la zone d'étude mais également d'afficher des couches telles que les zones humides, le réseau hydrographique, les zones à microendémisme ou certains résultats des réseaux de suivi « eaux superficielles ».

Geoportail GALAXIA (<http://geoportail.oeil.nc/galaxia/>): Il regroupe les informations spécifiques aux suivis eaux superficielles, en particulier sur la zone d'étude. Il peut s'agir des suivis de différents commanditaires (Vale, PS, DAVAR, ŒIL). Il permet entre autre d'afficher la localisation des stations de suivi poissons ou macroinvertébrés, ainsi que les résultats des suivis. Les résultats sont cependant fournis sous forme très synthétique.

### 2.5.1.3 Données SIG VALE

Ces données ont été fournies par VALE. Elles se présentent sous la forme de shapes, de raster ou de photo-aériennes. Elles peuvent concerner la localisation des stations de suivi, le mode d'occupation des sols, l'emprise des projets. La cartographie des formations naturelles réalisée par Bleucham pour Vale Nouvelle-Calédonie a été transmise (**Vale Nouvelle-Calédonie 2012**), ainsi que la base de données des espèces sensibles du projet (**Vale Nouvelle-Calédonie 2014**).

### 2.5.1.4 LIDAR

Couche obtenue à partir de la télédétection par laser. Elle présente une précision élevée (1m en x et y et une précision décimétrique en Z). Elle couvre l'ensemble de la zone d'étude. Cette donnée sera notamment utilisée pour relever la largeur des cours d'eau en différentes sections.

## 2.5.2 SUIVIS HYDROLOGIQUES/HYDROGEOLOGIQUES/PHYSICO-CHIMIQUES

### 2.5.2.1 Etudes disponibles et susceptibles d'être utilisées

Références
A2EP (2013). Caractérisation hydrochimique des eaux du secteur de Goro - Basses eaux (février 2013)
A2EP (2013). Caractérisation hydrochimique des eaux du secteur de Goro - Moyenne eaux (juin 2013)
A2EP (2013). Jaugeages différentiels - basses eaux (février 2013)
A2EP (2013). Jaugeages différentiels – moyennes eaux (Juin 2013)
BioIMPACT, 2012. Etude de l'état écologique de la Kwé à partir des historiques de suivi.
A2EP (2012, a). Synthèse climatologique (Secteur de Goro).
A2EP (2012, b). Bilans hydrologiques (Bassin versant de la Kwé et Plaine des Lacs).

A2EP (2012, c). Synthèse des données piézométriques (secteur de Goro).

A2EP (2012). Conception de seuils limnimétriques - Rivières du secteur de Goro

A2EP (2012). Etablissement de courbes de tarage - Points de mesure en continu de rivières du secteur de Goro

A2EP (2012). Synthèse sur la qualité des eaux souterraines et superficielles. Secteur de Goro.

EMR (2010). Etude de l'engravement de la Kwé, de la baie et de son estuaire.

EMR (2010). Etude de l'engravement de la Kwé, de la baie et de son estuaire, rapport final.

### 2.5.2.2 Réseaux de suivi

#### Réseau qualitatif

Le réseau comprend 77 stations réparties sur les 3 cours d'eau de la zone d'étude.

Kwé : 67 stations

Truu : 6 stations

Wadjana : 4 stations

#### Réseau quantitatif

Le réseau comprend 60 stations réparties sur les 3 cours d'eau de la zone d'étude.

Kwé : 53 stations

Truu : 5 stations

Wadjana : 2 stations

#### Réseau limnimétrique

Le réseau comprend 19 stations réparties sur les 3 cours d'eau de la zone d'étude.

Kwé : 14 stations

Truu : 3 stations

Wadjana : 2 stations

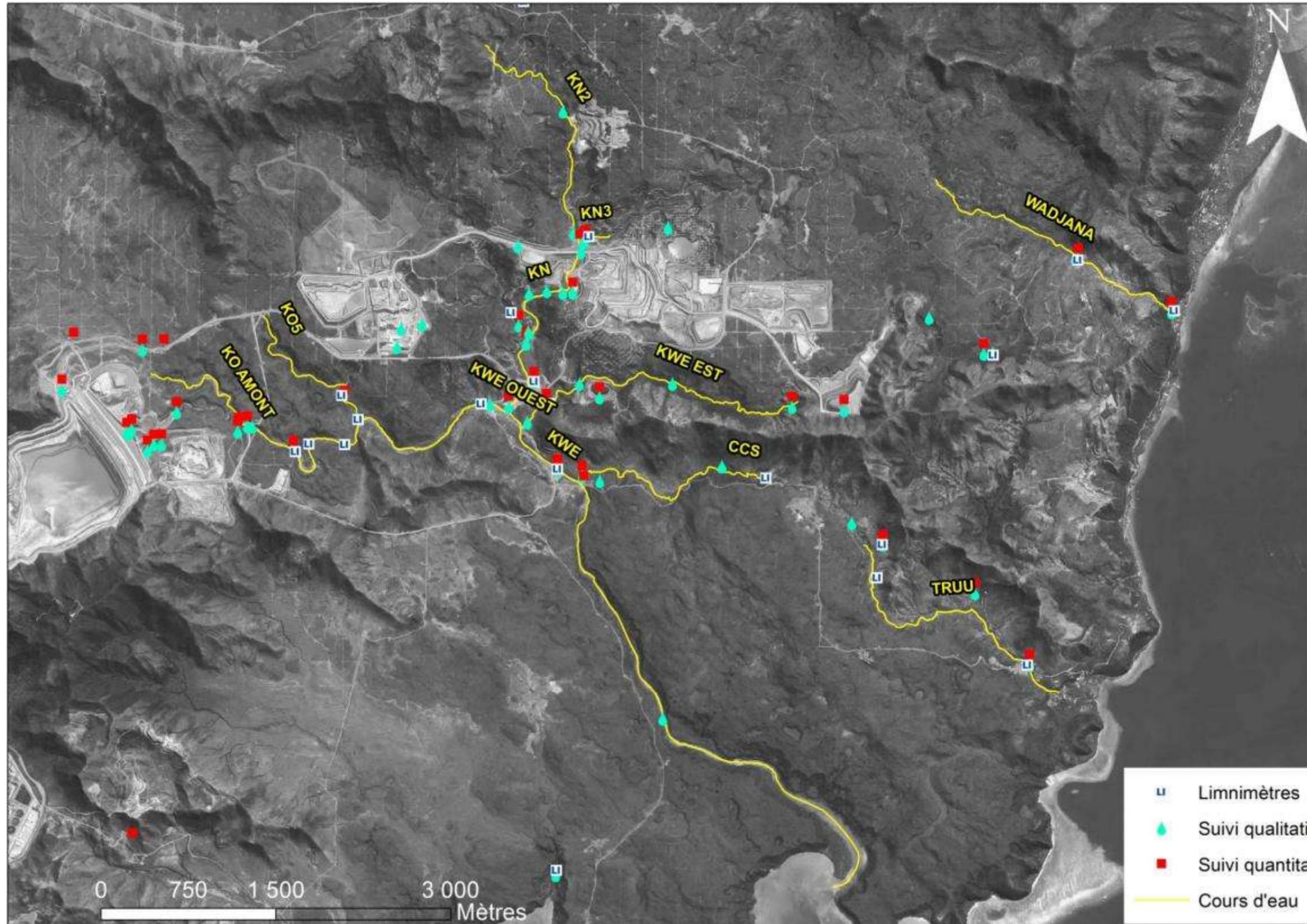


Figure 8 : Réseaux de suivis quantitatif, qualitatif et limnimétrique

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 59 / 294</b>

## **2.5.3 INVENTAIRES BIOLOGIQUES**

### **2.5.3.1 Inventaires ichtyologiques et carcinologiques**

Tous les inventaires poissons et crevettes concernant la zone d'étude ont été réalisés par le bureau d'étude ERBIO. Les données disponibles ont donc été directement récupérées au sein même de notre bureau d'étude. Celles-ci concernent les trois bassins versants à considérer dans l'étude soit les bassins versants Kwé, Truu et Wadjana.

Le tableau 3 présente la liste des rapports d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques disponibles en fonction des différentes rivières.

#### **2.5.3.1.1 La rivière Kwé**

D'après l'ensemble de la documentation recensée (Tableau 3), la rivière Kwé est suivie depuis 1995. De 1995 à juin 2013, 18 campagnes ont été réalisées sur les 4 branches de la Kwé (Kwé Principale et ses 3 affluents, Kwé Ouest, Kwé Est et Kwé Nord).

Les suivis effectués en 1995, 1996 et 1997 sont des suivis qualitatifs (présence-absence) de la faune ichtyologique sur divers tronçons. Aucun document propre à ces campagnes n'a été trouvé. Néanmoins, un listing des espèces présentes a été retrouvé dans nos archives. La localisation des tronçons n'est pas renseignée.

Les 15 campagnes menées de 2000 à fin 2013 sont des suivis quantitatifs et concernent 16 tronçons (stations) bien définis (Tableau 4) et localisés (Figure 9). De 2000 à janvier 2008, des stations ont été étudiées ponctuellement sur les 4 branches de la Kwé. Depuis juin 2009 jusqu'à juin 2010, un suivi annuel concernant 3 stations d'étude a été mené sur la Kwé Principale et la Kwé Ouest. Depuis janvier 2011, ce suivi dans ces deux branches du cours d'eau a été amplifié. Il concerne aujourd'hui 6 stations (3 par branches), étudiées à fréquence bi-annuelle.

En avril 2011 et novembre 2013, un état initial a été réalisé dans deux sous-bassins versants appelés Kwé Ouest 4 et Kwé Ouest 5. Lors de cette étude, 6 stations avaient été prospectées.

En 2012, une synthèse générale sur l'ensemble des données d'inventaires réalisés sur la Kwé a été réalisée par le bureau d'étude Bioimpact (BIOIMPACT 2012).

**Tableau 3: Synthèse générale de l'ensemble des rapports d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques recensés concernant les bassins versants de la Kwé, de la Truu et de la Wadjana.**

Rivière	Tronçon	Rapport d'inventaire ichtyologique et carcinologique disponible
Rivière Kwé	<b>Kwé principal</b>	<p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de juin 2013. ERBIO, décembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de mars 2013. ERBIO, septembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana, du Trou Bleu et de la Truu, campagne de juin 2012. ERBIO, mars 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de janvier-février 2012. ERBIO, juin 2012.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé et de la Kuébini, campagne de juin 2011. ERBIO, février 2012.</p> <p>Etude de suivi ichtyologique et carcinologique du creek de la Baie Nord, la Kwé et la Kuébini, campagne de janvier 2011. ERBIO, juin 2011.</p> <p>Etude de suivi ichtyologique et carcinologique dans le Creek de la Baie Nord, la Kwé, le Trou Bleu, la Wadjana et la Kuébini, campagne de mai-juin 2010. ERBIO, novembre 2010.</p> <p>Inventaire faunistique du creek de la Baie Nord et de la rivière Kwé, juin à juillet 2009. ERBIO, septembre 2009.</p> <p>Inventaire piscicole du creek de la Baie Nord, des rivières Kwé (Principale), Wadjana et Trou bleu, campagne de mai 2007. ERBIO, novembre 2007.</p>
	<b>Kwé est</b>	Inventaire faunistique de l'affluent Est de la rivière Kwé. ERBIO, janvier 2008.
	<b>Kwé nord</b>	Inventaire piscicole de la Kwé Nord. ERBIO, février 2008.
	<b>Kwé ouest</b>	<p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de juin 2013. ERBIO, décembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de mars 2013. ERBIO, septembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana, du Trou Bleu et de la Truu, campagne de juin 2012. ERBIO, mars 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de janvier-février 2012. ERBIO, juin 2012.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé et de la Kuébini, campagne de juin 2011. ERBIO, février 2012.</p> <p>Etude de suivi ichtyologique et carcinologique du creek de la Baie Nord, la Kwé et la Kuébini, campagne de janvier 2011. ERBIO, juin 2011.</p> <p>Etude de suivi ichtyologique et carcinologique dans le Creek de la Baie Nord, la Kwé, le Trou Bleu, la Wadjana et la Kuébini, campagne de mai-juin 2010. ERBIO, novembre 2010.</p> <p>Inventaire faunistique du creek de la Baie Nord et de la rivière Kwé, juin à juillet 2009. ERBIO, septembre 2009.</p> <p>Inventaire piscicole de la Kwé Nord Complément du rapport de l'Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord, de la Kwé principale, de la Wadjana et du Trou bleu du 11 octobre 2007. ERBIO, 2008.</p>
	<b>KO amont</b>	<p>Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 4, campagne de novembre 2013. ERBIO, en cours de rédaction.</p> <p>Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 4, campagne d'avril 2011. ERBIO, juillet 2011.</p>
	<b>KO5</b>	<p>Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 5, campagne de novembre 2013. ERBIO, en cours de rédaction.</p> <p>Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 5, campagne d'avril 2011. ERBIO, août 2011.</p>
<b>Rivière Truu</b>	<p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de juin 2013. ERBIO, décembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de mars 2013. ERBIO, septembre 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana, du Trou Bleu et de la Truu, campagne de juin 2012. ERBIO, mars 2013.</p> <p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu, campagne de janvier-février 2012. ERBIO, juin 2012.</p>	
<b>Rivière Wadjana</b>	<p>Inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana, du Trou Bleu et de la Truu, campagne de juin 2012. ERBIO, mars 2013.</p> <p>Etude de suivi ichtyologique et carcinologique dans le Creek de la Baie Nord, la Kwé, le Trou Bleu, la Wadjana et la Kuébini, campagne de mai-juin 2010. ERBIO, novembre 2010.</p> <p>Inventaire piscicole de la Kwé Nord Complément du rapport de l'Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord, de la Kwé principale, de la Wadjana et du Trou bleu du 11 octobre 2007. ERBIO, 2008.</p> <p>Inventaire piscicole du creek de la Baie Nord, des rivières Kwé (Principale), Wadjana et Trou bleu, campagne de mai 2007. ERBIO, novembre 2007.</p> <p>Inventaire piscicole CBN, Kwé, Wadjana, Trou bleu. ERBIO, 2007</p>	

Tableau 4 : Stations d'inventaire ichthyologique et carcinologique étudiées sur la Kwé depuis 2000.

bassin versant	sous-bassin versant	station	mai 2000	août 2000	juin 2007	sept 2007	janv 2008	juin 2009	juin 2010	janv 2011	avril 2011	juin 2011	janv-fev 2012	juin 2012	Mars 2013	Juin 2013	Nov 2013	
Kwé principale		KWP-70																
		KWP-40																
		KWP-10																
Kwé Ouest	KO	KWO-60																
		KWO-20																
		KWO-10																
	KOamont	KO4-10																
		KO4-20																
		KO4-50																
	KO5	KO5-10																
		KO5-20																
		KO5-50																
Kwé Est		KWÉ-20																
		KWÉ-10																
Kwé Nord		KWN-40																
		KWN-10																



Figure 9 : Ensemble de la zone d'étude et des tronçons prospectés lors des inventaires ichthyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur le bassin versant de la Kwé.

### 2.5.3.1.2 La rivière Truu

Les suivis sur cette rivière sont très récents. Ils ont débuté en janvier 2012. 4 inventaires ont été réalisés (janvier 2012, juin 2012, mars 2013 et juin 2013). Ces suivis ont été effectués sur une seule station située au niveau de l'embouchure (TRU-70, Figure 10).



Figure 10 : Zone d'étude et tronçons d'inventaire ichtyologique et carcinologique prospectés sur l'ensemble de la Truu depuis janvier 2012.

### 2.5.3.1.3 La rivière Wadjana

Au total, 6 inventaires ont été réalisés dans ce cours d'eau, soit en 1996, 1997, 2000, juin 2007, juin 2010 et juin 2012.

Les études menées en 1996 et 1997 sont des suivis qualitatifs. Aucune donnée précise sur la localisation des stations prospectées à cette époque n'a pu être recensée.

A partir de 2000, les études sont quantitatives. En août 2000, seule la station WAD-40 a été étudiée (Tableau 5). L'effectif est le seul descripteur de peuplement fourni dans le rapport correspondant à ce suivi. En juin 2007, 2 stations sont étudiées, WAD-70 (anciennement nommée Wadjana-100) et WAD-50 (Wadjana-200). En juin 2010 et juin 2012, 3 stations ont été étudiées soit WAD-70, WAD-50 et WAD-40 (Figure 11).

Tableau 5: Stations d'inventaire ichthyologique et carcinologique étudiées sur la Wadjana depuis 2000.

bassin versant	station	août-2000	juin-2007	juin-2010	juin-2012
Wadjana	WAD-70				
	WAD-50				
	WAD-40				



Figure 11 : Zone d'étude et tronçons d'inventaire ichthyologique et carcinologique prospectés sur l'ensemble de la Wadjana depuis 2000.

### 2.5.3.2 Inventaires macroinvertébrés benthiques

#### 2.5.3.2.1 Liste des rapports d'inventaires disponibles

Les données relatives aux communautés macrobenthiques recensées sur la zone d'étude sont issues des études et suivis biologiques de la qualité des eaux de rivière (IBNC : Indice Biotique de Nouvelle Calédonie et IBS : Indice BioSédimentaire).

Les inventaires ont été récupérés auprès de :

- VALE NC : suivi de la qualité biologique des eaux de surfaces du site de VALE NC depuis 2005
- la DAVAR : suivis réalisés entre 1999 et 2005 dans le cadre du suivi de la qualité biologique des rivières de Nouvelle Calédonie,
- l'ŒIL : état de référence sur 6 stations dans la zone d'influence de VALE NC.

Tableau 6 : Tableau synthétique des inventaires concernant la zone d'étude

Propriétaire données	Organisme	Etude	Date
VALE	BIOTOP	Suivi annuel de la qualité biologique des eaux de surface du site de Vale NC (année 2009)	Juillet 2010
VALE	BIOTOP	Suivi annuel de la qualité biologique des eaux de surface du site de Vale NC, année 2010	Février 2011
VALE	ERBIO	Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 4, campagne d'avril 2011	Juillet 2011
VALE	ERBIO	Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 5, campagne d'avril 2011	Août 2011
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, rapport annuel 2011	Février 2012
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission mai 2012	Juin 2012
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission juin 2012	Août 2012
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission septembre 2012	Octobre 2012
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission janvier 2013 (rapport préliminaire)	Février 2013
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, rapport annuel 2012	Février 2013
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission mars 2013	Avril 2013
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission juin 2013	Juillet 2013
VALE	AQUA TERRA	Suivi des macro-invertébrés benthiques dans la région de Goro, mission septembre 2013	Octobre 2013
DAVAR	ETHYCO	Qualité Biologique des rivières de la Province Sud	Décembre 2000
DAVAR	ETHYCO	Qualité Biologique des rivières de Nouvelle Calédonie, étiage 2000	Juin 2001
DAVAR	ETHYCO	Qualité Biologique des rivières de Nouvelle Calédonie, étiage 2001	Juin 2002
DAVAR	ETHYCO	Qualité Biologique des rivières de Nouvelle Calédonie, campagne 2002	Mai 2003
DAVAR	BIOIMPACT	Qualité Biologique des rivières de Nouvelle Calédonie, étiage 2003	2004
ŒIL	ETHYCO	Etat de référence sur 6 stations dans la zone d'influence de VALE NC	Novembre 2011 à Juin 2013
VALE	ERBIO	Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 4, campagne de novembre 2013	Version non finalisée
VALE	ERBIO	Etude de suivi macro-benthique, ichtyologique et carcinologique du bassin versant KWÉ Ouest 5, campagne de novembre 2013	Version non finalisée

#### 2.5.3.2.2 Les stations de suivis INBC/IBS sur la zone d'étude

Le tableau 7 synthétise les périodes de suivis, le nombre d'inventaires et les dates des premiers et derniers inventaires effectués sur chacune des stations de la zone d'étude.

Tableau 7 : Tableau synthétique des stations inventaires IBNC/IBS présentes sur la zone d'étude

Bassin Versant	Station	x (RGNC 91)	y (RGNC 91)	Propriétaire données	Echantillonneur	Période	Nombre d'inventaire	Année premier inventaire	Année du dernier inventaire réalisé
Kwé	KOUE			DAVAR	Ethyc'o	nov-1999	1	1999	1999
Kwé	KOUE150	499377	210323	DAVAR	Ethyc'o	juillet 2002	1	2002	2002
Kwé	KOUE250	500013	208426	DAVAR	Ethyc'o, Biolmpact	juillet 2002 à avril 2004	2	2002	2004
Kwé	KOUE300	499743	209003	DAVAR	Ethyc'o	octobre 2000	1	2000	2000
Kwé Est	KE-05	499 068	211 015	VALE	Etec, Biotop, Aqua Terra	janvier 2008 à juin 2012	8	2008	2012
Kwé Nord	4-M	498789	211701	VALE	Etec, Biotop, Aqua Terra	octobre 2007 à juin 2012	9	2007	2012
	KOUE Nord100	498880	211584	DAVAR	Ethyc'o	juillet 2002	1	2002	2002
Kwé Ouest	3-B	496419	210852	VALE	Ethyc'o, Etec, Biotop, Aqua Terra	octobre 2007 à janvier 2013	15	2000	2013
	4-N	497284	211087	VALE	Etec, Biotop, Aqua Terra	octobre 2007 à juin 2012	9	2007	2012
	KO4-05-I	494862	212371	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO4-10-I	495239	211903	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO4-20-I	495530	211577	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO4-50-I	495809	211220	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO4-DOL01-I	495668	211553	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO5-10-I	496610	212755	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO5-20-I	496734	212055	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
	KO5-50-I	496888	211254	VALE	ERBIO	mai 2011 à novembre 2013	2	2011	2013
Kwé principale	1-E	500038	208316	OEIL, VALE	Ethyc'o, Etec, biotop, Aqua Terra	février 2005 à juin 2013	22	2005	2013
Wadjana	WAJANA100	502256	213096	DAVAR	Ethyc'o	juillet 2002	1	2002	2002
	WAJANA200	503333	212437	DAVAR	Ethyc'o	juillet 2002	1	2002	2002

Les stations 1-E, 3-B, 4-N, 4-M et KE-05 sont, depuis plusieurs années, régulièrement suivies par VALE NC dans le cadre de son programme de suivi environnemental.

Des inventaires ponctuels ont été réalisés sur les 6 stations des sous-bassins versants Kwé Ouest 4 et Kwé Ouest 5 en mai 2011 et en novembre 2013. Les rapports des suivis macrobenthique, ichtyologique et carcinologique de l'étude de novembre 2013, réalisée par notre bureau d'étude, ne sont pas finalisés mais les données d'inventaires ont pu être utilisées dans le cadre de ce rapport bibliographique.

### 2.5.3.2.3 Localisation des stations macroinvertébrés de la Kwé et de la rivière Wadjana

Les stations de suivis macrobenthiques IBNC / IBS (Indices biotique de Nouvelle Calédonie et Indice BioSédimentaire) de la Kwé sont représentées sur la Figure 12.

Les deux stations étudiées sur la rivière Wadjana sont représentées sur la Figure 13.

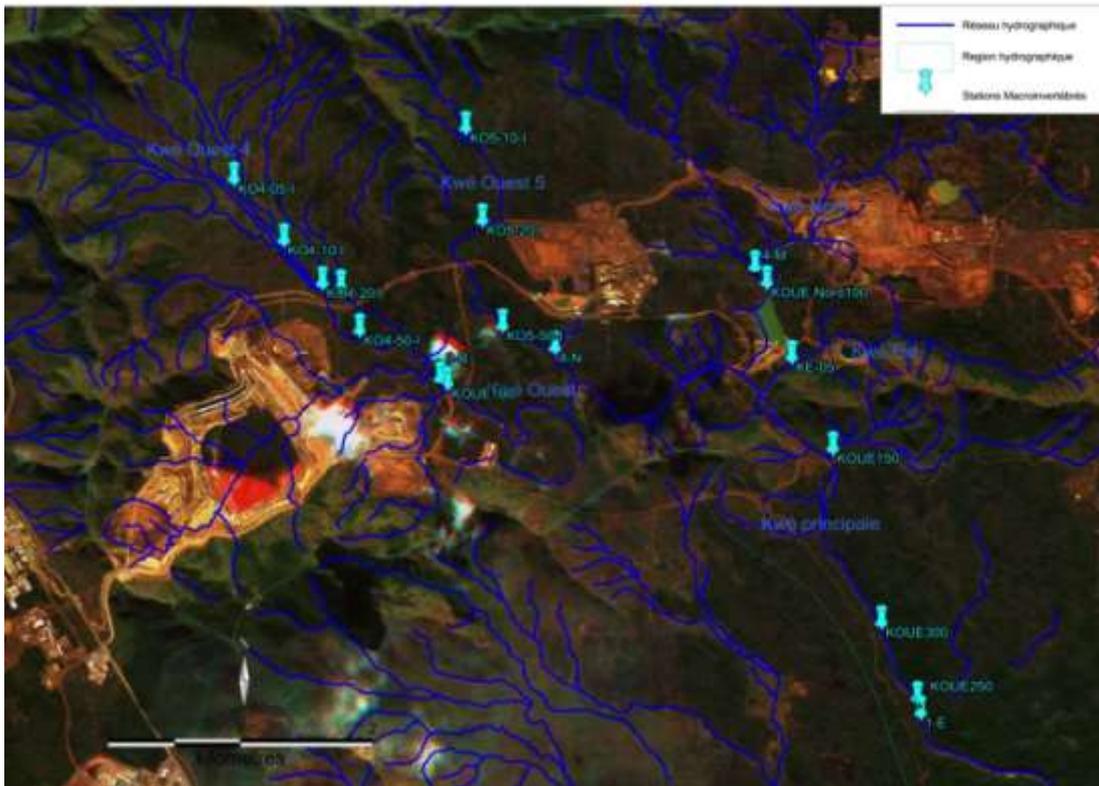


Figure 12 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS du bassin versant de la Kwé

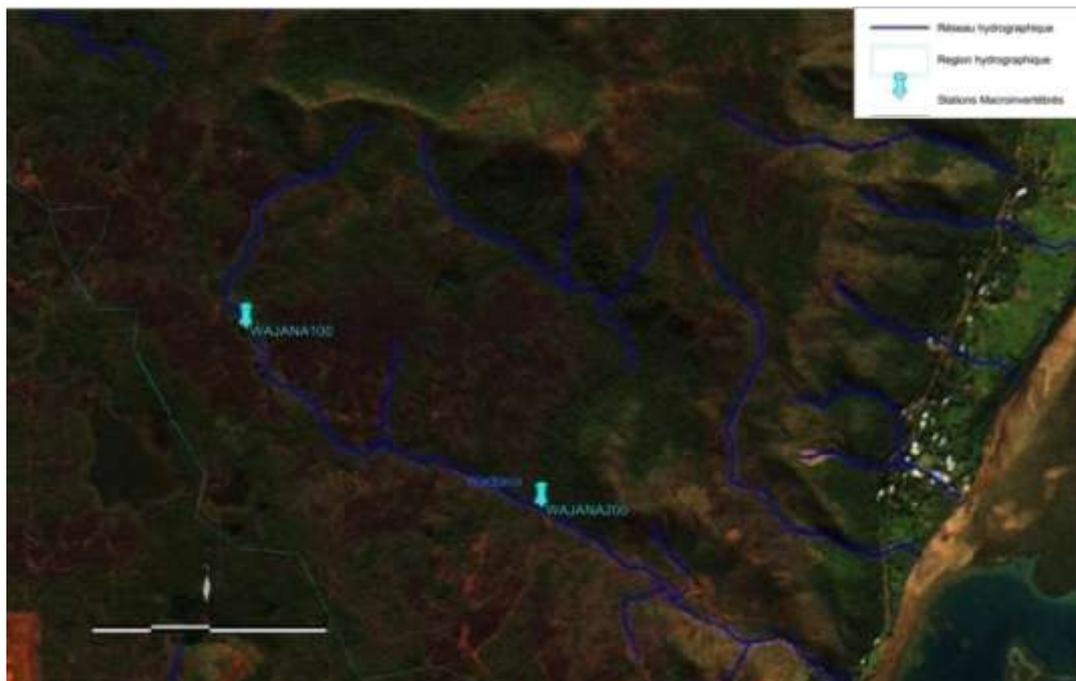


Figure 13 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS de la Wadjana

## 2.5.4 INVENTAIRES BOTANIQUES

La zone concernée par le projet minier de Vale Nouvelle-Calédonie a déjà fait l'objet d'un important travail d'inventaire. En effet, les nombreuses zones qui seront impactées par les activités minières ont été caractérisées afin de répondre à la réglementation en termes de gestion de l'environnement mise en place par le Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie et la Province Sud.

Dans la présente étude, il a été pris en compte uniquement les inventaires concernant les cours d'eau de la Kwé Ouest, Est, Nord et principale. La cartographie suivante présente les zones ayant fait l'objet d'un inventaire prenant en compte les cours d'eaux concernés.

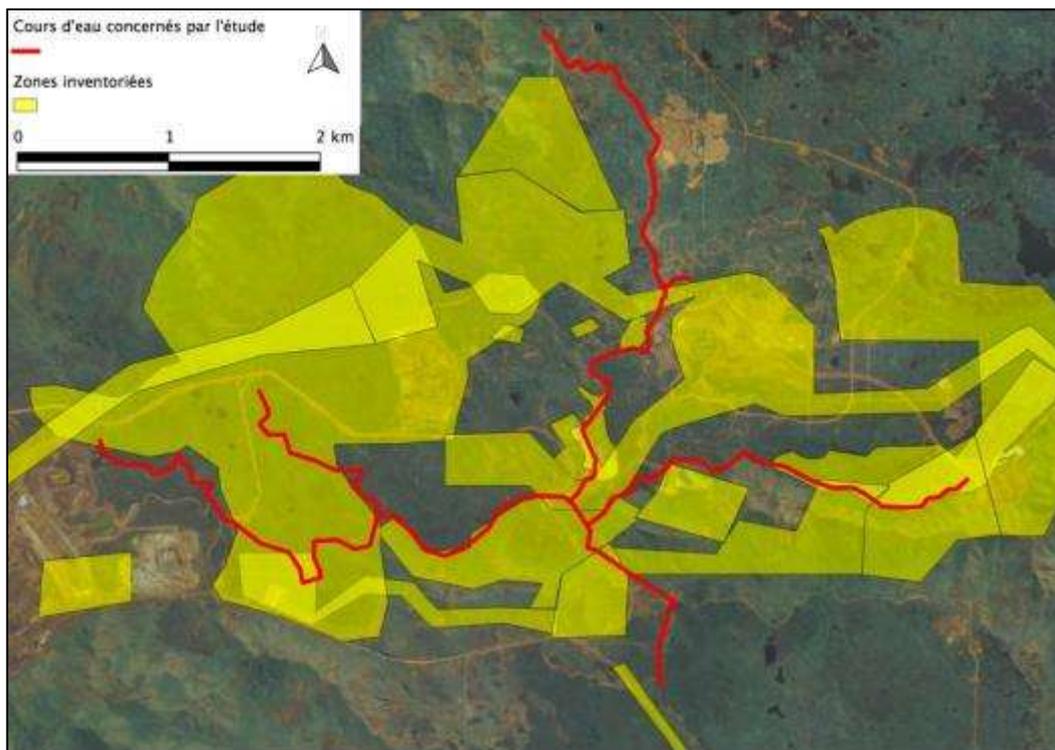


Figure 14: Limites des inventaires sur les cours d'eaux concernés

### 2.5.4.1 Caractérisation de la végétation sur l'ensemble du projet minier de Vale Nouvelle-Calédonie

Une importante campagne de prospection a été réalisée par l'IRD en 2002 (T. Jaffré, Rigault, et al. 2002; T. Jaffré, Dagostini, et al. 2002a; T. Jaffré, Dagostini, et al. 2002b; T. Jaffré, Rigault, et Dagostini 2003) afin de caractériser la végétation des zones qui seront amenées à être impactées par le projet minier (Figure 15). Ce travail a permis de caractériser les habitats et les espèces présents dans la zone d'emprise du projet. Ce descriptif a été divisé en quatre rapports en fonction des priorités de décapage du projet.

Les objectifs de cette étude sont de :

- caractériser les groupements végétaux représentatifs des milieux en mettant l'accent sur l'intérêt de certains périmètres qui pourraient être épargnés.
- d'inventorier les espèces de la flore des plantes vasculaires représentées dans la zone concernée et de préciser le statut des plus rares d'entre-elles, dont certaines populations pourraient être déplacées ou multipliées avant les phases de décapage.
- d'évaluer la perte en surface des différents groupements afin de pouvoir ultérieurement rechercher des milieux similaires, qui pourraient être épargnés par l'exploitation minière et être protégés, assurant ainsi la pérennité des différents habitats. Les sites retenus constitueraient des pôles prioritaires pour la sauvegarde de la biodiversité terrestre de l'extrême Sud de la Grande Terre.

Il en ressort que les actions de conservation doivent se concentrer sur les forêts denses humides sur éboulis partiellement rivulaires et les forêts à Chêne Gomme (*Arillastrum gummiferum*). Par ailleurs, plusieurs espèces rivulaires doivent faire l'objet de programmes de multiplication au regard du projet.

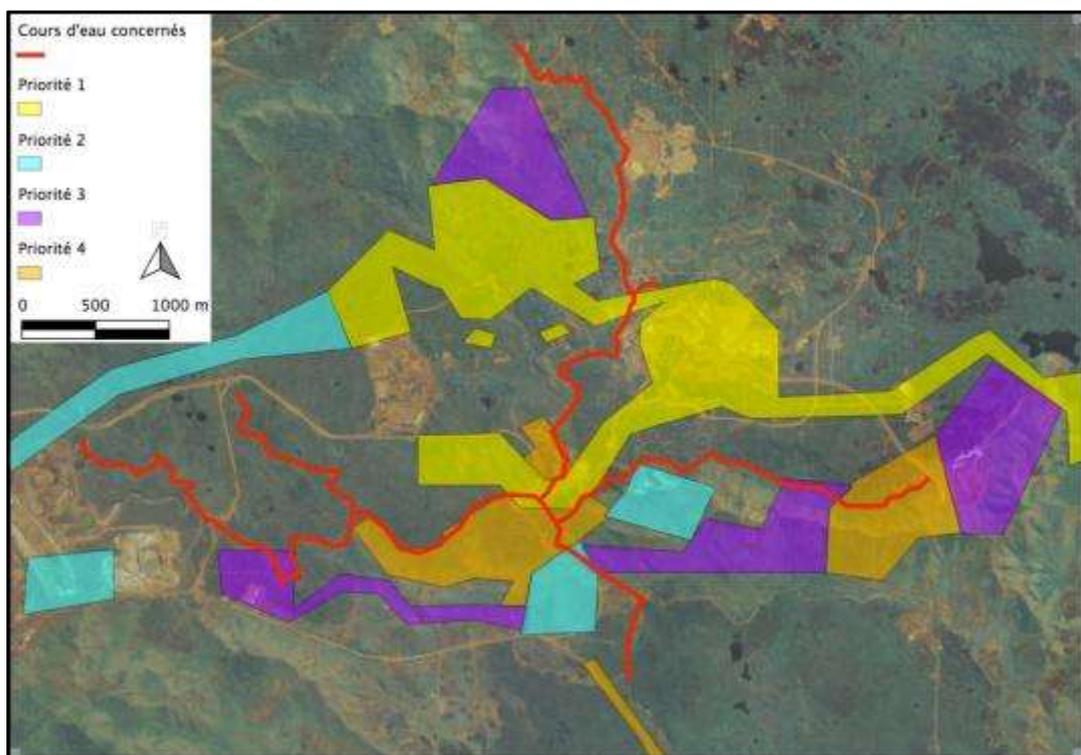


Figure 15: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'IRD en 2002

### 2.5.4.2 Caractérisation de la végétation sur la Kwé Est

#### 2.5.4.2.1 Forêt sur éboulis péridotitique et forêt rivulaire de la Kwé Est

Un des éléments importants en termes de conservation est la forêt sur éboulis et rivulaire présente le long de la Kwé Est. Cette formation a été caractérisée grâce à l'inventaire floristique du Plateau de Goro réalisé en novembre 2011 (Bota Environnement 2011) (Figure 16).

Un total de 239 espèces différentes ont été inventoriées dans cette formation présentant un taux d'endémisme de 94,7%. Tous ces éléments soulignent l'intérêt écologique de cette zone. En termes d'espèces sensibles, les nombreux *Pandanus lacuum* (EN) présents le long du creek, avec un statut d'espèce « En danger », nécessitent une attention particulière en matière de conservation de la biodiversité. Cette zone comporte aussi de nombreuses espèces d'orchidées qui sont protégées par la Province Sud. Toutefois, les connaissances sur cette famille restent parcellaires même si elles sont protégées pour éviter le braconnage.

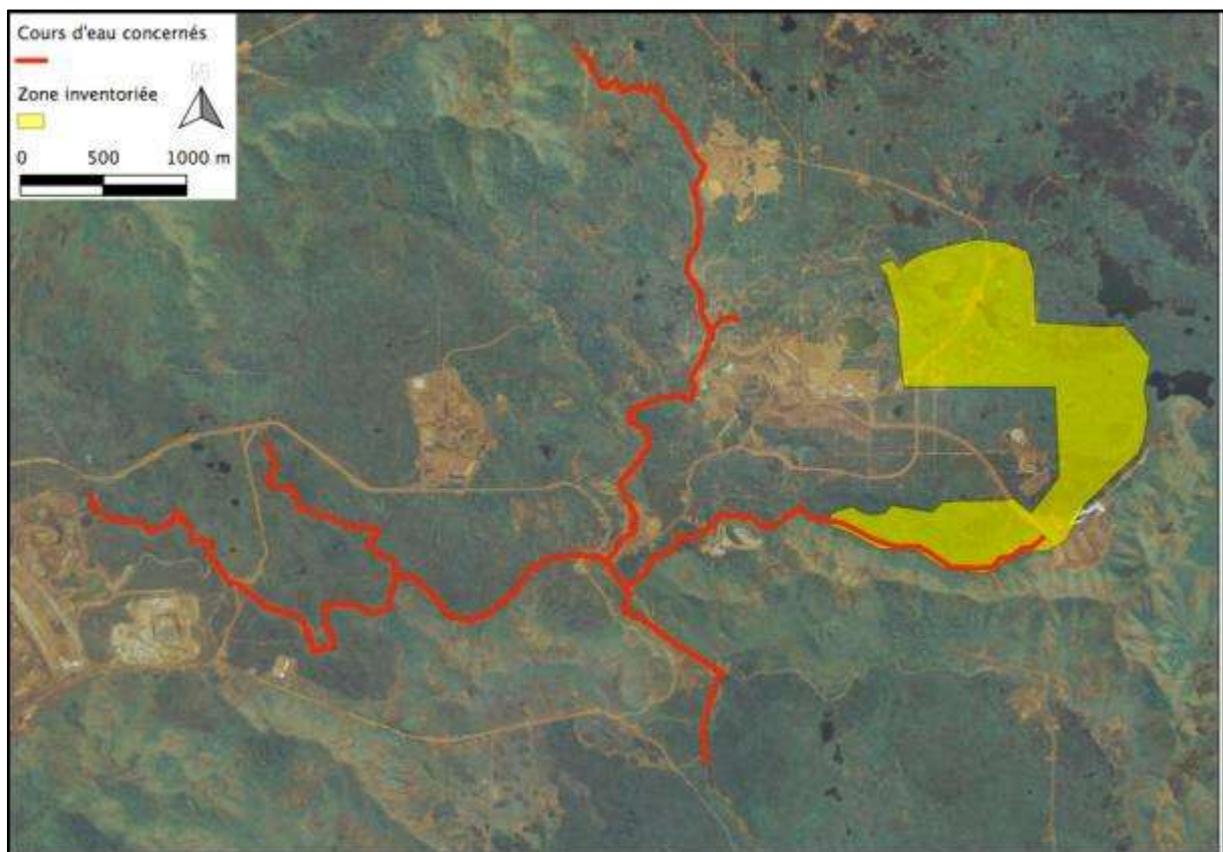


Figure 16: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de la zone des 15 ans d'exploitation

### 2.5.4.3 Caractérisation de la végétation de la Kwé Nord.

#### 2.5.4.3.1 Végétation sous l'emprise du bassin de sédimentation de la mine sur la Kwé Nord

Un important bassin de sédimentation (BSKN) a été réalisé sur la Kwé Nord (Vale 2005) (Figure 17). Cette zone comprend une importante proportion de formations rivulaires strictes ainsi que des maquis à hydromorphie temporaire (plus de 52% de la surface). Cette zone est complètement impactée à l'heure actuelle. Par ailleurs, cet aménagement a impacté trois espèces sensibles, à savoir *Pandanus lacuum*, *Rauvolfia sevenetii* et *Retrophyllum minus*.

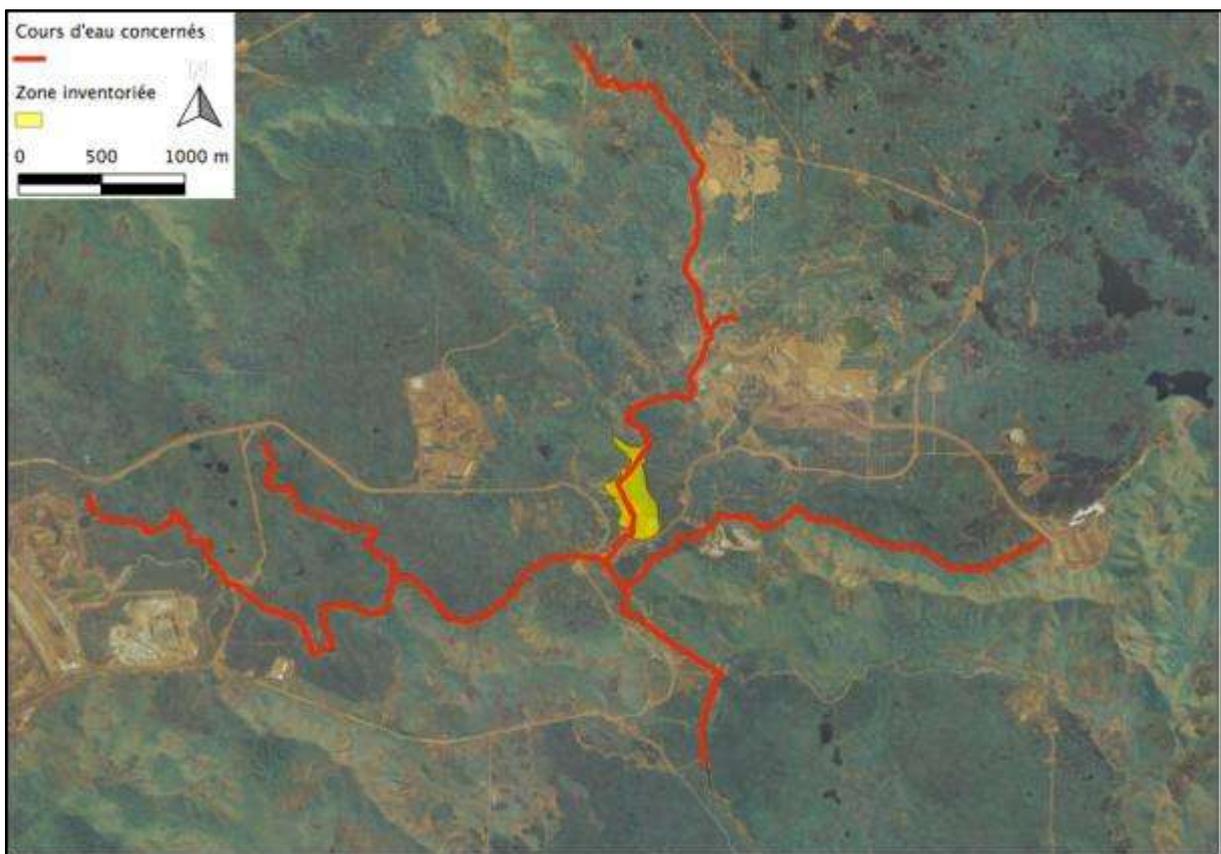


Figure 17: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'emprise du bassin de sédimentation de la Kwé Nord

**2.5.4.3.2 Végétation rivulaire à la confluence de KN2 et KN3 sur 200 m au dessus de la voie de roulage.**

Cet inventaire a permis de mettre en évidence, à l'embranchement de la KN2 et KN3 (Figure 18), la présence de trois espèces sensibles, à savoir *Pandanus lacuum*, *Rauvolfia sevenetii* et *Retrophyllum minus* (McCoy 2008; Le Borgne 2007). Une majeure partie de la zone est couverte par de la végétation des zones hydromorphes et des maquis arbustifs sur sol ferrallitique cuirassé.

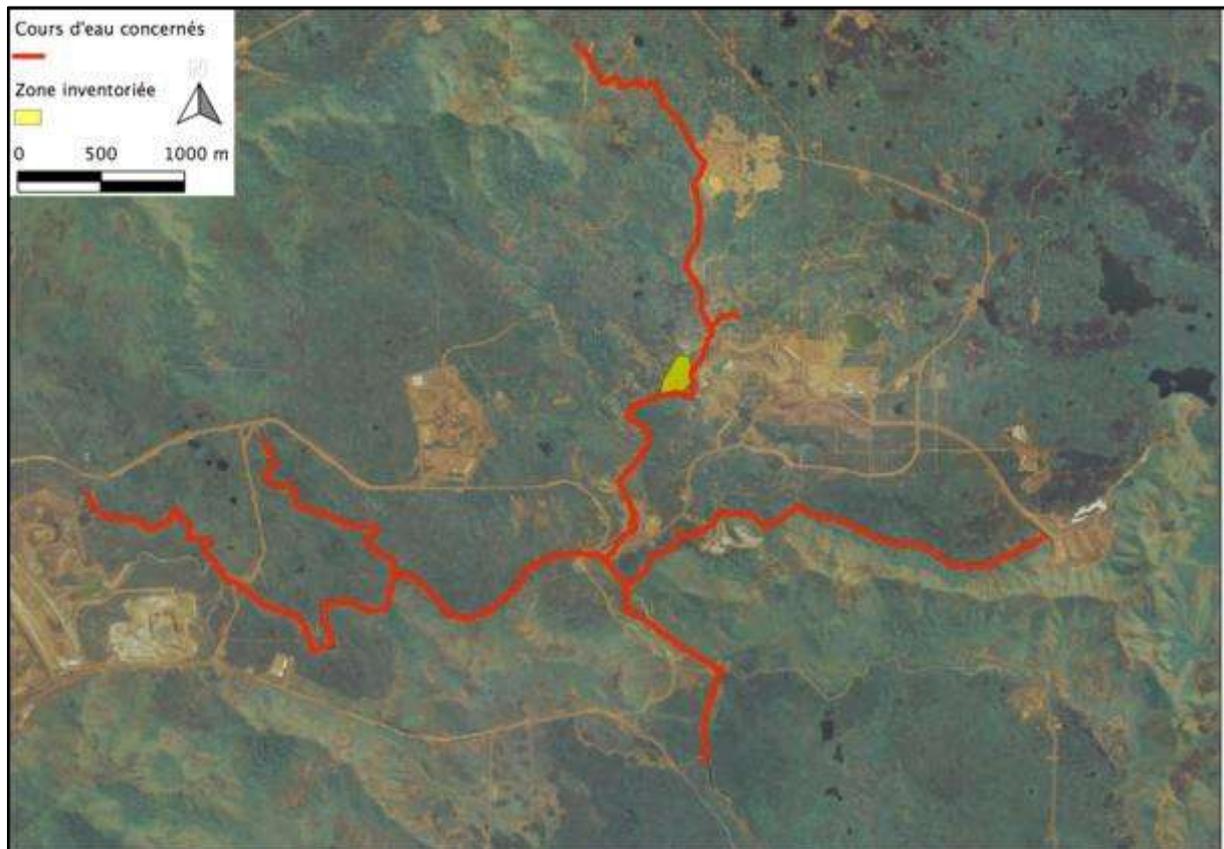


Figure 18: Zones inventoriées dans le cadre de l'étude de l'emprise du projet à la confluence de KN2 et KN3.

#### 2.5.4.4 Caractérisation de la végétation de la Kwé Ouest.

##### 2.5.4.4.1 Végétation de la zone de KO5 et KO1 (Campagne de sondage « Gardenia »).

Cette étude caractérise la végétation de l'emprise d'une campagne de sondage de KO5 et KO1 (Vale 2010a), qui prend en compte une grande partie de la Kwé Ouest (Figure 19). Les maquis arbustifs sur sols ferrallitiques cuirassés sont les plus concernés par ce projet. Par ailleurs, trois espèces sensibles ont été identifiées dans ce rapport, à savoir *Tristaniopsis macphersonii*, *Pycnandra glabella* et *Zanthoxylum sp.*

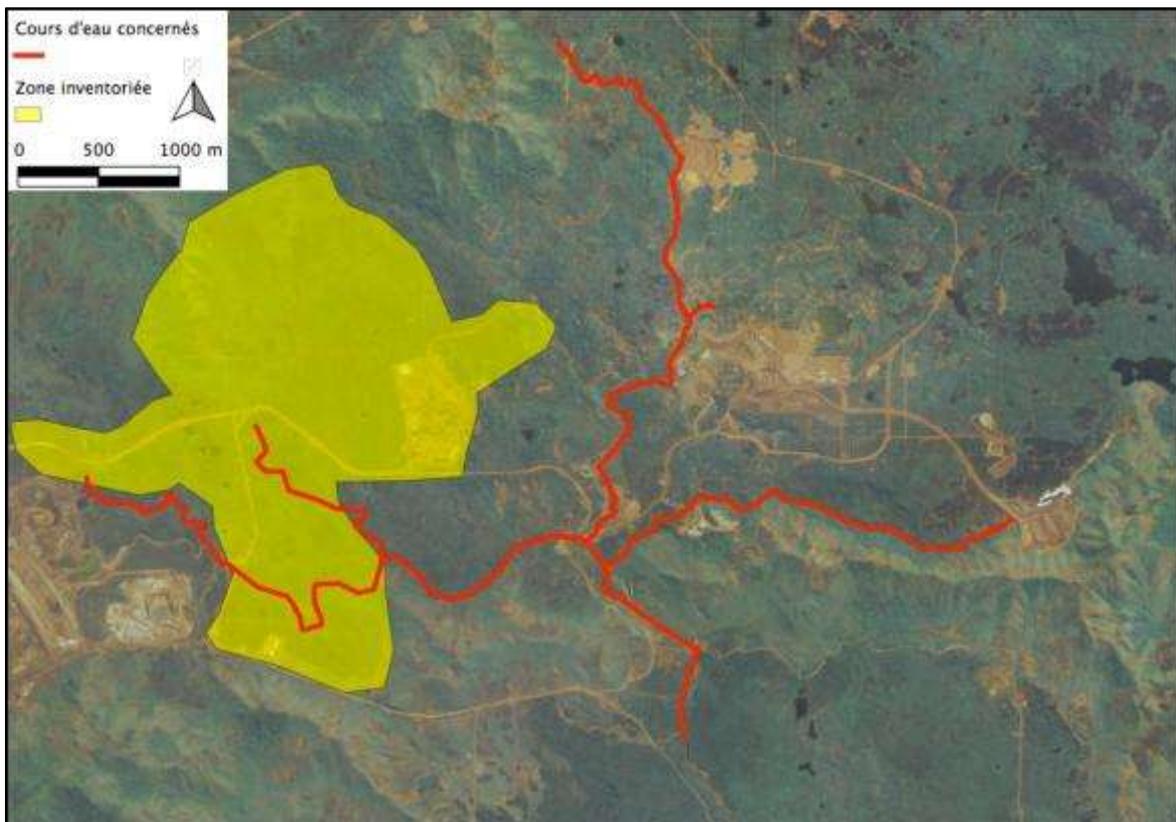


Figure 19: Zone inventoriée dans le cadre de la campagne de sondage « Gardenia »

### 2.5.5 DESCRIPTION DU PROJET MINIER DE VALE NOUVELLE-CALÉDONIE

Pour l'exploitation du gisement nickélifère du plateau de Goro, la société Vale Nouvelle-Calédonie prévoit de creuser une fosse minière dont la superficie va s'étendre progressivement vers la bordure de la plaine des lacs jusqu'en 2036.

Pour la gestion des déchets issus du traitement du minerai, Vale Nouvelle-Calédonie prévoit deux parcs pour le stockage des résidus et plusieurs lieux de stockage des stériles. Des carrières seront également ouvertes afin de produire des matériaux de construction pour les différents éléments du projet. L'emprise des différents éléments du projet sont présentés à la figure 20.

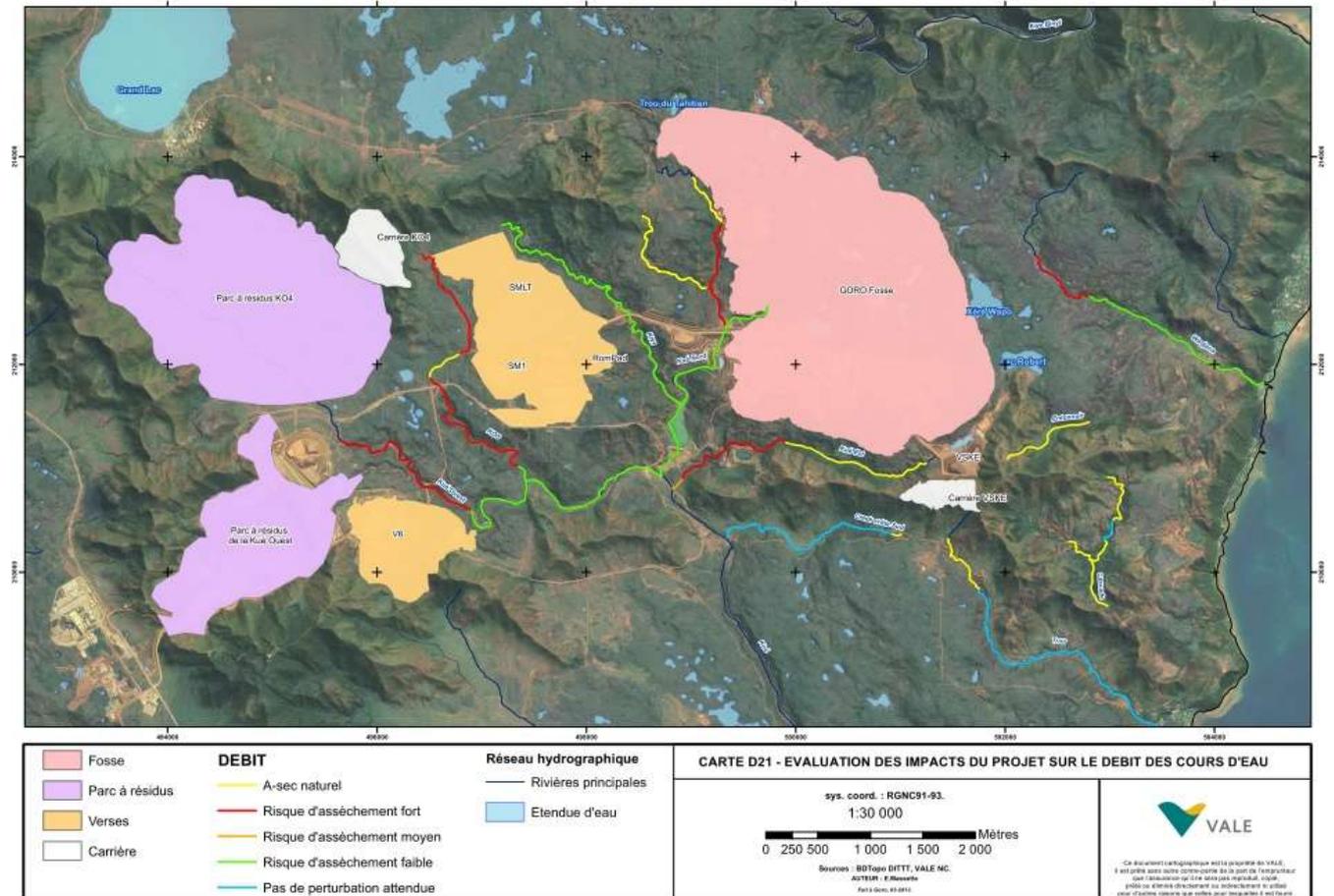


Figure 20 : Emprise des éléments constitutifs du projet d'exploitation minière de Vale Nouvelle-Calédonie

## 2.6 EXPLOITATION DES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SPECIFIQUES A LA ZONE D'ETUDE

### 2.6.1 HYDROGRAPHIE

Le secteur étudié représente une superficie totale de l'ordre de 130 km<sup>2</sup> et comporte plusieurs bassins endoréiques et systèmes pseudo-karstiques, présentés sur la carte suivante (Figure 21).

Le réseau hydrographique de la Kwé est constitué par trois bras principaux (Kwé Ouest, Kwé Nord et Kwé Est) qui drainent l'ensemble du bassin versant concerné par le projet d'exploitation minière de VALE NC. Les affluents principaux pour lesquels une reconnaissance de terrain sera réalisée sont :

- La rivière Kwé Est : 3,2 km
- la rivière Kwé Ouest amont : 3,1 km
- la rivière KO5 : 1,6 km
- la rivière Kwé Ouest : 2,0 km
- la rivière KN2 : 2,7 km
- la rivière KN3 aval : 0,3 km
- la rivière Kwé Nord : 2,2 km
- la rivière Kwé principale : 0,7 km

La périphérie du site est drainée par :

- la rivière Wadjana, le creek de la crête sud, la rivière Truu et la rivière de la Kwé Binyi pour les limites Est et Sud Est,
- la rivière de la plaine des lacs et l'amont de la Kwé Binyi pour la limite nord
- la rivière Kaori, la rivière Kadji, le Creek de la baie Nord et les creeks de Port Boisé (avec notamment la rivière du Trou Bleu) pour les limites ouest et sud ouest

Les principaux lacs se trouvent à la périphérie du site avec le lac en huit et le grand lac au nord, le trou du tahitien, le lac Goro sud, le lac robert et le lac Xere wapo à l'Est.

La connexion pour deux bassins endoréiques a été mise en évidence par traçage. Le Creek de la Plaine des Lacs est raccordé par le milieu souterrain au bassin versant de la Kwé Nord (zone en vert sur la Figure 22).

En revanche, la connexion entre le grand lac (un système pseudo-karstique fossile) et le sous-bassin versant de la Kwé Ouest n'est pas prouvée par traçage.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 75 / 294</b>

Quatre sous-bassins versants sont distingués, au droit des stations limnimétriques à disposition (KAL, KOL, KNL et Plaine des Lacs).

## **2.6.2 GEOMORPHOLOGIE**

Concernant la morphologie des lits mineurs et majeurs, mises à part des études ponctuelles sur la mise en place de stations de jaugeage, aucune étude spécifique n'a été réalisée à ce jour sur la Kwé, la Truu ou la Wadjana. Cependant, une étude menée par EMR (EMR 2010) sur l'engravement du cours principal de la Kwé traite quelques aspects. Cette étude conclut d'ailleurs sur la nécessité de développer la compréhension de la dynamique d'érosion au niveau du bassin versant.

L'étude a consisté à identifier les zones d'engravement (Figure 23) et à réaliser différentes analyses granulométriques sur ces zones. La caractérisation granulométrique des sédiments n'a pas permis la mise en évidence d'un gradient granulométrique vers l'aval de la rivière Kwé Principale. De plus, l'engravement constaté dans le cours d'eau n'a pas été considéré comme anormal (tout en étant prudent en l'absence de situation comparable et/ou de référentiel dans la région). Enfin, au niveau des plages de sédiments localisées, il est extrêmement difficile de dire si elles ont pour origine l'activité anthropique ou l'érosion naturelle. En tout état de cause, la rivière est caractérisée par un régime d'écoulement torrentiel lors des crues et par des débits et des vitesses d'écoulement d'eau conséquents.

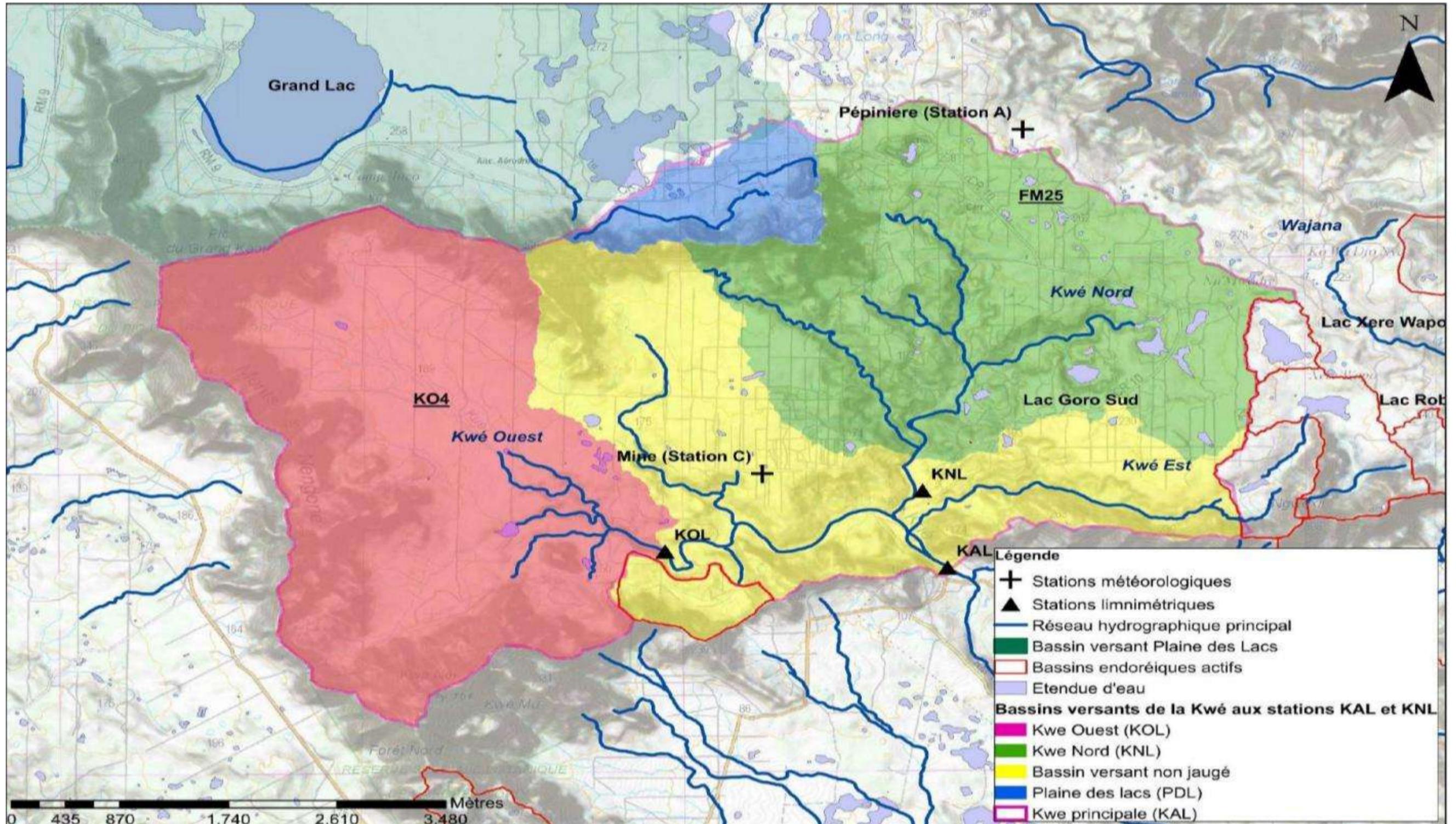


Figure 21 : Carte de localisation du secteur

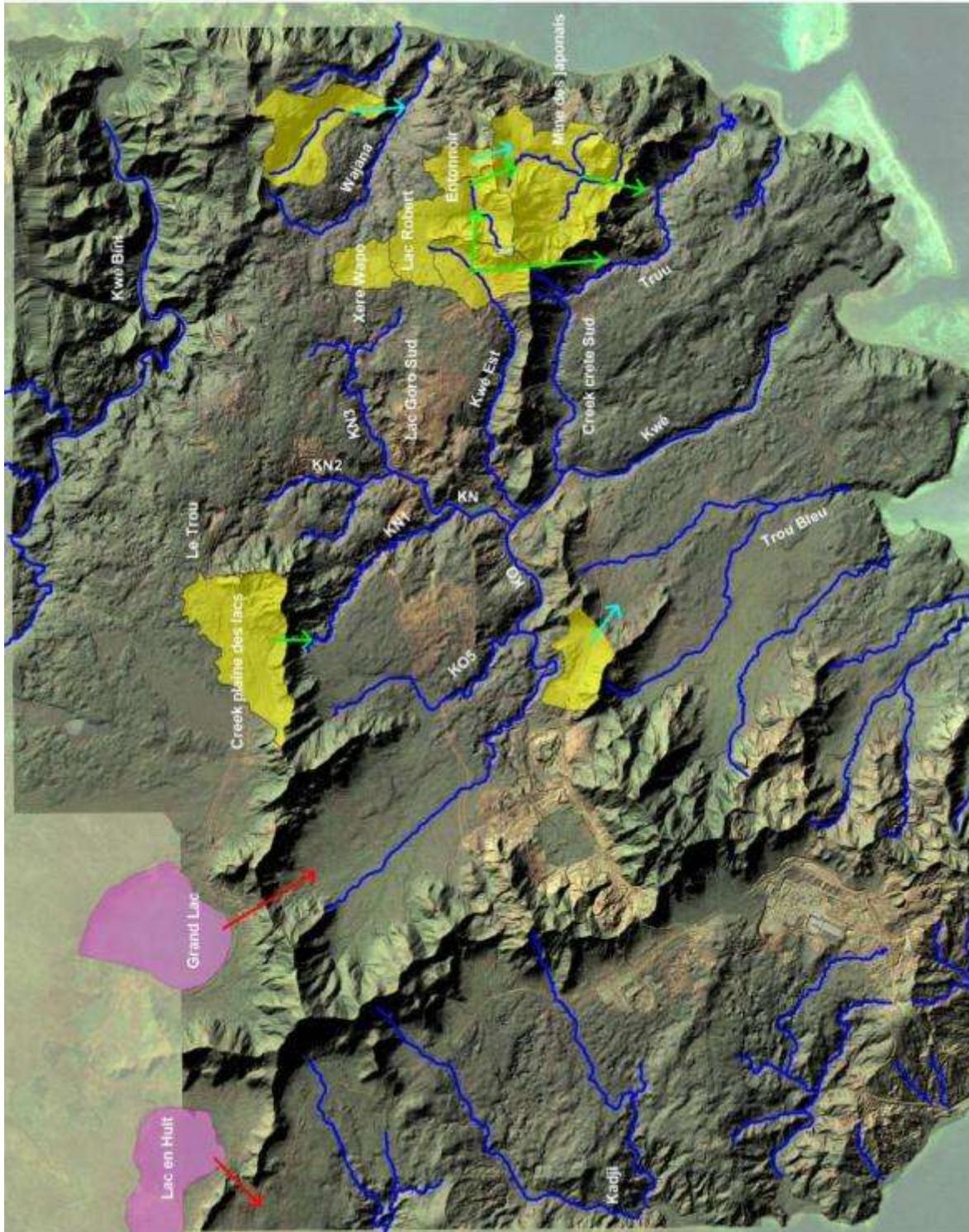


Figure 22 : Localisation des principaux bassins endoréiques et des systèmes pseudo-karstiques associés  
(Source : Vale, 28/02/2012)



Figure 23 : Estimation sommaire des volumes de plages de sédiments sur la rivière Kwé (EMR, 2010)

## 2.6.3 HYDROLOGIE

### 2.6.3.1 Débits caractéristiques

#### 2.6.3.1.1 La rivière KWÉ (KAL, KOL, KNL, PDL)

Les débits caractéristiques ont été établis dans le cadre du rapport « Synthèse hydrologique, secteur de Goro » (A2EP 2012).

La méthodologie d'analyse des données est homogène avec celle de la DAVAR (Alric 2009; Frysou 2008)

Le débit d'étiage est le débit minimum d'un cours d'eau calculé sur un pas de temps donné en période de basses eaux. On distingue, pour une année donnée :

- le débit d'étiage journalier (absolu)
- le débit d'étiage mensuel qui est la moyenne des débits journaliers du mois d'étiage (QMNA)
- le débit caractéristique d'étiage (DCE) qui est le débit journalier en-dessous duquel l'écoulement descend dix jours consécutifs dans l'année.

Le DCE médian est le DCE qui est dépassé en moyenne un an sur deux. Lorsqu'une année présente un DCE supérieur au DCE médian on considère qu'il s'agit d'un étiage humide. Dans le cas contraire, on parle d'étiage sec.

Les estimations fréquentielles sont obtenues par ajustement à la loi de Gumbel pour les valeurs maximales (étiages humides) et à la loi Log-normale pour les valeurs minimales (étiages secs).

Le DCE10 est le DCE sec observé avec une période de retour de 10 ans.

La chronique de débits disponible à la station KAL s'étend de janvier 1998 à juillet 2011, soit sur un laps de temps de 12,5 années. L'amplitude des débits présente un rapport de 1 à 400. Elle s'étend de 0,3 m<sup>3</sup>/s (étiage absolu de 1998 à 2011) à 116 m<sup>3</sup>/s. Les relevés hydrométriques de la station KAL comportent des lacunes de données non négligeables. Sur un total de 4 928 jours, 709 valeurs de débits journaliers sont non renseignées, soit 14% de lacune. Néanmoins, cette proportion n'est pas de nature à empêcher une analyse cohérente.

La chronique de débits disponible à la station KOL s'étend de janvier 2006 à juillet 2011, soit sur un laps de temps de 5,5 années. Ces données présentent des lacunes relativement importantes (sur un total de 2009 jours, les débits journaliers manquent lors de 472 jours, soit 23% du temps). L'analyse statistique se base donc sur un échantillon assez réduit. L'amplitude des débits s'étend de 0,001 m<sup>3</sup>/s (étiage absolu de 2006 à 2011) à 48 m<sup>3</sup>/s. Les débits de pointe sont moins nombreux et moins importants qu'à la station KAL.

La chronique de débits disponible à la station KNL s'étend de janvier 1998 à juillet 2011, soit sur un laps de temps de 13,5 années. Ces données présentent des lacunes relativement fortes (sur un total de 4 927 jours, les débits journaliers manquent pour 1 664 jours, soit 34% du temps). L'analyse statistique se base donc sur un échantillon assez réduit. L'amplitude des débits s'étend de 0,1 m<sup>3</sup>/s (étiage absolu de 1998 à 2011) à 40 m<sup>3</sup>/s.

La chronique de débits utilisée à la station Goulet (PDL ou plaine des Lacs), qui sert de point de comparaison avec les autres chroniques, s'étend de juin 1956 à octobre 2010, soit sur environ 55 années. Ces données sont assez complètes puisqu'elles présentent des lacunes relativement mineures en 2000, 2001 et 2010 (sur un total de 5110 jours, les débits journaliers manquent lors de 431 jours, soit 8% du temps). L'amplitude des débits est grande et s'étend de 0,09 m<sup>3</sup>/s (étiage absolu de 1956 à 2008) à 550 m<sup>3</sup>/s.

Tableau 8 : Débits caractéristiques aux quatre stations KAL, KOL, KNL, PDL

	superficie (km <sup>2</sup> )	module (m <sup>3</sup> /s)	Etiage humide (T (ans))			Etiage médian (T (ans))	Etiage sec (T (ans))			
			20	10	5	2	5	10	20	
KAL	32.92	Q (m <sup>3</sup> /s)	2.400	0.898	0.802	0.707	0.537	0.426	0.378	0.342
		q spé (L/s/km <sup>2</sup> )	72.9	27.3	24.4	21.5	16.3	13.0	11.5	10.4
		coefficient DAVAR (L/s/(km <sup>2</sup> ) <sup>0.75</sup> )	174.6	65.3	58.4	51.4	39.1	31.0	27.5	24.9
KOL	10.66	Q (m <sup>3</sup> /s)	0.660	0.193	0.156	0.119	0.026	0.005	0.002	0.001
		q spé (L/s/km <sup>2</sup> )	61.9	18.1	14.6	11.2	2.4	0.5	0.2	0.1
		coefficient DAVAR (L/s/(km <sup>2</sup> ) <sup>0.75</sup> )	111.9	32.7	26.4	20.2	4.3	0.9	0.4	0.2
KNL	11.93	Q (m <sup>3</sup> /s)	0.930	0.421	0.367	0.314	0.217	0.165	0.143	0.127
		q spé (L/s/km <sup>2</sup> )	78.0	35.3	30.8	26.3	18.2	13.8	12.0	10.6
		coefficient DAVAR (L/s/(km <sup>2</sup> ) <sup>0.75</sup> )	144.9	65.6	57.2	48.9	33.8	25.7	22.2	19.8
PDL	81.48	Q (m <sup>3</sup> /s)	5.600	1.796	1.459	1.122	0.429	0.209	0.143	0.105
		q spé (L/s/km <sup>2</sup> )	68.7	22.0	17.9	13.8	5.3	2.6	1.8	1.3
		coefficient DAVAR (L/s/(km <sup>2</sup> ) <sup>0.75</sup> )	206.5	66.2	53.8	41.4	15.8	7.7	5.3	3.9

Pour les quatre stations étudiées, les débits mensuels moyens ont la même tendance : une augmentation progressive du débit moyen entre novembre et mars - avril puis une diminution régulière jusqu'à la fin du mois d'octobre (Figure 24).

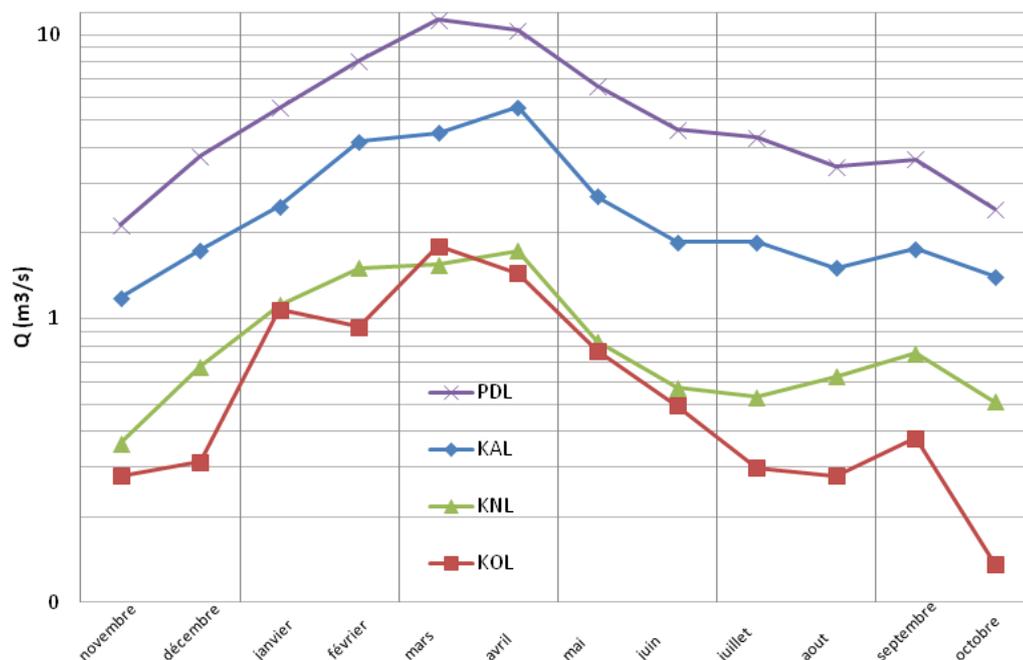


Figure 24 : Évolution des débits mensuels moyens aux quatre stations sur la Kwé

Pour la station KOL, la valeur de K3, le coefficient d'irrégularité est assez élevé de septembre à janvier, traduisant une grande irrégularité d'une année sur l'autre. Sur les autres mois de l'année, les valeurs de K3 sont sensiblement plus faibles, le débit moyen s'avère plus régulier sur cette période, d'une année sur l'autre.

Pour KNL, la valeur de K3, le coefficient d'irrégularité est relativement faible pour tous les mois, traduisant une bonne régularité du débit moyen d'une année sur l'autre.

Pour la station PDL, la valeur de K3, le coefficient d'irrégularité est assez élevé pour les mois de février, septembre, octobre, novembre et décembre, traduisant une certaine irrégularité du débit moyen d'une année sur l'autre.

Une étude réalisée par A2EP (**A2EP 2013b**) a consisté à calculer les débits d'étiage et de crue. Certaines données concernent la zone d'étude avec la Kwé, la Truu et la Wadjana.

#### 2.6.3.1.2 Débits de crue

Les débits de crue ont été calculés par 2 méthodes de calcul différentes. Se référer au rapport (A2EP, Établissement de courbes de tarage. 2013) pour plus de précisions.

Tableau 9 : Débits de crue annuelle, décennale et centennale, calculés par la méthode rationnelle et exprimé en m<sup>3</sup>/s

Station	Q1	Q10	Q100
Kwe Biny	135.3	268.7	450.8
Wajana	30.7	58.7	97.9
Entonnoir	12.6	23.6	38.2
Radier Truu	19.7	38.1	63.9
Source captage Truu	1.3	2.0	3.2
Source TR02	0.4	0.6	1.0
Creek de la crête sud	14.7	28.1	47.0
KN14	82.4	159.2	257.4
Trou bleu	54.3	103.0	166.6
KN1	36.4	69.6	112.6
KOL	88.6	171.1	276.8
KO5	31.1	59.8	96.8
CPKE05	24.3	47.0	76.0
KAL	220.8	431.1	697.3
Kadji 1	60.2	116.0	187.6
Kadji 2	39.5	76.1	123.1

Tableau 10 : Débits de crue annuelle, décennale et centennale, calculés par la méthode de transposition (en m<sup>3</sup>/s)

Station	Module	Méthode de transposition		
		Q1	Q10	Q100
Kwe Biny	2,42	72,1	235,4	402,4
Wajana	0,49	14,7	47,9	82,0
Entonnoir	0,17	5,2	17,0	29,1
Truu	0,76	11,4	37,1	63,5
Source captage Truu	0,52	0,7	2,4	4,1
Source TR02	0,14	0,2	0,7	1,2
Creek de la crete sud	0,29	8,6	28,1	48,0
KN14	1,14	34,1	111,3	190,3
Trou bleu	2,42	24,2	78,8	134,8
KN1	0,56	16,8	54,8	93,6
KOL	1,21	36,1	117,9	201,6
KO5	0,52	15,5	50,7	86,6
CPKE05	0,46	13,8	45,1	77,2
KAL	2,70	80,3	262,2	448,2
Kadji 1	0,88	26,1	85,2	145,7
Kadji 2	0,65	19,3	63,1	107,8

#### 2.6.3.1.3 DCE médians

Le DCE est le débit caractéristique d'étiage. La présence de péridotites à la surface des bassins augmente le débit spécifique d'étiage lorsque les Précipitations Moyennes Annuelles (PMA) sont inférieures à 1 800 mm/an.

En détails :

- Si PMA > 1 800 mm/an (secteur humide) : le débit spécifique d'étiage est globalement supérieur à 3l/s/km<sup>2</sup> et semble peu influencé par la géologie
- Si PMA < 1 800 mm/an (secteur sec) : le débit spécifique d'étiage peut être faible et est fortement influencé par la géologie, d'où :
  - Si le pourcentage de péridotites est supérieure 25% à la surface des bassins alors le débit spécifique d'étiage peut être potentiellement très fort.
  - Si le pourcentage de péridotites est inférieur à 25% à la surface des bassins alors le débit spécifique d'étiage peut être potentiellement très faible.

Tableau 11 : Débits caractéristiques d'étiage

Station	Qetiage DCE2 (en m <sup>3</sup> /s)
Kwe Biny	0,201
Wajana	0,024
Entonnoir	0,006
Truu	0,017
Source captage Truu	0,0004
Source TR02	0,0001
Creek de la crete sud	0,012
KN14	0,074
Trou bleu	0,047
KN1	0,029
KOL	0,080
KO5	0,026
CPKE05	0,022
KAL	0,232
Kadji 1	0,052
Kadji 2	0,035

#### 2.6.4 PHYSICO-CHIMIE

L'interprétation des données physico-chimique restera limitée dans le cadre de la présente étude.

Les données recueillies sont ponctuelles et susceptibles de variations rapides au cours du temps. Les résultats d'analyses témoignent de la composition de l'eau au moment de l'échantillonnage.

Les paramètres qui intéressent vis-à-vis de l'impact de la réduction du débit sont principalement la **température et l'oxygène dissous**. Ces deux paramètres sont liés : une augmentation de la température induit une baisse de la concentration en oxygène dissous.

Les données de température relevées sur la rivière Kwé varient à l'intérieur d'une gamme comprise entre 19 à 30°C selon la station et la saison (BIOIMPACT 2012; Vale 2009; Vale 2010b; Vale 2012)

Les concentrations en oxygène dissous sur la Kwé varient de 6 à 10 mg/l.

## 2.6.5 HYDROGEOLOGIE

De nombreuses études ont été réalisées sur la zone. Une grande partie est encore en cours de réalisation. Plusieurs sujets traitant de l'hydrogéologie dépassent le cadre de la présente étude. Ce chapitre se limitera donc à présenter quelques résultats pouvant être utiles à la compréhension de l'impact d'une réduction du débit sur la faune et la flore.

### 2.6.5.1 Interaction rivières/nappes

La complexité des écoulements souterrains est induite par la structure géologique multicouche qui est recoupée localement par des zones fracturées très perméables probablement situées à la base du profil d'altération, dans la zone fracturée du socle. Les analyses montrent que les zones fracturées qui recoupent les formations géologiques ont une influence sur les interactions entre les nappes et les rivières et sur les écoulements souterrains. Cette influence va bien au-delà des limites des crêtes situées en périphérie du site. La construction d'un modèle fiable du fonctionnement hydrogéologique du site de Goro requiert donc une représentation explicite des structures géologiques (fractures et pseudo-karst) impactant la circulation des eaux souterraines.

Les sources et les **tronçons de rivière drainant la nappe et ceux permettant l'infiltration de l'eau vers la nappe alternent au cours de l'année et le long des cours d'eau**. Malgré le nombre important de campagnes de jaugeage différentiel on ne parvient pas à définir un schéma de fonctionnement logique qui puisse expliquer l'alternance des interactions nappe/rivière dans l'espace et au cours du temps.

### 2.6.5.2 Aquitard latéritique

L'aquitard représente une formation semi-perméable qui participe à l'alimentation par drainage vertical des formations encaissantes plus perméables. Le ressuyage de l'aquitard des latérites vers l'aquifère de la saprolite a une influence sur le stock d'eau qui sera disponible pour alimenter la rivière. La connaissance de la profondeur de cet aquitard est importante pour modéliser l'évolution du débit (Figure 25; Figure 26).



Carte d'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de basses eaux

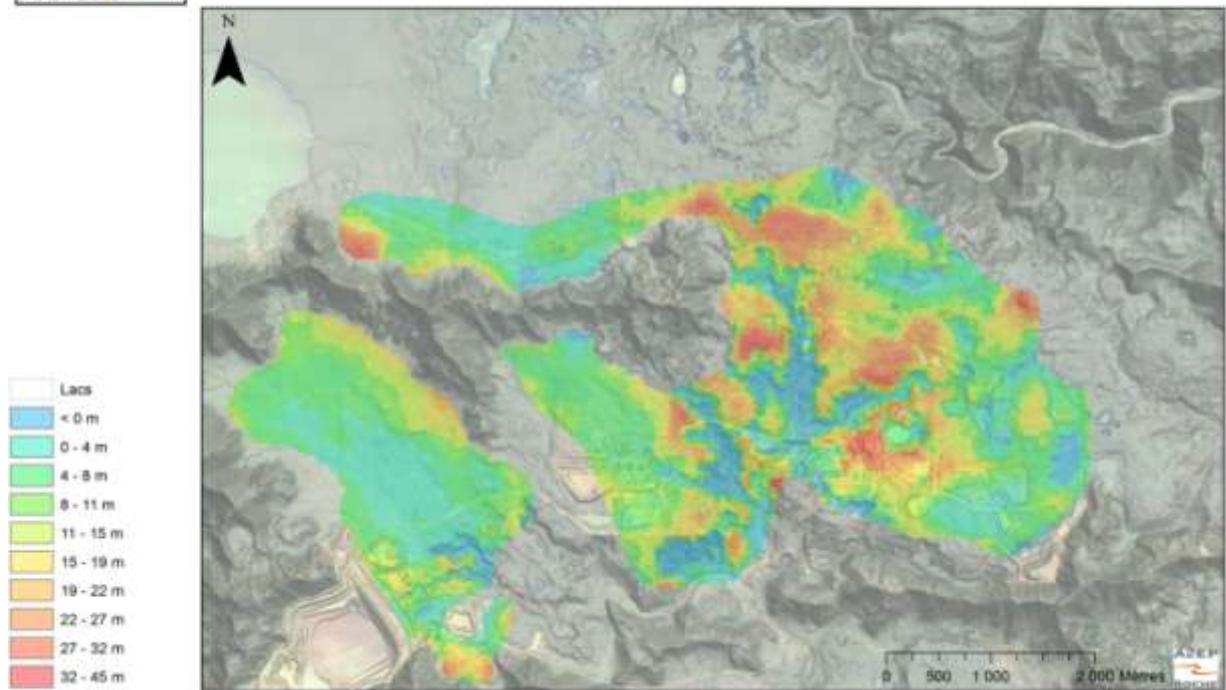


Figure 25 : Carte de l'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de basses eaux



Carte d'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de hautes eaux

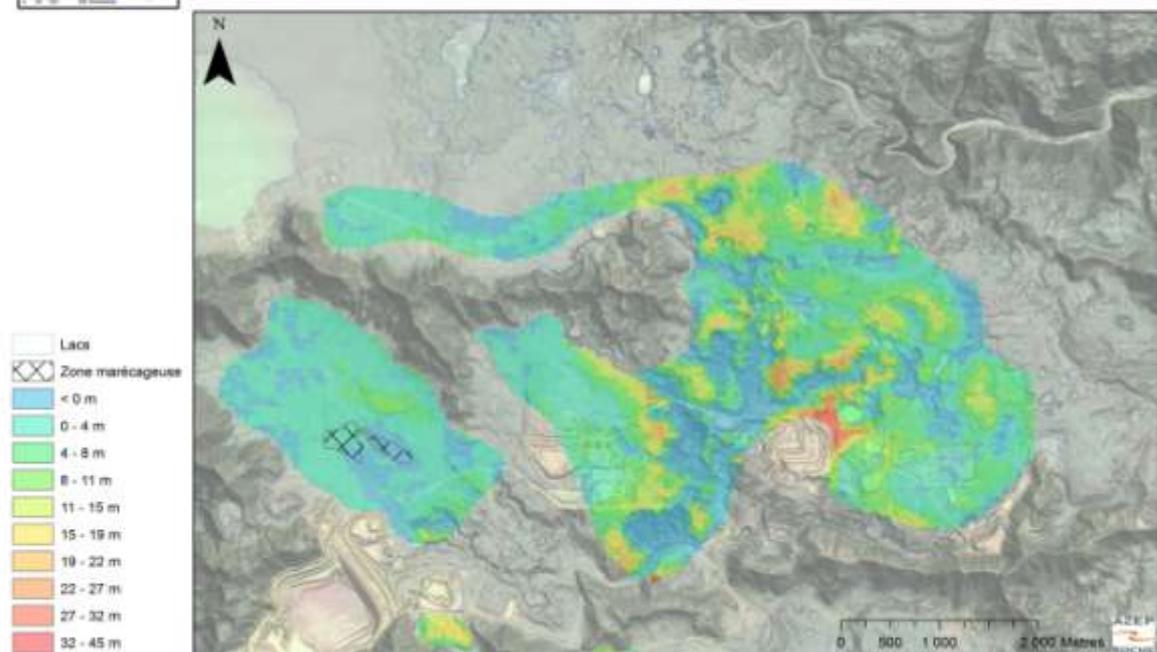


Figure 26 : Carte de l'épaisseur de l'aquitard latéritique non saturé en période de hautes eaux

## 2.6.6 FAUNE AQUATIQUE

### 2.6.6.1 Poissons recensés sur la Kwé depuis le début des inventaires

#### 2.6.6.1.1 Sur l'ensemble du bassin versant

Depuis le début des suivis ichtyologiques et carcinologiques réalisés sur la Kwé, 927 poissons ont été capturés (Tableau 12). Parmi ces individus, **26 espèces autochtones dont 4 endémiques** ont été recensées dans le cours d'eau. Des renseignements spécifiques à chacune des espèces de poissons sont présentés dans le Tableau 12.

Remarque: Il est important de noter que les études antérieures à 2000 sont essentiellement qualitatives (présence/absence) et pour la plupart aucun rapport propre à ces suivis n'a été retrouvé. Néanmoins, des données brutes ont pu être récupérées. Aucune donnée sur les effectifs de capture par espèce et de localisation des stations n'a été renseignée. Ces études ont donc été exclues mais toutes les espèces présentes avant 2000 sur cette rivière ont été retrouvées par la suite dans les autres inventaires.

En termes d'effectifs, la **famille des Kuhliidae est dominante sur la Kwé** avec 17 %. Elle est représentée par l'ensemble des espèces de cette famille, rencontrées habituellement sur le territoire, soit les 3 carpes *Kuhlia rupestris* (la plus commune et tolérante aux effets anthropiques); *Kuhlia munda* (commune au niveau des embouchures/cours inférieurs) et la carpe à queue rouge *Kuhlia marginata* (espèce plus rare et sensible). L'abondance de cette famille est expliquée en grande partie par la présence de l'espèce commune et tolérante *Kuhlia rupestris*. Cette dernière ressort comme l'espèce dominante sur l'ensemble des inventaires réalisés sur la Kwé. Elle représente à elle seule 28 % de l'effectif total. Elle a été observée sur la très grande majorité des inventaires et des stations. La carpe à queue rouge *K. marginata* et la carpe à queue jaune *K. munda* ont été observées uniquement sur les deux stations les plus en aval de la Kwé principale (KWP-40 et KWP-70).

Avec 11 %, la famille des **Eleotridae** est également bien représentée sur la rivière Kwé. 6 espèces dont une endémique (*Ophieleotris nov. sp.*) ont été recensées. Cette famille est essentiellement représentée par l'espèce commune et tolérante *Eleotris fusca*. En termes d'effectif par espèce, cette dernière (18 % de l'effectif total) vient en deuxième position après *K. rupestris*. Les autres espèces de cette famille sont très faiblement représentées (<1% de l'effectif total). Elles ont été observées uniquement sur la station à l'embouchure (KWP-70). L'espèce dominante *E. fusca* a aussi été observée principalement sur la station à l'embouchure KWP-70. Cependant, elle a également été observée, en effectif très faible, sur certaines stations en amont. Elle a été référencée sur les deux autres stations du cours principal (KWP-40 et KWP-10) ainsi que sur les deux stations KWN-10 (Kwé Nord) et KWO-60 (Kwé Ouest).

La famille des **Gobiidae** vient en 3<sup>ième</sup> position avec 8 %. Elle est représentée par 9 espèces dont les trois espèces endémiques *Schismatogobius fuligimentus*, *Stenogobius yateiensis* et *Smilosicyopus chloe*, qualifiées de rares et sensibles. L'espèce *Awaous guamensis*, commune et

tolérante aux effets anthropiques, est le gobie le mieux représenté sur la Kwé (9 %). Il a été observé sur une grande majorité des stations d'étude.

Les autres gobies sont faiblement (< 5%) à très faiblement représentés (<1%). Hormis *Smilosicyopus chloe*, tous ces individus ont été trouvés uniquement sur la partie basse du cours principal de la Kwé et tout particulièrement au niveau de la station à l'embouchure.

La famille des **Mugilidae** est la 4<sup>ième</sup> famille la mieux représentée sur la Kwé (7 %). Son abondance est expliquée par la présence des deux mullets noirs *Cestraeus oxyrhyncus* et *Cestraeus plicatilis*. Ces deux espèces, de taille assez importante (jusqu'à 30 cm), très rhéophiles, avec un régime alimentaire herbivore et un cycle de vie catadrome, sont qualifiées de rares et sensibles sur le territoire. Les populations ont fortement diminué en raison de la destruction de leur habitat (perte de la hauteur d'eau, envasement, dépôts colmatants,...) et d'une forte pression de pêche (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a). Les mullets noirs et tout particulièrement *C. plicatilis* (3<sup>ième</sup> espèce la plus abondante toutes espèces confondues avec 11 %) apparaissent bien représentés sur la Kwé. Comme la carpe *K. rupestris*, les mullets noirs sont bien répartis sur l'ensemble du bassin versant. Ils ont été référencés sur la très grande majorité des stations. De par leurs caractéristiques biologiques et écologiques ainsi que l'état des populations sur le bassin versant et sur le territoire, **ces deux espèces de mullet semblent pressenties dans le rôle d'espèces cibles pour l'étude.**

En comparaison des autres familles, les anguilles (**Anguillidae**) peuvent être considérées comme faiblement représentées en termes d'abondance de capture (< 5%). Trois espèces de cette famille ont été recensées soit les deux anguilles communes et tolérantes *Anguilla marmorata* et *A. reinhardtii* (respectivement 1,7 et 1,4 % de l'effectif total) et l'espèce plus rare et sensible *Anguilla megastoma* (0,5 %). Les deux espèces communes et tolérantes sont présentes sur l'ensemble des sous-bassins versants et sur la très grande majorité des stations et des inventaires. Quant à *A. megastoma*, plus rare et sensible, elle est observée uniquement sur quelques stations en amont. Les adultes de cette espèce sont inféodés aux parties hautes des cours d'eau. Rappelons que contrairement aux autres espèces d'anguilles qui sont présentes dans les parties basses, *A. megastoma* ne fait que passer dans le cours inférieur à l'état juvénile lors de ses migrations vers l'amont des rivières et elle n'est jamais trouvée dans les eaux stagnantes (Marquet, Keith, et Vigneux 2003a).

Les trois dernières familles recensées (**Rhyacichthyidae**, Lutjanidae et Ophichthyidae) sont très faiblement représentées sur la Kwé (<1 %). La famille des Lutjanidae et celle des Ophichthyidae représentées chacune par une seule espèce (respectivement *Lutjanus argentimaculatus* et *Lamnostoma kampeni*) sont très faiblement représentées et sont présentes uniquement au niveau de l'embouchure (KWP-70). Leur abondance et répartition s'expliquent par le fait qu'il s'agit d'espèces sporadiques. En ce qui concerne la famille des Rhyacichthyidae, cette famille est représentée en Nouvelle-Calédonie uniquement par l'espèce endémique ***Protogobius attiti***. Cette espèce est classée en danger d'extinction d'après la liste IUCN. Elle apparaît faiblement représentée sur la Kwé (1 % de l'abondance totale). Elle a été trouvée uniquement sur le bassin versant de la Kwé principal au niveau des deux stations KWP-10 et KWP-40. **Malgré sa très faible abondance de capture sur le cours d'eau, cette espèce peut être intéressante dans le choix éventuel d'espèces cibles du fait de son statut endémique et qu'elle soit en danger.**

Tableau 12: Espèces de poissons recensées sur l'ensemble des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés dans la rivière Kwé de 2000 jusqu'à fin 2013.

Famille	Espèce	Statut local et IUCN	Sensibilité	Stratégie migratoire	Effectif total recensé		Proportion en % recensée	
					Par espèce	Par famille	Par espèce	Par famille
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce commune et tolérante	Catadrome	16	39	1,73	4,21
	<i>Anguilla megastoma</i>	Autochtone/	Espèce rare et/ou sensible	Catadrome	5		0,54	
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	13		1,40	
	Indéterminé	Autochtone	?	Catadrome	5		0,54	
ELEOTRIDAE	<i>Eleotris acanthopoma</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	9	220	0,97	11,02
	<i>Eleotris fusca</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	167		18,02	
	<i>Eleotris melanosoma</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	20		2,16	
	<i>Eleotris sp.</i>	Autochtone	?	Amphidrome	5		0,54	
	<i>Hypseleotris guentheri</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Sporadique	7		0,76	
	<i>Ophieleotris aporos</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	4		0,43	
	<i>Ophieleotris nov. sp.</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	8		0,86	
GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. inconnue	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	79	165	8,52	8,26
	<i>Awaous ocellaris</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	1		0,11	
	<i>Glossogobius celebius</i>	Autochtone/ DI/ Pop. N.R.	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	26		2,80	
	<i>Istigobius decoratus</i>	Autochtone/ N.R.	Espèce marine	Sporadique	2		0,22	
	<i>Redigobius bikolanus</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	19		2,05	
	<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	Endémique DI/ Pop. inconnue	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2		0,22	
	<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	14		1,51	
	<i>Sicyopterus sp.</i>	?	?	Amphidrome	9		0,97	
	<i>Smilosicyopus chloe</i>	Endémique/ N.R.	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	12		1,29	
	<i>Stenogobius yateiensis</i>	Endémique/ Pm/ Pop. stable	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	1		0,11	
KUHLIIDAE	<i>Kuhlia marginata</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce rare et/ou sensible	Catadrome	2	340	0,22	17,03
	<i>Kuhlia munda</i>	Autochtone/ DI/ Pop.inconnue	Espèce commune au embouchure	Sporadique	74		7,98	
	<i>Kuhlia rupestris</i>	Autochtone/ Pm/ Pop. stable	Espèce commune et tolérante	Catadrome	264		28,48	
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Autochtone/ N.R.	Espèce marine	Sporadique	8	8	0,86	0,40
MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhynchus</i>	Autochtone/ DI/ Pop.inconnue	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	36	144	3,88	7,21
	<i>Cestraeus plicatilis</i>	Autochtone/ DI/ Pop.inconnue	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	102		11,00	
	<i>Cestraeus sp.</i>	Autochtone/ DI/ Pop.inconnue	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	6		0,65	
OPHICHTHYIDAE	<i>Lamnostoma kampeni</i>	Autochtone/ N.R.	Espèce rare et/ou sensible	Sporadique	2	2	0,22	0,15
RHYACICHTHYIDAE	<i>Protogobius attiti</i>	Endémique/ En danger d'extinction/ Pop. inconnue	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	9	9	0,97	0,45
Effectif total des poissons recensé sur l'ensemble du bassin versant de la Kwé depuis 2000 jusqu'à fin 2013					927			
Nombre d'espèces					26			
Nombre d'espèces endémiques					4			

2.6.6.1.2 Par sous-bassin versant et station d'étude

Le Tableau 13 ci-dessous présente la synthèse des différentes espèces recensées sur chacune des stations d'inventaires ichthyologiques de chaque des sous bassins versants de la Kwé depuis 2000 jusqu'à fin 2013.

Tableau 13: Espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires ichthyologiques et carcinologiques prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur la rivière Kwé.

Région hydrographique (Sous bassin versant)	station	Année de prospection	famille	espèce	année de présence	Fréquence d'observation par année d'étude	effectif	
Kwé Principal	KWP-10	2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	2013	1/6	1	
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	2010, 2012	2/6	2	
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris fusca</i>	2012, 2013	2/6	7	
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011, 2012, 2013	3/6	5	
				<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	2011, 2013	2/6	2	
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2009, 2010, 2011, 2013	4/6	7	
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	2011, 2012, 2013	3/6	6	
	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2010, 2011, 2012, 2013		4/6	14			
	RHYACICHTHYIDAE	<i>Protogobius attiti</i>	2007, 2010, 2012	3/6	3			
	KWP-40	2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla reinhardtii</i>	2011, 2012	2/3	2	
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris fusca</i>	2011, 2012	2/3	5	
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011, 2012, 2013	3/3	14	
				<i>Awaous ocellaris</i>	2011	1/3	1	
				<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	2013	1/3	1	
			Sicyopterus lagocephalus	2011, 2013	2/3	4		
				KUHLIIDAE	<i>Kuhlia marginata</i>	2012	1/3	1
				<i>Kuhlia munda</i>	2012	1/3	3	
			Kuhlia rupestris	2011, 2012, 2013	3/3	6		
				MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	2011, 2012, 2013	3/3	9
	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2011, 2012, 2013	3/3	18				
	RHYACICHTHYIDAE	<i>Protogobius attiti</i>	2011, 2013	2/3	6			
	KWP-70	2000, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	Indéterminé	2010, 2012, 2013	3/7	5	
				<i>Anguilla marmorata</i>	2007, 2012, 2013	3/7	5	
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	2010, 2011	2/7	2	
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris acanthopoma</i>	2012, 2013	2/7	9	
				<i>Eleotris fusca</i>	2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	6/7	152	
				<i>Eleotris melanosoma</i>	2000, 2009, 2011, 2012	4/7	19	
				<i>Eleotris sp.</i>	2009, 2011	2/7	5	
				<i>Hypseleotris guentheri</i>	2013	1/7	7	
				<i>Ophieleotris aporos</i>	2012, 2013	2/7	4	
				<i>Ophieleotris nov. sp.</i>	2012, 2013	2/7	8	
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2000, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013	6/7	13	
				<i>Glossogobius celebius</i>	2010, 2011, 2012, 2013	4/7	26	
<i>Istigobius decoratus</i>				2012, 2013	2/7	2		
<i>Redigobius bikolanus</i>	2009, 2011, 2012, 2013	4/7		19				

				<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	2012	1/7	1
				<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	2010, 2011, 2013	3/7	8
				<i>Sicyopterus sp.</i>	2011	1/7	9
				<i>Stenogobius yateiensis</i>	2010	1/7	1
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia marginata</i>	2011	1/7	1
				<i>Kuhlia munda</i>	2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	6/7	71
				<i>Kuhlia rupestris</i>	2000, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	7/7	85
			LUTJANIDAE	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	2009, 2011, 2012, 2013	4/7	8
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhincus</i>	2010, 2011, 2012, 2013	4/7	14
				<i>Cestraeus plicatilis</i>	2000, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013	6/7	35
			OPHICHTHYIDAE	<i>Lamnostoma kampeni</i>	2011	1/7	2
Kwé Ouest	KWO-10	2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	2011,2013	2 / 3	6
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011,2012,2013	3 / 3	10
				<i>Sicyopus chloe</i>	2011	1 / 3	5
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2011,2012,2013	3 / 3	79
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2011,2013	2/3	7
	<i>Cestraeus sp.</i>	2013		1 / 3	4		
	KWO-20	2000, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	2007	1 / 6	1
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	2011, 2012	2 / 6	2
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2007,2010,2011,2012,2013	5/6	25
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2000, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013	6/6	58
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2009, 2012, 2013	3/6	5
	<i>Cestraeus sp.</i>	2007		1/6	1		
	KWO-60	2011, 2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla reinhardtii</i>	2012	1/3	1
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris fusca</i>	2011, 2013	2/3	3
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011	1/3	4
<i>Sicyopus chloe</i>				2012, 2013	2/3	7	
KUHLIIDAE			<i>Kuhlia rupestris</i>	2011, 2013	2/3	11	
MUGILIDAE			<i>Cestraeus oxyrhincus</i>	2011, 2012, 2013	3/3	5	
			<i>Cestraeus plicatilis</i>	2011, 2012, 2013	3/3	19	
	<i>Cestraeus sp.</i>	2013	1/3	1			
Kwé Est	KWÉ-10	2008	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	2008	1/1	1
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2008	1/1	1
	KWÉ-20	2008	KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2008	1/1	2
Kwé Nord	KWN-10	2000, 2007	ELEOTRIDAE	<i>Eleotris fusca</i>	2000	1/2	1
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2000,2007	2/2	5
			MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	2000	1/2	3
	KWN-40	2007	MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhincus</i>	2007	1/1	2
Kwé Ouest 4	KO4-10	2011,2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	2013	1/2	1
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	2013	1/2	1
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2013	1/2	1
	KO4-20	2011,2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	2011, 2013	2/2	2
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011, 2013	2/2	3
	KO4-50	2011,2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	2011, 2013	2/2	3
<i>Anguilla reinhardtii</i>				2011	1/2	1	
GOBIIDAE			<i>Awaous guamensis</i>	2011	1/2	2	

Kwé Ouest 5	K05-50	2011,2013	KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2011, 2013	2/2	10
			ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	2013	1/2	1
			ANGUILLIDAE	<i>Anguilla reinhardtii</i>	2011	1/2	2
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2011	1/2	2
	K05-20	2011,2013	KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2011	1/2	1
			-	-	0		0
			-	-	0		0
K05-10	2011,2013	-	-	0		0	

### 2.6.6.1.3 Répartition spatiale

La répartition des différentes espèces de poissons recensées sur chacune des stations inventoriées sur l'ensemble du bassin versant de la Kwé depuis 2000 est représentée sur la Figure 27.



Figure 27 : Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur le bassin versant de la Kwé (espèces endémiques en vert, espèces rares et/ou sensibles en bleu, espèces marines en orange).

## 2.6.6.2 Poissons recensés sur la Truu depuis le début des inventaires

### 2.6.6.2.1 Sur l'ensemble du bassin versant (station TRU-70)

Depuis le début des suivis ichtyologiques et carcinologiques réalisés sur la rivière Truu, un total de 500 poissons a été capturé (Tableau 14). Rappelons que les inventaires sur cette rivière ont lieu seulement depuis 2012 et qu'ils concernent une seule station au niveau de l'embouchure.

Parmi les individus capturés, **22 espèces autochtones dont 3 endémiques** ont été recensées.

L'inventaire réalisé sur une seule station au niveau de l'embouchure (partie la plus riche en espèce car la plus en aval) n'est pas représentatif des communautés présentes sur l'ensemble du cours d'eau.

Tableau 14: Espèces de poissons recensées sur la station d'inventaires ichtyologiques et carcinologiques (TRU-70) de la rivière Truu depuis 2012 jusqu'à fin 2013.

Région hydrographique	Station	Année de prospection	Famille	Espèce	Statut géographique et IUCN	Sensibilité	Stratégie migratoire	année de présence	Fréquence d'observation par année d'étude	Effectif total recensé		Proportion en % recensée	
										Par espèce	Par famille	Par espèce	Par famille
Truu Principal	T RU-70	2012, 2013	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	2012,2013	2/2	20	23	4,00	4,60
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	2012	1/2	1		0,20	
				<i>Anguilla sp. (civelle)</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	2012,2013	2/2	2		0,40	
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris acanthopoma</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2012,2013	2/2	8	123	1,60	24,60
				<i>Eleotris fusca</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	2012,2013	2/2	99		19,80	
				<i>Eleotris melanosoma</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2012	1/2	6		1,20	
				<i>Ophieleotris aporos</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2012	1/2	1		0,20	
				<i>Ophieleotris nov. sp.</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2012,2013	2/2	9		1,80	
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	2012,2013	2/2	7	29	1,40	5,80
				<i>Glossogobius celebius</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	2012,2013	2/2	11		2,20	
				<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	2012,2013	2/2	3		0,60	
				<i>Stenogobius yateiensis</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2012,2013	2/2	7		1,40	
				<i>Stiphodon atratus</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	2013	1/2	1		0,20	
			KUHLIIDAE	<i>Kuhlia marginata</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Catadrome	2012,2013	2/2	35	183	7,00	36,60
				<i>Kuhlia munda</i>	Autochtone	Espèce commune à l'embouchure	Sporadique	2012,2013	2/2	14		2,80	
				<i>Kuhlia rupestris</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	2012,2013	2/2	134		26,80	
			LUTJANIDAE	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	2013	1/2	2	3	0,40	0,60
				<i>Lutjanus russeli</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	2013	1/2	1		0,20	
MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhincus</i>	Autochtone mais se raréfie sur le territoire	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	2012,2013	2/2	98	136	19,60	27,20			
	<i>Cestraeus plicatilis</i>	Autochtone mais se raréfie sur le territoire	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	2012,2013	2/2	37		7,40				
	<i>Liza tade</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	2012	1/2	1		0,20				
OPHICHTHYIDAE	<i>Lamnostoma kampeni</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Sporadique	2012	1/2	1	1	0,20	0,20			
SYNGNATHIDAE	<i>Microphis cruentus</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Sporadique	2012,2013	2/2	2	2	0,40	0,40			
Effectif total des poissons recensé sur l'ensemble du bassin versant de la Truu depuis le début des suivis										500			
Nombre d'espèces										22			
Nombre d'espèces endémiques										3			

### 2.6.6.2 Répartition spatiale des différentes espèces

La répartition des différentes espèces de poissons recensées sur le bassin versant de la Truu depuis 2012 jusqu'à fin 2013 est représentée sur la Figure 28.



Figure 28: Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur la station d'inventaires TRU-70 prospectée depuis 2012 sur le bassin versant de la Truu (espèces endémiques en vert, espèces rares et/ou sensibles en bleu, espèces marines en orange).

### 2.6.6.3 Poissons recensés sur la Wadjana depuis le début des inventaires

#### 2.6.6.3.1 Sur l'ensemble de la rivière Wadjana

Depuis le début des suivis ichtyologiques et carcinologiques réalisés sur la Wadjana, un total de 570 poissons a été capturé (Tableau 15). Parmi ces individus, **25 espèces autochtones dont 4 endémiques** ont été recensées. Quelques renseignements spécifiques à chacune des espèces recensées sont précisés dans le Tableau 15.

Ce cours d'eau présente en aval des impacts majeurs à la continuité écologique. La grande cascade de Goro (barrière naturelle importante) et le captage juste en amont de la cascade limitent considérablement l'abondance, la biodiversité et la répartition des espèces sur la grande majorité du linéaire.

*Remarque: Rappelons que les études antérieures à 2000 sont essentiellement qualitatives (présence/absence) et aucun rapport n'a été retrouvé. Néanmoins, des données brutes ont pu être récupérées. Aucune donnée sur les effectifs de capture par espèce et de localisation des stations n'a été renseignée. Ces études ont donc été exclues de la synthèse générale. D'après les études antérieures à 2000, seuls deux espèces autochtones, le syngnathe *Microphis brachyurus* et l'anguille *A. megastoma*, n'ont jamais été retrouvées par la suite.*

Tableau 15: Espèces recensées sur l'ensemble des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés dans la rivière Wadjana depuis 2000 jusqu'à fin 2013.

Famille	Espèce	Statut géographique et IUCN	Sensibilité	Stratégie migratoire	Effectif total recensé		Proportion en % recensée	
					Par espèce	Par famille	Par espèce	Par famille
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla marmorata</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	14	23	2,46	4,04
	<i>Anguilla obscura</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Catadrome	3		0,53	
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	4		0,70	
	Indéterminé	Autochtone	?	Catadrome	2		0,35	
APOGONIDAE	<i>Apogon amboinensis</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	1	1	0,18	0,18
ELEOTRIDAE	<i>Eleotris acanthopoma</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	11	123	1,93	21,58
	<i>Eleotris fusca</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	96		16,84	
	<i>Eleotris melanosoma</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	10		1,75	
	<i>Ophieleotris nov. sp.</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	5		0,88	
	<i>Ophiocara porocephala</i>	Autochtone	n.d.	Amphidrome	1		0,18	
GERREIDAE	<i>Gerres sp.</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	1	1	0,18	0,18
GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	32	118	5,61	20,70
	<i>Awaous ocellaris</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	4		0,70	
	<i>Redigobius bikolanus</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	12		2,11	
	<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	5		0,88	
	<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Amphidrome	3		0,53	
	<i>Sicyopterus sarasini</i>	Endémique et en danger d'extinction (IUCN)	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	60		10,53	
	<i>Sicyopterus sp.</i>	?	?	Amphidrome	1		0,18	
<i>Stenogobius yateiensis</i>	Endémique	Espèce rare et/ou sensible	Amphidrome	1	0,18			
KUHLIIDAE	<i>Kuhlia marginata</i>	Autochtone	Espèce rare et/ou sensible	Catadrome	10	232	1,75	40,70
	<i>Kuhlia munda</i>	Autochtone	Espèce commune au embouchure	Sporadique	31		5,44	
	<i>Kuhlia rupestris</i>	Autochtone	Espèce commune et tolérante	Catadrome	191		33,51	
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	1	1	0,18	0,18
MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhincus</i>	Autochtone mais se raréfie sur le territoire	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	43	60	7,54	10,53
	<i>Cestraeus plicatilis</i>	Autochtone mais se raréfie sur le territoire	Espèce rare et/ou sensible	Potamodrome	17		2,98	
POMACENTRIDAE	<i>Neopomacentrus taeniurus</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	9	9	1,58	1,58
TERAPONIDAE	<i>Terapon jarbua</i>	Autochtone	Espèce marine	Sporadique	2	2	0,35	0,35
Effectif total des poissons recensé sur l'ensemble du bassin versant de la Wadjana depuis 2000					570			
Nombre d'espèces					25			
Nombre d'espèces endémiques					4			

### 2.6.6.3.2 Par sous-bassin versant et station d'étude

Le tableau 16 ci-dessous présente une synthèse des différentes espèces recensées sur chacune des stations d'inventaires ichthyologiques de la Wadjana depuis 2000.

Tableau 16: Espèces recensées sur chacune des stations d'inventaires ichthyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur la rivière Wadjana.

Région hydrographique	station	Année de prospection	famille	espèce	année de présence	fréquence d'observation par année d'étude	effectif
Wadjana Principal	WAD-70	2007, 2010, 2012	ANGUILLIDAE	Indéterminé	2013	1/3	1
				<i>Anguilla marmorata</i>	2007, 2010, 2012	3/3	13
				<i>Anguilla obscura</i>	2012	1/3	3
				<i>Anguilla reinhardtii</i>	2010, 2012	2/3	3
			APOGONIDAE	<i>Apogon amboinensis</i>	2010	1/3	1
			ELEOTRIDAE	<i>Eleotris acanthopoma</i>	2012	1/3	11
				<i>Eleotris fusca</i>	2007, 2010, 2012	3/3	96
				<i>Eleotris melanosoma</i>	2007, 2010, 2012	3/3	10
				<i>Ophieleotris nov. sp.</i>	2012	1/3	5
				<i>Ophiocara porocephala</i>	2012	1/3	1
			GERREIDAE	<i>Gerres sp.</i>	2007	1/3	1
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2007, 2010, 2012	3/3	21
				<i>Awaous ocellaris</i>	2010	1/3	4
				<i>Redigobius bikolanus</i>	2007, 2010	2/3	12
				<i>Schismatogobius fuligimentus</i>	2010, 2012	2/3	5
				<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	2012	1/3	2
				<i>Sicyopterus sarasini</i>	2007, 2010, 2012	3/3	57
				<i>Sicyopterus sp.</i>	2007	1/3	1
			KUHLIIDAE	<i>Stenogobius yateiensis</i>	2010	1/3	1
				<i>Kuhlia marginata</i>	2010, 2012	2/3	10
	<i>Kuhlia munda</i>	2007, 2010, 2012		3/3	31		
	LUTJANIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	2007, 2010, 2012	3/3	191		
		<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	2010	1/3	1		
		MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	2010, 2012	2/3	43	
	<i>Cestraeus plicatilis</i>		2007, 2010, 2012	3/3	17		
	POMACENTRIDAE	<i>Neopomacentrus taeniurus</i>	2012	1/3	9		
	TERAPONIDAE	<i>Terapon jarbua</i>	2010	1/3	2		
	WAD-50	2007, 2010, 2012	ANGUILLIDAE	<i>Anguilla reinhardtii</i>	2010	1/3	1
			GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2007, 2010, 2012	3/3	4
				<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	2010	1/3	1
<i>Sicyopterus sarasini</i>				2010, 2012	2/3	3	
WAD-40	2000, 2010, 2012	ANGUILLIDAE	Indéterminé	2000	1/3	1	
		<i>Anguilla marmorata</i>	2012	1/3	1		
		GOBIIDAE	<i>Awaous guamensis</i>	2000, 2010	2/3	7	

### 2.6.6.3.3 Répartition spatiale

La répartition des différentes espèces de poissons recensées sur la rivière Wadjana entre 2000 et 2013 est représentée sur la Figure 29 ci-dessous.



Figure 29 : Répartition des différentes espèces de poissons recensées sur chacune des stations d'inventaires prospectées depuis 2000 jusqu'à fin 2013 sur le bassin versant de la Wadjana (espèces endémiques en vert, espèces rares et/ou sensibles en bleu, espèces marines en orange).

## 2.6.6.4 Macrocrustacés recensés depuis le début des inventaires sur la Kwé

### 2.6.6.4.1 Sur l'ensemble du bassin versant

Le Tableau 17 présente les espèces de macrocrustacés répertoriées sur l'ensemble du bassin versant de la Kwé. Au total, **14 espèces appartenant à 4 familles** ont été inventoriées. La famille des grandes crevettes **Palaemonidae** représente près de 75 % des effectifs pêchés, suivie de la famille des **Atyidae** (26 % des effectifs capturés). Les crabes *Varuna litterata* et *Odiomaris pilosus* sont, comparativement, très faiblement représentés.

En termes d'espèces, *Macrobrachium aemulum* est la plus souvent inventoriée (71 % des effectifs). Les crevettes endémiques *Paratya bouvieri* et *Paratya intermedia* sont également bien présentes sur ce bassin versant avec respectivement 12 % et 10 % des captures.

**5 espèces endémiques** ont été recensées sur la Kwé, soient les Atyidae *Paratya bouvieri*, *Paratya intermedia*, *Paratya sp.1*, *Paratya typa* et le crabe *Odiomaris pilosus*.

Il est intéressant de noter que la majorité des espèces sont diadromes amphidromes. Selon leur stade de développement, elles peuvent être capturées en eau douce ou eau saumâtre. Seuls le genre *Paratya* et l'espèce *Caridina weberi* fréquentent un biotope strictement limité aux eaux douces.

Tableau 17 : Statut, stratégie migratoire, effectif total et proportion en macrocrustacés recensés sur la Kwé depuis le début des inventaires

Famille	Espèce	Statut	Stratégie migratoire	Effectif total recensé		Proportion recensée (en %)	
				Par espèce	Par famille	Par espèce	Par famille
Atyidae	<i>Atyopsis spinipes</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	7	2826	0,06	25,54
	<i>Caridina typus</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	8		0,07	
	<i>Caridina weberi</i>	Autochtone	Non migratrice	1		0,01	
	<i>Paratya bouvieri</i>	Endémique	Non migratrice	1365		12,34	
	<i>Paratya intermedia</i>	Endémique	Non migratrice	1106		10,00	
	<i>Paratya sp.1</i>	Endémique	Non migratrice	9		0,08	
	<i>Paratya typa</i>	Endémique	Non migratrice	330	2,98		
Grapsidae	<i>Varuna litterata</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	1	1	0,01	0,01
Hymenosomatidae	<i>Odiomaris pilosus</i>	Endémique	Diadrome amphidrome	6	6	0,05	0,05
Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	7887	8232	71,28	74,40
	<i>Macrobrachium australe</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	105		0,95	
	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	74		0,67	
	<i>Macrobrachium grandimanus</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	19		0,17	
	<i>Macrobrachium lar</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	147		1,33	
Total général Kwé				11065	11065	100	100

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 100 / 294</b>

#### **2.6.6.4.2 Par sous-bassin versant**

Le tableau **18** synthétise par station, les espèces recensées, les années de présence, le nombre d'années de présence sur le nombre d'années prospectées et les effectifs de chaque espèce recensée.

Tableau 18 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des  
macrocrustacés inventoriés sur chaque sous bassin versant de la Kwé.

Région hydrographique	Nom station	Année de prospection	Famille	Espèce	Année de présence	Fréquence de présence en année	Effectif recensé	
Kwé Ouest	KWO-10	2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Atyopsis spinipes</i>	2011, 2013	2/3	5	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Caridina typus</i>	2011, 2013	2/3	3	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2012, 2013	3/3	650	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2011, 2012, 2013	3/3	283	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011, 2012, 2013	3/3	394	
	KWO-20	2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011, 2012	2/3	15	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Caridina weberi</i>	2011	1/5	1	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	5/5	1035	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2010, 2011, 2012, 2013	4/5	66	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2007, 2012, 2013	3/5	34	
	KWO-60	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2007, 2011	2/5	9	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Atyopsis spinipes</i>	2013	1/3	2	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Caridina typus</i>	2011	1/3	1	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2012, 2013	3/3	851	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	2013	1/3	1	
Kwé Ouest 4	KO4-10	2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2011, 2012, 2013	3/3	339	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/3	1	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2012, 2013	3/3	851	
	KO4-20	2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	2013	1/3	1	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2011, 2012, 2013	3/3	339	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/3	1	
	KO4-50	2011, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2013	2/2	187	
		2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011, 2013	2/2	31	
		2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2013	1/2	13	
	Kwé Ouest 5	KO5-10	2011, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011	1/2	9
			2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011	1/2	18
			2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/2	11
		KO5-20	2011, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2013	2/2	94
			2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2011	1/2	147
			2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011, 2013	2/2	449
KO5-50		2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/2	267	
		2011, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2013	2/2	100	
		2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011, 2013	2/2	55	
Kwé Est		KWÉ-10	2011, 2013	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/2	2
			2008	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2008	1/1	79
			2008	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2008	1/1	288
		KWÉ-20	2008	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2008	1/1	59
			2008	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2008	1/1	21
			2008	Atyidae	<i>Paratya sp.1</i>	2008	1/1	9
	Kwé Nord	KWN-10	2007	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007	1/1	27
			2007	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2007	1/1	4
		KWN-40	2007	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007	1/1	141
2007			Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2007	1/1	19	
Kwé Principal	KWP-10	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Caridina typus</i>	2010, 2011	2/5	2	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	5/5	1890	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	2011, 2012	2/5	2	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	5/5	142	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2014	Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2012	1/5	1	
	KWP-40	2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Caridina typus</i>	2011, 2013	2/3	2	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2011, 2012, 2013	3/3	1738	
		2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	2013	1/3	2	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2011, 2012, 2013	3/3	27	
		2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2013	1/3	5	
	KWP-70	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007, 2010, 2011, 2012, 2013	5/5	891	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium australe</i>	2013	1/5	105	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	2010, 2011, 2012, 2013	4/5	73	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium grandimanus</i>	2011, 2013	2/5	19	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	2007, 2011, 2012, 2013	4/5	143	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Hymenosomatidae	<i>Odiomanis pilosus</i>	2010, 2012	2/5	6	
		2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2010, 2011, 2013	3/5	29	
2007, 2010, 2011, 2012, 2013		Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2011	1/5	2		
2007, 2010, 2011, 2012, 2013		Atyidae	<i>Paratya typa</i>	2011	1/5	1		
2007, 2010, 2011, 2012, 2013	Grapsidae	<i>Varuna litterata</i>	2013	1/5	1			

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 102 / 294</b>

#### 2.6.6.4.3 Représentation cartographique des données d'inventaires de la Kwé

Au total, 16 stations d'inventaires carcinologiques sont présentes sur les différents affluents de la Kwé, réparties comme suit :

- 3 stations sur la Kwé principale,
- 9 stations sur Kwé Ouest (inclus KO4 et KO5),
- 2 stations sur la Kwé Est et
- 2 stations sur la Kwé Nord.

La Figure 30 présente les espèces répertoriées sur chacune des stations de la Kwé. Les espèces endémiques (en vert) sont bien représentées. On note également que l'espèce commune *Macrobrachium aemulum* a été capturée sur l'ensemble des stations prospectées. L'espèce endémique *Paratya bouvieri* est présente sur la majorité des stations, hormis les stations du cours supérieur de la Kwé Ouest (KO4 et KO5).

Le tronçon à l'**embouchure** (KWP-70) **présente la diversité la plus importante** (10 espèces inventoriées) alors qu'une faible richesse spécifique est observée sur les stations les plus en amont, notamment sur les tronçons amont de la Kwé Ouest (KO4 et KO5) et sur les branches Kwé Nord et Kwé Est ( $\leq 4$  espèces). Ce constat peut être lié au nombre d'inventaires réalisés dans ces zones (1 à 2 inventaires suivant les stations).

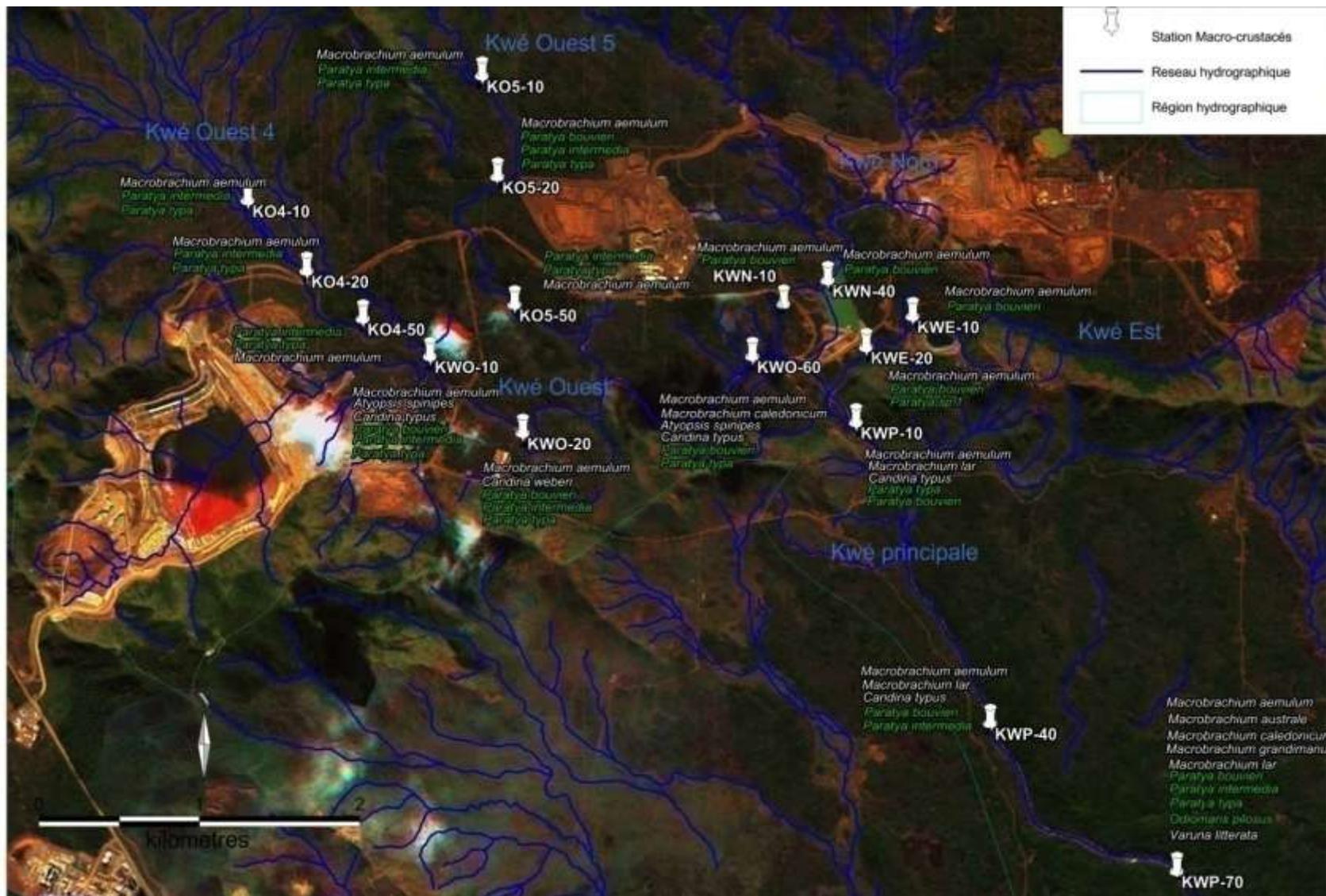


Figure 30 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur le bassin versant de la Kwé depuis le début des inventaires (espèces endémiques en vert).

## 2.6.6.5 Macrocrustacés recensés depuis le début des inventaires sur la Truu

### 2.6.6.5.1 Sur l'ensemble du bassin versant

Au total, **5 espèces appartenant à 2 familles** ont été inventoriées (Tableau 19). La famille des grandes crevettes Palaemonidae représente la grande majorité des effectifs pêchés, seul un individu de la famille des Atyidae a été capturé.

Avec près de 90 % des captures, *Macrobrachium aemulum* est l'espèce la plus inventoriée. *Paratya bouvieri* a été inventoriée en un unique exemplaire et est la seule espèce endémique répertoriée sur ce cours d'eau.

La majorité des espèces sont diadromes amphidromes.

Tableau 19 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des macrocrustacés inventoriés sur la Truu depuis 2012.

Région hydrographique	station	Année de prospection	Famille	Espèce	Statut	Stratégie migratoire	Année de présence	Fréquence de présence en année	Effectif recensé
Truu Principal	TRU-70	2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	2012, 2013	2/2	138
		2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	2012, 2013	2/2	6
		2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium grandimanus</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	2013	1/2	1
		2012, 2013	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	2012, 2013	2/2	9
		2012, 2013	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	Endémique	Non migratoire	2012	1/2	1
Total général									155

### 2.6.6.5.2 Représentation cartographique des données d'inventaire de la Truu

Seule une station a été inventoriée sur la Truu, au niveau de l'embouchure du cours d'eau (Figure 31).

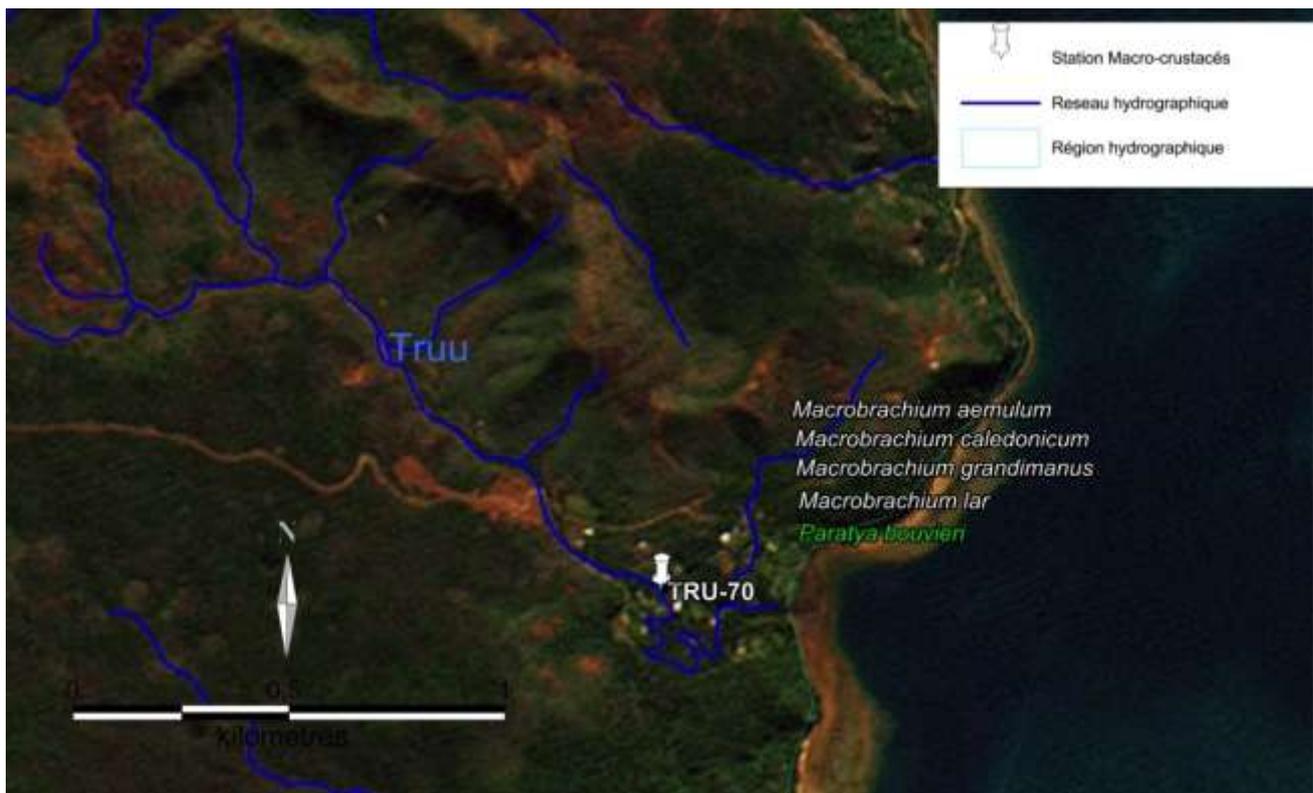


Figure 31 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur la Truu depuis le début des inventaires (espèces endémiques en vert).

## 2.6.6.6 Macrocrustacés recensés depuis le début des inventaires sur la Wadjana

### 2.6.6.6.1 Sur l'ensemble de la rivière

Le tableau 20 présente les espèces de macrocrustacés répertoriées sur l'ensemble de la rivière Wadjana depuis 2007. Au total, **10 espèces appartenant à 3 familles** ont été inventoriées. La famille des Atyidae domine avec plus de 58 % des effectifs pêchés, suivie des Palaemonidae (42 % des effectifs capturés). Les Hymenosomatidae sont très faiblement représentés (< 1 %).

En termes d'espèces, la crevette endémique *Paratya bouvieri* est la plus inventoriée (49 % des effectifs), suivie de *Macrobrachium aemulum* (40 %). Sur la Wadjana, 3 espèces endémiques ont été recensées, soient *Paratya bouvieri*, *Paratya intermedia* et le crabe *Odiomaris pilosus*.

Tableau 20 : Effectif total et proportion en macrocrustacés recensés sur la Wadjana depuis le début des inventaires (2007)

Famille	Espèce	Statut	Stratégie migratoire	Effectif total recensé		Proportion recensée (en %)	
				Par espèce	Par famille	Par espèce	Par famille
Atyidae	<i>Atyopsis spinipes</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	5	1864	0,16	58,45
	<i>Caridina weberi</i>	Autochtone	Non migratoire	51		1,6	
	<i>Paratya bouvieri</i>	Endémique	Non migratoire	1573		49,33	
	<i>Paratya intermedia</i>	Endémique	Non migratoire	25		0,78	
	<i>Paratya sp.</i>	Endémique	Non migratoire	210		6,59	
Hymenosomatidae	<i>Odiomaris pilosus</i>	Endémique	Diadrome amphidrome	1	1	0,03	0,03
Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	1280	1324	40,14	41,52
	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	12		0,38	
	<i>Macrobrachium grandimanus</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	15		0,47	
	<i>Macrobrachium lar</i>	Autochtone	Diadrome amphidrome	17		0,53	
Total général Wadjana				3189	3189	100	100

#### 2.6.6.6.2 Par station

Le Tableau 21 synthétise par station, les années de prospection par pêche électrique du tronçon, les espèces recensées, les années de présence, le nombre d'années de présence sur le nombre d'années prospectées et les effectifs de chaque espèce recensée sur la Wadjana.

Tableau 21 : Tableau synthétique des effectifs, année de prospection et année de présence des macro-crustacés inventoriés sur la Wadjana.

Région hydrographique	Station	Année de prospection	Famille	Espèce	Année de présence	Fréquence de présence en année	Effectif recensé
Wadjana Principal	WAD-40	2010, 2012	Atyidae	<i>Caridina weberi</i>	2010, 2012	2/2	36
		2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2010, 2012	2/2	311
		2010, 2012	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2010, 2012	2/2	1113
		2010, 2012	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2012	1/2	8
	WAD-50	2007, 2010, 2012	Atyidae	<i>Caridina weberi</i>	2010, 2012	2/3	15
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007, 2010, 2012	3/3	617
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	2010, 2012	2/3	3
		2007, 2010, 2012	Atyidae	<i>Paratya bouvieri</i>	2007, 2010, 2012	3/3	460
		2007, 2010, 2012	Atyidae	<i>Paratya intermedia</i>	2012	1/3	17
		2007, 2010, 2012	Atyidae	<i>Paratya sp.</i>	2007	1/3	210
	WAD-70	2007, 2010, 2012	Atyidae	<i>Atyopsis spinipes</i>	2010, 2012	2/3	5
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium aemulum</i>	2007, 2010, 2012	3/3	352
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium caledonicum</i>	2007, 2010	2/3	12
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium grandimanus</i>	2012	1/3	15
		2007, 2010, 2012	Palaemonidae	<i>Macrobrachium lar</i>	2007, 2010, 2012	3/3	14
		2007, 2010, 2012	Hymenosomatidae	<i>Odiomaris pilosus</i>	2010	1/3	1

#### 2.6.6.3 Représentation cartographique des données d'inventaires de la Wadjana

La Figure 32 présente les espèces répertoriées sur chacune des 3 stations étudiées. Les espèces endémiques (en vert) sont bien représentées. On note également que l'espèce commune *Macrobrachium aemulum* a été capturée sur l'ensemble des stations prospectées. Les espèces endémiques *Paratya bouvieri* et *Paratya intermedia* sont présentes sur les 2 stations amont.

**Les 2 tronçons en aval présentent les diversités les plus importantes (5 espèces inventoriées).**



Figure 32 : Représentation cartographique des macrocrustacés recensés sur la Wadjana depuis le début des inventaires (espèces endémiques en vert).

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 109 / 294</b>

### 2.6.6.7 Macro-invertébrés benthiques recensés pour le bassin versant de la rivière Kwé

Il est tout d'abord important de préciser plusieurs points :

- les inventaires ont été effectués dans le cadre de suivi biologique de la qualité des eaux de rivière selon la méthodologie IBNC (Indice Biotique de Nouvelle Calédonie) et IBS (indice Biosédimentaire). L'application des indices biotiques s'articule sur la majorité des taxons d'invertébrés benthiques connus dans les rivières calédoniennes, soit 107 taxons. Il est important de considérer que les inventaires ne sont donc probablement pas exhaustifs.
- la richesse taxonomique est certainement largement en dessous de la richesse spécifique. En effet, pour la majorité des taxons, l'identification s'est faite au niveau du genre, voire même de la famille (ex. Hydrobiidae). Une identification plus poussée ne peut être faite que par des spécialistes de la famille d'invertébrés recherchée. Par exemple, lorsqu'un taxon est comptabilisé au niveau du genre mais que 10 espèces appartiennent à ce genre, la richesse taxonomique est de 1 mais la richesse spécifique peut atteindre 10.
- le statut endémique est renseigné en fonction du niveau d'identification du taxon. Par exemple, le statut « Endémique » des trichoptères Hydroptilidae n'est pas renseigné car une ou deux espèces ne le sont pas de ce groupe (comm. perso. avec N. Mary).

De plus, les données relatives aux stations WAJANA100, WAJANA200, KOUE Nord100, KOUE300, KOUE250, KOUE150, KOUE100 et KOUE ne sont pas prises en compte dans le cadre de cette étude car aucun suivi n'a été réalisé depuis plus de 10 ans. Les connaissances sur les communautés macrobenthiques de ces stations sont trop faibles et trop anciennes pour être intégrées à cette étude d'impact.

#### 2.6.6.7.1 Sur la rivière Kwé et ses affluents

Le tableau 22 présente l'effectif et l'abondance relative des macroinvertébrés recensés sur le bassin versant de la Kwé. La richesse taxonomique du bassin versant est de **64 taxons**.

Les 13 stations d'inventaires IBNC / IBS du bassin versant de la Kwé se répartissent de la manière suivante :

- 1 station sur la Kwé Principale,
- 1 station sur la Kwé Nord,
- 1 station sur la Kwé Est,
- 2 stations sur la Kwé Ouest,
- 5 stations sur la Kwé Ouest 4,
- 3 stations sur la Kwé Ouest 5.

Tableau 22 : Classification, effectif et proportion des taxons inventoriés sur le bassin versant de la Kwé

Embranchement	Classe / Sous-classe	Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Statut	Effectif par taxon	Effectif par Ordre	Proportion par taxon	Proportion par Ordre		
Annélides	Oligochètes		Naididae		Naididae		176	176	1,84	1,84		
Arthropodes	Crustacés Malacostracés	Amphipodes			Amphipodes		8	8	0,08	0,08		
		Décapodes	Atyidae		Atyidae		22	35	0,23	0,37		
			Palaemonidae		Palaemonidae		13		0,14			
		Isopodes				Isopodes		2	2	0,02	0,02	
		Crustacés Ostracodes				Ostracodes		58	58	0,61	0,61	
	Hydracariens				Hydracariens		175	175	1,83	1,83		
	Insectes Aptérygotes	Collembole				Collembole		13	13	0,14	0,14	
	Arthropodes	Insectes Ptérygotes	Coléoptères	Dytiscidae		Dytiscidae		10	53	0,10	0,55	
				Gyrinidae		Gyrinidae		2		0,02		
				Hydraenidae		Hydraenidae		1		0,01		
				Hydrophilidae		Hydrophilidae		18		0,19		
				Scirtidae/Helodidae		Scirtidae/Helodidae		22		0,23		
			Diptères	Blephariceridae			Blephariceridae		15	3997	0,16	41,84
				Ceratopogonidae			Ceratopogonidae		258		2,70	
				Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>		<i>Harrisius</i>		158		1,65	
					<i>Chironomini indéterminés</i>		<i>Chironomini ind</i>		256		2,68	
					<i>Chironomus</i>		<i>Chironomus</i>		21		0,22	
					<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>		<i>Corynoneura</i>		105		1,10	
					<i>Orthoclaadiinae spp.</i>		<i>Orthoclaadiinae spp.</i>		2341		24,50	
					<i>Pseudochironomini</i>		<i>Pseudochironomini</i>		1		0,01	
				<i>Tanytopodinae spp.</i>		<i>Tanytopodinae</i>		200	2,09			
				<i>Tanytarsini</i>		<i>Tanytarsini</i>		915	9,58			
		Culicidae			Culicidae		9	0,09				
		Dixidae			Dixidae		2	0,02				
		Dolichopodidae			Dolichopodidae		11	0,12				
		Empididae			Empididae		81	0,85				
		Ephydriidae			Ephydriidae		4	0,04				
		Limoniidae			Limoniidae		35	0,37				
		Simuliidae	<i>Simulium neomatipes</i>		<i>Simulium sp.</i>		675	7,07				
		Tabanidae			Tabanidae		4	0,04				
		Tipulidae			Tipulidae		3	0,03				
		Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Fasciarius</i>		<i>Fasciarius</i>	Endémique	9	518	0,09	5,42	
<i>Lepeorus</i>					<i>Lepeorus</i>	Endémique	398	4,17				
<i>Ounia loisoni</i>					<i>Ounia</i>	Endémique	16	0,17				
<i>Paraluma</i>					<i>Paraluma</i>	Endémique	72	0,75				
<i>Tenagophila</i>					<i>Tenagophila</i>	Endémique	10	0,10				
<i>Tindea</i>			<i>Tindea</i>	Endémique	13	0,14						
Hétéroptères		Corixidae			Corixidae		1	4	0,01	0,04		
		Notonectidae			Notonectidae		1		0,01			
	Veliidae			Veliidae		2	0,02					
Lepidoptères				Lepidoptères		1	1	0,01	0,01			
Odonatoptères	Aeshnidae			Aeshnidae		3	22	0,03	0,23			
	Coenagrionidae			Coenagrionidae		2		0,02				
	Corduliidae			Corduliidae		2		0,02				
	Isostictidae	<i>Isosticta spp.</i>		Isostictidae		1		0,01				
	Libellulidae			Libellulidae		3		0,03				
	Megapodagrionidae			Megapodagrionidae		11		0,12				
Trichoptères	Ecnomidae			Ecnomidae	Endémique	77	2963	0,81	31,01			
	Helicophidae			Helicophidae		2		0,02				
	Helicopsychidae			Helicopsychidae		173		1,81				
	Hydrobiosidae			Hydrobiosidae	Endémique	4		0,04				
	Hydropsychidae			Hydropsychidae	Endémique	744		7,79				
	Hydroptilidae			Hydroptilidae		1714		17,94				
	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>		<i>Oecetis</i>	Endémique	22		0,23				
	Leptoceridae	<i>Symphitoneuria sp.</i>		<i>Symphitoneuria</i>	Endémique	92		0,96				
	Leptoceridae	<i>Triplectides sp.</i>		<i>Triplectides</i>	Endémique	9		0,09				
	Philopotamidae			Philopotamidae		82		0,86				
Polycentropodidae			Polycentropodidae		44	0,46						
Mollusques	Gastéropodes Prosobranches			Hydrobiidae		295	404	3,09	4,23			
	Thiaridae		<i>Melanopsis</i>	<i>Melanopsis</i>		109		1,14				
	Gastéropodes Pulmonés			Planorbidae		1	1	0,01	0,01			
Némathelminthes	Nématodes				Nématodes		26	26	0,27	0,27		
Némertiens					Némertiens		1	1	0,01	0,01		
<b>Total général</b>							<b>9554</b>	<b>9554</b>	<b>100,00</b>	<b>100</b>		

Kwé principale

Le tableau 23 regroupe les **28 taxons** macroinvertébrés répertoriés sur la seule station de suivi de la Kwé principale (1-E). 22 inventaires ont été effectués sur ce tronçon depuis 2005.

Tableau 23 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé principale.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (en inventaire)	Nombre de prospection
Kwé principale	1-E	2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	Décapodes	Atyidae		Atyidae	2	2010	1	22
			Diptères	Blephariceridae		Blephariceridae	15	2007, 2008, 2009	4	22
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	89	2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013	15	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	129	2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	12	22
			Collembole			Collembole	2	2010, 2012	2	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	19	2006, 2008, 2010, 2013	7	22
			Diptères	Dolichopodidae		Dolichopodidae	2	2010	1	22
			Trichoptères	Ecnomidae		Ecnomidae	31	2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011,	10	22
			Diptères	Empididae		Empididae	19	2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	10	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	33	2008, 2010, 2011	4	22
			Trichoptères	Helicopsychidae		Helicopsychidae	90	2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012	11	22
			Hydracariens			Hydracariens	25	2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	9	22
			Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	69	2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011	12	22
			Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	521	2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	18	22
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Lepeorus</i>	<i>Lepeorus</i>	191	2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	19	22
			Diptères	Limoniidae		Limoniidae	8	2008, 2010	3	22
			Oligochètes	Naididae		Naididae	32	2006, 2006, 2009, 2010, 2011, 2013	8	22
			Nématodes			Nématodes	3	2008, 2012	3	22
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	1	2007	1	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	226	2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	16	22
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	1	2008	1	22
			Décapodes	Palaemonidae		Palaemonidae	5	2007	2	22
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Paraluma</i>	<i>Paraluma</i>	60	2005, 2006, 2007, 2011, 2013	8	22
			Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	2	2006, 2011	2	22
			Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>	<i>Simulium</i>	5	2006, 2008, 2010	5	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	71	2006, 2007, 2009, 2010, 2011	8	22
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	323	2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013	17	22
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tenagophila</i>	<i>Tenagophila</i>	1	2006	1	22

Kwé Nord

22 taxons ont été inventoriés sur l'unique station de la Kwé Nord (4-M). Cette station a été prospectée sur 6 années consécutives entre 2007 et 2012 (Tableau 24).

Tableau 24 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Nord.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (par inventaire)	Nombre de prospection
Kwé Nord	4-M	2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012	Amphipodes			Amphipodes	2	2009	1	9
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	3	2007, 2008, 2010	3	9
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthocladiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	4	2007, 2008	2	9
			Coléoptères	Dytiscidae		Dytiscidae	1	2009	1	9
			Diptères	Empididae		Empididae	8	2007, 2008, 2012	3	9
			Diptères	Ephydriidae		Ephydriidae	3	2008	1	9
			Trichoptères	Helicopsychidae		Helicopsychidae	7	2011	1	9
			Hydracariens			Hydracariens	1	2009	1	9
			Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	101	2007, 2008, 2011	6	9
			Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	37	2007, 2008, 2010, 2011, 2012	5	9
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Lepeorus</i>	<i>Lepeorus</i>	16	2011, 2012	2	9
			Diptères	Limoniidae		Limoniidae	8	2008, 2009, 2010	3	9
			Odonatoptères	Megapodagrionidae		Megapodagrionidae	9	2007, 2008	5	9
			Hétéroptères	Notonectidae		Notonectidae	1	2008	1	9
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	1	2009	1	9
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthocladiinae spp.</i>	<i>Orthocladiinae spp.</i>	447	2007, 2008, 2009, 2010, 2012	8	9
			Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	1	2008	1	9
			Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>	<i>Simulium</i>	5	2008, 2010	2	9
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Symphitoneuria sp.</i>	<i>Symphitoneuria</i>	46	2007, 2008	4	9
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	5	2008, 2010	3	9
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	64	2008, 2010, 2011	6	9
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tindea</i>	<i>Tindea</i>	1	2011	1	9

Kwé Est

Le Tableau 25 présente les **24 taxons** recensés sur la station de suivi de la Kwé Est. Cette station est suivie depuis 2008, soit 8 inventaires effectués au total.

Tableau 25 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Est.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (par inventaire)	Nombre de prospection
Kwé Est	KE-05	2008, 2009, 2010, 2011, 2012	Décapodes	Atyidae		Atyidae	5	2008, 2010, 2011	4	8
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i> spp.	<i>Ceratopogoninae</i>	16	2008, 2009, 2010	5	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini</i> indéterminés	<i>Chironomini ind</i>	6	2008, 2010	3	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae</i> <i>Corynoneura</i> spp.	<i>Corynoneura</i>	7	2008, 2009, 2010	3	8
			Diptères	Empididae		Empididae	3	2008	2	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini</i> <i>Harrisius</i> spp.	<i>Harrisius</i>	32	2008, 2009, 2010	3	8
			Trichoptères	Helicopsychidae		Helicopsychidae	1	2008	1	8
			Hydracariens			Hydracariens	4	2010, 2011	2	8
			Coléoptères	Hydrophilidae		Hydrophilidae	1	2010	1	8
			Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	15	2008, 2010	2	8
			Trichoptères	Hydroptiliidae		Hydroptiliidae	25	2008, 2010, 2011	5	8
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Lepeorus</i>	<i>Lepeorus</i>	18	2010, 2011, 2012	3	8
			Diptères	Limoniidae		Limoniidae	4	2010	1	8
			Gastéropodes Prosobranches	Thiaridae	<i>Melanopsis</i>	<i>Melanopsis</i>	27	2008, 2009, 2010	5	8
			Oligochètes	Naididae		Naididae	4	2008	2	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae</i> spp.	<i>Orthoclaadiinae</i> spp.	70	2008, 2009, 2010, 2011, 2012	8	8
			Décapodes	Palaemonidae		Palaemonidae	7	2009, 2010	2	8
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Paraluma</i>	<i>Paraluma</i>	1	2011	1	8
			Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	12	2008, 2010, 2011	4	8
			Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neomatipes</i>	<i>Simulium</i>	129	2008, 2009, 2010, 2011	5	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae</i> spp.	<i>Tanypodinae</i>	4	2008, 2010	3	8
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	8	2008, 2010, 2011	3	8
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tindea</i>	<i>Tindea</i>	1	2008	1	8
			Hétéroptères	Veliidae		Veliidae	2	2010	1	8

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 114 / 294</b>

### Kwé Ouest

**35 taxons** ont été inventoriés sur la seule station de suivi de la Kwé Ouest (Tableau 26). Cette station (3-B) a été prospectée 15 fois depuis 2000.

Les données d'inventaires des stations KOUE100 (DAVAR) et 3B (VALE) ont été fusionnées car elles correspondent à des coordonnées GPS très proches.

En ce qui concerne les effectifs totaux, les suivis de la qualité biologique des rivières de Nouvelle-Calédonie réalisés par ETHYC'O et BIOIMPACT de 2001 à 2004 indiquent des classes d'abondance et non l'effectif total des individus inventoriés. Les effectifs de ces stations ont été évalués selon les plus faibles correspondances des classes d'abondance soit :

- classe d'abondance 1 : 1 individu
- classe d'abondance 2 : 4 individus
- classe d'abondance 3 : 21 individus
- classe d'abondance 4 : 101 individus
- classe d'abondance 5 : 501 individus

Tableau 26 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (par inventaire)	Nombre de prospection
Kwé Ouest	3-B	2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	Décapodes	Atyidae		Atyidae	11	2000, 2009, 2010	4	15
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i> spp.	<i>Ceratopogoninae</i>	74	2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013	9	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini</i> indéterminés	<i>Chironomini ind</i>	37	2008, 2009, 2010, 2012, 2013	7	15
			Collembole			Collembole	6	2010	1	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae</i> <i>Corynoneura</i> spp.	<i>Corynoneura</i>	8	2008, 2010, 2012, 2013	5	15
			Diptères	Dolichopodidae		Dolichopodidae	7	2010	1	15
			Trichoptères	Ecnomidae		Ecnomidae	11	2002, 2009, 2011, 2013	4	15
			Diptères	Empididae		Empididae	5	2000, 2002, 2007, 2010	5	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini</i> <i>Harrisius</i> spp.	<i>Harrisius</i>	6	2002, 2008, 2009	3	15
			Trichoptères	Helicopsychidae		Helicopsychidae	71	2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013	8	15
			Hydracariens			Hydracariens	18	2002, 2007, 2008, 2009, 2010	6	15
			Coléoptères	Hydrophilidae		Hydrophilidae	2	2002, 2009	2	15
			Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	116	2000, 2002, 2008, 2009, 2010, 2011	8	15
			Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	444	2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	15	15
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Lepeorus</i>	<i>Lepeorus</i>	172	2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	12	15
			Odonatoptères	Libellulidae		Libellulidae	3	2008, 2009, 2010	3	15
			Diptères	Limoniidae		Limoniidae	9	2000, 2010	3	15
			Gastéropodes Prosobranches	Thiaridae	<i>Melanopsis</i>	<i>Melanopsis</i>	68	2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	12	15
			Oligochètes	Naididae		Naididae	19	2000, 2002, 2009, 2010	5	15
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	<i>Oecetis</i>	9	2002, 2007, 2010	3	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae</i> spp.	<i>Orthoclaadiinae</i> spp.	267	2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	14	15
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	7	2011	2	15
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Paraluma</i>	<i>Paraluma</i>	6	2002, 2011, 2012	3	15
			Trichoptères	Philopotamidae		Philopotamidae	2	2007, 2009	2	15
			Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	12	2002, 2010, 2011, 2012	5	15
			Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neomatipes</i>	<i>Simulium</i>	46	2009, 2010, 2011, 2013	6	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae</i> spp.	<i>Tanypodinae</i>	21	2002, 2008, 2009, 2010, 2011	7	15
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	389	2000, 2002, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013	13	15
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tenagophila</i>	<i>Tenagophila</i>	1	2011	1	15
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tindea</i>	<i>Tindea</i>	11	2000, 2008, 2011	4	15
Némertiens			Némertiens	1	2002	1	15			
Crustacés Ostracodes			Ostracodes	1	2002	1	15			
Amphipodes			Amphipodes	1	2002	1	15			
Odonatoptères	Isostictidae	<i>Isosticta</i> spp.	<i>Isostictidae</i>	1	2002	1	15			
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	<i>Chironomus</i>	21	2002	1	15			

### Kwé Ouest 4

5 stations ont été inventoriées sur Kwé Ouest 4, parmi lesquelles une doline a été prospectée (Tableau 27). L'ensemble de ces stations ont été inventoriées en mai 2011 et en novembre 2013.

Tableau 27 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest 4.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (par inventaire)	Nombre de prospection
Kwé Ouest 4	KO4-05-I	2011, 2013	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	7	2011, 2013	2	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	9	2011, 2013	2	2
			Collembole			<i>Collembola</i>	1	2013	1	2
			Coléoptères	Dytiscidae		<i>Dytiscidae</i>	1	2011	1	2
			Trichoptères	Ecnomidae		<i>Ecnomidae</i>	7	2011	1	2
			Diptères	Empididae		<i>Empididae</i>	1	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	5	2011, 2013	2	2
			Hydracariens			<i>Hydracariens</i>	14	2011, 2013	2	2
			Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		<i>Hydrobiidae</i>	27	2011, 2013	2	2
			Trichoptères	Hydrobiosidae		<i>Hydrobiosidae</i>	2	2011, 2013	2	2
			Coléoptères	Hydrophilidae		<i>Hydrophilidae</i>	2	2011, 2013	2	2
			Trichoptères	Hydropsychidae		<i>Hydropsychidae</i>	18	2011, 2013	2	2
			Trichoptères	Hydroptilidae		<i>Hydroptilidae</i>	116	2011, 2013	2	2
			Isopodes			<i>Isopodes</i>	1	2011	1	2
			Lepidoptères			<i>Lepidoptères</i>	1	2011	1	2
			Oligochètes	Naididae		<i>Naididae</i>	8	2013	1	2
			Nématodes			<i>Nématodes</i>	1	2013	1	2
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	1	2013	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	85	2011, 2013	2	2
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	2	2011	1	2
	Trichoptères	Philopotamidae		<i>Philopotamidae</i>	4	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neoratiipes</i>	<i>Simulium</i>	19	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytopodinae spp.</i>	<i>Tanytopodinae</i>	9	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	23	2013	1	2		
	Amphipodes			<i>Amphipodes</i>	2	2011	1	2		
	Décapodes	Atyidae		<i>Atyidae</i>	1	2013	1	2		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	9	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	13	2011, 2013	2	2		
	Collembole			<i>Collembola</i>	1	2013	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	1	2013	1	2		
	Trichoptères	Ecnomidae		<i>Ecnomidae</i>	4	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Empididae		<i>Empididae</i>	4	2011, 2013	2	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Fasciamirus</i>	<i>Fasciamirus</i>	2	2011	1	2		
	Hydracariens			<i>Hydracariens</i>	60	2011, 2013	2	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		<i>Hydrobiidae</i>	153	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydrobiosidae		<i>Hydrobiosidae</i>	1	2011	1	2		
	Trichoptères	Hydropsychidae		<i>Hydropsychidae</i>	137	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydroptilidae		<i>Hydroptilidae</i>	201	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Limoniidae		<i>Limoniidae</i>	1	2013	1	2		
	Oligochètes	Naididae		<i>Naididae</i>	12	2011, 2013	2	2		
	Nématodes			<i>Nématodes</i>	5	2011	1	2		
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	6	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	292	2011, 2013	2	2		
	Crustacés Ostracodes			<i>Ostracodes</i>	28	2011	1	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Paraluma</i>	<i>Paraluma</i>	3	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Philopotamidae		<i>Philopotamidae</i>	2	2011	1	2		
	Trichoptères	Polycentropodidae		<i>Polycentropodidae</i>	4	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neoratiipes</i>	<i>Simulium</i>	181	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Tabanidae		<i>Tabanidae</i>	2	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytopodinae spp.</i>	<i>Tanytopodinae</i>	23	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	32	2011, 2013	2	2		
	Décapodes	Atyidae		<i>Atyidae</i>	1	2013	1	2		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	10	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	8	2011	1	2		
	Collembole			<i>Collembola</i>	1	2013	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	2	2013	1	2		
	Diptères	Culicidae		<i>Culicidae</i>	1	2011	1	2		
	Trichoptères	Ecnomidae		<i>Ecnomidae</i>	2	2011	1	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Fasciamirus</i>	<i>Fasciamirus</i>	3	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	1	2011	1	2		
	Hydracariens			<i>Hydracariens</i>	29	2011, 2013	2	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		<i>Hydrobiidae</i>	32	2011, 2013	2	2		
	Coléoptères	Hydrophilidae		<i>Hydrophilidae</i>	1	2013	1	2		
	Trichoptères	Hydropsychidae		<i>Hydropsychidae</i>	166	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydroptilidae		<i>Hydroptilidae</i>	203	2011, 2013	2	2		
	Oligochètes	Naididae		<i>Naididae</i>	21	2011, 2013	2	2		
	Nématodes			<i>Nématodes</i>	5	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	175	2011, 2013	2	2		
	Crustacés Ostracodes			<i>Ostracodes</i>	7	2011	1	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	4	2011	1	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Paraluma</i>	<i>Paraluma</i>	2	2011	1	2		
	Trichoptères	Philopotamidae		<i>Philopotamidae</i>	13	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Polycentropodidae		<i>Polycentropodidae</i>	3	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neoratiipes</i>	<i>Simulium</i>	42	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Tabanidae		<i>Tabanidae</i>	1	2013	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytopodinae spp.</i>	<i>Tanytopodinae</i>	21	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	11	2011, 2013	2	2		
	Amphipodes			<i>Amphipodes</i>	1	2011	1	2		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	7	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	10	2013	1	2		
	Diptères	Dolichopodidae		<i>Dolichopodidae</i>	2	2011	1	2		
	Trichoptères	Ecnomidae		<i>Ecnomidae</i>	4	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Empididae		<i>Empididae</i>	1	2011	1	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Fasciamirus</i>	<i>Fasciamirus</i>	4	2011	1	2		
	Trichoptères	Helicopsychidae		<i>Helicopsychidae</i>	3	2013	1	2		
	Hydracariens			<i>Hydracariens</i>	4	2011, 2013	2	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		<i>Hydrobiidae</i>	3	2011	1	2		
	Trichoptères	Hydropsychidae		<i>Hydropsychidae</i>	12	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydroptilidae		<i>Hydroptilidae</i>	50	2011, 2013	2	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Thiaridae	<i>Melanopsis</i>	<i>Melanopsis</i>	14	2011, 2013	2	2		
	Oligochètes	Naididae		<i>Naididae</i>	3	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	28	2011, 2013	2	2		
	Décapodes	Palaemonidae		<i>Palaemonidae</i>	1	2013	1	2		
	Trichoptères	Philopotamidae		<i>Philopotamidae</i>	4	2013	1	2		
	Trichoptères	Polycentropodidae		<i>Polycentropodidae</i>	1	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neoratiipes</i>	<i>Simulium</i>	15	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytopodinae spp.</i>	<i>Tanytopodinae</i>	11	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	7	2011, 2013	2	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Tenagophila</i>	<i>Tenagophila</i>	8	2013	1	2		
	Odonatoptères	Aeshnidae		<i>Aeshnidae</i>	1	2011	1	2		
Amphipodes			<i>Amphipodes</i>	2	2011	1	2			
Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	3	2011	1	2			
Odonatoptères	Coenagrionidae		<i>Coenagrionidae</i>	2	2011	1	2			
Collembole			<i>Collembola</i>	1	2013	1	2			
Odonatoptères	Corduliidae		<i>Corduliidae</i>	2	2011	1	2			
Hétéroptères	Corixidae		<i>Corixidae</i>	1	2011	1	2			
Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	1	2011	1	2			
Diptères	Culicidae		<i>Culicidae</i>	8	2013	1	2			
Coléoptères	Dytiscidae		<i>Dytiscidae</i>	7	2011, 2013	2	2			
Trichoptères	Ecnomidae		<i>Ecnomidae</i>	13	2011	1	2			
Coléoptères	Gyrinidae		<i>Gyrinidae</i>	2	2011	1	2			

			Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		Hydrobiidae	26	2011	1	2
			Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	25	2011, 2013	2	2
			Oligochètes	Naididae		Naididae	62	2011, 2013	2	2
			Nématodes			Nématodes	2	2011	1	2
			Crustacés Ostracodes			Ostracodes	21	2011	1	2
			Coléoptères	Scirtidae/Helodidae		Scirtidae/Helodidae	15	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	8	2011, 2013	2	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	23	2011, 2013	2	2

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 118 / 294</b>

### Kwé Ouest 5

Sur le secteur de Kwé Ouest 5, 4 stations ont été prospectées. KO5-10-I, KO5-20-I et KO5-50-I ont été inventoriées ponctuellement en mai 2011 et en novembre 2013 (Tableau 28). La station de suivi 4-N a été suivie 9 fois depuis 2007.

Tableau 28 : Tableau synthétique des effectifs, années de prospection et années de présence des macroinvertébrés inventoriés sur la Kwé Ouest 5.

Bassin Versant	Station	Année de prospection	Embranchement / Classe / Sous-classe / Ordre	Famille	Genre et espèce	Taxon	Effectif	Année de présence	Nombre de présence (par inventaire)	Nombre de prospection
Kwé Ouest 5	K05-10-I	2011, 2013	Odonatoptères	Aeshnidae		Aeshnidae	1	2011	1	2
			Décapodes	Atyidae		Atyidae	1	2011	1	2
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	7	2011, 2013	2	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	12	2011, 2013	2	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	30	2011, 2013	2	2
			Diptères	Empididae		Empididae	1	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	4	2011	1	2
			Hydracariens			Hydracariens	5	2011, 2013	2	2
			Coléoptères	Hydraenidae		Hydraenidae	1	2011	1	2
			Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		Hydrobiidae	9	2011	1	2
			Trichoptères	Hydrobiosidae		Hydrobiosidae	1	2011	1	2
			Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	4	2011	1	2
			Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	12	2011, 2013	2	2
			Isopodes			Isopodes	1	2013	1	2
			Diptères	Limoniidae		Limoniidae	1	2011	1	2
			Odonatoptères	Megapodagrionidae		Megapodagrionidae	1	2011	1	2
			Oligochètes	Naididae		Naididae	2	2013	1	2
			Nématodes			Nématodes	2	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	23	2011, 2013	2	2
			Crustacés Ostracodes			Ostracodes	1	2011	1	2
			Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	1	2011	1	2
			Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	2	2011, 2013	2	2
			Coléoptères	Scirtidae/Helodidae		Scirtidae/Helodidae	7	2013	1	2
			Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>	<i>Simulium</i>	197	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	6	2011	1	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	9	2011	1	2
			Trichoptères	Leptoceridae	<i>Triplectides sp.</i>	<i>Triplectides</i>	7	2011, 2013	2	2
			Odonatoptères	Aeshnidae		Aeshnidae	1	2011	1	2
			Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	4	2011, 2013	2	2
			Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	3	2011, 2013	2	2
	Collembole			Collembole	1	2013	1	2		
	Coléoptères	Dytiscidae		Dytiscidae	1	2011	1	2		
	Trichoptères	Ecnomidae		Ecnomidae	1	2013	1	2		
	Diptères	Empididae		Empididae	8	2011, 2013	2	2		
	Hydracariens			Hydracariens	7	2011, 2013	2	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		Hydrobiidae	1	2011	1	2		
	Coléoptères	Hydrophilidae		Hydrophilidae	11	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	59	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	18	2011, 2013	2	2		
	Oligochètes	Naididae		Naididae	7	2011, 2013	2	2		
	Nématodes			Nématodes	4	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	54	2011, 2013	2	2		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Ounia loisoni</i>	<i>Ounia</i>	1	2011	1	2		
	Trichoptères	Philopotamidae		Philopotamidae	26	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Pseudochironomini</i>	<i>Pseudochironomini</i>	1	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>	<i>Simulium</i>	20	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	3	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	7	2011, 2013	2	2		
	Décapodes	Atyidae		Atyidae	1	2013	1	2		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	5	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	28	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	9	2011	1	2		
	Diptères	Dixidae		Dixidae	2	2011	1	2		
	Diptères	Ephydriidae		Ephydriidae	1	2011	1	2		
	Gastéropodes Pulmonés	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	<i>Gyraulus</i>	1	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	5	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Helicophidae		Helicophidae	2	2011	1	2		
	Trichoptères	Helicopsychidae		Helicopsychidae	1	2011	1	2		
	Hydracariens			Hydracariens	7	2011	1	2		
	Gastéropodes Prosobranches	Hydrobiidae		Hydrobiidae	44	2011, 2013	1	2		
	Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	13	2011	1	2		
	Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	52	2011, 2013	2	2		
	Nématodes			Nématodes	3	2011	1	2		
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	1	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	33	2011, 2013	2	2		
	Trichoptères	Philopotamidae		Philopotamidae	31	2011	1	2		
	Trichoptères	Polycentropodidae		Polycentropodidae	7	2011	1	2		
	Diptères	Simuliidae	<i>Simulium neornatipes</i>	<i>Simulium</i>	16	2011	1	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanypodinae spp.</i>	<i>Tanypodinae</i>	18	2011, 2013	2	2		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	13	2011	1	2		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae spp.</i>	<i>Ceratopogoninae</i>	24	2007, 2008	4	9		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini indéterminés</i>	<i>Chironomini ind</i>	1	2012	1	9		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae Corynoneura spp.</i>	<i>Corynoneura</i>	24	2007, 2008	3	9		
	Trichoptères	Ecnomidae		Ecnomidae	4	2007, 2008	2	9		
	Diptères	Empididae		Empididae	31	2007, 2008, 2010, 2012	6	9		
	Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini Harrisius spp.</i>	<i>Harrisius</i>	72	2007, 2008, 2009, 2011	6	9		
	Hydracariens			Hydracariens	1	2012	1	9		
	Coléoptères	Hydrophilidae		Hydrophilidae	1	2010	1	9		
	Trichoptères	Hydropsychidae		Hydropsychidae	34	2007, 2008, 2010, 2011, 2012	7	9		
	Trichoptères	Hydroptilidae		Hydroptilidae	10	2010, 2011, 2012	3	9		
	Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Lepeorus</i>	<i>Lepeorus</i>	1	2011	1	9		
	Diptères	Limoniidae		Limoniidae	4	2008	2	9		
	Odonatoptères	Megapodagrionidae		Megapodagrionidae	1	2008	1	9		
	Oligochètes	Naididae		Naididae	6	2007, 2008	2	9		
	Nématodes			Nématodes	1	2008	1	9		
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Oecetis sp.</i>	<i>Oecetis</i>	3	2008	1	9		
	Diptères	Chironomidae	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	<i>Orthoclaadiinae spp.</i>	641	2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012	9	9		
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Symphitoneuria sp.</i>	<i>Symphitoneuria</i>	46	2007, 2008, 2009	5	9		
	Diptères	Tabanidae		Tabanidae	1	2009	1	9		
	Diptères	Chironomidae	<i>Tanytarsini</i>	<i>Tanytarsini</i>	6	2007, 2008	3	9		
	Diptères	Tipulidae		Tipulidae	3	2012	1	9		
	Trichoptères	Leptoceridae	<i>Triplectides sp.</i>	<i>Triplectides</i>	2	2008	2	9		

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 120 / 294</b>

L'ensemble des taxons d'invertébrés benthiques recensés sur les 13 stations du bassin versant de la Kwé est présenté sur la figure 33.

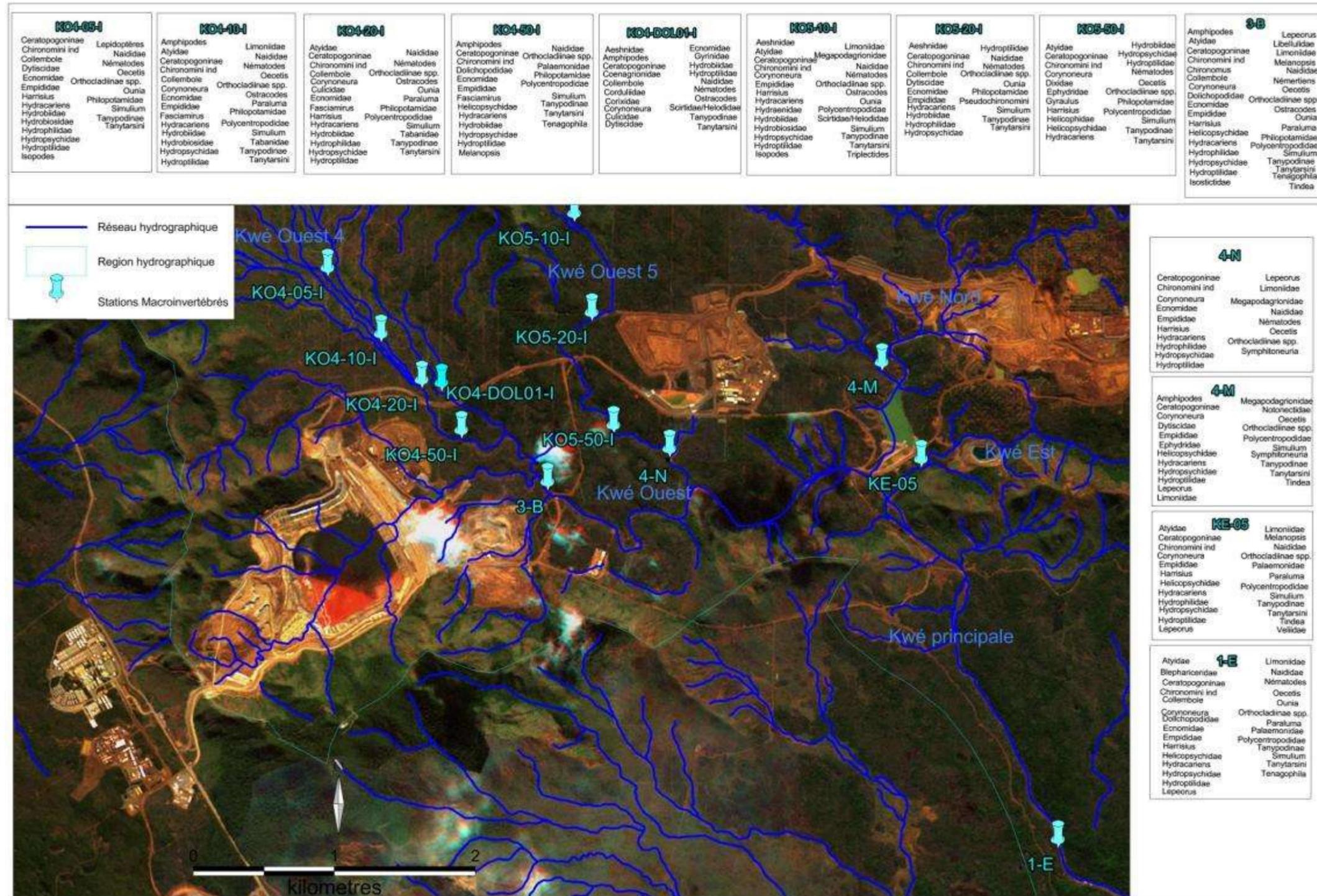


Figure 33 : Représentation cartographique des taxons macrobenthiques recensés sur la zone d'étude.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 122 / 294</b>

## 2.6.7 FORMATIONS RIVULAIRES ET HYDROMORPHES

Le référentiel taxonomique Florical (Morat et al. 2012) détaille l'ensemble des espèces décrites à ce jour de la flore vasculaire de la Nouvelle-Calédonie. Par ailleurs, il définit le type de milieu pour chacune. Grâce à cet outil, il est facile d'identifier les espèces appartenant à la végétation rivulaire. De manière générale, la connaissance sur la distribution des espèces commence à être significative et certains aspects écophysologiques de l'adaptation des plantes aux substrats ultramafiques ont été étudiés. Au niveau de la flore aquatique, il est important de signaler la présence dans l'extrême Sud de l'espèce *Blechnum francii* qui est une espèce aquatique pouvant se développer jusqu'à 10 m de profondeur (Veillon 1981). Cette espèce a été uniquement localisée à la rivière des Lacs.

### 2.6.7.1 Connaissances acquises sur les groupements végétaux des zones humides du Sud

Ces formations végétales particulières sont principalement représentées dans l'extrême Sud de la Grande Terre et couvrent environ 250 km<sup>2</sup>. Ce sont des groupements extrêmement spécialisés, dont toutes les espèces sont adaptées à des conditions d'hydromorphie importantes du sol et même à des submersions (L'Huillier, Jaffré, et Wulff 2010).

Un important travail de recueil de connaissances sur la flore du Grand Sud a été réalisé par l'IRD (T. Jaffré, Dagostini, et Rigault 2003). Ce travail a permis de cartographier les formations végétales d'une grande partie du Grand Sud, dont les groupements floristiques des zones humides. Ces formations sont caractérisées par le développement d'espèces herbacées hydrophiles en populations denses appartenant essentiellement à la famille des Cyperaceae.

Ce type de végétation peut être divisé en deux groupes en fonction du type d'hydromorphie présent sur place. On définit les formations à hydromorphie permanente ou temporaire.

#### 2.6.7.1.1 Le maquis des plaines hydromorphes (ou à hydromorphie permanente)

Ces formations sont caractérisées par la présence permanente d'eau dans le sol. Un cortège spécifique d'espèces s'est adapté à ce type de milieu. Il est principalement composé d'espèces herbacées, notamment de Cyperaceae. La strate herbacée est dense et continue. La strate arbustive est de faible taille (< 1,5 m).



Figure 34: Maquis à hydromorphie permanente en amont de la Kwé Ouest.

La strate herbacée est composée de Cyperaceae strictement localisées aux zones humides (*Machaerina juncea*, *Costularia xyridioides*, *Schoenus brevifolius*, *Chorizandra cymbaria*, *Gahnia novocaledonensis*, *Tricostularia guillauminii*), associées à des Cyperaceae plus communes (*Costularia arundinacea*, *Lepidosperma perteres*, *Machaerina deplanchei*), ainsi qu'à des espèces de la famille des Xyridaceae (*Xyris neo-caledonica*, *X. pancheri*, *X. guillauminii*).

La strate arbustive est constituée principalement de *Pancheria communis* (Cunoniaceae), *Cloezia aquarum* et *C. buxifolia*, (Myrtaceae), qui ne s'écartent pas des zones humides, et d'espèces à plus large distribution telles que *Sannatha leratii*, *Cloezia artensis* (Myrtaceae) et *Scaevola beckii* (Goodeniaceae).

Dans ce type de végétation, on peut définir aussi le faciès rivulaire. Ce type de végétation constitue une frange étroite discontinue bordant les cours d'eau. Ce type de végétation, en plus de celles déjà décrites, comporte des espèces à distribution plus restreinte telles que *Dracophyllum cosmelioides*, *Styphelia longistylis* (Ericaceae), *Melaleuca gnidioides*, *M. brongnartii*, *Xanthostemon myrtifolius*, *X. sulfureus*, (Myrtaceae), *Myodocarpus sp* (Araliaceae), *Scagea oligostemon*, *Phyllanthus castus* (Euphorbiaceae), *Cunonia deplanchei* (Cunoniaceae), *Serianthes petitiiana* (Leguminosae) et trois conifères de la famille des Podocarpaceae (*Podocarpus novocaledoniae*, *Retrophyllum minor* et *Dacrydium guillauminii*).

Ces types de formations hébergent plusieurs espèces sensibles inscrites sur la liste rouge de l'UICN telles que *Xanthostemon sebertii* (EX), *Dacrydium guillauminii* (CR B1ab(iii,v); C2a(i)), *Neocallitropsis pancheri* (EN A2cd; B1ab(ii,iii,v)+2ab(ii,iii,v)), *Retrophyllum minus* (EN B1ab(iii,v)+2ab(iii,v); C2a(i)), *Tristaniopsis yateensis* (EN B1+2c), *Tristaniopsis reticulata* (VU B1+2c), *Xanthostemon sulfureus* (VU B1+2c) et d'autres espèces présentant des distributions restreintes (n'ayant pas de statut UICN) telles que *Cloezia aquarum*, *C. buxifolia*, *Dracophyllum*

*balansae*, *D. cosmeloïdes*, *Hibbertia bouletii*, *H. favieri*, *Medicosma leratii*, *Melaleuca gnidioides*, *Pycnandra goroensis*, *Rauvolfia sevenetii*, *Scagea oligostemon*, *Tricostularia guillauminii*, *Xyris guillauminii*. Toutes ces espèces ne sont pas forcément présentes sur la zone d'étude.

#### 2.6.7.1.2 Les maquis des sols à hydromorphie temporaire

Ce type de végétation se trouve dans d'anciennes zones de drainage naturel. Ces formations se rencontrent préférentiellement dans les cuvettes et dépressions topographiques de la zone d'étude. Souvent, elles peuvent se trouver à proximité des zones à hydromorphie permanente.



Figure 35: Maquis des sols à hydromorphie temporaire sur la Kwé Ouest

Ces formations sont caractérisées par la présence d'une strate ligneuse lâche ne dépassant guère 1,50 m, composée de *Sanantha leratii*, *Melaleuca gnidioides*, *Dracophyllum cosmelioides*, *Xanthostemon aurantiacus*, *Myodocarpus crassifolius*. La strate herbacée, souvent discontinue, est principalement composée de plantes adaptées aux conditions humides telles que *Lepidosperma perteres*, *Gahnia novocaledonensis* et *Lepironia articulata* (Cyperaceae) mais aussi *Gleichenia dicarpa* et *Dicranopteris linearis* pour les fougères et les espèces *Drosera neocaledonica*, *Eriocaulon neocaledonica* et *Xyris neocaledonica*.

### 2.6.7.1.3 Les forêts denses humides sur éboulis et rivulaires



Figure 36: Forêt dense humide rivulaire sur la Kwé Est

Sur la zone d'étude, une importante formation forestière sur éboulis a été rencontrée sur le Kwé Est. Cette formation contient les espèces typiques des formations forestières telles que de nombreuses Sapotaceae au niveau de la canopée (*Beccariella lasiantha*, *Planchonella pronyensis*, *Planchonella wakere*, *Planchonella kuebiniensis*, *Pycnandra caniculata*, *Pycnandra caeruleolates*), mais aussi des Myrtaceae (*Syzygium spp.*), des Lauraceae, des Elaeocarpaceae, des Rubiaceae, et d'autres espèces forestières telles que *Calophyllum caledonicum* (Bota Environnement 2011)

Elle contient aussi de nombreuses Pandanaceae (*Pandanus lacuum* et *P. balansae* et *Freycinetia spp.*) ainsi que 2 espèces d'Arecaceae (palmiers), *Basselinia pancheri* et *Clinosperma vaginata*.

Un faciès rivulaire peut être rencontré aux abords proches du cours d'eau, notamment avec la présence des espèces telles que *Semecarpus neocaledonica*, *Guettarda eximia*, *Coronanthera pulchra*, *Blechnum obtusatum*)

Ce sont des formations extrêmement diversifiées. En effet, un total de 239 espèces ont été inventoriées dans cette formation avec un taux d'endémisme de près de 95% pour les plantes à fleurs (Angiospermes).

Ces formations naturelles sont extrêmement rares et selon Jaffré (T. Jaffré 2000), elles ont atteint « un seuil vraisemblablement voisin du seuil critique, à partir duquel les populations d'espèces sont menacées d'un non-renouvellement ou tout au moins d'un appauvrissement génétique". Ces formations nécessitent une attention particulière.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 126 / 294</b>

## **2.7 PROPOSITION D'UNE METHODE APPLICABLE AU SITE DE GORO**

### **2.7.1 REPRESENTATION DES CONDITIONS HYDRAULIQUES APRES IMPACT**

Les études initiales servant de base à l'évaluation des impacts fournissent des données d'évolution de débits. **La première étape de notre méthodologie consiste à transformer ces données de débit en hauteur d'eau et en vitesse moyenne d'écoulement.**

Pour cela, un modèle hydraulique est réalisé à l'aide du logiciel monodimensionnel HEC-RAS, développé par le corps des ingénieurs de l'armée américaine.

Le modèle calcule les caractéristiques de l'écoulement, telles que les hauteurs de submersion, les vitesses moyennes d'écoulement en lit mineur, lits majeurs gauche et droit, la charge hydraulique, les sections mouillées.

Les résultats de la modélisation hydraulique sont ensuite exportés via l'interface HEC-GeoRAS au système SIG ArcGIS afin de représenter des cartographies de la surface mouillée, de la répartition des hauteurs et des vitesses. Les simulations permettent donc de cartographier les modifications des paramètres hydrauliques significatifs pour l'évaluation des impacts, et ce sur l'ensemble des cours d'eau étudiés.

#### **2.7.1.1 Hypothèses de modélisation**

Le régime de débit modélisé est permanent (à l'échelle de quelques heures, un écoulement en rivière peut être considéré comme non transitoire).

En fonction du rapport de la vitesse du fluide sur la célérité d'une onde de surface (nombre de Froude,  $Fr$ ), l'écoulement peut avoir un comportement torrentiel ( $Fr > 1$ ), critique ( $Fr = 1$ ), ou fluvial ( $Fr < 1$ ). Les modalités de calcul de la courbe de remous sont ici réalisées en configuration dite « mixte » : équations de calcul en écoulement fluvial puis en écoulement critique ou torrentiel, du fait de l'alternance des radiers et des mouilles sur le linéaire étudié.

La méthode de calcul, les limites du modèle, les intrants du modèle sont présentés au paragraphe 3.2 à la page 146.

#### **2.7.1.2 Étapes de caractérisation des paramètres hydrauliques**

Dans un premier temps, la récolte des données utiles est faite sur le terrain (topographie des mouilles, granulométrie du fond du lit et nature des parois, irrégularités de surface du fond du lit et des parois, variations de forme et de dimensions de la section mouillée, présence ou non d'obstructions de la section mouillée, végétation du lit mineur et des berges, ...)

Dans un second temps, le modèle en état initial (avec les débits de référence) est élaboré.

Dans un troisième temps, le modèle est calé, en se basant sur les jaugeages différentiels réalisés et sur les éléments observés sur le terrain.

Des cartographies des paramètres hydrauliques utiles sont réalisées.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 127 / 294</b>

### **2.7.2 DEFINITION DES HABITATS POTENTIELS POUR LA FAUNE AQUATIQUE**

La phase de terrain volet « faune aquatique » est couplée à la phase de terrain du volet « hydraulique ».

Le but de cette étape est de parcourir l'ensemble du linéaire du cours d'eau et de caractériser les secteurs. Les obstacles (naturels et artificiels) sont relevés, ainsi que différents paramètres mésologiques importants pour la faune. Les relevés sont associés à des photographies géolocalisées.

**L'accent est mis sur les zones les plus favorables à quelques espèces cibles (à vue d'expert) et sur les zones qui a priori deviendront critiques pour la vie de ces espèces.**

**L'ensemble de ces données terrain alimentent une base de données couplée à un système d'informations géographiques (SIG).** Il est alors possible de cartographier et quantifier l'habitabilité des différents cours d'eau vis-à-vis des différentes espèces.

### **2.7.3 REPARTITION DE LA FLORE**

La première étape à l'étude d'impact sur la flore est de **cartographier la répartition actuelle des formations rivulaires et hydromorphes**. Les données disponibles sont compilées avec les résultats d'une phase de terrain. La phase de terrain consiste à relever le type de formation, la présence d'espèce caractéristique des zones hydromorphes (en particulier les espèces rares et/ou protégées).

### **2.7.4 EVALUATION DES IMPACTS SUR LA FAUNE ET LA FLORE**

Ceci constitue la dernière étape de la méthodologie. **L'évaluation des impacts se fera à dire d'experts en analysant la totalité des informations** recueillies à partir des étapes précédentes. Les interactions trophiques sont complexes au sein d'un écosystème aquatique, cette complexité sera prise en compte dans l'évaluation des impacts.

### **3 MOYENS D'ANALYSE POUR L'ÉVALUATION DE L'IMPACT : LE MODELE HYDRAULIQUE**

#### **3.1 PRESENTATION DE L'IMPACT SUR LES DEBITS DE BASE DANS LA RIVIERE KWE**

##### **3.1.1 PRESENTATION DES MODELES HYDROGEOLOGIQUES**

Le débit de base des rivières est généré par le drainage naturel des nappes d'eau souterraines. Pour prévoir les impacts du projet sur le débit de base des rivières, il faut représenter les écoulements dans la nappe.

Un modèle hydrogéologique a été utilisé pour prévoir les modifications du débit de base de la rivière Kwé et de ses principaux affluents. Le modèle est basé sur les connaissances actuelles du fonctionnement hydrogéologique du site de Goro.

Deux modèles hydrogéologiques ont été construits par la société Artelia pour le compte de VALE NC. L'un des modèles couvre le secteur du bassin versant de la rivière Kwé Ouest et KO5 et le second couvre l'emprise du projet de fosse minière et ses environs (Figure 37).

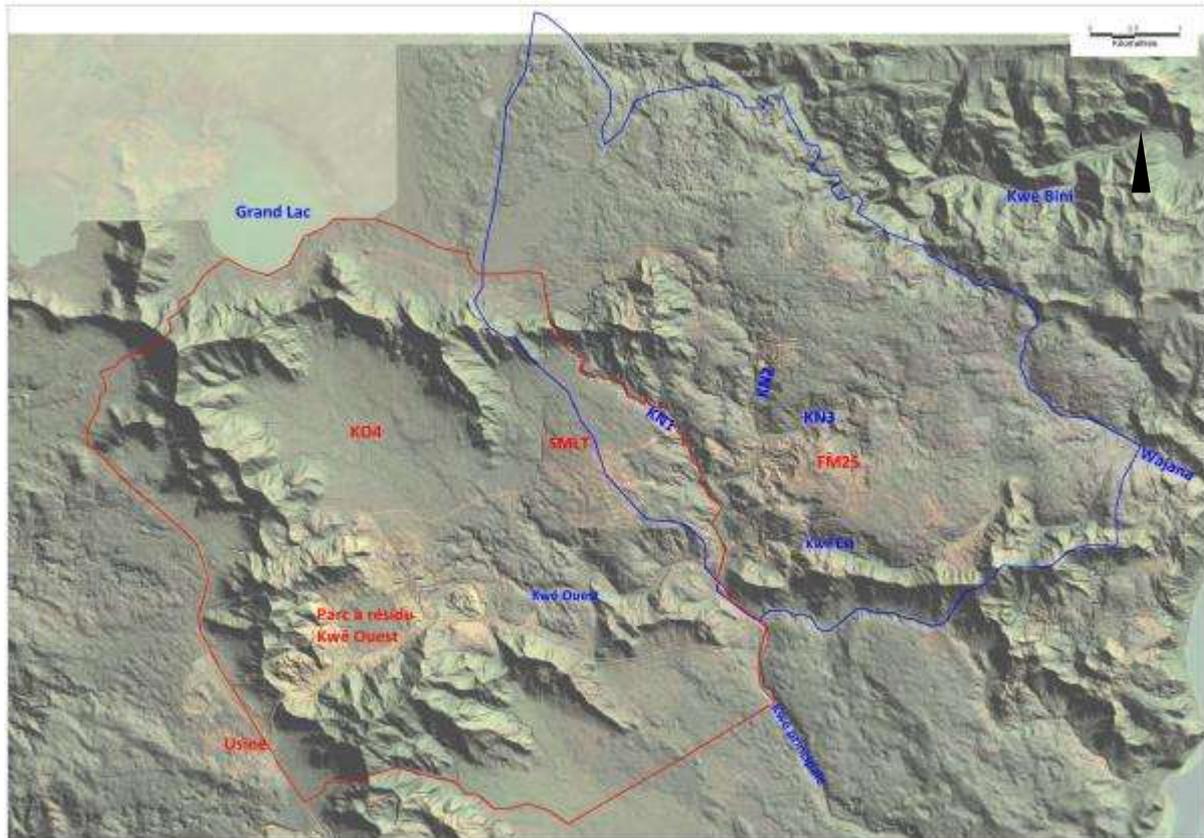


Figure 37 : Plan de localisation du périmètre des modèles hydrogéologiques du site de Goro: en rouge le modèle "KO4" et en bleu le modèle "FM25" (source Artelia)

### 3.1.1.1 Modèle Hydrogéologique de KO4 et ses hypothèses

Pour le modèle KO4, les éléments miniers pris en compte dans le modèle sont présentés dans la figure 38. Dans ce modèle, aucune recharge n'a été considérée sur :

- le parc à résidus de KO4, considéré comme « finalisé » dès le début de la simulation (hypothèse très pessimiste)
- le parc à résidus actuel (KWRSF),
- la verse à stériles de « SMLT »,
- les carrières (actuelles et en projet).

Dans ce modèle, il a été choisi une hypothèse de recharge faible dans les crêtes et forte dans les plaines : la recharge est de 40% de la pluie efficace dans la crête et de 60% de la pluie efficace sur les plaines. Cette approche est considérée comme défavorable en termes d'impact sur la nappe et par voie de conséquence sur le débit de base des cours d'eau.

Toutes ces hypothèses et ces simplifications ont été retenues **afin de se placer dans le cas le plus défavorable vis-à-vis des impacts sur la nappe**. Ces hypothèses sont donc conservatrices pour l'évaluation de l'impact sur le débit de base.

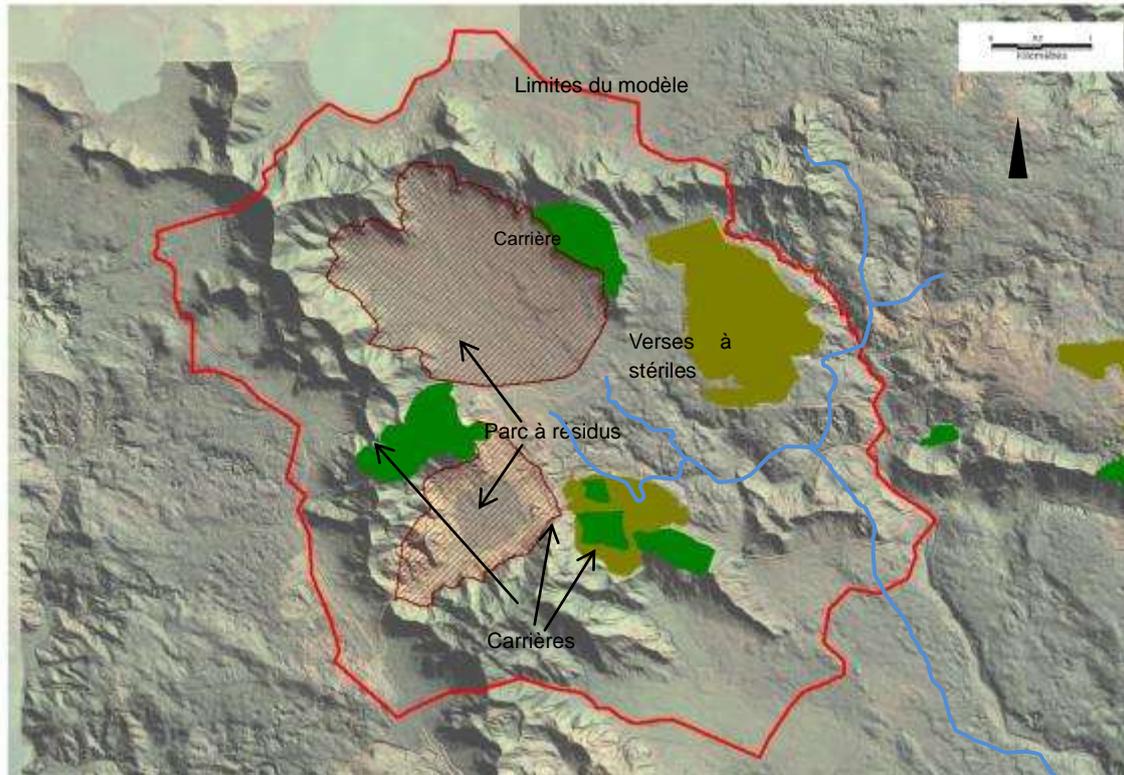


Figure 38 : Plan de localisation des aménagements pris en compte dans le modèle KO4 (source Artelia)

### 3.1.1.2 Modèle Hydrogéologique de FM25 et ses hypothèses

Pour le modèle FM25, les éléments miniers pris en compte dans ce modèle sont présentés dans la Figure 39. La géométrie de la fosse minière utilisée dans le modèle est celle qui correspond à la dernière phase d'ouverture de la fosse, à savoir celle qui sera atteinte en 2036.

La fosse est supposée parfaitement drainante aux côtes de creusement maximales et imperméable à la recharge pluviométrique. Il est donc considéré qu'il n'y aura pas de remblaiement de la fosse après exploitation.

Les carrières et les verses à stériles sont également supposées imperméables à la recharge (Figure 39).

Toutes ces hypothèses et ces simplifications ont été retenues pour se placer dans un cas le plus défavorable vis-à-vis des impacts sur la nappe. Ces hypothèses sont donc conservatrices pour l'évaluation de l'impact sur le débit de base.

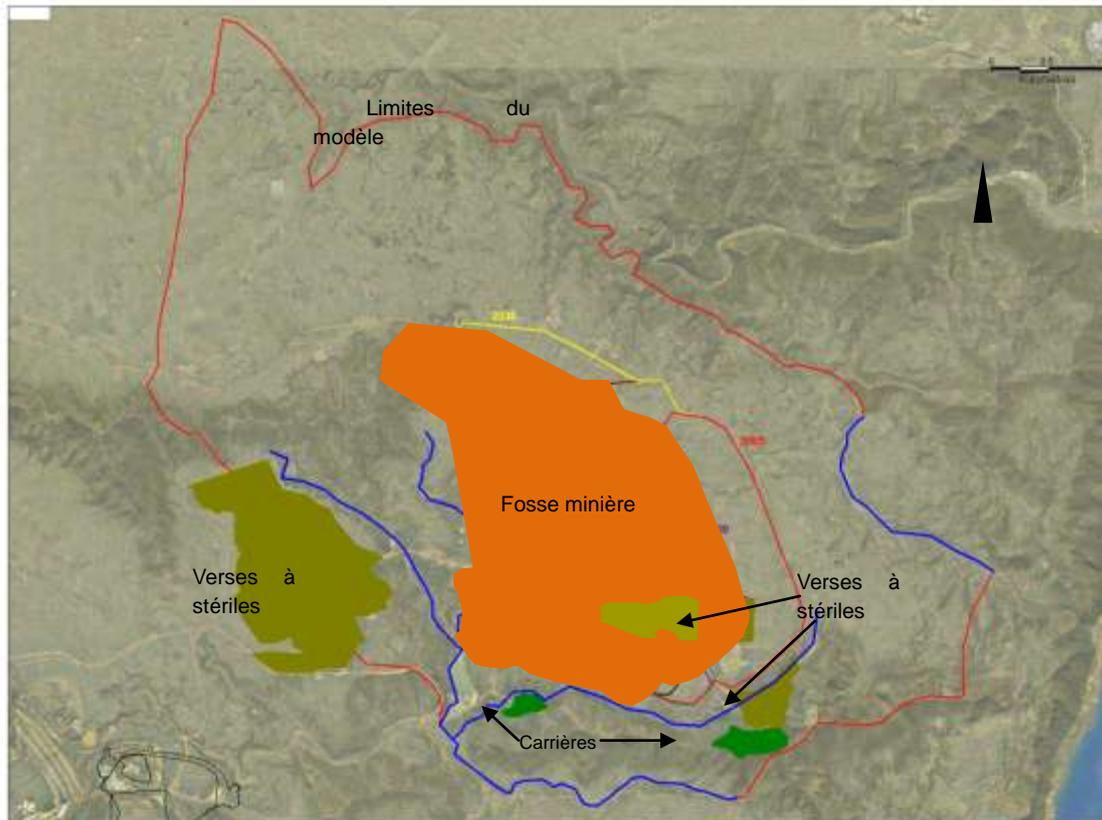


Figure 39 : Plan de localisation des aménagements pris en compte dans le modèle FM25 (*source Artelia*)

### 3.1.2 EXTRACTION DES DEBITS

#### 3.1.2.1 Répartition spatiale des débits naturels et choix des stations représentatives

Grâce aux mesures du débit réalisées entre 2011 et 2013 le long de la rivière Kwé et de ses principaux affluents, on connaît l'évolution naturelle du débit de l'amont à l'aval. Des points ont été sélectionnés le long des rivières. Ces points symbolisent les stations représentatives du débit sur les différents tronçons de rivière.

Les stations vont permettre de tenir compte de la variabilité spatiale du débit pour l'évaluation de l'impact d'une réduction du débit de base sur les conditions d'écoulement dans la rivière.

##### 3.1.2.1.1 Rivière KO5

La rivière KO5 est l'affluent principal de la rivière Kwé Ouest. Le débit de cette rivière peut représenter jusqu'à 12% du débit mesuré en aval de la rivière Kwé Ouest (Figure 40). Son débit naturel (matérialisé par les points bleus) augmente progressivement depuis l'amont vers l'aval.

Pour rendre compte de l'évolution du débit, trois points (en rouge sur le graphique) ont été choisis le long de cette rivière. Pour chaque point, le débit simulé par le modèle hydrogéologique sera représentatif du tronçon de rivière situé en aval de ce point.

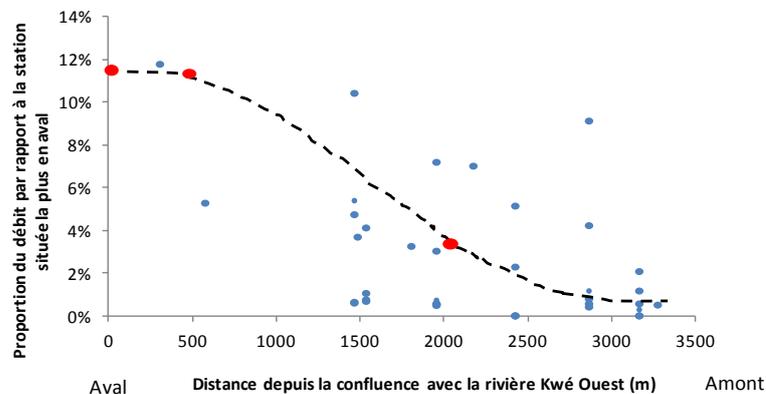


Figure 40 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière KO5 observé entre février 2012 et février 2014

##### 3.1.2.1.2 Rivière Kwé Est

La rivière Kwé Est est l'un des derniers affluents du cours aval de la rivière Kwé. Son débit est relativement faible et uniforme sur la première moitié de son cours (Figure 41). Il augmente brusquement et n'évolue pratiquement plus jusqu'à sa confluence avec la rivière Kwé.

Pour rendre compte de l'évolution du débit, deux points (en rouge sur le graphique) ont été choisis le long de cette rivière. Pour chaque point, le débit simulé par le modèle hydrogéologique sera représentatif du tronçon de rivière situé en aval.

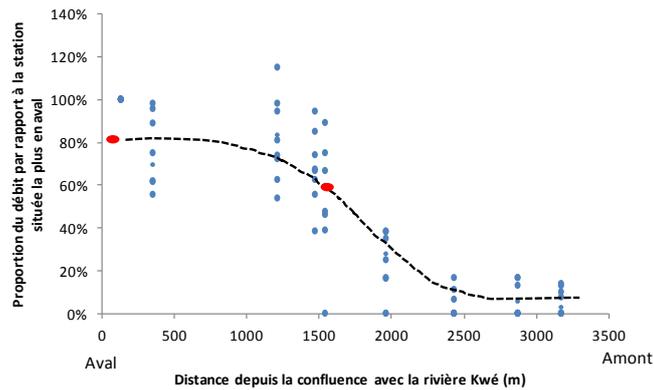


Figure 41 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Est entre juillet 2011 et mars 2014

### 3.1.2.1.3 Rivière Kwé Nord

La rivière Kwé Nord (KN et KN2) est alimentée par plusieurs petits affluents (KN1, KN2Bis et KN3). Cette rivière et la rivière Kwé Ouest sont les principaux affluents de la partie aval de la rivière Kwé. Le long de la rivière Kwé Nord, on observe une augmentation régulière du débit qui coïncide avec les confluences (Figure 42).

Pour rendre compte de l'évolution du débit, cinq points (en rouge sur le graphique) ont été choisis le long de cette rivière. Certains de ces points sont situés en amont des points de confluence. Pour chaque point, le débit simulé par le modèle hydrogéologique sera représentatif du tronçon de rivière situé en aval.

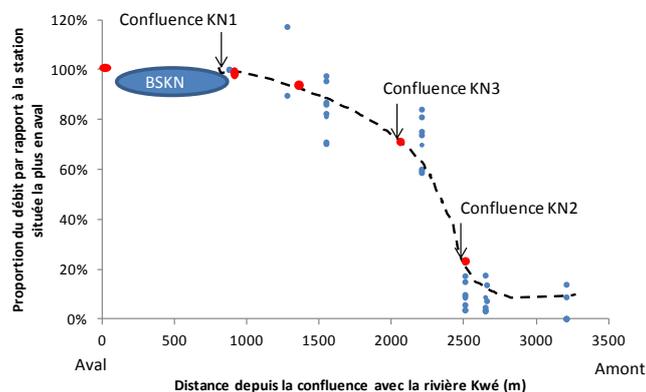


Figure 42 : Évolution naturelle du débit entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Nord entre juillet 2011 et octobre 2013

### 3.1.2.1.4 Rivière Kwé Ouest

La rivière Kwé Ouest draine la quasi-totalité du domaine d'écoulement modélisé par le modèle hydrogéologique KO4. Cette rivière draine également la rivière KO5. Le débit augmente lentement de l'amont jusqu'à la confluence avec la rivière KO5 puis devient uniforme jusqu'à la confluence avec le cours aval de la rivière Kwé (Figure 42).

Pour rendre compte de l'évolution du débit, quatre points (en rouge sur le graphique) ont été choisis le long de cette rivière. Un de ces points est situé en amont de la confluence avec la rivière KO5. Pour chaque point, le débit simulé par le modèle hydrogéologique sera représentatif du tronçon de rivière situé en aval.

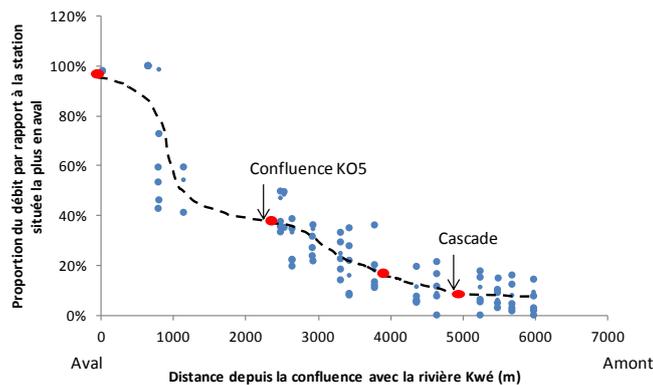


Figure 43 : Évolution naturelle du débit observé entre l'aval et l'amont de la rivière Kwé Ouest sur la période juillet 2012 et octobre 2013

### 3.1.2.2 Choix des années de référence

Pour la simulation hydraulique, les valeurs de débit de base dans les rivières ont été obtenues avec les deux modèles hydrogéologiques qui se sont appuyés sur des prévisions météorologiques de Météo France. **Ces prévisions sont basées sur le modèle IPSL-CM5A-LR, développé au sein de l'Institut Pierre-Simon Laplace. Les simulations de ce modèle climatique se basent sur une représentation raisonnable des phénomènes influençant le climat de la Nouvelle-Calédonie et prennent en compte les conséquences du réchauffement climatique sur ces phénomènes.**

La chronique de pluie prédite par Météo France constitue les données d'entrée des modèles hydrogéologiques. La période commune simulée par les deux modèles hydrogéologiques s'étend de 2031 à 2044 (soit 14 ans).

Deux scénarios ont été simulés.

Le premier scénario considère que les aménagements prévus dans le plan d'exploitation minière sont tous en place et constituent l'impact maximal du projet sur le fonctionnement hydrogéologique de site de Goro.

Le deuxième scénario permet de simuler le débit de base sans prendre en compte les aménagements miniers. Les simulations de débit ainsi obtenues correspondent à un état de référence (situation "naturelle" non perturbée par les activités minières). Cet état de référence est nécessaire pour l'évaluation de l'impact.

L'analyse statistique sur les rangs pour la période 2012-2044 (Tableau 29) indique que l'année 2041 est la plus représentative d'une année moyenne (répartition annuelle des précipitations pour les deux semestres et de cumul annuel).

Sur la période 2012-2044, l'année 2033 est la plus humide et l'année 2031 est la plus sèche. Ces deux années avec l'année 2041 sont les années de référence qui seront utilisées pour l'évaluation de l'impact.

Tableau 29 : Moyennes pluviométriques sur la période 2012-2044

	Moyenne (mm)	Années les plus proches de la valeur moyenne			<----Rangs
		1 <sup>er</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>	
1 <sup>er</sup> semestre	2140	2036	2041	2043	
2 <sup>ème</sup> semestre	915	2044	2041	2038	
Somme du 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> semestre	3055	2043	2041	2039	

Les modèles hydrogéologiques permettent d'évaluer le débit de base de la rivière tous les six mois. Le premier semestre correspond à la période de l'année la plus humide (période des hautes eaux) et le deuxième semestre correspond à la période de l'année la plus sèche (période des basses eaux).

Les valeurs de débit ont été extraites des simulations en fonction des trois années de référence pour chaque station représentative des tronçons de la rivière Kwé et pour les deux scénarios. Les données extraites sont présentées dans le tableau 30.

Tableau 30 : Débits de référence et débits impactés par les éléments du projet d'exploitation minière pour les trois années de référence et pour toutes les stations représentatives.

Année ---->		2033				2031				2041			
		Année Humide sur la période (2012-2044)				Année Sèche sur la période (2012-2044)				Année moyenne sur la période (2012-2044)			
Simulation ---->		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Reference		Avec les aménagements		Reference		Avec les aménagements		Reference		Avec les aménagements	
Rivière	Station	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux
Kwé Est	KE amont	0,023	0,038	0,010	0,024	0,012	0,025	0,002	0,012	0,020	0,031	0,007	0,018
Kwé Est	KE Aval	0,035	0,064	0,017	0,044	0,015	0,039	0,003	0,020	0,029	0,049	0,011	0,031
Kwé Nord	KN2	0,064	0,134	0,038	0,091	0,014	0,078	0,009	0,050	0,044	0,101	0,025	0,072
Kwé Nord	KN2+KN2bis	0,091	0,193	0,046	0,136	0,035	0,107	0,011	0,060	0,067	0,135	0,031	0,087
Kwé Nord	KN2+ KN3 intermédiaire	0,195	0,343	0,083	0,187	0,089	0,206	0,029	0,100	0,156	0,272	0,063	0,133
Kwé Nord	KN2 +KN3 aval	0,200	0,376	0,087	0,206	0,090	0,212	0,030	0,105	0,159	0,281	0,065	0,140
Kwé Nord	KN total	0,312	0,640	0,188	0,369	0,130	0,351	0,069	0,225	0,246	0,457	0,146	0,297
Kwé ouest	KO4 amont	0,009	0,385	0,000	0,082	0,000	0,124	0,000	0,009	0,000	0,210	0,000	0,035
Kwé ouest	KO4 confluence	0,177	0,890	0,112	0,364	0,099	0,409	0,062	0,172	0,140	0,565	0,102	0,255
Kwé ouest	KO4 intermédiaire	0,086	0,756	0,034	0,245	0,020	0,299	0,005	0,082	0,055	0,446	0,026	0,151
Kwé ouest	KOaval	0,355	1,471	0,226	0,685	0,199	0,681	0,150	0,320	0,264	0,952	0,209	0,569
Kwé ouest5	KO5 amont	0,005	0,136	0,000	0,058	0,000	0,046	0,000	0,007	0,000	0,072	0,000	0,031
Kwé ouest5	KO5 intermédiaire	0,015	0,331	0,003	0,133	0,002	0,124	0,001	0,022	0,004	0,187	0,004	0,068
Kwé ouest5	KO5 confluence	0,120	0,499	0,091	0,253	0,084	0,248	0,073	0,116	0,100	0,327	0,093	0,177
Kwé Principale	Kwé principale	0,699	2,135	0,431	1,117	0,346	1,083	0,222	0,565	0,538	1,455	0,366	0,798

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 137 / 294</b>

### 3.1.3 REPARTITION SPATIALE DES IMPACTS ET PRESENTATION DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE HYDRAULIQUE

#### 3.1.3.1 Débits injectés dans le modèle HEC-RAS

Les débits injectés dans le modèle hydraulique correspondent à ceux présentés dans le tableau 30. Les données d'entrée du modèle hydraulique correspondent aux débits de base simulés par le modèle hydrogéologique en tenant compte de l'impact maximal pour le scénario d'aménagement.

#### 3.1.3.2 Répartition spatiale des impacts

Pour l'analyse spatiale des impacts hydrologiques, on s'appuie sur l'écart relatif entre le débit de référence (simulé par les modèles hydrogéologiques sans tenir compte des aménagements miniers) et le débit impacté (simulé par les modèles hydrogéologiques en tenant compte de l'impact maximal des aménagements miniers).

$$ER = \frac{Q_{imp} - Q_{ref}}{Q_{ref}} \times 100$$

Où:

*ER*: Correspond à l'écart relatif

*Q<sub>ref</sub>* : correspond au débit de base de référence soit le débit de base simulé sans tenir compte des aménagements

*Q<sub>imp</sub>* : correspond au débit de base impacté par les différents éléments du projet

##### 3.1.3.2.1 Pour l'année la plus humide (2033)

###### Hautes eaux

Pour l'année la plus humide, au premier semestre (la période des hautes eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 30% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 44). La rivière Kwé Ouest et son principal affluent la rivière KO5 sont les cours d'eau pour lesquels les prévisions de réduction du débit de base sont les plus fortes.

###### Basses eaux

Pour l'année la plus humide, au deuxième semestre (la période des basses eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 20% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 45). Dans ces conditions hydrologiques, se sont exclusivement les tronçons en amont des principaux affluents qui sont les plus touchés. Le premier tronçon en amont de la rivière Kwé Ouest se retrouve même totalement asséché à cause de la réduction du débit.

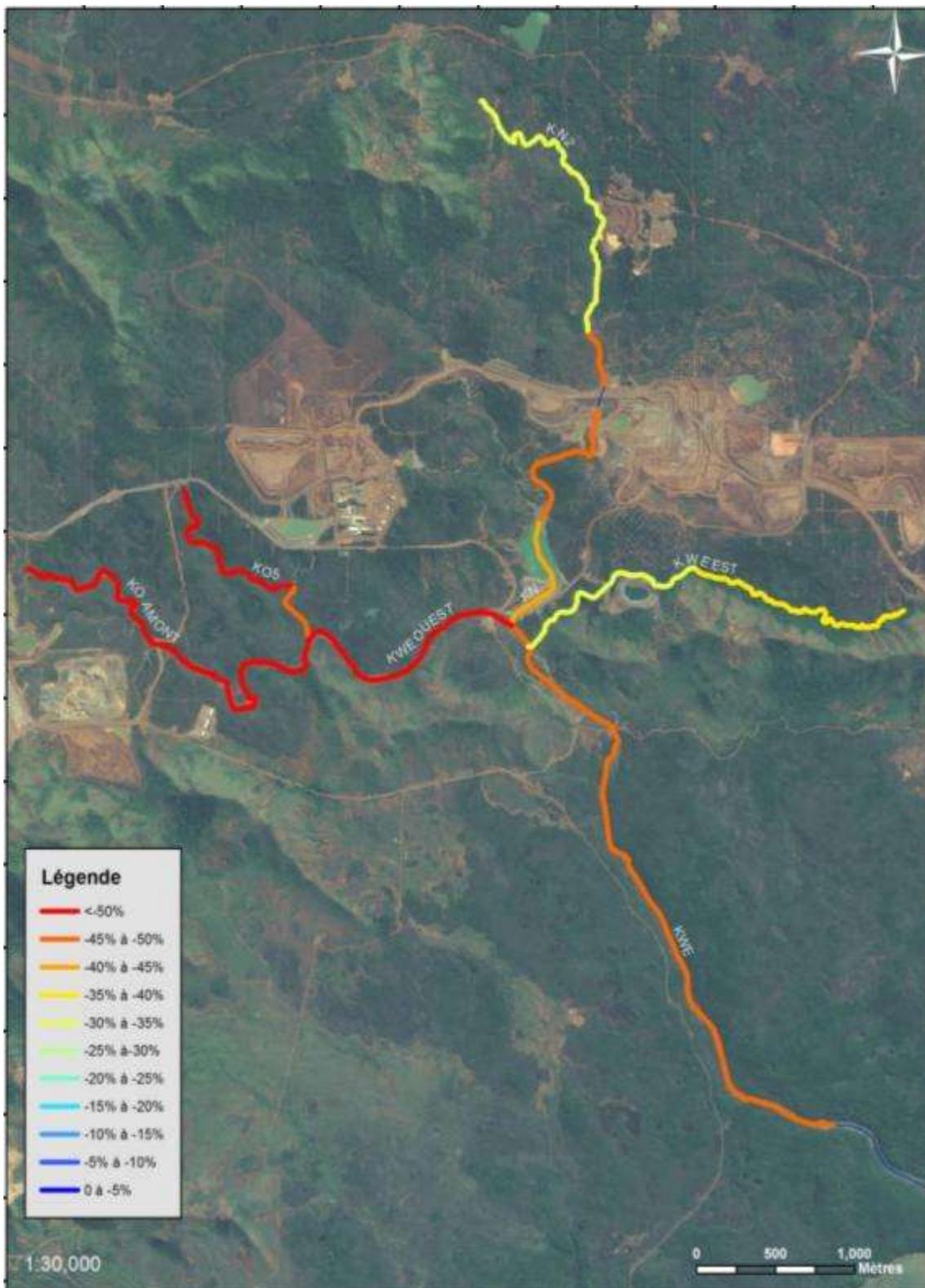


Figure 44 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Ecart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année humide

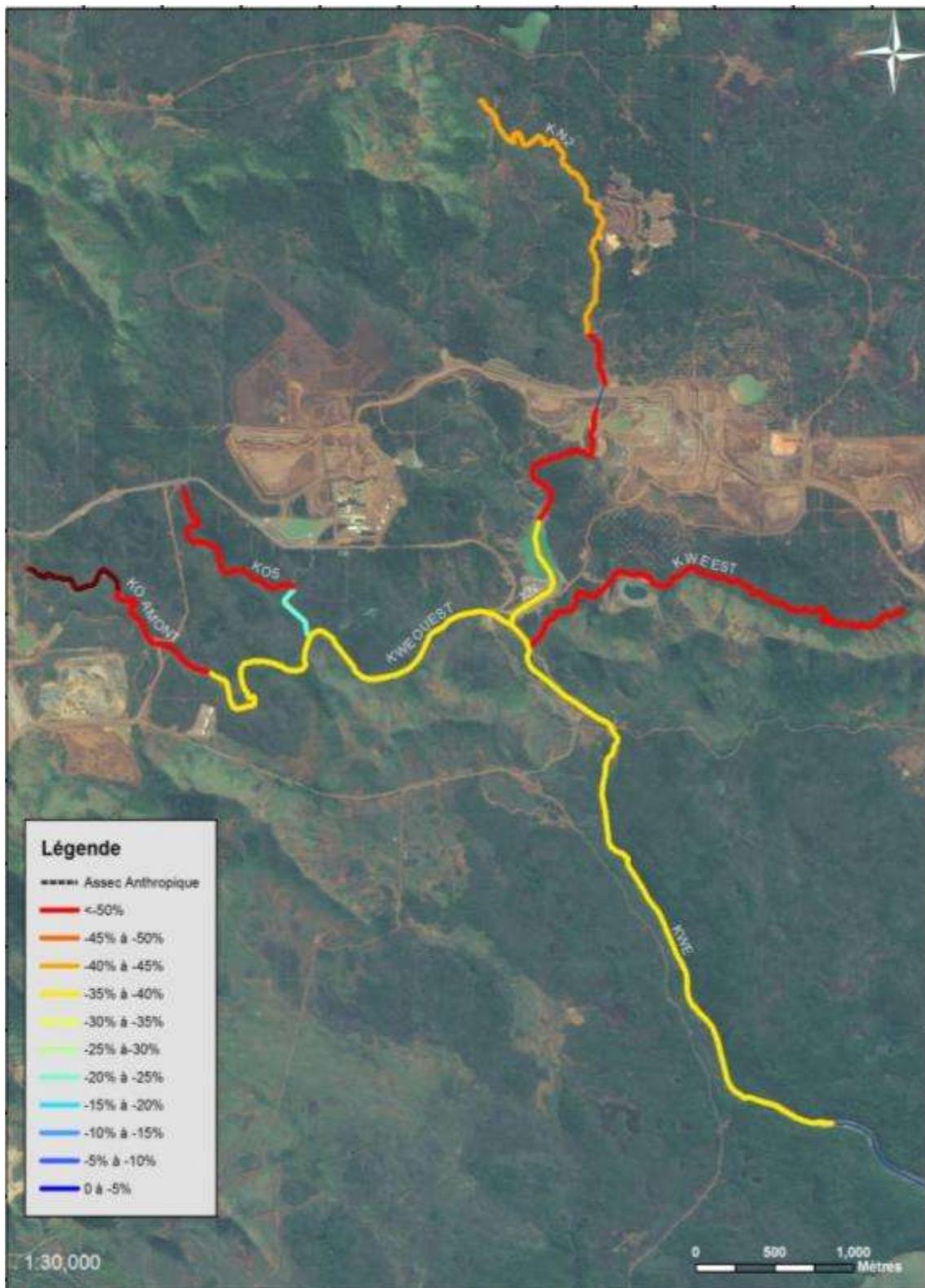


Figure 45 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année humide

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 140 / 294</b>

### **3.1.3.2.2 Pour l'année moyenne (2041)**

#### Hautes eaux

Pour l'année moyenne, au premier semestre (la période des hautes eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 35% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 46). Les tronçons de rivière les plus touchés sont la partie amont de la rivière Kwé Ouest, KO5 et le tronçon de la rivière Kwé Nord qui jouxte l'actuelle fosse minière.

#### Basses eaux

Pour l'année moyenne, au deuxième semestre (la période des basses eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 0% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 47). Les tronçons, où les réductions du débit sont les plus faibles, sont situés en amont de la rivière Kwé Ouest et sur la totalité de la rivière KO5. A l'inverse, les tronçons les plus touchés correspondent à la rivière Kwé Est, au tronçon de la rivière Kwé Ouest (jouxant la carrière de matériau et le projet de verse) et le tronçon de la rivière Kwé Nord qui jouxte l'actuelle fosse minière. La partie aval de la rivière Kwé Ouest est moins touchée car le phénomène de réduction de débit observé en amont est atténué par la contribution de la rivière KO5 qui n'est pratiquement pas concernée par la réduction du débit.

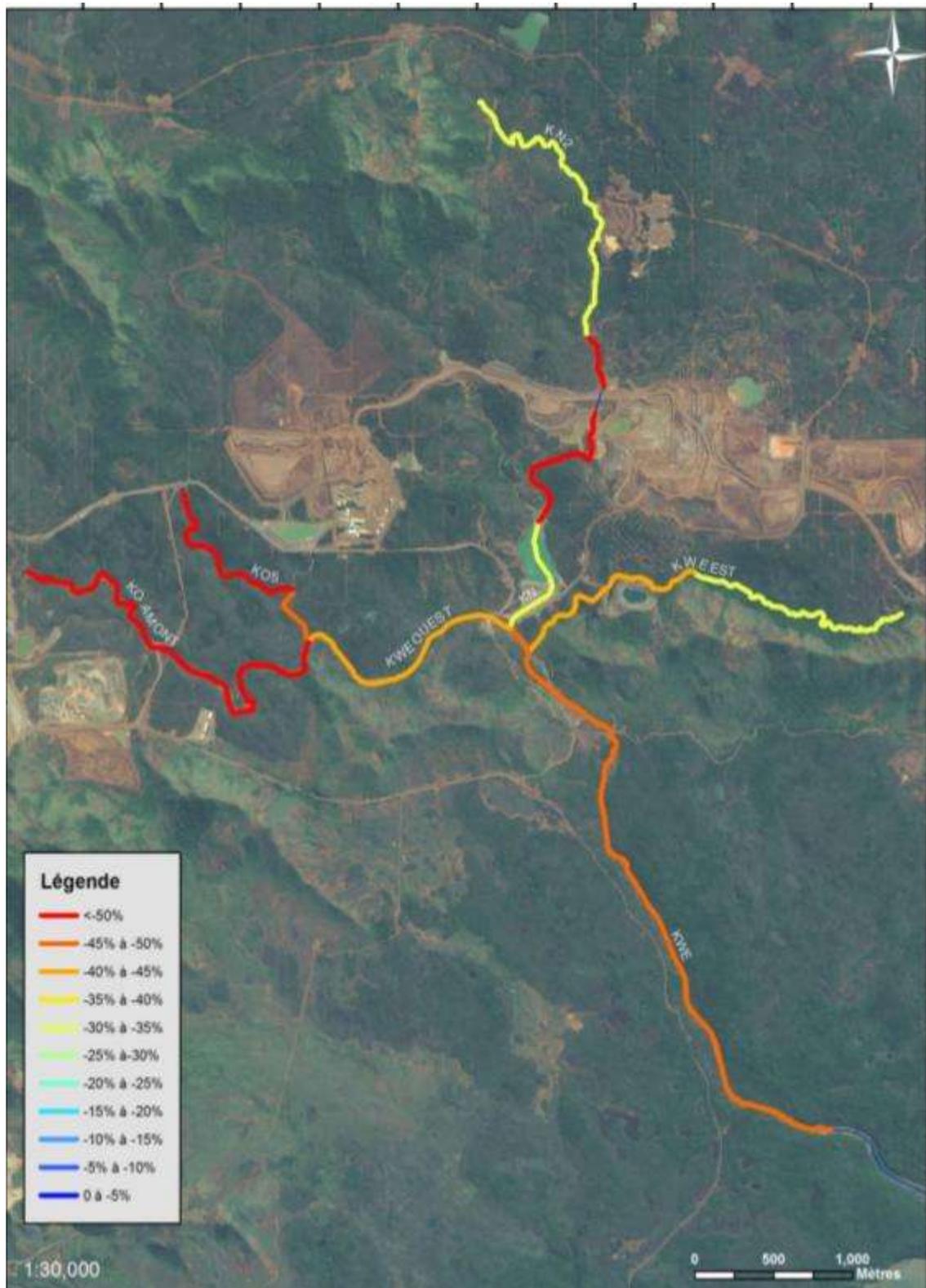


Figure 46 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année moyenne

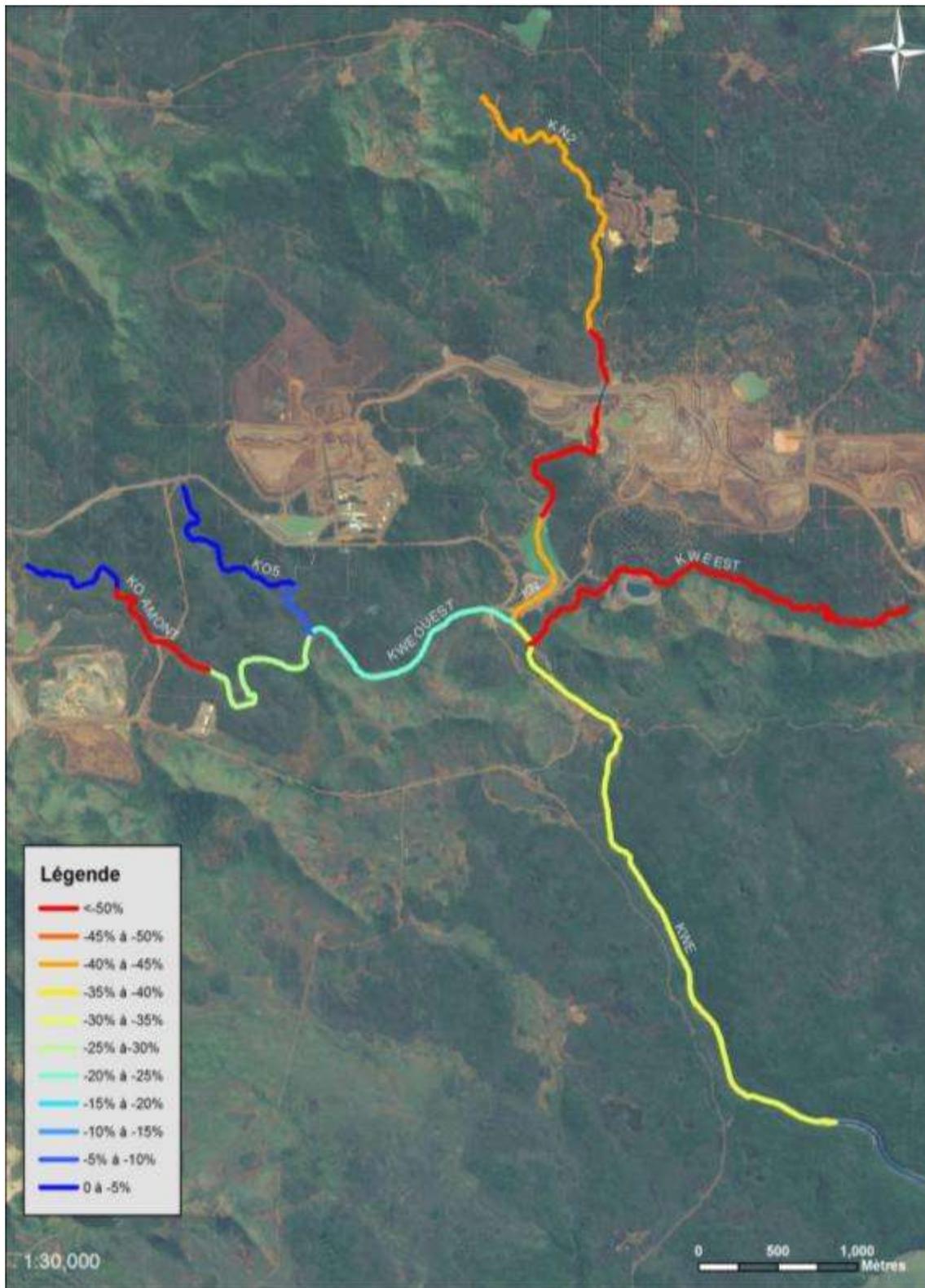


Figure 47 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année moyenne

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 143 / 294</b>

### 3.1.3.2.3 Pour l'année sèche (2041)

#### Hautes eaux

Pour l'année sèche, au premier semestre (la période des hautes eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 30% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 48). La totalité de la rivière Kwé et ses affluents sont touchés par des réductions importantes du débit de base. Les rivières Kwé Ouest et KO5 présentent une réduction du débit de base au moins supérieure à 50%. Aucun tronçon de rivière n'est épargné par les réductions du débit. Les parties amont et aval de la rivière Kwé Nord sont moins touchées, mais la réduction de débit reste tout de même très élevée, de l'ordre de 30%.

#### Basses eaux

Pour l'année moyenne, au deuxième semestre (la période des basses eaux), la réduction du débit de base prévue par les modèles hydrogéologiques est globalement comprise entre 10% et plus de 50% par rapport au débit de base de référence (Figure 49). Les tronçons où les réductions du débit sont les plus faibles sont situés en aval de la rivière KO5 et en aval de la rivière Kwé Ouest. La partie amont de la rivière Kwé Ouest présente un tronçon à sec dans les conditions de référence. Les tronçons de rivière les plus touchés par les réductions du débit sont situés en amont de la rivière Kwé Ouest, sur la rivière KO5, sur la totalité de la rivière Kwé Est et sur le tronçon de la rivière Kwé Nord qui jouxte l'actuelle fosse minière.

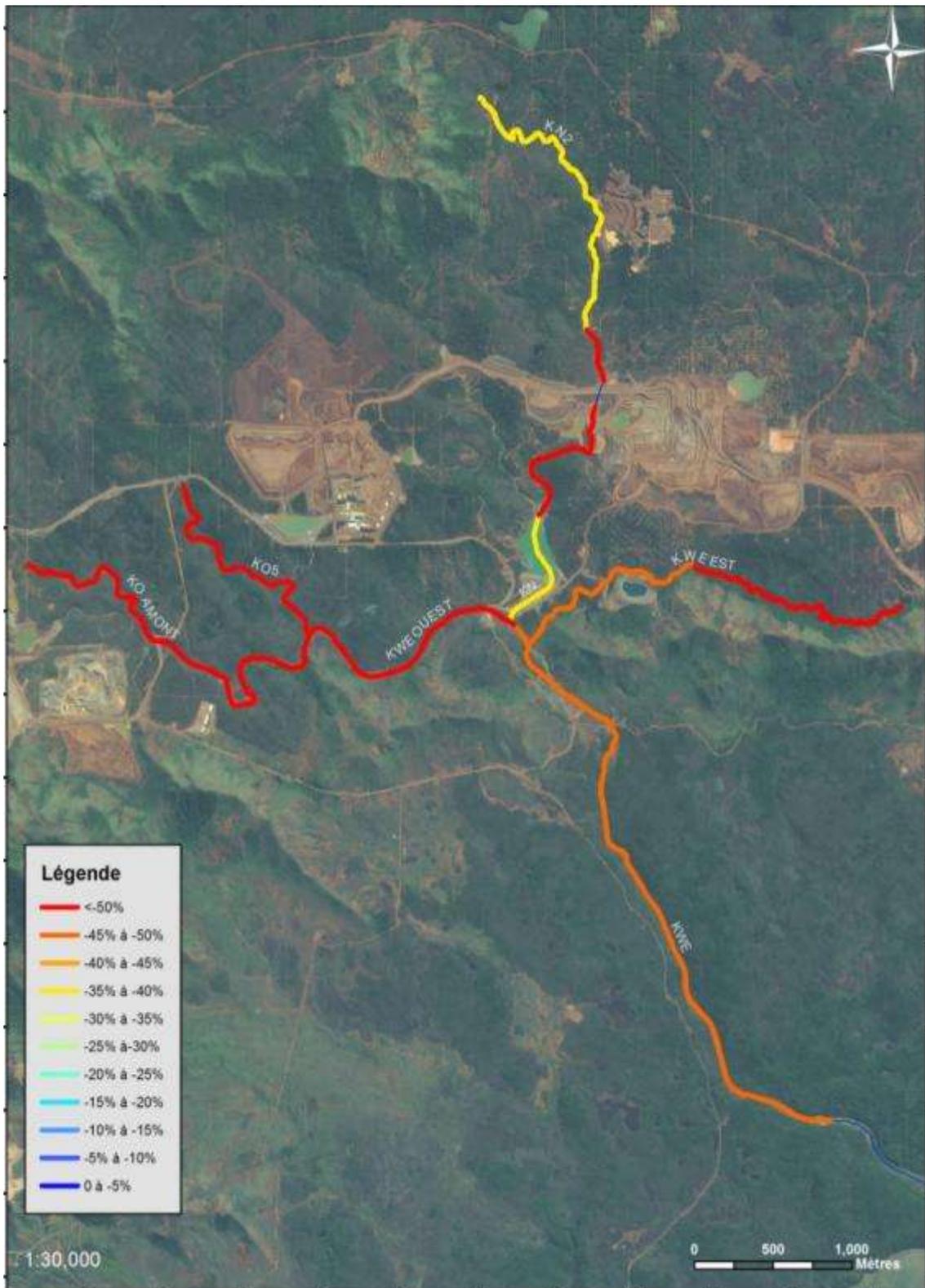


Figure 48 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Ecart Relatif) pour la période des hautes eaux et pour l'année sèche

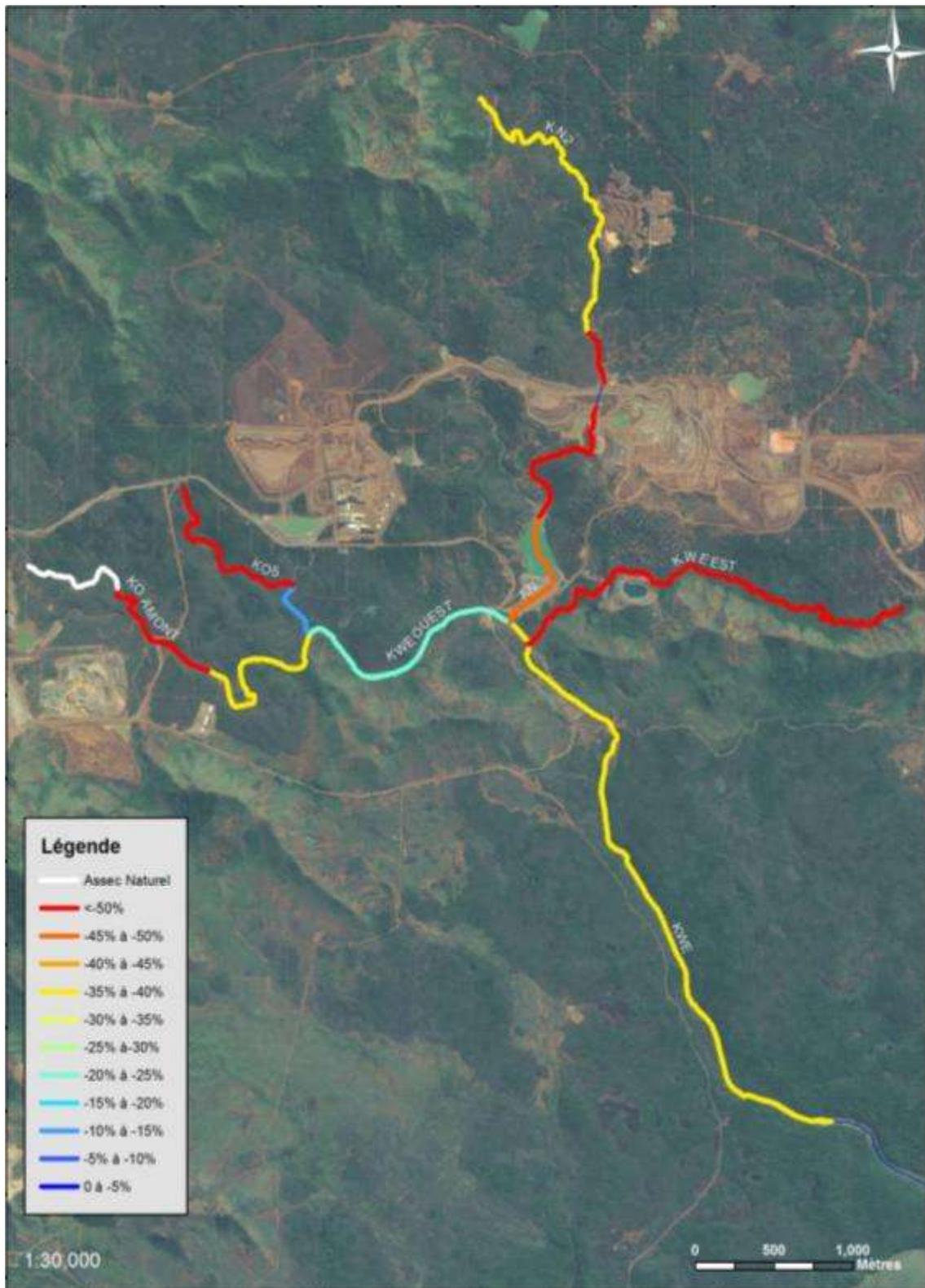


Figure 49 : Répartition des réductions du débit de base sur les différents cours d'eau par rapport à l'état de référence (Écart Relatif) pour la période des basses eaux et pour l'année sèche

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 146 / 294</b>

## **3.2 PRESENTATION DU MODELE HYDRAULIQUE DE LA RIVIERE KWE**

### **3.2.1 OBJECTIF DU MODELE HYDRAULIQUE**

Le modèle hydraulique a été construit pour estimer l'impact des réductions du débit de base sur les conditions hydrauliques de l'écoulement dans les rivières pour différentes conditions hydrologiques (années sèche, moyenne, humide et en hautes eaux et basses eaux). Les impacts seront évalués en termes de modification des hauteurs d'eau, des vitesses d'écoulement et des largeurs de lit mouillé.

### **3.2.2 RECENSEMENT DES DONNEES**

Pour réaliser le modèle, on dispose : du modèle numérique de terrain (obtenu par la méthode LIDAR) de 2006 sur le secteur de Goro, avec la photographie aérienne de 2013 drapée; des observations de terrain effectuées du 01/04/2014 au 22/04/2014 et couvrant l'ensemble du linéaire d'étude, ces données couvrent les caractéristiques physiques et dimensionnelles des cours d'eau; de la campagne de jaugeages, effectuée sur une période chevauchant la période de réalisation des observations de terrain; des profils en travers en 4 localisations (KOL, KO5, CPKE05, KAL) levés par les géomètres en 2012.

### **3.2.3 METHODOLOGIQUE**

#### **3.2.3.1 Construction du modèle**

##### **3.2.3.1.1 Généralités sur la plateforme de modélisation employée**

Le logiciel HEC-RAS version 4.1 (Hydraulic Engineering Center's River Analysis System) distribué par le corps d'ingénieurs de l'armée américaine (USACE) permet de modéliser les écoulements dans les cours d'eau. HEC-RAS est un logiciel de référence dans son domaine ; il a été utilisé et validé par ses créateurs et la communauté des ingénieurs hydrauliciens de l'Hydrological Engineering Center sur un grand nombre de bassins hydrographiques, de rivières et de fleuves.

Les calculs peuvent être menés en régime transitoire (avec introduction d'un hydrogramme à l'amont) ou en régime permanent. Il permet la description d'un système hydrographique complet, avec différents apports par des affluents ou prise en compte de plusieurs bras de rivière, divers cours d'eau confluents reliés à la rivière principale soit par une confluence naturelle soit par des ouvrages. HEC-RAS prend en compte aussi bien les défluences que les confluences (réseaux dendritiques).

Le logiciel simule les fonctionnements unidimensionnels en utilisant les équations simplifiées de Barré de Saint Venant. Pour les besoins de l'étude, le modèle est utilisé en régime permanent.

Les modèles ont été exploités en régime mixte : les équations de calcul se font en écoulement fluvial puis en écoulement critique.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 147 / 294</b>

### 3.2.3.1.2 Équations résolues par le modèle

Les équations classiques de l'écoulement unidimensionnel à surface libre formulées par Barré de Saint Venant sont :

- l'équation de continuité

$$\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

- l'équation de l'énergie unidimensionnelle

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Où

$Y_1$  et  $Y_2$  : hauteur d'eau pour la section 1 et pour la section 2;

$Z_1$  et  $Z_2$  : cote du fond du lit de la rivière pour la section 1 et pour la section 2;

$V_1$  et  $V_2$  : vitesses moyennes;

$\alpha_1$  et  $\alpha_2$  : coefficients de pondération des vitesses;

$g$  : pesanteur;

$h_e$  : perte de charge.

- l'équation de la quantité de mouvement,

$$\frac{Q_2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

Où :

$Q_1$  et  $Q_2$  : débit pour la section 1 et la section 2;

$\beta_1$  et  $\beta_2$  : coefficient tenant compte d'une distribution de vitesses non uniforme dans les sections 1 et 2;

$g$  : pesanteur;

$A_1$  et  $A_2$  : surface mouillée pour la section 1 et pour la section 2;

$Y_1$  et  $Y_2$  : hauteur d'eau mesurée entre la surface libre et le centre de gravité du profil en travers pour la section 1 et pour la section 2;

$L$  = distance entre les profils 1 et 2 mesurée le long de l'axe de l'écoulement;

$S_0 = \sin \theta$ ,  $\theta$  étant l'inclinaison du cours d'eau par rapport au plan horizontal;

$S_f$  = pente de frottement.

### 3.2.3.1.3 Représentation numérique du cours d'eau

Le modèle HEC-RAS nécessite de décomposer le système de rivière en biefs interconnectés en un réseau maillé. Les biefs sont composés d'une succession de sections elles-mêmes divisées en 3 zones principales : lit mineur, lit majeur rive gauche et lit majeur rive droite.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 148 / 294</b>

Les pertes de charges au niveau des ouvrages peuvent être finement déterminées, à l'aide de l'équation de la quantité de mouvement. Le modèle HEC-RAS permet entre autre de représenter la perte de charge due à des seuils transversaux :

- seuils transversaux et seuils latéraux,
- ponts à ouvertures multiples,
- ouvrages vannés et ponceaux multiples,
- estimations de l'érosion au droit des piles de ponts,
- zones inondables connectées par des ouvrages type seuil ou ponceau.

#### **3.2.3.1.4 Sortie graphiques et interface**

HEC-RAS est doté de possibilités de sorties graphiques ou tabulaires permettant d'extraire toutes les valeurs calculées sur une section ou sur un profil en long.

Le logiciel HEC-RAS est combiné au module HEC-GéoRAS qui permet de définir de manière automatique la géométrie d'un cours d'eau à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

#### **3.2.3.1.5 Analyse de la topographie**

##### Topographie utilisée (cas des radiers, cas des mouilles)

Les tronçons peu profonds (sur lesquels le fond du lit est visible sur la photographie aérienne), appelés par la suite radiers, ont été distingués des tronçons profonds (sur lesquels le fond du lit n'est pas visible sur la photographie aérienne) appelés mouilles.

##### Les radiers

L'utilisation du MNT issu du LIDAR est justifiée pour les radiers. Cette utilisation est justifiée car la comparaison des levés topographiques effectués par la société DELVAR (novembre 2012) avec les valeurs extraites du MNT (méthode LIDAR) a montré que les écarts sont trop peu significatifs (A2EP 2013a). Dans le cadre de cette étude, les informations extraites du MNT seront donc suffisantes.

Néanmoins, en fonction de la végétation, deux cas de figures peuvent se présenter :

Dans les cas où la végétation est peu abondante (Figure 50), les radiers sont bien représentés par le MNT (on note que le MNT lisse la topographie réelle), à 50 cm près et la forme générale de la section est conforme aux valeurs obtenues par le géomètre.

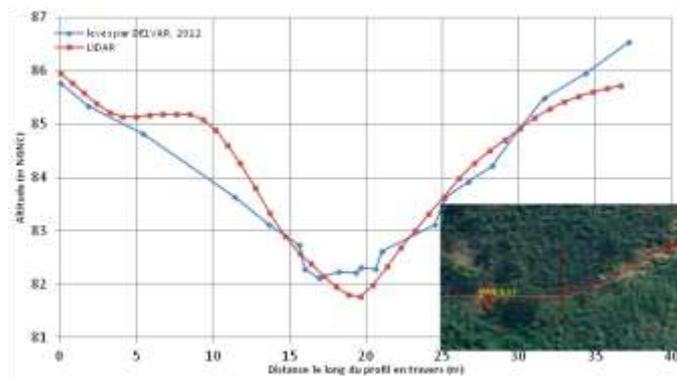


Figure 50 : Profil en travers CPKE 05

Dans les cas où la végétation est abondante (Figure 51), le LIDAR donne l'altitude de la végétation au niveau du lit majeur. On observe également un décalage d'1 m par rapport aux valeurs obtenues par un géomètre. Ces cas de figure se présentent sur les tronçons en amont des rivières où les pentes sont plus fortes. Dans le cas des pentes fortes, l'écart entre le MNT et les relevés topographiques effectués par un géomètre n'ont pas d'influence sur les résultats. De plus, dans tous les cas, la forme générale du lit mineur est bien reproduite avec les données extraites du MNT. L'étude étant focalisée sur les débits de base, seule compte la description du lit mineur.

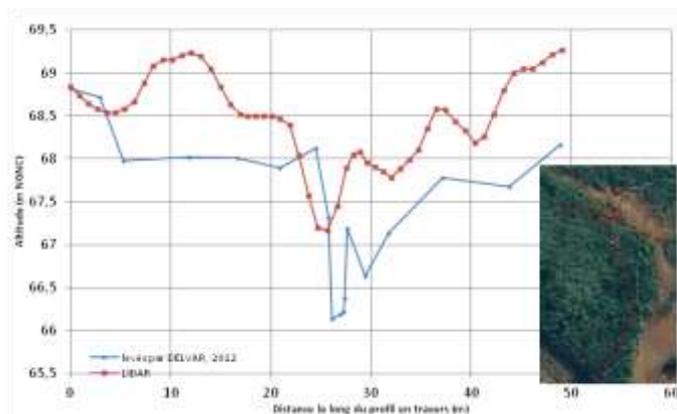


Figure 51 : Profil en travers du Creek de la Crête Sud

### Les mouilles

Pour les mouilles, où la profondeur de l'eau est plus importante que pour les radiers, les valeurs extraites du MNT montrent que l'altitude correspond à la surface de l'eau et non au fond du lit de la rivière (Figure 52).

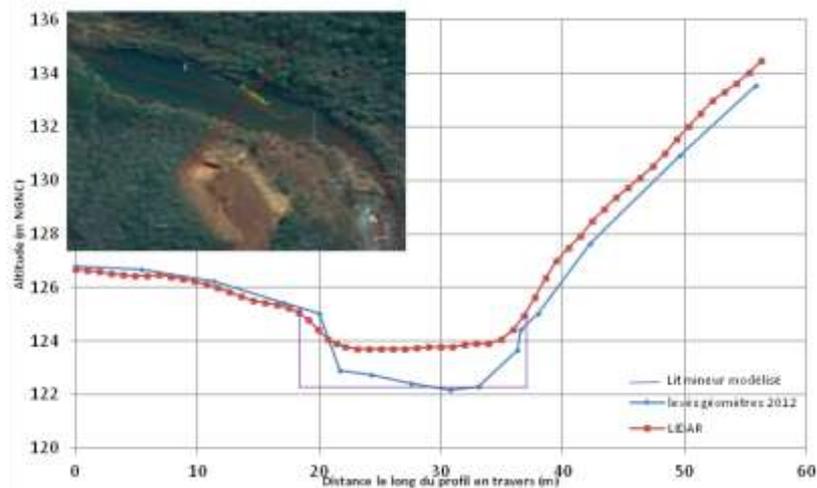


Figure 52 : Profil en travers au niveau de la station KOL modification du profil topographique de la section extrait du MNT en utilisant les données obtenues sur le terrain

Au cours de la construction du modèle géométrique de la rivière, les sections extraites du MNT au niveau des mouilles ont systématiquement été corrigées en utilisant les valeurs observées de hauteur des berges et de largeur de lit mouillé. Pour simplifier la représentation du modèle géométrique de la rivière, la forme de la section dans les mouilles est toujours rectangulaire.

### 3.2.3.1.6 Ouvrages

Les ouvrages sur la zone d'étude (remblais routiers, passages busés, ponts cadre...) ont été intégrés dans le modèle en tant qu'obstacles (« deck »).

### 3.2.3.1.7 Interpolation entre les sections construites

Après avoir construit le modèle sur le principe décrit précédemment, une interpolation linéaire tous les 10 m a été faite entre les sections construites.

### 3.2.3.1.8 Ossature du modèle géométrique

Les schémas présentés dans les figures 53 et 54 illustrent la forme du modèle géométrique de la rivière Kwé utilisé pour la modélisation hydraulique.

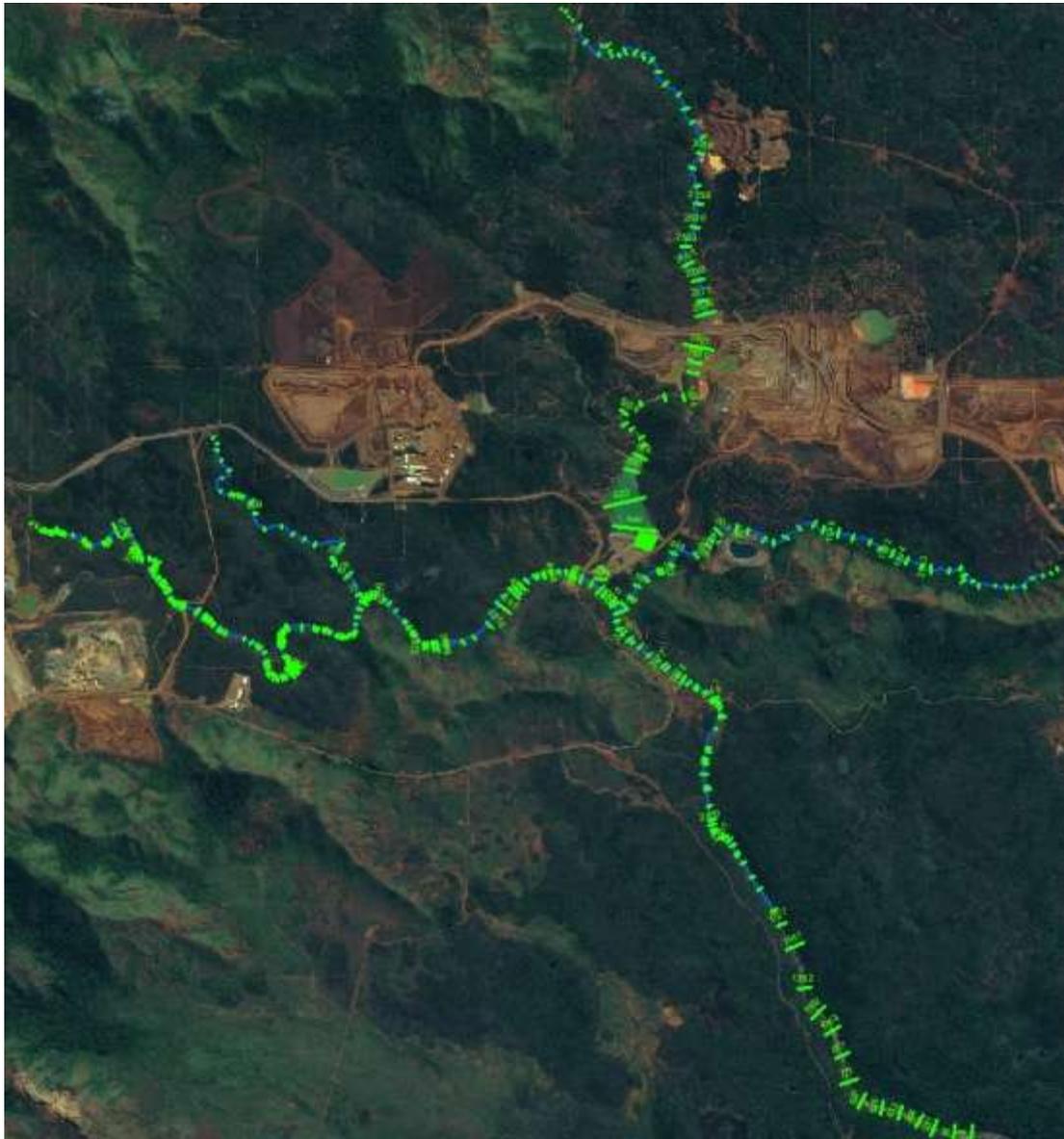


Figure 53 : Localisation et position par rapport au lit du cours d'eau des profils utilisés pour la construction du modèle géométrique de la rivière

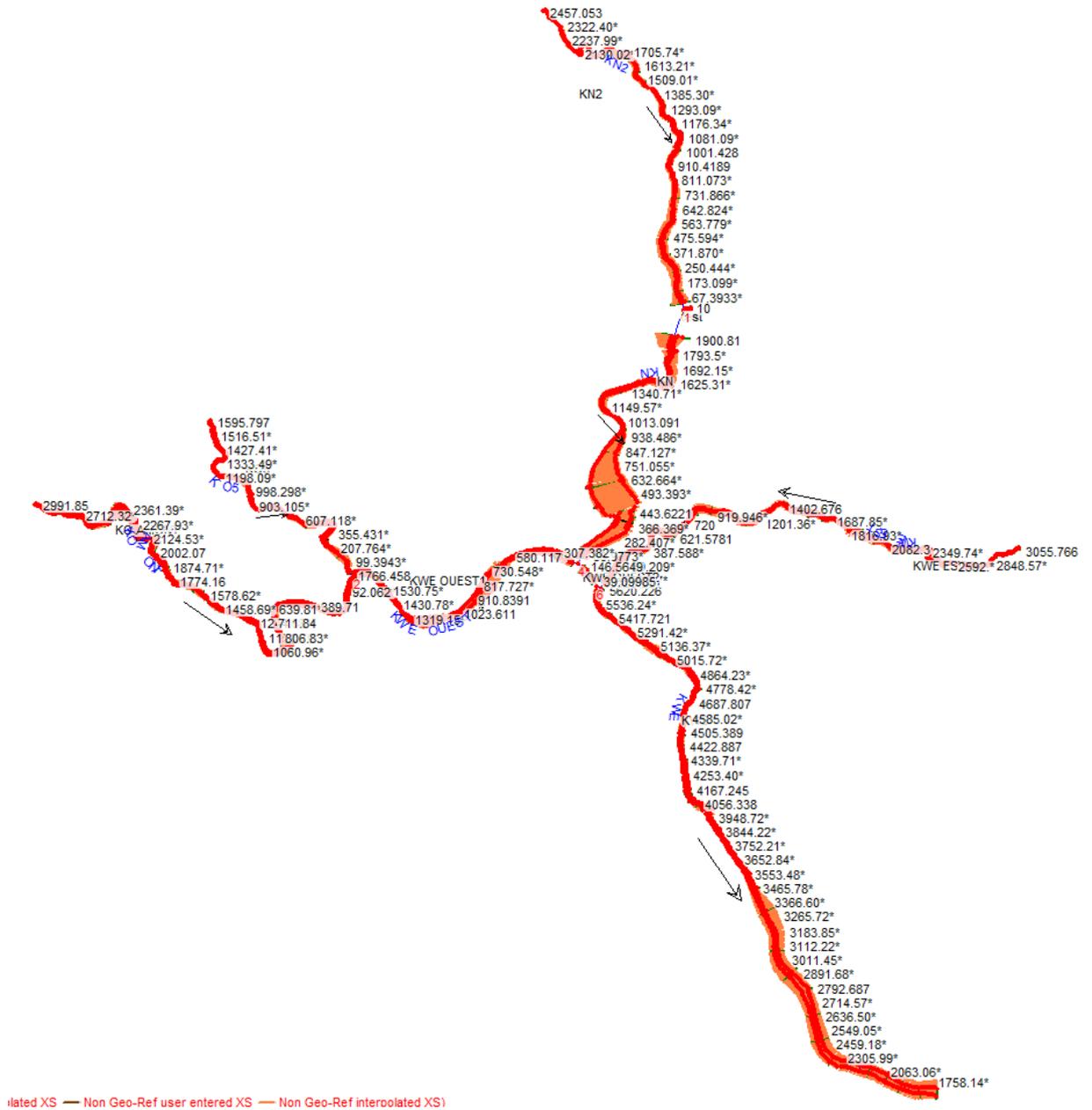


Figure 54 : Architecture du modèle géométrique de la rivière Kwé

### 3.2.3.1.9 Coefficient de rugosité

Pour les besoins du modèle hydraulique, des coefficients de rugosité ont été définis par expertise.

Les coefficients de rugosité (nombre de Strickler K et nombre de Manning  $n=1/K$ ) ont été choisis selon les bases suivantes:

- déterminés par appréciation sur le terrain
- puis ajustés par le calage du modèle, tout en restant dans les limites des valeurs acceptables.

En lit mineur (dans lequel l'écoulement reste cantonné quelle que soit la simulation), les coefficients de Manning se répartissent de la manière suivante:

- 0,125 (cas des sections très rugueuses, à faibles hauteurs d'eau, au niveau des radiers, où l'obstruction des rochers est très importante)
- 0,05 (mouilles sur la partie amont du modèle)
- 0.04 (mouilles sur la partie aval du modèle où les fonds sont plus lisses).

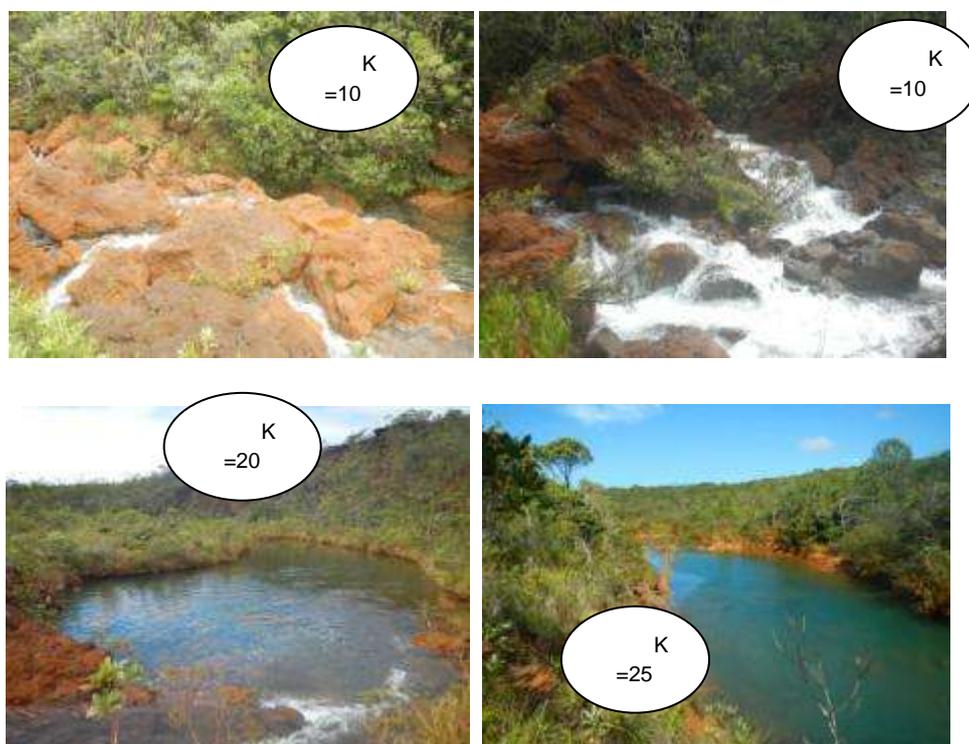


Figure 55 : Illustration pour quatre exemples de coefficients de rugosité

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 154 / 294</b>

Un test de sensibilité sur le coefficient de rugosité est présenté au paragraphe 3.2.4 "Analyse de sensibilité aux incertitudes".

#### **3.2.3.1.10 Conditions aux limites du modèle hydraulique**

En amont :

Des conditions de hauteur normale ont été appliquées avec des pentes de :

- 4.7 % sur le bras KN,
- 12.6 % sur le bras KO amont,
- 13.9 % sur le bras KO5,
- 3.6 % sur le bras Kwé Ouest.

En aval :

Le modèle prend fin au niveau des chutes situées sur la rivière Kwé non loin de son embouchure. A cet endroit, la ligne d'eau passe par la hauteur critique, ainsi, la condition limite aval n'a pas d'influence sur l'amont. Une condition de hauteur normale y a été appliquée avec une pente de 2,6%.

#### **3.2.3.2 Calage du modèle hydraulique**

##### **3.2.3.2.1 Principe**

Le modèle a été calé sur la base des observations acquises pendant la phase de terrain et des missions de jaugeages effectuées sur la même période. L'objectif du calage est de faire en sorte que le modèle reproduise le mieux possible les conditions d'écoulement observées sur terrain (hauteur d'eau, largeur du lit mouillé pour les débits observés).

La phase de terrain s'est déroulée du 01/04/2014 au 22/04/2014. Les jaugeages de la campagne d'avril 2014 ont été réalisés sur la même période (du 02/04/2014 au 09/04/2014).

Les débits obtenus par jaugeage ont été injectés dans le modèle. Les débits mesurés se rapprochent des débits correspondant à l'année humide de référence, en hautes eaux. Des écarts importants sont constatés entre les débits issus des modèles hydrogéologiques et les jaugeages (-54% à +17%). Les interactions qui conduisent l'eau de la rivière à rejoindre la nappe ne sont pas prises en compte dans les modèles hydrogéologiques. Seul le drainage de la nappe vers la rivière est pris en compte. Les écarts avec les débits simulés par les modèles hydrogéologiques s'expliquent par les interactions complexes entre la rivière et la nappe.

Sur cette base, le tronçon de la rivière Kwé Ouest situé entre le point kilométrique 2240 et le point kilométrique 270 a été utilisé pour le calage du modèle. Ce tronçon compte plusieurs stations de jaugeage et permet donc de bien rendre compte de la variabilité spatiale du débit.

Les tronçons des rivières KWE EST, KWE NORD et KWE OUEST AVAL n'ont pas été utilisés pour le calage, faute de données suffisantes coïncidant avec les missions sur le terrain.

Ce tronçon est utilisé pour valider et critiquer la méthode utilisée pour la conception du modèle hydraulique. Par extrapolation, si le modèle est validé sur ce tronçon, il sera validé sur l'ensemble du linéaire modélisé.

### 3.2.3.2.2 Analyse des hauteurs d'eau

Une analyse sur les hauteurs d'eau a été effectuée à fin de comparer les résultats du modèle modèle avec les observations de terrain. La courbe cumulée des longueurs des tronçons en fonction de la hauteur d'eau dans la rivière (

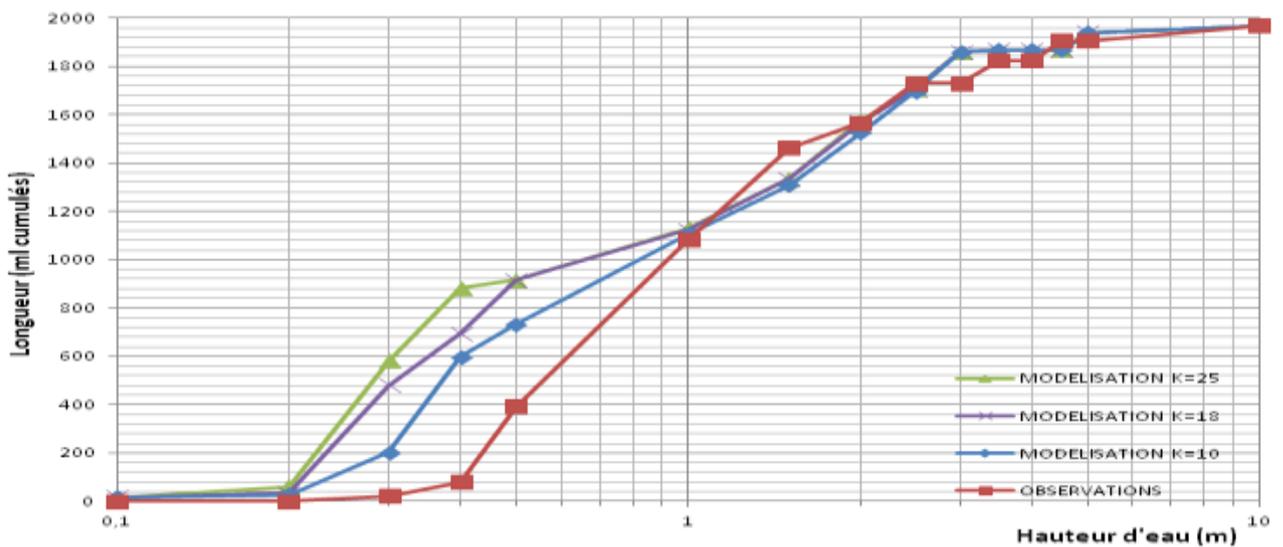


Figure 56) permet de traduire la représentativité du modèle hydraulique. Elle montre que les tronçons où la hauteur d'eau observée est comprise entre 30 cm et 50 cm sont surreprésentés par le modèle hydraulique. Cette surreprésentation se fait au détriment des tronçons dont la hauteur est strictement supérieure à 50 cm et inférieure à 1 m.

L'écart maximal constaté entre les hauteurs d'eau observées et les hauteurs simulées ne dépasse pas 20 cm. Ces écarts concernent essentiellement les tronçons où la hauteur d'eau observée est comprise entre 30 cm et 80 cm, ce qui en termes morphodynamique, correspond à des tronçons de transition entre les zones de radiers et les zones de mouilles.

Les écarts entre les hauteurs relevés sur le terrain et celles simulées sont imputables à des biais liés aux observations sur le terrain (*hauteur d'eau moyenne observée sur chaque tronçon et écoulement entre les blocs qui ont tendance à augmenter le niveau d'eau apparent*) par rapport aux simplifications du modèle géométrique de la rivière (*les parois lisses ont tendance à diminuer le périmètre mouillé et donc la hauteur d'eau résultante*).

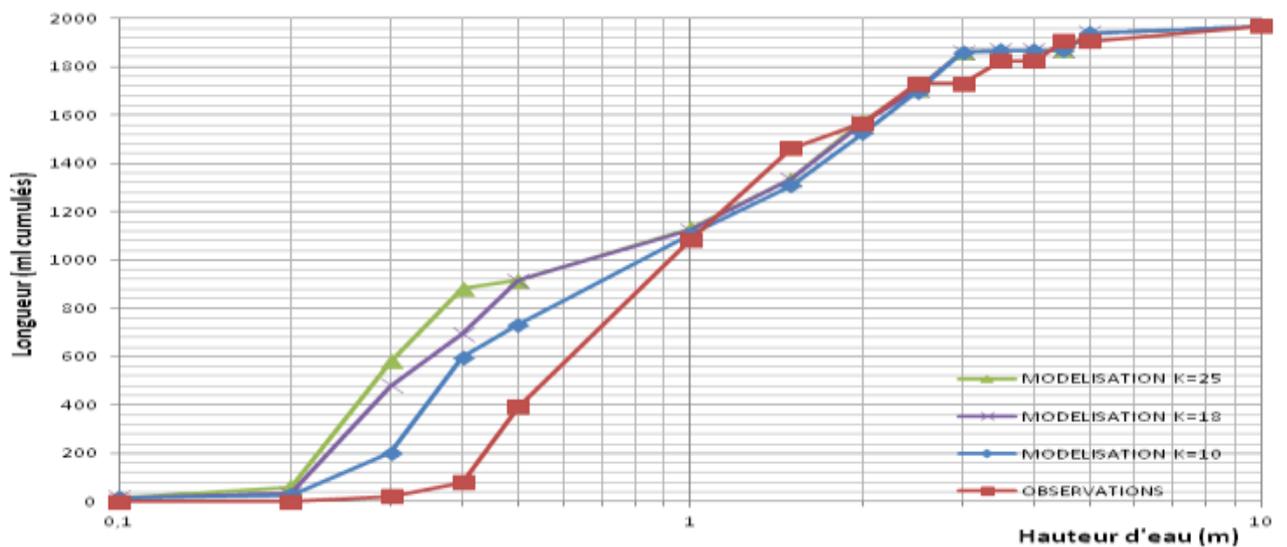


Figure 56 : Courbes cumulées du linaire des tronçons de la rivière Kwé Ouest en fonction de la hauteur d'eau observée sur le terrain (courbe rouge) et la hauteur d'eau modélisée.

### 3.2.3.2.3 Analyse du profil en long

Le profil en long sur le tronçon de rivière utilisé pour le calage du modèle montre que le modèle est satisfaisant (Figure 57). Les positions des croix rouges représentant la surface de l'eau observée sur le terrain sont bien reproduites par le fil d'eau obtenu avec le modèle hydraulique.

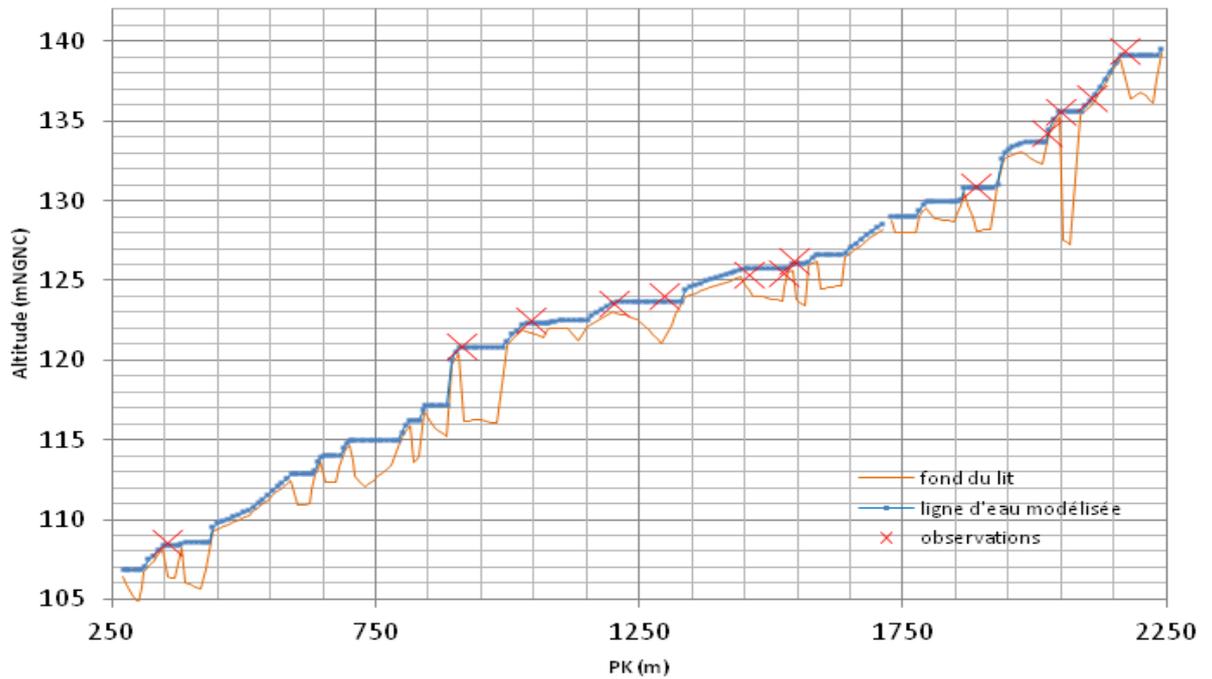


Figure 57 : Profil en long du tronçon de rivière de la Kwé ouest utilisé pour le calage du modèle hydraulique

#### 3.2.3.2.4 Analyse de la largeur du lit mouillé

Comme pour la hauteur d'eau dans la rivière, la largeur du lit mouillé simulé par le modèle a été comparée à la largeur observée sur le terrain. La courbe du linéaire cumulé en fonction de la largeur du lit mouillé simulée (courbe bleu) est comparée à celle qui a été observée (courbe rouge). La bonne concordance entre les deux courbes (Figure 58) indique que le modèle hydraulique est satisfaisant pour représenter la largeur du lit mouillé. Quand la largeur du lit mouillé est la plus importante, l'écart avec les valeurs simulées est imputable à un biais lié aux observations sur le terrain.

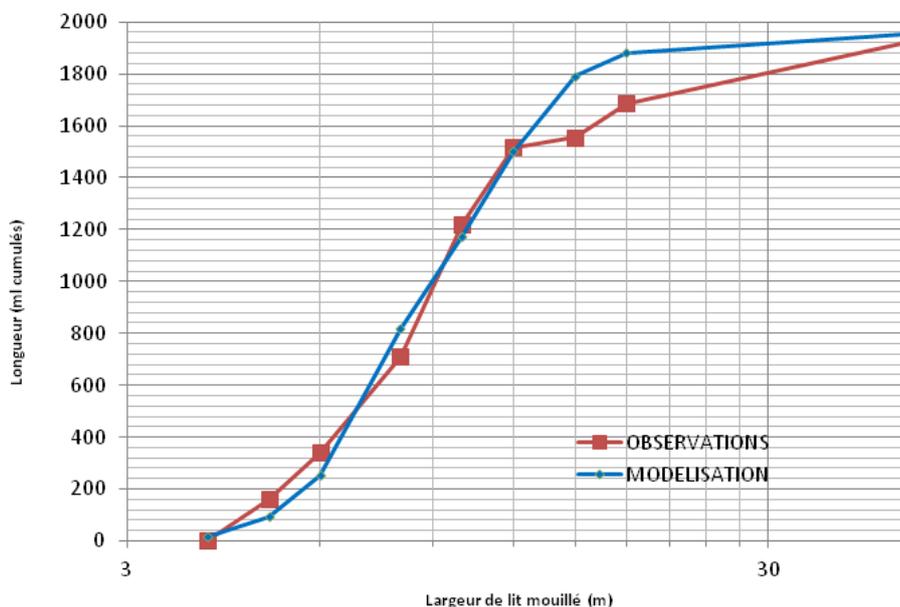


Figure 58 : Comparaison des courbes du linaire cumulé en fonction de la largeur du lit mouillé modélisé et la largeur du lit mouillé observé.

Après avoir ajusté le coefficient de Strickler, le calage du modèle sur les paramètres hauteur d'eau et largeur de lit mouillé permet d'obtenir une représentation satisfaisante des paramètres de l'écoulement. Les ordres de grandeur sont bien représentés et les écarts relatifs entre observations et valeurs simulées sont faibles.

Il s'agit d'un modèle hydraulique simplifié, dans lequel la géométrie ne prend pas en compte toute la complexité des chenaux (rochers, chenal étroit, chenaux multiples...). Néanmoins, ce modèle est jugé suffisamment précis pour décrire les impacts hydrauliques associées aux variations de débits induites par les aménagements.

### 3.2.4 ANALYSE DE SENSIBILITE AUX INCERTITUDES

Des tests de sensibilité ont été réalisés sur le modèle afin d'apprécier la sensibilité du modèle aux variations du coefficient de Strickler.

Ces tests ont consisté à simuler le scénario "année humide - scénario de référence - hautes eaux" tout en modifiant le paramètre de Strickler. Les tests ont été réalisés avec une variation de +/- 25% des coefficients de Strickler par rapport à la situation « nominale ». Les niveaux d'eau ainsi obtenus ont été comparés entre eux (Figure 59).

Une variation de +/-25% des coefficients de Strickler induit très peu d'écart sur la hauteur d'eau et la vitesse prédites par le modèle, aussi bien pour les radiers que les mouilles. Les

plus grands écarts se font sentir sur les radiers mais sont inférieurs à 5 cm pour les hauteurs d'eau et inférieurs à 0,1 m/s pour les vitesses.

Pour conclure, on peut affirmer que le modèle est peu sensible aux variations de la rugosité : la topographie, la géométrie du cours d'eau et le débit sont les principaux paramètres qui vont conditionner les écoulements.

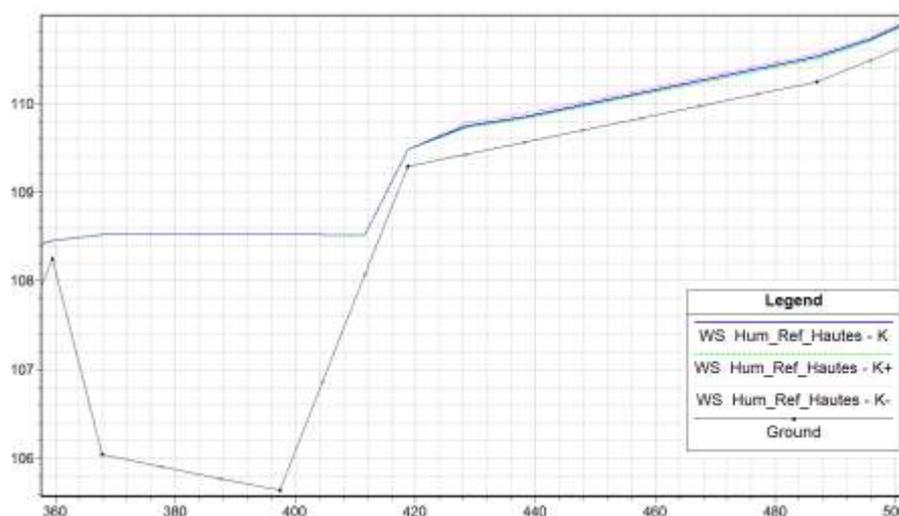


Figure 59 : Profil en long du niveau d'eau suivant différentes valeurs du coefficient de Strickler (bleu : nombres de Strickler de référence, vert : nombres de Strickler augmentés de 25% et rose : nombres de Strickler diminués de 25%)

### 3.2.5 CONSEQUENCE DES AMENAGEMENTS SUR L'ECOULEMENT DES RIVIERES

#### 3.2.5.1 Les impacts sur le débit

Les valeurs du débit de base prédites par les modèles hydrogéologiques indiquent que les diminutions du débit sont globalement comprises entre 37 et 53% (voir tableau 31 et les figures 44 à 49). Globalement, c'est durant la période des hautes eaux pour l'année sèche que les impacts sont les plus forts.

La distribution spatiale des diminutions du débit n'est pas uniforme. Même si aucune rivière étudiée n'est épargnée, les plus fortes diminutions prédites sont localisées sur le cours amont de la rivière Kwé Ouest, sur la rivière KO5 et la rivière Kwé Est. Parmi les tronçons étudiés, le cours aval de la Kwé Ouest et la rivière Kwé Nord (KN et KN2) sont les moins touchés.

Suivant les conditions hydrologiques, les réductions du débit de base prédites ne sont pas identiques. Elles dépendent de la pluviométrie de l'année et de la période hydrologique.

Pour la rivière Kwé Ouest (amont et aval), la rivière Kwé Nord et la partie aval de la rivière Kwé, les réductions du débit de base sont systématiquement plus importantes durant la période des hautes eaux quelque soit l'année hydrologique. Les réductions les plus fortes sont attendues pendant les périodes des hautes eaux pour l'année humide et l'année sèche.

A l'inverse, les réductions les plus faibles sont attendues pour l'année moyenne pendant la période des basses eaux.

Ce constat est le même pour la rivière KO5 à l'exception de l'année humide où cette fois les réductions les plus fortes sont attendues pendant la période des basses eaux.

Pour la rivière KN2 et Kwé Est, les prévisions sont très différentes. Pour ces deux rivières, les réductions du débit de base sont plus fortes pendant les périodes des basses eaux. Pour la rivière KN2, les réductions les plus fortes sont attendues en période de basses eaux pour l'année moyenne. Pour la rivière Kwé Est, les réductions les plus fortes sont attendues pour l'année sèche pour la période des basses eaux.

Tableau 31 : Écarts relatifs moyens entre l'état de référence et l'état perturbé par les aménagements miniers pour les **débits simulés** pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées

Période Rivière	Année humide		Année moyenne		Année sèche		Moyenne
	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	
KN	-53,0%	-36,5%	-40,4%	-21,8%	-52,6%	-25,6%	-38,3%
KN2	-34,0%	-43,0%	-33,1%	-45,5%	-38,1%	-40,2%	-39,0%
KO AMONT	-66,6%	-59,8%	-66,0%	-28,0%	-71,1%	-39,3%	<b>-55,1%</b>
KO5	-57,2%	-66,2%	-58,8%	-1,7%	-75,1%	-40,9%	-50,0%
KWE	-47,7%	-38,3%	-45,2%	-32,0%	-47,8%	-35,8%	-41,1%
KWE EST	-34,3%	-54,2%	-36,4%	-63,7%	-50,5%	-81,8%	<b>-53,5%</b>
KWE OUEST	-53,0%	-36,5%	-40,4%	-21,8%	-52,6%	-25,6%	-38,3%
<b>TOTAL</b>	<b>-47,7%</b>	<b>-48,9%</b>	<b>-46,1%</b>	<b>-37,0%</b>	<b>-53,5%</b>	<b>-46,8%</b>	<b>-46,7%</b>

### 3.2.5.2 Les impacts sur les hauteurs d'eau et les volumes/ml

Les modifications de la hauteur d'eau simulées par le modèle hydraulique pour les différents tronçons de la rivière Kwé sont comprises entre -10% et -14% par rapport à la hauteur d'eau simulée pour les débits de référence (Tableau 32). On attend une diminution systématique de la hauteur d'eau quelle que soit la période ou l'année hydrologique et la rivière considérée.

Tableau 32 : Diminutions des hauteurs d'eau simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.

Période Rivière	Année humide		Année moyenne		Année sèche		Moyenne
	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	
KN	-15,4%	-18,8%	-16,1%	-19,7%	-16,4%	-23,2%	-18,3%
KN2	-17,5%	-23,1%	-16,4%	-24,7%	-20,0%	-21,6%	-20,6%
KO AMONT	-27,4%	-35,6%	-27,2%	-8,3%	-31,4%	-12,0%	-23,6%
KO5	-31,0%	-40,8%	-32,9%	-1,3%	-46,9%	-20,9%	<b>-29,0%</b>
KWE	-20,8%	-15,5%	-19,3%	-12,5%	-20,6%	-14,3%	-17,2%
KWE EST	-17,3%	-29,0%	-19,6%	-35,8%	-26,8%	-52,1%	<b>-30,1%</b>
KWE OUEST	-22,6%	-14,0%	-16,4%	-7,9%	-22,0%	-9,6%	-15,4%
TOTAL	-12,2%	-13,2%	-11,9%	-9,9%	-14,8%	-14,2%	-12,7%

En observant la Figure 60, on observe que la diminution de la hauteur d'eau moyenne, par tronçon de rivière, semble proportionnelle à la diminution du débit moyen.

On constate également que la hauteur d'eau moyenne est plus ou moins sensible à une réduction du débit en fonction des rivières. Cette sensibilité est directement traduite par la pente de la relation entre ces deux paramètres. Ainsi on remarque par exemple que la « Kwe Est » est plus sensible à une variation de débit qu'un tronçon comme la « Kwe aval » (« Kwe aval » correspond à « TOTAL » dans la figure 60).

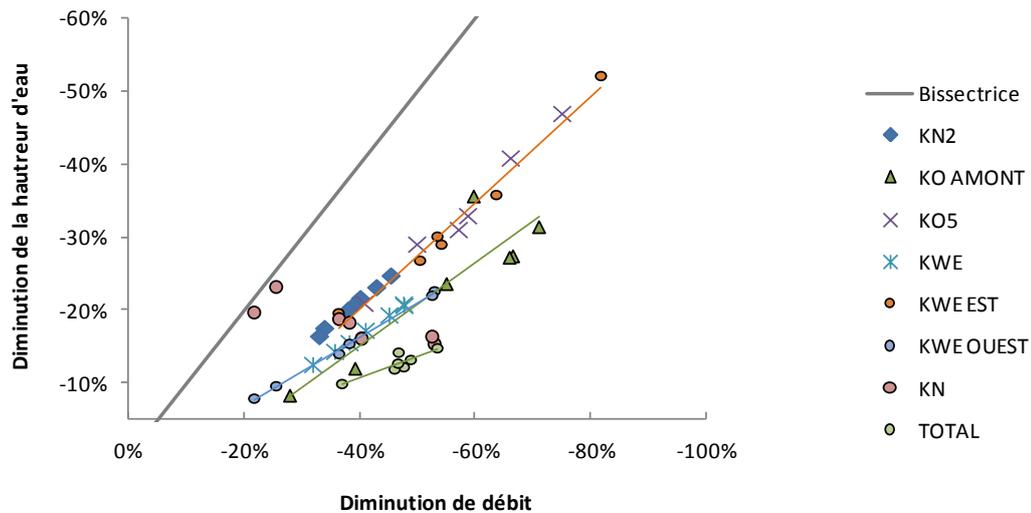


Figure 60 : Relation entre la diminution du débit et la diminution de la hauteur d'eau

Il est important de rappeler que la hauteur d'eau moyenne sur un tronçon de rivière intègre en fait, des hauteurs variant fortement au grès des alternances de mouilles (forte hauteur) et de radiers (faible hauteur), comme le représente la Figure 6057.

Physiquement, d'après les lois de l'hydraulique à surface libre le débit ne peut pas être proportionnel à la hauteur d'eau dans une section naturelle. Par exemple, pour les tronçons de rivière en radier, la hauteur d'eau est plus sensible aux diminutions du débit. Ce constat s'explique du fait des fortes pentes de cette partie des cours d'eau. A l'inverse, dans les zones de mouilles la pente des cours d'eau est plus faible, la hauteur d'eau est moins sensible aux variations du débit.

En des termes plus explicites, on constate :

- une relation univoque entre la variation du débit moyen et la variation du volume d'eau, sur un tronçon donné de rivière, à une période donnée.
- Une sensibilité du volume aux variations de débit moins fortes pour des tronçons à forte proportions de radier ou à fortes pentes.

Ce constat est à mettre en relation avec la méthode du micro-habitat (cf. §3.1.5) qui décrit les relations entre la valeur d'habitat (VH) le Volume Pondéré Utile (VPU) et qui caractériserait la réponse biologique à un changement de débit.

### 3.2.5.3 Les impacts sur les vitesses

Les vitesses moyennes dans les tronçons des cours d'eau vont toutes diminuer quelles que soient les rivières et les périodes hydrologiques (voir tableau 33). Il n'y a pas de relation linéaire univoque entre la diminution des vitesses et la diminution du débit.

Pour toutes les rivières à l'exception de la rivière Kwé Est et KN2, les diminutions de la vitesse sont toujours plus faibles pour l'année moyenne pendant la période des basses eaux.

Tableau 33 : Diminutions des vitesses moyennes simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.

Période Rivière	Année humide		Année moyenne		Année sèche		Moyenne
	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	
KN	-39,4%	-43,4%	-14,7%	-14,7%	-41,5%	-47,0%	<b>-33,4%</b>
KN2	-11,5%	-15,4%	-10,9%	-16,8%	-13,4%	-15,1%	-13,9%
KO AMONT	-42,6%	-43,8%	-43,6%	-14,0%	-49,9%	-34,2%	<b>-38,0%</b>
KO5	-26,0%	-34,7%	-25,8%	-0,8%	-36,5%	-20,5%	-24,0%
KWE	-23,8%	-18,3%	-22,1%	-15,1%	-23,5%	-16,0%	-19,8%
KWE EST	-12,8%	-21,2%	-14,1%	-27,1%	-19,6%	-40,5%	-22,5%
KWE OUEST	-25,5%	-15,1%	-20,2%	-10,8%	-27,1%	-15,9%	-19,1%
TOTAL	-25,4%	-26,6%	-22,1%	-15,5%	-29,3%	-26,9%	-24,3%

### 3.2.5.4 Les impacts sur la largeur du lit mouillé

La largeur du lit mouillé diminue.

S'agissant du débit de base, on sait que l'écoulement est limité au lit mineur. Ces diminutions sont donc contraintes par la géométrie du lit de la rivière. Contrairement à la hauteur d'eau, il n'y a pas de relation univoque entre la diminution de la largeur du lit mouillé et la diminution du débit.

C'est sur le cours aval de la Kwé Ouest et de la rivière Kwé que l'on observe les diminutions les plus faibles. La forme du lit mineur de ces rivières présente des rives bien marquées qui limitent l'élargissement du cours d'eau en fonction du débit. En amont, le lit mineur des cours d'eau est moins incisé par endroit permettant au cours d'eau de s'élargir quand les débits sont plus forts.

Pour les rivières Kwé Nord et Kwé Est, la diminution de la largeur du lit mouillé est toujours plus forte pendant la période des hautes eaux et réciproquement.

A l'inverse pour la rivière Kwé Ouest et la rivière Kwé, la diminution de la largeur du lit mouillé est toujours plus forte pendant la période des hautes eaux et réciproquement.

La rivière KO5 fait figure d'exception car elle n'entre pas dans les deux premières catégories. Sa largeur diminue plus fortement pendant la période de hautes eaux pour l'année moyenne et l'année sèche. Ce comportement s'inverse pour l'année humide.

Tableau 34 : Diminutions de la largeur du lit mouillé simulées par rapport à l'état de référence pour les différents tronçons de la rivière Kwé et pour toutes les conditions hydrologiques testées.

Période Rivière	Année humide		Année moyenne		Année sèche		Moyenne
	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	
KN	-10,8%	-13,2%	-11,0%	-14,1%	-11,4%	-17,0%	-12,9%
KN2	-10,3%	-13,1%	-9,5%	-13,9%	-11,4%	-11,8%	-11,7%
KO AMONT	-15,3%	-12,9%	-14,7%	-4,2%	-17,9%	-7,3%	-12,1%
KO5	-14,6%	-23,5%	-17,0%	-0,1%	-28,1%	-11,3%	<b>-15,7%</b>
KWE	-10,7%	-8,5%	-10,2%	-7,0%	-11,1%	-9,1%	-9,4%
KWE EST	-9,9%	-16,9%	-11,5%	-21,4%	-15,5%	-33,5%	<b>-18,1%</b>
KWE OUEST	-15,8%	-8,3%	-10,9%	-4,7%	-13,1%	-6,4%	-9,9%

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 165 / 294</b>

## **4 VOLET FAUNE AQUATIQUE**

### **4.1 METHODOLOGIE**

#### **4.1.1 EXPERTISE FAUNISTIQUE**

Depuis 1995, de nombreux inventaires ont été réalisés sur la Kwé afin d'estimer la faune piscicole et macrobenthique présente au sein du bassin versant.

##### **4.1.1.1 Suivis piscicoles**

Les inventaires de la faune ichtyologique et carcinologique effectués sur la zone d'étude ont tous été réalisés par ERBIO. De 1995 à aujourd'hui, 20 campagnes ont été réalisées sur les 4 branches de la Kwé (Kwé principale, Kwé Nord, Kwé Est et Kwé Ouest). Les premiers suivis piscicoles réalisés entre 1995 et 1997 n'étaient alors que des suivis qualitatifs (présence/absence). Depuis 2000, les suivis sont quantitatifs.

De 2000 à janvier 2008, des stations ont été étudiées ponctuellement sur les 4 branches de la Kwé. Entre juin 2009 et juin 2010, un suivi annuel concernant 3 stations d'étude a été mené sur la Kwé Principale et la Kwé Ouest. Depuis janvier 2011, ce suivi dans ces deux branches du cours d'eau a été amplifié. Il concerne aujourd'hui 6 stations (3 par branche), étudiées à fréquence bi-annuelle.

En avril 2011 et novembre 2013, un état initial a été réalisé dans deux sous-bassins versants appelés Kwé Ouest 4 et Kwé Ouest 5. Lors de cette étude, 6 stations avaient été prospectées.

Aujourd'hui, les suivis concernent un total de 16 stations (Figure 61).



Figure 61 : Ensemble de la zone d'étude et des tronçons prospectés lors des inventaires ichtyologiques et carcinologiques réalisés depuis 2000 sur le bassin versant de la Kwé

#### 4.1.1.2 Suivis macrobenthiques

Les inventaires concernant la macrofaune ont été réalisés dans le cadre des suivis de la qualité des eaux de rivière (Indice Biotique de Nouvelle-Calédonie IBNC et Indice BioSédimentaire IBS). Ces inventaires ont été effectués par plusieurs bureaux d'études depuis 1999. Les stations de suivi sont représentées sur la Figure 62. Les stations 1-E, 3-B, 4-N, 4-M et KE-05 sont, depuis plusieurs années, régulièrement suivies par Vale Nouvelle-Calédonie dans le cadre de son programme de suivi environnemental. Des inventaires ponctuels ont été réalisés sur les 6 stations des sous-bassins versants Kwé Ouest 4 et Kwé Ouest 5 en mai 2011 et en novembre 2013.

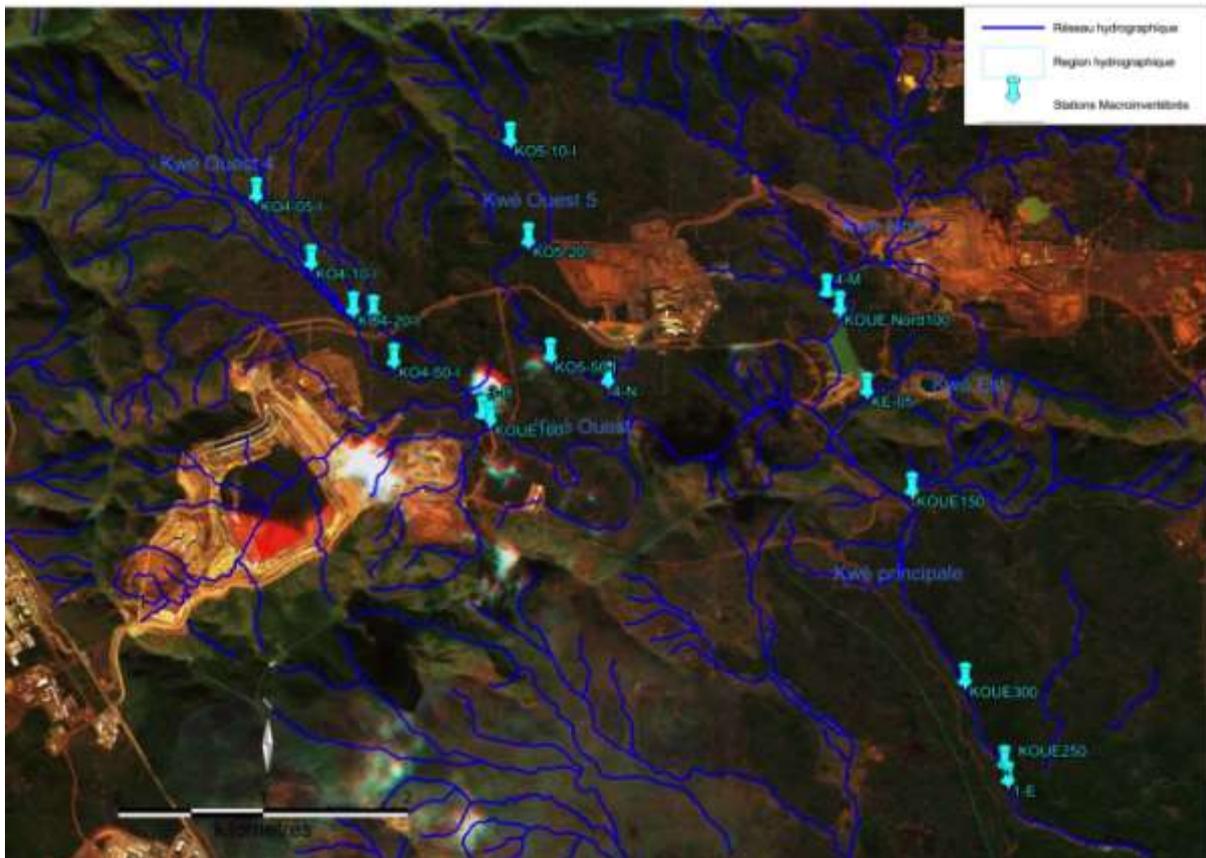


Figure 62 : Représentation cartographique des stations de suivis IBNC/IBS du bassin versant de la Kwé

Les inventaires piscicoles, carcinologiques et macrobenthiques réalisés sur le bassin versant de la Kwé sont détaillés dans la synthèse bibliographique (cf. 2.5.3 Inventaires biologiques).

#### **4.1.2 EVALUATION DES HABITATS DE PREFERENCE**

Afin d'évaluer l'impact de la réduction du débit sur les communautés biologiques, l'habitabilité du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des espèces piscicoles et macrobenthiques a été appréciée en situation de référence - état "naturel" de la Kwé - et après modification du débit. La proportion d'habitats potentiellement favorables aux communautés ichtyologiques et aux macroinvertébrés sur la rivière a été estimée à partir des préférences écologiques de certaines espèces de poissons et d'invertébrés inventoriées sur la Kwé ainsi que des données environnementales (hydraulique, géomorphologie,...) détaillant le linéaire des cours d'eau.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 168 / 294</b>

#### 4.1.2.1 Données environnementales

Une phase de terrain mêlant le volet hydrologie et le volet faune a permis de faire un état initial de la zone d'étude. Cette phase de terrain, qui s'est déroulée du 1er au 22 avril 2014, a consisté à parcourir l'ensemble du linéaire de la Kwé et à caractériser la rivière par tronçon. Sur chaque tronçon, un certain nombre de paramètres, jugés importants pour la faune aquatique, ont été relevés :

- Topographie des mouilles
- Dimensions de la section mouillée
- Granulométrie du fond du lit
- Localisation et description des ouvrages hydrauliques
- Végétation du lit mineur et des berges
- Ombrage
- ...

L'ensemble des données terrain alimentent une base de données couplée à un Système d'Information Géographique (SIG).

#### 4.1.2.2 Préférences écologiques et habitabilité

Les préférences écologiques des espèces piscicoles, des macro-crustacés et des macroinvertébrés benthiques ont été définies à partir de la bibliographie disponible et des données relatives aux inventaires faunistiques réalisés sur la Kwé. Afin de faciliter l'interprétation des résultats et de limiter le nombre d'espèces à étudier, l'évaluation de l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des communautés ichthyologiques, carcinologiques et macrobenthiques s'est focalisée sur un groupe d'espèces cibles. Ces espèces cibles ont principalement été sélectionnées en fonction de leurs préférences écologiques (degré de rhéophilie, sensibilité aux pollutions sédimentaires, ...), de leur présence sur le bassin versant de la Kwé et des données actuellement disponibles sur la faune aquatique présente en Nouvelle-Calédonie.

Les préférences écologiques de chaque espèce ou taxon cible sont basées sur un ensemble de variables mésologiques (vitesse du courant, profondeur, substrat, ...), celles-ci variant entre les poissons et les macroinvertébrés selon leur importance dans la répartition spatiale de ces organismes. Pour chaque variable, des gammes de valeurs ont été déterminées. Ces gammes de valeurs, que ce soit pour la vitesse, la hauteur d'eau ou les autres variables, ont ensuite été définies par une note allant de 1 (faible) à 4 (très favorable), et ce pour chaque espèce/taxon cible. Ces notes de préférence ont pu alors être couplées aux paramètres relevés sur le terrain et calés dans le modèle hydraulique. Il en est ressorti une note globale d'habitabilité pour chaque tronçon de rivière, allant elle aussi de 1 à 4, pareillement aux préférences écologiques. Une note supérieure à 3 signifie que le tronçon de rivière est potentiellement favorable voire très favorable à l'espèce. A partir de ces résultats, il est possible d'estimer l'habitabilité de la Kwé principale et de ses bras (Kwé Est, Kwé Nord

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 169 / 294</b>

amont et aval, Kwé Ouest, KO4 et KO5) puis d'extrapoler à l'ensemble du bassin, en additionnant les tronçons apparaissant les plus propices aux espèces/taxons cibles.

L'habitabilité a ainsi été évaluée en état de référence (avant modification du débit) puis après réduction du débit à partir des variables hydrauliques issues des scénarios modélisés. Pour chacune de ces situations, l'habitabilité a été estimée en prenant également en considération les effets des variations interannuelles et saisonnières.

L'écart d'habitabilité entre l'état de référence et les scénarios permettra de quantifier l'impact de la réduction du débit à la fois sur les communautés ichthyologiques, les crustacés et les macroinvertébrés benthiques.

## **4.2 DESCRIPTION DU MILIEU NATUREL**

### **4.2.1 CHOIX DE L'ANNEE DE REFERENCE**

La description du milieu naturel en l'état actuel est essentielle avant d'étudier les impacts potentiels d'une réduction de débit sur les communautés piscicoles et macrobenthiques de la Kwé.

L'état du milieu actuel a donc été décrit par évaluation de l'ensemble des habitats propices à la présence des espèces biologiques inventoriées dans le cours d'eau. Afin d'évaluer au mieux ces habitats et donc l'aire de répartition optimale des espèces piscicoles et des macroinvertébrés, une année dite « de référence » a été choisie. En effet, selon les années (années sèches, humides et moyennes) mais aussi selon les saisons (périodes de hautes eaux/basses eaux), la proportion d'habitats disponibles peut considérablement évoluer ; soit augmenter, soit diminuer.

**Cette année de référence s'est donc portée sur une année moyenne en période de hautes eaux correspondant, à dire d'experts, à la situation la plus favorable vis-à-vis des différentes niches écologiques disponibles.**

### **4.2.2 CHOIX DES PARAMETRES DESCRIPTIFS DE L'HABITAT**

Les espèces, qu'elles soient terrestres ou aquatiques, ont besoin d'un environnement spécifique qui se définit comme un ensemble de conditions environnementales, appelé « niche écologique » (Hutchinson 1957).

Les espèces aquatiques présentent des exigences écologiques particulières vis-à-vis de leur habitat qui vont conditionner leur distribution au sein du cours d'eau. Ces préférences écologiques vont directement impacter sur la croissance, la reproduction et la survie d'une espèce.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 170 / 294</b>

Tout un ensemble de variables hydrauliques permettent de définir quels sont les habitats les plus propices aux besoins des espèces aquatiques. Ces variables hydrauliques sont classiquement **la vitesse, la hauteur d'eau, le substrat et la force de cisaillement** (Pusey, Arthington, et Read 1995).

Afin de décrire au mieux les habitats les plus favorables aux différentes espèces aquatiques, plusieurs variables hydrauliques ont donc été retenues, en fonction de leur importance et des données disponibles.

#### 4.2.2.1 Communautés ichtyologiques

La structure des peuplements piscicoles dans les écosystèmes lotiques s'explique par la variabilité hydrologique (N. Leroy Poff et Ward 1989). De nombreuses études ont démontré que l'écologie et la distribution des espèces sont fortement influencées par la profondeur de l'eau, la vitesse du courant, la disponibilité de la nourriture et le régime thermique, qui sont tous sous influence hydrologique (Poff et Allan, 1995). Toutes ces variables peuvent directement impacter leur croissance ou leur survie (Buisson, 2009).

Pour évaluer au mieux les habitats favorables pour les communautés piscicoles de la Kwé, plusieurs paramètres ont donc été retenus, selon leur importance et selon la disponibilité des données :

- La vitesse du courant moyenne,
- la profondeur ou la hauteur d'eau moyenne,
- l'ombrage dans la section de rivière.

**La vitesse du courant** apparait comme une des variables d'habitat les plus discriminantes pour la répartition des poissons dans les cours d'eau. Les besoins des différentes espèces vis-à-vis de la température, de l'oxygène, et surtout des capacités natatoires et leur aptitude à se maintenir dans une eau courante conduisent à une répartition spatiale des poissons. Certaines espèces dites rhéophiles (mulets, carpes, gobies, etc.) vont donc être adaptées à vivre dans des zones de courant tandis que d'autres, qualifiées de limnophiles, préfèrent les zones calmes (lochons, anguilles, ...).

La vitesse du courant va conditionner plusieurs paramètres tels que l'oxygène. Une vitesse de courant élevée favorise l'oxygénation du milieu (Villeneuve et al. 2006). Certaines espèces piscicoles sont très sensibles aux variations en oxygène. Ces dernières ayant de fortes exigences en oxygène vont donc privilégier les zones rapides ou des mouilles situées juste en amont de cascades/radiers où un renouvellement en oxygène est en permanence effectué.

**La profondeur** est également un facteur important dans la répartition des communautés piscicoles au sein d'un cours d'eau (N'Zi et al. 2008). Certaines espèces de poissons vont

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 171 / 294</b>

privilégier les zones profondes alors que d'autres resteront dans des endroits qui le sont moins.

Les espèces de grande taille (*Kuhlia*, *Cestraeus*, etc.) vont, par exemple, préférer des endroits où la profondeur est assez importante alors que des espèces de petite taille (*Redigobius*, *Sicyopterus*, *Smilosicyopus*, etc.) pourront vivre dans des zones avec une faible lame d'eau.

**L'ombrage** est aussi pris en considération. L'ombre portée sur la rivière est principalement liée à la présence de végétation sur les bords de l'eau.

La végétation présente au niveau des berges remplit de multiples fonctions. Outre sa fonction biologique d'abri, de support de ponte et de garde-manger pour les poissons, la ripisylve joue le rôle de régulateur vis-à-vis de la température. L'ombrage apporté par la végétation rivulaire réduit la quantité de lumière incidente et limite le réchauffement de l'eau, notamment en saison chaude ; réchauffement qui peut être important sur une mouille ou une zone lenticule ensoleillée (Calandre et Jacono, 2006).

Les poissons étant des organismes ectothermes (la chaleur corporelle provient du milieu extérieur), ils sont très sensibles aux variations de température. Ceci les contraint à sélectionner des habitats qui leur sont thermiquement favorables, de préférence donc des zones ombragées, surtout en saison chaude.

**Le substrat** apporte également une information importante tant sur des aspects hydromorphologiques (rugosité du lit, transport solide) que biologiques (habitat, refuge) (Malavoi et Souchon, 2002). Certaines espèces piscicoles ont des exigences particulières vis-à-vis de la granulométrie. Des espèces vivent sur le fond, dans des secteurs sablo-vaseux, alors que d'autres préfèrent un substrat beaucoup plus grossier tels que les galets ou les blocs.

Les espèces piscicoles actuellement présentes dans la Kwé se retrouvent habituellement sur une large gamme de substrats (Exemples : Gobies : blocs, galets - *Awaous guamensis* et *Redigobius* : graviers, sable, - ...). N'ayant pas de données précises sur les préférences de chacune des espèces piscicoles inventoriées dans la Kwé en termes de substrat - la réalisation de pêches par "ambiance" permettrait d'y remédier -, cette variable n'a pas été retenue dans l'évaluation de l'habitabilité de la rivière.

La variable « **débit** » n'a pas été prise directement en compte dans l'évaluation des habitats les plus favorables aux espèces piscicoles. La vitesse du courant et la hauteur d'eau ayant déjà été retenues comme paramètres principaux, il n'a pas semblé nécessaire de rajouter cette variable. Néanmoins, le débit a un rôle non négligeable sur les communautés biologiques. Les variations de débit vont conditionner le cycle de vie des poissons que ce soit pour les migrations, la croissance, la reproduction ou la survie. Ce paramètre sera donc pris en compte dans l'interprétation finale des résultats.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 172 / 294</b>

Une autre variable pourra éventuellement être prise en compte au cours de l'analyse. **La largeur du lit mouillé** est importante à prendre en compte dans l'analyse (N'Zi et al. 2008). Les zones actuellement larges avec très peu d'eau vont normalement être les zones les plus impactées par la réduction de débit. Si ces zones subissent une réduction de débit importante, voire dans le cas extrême, deviennent asséchées, le problème de franchissement des obstacles pour les migrateurs et donc de continuité écologique pourra alors se poser.

#### 4.2.2.2 Communautés macrobenthiques

L'habitat des macroinvertébrés benthiques, comme celui de tout autre organisme vivant, possède des composantes biologiques (ex. : végétation), physiques (ex. : substrat, écoulement) et chimiques (ex. : pH, azote). La diversité biologique des rivières est étroitement liée à la qualité de l'habitat. Dans un écosystème non perturbé, les caractéristiques d'habitat constituent les principaux facteurs qui déterminent la distribution des macroinvertébrés (Hynes 1970; Cummins 1975; Hellawell 1986)(Cummins 1975; Hellawell 1986; Hynes 1970)(1975, 1986c, 1970)(Cummins 1975; Hellawell 1986; Hynes 1970)209–211]

. Plusieurs facteurs influencent la répartition spatiale des macroinvertébrés benthiques.

Parmi les plus importants, citons la vitesse du courant, la nature et l'hétérogénéité du substrat ainsi que la température (Hynes 1970).

L'occupation des sols, la végétation rivulaire et la nature géologique des bassins versants jouent également un rôle important dans la répartition et la distribution de la macrofaune benthique des rivières (Nathalie Mary 1999).

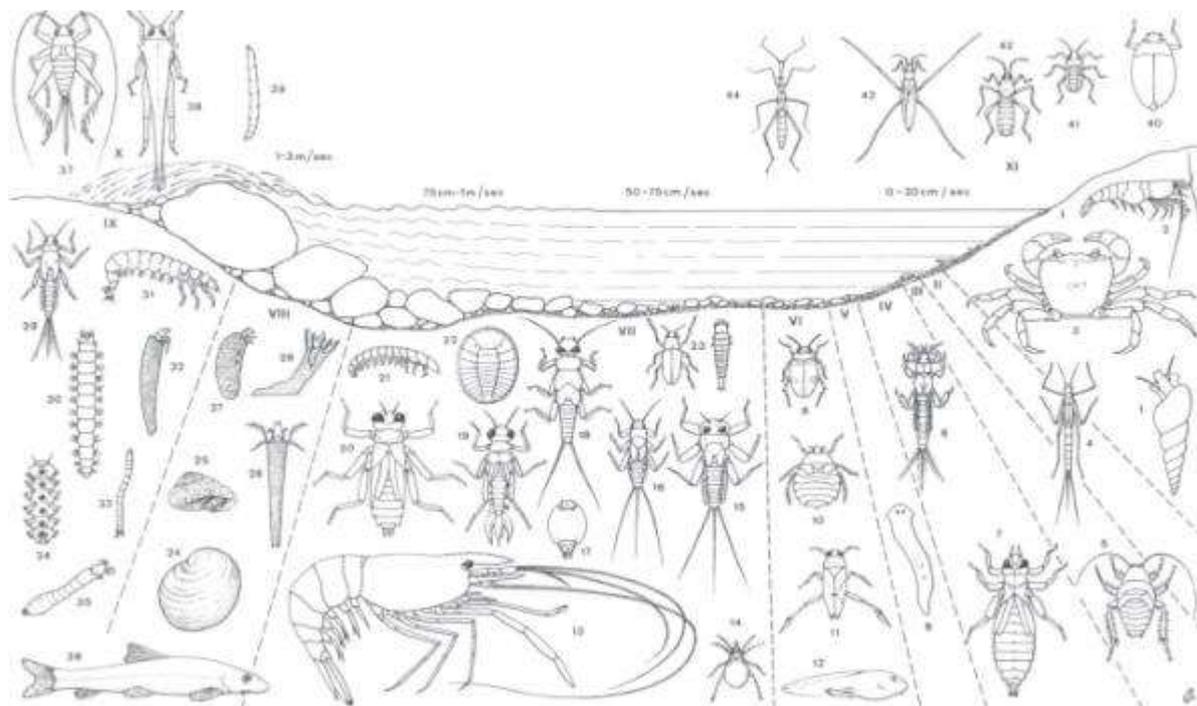


Figure 63 : Niches écologiques d'un torrent de montagne (Starmühlner 1986)

Espèces benthiques en surface du substrat sable et vase : débris organiques, courant lent : 1-*Melanoides tuberculata* et autres mollusques, 2-différentes espèces d'Atyidae (*Caridina* et *Atya*), 3-crabe *Odiomaris pilosus* ; II.- Sur le sable : 4-larves de libellules (Zygoptères), III. En dessous des blocs et galets : 5-*Rhabdoblatta* sp., IV. Espèces creusant dans le sédiment : 6-nymphes et larves des éphéméroptères, V. sur et sous des blocs et des roches : 7-des différentes espèces d'odonates anisoptères, 8- planaires *Dugesia* sp., VI. Nageant en pleine eau dans des zones lenticues (0-10cm/sec) : 9-Dytique, 10-Hétéroptère *Aphelocheires* ; 11-*Notonecta Enithares* sp., 12-têtards de *Litoria aurea* ; VII. Sur, en dessous et dans les graviers à une vitesse de courant moyenne (20-50cm/sec) : 13- différentes espèces de crevettes *Macrobrachium* (*aemulum*, *australe*, *latimanus*, ..), 14- Acariens, 15-16 différentes nymphes et larves de *Leptophlebiidae*, 17- *Prosopistoma* sp., 18-*Neoperla*, 19-zygoptère *Euphaea*, 20-anisoptère *Zygonyx*, 21-larve de *Lampiridae*, 22- larves et adultes de coléoptères *Psephenidae*, 23-différentes espèces d'*Elmidae* ; VIII. Sur, en dessous et des cailloux et blocs dans un courant rapide : 24-*Neritidae* (mollusques), 25-fourreaux et larves de trichoptères de la famille des *Helicopsychidae*, 26- fourreaux et larves de trichoptères de la famille des *Leptoceridae* (*Oecetis*, etc.), 27- fourreaux et larves de trichoptères de la famille *Hydropsychidae*, 28- larves de *Chironomidae Tanytarsini*, IX. Sur des gros blocs dans les rapides et des zones de cascades avec un courant très rapide (75cm/sec.) : 29- larves et nymphes de *Baetis*, 30-larves aquatiques de mites (*Lepidoptera*), 31-larves de *Hydropsychidae* ; 32 larve et fourreau de *Sericostomatidae* (trichoptères), 33- larves des *Orthocladinae*, 34- larves de *Blephariceridae*, 35-*Simuliidae*, 36-Cyprinidé : *Garra lamta*, X. en bordure du plan d'eau sur des roches dans les films d'eau: des criquets *Paranemobius*, la sauterelle de la famille *Tetrigidae*, 39- larves de *Limoniidae* (diptères) ; XI. Sur la surface de l'eau près des berges ou de cuvettes entre cascades (courant 0-30cm/sec) : 40-*Gyrinidae* (coléoptères), 41- *Microvelia* (hétéroptère), 42-44 : divers hétéroptères.

Afin d'évaluer les habitats les plus favorables aux espèces macrobenthiques, trois paramètres ont été retenus, selon leur importance mais aussi d'après les données disponibles (Figure 63):

- La vitesse moyenne,
- le substrat,
- la présence de dépôts latéritiques dans la section de rivière.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 174 / 294</b>

**La vitesse du courant** est un facteur important dans la répartition des macro-invertébrés. Tout comme les poissons, certaines espèces benthiques sont retrouvées dans des zones très courantes et se sont adaptées à ces conditions particulières. Cette variable conditionne plusieurs paramètres tels que l'oxygénation, le transport des nutriments et les déplacements des insectes (WWF Suisse 2007). Le courant favorisant le renouvellement de l'oxygène, les espèces spécialistes qui ont besoin d'une eau très oxygénée pour survivre vont privilégier les zones à courant important. En revanche, les espèces pouvant tolérer de basses concentrations en oxygène pourront vivre dans des milieux plus calmes.

**La qualité du fond du lit** joue également un rôle capital : granulométrie, répartition en mosaïque des différents substrats, présence de feuilles mortes, bois mort ou végétation aquatique. Chacune de ces couvertures forme un biotope particulier colonisable. Certains substrats sont plus favorables que d'autres selon les espèces. En Nouvelle-Calédonie, les bryophytes sont considérées comme le substrat le plus biogène en milieu lotique (Mary et Archaimbault, 2012). Les surfaces uniformes de type roche mère ou argiles compactes présentent le plus faible taux d'habitabilité pour les communautés benthiques.

Les communautés macrobenthiques peuvent fournir de nombreuses informations sur la qualité de l'eau et des habitats (Woodcock et Huryn, 2007). Certaines espèces sont très exigeantes en ce qui concerne leurs besoins et ont donc une faible marge de tolérance vis-à-vis des modifications de leur environnement.

En Nouvelle-Calédonie, la qualité de certains cours d'eau semble très affectée par la pollution sédimentaire. Certaines activités réalisées sur le territoire comme les activités minières ou les travaux d'aménagements divers (routes et pistes principalement) favorisent l'apport de particules sédimentaires, notamment fines, dans les rivières (Mary et Archaimbault, 2012). La pollution sédimentaire a un impact non négligeable sur les populations macrobenthiques. Certaines d'entre elles sont très sensibles à la présence de **dépôts sédimentaires de type latéritique** sur le substrat (Nathalie Mary et Archaimbault 2012b); c'est pourquoi il a été jugé intéressant de prendre en considération cette variable comme facteur majeur dans la distribution spatiale des macro-invertébrés.

D'autres variables comme **l'ombrage** ou **la largeur du lit mouillé** pourront également être prises en compte dans l'interprétation finale des résultats. Les données dont on dispose sont à l'échelle de tronçons du bassin versant, les variables ont cependant une importance à l'échelle du micro-habitat.

#### **4.2.3 CARTES DE L'ETAT DE REFERENCE**

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 175 / 294</b>

Les données de chacun des paramètres retenus sont représentées dans les cartes qui suivent, à partir du modèle hydrologique en situation de référence établi en collaboration avec le bureau d'étude A2EP (soit année moyenne en période de hautes eaux). Les données ont été réparties en classes, définies à partir de l'ensemble des préférences écologiques connues des espèces potentiellement présentes.

#### 4.2.3.1 Vitesse du courant

La carte ci-dessous (Figure 64) représente la vitesse du courant donnée sur la Kwé principale et sur ses affluents à partir du modèle hydrologique.

Les données de vitesse ont été ordonnées en quatre classes :

- 0 à 0,2m/s
- 0,2 à 0,5m/s
- 0,5 à 1m/s
- Supérieure à 1m/s

La vitesse du courant sur la Kwé se situe principalement entre 0,2 et 0,5m/s, en année moyenne, en période de hautes eaux. La Kwé Nord comprend une vitesse moyenne entre 0,2 et 0,5m/s, exceptée au niveau du bassin de sédimentation BSKN où la vitesse est plus lente, inférieure à 0,2m/s. La vitesse moyenne du courant peut également être plus faible sur certains tronçons de KO4 et à l'amont de la Kwé principale. Quelques tronçons peuvent, au contraire, avoir une vitesse moyenne supérieure à 0,5m/s comme c'est le cas à l'aval de la Kwé principale et sur certains affluents.

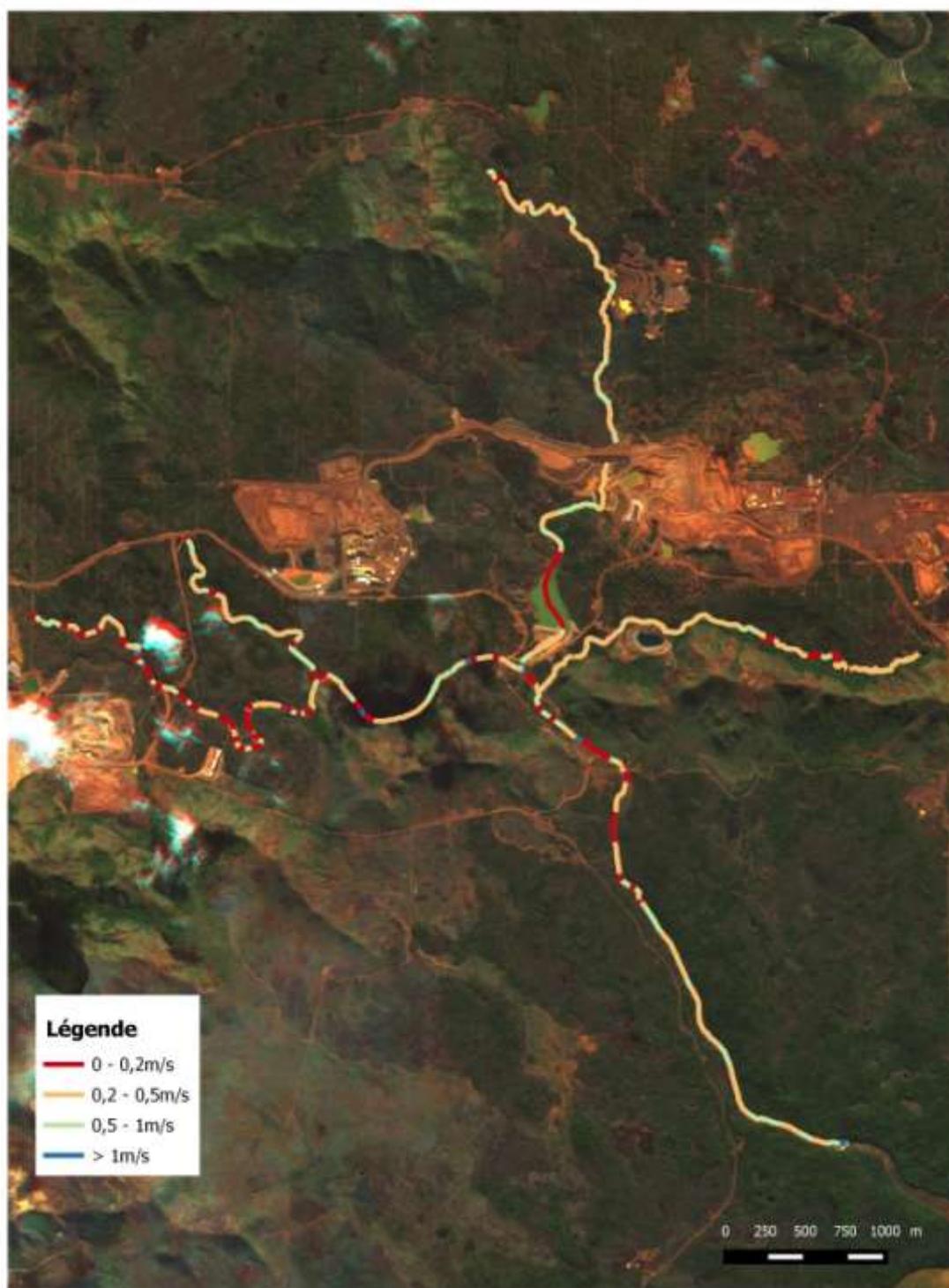


Figure 64 : Représentation de la vitesse moyenne du courant sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 177 / 294</b>

#### 4.2.3.2 Profondeur

La carte ci-dessous (Figure 65) représente les données de hauteur d'eau relevées sur l'ensemble du cours d'eau à partir du modèle.

La profondeur a été classée en cinq niveaux :

- 0 à 0,2m
- 0,2 à 0,5m
- 0,5 à 1m
- 1 à 2m
- Supérieure à 2m

Certains affluents de la Kwé principale présentent des hauteurs d'eau très faibles. Excepté une infime portion de la Kwé Est, la hauteur d'eau sur cet affluent ne dépasse pas 0,2m. Une grande partie de la Kwé Nord est également dans ce cas de figure. Quelques tronçons seulement se situent entre 0,2 et 0,5m de profondeur. La portion apparaissant en bleu foncé sur la Kwé Nord correspond au bassin de sédimentation, de plus de 2m de profondeur.

Les hauteurs d'eau sur KO5 et la Kwé Ouest amont sont principalement comprises entre 0 et 0,5m. La Kwé Ouest amont présente néanmoins plusieurs petits tronçons entre 1 et 2m de profondeur, voire au delà de 2m.

La Kwé Ouest et la Kwé principale présentent globalement des hauteurs d'eau plus élevées que la Kwé Nord et la Kwé Est, avec une profondeur comprise en moyenne entre 0,2 et 0,5m.

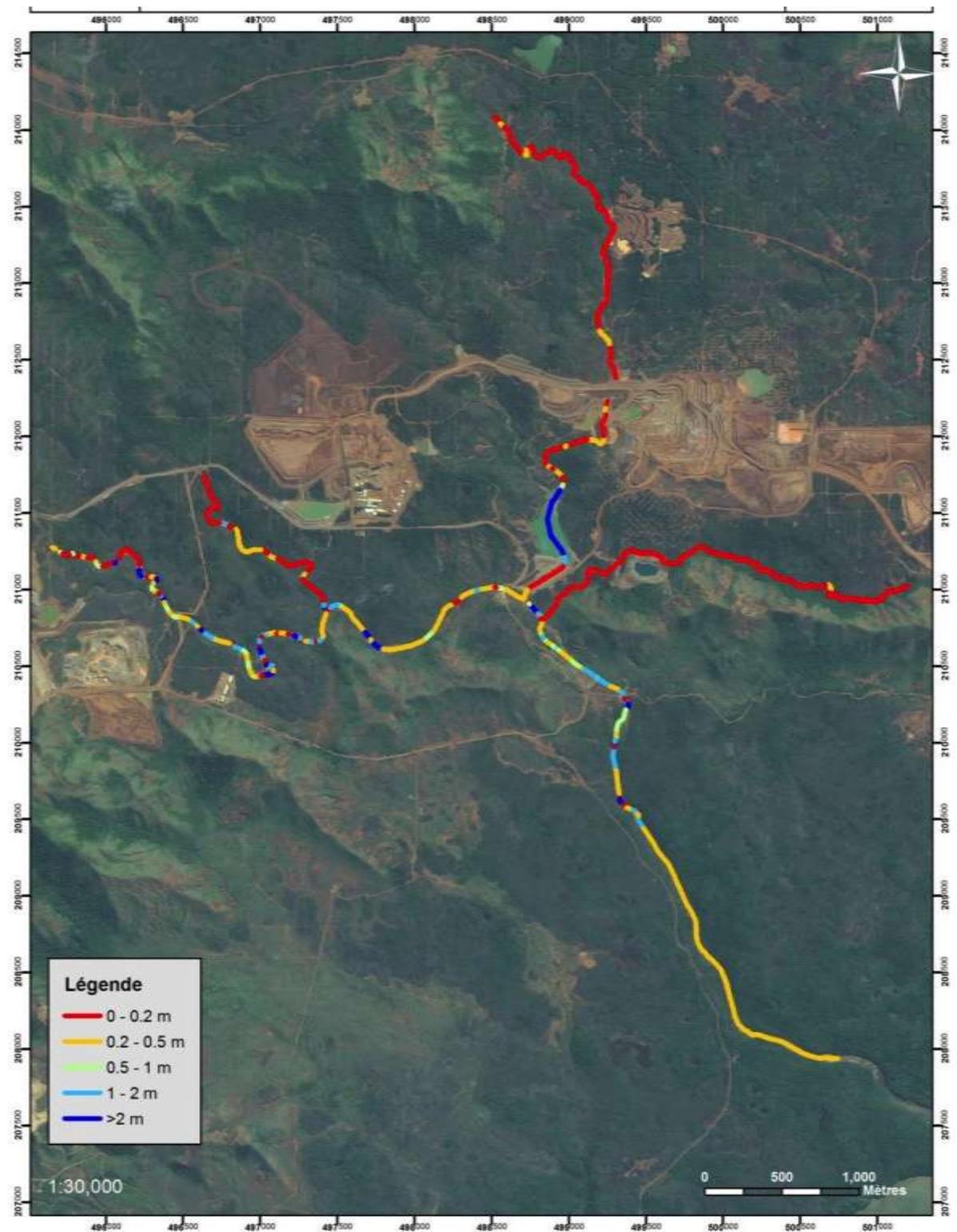


Figure 65 : Représentation de la hauteur d'eau sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 179 / 294</b>

#### 4.2.3.3 Largeur du lit mouillé

Les données sur la largeur du lit mouillé, obtenues à partir du modèle hydrologique en situation de référence, ont été redéfinies en 4 classes afin de représenter au mieux la variation de la largeur sur l'ensemble de la Kwé (Figure 66) :

- 0 à 2,5m
- 2,5 à 5m
- 5 à 10m
- Supérieure à 10m

La Kwé principale présente globalement une largeur moyenne plus importante que ses affluents. La largeur du lit mouillé sur la Kwé Est est principalement comprise entre 0 et 2,5m, excepté quelques tronçons allant jusqu'à 5m. L'amont de la Kwé Nord est dans la même gamme de largeurs que la Kwé Est, entre 0 et 5m de large. L'aval comprenant le bassin de sédimentation est plus large (> à 10m). KO5 et la Kwé Ouest amont présentent des largeurs plus importantes, entre 2,5 et 5m en moyenne pour KO5 et de 5 à 10m pour la Kwé Ouest amont.

Les largeurs de lit mouillé pour la Kwé Ouest et la Kwé principale vont généralement au-delà de 10m.

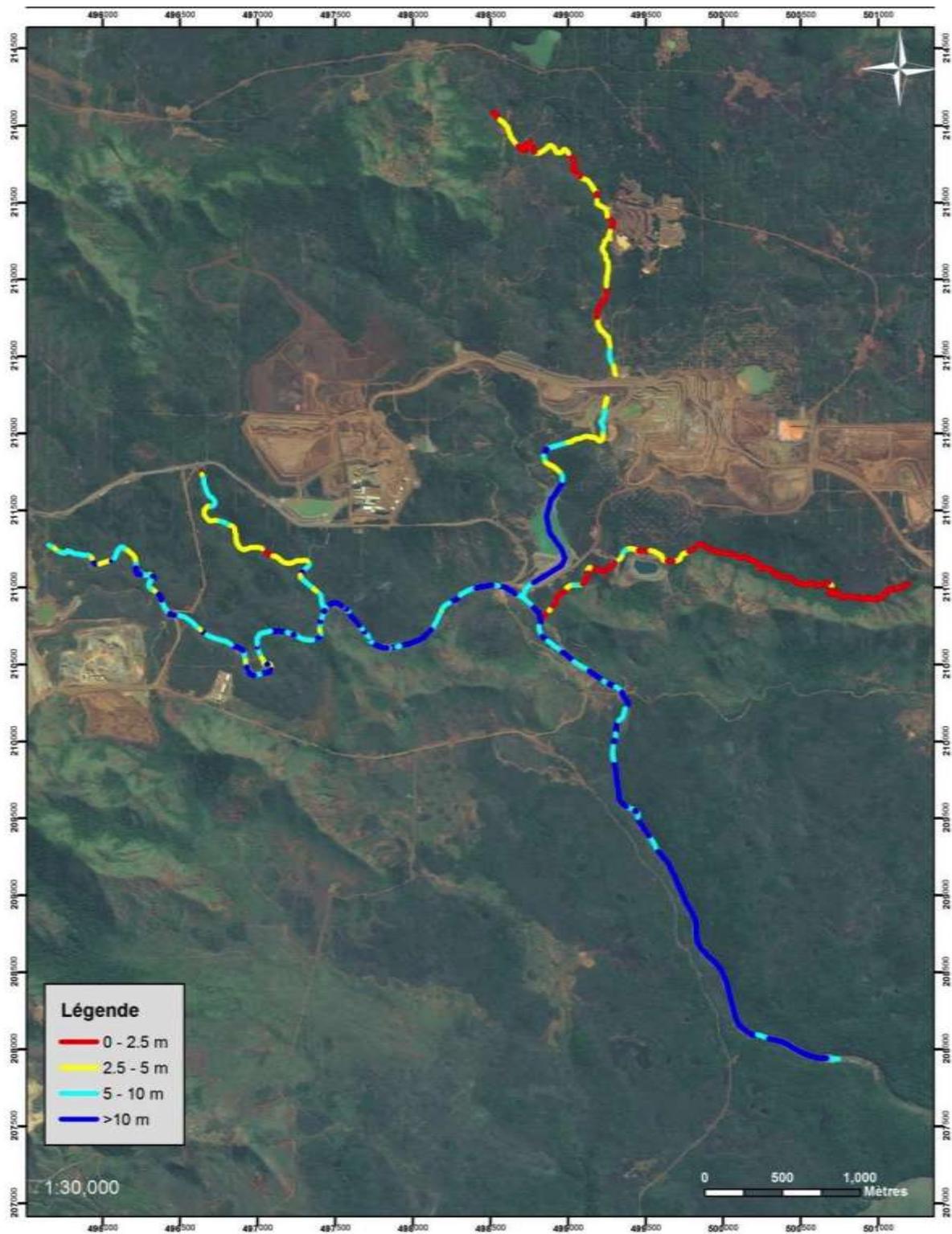


Figure 66 : Représentation de la largeur du lit mouillé sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 181 / 294</b>

#### 4.2.3.4 Substrat

La carte ci-dessous représente la granulométrie dominante sur l'ensemble de la Kwé (Figure 67). La rivière est principalement composée d'éléments grossiers tels que les dalles (supports non déplaçables) et les blocs (déplaçables ; taille > à 250mm d'après (Nathalie Mary et Archaimbault 2012a)). Des éléments plus fins comme les galets (25 à 250mm) et les graviers (2 à 25mm) tapissent également le fond du lit de la rivière par endroit. Cependant, un grand nombre de tronçons n'ont pas été renseignés, soit par manque de visibilité comme c'est le cas de la partie très en aval de KO5, soit parce que la phase terrain n'a pas été réalisée sur ces tronçons.

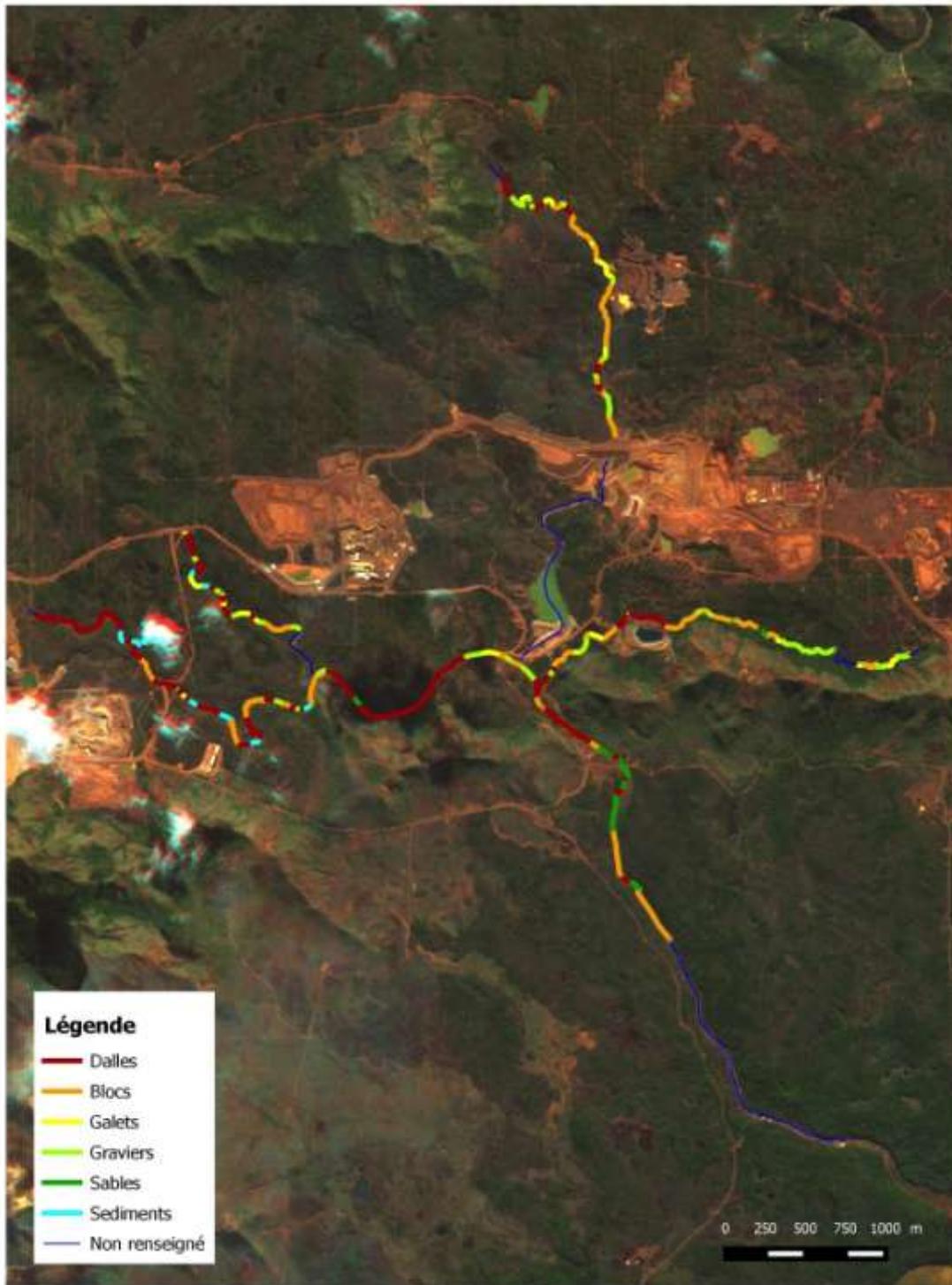


Figure 67 : Représentation de la granulométrie dominante sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 183 / 294</b>

#### 4.2.3.5 Ombrage

Les données relatant l'ombre portée sur le cours d'eau ont été réparties en quatre classes (Figure 68) :

- 0 à 25%
- 25 à 50%
- 50 à 75%
- 75 à 100%

Globalement, la Kwé principale et ses affluents sont très peu ombragés, avec un ombrage compris entre 0 et 25% seulement. La Kwé Est fait cependant exception ; cet affluent est en grande partie ombragé en amont, de 75 jusqu'à 100%. Quelques petits tronçons de la Kwé Nord peuvent être également un peu plus ombragés (de 25 à 50%).

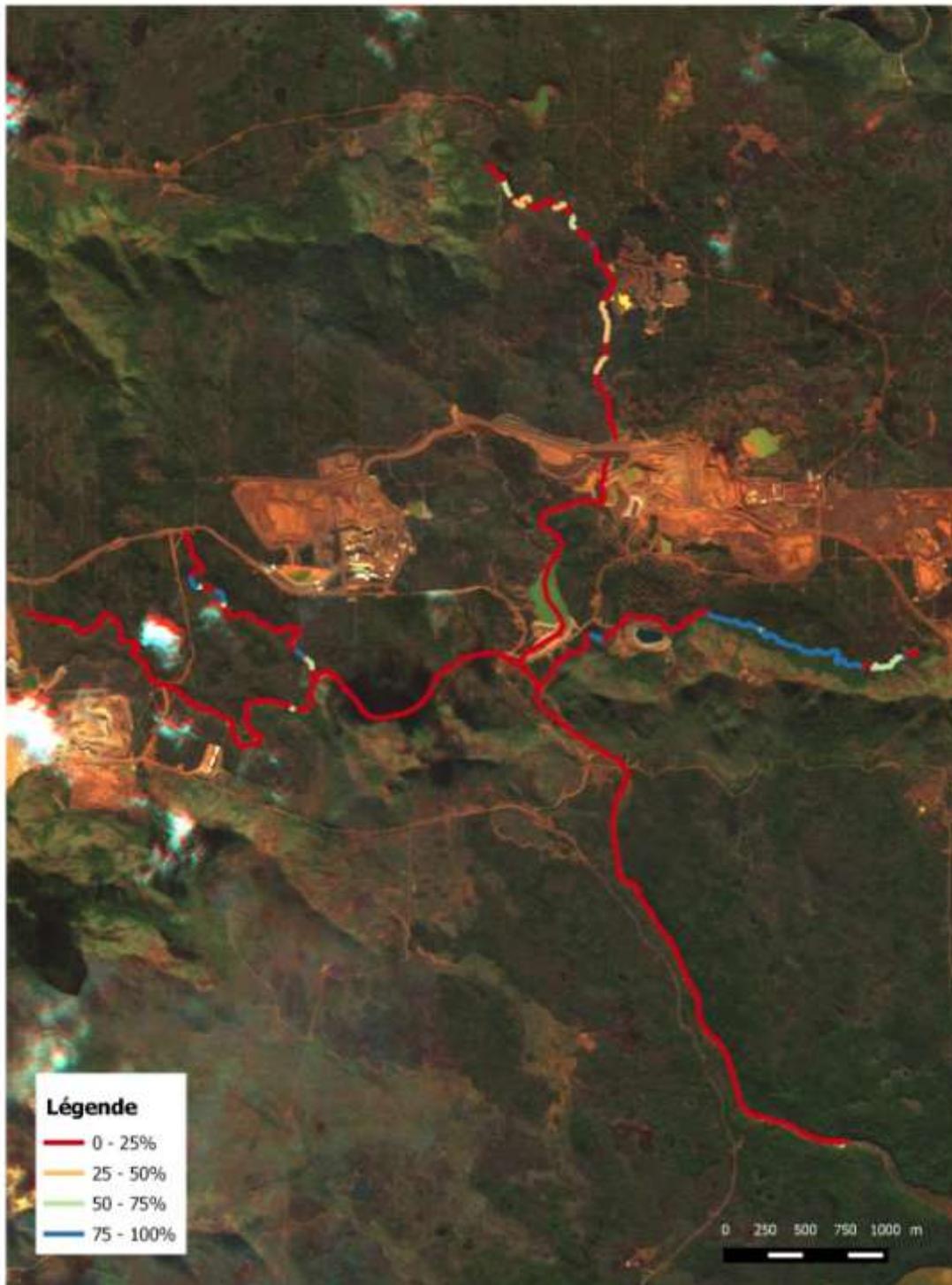


Figure 68 : Représentation de l'ombrage sur l'ensemble de la rivière Kwé en année de référence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 185 / 294</b>

## **4.3 SELECTION DES ESPECES CIBLES**

### **4.3.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES**

#### **4.3.1.1 La partie aval de la rivière Kwé (embouchure)**

La partie aval de la Kwé principale, à l'embouchure, a été exclue de l'analyse écologique pour les poissons, et ce pour deux raisons.

Tout d'abord, cette portion du cours d'eau est très spécifique. L'embouchure est une zone de transition entre l'eau douce et l'eau de mer. Les embouchures sont généralement des lieux de grande biodiversité où sont présentes des espèces dites "sporadiques". Les poissons sporadiques se définissent comme des poissons vivant indifféremment en eau douce ou salée ou qui rentrent en eau douce épisodiquement, la migration entre ces 2 milieux n'étant pas nécessaire pour leur cycle biologique (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b). Ces espèces ne colonisent que le cours inférieur des rivières.

De plus, étant données les incertitudes et la non-prise en compte de tous les tributaires de la Kwé principale dans le modèle hydrologique, il est très probable que les modifications au niveau de la partie aval soient surévaluées et que les variations attendues soient plus faibles.

#### **4.3.1.2 Les différents bras principaux de la rivière Kwé**

La Kwé principale (exceptée l'embouchure) et ses affluents (Kwé Nord, Est, Ouest et parties aval de KO4 et KO5) apparaissent très hétérogènes et peuvent donc potentiellement présenter une multitude d'habitats favorables aux différentes espèces recensées, en termes de profondeur, de largeur du lit mouillé ou de substrat. Cependant, les affluents Nord et Est pourraient être défavorables pour certaines espèces piscicoles, vis-à-vis notamment de la hauteur d'eau.

Ces hypothèses seront vérifiées dans la partie 4.4 Habitabilité de la rivière Kwé par rapport aux espèces cibles.

##### **4.3.1.2.1 Les espèces communes présentes sur la Kwé**

Six familles de poissons ont été recensées sur l'ensemble du cours d'eau, toutes campagnes de pêche confondues, c'est-à-dire depuis l'année 2000 :

- Famille des Anguillidae
- Famille des Eleotridae
- Famille des Gobiidae
- Famille des Kuhliidae
- Famille des Mugilidae
- Famille des Rhyacichthyidae

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 186 / 294</b>

Parmi les différentes espèces inventoriées sur le cours d'eau, certaines sont qualifiées de communes, en raison de leur abondance et de la fréquence à laquelle elles sont retrouvées, et ce sur l'ensemble des cours d'eau calédoniens.

4 des 6 familles rencontrées sur la Kwé comprennent des espèces dites communes en Nouvelle-Calédonie.

#### Famille des Kuhliidae

Les Kuhliidae sont dominants sur la Kwé en termes d'effectif.

- *Kuhlia rupestris* : l'abondance des Kuhliidae est en grande partie expliquée par sa présence. Cette espèce est présente sur la majorité des inventaires piscicoles et des stations. *Kuhlia rupestris* fréquente les rapides des cours inférieur et moyen, mais peut être également retrouvé dans des zones calmes et profondes. Cette espèce est très commune aux cours d'eaux calédoniens et dite tolérante aux différents impacts anthropiques. *K. rupestris* est omnivore, chassant poissons, crustacés et insectes (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b).

- *Kuhlia munda* : cette espèce n'a, elle, été pêchée qu'en aval de la Kwé principale et en très faible effectif. Néanmoins, cette espèce est fréquente sur les principaux creeks calédoniens (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b). Elle vit dans les eaux saumâtres et les cours inférieurs d'eau claire et de courant rapide des rivières.

#### Famille des Eleotridae

- *Eleotris fusca* : cette espèce représente largement la famille des Eleotridae sur la Kwé. Ce poisson a été retrouvé principalement à l'embouchure, son lieu de prédilection, mais aussi dans certaines parties amont en plus faible effectif. Cette espèce euryhaline peut se trouver autant dans les eaux saumâtres des estuaires que dans les cours inférieurs des rivières, là où le courant est plutôt faible. *Eleotris fusca* est commun aux cours calédoniens et dit tolérant. Il vit principalement dans un substrat meuble, dans les racines près des berges. C'est une espèce carnassière et malacophage<sup>2</sup>.

#### Famille des Gobiidae

- *Awaous guamensis* : ce poisson est le gobie le mieux représenté sur la Kwé et a été observé sur une grande majorité des stations. Cette espèce fréquente les eaux douces et saumâtres des rivières. Elle vit dans les eaux rapides ou lentes et peut monter jusqu'aux sources des cours d'eau. *Awaous guamensis* est une espèce très répandue et tolérante aux effets anthropiques. Il affectionne les substrats meubles et sablonneux, et est omnivore.

---

<sup>2</sup> Malacophage : se nourrissant de mollusques aquatiques

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 187 / 294</b>

- *Sicyopterus lagocephalus* : cette espèce a été inventoriée seulement sur la Kwé principale et en faible effectif. Ce poisson est très rhéophile et vit dans des zones de rapides, d'eau claire, plus ou moins profondes. *S. lagocephalus* est assez commun des cours d'eau calédoniens.

#### Famille des Anguillidae

- *Anguilla marmorata*: malgré sa faible abondance et fréquence de capture, cette espèce est présente sur l'ensemble des sous-bassins versants. Ce poisson vit dans les eaux courantes depuis les estuaires jusqu'au cours supérieur, mais est également retrouvé dans des zones stagnantes. Cette espèce est commune dans les cours d'eau de Calédonie. C'est une espèce omnivore comme toutes les anguilles.

- *Anguilla reinhardtii* : cette espèce a été retrouvée sur la majorité des stations, en faible effectif. L'anguille tachetée est la plus commune des anguilles de Nouvelle-Calédonie. Tout comme *A.marmorata*, elle est rencontrée depuis les estuaires jusqu'au cours moyen, mais également dans les eaux stagnantes.

#### **4.3.1.2.2 Les espèces qualifiées de rares et/ou sensibles**

A l'inverse des espèces communes, des espèces piscicoles peuvent être qualifiées de rares et/ou de sensibles. On émet l'hypothèse que certaines espèces ont des besoins particuliers en termes de courant, de profondeur ou de physico-chimie et ont donc des exigences très strictes, ne supportant pas des variations parfois mêmes infimes de la qualité du milieu. Ces espèces sont alors dites sensibles.

D'autres sont rares car représentées par de faibles effectifs, peu fréquente sur un territoire donné et/ou ayant une aire de distribution relativement restreinte.

Parmi les espèces rares et/ou sensibles, on retrouve sur la Kwé :

#### Famille des Anguillidae

- *Anguilla megastoma* : cette espèce d'anguille a été rencontrée en faible effectif, uniquement sur les parties aval de KO4 et KO5 et sur la Kwé Est. Contrairement aux autres espèces d'anguilles qui sont présentes dans les parties basses, *Anguilla megastoma* ne fait que passer dans le cours inférieur à l'état juvénile lors de ses migrations vers l'amont des rivières (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b). Les adultes sont donc retrouvés dans le cours supérieur des rivières et, étant rhéophiles, dans des eaux à courant important. De par ses exigences et de sa faible présence dans la Kwé et dans les cours d'eau calédoniens en général, cette espèce est dite rare et sensible.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 188 / 294</b>

#### Famille des Eleotridae

- *Eleotris melanosoma* : cette espèce n'a été retrouvée qu'une seule fois, sur une station de la Kwé Nord, en 2000. Cette espèce est essentiellement rencontrée dans les eaux saumâtres ou dans des rivières de taille assez importante, mais également dans la végétation submergée des berges, habituellement sur un fond vaseux.

#### Famille des Gobiidae

- *Awaous ocellaris* : ce gobie n'a été inventorié qu'une seule fois sur l'aval de la Kwé principale, en 2011. Contrairement à *Awaous guamensis*, ce poisson semble plutôt se cantonner au cours inférieur des rivières et aux eaux stagnantes littorales.

- *Schismatogobius fuligimentus* : un seul individu de cette espèce a été pêché en aval de la Kwé principale, en 2013. Cette espèce, endémique de Nouvelle-Calédonie, fréquente principalement les cours d'eau de la Province Sud. Elle vit dans des eaux rapides, claires et peu profondes du cours inférieur des rivières. Elle affectionne particulièrement les zones courantes. Cette espèce a donc des exigences écologiques particulières vis-à-vis de son habitat. De plus, *S. fuligimentus* serait très sensible à la pollution sédimentaire entraînée par les activités minières.

- *Smilosicyopus chloe* : cette espèce n'a été rencontrée que sur deux stations situées sur la Kwé Ouest. Au total, 12 individus ont été pêchés dans le cours d'eau. *S. chloe* est une espèce restreinte à la Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu. Elle affectionne les eaux claires, rapides et très bien oxygénées des cours inférieur et moyen des rivières. Ce gobie a donc lui aussi des préférences écologiques très particulières.

#### Famille des Kuhliidae

- *Kuhlia marginata* : un individu seulement a été trouvé, sur une station vers l'aval de la Kwé principale, en 2012. Cette espèce qui affectionne l'eau claire, est présente dans les eaux douces et saumâtres du cours inférieur des rivières et est très rhéophile. *K. marginata* semble rare dans certains cours d'eau du fait de la dégradation potentielle de son habitat et de sa surpêche.

#### Famille des Mugilidae

- *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus* : ces deux espèces de mulets noirs d'origine très ancienne (Thomson 1997) ont été retrouvées sur une grande partie des stations de la Kwé, et en effectif assez important pour *C. plicatilis*. Ces deux mulets colonisent les rapides du cours inférieur voire moyen des rivières et sont très rhéophiles. Les populations *C. plicatilis* et *C. oxyrhyncus* sont fortement menacées en raison de la destruction de leur habitat et d'une forte pression de pêche (Boseto et al. 2007). Ces

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 189 / 294</b>

poissons sont très affectés par les différents impacts anthropiques (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b).

#### Famille des Rhyacichthyidae

- *Protogobius attiti* : cette espèce a été recensée sur les stations de la Kwé principale. Au total, 9 individus ont été capturés, toutes campagnes de pêche confondues. Elle affectionne les eaux claires et bien oxygénées, avec substrat de graviers et de blocs. De par ses exigences écologiques, *P. attiti* semble affecté par la pollution sédimentaire engendrée par les activités minières de nickel. Cette espèce endémique de Nouvelle-Calédonie, rare et sensible, est classée en danger d'extinction d'après la liste IUCN.

#### 4.3.1.3 Présentation des espèces cibles

L'analyse de l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des communautés ichthyologiques s'est focalisée sur un groupe d'espèces "cibles". Ces espèces ont été choisies dans un souci d'évaluer au mieux les habitats les plus favorables sans avoir à étudier les habitats de chacune des espèces rencontrées sur la Kwé. C'est pourquoi les espèces les plus exigeantes en termes d'habitats et de qualité de l'eau ont été sélectionnées.

Au total, six espèces ont été prises en considération. Ces espèces cibles sont presque toutes qualifiées de rares et sensibles en raison de leurs exigences très particulières et du fait qu'elles seront donc normalement les premières à réagir à une réduction de débit. Les espèces rares et sensibles recensées seulement une fois et/ou représentées par seulement un individu sur la Kwé n'ont pas été gardées.

Les six espèces cibles sont donc :

- *Anguilla megastoma*, en raison de son caractère rhéophile et de sa préférence pour le cours supérieur des rivières. Ses caractéristiques semblent intéressantes pour étudier les éventuels impacts d'une réduction de débit, en particulier s'ils sont importants sur les parties amont de la Kwé (KO4 et KO5 notamment) ou l'on retrouve cette espèce (Figure 69).



- *Smilosicyopus chloe*, ses besoins en termes de vitesse et d'oxygène notamment font de ce poisson une espèce très exigeante et donc sensible aux variations de débit. De plus, son

aire de répartition est restreinte à la Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu, et cette espèce n'est présente dans les cours d'eau calédoniens qu'en faible effectif. Il est donc important de prendre en compte cette espèce rare.

- *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus*, ses deux mulets noirs d'origine ancienne (Thomson 1997) affectionnent les eaux où le courant est fort et où la hauteur d'eau est assez importante en raison de la taille moyenne des adultes (jusqu'à 40 cm pour *C. plicatilis* et 25 cm pour *C. oxyrhyncus*).



Ces deux espèces sont en déclin du fait de la dégradation de leurs habitats (perte de hauteur d'eau, envasement, colmatage, ...) et de leur surpêche (Boseto et al. 2007). Au vu de leurs caractéristiques biologiques et écologiques ainsi que de l'état de leurs populations, ces deux mulets semblent très intéressants.



danger d'extinction.

- *Protogobius attiti*, ce gobie semble très exigeant vis-à-vis de son habitat, affectionnant les eaux claires et oxygénées. Malgré sa faible abondance sur la Kwé, cette espèce a également un intérêt particulier du fait qu'elle soit endémique de Nouvelle-Calédonie et qu'elle soit inscrite sur la liste rouge de l'IUCN comme espèce en

- *Kuhlia rupestris*, cette espèce commune des cours d'eau calédoniens est très largement représentée sur la Kwé (Figure 69). Elle fréquente les eaux courantes, de l'estuaire au cours inférieur des rivières. *K. rupestris* affectionne les zones de rapides, même si elle ne dédaigne pas les endroits calmes et profonds.



Le tableau ci-dessous (Tableau 35) est un récapitulatif des espèces cibles sélectionnées et de leurs préférences écologiques vis-à-vis de plusieurs paramètres tels que la vitesse, le substrat, la profondeur, ... . Des gammes de valeurs ont été définies pour trois d'entre eux. Ainsi pour chaque espèce cible, sont précisées les gammes de vitesse, de profondeur et d'ombrage qu'elle affectionne plus particulièrement, et ce à l'aide d'une note allant de 1 (faible) à 4 (très bon).

Enfin, l'importance relative de chacune de ces variables dans la répartition spatiale de chaque espèce a été évaluée en attribuant un pourcentage de contribution, la vitesse étant le facteur limitant pour certaines espèces alors que pour d'autres, la hauteur d'eau sera primordiale.



Figure 69 : Répartition des espèces cibles piscicoles rencontrées sur les différentes stations du bassin versant de la Kwé depuis 2000

Tableau 35 : Tableau récapitulatif des espèces cibles et de leurs préférences écologiques

Famille	Espèce	Statut	Taille moyenne (cm) des individus adultes	Régime trophique	Stratégie migratoire	Préférences écologiques					
						Vitesse moyenne du courant (m/s)				Substrat	
						Gamme générale	0; 0,2	0,2 ; 0,5	0,5; 1		>1
GOBIIDAE	<i>Smilosicyopus chloe</i>	Autochtone	5	Carnivore	Amphidrome	0,1 à > 1,0	2	3	4	3	Blocs, cailloux
MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	Autochtone <b>mais se raréfie sur le territoire</b>	20 à 40	Herbivore	Catadrome	0,1 à > 1,0	3	4	4	3	Sables, galets, graviers, blocs, rochers
MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	Autochtone <b>mais se raréfie sur le territoire</b>	20 à 25	Herbivore	Catadrome	0,1 à > 1,0	3	4	4	3	Sables, galets, graviers, blocs, rochers
RHYACICHTHYIDAE	<i>Protogobius attiti</i>	<b>Endémique et en danger d'extinction</b>	8 à 10	Carnivore	Amphidrome	0,1 à > 1,0	2	3	4	3	Sables, galets, graviers, blocs, rochers
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	Autochtone	90 à 100	Carnivore	Catadrome	0 à > 1,0	4	4	3	2	Sables, galets, graviers, rochers
KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	Autochtone	15 à 40	Omnivore	Catadrome	0 à 0,9	4	4	3	2	Sables, galets, graviers, blocs, rochers

Famille	Espèce	Préférences écologiques												
		Gamme générale	Profondeur totale (m)					Ombrage (%)				Contribution (en %)		
			0; 0,2	0,2; 0,5	0,5; 1,0	1,0; 2	>2	0-25	25-50	50-75	75-100	Vitesse	Profondeur	Ombrage
GOBIIDAE	<i>Smilosicyopus chloe</i>	0 à > 1,0	3	4	4	3	2	2	3	4	4	60	30	10
MUGILIDAE	<i>Cestraeus plicatilis</i>	0,1 à > 1,0	1	2	3	4	4	2	3	4	4	45	45	10
MUGILIDAE	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	0,1 à > 1,0	1	2	3	4	4	2	3	4	4	45	45	10
RHYACICHTHYIDAE	<i>Protogobius attiti</i>	0,1 à > 1,0	2	3	4	4	3	2	3	4	4	60	30	10
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla megastoma</i>	0 à > 1,0	2	4	4	4	4	2	3	4	4	40	50	10
KUHLIIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	0,1 à > 1,0	2	3	4	4	4	2	3	4	4	40	50	10

1	Faible	3	Bon
2	Moyen	4	Très bon

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 194 / 294</b>

Les exigences en termes de vitesse et de profondeur ont été définies en fonction des descriptions faites précédemment sur chacune des espèces cibles. Plus le courant sera important, plus le milieu sera favorable aux espèces rhéophiles, jusqu'à une certaine vitesse au delà de laquelle le courant devient trop fort ( $>$  à 1 m/s globalement). C'est notamment le cas pour *Smilosicyopus chloe*, *Protogobius attiti* et les deux *Cestraeus*. Pour les deux premières espèces, la vitesse est le paramètre principal de répartition spatiale (60 % ; Tableau 35). Leur taille assez petite (jusqu'à 5 cm pour *S. chloe* et 10 cm pour *P. attiti*) leur permet de vivre dans des zones pouvant être peu profondes. En revanche, pour les deux mullets noirs, la hauteur d'eau va intervenir au même titre que la vitesse (45% chacune ; Tableau 35), les adultes pouvant faire jusqu'à 40 cm pour *C. plicatilis* et 25 cm pour *C. oxyrhyncus*.

Même si elles affectionnent les eaux très courantes, l'anguille *Anguilla megastoma* et la carpe *Kuhlia rupestris* peuvent être trouvées dans des zones plus calmes et profondes, d'où un préférendum de vitesse compris entre 0 et 0,5 m/s (Tableau 35). En revanche, la hauteur d'eau va être très importante pour ces espèces. *A. megastoma* a une taille moyenne de 1 m mais certaines femelles peuvent mesurer jusqu'à 1,65 m de long. Pour *K. rupestris*, la taille moyenne se situe entre 15 et 40 cm.

L'ombrage a été évalué de la même manière pour chaque espèce cible. Plus l'ombre portée sur le cours d'eau sera importante, plus le milieu sera favorable aux poissons (cf. Partie I. description du milieu naturel, 2. Choix des paramètres descriptifs du milieu pour les communautés ichtyologiques). La contribution de cette variable dans la détermination des habitats a été évaluée à 10 % pour chaque espèce.

#### **4.3.2 COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES**

L'évaluation des habitats les plus favorables pour les communautés macrobenthiques s'est également concentrée sur un groupe d'espèces cibles. Ces espèces cibles ont été sélectionnées pour plusieurs raisons.

En Nouvelle-Calédonie, la biologie des invertébrés aquatiques est encore très mal connue. Parmi les larves d'insectes, certains groupes comme les éphéméroptères et les trichoptères ont bien été étudiés. D'autres, en revanche, comme les diptères, ont fait l'objet de peu de recherches. Le choix des espèces cibles a donc été fait en premier lieu sur la base des données biologiques et écologiques disponibles.

Les éphéméroptères et les trichoptères représentent également un intérêt du fait que ces deux groupes faunistiques comportent de nombreux taxons très sensibles et endémiques de Nouvelle-Calédonie. Les éphéméroptères rencontrés sur la Kwé sont tous endémiques du territoire et sont représentés par une seule famille, les Leptophlebiidae. La forme aplatie des larves leur permet de s'accrocher au substrat et de résister au courant. Ce sont donc des organismes majoritairement rhéophiles, susceptibles d'être impactés par une éventuelle

réduction du débit au sein de leurs habitats. Le groupe des trichoptères comprend, lui aussi, plusieurs taxons très rhéophiles et polluo-sensibles.

Le choix des espèces cibles parmi ces deux groupes faunistiques s'est ensuite fait en fonction de leur abondance totale et de leur répartition géographique sur le bassin versant ainsi que de leur niveau de polluo-sensibilité (score de sensibilité IBS évalué par N. Mary (Nathalie Mary et Archaimbault 2012a)).

D'autres groupes faunistiques, comme les gastéropodes d'eau douce ou encore les macrocrustacés, peuvent présenter un intérêt du fait de leurs exigences écologiques.

Au total, 6 taxons cibles ont été choisis (détermination au taxon et non à l'espèce):

- *Lepeorus* (Ephéméroptère) : ce genre a été rencontré sur la partie aval de KO5, l'affluent Nord ainsi que sur la Kwé principale (Figure 70), en effectif assez important. Le genre *Lepeorus* regroupe des organismes très rhéophiles. Les larves vivent dans des zones rapides, accrochées aux dalles et aux blocs, faisant face au courant (Peters, Peters, et Edmunds 1978). Ce genre, comme tous les éphéméroptères présents sur le territoire, est endémique des cours d'eau calédoniens.



- Hydropsychidae (Trichoptère) : ce taxon est très bien représenté sur l'ensemble des stations de la Kwé (Figure 70) et est très abondant. Les Hydropsychidae sont trouvés dans les eaux très courantes, sur les rochers et/ou sur de gros débris ligneux. Plusieurs Hydropsychidae utilisent de la soie pour construire des pièges qui servent à attraper des petits organismes et des débris à la dérive dans le courant (Gooderham et Tsyrlin 2002). Ce taxon est donc très rhéophile et est également endémique de Nouvelle-Calédonie.

- Helicopsychidae (Trichoptère) : ce taxon a été retrouvé sur la moitié des stations de la Kwé (Figure 70). Les nymphes d'Helicopsychidae fréquentent les eaux fraîches et rapides des rivières, entre les blocs et les galets. De plus, ces organismes sont très polluo-sensibles (Indice Biosédimentaire : 9 ; Mary et Archaimbault, 2012).



- Polycentropodidae (Trichoptère) : ce taxon a été rencontré sur une majorité des stations de la Kwé (Figure 70). Les Polycentropodidae fréquentent généralement les zones calmes des rivières sur fond de galets et de débris ligneux (Gooderham et Tsyrlin 2002). D'après les

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 196 / 294</b>

données recueillies sur les différents cours d'eau calédoniens, les individus de ce taxon seraient principalement présents dans des zones de vitesse moyenne à rapide, sur des substrats à dominance de blocs et de galets.

Ce taxon est décrit comme particulièrement sensible aux perturbations sédimentaires (Indice Biosédimentaire : 8 ; Mary et Archaimbault, 2012).

- Hydrobiidae : ces gastéropodes d'eau douce sont abondants sur les parties amont de la Kwé (KO4 et KO5 ; Figure 70). Les Hydrobiidae sont des espèces ubiquistes, occupant une large gamme d'habitats. En revanche, ces organismes sont très sensibles aux variations de débit et nécessitent d'être dans des milieux alimentés continuellement en eau. De ce fait, ils apparaissent comme de bons indicateurs d'une ressource en eau permanente et sont donc très intéressants pour cette étude. De plus, ces mollusques constituent une famille sur laquelle le phénomène de spéciation est très important. 54 espèces ont été décrites en Nouvelle-Calédonie et celles-ci sont toutes endémiques à une région du territoire voire micro-endémiques. Il y a une forte probabilité pour que les Hydrobiidae retrouvés lors des inventaires sur les rivières KO4 et KO5 (ERBIO 2011b; ERBIO 2011c; ERBIO 2014a; ERBIO 2014b) soient de nouvelles espèces (com. pers. Dr Michael Balke).



- *Paratya* : Le genre *Paratya* regroupe des crevettes dulçaquicoles, vivant et se reproduisant strictement en eau douce. Ce genre de crevettes d'origine ancienne est réparti dans tout le Pacifique Ouest, allant du Japon à l'Australie et la Nouvelle-Zélande (Page et al. 2005). Dans le cadre de cette étude, seules les espèces *Paratya bouvieri* et *Paratya intermedia* ont été prises en compte. Ces deux crevettes colonisent les creeks calédoniens du cours inférieur au cours supérieur, en particulier ceux du Sud de la Grande Terre. Elles sont présentes sur l'ensemble de la Kwé et sont très abondantes. Elles affectionnent les zones où le courant est particulièrement fort.

Le Tableau 36 qui suit récapitule les différentes espèces cibles sélectionnées ainsi que leurs principales préférences écologiques en fonction des gammes de vitesse, de substrat et de la présence de dépôts latéritiques. Le principe de notation est le même que pour les espèces cibles piscicoles.

Les gammes de vitesse ont été définies à partir de la matrice d'habitabilité déterminée pour l'échantillonnage des invertébrés dans le cadre des indices IBNC et IBS (Mary et Archaimbault, 2012).



Figure 70 : Répartition des espèces cibles macro-invertébrés rencontrées sur les différentes stations du bassin versant de la Kwé depuis 2000

Tableau 36 : Tableau récapitulatif des espèces cibles et de leurs préférences écologiques

Famille	Taxon	Statut	Régime trophique	Sensibilité aux pollutions				Préférences écologiques			
				Score IBNC	Score IBS	Nouveau score IBNC (2012)	Nouveau score IBS (2012)	Vitesse moyenne du courant (m/s)			
								Lente à nulle <0,25 m/s	Moyenne 0,25 à 0,75 m/s	Rapide 0,75 à 1,5 m/s	Cascade >1,5 m/s
HYDROPSYCHIDAE	Hydropsychidae	Endémique	Omnivore - Filtreurs d'algues et invertébrés	-	-	5	6	1	2	4	4
LEPTOPHLEBIIDAE	<i>Lepeorus</i>	Endémique	Détritivore, algues et détritus	6	7	6	7	1	3	4	4
HYDROBIIDAE	Hydrobiidae	Endémique	Brouteur - Racleur d'algues	5	4	8	4	4	4	3	3
HELICOPSYCHIDAE	Helicopsychidae	Nombreuses espèces endémiques	Racleur d'algues microscopiques	8	8	6	9	1	3	4	4
POLYCENTROPODIDAE	Polycentropodidae	Autochtone	Filtreur - Déchiqueteur - Prédateur	8	6	7	8	2	4	4	3
ATYIDAE	<i>Paratya</i>	Endémique	Détritivore, algues fixées sur les roches	5	-	5	7	2	3	4	2

Famille	Taxon	Préférences écologiques											
		Substrat					Dépôts latéritiques (%)				Contribution (%)		
		Graviers/sable (S)	Pierres/galets (G)	Blocs (B)	Roche mère/dalles (D)	Éléments organiques (EO)	0%	0 à 25%	25 à 50%	>50%	Vitesse	Substrat	Dépôt
HYDROPSYCHIDAE	Hydropsychidae	1	3	4	4	3	4	3	2	1	45	45	10
LEPTOPHLEBIIDAE	<i>Lepeorus</i>	1	3	4	4	1	4	2	1	1	45	45	10
HYDROBIIDAE	Hydrobiidae	4	3	2	2	3	4	3	2	1	30	60	10
HELICOPSYCHIDAE	Helicopsychidae	1	2	4	4	2	4	2	1	1	50	40	10
POLYCENTROPODIDAE	Polycentropodidae	2	4	4	2	3	4	2	1	1	50	30	20
ATYIDAE	<i>Paratya</i>	2	4	3	3	3	4	2	1	1	35	45	20

Pour certains taxons, la vitesse du courant va être le principal facteur expliquant la distribution spatiale des espèces. C'est notamment le cas pour les Helicopsychidae et les Polycentropodidae. Les Helicopsychidae privilégient les zones très rapides, de 0,75 à 1,5 m/s, voire au delà (> à 1,5 m/s ; Tableau 36). Les Polycentropodidae, eux, se trouvent préférentiellement dans des endroits à vitesse moyenne (0,25 à 0,75 m/s) à rapide (0,75 à 1,5 m/s). D'autres taxons sont également rhéophiles tels que les Hydropsychidae, *Lepeorus* et *Paratya*. Pour les deux premiers, la vitesse du courant est aussi déterminante que le substrat. En revanche, pour les crevettes *Paratya*, le substrat apparaît comme plus important vis-à-vis de leur habitat. Celles-ci préfèrent les substrats à dominance de galets et de pierres. Le substrat est également le facteur discriminant chez les Hydrobiidae. Ces derniers favorisent les endroits beaucoup plus calmes (< 0,25 m/s à 0,75 m/s), à dominance de graviers et de sable (Tableau 36).

La présence de dépôts latéritiques est également un facteur prépondérant. Certains taxons apparaissent comme plus sensibles que d'autres aux pollutions sédimentaires. Selon l'Indice Biosédimentaire, les Helicopsychidae et les Polycentropodidae sont très polluo-sensibles (IBS entre 8 et 9). Ces taxons vont donc être très exigeants vis-à-vis de cette variable. Globalement, plus les dépôts latéritiques seront importants, moins le milieu sera favorable aux macro-invertébrés, d'autant plus si les taxons sont polluo-sensibles.

La contribution de cette variable dans la détermination des habitats a été évaluée à 20% pour les organismes les plus sensibles aux pollutions sédimentaires et à 10% pour les autres (Tableau 36).

## 4.4 HABITABILITE DE LA RIVIERE KWE PAR RAPPORT AUX ESPECES CIBLES

### 4.4.1 HABITABILITE EN SITUATION DE REFERENCE

Cette première analyse consiste à évaluer l'habitabilité de la rivière Kwé en situation de référence (soit en année moyenne en période de hautes eaux) pour les différentes espèces cibles sélectionnées.

L'habitabilité a été déterminée à partir des données recueillies sur les préférences écologiques des espèces cibles, piscicoles et macrobenthiques, et des données sur les variables hydrauliques d'après le modèle hydrologique.

#### 4.4.1.1 Communautés ichtyologiques

L'habitabilité de l'ensemble de la rivière Kwé a été évaluée pour les espèces cibles piscicoles à partir des besoins de ces espèces en matière de vitesse, de profondeur et d'ombrage.

D'après le Tableau 37, l'ensemble de la rivière Kwé apparaît comme plus ou moins favorable en situation de référence selon les espèces piscicoles. Plus de la moitié de la rivière est potentiellement favorable à 2 espèces, *Smilosicyopus chloe* et *Anguilla megastoma* (respectivement 58% et 54% d'habitabilité). La Kwé offre également de nombreux habitats éventuellement très favorables à *Kuhlia rupestris*, avec une habitabilité totale de 43% (Tableau 37). Les 2 mulets noirs *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus* ainsi que *Protogobius attiti* sembleraient avoir moins d'un tiers d'habitats susceptibles de leur être propices sur la Kwé (respectivement 19% pour les mulets et 28% pour *P. attiti*).

Tableau 37 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé par les espèces cibles piscicoles en situation de référence

Cours d'eau	Espèces cibles piscicoles					
	<i>Smilosicyopus chloe</i>	<i>Cestraeus plicatilis</i>	<i>Cestraeus oxyrhyncus</i>	<i>Protogobius attiti</i>	<i>Anguilla megastoma</i>	<i>Kuhlia rupestris</i>
Kwé Nord aval (KN)	42%	30%	30%	23%	60%	50%
Kwé Nord 2 (KN2)	46%	2%	2%	27%	13%	8%
Kwé Ouest amont (KO4)	41%	31%	31%	18%	76%	69%
KO5	65%	21%	21%	48%	39%	34%
Kwé principale	82%	27%	27%	41%	97%	68%
Kwé Est	49%	0%	0%	5%	4%	4%
Kwé Ouest	77%	24%	24%	32%	92%	70%
Total Rivière Kwé	58%	19%	19%	28%	54%	43%

Les parties de cours d'eau apparaissant comme potentiellement les plus favorables en situation de référence pour *S. chloe* sont la Kwé principale (82%), la Kwé Ouest (77%) et la partie aval de KO5 (65%). Les autres parties de cours d'eau (KN, KN2, KO4 et Kwé Est) présentent chacune un peu moins de 50% d'habitabilité. La Kwé principale et la Kwé Ouest sont également les parties de cours d'eau potentiellement les plus favorables à la carpe *K. rupestris* et à l'anguille *A. megastoma*, et tout particulièrement à l'anguille. Viennent ensuite la Kwé Ouest amont (KO4) et la Kwé Nord aval (KN), présentant plus de 50% d'habitabilité pour ces 2 espèces.

Pour ce qui est de l'habitabilité vis-à-vis des 2 mulets noirs, les tronçons offrant le plus d'habitats potentiellement favorables à ces espèces sont la partie aval de KO4 et la Kwé Nord aval (respectivement 31% et 30% d'habitabilité). La partie aval de KO5 et la Kwé principale comprennent de nombreux habitats propices à la présence de *P. attiti* (respectivement 48% et 41%).

#### 4.4.1.2 Communautés macrobenthiques

L'habitabilité de l'ensemble du bassin versant de la Kwé en situation de référence a été évaluée pour les espèces cibles macrobenthiques à partir des besoins de ces taxons en matière de vitesse, de substrat et de la présence de dépôts latéritiques.

D'après le Tableau 38, un peu plus de la moitié du bassin versant de la Kwé est potentiellement favorable à 3 taxons ; les Helicopsychidae, *Lepeorus* et les Polycentropodidae (respectivement 50%, 51% et 53% d'habitabilité). La rivière Kwé présente également de nombreux tronçons favorables aux crevettes *Paratya* (45%) et aux Hydrobiidae (40%). Enfin, environ un tiers des tronçons de la Kwé apparaissent propices aux Hydropsychidae (36%).

Tableau 38 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé par les espèces cibles macrobenthiques en situation de référence

Cours d'eau	Espèces cibles macroinvertébrés					
	Helicopsychidae	<i>Lepeorus</i>	Polycentropodidae	Hydropsychidae	<i>Paratya</i>	Hydrobiidae
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	79%	81%	92%	61%	76%	63%
Kwé Ouest amont (KO4)	51%	51%	50%	36%	40%	35%
KO5	68%	70%	67%	52%	62%	54%
Kwé principale	32%	32%	32%	25%	34%	31%
Kwé Est	55%	57%	61%	25%	43%	62%
Kwé Ouest	77%	77%	77%	69%	71%	32%
Total Rivière Kwé	50%	51%	53%	36%	45%	40%

La Kwé Nord amont (KN2) et la Kwé Ouest apparaissent comme étant les cours d'eau les plus propices aux espèces cibles. La Kwé Nord amont constitue le cours d'eau le plus favorable pour une majorité d'espèces. 92% des tronçons de KN2 sont potentiellement favorables aux Polycentropodidae. Plus des 2/3 de ses tronçons sont également favorables aux Helicopsychidae, *Lepeorus* et *Paratya*. La Kwé Ouest comprend, elle aussi, de multiples habitats favorables à ces taxons, à l'exception des gastéropodes d'eau douce. Seulement 32% des tronçons de ce cours d'eau semblent habitables par les Hydrobiidae, la Kwé Nord KN2 et la Kwé Est étant les affluents les plus propices à ce taxon. KO5 présente également de nombreux tronçons adaptés aux besoins des espèces cibles (Habitabilité > 50 %).

Le cours d'eau regroupant le moins de tronçons potentiellement habitables par les taxons ciblés est globalement la Kwé principale.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 203 / 294</b>

La Kwé Nord aval (KN) n'entre pas en compte dans l'évaluation de l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des groupes faunistiques macrobenthiques. En effet, ce bras de la Kwé n'a pas été échantillonné lors de la phase de terrain. S'il a été possible de récupérer les données de vitesse à partir du modèle hydrologique, la granulométrie, elle, n'a pu être caractérisée. Cette variable intervenant directement dans l'estimation des habitats potentiellement les plus favorables pour les invertébrés étudiés, l'habitabilité de la Kwé Nord aval n'a donc pas pu être estimée.

#### **4.4.2 HABITABILITE EN FONCTION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE REFERENCE**

Le but de cette analyse est de mettre en avant les conséquences de la dynamique naturelle du débit de la rivière Kwé. En effet, les variations saisonnières et interannuelles du débit dans la rivière entraîne naturellement des modifications des paramètres hydrauliques et donc de l'habitabilité de la rivière.

Les données qui suivent présentent donc l'habitabilité de l'ensemble du bassin de la Kwé en fonction des conditions hydrologiques de référence (avant modélisation de l'impact d'une réduction de débit par la fosse minière), et ce pour chaque espèce cible.

#### 4.4.2.1 Communautés ichtyologiques

##### 4.4.2.1.1 *Smilosicyopus chloe*

L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis de *Smilosicyopus chloe* varie entre les années et les saisons. L'année potentiellement la plus propice à la présence de cette espèce sur la Kwé est l'année humide, en période de hautes eaux, avec une habitabilité totale de 65% (Tableau 39). Le potentiel d'accueil de la rivière Kwé diminue pour la même saison en année moyenne (58%) et en année sèche (48%). Il en est de même en basses eaux. La proportion de tronçons propices à *S. chloe* est plus élevée en année humide. Cependant, la proportion d'habitats potentiellement les plus favorables à *S. chloe* est plus faible en basses eaux qu'en hautes eaux. Entre les deux saisons, l'habitabilité de la Kwé diminue de 30%, quelque soit l'année. L'année la moins favorable pour cette espèce est donc l'année sèche, en période de basses eaux (18% d'habitabilité).

Tableau 39 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Smilosicyopus chloe* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	21%	9%	42%	12%	49%	19%
Kwé Nord 2 (KN2)	31%	13%	46%	21%	61%	26%
Kwé Ouest amont (KO4)	34%	6%	41%	9%	52%	11%
KO5	53%	11%	65%	12%	82%	26%
Kwé principale	78%	33%	82%	58%	80%	69%
Kwé Est	45%	31%	49%	43%	54%	44%
Kwé Ouest	72%	23%	77%	44%	78%	48%
Total Rivière Kwé	48%	18%	58%	28%	65%	35%

Les cours d'eau potentiellement les plus favorables à *Smilosicyopus chloe* sont, en période de hautes eaux, la Kwé principale, la Kwé Ouest et la partie aval de KO5. En basses eaux, le pourcentage de tronçons favorables diminue fortement pour ces parties de cours d'eau. La partie aval de KO5 paraît très affectée en basses eaux. L'habitabilité sur ce cours d'eau diminue de plus de 50% entre les 2 saisons en année humide, passant de 82% en hautes eaux à seulement 26% en basses eaux (Tableau 39). Les autres parties de cours d'eau (KN, KN2, KO4 et Kwé Est) offrent de multiples habitats pouvant être propices à *S. chloe* en période de hautes eaux, et plus particulièrement en année humide.

#### 4.4.2.1.2 *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus*

Le potentiel d'accueil de la rivière Kwé vis-à-vis des 2 muets noirs, *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus*, semble plus limité. L'année humide en période de hautes eaux est l'année présentant le pourcentage d'habitabilité le plus élevé, soit 24% (Tableau 40). La proportion d'habitats potentiellement favorables à ces 2 muets diminue en années moyenne et sèche (respectivement 19% et 16%), et en période de basses eaux quelque soit l'année.

Tableau 40 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	30%	30%	30%	30%	32%	30%
Kwé Nord 2 (KN2)	2%	0%	2%	0%	3%	1%
Kwé Ouest amont (KO4)	28%	25%	31%	25%	34%	25%
KO5	14%	5%	21%	5%	28%	5%
Kwé principale	23%	14%	27%	15%	34%	17%
Kwé Est	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Ouest	18%	18%	24%	18%	36%	18%
Total Rivière Kwé	16%	13%	19%	13%	24%	14%

D'après le Tableau 40, les cours d'eau présentant le plus d'habitats potentiellement favorables à *C. plicatilis* et à *C. oxyrhyncus* sont globalement la Kwé Nord aval, la partie aval de KO4, la Kwé principale et la Kwé Ouest. La proportion d'habitats susceptibles d'être les plus propices aux muets reste quasiment identique entre les saisons et les années sur la Kwé Nord aval, de l'ordre de 30%, exceptée pour l'année humide, en période de hautes eaux, où l'habitabilité est de 32% (Tableau 40). Pour les autres cours d'eau, l'habitabilité varie très peu entre les années en saison de basses eaux.

La Kwé Est, que ce soit en saison de hautes eaux ou de basses eaux, apparaît complètement inadaptée aux besoins des 2 muets noirs en termes d'habitats. La Kwé Nord amont (KN2) ne présente, elle, qu'une infime proportion de tronçons potentiellement favorables aux muets (entre 0% et 3%).

#### 4.4.2.1.3 *Protogobius attiti*

L'habitabilité de la rivière Kwé est très variable selon les années et les saisons pour *Protogobius attiti*. D'après le Tableau 41, l'année offrant le plus d'habitats potentiellement favorables à ce poisson est l'année humide, en période de hautes eaux, avec un pourcentage d'habitabilité de 40%. Pour les autres années, à la même saison, l'habitabilité est plus faible. En période de basses eaux, le potentiel d'accueil de la Kwé vis-à-vis de *P. attiti* est très limité, entre 4% et 9% selon les années.

Tableau 41 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Protogobius attiti* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	14%	6%	23%	9%	35%	13%
Kwé Nord 2 (KN2)	13%	1%	27%	3%	45%	9%
Kwé Ouest amont (KO4)	13%	5%	18%	7%	26%	8%
KO5	33%	4%	48%	5%	58%	9%
Kwé principale	28%	8%	41%	10%	58%	16%
Kwé Est	6%	2%	5%	3%	8%	4%
Kwé Ouest	17%	4%	32%	5%	50%	6%
Total Rivière Kwé	18%	4%	28%	6%	40%	9%

Les cours d'eau apparaissant comme potentiellement les plus favorables pour *P. attiti* en année humide, en période de hautes eaux, sont la partie aval de KO5, la Kwé principale et la Kwé Ouest (respectivement 58%, 58% et 50% ; Tableau 41). La proportion d'habitats propices sur ces cours d'eau diminue pour les années sèche et moyenne, et en basses eaux quelque soit l'année.

#### 4.4.2.1.4 *Anguilla megastoma*

D'après le Tableau 42, environ la moitié de la rivière Kwé est potentiellement habitable en période de hautes eaux par *Anguilla megastoma*. La Kwé comprend, en année humide, 63% de tronçons susceptibles d'être favorables à l'anguille. L'habitabilité diminue en période de basses eaux, quelque soit l'année. En année sèche, en saison de basses eaux, la Kwé ne présente plus que 26% d'habitabilité.

Tableau 42 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis d'*Anguilla megastoma* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	39%	33%	60%	34%	73%	38%
Kwé Nord 2 (KN2)	4%	0%	13%	1%	19%	2%
Kwé Ouest amont (KO4)	67%	43%	76%	43%	87%	46%
KO5	23%	8%	39%	8%	63%	8%
Kwé principale	95%	54%	97%	80%	97%	90%
Kwé Est	2%	2%	4%	2%	4%	2%
Kwé Ouest	90%	41%	92%	61%	95%	64%
Total Rivière Kwé	46%	26%	54%	33%	63%	36%

La Kwé principale et la Kwé Ouest offrent de multiples habitats potentiellement favorables à *A. megastoma*. En période de hautes eaux, l'habitabilité sur ces deux cours d'eau peut atteindre jusqu'à 97% (Tableau 42). Cette habitabilité peut fortement diminuer en période de basses eaux. En année sèche, la proportion d'habitats éventuellement propices à la présence de l'anguille passe de 90% en hautes eaux à 41% en basses eaux sur la Kwé Ouest.

La Kwé Ouest amont semble comprendre de nombreux tronçons habitables en période de hautes eaux, allant de 67% à 87% entre l'année sèche et l'année humide. En période de hautes eaux, la Kwé Nord aval en années moyenne et humide ainsi que KO5 sur une année humide proposent également un certain nombre de tronçons favorables à *A. megastoma*.

#### 4.4.2.1.5 *Kuhlia rupestris*

La rivière Kwé présente plusieurs tronçons de cours d'eau potentiellement favorables à *Kuhlia rupestris* (Tableau 43). En période de hautes eaux, la proportion de tronçons habitables par la carpe reste très stable entre les années, de l'ordre de 43% en années moyenne et humide, et de 41% en année sèche. En période de basses eaux, l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis de *K. rupestris* diminue quelque soit l'année.

Tableau 43 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Kuhlia rupestris* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	38%	33%	50%	34%	47%	37%
Kwé Nord 2 (KN2)	4%	0%	8%	1%	10%	2%
Kwé Ouest amont (KO4)	66%	43%	69%	43%	70%	46%
KO5	21%	8%	34%	8%	52%	8%
Kwé principale	75%	53%	68%	73%	58%	76%
Kwé Est	2%	2%	4%	2%	4%	2%
Kwé Ouest	77%	41%	70%	60%	64%	63%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>41%</b>	<b>26%</b>	<b>43%</b>	<b>32%</b>	<b>43%</b>	<b>34%</b>

Certaines portions de cours d'eau offrent de multiples habitats potentiellement favorables à la carpe. La Kwé Ouest et la Kwé principale sont les cours d'eau les plus à même d'accueillir ce poisson. En période de hautes eaux, pour ces 2 cours d'eau, l'habitabilité est plus élevée en année sèche. A l'inverse, en période de basses eaux, l'année humide est plus favorable. De plus, la proportion d'habitats potentiellement favorables à *K. rupestris* sur la Kwé principale diminue en basses eaux pour une année sèche tandis que pour les années moyenne et humide, cette proportion est plus importante à cette saison qu'en période de hautes eaux.

La partie aval de KO4 présente, en saison de hautes eaux, de nombreux habitats potentiellement propices à *Kuhlia rupestris*.

#### 4.4.2.2 Communautés macrobenthiques

##### 4.4.2.2.1 Helicopsychidae

L'habitabilité sur l'ensemble de la rivière Kwé varie en fonction des années et des saisons. Le pourcentage de tronçons potentiellement habitables par les Helicopsychidae est globalement un peu plus important en année humide (52%) qu'en année moyenne (50%), l'année sèche comprenant le moins de tronçons habitables (49%), en période de hautes eaux (Tableau 44). Il en est de même en période de basses eaux. La proportion de tronçons propices aux Helicopsychidae est plus élevée en année humide.

De manière générale, on observe un écart entre les périodes de hautes eaux et de basses eaux, que l'on soit en année sèche, moyenne ou humide. L'année potentiellement la moins favorable aux Helicopsychidae en termes d'habitabilité est l'année sèche en période de basses eaux (23%).

Tableau 44 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Helicopsychidae en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	78%	40%	79%	77%	79%	78%
Kwé Ouest amont (KO4)	49%	21%	51%	22%	53%	27%
KO5	68%	2%	68%	5%	68%	15%
Kwé principale	30%	19%	32%	24%	35%	28%
Kwé Est	53%	23%	55%	46%	58%	51%
Kwé Ouest	77%	59%	77%	65%	79%	75%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>49%</b>	<b>23%</b>	<b>50%</b>	<b>34%</b>	<b>52%</b>	<b>39%</b>

Les cours d'eau les plus favorables pour les Helicopsychidae sont la Kwé Nord 2 et la Kwé Ouest, et ce quelque soit l'année et la saison. Cependant, la proportion habitable de la KN2 et de la Kwé Ouest diminue fortement en période de basses eaux en année sèche, en particulier pour KN2 (Tableau 44).

Les parties aval de KO5 et KO4 et la Kwé Est offrent également de nombreux habitats potentiellement favorables aux Helicopsychidae, principalement en période de hautes eaux. En basses eaux, ces habitats peuvent chuter très fortement, en particulier pour KO5. La proportion habitable pour cette partie de cours d'eau passe de 68% en hautes eaux à seulement 2% en basses eaux pour l'année sèche (Tableau 44).

#### 4.4.2.2.2 *Lepeorus*

L'année humide, en période de hautes eaux, est l'année la plus propice à l'accueil des éphéméroptères du genre *Lepeorus* (53% d'habitabilité ; Tableau 45). L'habitabilité de la rivière Kwé diminue légèrement les autres années (51% en année moyenne, 50% en année sèche) et de façon plus importante en période de basses eaux.

Tableau 45 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Lepeorus* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	81%	41%	81%	79%	81%	81%
Kwé Ouest amont (KO4)	49%	21%	51%	22%	53%	27%
KO5	70%	2%	70%	5%	71%	15%
Kwé principale	30%	19%	32%	24%	35%	28%
Kwé Est	54%	24%	57%	47%	59%	53%
Kwé Ouest	77%	59%	77%	65%	79%	75%
Total Rivière Kwé	50%	24%	51%	35%	53%	40%

La Kwé Nord amont (KN2) ainsi que la Kwé Ouest sont les deux cours d'eau qui offrent le plus d'habitats potentiellement propices aux besoins des organismes de ce taxon. La partie aval de KO5 présente également de nombreux tronçons propices à *Lepeorus* en saison de hautes eaux.

#### 4.4.2.2.3 Polycentropodidae

L'habitabilité de l'ensemble de la Kwé vis-à-vis des Polycentropodidae varie entre les années et surtout entre les saisons. Le potentiel d'accueil de la Kwé est le plus élevé en période de hautes eaux, sur une année humide (55% d'habitabilité ; Tableau 46). L'habitabilité diminue en période de basses eaux, et ce pour chaque année.

Tableau 46 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Polycentropodidae en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	93%	47%	92%	89%	94%	89%
Kwé Ouest amont (KO4)	49%	21%	50%	23%	52%	28%
KO5	68%	2%	67%	5%	68%	13%
Kwé principale	31%	19%	32%	25%	36%	28%
Kwé Est	59%	23%	61%	50%	66%	56%
Kwé Ouest	78%	60%	77%	65%	79%	75%
Total Rivière Kwé	52%	24%	53%	37%	55%	41%

La Kwé Nord amont KN2 et la Kwé Ouest sont les deux cours d'eau potentiellement les plus favorables aux Polycentropodidae, quelque soit la saison ou l'année (Tableau 46). L'habitabilité sur la Kwé Nord amont peut atteindre jusqu'à 94% en hautes eaux. KO5, KO4 et la Kwé Est comprennent également en période de hautes eaux de nombreux habitats propices à ces organismes. L'habitabilité de la partie aval de KO5 est très réduite en période de basses eaux, allant de 13% sur une année pluvieuse à seulement 2% en année sèche.

#### 4.4.2.2.4 *Hydropsychidae*

L'habitabilité totale de la rivière Kwé semble un peu plus limitée vis-à-vis des *Hydropsychidae*. Le potentiel d'accueil de la Kwé est le plus élevé pour une année humide, en période de hautes eaux, avec une habitabilité de 38% (Tableau 47). Cette habitabilité est légèrement plus faible pour les autres années à la même saison, mais surtout en période de basses eaux, et ce quelque soit l'année. La proportion d'habitats potentiellement les plus favorables à ces trichoptères est réduite à 19% en basses eaux, sur une année sèche.

Tableau 47 : Habitabilité (%) des différents cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des *Hydropsychidae* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	61%	36%	61%	59%	61%	61%
Kwé Ouest amont (KO4)	34%	16%	36%	17%	38%	20%
KO5	51%	2%	52%	5%	52%	12%
Kwé principale	23%	16%	25%	19%	28%	21%
Kwé Est	24%	12%	25%	20%	27%	23%
Kwé Ouest	69%	55%	69%	61%	70%	67%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>35%</b>	<b>19%</b>	<b>36%</b>	<b>25%</b>	<b>38%</b>	<b>28%</b>

Les habitats susceptibles d'être les plus propices aux *Hydropsychidae* sont principalement situés sur la Kwé Nord KN2 et la Kwé Ouest (Tableau 47). La partie aval de KO5 peut également présenter en période de hautes eaux de nombreux habitats adaptés aux besoins de ce taxon.

#### 4.4.2.2.5 *Paratya*

L'habitabilité de la rivière Kwé vis-à-vis des crevettes *Paratya* (*P. bouvieri* et *P. intermedia*) est relativement stable entre les années, en période de hautes eaux. Elle est de l'ordre de 46% pour une année humide et de 45% en années sèche et moyenne (Tableau 48). L'écart est un peu plus important entre les années lorsqu'on se situe en basses eaux.

Tableau 48 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis du genre *Paratya* en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	76%	51%	76%	73%	76%	74%
Kwé Ouest amont (KO4)	39%	25%	40%	26%	41%	28%
KO5	62%	30%	62%	33%	63%	37%
Kwé principale	32%	25%	34%	28%	36%	31%
Kwé Est	42%	19%	43%	36%	45%	40%
Kwé Ouest	71%	58%	71%	63%	71%	69%
Total Rivière Kwé	45%	29%	45%	36%	46%	39%

Les parties de cours d'eau visiblement les plus favorables pour ces crevettes sont la Kwé Nord KN2, la Kwé Ouest et, en période de hautes eaux, la partie aval de KO5 (Tableau 48).

#### 4.4.2.2.6 Hydrobiidae

L'habitabilité potentielle de l'ensemble de la Kwé reste globalement identique entre les saisons et les années pour les Hydrobiidae, soit entre 40% en hautes eaux et 41% en basses eaux (Tableau 49). La proportion d'habitats susceptibles d'être propices est donc légèrement plus élevée en basses eaux.

Tableau 49 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydrobiidae en fonction des conditions hydrologiques de référence

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	63%	63%	63%	63%	63%	63%
Kwé Ouest amont (KO4)	35%	36%	35%	36%	35%	36%
KO5	55%	55%	54%	55%	54%	55%
Kwé principale	31%	31%	31%	31%	31%	31%
Kwé Est	62%	62%	62%	62%	62%	62%
Kwé Ouest	32%	32%	32%	32%	32%	32%
Total Rivière Kwé	40%	41%	40%	41%	40%	41%

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 214 / 294</b>

La Kwé Nord amont est la portion de cours d'eau la plus favorable à ces gastéropodes d'eau douce en termes d'habitabilité, de l'ordre de 63%, et ce quelque soit l'année et la saison. La Kwé Est a également un bon potentiel d'accueil (62%) et un peu plus de la moitié des tronçons situés dans la partie aval de KO5 sont potentiellement favorables aux Hydrobiidae (entre 54% et 55%).

## **4.5 CONSEQUENCES DES REDUCTIONS DE DEBIT SUR L'HABITABILITE DE LA RIVIERE KWE**

Les saisons et les variations interannuelles influencent fortement le potentiel d'accueil de la Kwé vis-à-vis des différentes espèces piscicoles et macrobenthiques.

La suite de l'étude va donc consister à évaluer l'impact des réductions du débit prédites par le modèle hydrologique sur l'habitabilité de la rivière et voir si ces modifications vont amplifier ou non les changements naturels engendrés par les variations interannuelles et saisonnières.

Ainsi, pour chaque espèce cible, un tableau montrera l'évolution de l'habitabilité de la Kwé entre la référence et le scénario attendu et un autre présentera l'habitabilité de la Kwé après modification du débit, en fonction des différentes conditions hydrologiques.

### **4.5.1 COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES**

#### **4.5.1.1 Smilosicyopus chloe**

La réduction du débit attendue sur la Kwé affecte l'habitabilité de la rivière vis-à-vis de *Smilosicyopus chloe*. Pour chaque condition hydrologique, la proportion d'habitats potentiellement les plus favorables au gobie diminue avec la modification du débit. Cette diminution est la plus importante en période de hautes eaux. En années moyenne et humide, l'habitabilité de la Kwé baisse de 18% et en année sèche, de 17% (Tableau 50). En saison de basses eaux, l'habitabilité diminue également mais moins qu'en hautes eaux. La proportion d'habitats potentiellement favorables au gobie diminue de 10 à 12%.

L'année humide est l'année la plus propice à la Kwé pour accueillir *S. chloe* d'après le scénario prédit. Le potentiel d'accueil de la rivière est de 48% en saison de hautes eaux et seulement 23% en basses eaux (Tableau 51). En période de basses eaux, la proportion de tronçons potentiellement habitables par l'espèce peut descendre jusqu'à seulement 8% pour une année sèche.

Tableau 50 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de *Smilosicyopus chloe*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	-12%	-6%	-30%	-5%	-29%	-11%
Kwé Nord 2 (KN2)	-8%	-2%	-18%	-4%	-28%	-7%
Kwé Ouest amont (KO4)	-23%	-1%	-23%	-1%	-21%	-3%
KO5	-19%	-1%	-22%	1%	-27%	-14%
Kwé principale	-17%	-18%	-9%	-22%	-2%	-22%
Kwé Est	-15%	-26%	-11%	-22%	-10%	-18%
Kwé Ouest	-26%	-12%	-9%	-16%	-6%	-10%
Total Rivière Kwé	-17%	-10%	-18%	-10%	-18%	-12%

Tableau 51 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Smilosicyopus chloe* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	10%	2%	12%	7%	20%	9%
Kwé Nord 2 (KN2)	23%	11%	28%	17%	33%	19%
Kwé Ouest amont (KO4)	10%	5%	19%	8%	30%	7%
KO5	34%	10%	42%	12%	55%	12%
Kwé principale	61%	15%	72%	36%	78%	47%
Kwé Est	31%	5%	38%	20%	44%	25%
Kwé Ouest	46%	10%	68%	28%	72%	38%
Total Rivière Kwé	31%	8%	40%	18%	48%	23%

Certaines portions de la rivière sont plus impactées que d'autres par la réduction du débit attendue sur la Kwé. La proportion d'habitats susceptibles d'être les plus propices à *S. chloe* est principalement affectée pour les parties aval de KO4 et KO5 et la Kwé Nord en période de hautes eaux. La Kwé principale, la Kwé Ouest et la Kwé Est sont touchées quelque soit la saison, avec toutefois une perte plus importante en basses eaux. Néanmoins, la Kwé principale et la Kwé Ouest semblent être les cours d'eau les plus à même d'abriter *Smilosicyopus chloe*, atteignant respectivement jusqu'à 78% et 72% dans le cas d'une année pluvieuse, en hautes eaux.

#### 4.5.1.2 *Cestreaus plicatilis* et *Cestreaus oxyrhyncus*

L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des muets noirs diminue légèrement avec la modification du débit modélisée sur la rivière. La perte d'habitabilité sur la rivière est la plus élevée en période de hautes eaux, pour une année pluvieuse (-8% ; Tableau 52). En période de basses eaux, l'habitabilité reste identique en années sèche et moyenne. En année humide, la réduction du pourcentage d'habitabilité n'est uniquement que de 1%.

La proportion d'habitats potentiellement les plus favorables aux 2 *Cestreaus* est la plus importante sur la Kwé lorsqu'on se situe en année humide, de l'ordre de 16% d'après le scénario, en période de hautes eaux (Tableau 53). Cependant, l'habitabilité varie très peu à cette saison, soit 14% en année moyenne et 13% en année sèche. En période de basses eaux, l'habitabilité reste identique entre les années (13%).

Tableau 52 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de *Cestreaus plicatilis* et *Cestreaus oxyrhyncus*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	-2%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	-2%	0%	-1%	0%	-2%	-1%
Kwé Ouest amont (KO4)	-2%	-1%	-5%	0%	-7%	0%
KO5	-8%	0%	-15%	0%	-13%	-1%
Kwé principale	-8%	0%	-9%	0%	-11%	-2%
Kwé Est	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Ouest	-1%	0%	-6%	0%	-18%	0%
Total Rivière Kwé	-3%	0%	-5%	0%	-8%	-1%

Tableau 53 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Kwé Nord 2 (KN2)	0%	0%	1%	0%	2%	0%
Kwé Ouest amont (KO4)	25%	24%	26%	25%	27%	25%
KO5	5%	5%	5%	5%	15%	5%
Kwé principale	15%	14%	19%	14%	23%	15%
Kwé Est	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Ouest	18%	18%	18%	18%	18%	18%
Total Rivière Kwé	13%	13%	14%	13%	16%	13%

Certaines parties de la Kwé semblent très peu affectées par la réduction du débit, telles que la Kwé Nord et la Kwé Est. La Kwé Nord aval présente un pourcentage d'habitabilité de 30% quelque soit l'année et la saison. En revanche, la Kwé Est apparait inadaptée aux préférences écologiques des 2 mulets noirs, avec un pourcentage d'habitabilité nul. D'autres comme la Kwé principale, la Kwé Ouest et la partie aval de KO5 sont touchées par la réduction du débit en période de hautes eaux. KO5 peut perdre jusqu'à 15% d'habitabilité en année moyenne et la Kwé Ouest 18% sur une année humide (Tableau 52).

La Kwé Nord aval et la partie aval de KO4 paraissent être les plus propices à l'accueil de *C. plicatilis* et *C. oxyrhyncus*. La Kwé principale ainsi que la Kwé Ouest présentent également plusieurs tronçons potentiellement habitables pour les mulets noirs.

#### 4.5.1.3 *Protogobius attiti*

On note une réduction de l'habitabilité de la Kwé par rapport à *Protogobius attiti*, quelque soit l'année et la saison. L'année où le potentiel d'accueil de la Kwé est le plus touché est l'année humide. En période de hautes eaux, la proportion d'habitats potentiellement favorables à *P. attiti* diminue de 22% (Tableau 54). En basses eaux, la perte d'habitabilité est beaucoup moins importante, de l'ordre de -5%. Pour une année sèche, en période de basses eaux, l'habitabilité se réduit seulement de 1%.

Malgré la perte d'habitats de l'ordre de 22%, l'année humide est l'année la plus propice à la Kwé en termes d'habitabilité. Cependant, l'habitabilité n'est seulement que de 18% en période de hautes eaux et de 5% en basses eaux (Tableau 55). Quelque soit l'année, le potentiel d'accueil de la Kwé est très faible en saison de basses eaux.

Tableau 54 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de *Protogobius attiti*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	-7%	-4%	-14%	-5%	-22%	-7%
Kwé Nord 2 (KN2)	-9%	-1%	-16%	-2%	-29%	-8%
Kwé Ouest amont (KO4)	-5%	-1%	-8%	-1%	-13%	-2%
KO5	-25%	-1%	-30%	1%	-23%	-3%
Kwé principale	-18%	-1%	-22%	-2%	-30%	-8%
Kwé Est	-3%	-2%	-1%	-3%	-4%	-3%
Kwé Ouest	-11%	0%	-20%	-1%	-34%	-2%
Total Rivière Kwé	-11%	-1%	-16%	-2%	-22%	-5%

Tableau 55 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Protogobius attiti* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	7%	2%	9%	4%	12%	6%
Kwé Nord 2 (KN2)	4%	0%	10%	1%	16%	1%
Kwé Ouest amont (KO4)	8%	4%	10%	6%	13%	6%
KO5	8%	3%	18%	6%	35%	5%
Kwé principale	10%	6%	19%	8%	29%	9%
Kwé Est	3%	0%	4%	0%	4%	1%
Kwé Ouest	6%	4%	13%	4%	17%	5%
Total Rivière Kwé	7%	3%	12%	4%	18%	5%

Certaines portions de la Kwé sont très affectées par la réduction du débit annoncée sur la rivière. Les effets sont les plus importants en saison de hautes eaux : jusqu'à -30% d'habitabilité pour la Kwé principale et -34% pour la Kwé Ouest dans le cas d'une année humide (Tableau 54). La partie aval de KO5 peut perdre également jusqu'à 30% d'habitats susceptibles d'être propices à *P. attiti* en année moyenne. Toutefois, ce sont sur ces cours d'eau que l'habitabilité est globalement la plus élevée.

#### 4.5.1.4 Anguilla megastoma

L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis d'*Anguilla megastoma* varie avec la réduction du débit prévue sur la rivière. L'habitabilité diminue principalement en hautes eaux, la Kwé pouvant perdre jusqu'à 17% d'habitats potentiellement propices à l'anguille, sur une année pluvieuse (Tableau 56). En basses eaux, pour la même année, l'habitabilité de la Kwé diminue de 6%.

Le potentiel d'accueil de la Kwé est, malgré la perte de nombreux habitats, le plus important en année humide, avec une habitabilité de 45% en hautes eaux et de 30% en basses eaux (Tableau 57).

Tableau 56 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis d'*Anguilla megastoma*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	-5%	0%	-25%	0%	-35%	-4%
Kwé Nord 2 (KN2)	-3%	0%	-10%	0%	-14%	-1%
Kwé Ouest amont (KO4)	-22%	0%	-24%	0%	-24%	-3%
KO5	-15%	0%	-31%	0%	-38%	0%
Kwé principale	-13%	-17%	-5%	-23%	-1%	-23%
Kwé Est	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	0%
Kwé Ouest	-27%	-12%	-6%	-13%	-6%	-7%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>-12%</b>	<b>-4%</b>	<b>-15%</b>	<b>-6%</b>	<b>-17%</b>	<b>-6%</b>

Tableau 57 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis d'*Anguilla megastoma* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	33%	33%	34%	33%	38%	33%
Kwé Nord 2 (KN2)	1%	0%	3%	0%	4%	1%
Kwé Ouest amont (KO4)	45%	43%	52%	43%	63%	43%
KO5	8%	8%	8%	8%	26%	8%
Kwé principale	82%	36%	93%	57%	96%	67%
Kwé Est	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Kwé Ouest	62%	28%	87%	47%	90%	57%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>33%</b>	<b>21%</b>	<b>40%</b>	<b>27%</b>	<b>45%</b>	<b>30%</b>

La perte d'habitats est plus ou moins importante selon les cours d'eau. La Kwé Nord aval et les parties aval de KO4 et KO5 sont particulièrement touchées en période de hautes eaux par la réduction du débit. En année humide, KO5 peut perdre jusqu'à 38% d'habitabilité. La Kwé principale, elle, est surtout affectée en saison de basses eaux (jusqu'à -23% ; Tableau 56). Malgré la perte d'habitats potentiellement les plus favorables à *Anguilla megastoma* avec la réduction du débit attendue, la Kwé principale, la Kwé Ouest et la partie aval de KO4 comprennent toujours de nombreux habitats susceptibles d'être propices. En période de hautes eaux, la Kwé principale comprend 96% d'habitabilité dans le cas d'une année humide (Tableau 57).

#### 4.5.1.5 *Kuhlia rupestris*

L'habitabilité de la rivière vis-à-vis de *Kuhlia rupestris* fluctue selon les conditions hydrologiques avec la réduction du débit. La diminution la plus importante de l'habitabilité de la Kwé est en période de hautes eaux, en année sèche. La diminution est de l'ordre de 8% (Tableau 58). La perte d'habitabilité est la moins élevée en année humide, -3% en hautes eaux et -4% en basses eaux.

L'année la plus favorable à la carpe est néanmoins l'année humide en période de hautes eaux, avec un pourcentage d'habitabilité de 40% d'après le scénario (Tableau 59).

Tableau 58 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de *Kuhlia rupestris*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	-5%	0%	-16%	0%	-9%	-4%
Kwé Nord 2 (KN2)	-3%	0%	-5%	0%	-6%	-1%
Kwé Ouest amont (KO4)	-21%	0%	-17%	0%	-8%	-3%
KO5	-14%	0%	-26%	0%	-29%	0%
Kwé principale	0%	-17%	+10%	-17%	+17%	-12%
Kwé Est	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	0%
Kwé Ouest	-16%	-12%	+7%	-13%	+14%	-7%
Total Rivière Kwé	-8%	-4%	-7%	-5%	-3%	-4%

Tableau 59 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Kuhlia rupestris* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	33%	33%	34%	33%	38%	33%
Kwé Nord 2 (KN2)	1%	0%	3%	0%	4%	1%
Kwé Ouest amont (KO4)	45%	43%	52%	43%	62%	43%
KO5	8%	8%	8%	8%	24%	8%
Kwé principale	75%	36%	77%	56%	74%	65%
Kwé Est	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Kwé Ouest	62%	28%	77%	47%	77%	57%
Total Rivière Kwé	32%	21%	36%	27%	40%	30%

Certaines portions de la rivière sont plus touchées que d'autres par la réduction du débit. L'habitabilité sur la partie aval de KO4 diminue en situation de hautes eaux, allant jusqu'à une baisse de -29% pour une année humide (Tableau 58). La Kwé Nord aval et la partie aval de KO5 peuvent également perdre un certain nombre d'habitats susceptibles d'être propices à *K. rupestris*. En revanche, d'autres cours d'eau voient leur nombre d'habitats potentiellement favorables à la carpe augmenter. Cette augmentation est visible en période de hautes eaux, dans le cas d'une année humide, sur la Kwé principale et la Kwé Ouest avec respectivement +17% et +14% d'habitabilité (Tableau 58). De même, en année moyenne, l'habitabilité augmente. Ces deux parties de la Kwé deviennent donc des endroits encore plus propices à la présence de *Kuhlia rupestris* à cette saison.

## 4.5.2 COMMUNAUTES MACROBENTHIQUES

### 4.5.2.1 Helicopsychidae

L'habitabilité de l'ensemble de la rivière vis-à-vis des Helicopsychidae est affectée par les réductions du débit prédites par le modèle hydrologique. La proportion d'habitats potentiellement favorables aux Helicopsychidae diminue, quelque soit l'année et la saison. En période de hautes eaux par exemple, l'habitabilité diminue seulement de 3% sur l'ensemble de la rivière pour une année humide mais peut aller jusqu'à 13% en année sèche (Tableau 35). En période de basses eaux, l'habitabilité de la rivière est légèrement plus touchée en année humide (-11%), qu'en années moyenne (-10%) et sèche (-8%).

Le potentiel d'accueil de la rivière vis-à-vis de ce taxon apparait, après modélisation de la réduction du débit, le plus favorable en période de hautes eaux, et pour une année humide (49% d'habitabilité ; Tableau 61). A la même saison, l'habitabilité est plus faible dans le cas d'une année sèche, de l'ordre de 36%. La proportion d'habitats susceptibles d'être propices aux Helicopsychidae diminue en basses eaux, quelque soit l'année. Elle peut descendre à 16% en année sèche.

Tableau 60 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Helicopsychidae

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	0%	-18%	0%	-16%	0%	-3%
Kwé Ouest amont (KO4)	-22%	-7%	-13%	-3%	-6%	-7%
KO5	-46%	-2%	-2%	0%	0%	-9%
Kwé principale	-3%	-2%	-4%	-6%	-5%	-8%
Kwé Est	-22%	-17%	-10%	-34%	-6%	-29%
Kwé Ouest	-3%	-6%	-2%	-4%	-2%	-14%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>-13%</b>	<b>-8%</b>	<b>-5%</b>	<b>-10%</b>	<b>-3%</b>	<b>-11%</b>

Tableau 61 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Helicopsychidae après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	78%	22%	78%	61%	79%	76%
Kwé Ouest amont (KO4)	27%	14%	38%	19%	47%	20%
KO5	22%	0%	66%	5%	68%	5%
Kwé principale	27%	16%	28%	19%	30%	20%
Kwé Est	31%	6%	45%	12%	52%	22%
Kwé Ouest	74%	53%	75%	61%	77%	62%
Total Rivière Kwé	36%	16%	45%	24%	49%	28%

Certaines parties de la Kwé sont plus touchées que d'autres par la réduction du débit. La proportion d'habitats propices aux Helicopsychidae sur la partie aval de KO5 est fortement impactée en année sèche, en période de hautes eaux (-46% ; Tableau 60). En période de basses eaux, l'habitabilité diminue seulement de 2%, mais cette réduction entraîne la disparition de tout habitat potentiellement favorable pour ce taxon sur KO5 (Tableau 61). La Kwé Est et la Kwé Ouest amont (KO4) peuvent être plus ou moins affectées selon les conditions hydrologiques.

La Kwé Nord KN2 et la Kwé Ouest offrent encore de nombreux tronçons propices aux Helicopsychidae malgré la perte d'habitabilité après réduction du débit. En hautes eaux, l'écart d'habitabilité est très faible, voire nulle sur KN2 (Tableau 60). En période de basses eaux, cet écart peut être plus important, notamment pour KN2. Le potentiel d'accueil de la Kwé Nord amont est très fortement influencé par les saisons en année sèche, diminuant de plus de 50% entre la période de hautes eaux et la période de basses eaux (Tableau 61).

#### 4.5.2.2 Lepeorus

La proportion d'habitats potentiellement favorables aux macroinvertébrés du genre *Lepeorus* sur la Kwé diminue pour chaque année et chaque saison avec la réduction du débit modélisée. La perte d'habitabilité est la plus élevée pour une année sèche, en période de hautes eaux. La diminution est de l'ordre de -13% (Tableau 62). Globalement, la Kwé perd davantage d'habitats susceptibles d'être propices à *Lepeorus* en hautes eaux qu'en basses eaux.

Malgré ces écarts entre la référence et le scénario, l'habitabilité de la rivière vis-à-vis de ce taxon est la plus importante en période de hautes eaux, en année humide (49% ; Tableau 65). En année sèche, l'habitabilité descend à 37% en hautes eaux et seulement 16% en basses eaux.

Tableau 62 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis de *Lepeorus*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	-1%	-19%	0%	-15%	0%	-4%
Kwé Ouest amont (KO4)	-22%	-7%	-13%	-3%	-6%	-7%
KO5	-48%	-2%	-2%	0%	-1%	-9%
Kwé principale	-3%	-2%	-4%	-6%	-5%	-8%
Kwé Est	-22%	-17%	-10%	-34%	-6%	-29%
Kwé Ouest	-3%	-6%	-2%	-4%	-2%	-14%
Total Rivière Kwé	-13%	-8%	-5%	-10%	-3%	-11%

Tableau 63 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis de *Lepeorus* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	80%	23%	81%	64%	81%	77%
Kwé Ouest amont (KO4)	27%	14%	38%	19%	47%	20%
KO5	22%	0%	68%	5%	70%	5%
Kwé principale	27%	16%	28%	19%	30%	20%
Kwé Est	32%	6%	47%	13%	54%	23%
Kwé Ouest	74%	53%	75%	61%	77%	62%
Total Rivière Kwé	37%	16%	46%	25%	49%	29%

La partie aval de KO5 est particulièrement affectée par la réduction du débit prédite sur la Kwé. En période de hautes eaux, KO5 perd 48% d'habitabilité dans le cas d'une année sèche (Tableau

62). Plus que 22% de cet affluent est potentiellement favorable aux *Lepeorus*. En basses eaux, même si la réduction est faible, l'habitabilité de KO5 est très limitée. La Kwé Nord amont, la partie aval de KO4 et la Kwé Est sont également touchées par la modification du débit selon les années et les saisons. Toutefois, la Kwé Nord KN2 ainsi que la Kwé Ouest présentent encore de multiples habitats susceptibles d'être propices aux *Lepeorus*, entre 80 et 81% pour KN2 et entre 74 et 77% pour la Kwé Ouest en période de hautes eaux (Tableau 63).

#### 4.5.2.3 Polycentropodidae

L'habitabilité de l'ensemble de la rivière Kwé est affectée par la réduction du débit. Le potentiel d'accueil de la rivière Kwé diminue plus ou moins selon les années et les saisons ; la réduction étant la plus importante en période de hautes eaux, en année sèche (-15% ; Tableau 64). En basses eaux, la diminution est moindre, soit -8%. En années moyenne et humide, la perte d'habitabilité est plus élevée en basses eaux qu'en hautes eaux.

D'après le scénario, l'année humide, en période de hautes eaux, est l'année offrant le plus d'habitats potentiellement favorables aux Polycentropodidae sur la rivière Kwé, avec un pourcentage d'habitabilité de l'ordre de 51% (Tableau 65). L'année sèche, en saison de basses eaux, est la moins propice à l'accueil de ces organismes (16%).

Tableau 64 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Polycentropodidae

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	-4%	-21%	-2%	-21%	-2%	-3%
Kwé Ouest amont (KO4)	-22%	-7%	-12%	-4%	-5%	-7%
KO5	-48%	-2%	-1%	0%	-1%	-8%
Kwé principale	-4%	-3%	-4%	-6%	-5%	-7%
Kwé Est	-28%	-18%	-13%	-39%	-9%	-34%
Kwé Ouest	-3%	-6%	-2%	-4%	-2%	-14%
Total Rivière Kwé	-15%	-8%	-5%	-12%	-4%	-11%

Tableau 65 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Polycentropodidae après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	90%	27%	91%	68%	92%	86%
Kwé Ouest amont (KO4)	27%	14%	39%	19%	47%	20%
KO5	21%	0%	66%	5%	67%	5%
Kwé principale	27%	17%	29%	19%	31%	20%
Kwé Est	31%	5%	48%	10%	57%	22%
Kwé Ouest	75%	54%	76%	61%	77%	62%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>38%</b>	<b>16%</b>	<b>48%</b>	<b>25%</b>	<b>51%</b>	<b>30%</b>

Les habitats potentiellement favorables situés sur la partie aval de KO5 diminuent fortement en année sèche, en période de hautes eaux, entre les conditions de référence et le scénario. L'habitabilité de KO5 diminue de 48% (Tableau 64). Pour la même année, en période de basses eaux, seulement 2% des habitats potentiellement propices aux Polycentropodidae disparaissent (Tableau 64) mais cette diminution entraîne l'absence de tout habitat potentiel pour ce taxon sur KO5 (Tableau 65). Pour les autres années à la même période, la proportion d'habitats favorables est très faible sur cette partie de cours d'eau. La Kwé Est semble également très affectée par la réduction du débit, quelque soit l'année et la saison.

La Kwé Ouest et la Kwé Nord amont comprennent de multiples habitats adaptés aux besoins des Polycentropodidae, même si un certain nombre d'entre eux disparaissent, notamment en saison de basses eaux. L'habitabilité sur KN2 vis-à-vis de ce taxon peut atteindre jusqu'à 93% pour une année moyenne, en période de hautes eaux (Tableau 65). KO5 offre aussi de nombreux habitats potentiellement favorables en période de hautes eaux, en années moyenne et humide (respectivement 66% et 67% d'habitabilité ; Tableau 65).

#### 4.5.2.4 Hydropsychidae

Un certain nombre d'habitats, évalués comme potentiellement favorables aux Hydropsychidae avant la réduction du débit, ont disparu. La plus forte diminution sur l'ensemble de la Kwé est prévue pour l'année sèche en période de hautes eaux, de l'ordre -8%, mais la perte d'habitabilité varie très peu entre les années et les saisons (Tableau 66).

Le potentiel d'accueil de la Kwé est le plus favorable vis-à-vis des Hydropsychidae en année pluvieuse, en période de hautes eaux, soit une habitabilité de 35% (Tableau 67). L'année la moins favorable à ces macroinvertébrés est l'année sèche, en saison de basses eaux (13% d'habitabilité).

Tableau 66 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Hydropsychidae

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	0%	-16%	0%	-10%	0%	-2%
Kwé Ouest amont (KO4)	-14%	-5%	-8%	-2%	-6%	-5%
KO5	-33%	-2%	-3%	0%	-1%	-8%
Kwé principale	-3%	-2%	-3%	-3%	-5%	-5%
Kwé Est	-8%	-9%	-5%	-13%	-3%	-11%
Kwé Ouest	-3%	-5%	-2%	-4%	-1%	-9%
Total Rivière Kwé	-8%	-6%	-3%	-5%	-3%	-6%

Tableau 67 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydropsychidae après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	60%	20%	61%	49%	61%	58%
Kwé Ouest amont (KO4)	20%	11%	28%	14%	32%	15%
KO5	18%	0%	49%	5%	51%	4%
Kwé principale	20%	14%	22%	16%	23%	17%
Kwé Est	15%	3%	20%	7%	24%	12%
Kwé Ouest	66%	50%	67%	57%	69%	57%
Total Rivière Kwé	27%	13%	33%	20%	35%	23%

La Kwé Nord amont et la Kwé Ouest ne semblent presque pas touchées en période de hautes eaux par la réduction de débit en termes d'habitabilité vis-à-vis des Hydropsychidae (Tableau 66). La proportion d'habitats disponibles sur ces deux portions de cours d'eau est toujours supérieure à 60% à cette saison (Tableau 67). Cependant, l'écart entre les saisons se creuse lorsqu'on se situe

en année sèche, passant de 60% d'habitabilité en hautes eaux à 20% en basses eaux sur la Kwé Nord amont.

La capacité d'accueil de la partie aval de KO5 est très affectée, avec une réduction d'un tiers prévue en hautes eaux, sur une année sèche (Tableau 66). En basses eaux, KO5 apparaît comme totalement inadapté à l'accueil des Hydropsychidae (0% d'habitabilité ; Tableau 67).

#### 4.5.2.5 Paratya

La proportion d'habitats potentiellement les plus favorables vis-à-vis des crevettes du genre *Paratya* (*P. bouvieri* et *P. intermedia*) diminue avec la réduction du débit prédite sur la Kwé. La réduction est la plus élevée en année sèche, en période de hautes eaux, de l'ordre de -8% (Tableau 68). En année humide, à la même saison, la perte d'habitabilité est de seulement 2% sur la rivière.

L'habitabilité de la Kwé par rapport aux crevettes est la plus importante en période de hautes eaux, dans le cas d'une année pluvieuse. La proportion d'habitats potentiellement les plus favorables à ces macroinvertébrés est de l'ordre de 44% (Tableau 69).

Tableau 68 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des *Paratya*

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	-3%	-13%	0%	-10%	0%	-2%
Kwé Ouest amont (KO4)	-11%	-4%	-6%	-2%	-3%	-4%
KO5	-21%	-2%	-1%	0%	0%	-6%
Kwé principale	-3%	-2%	-3%	-3%	-4%	-5%
Kwé Est	-18%	-9%	-9%	-23%	-3%	-21%
Kwé Ouest	-3%	-5%	-2%	-4%	-1%	-9%
Total Rivière Kwé	-8%	-5%	-4%	-6%	-2%	-7%

Tableau 69 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des *Paratya* après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Kwé Nord 2 (KN2)	74%	38%	76%	63%	76%	72%
Kwé Ouest amont (KO4)	28%	21%	34%	24%	38%	24%
KO5	41%	28%	61%	33%	62%	32%
Kwé principale	30%	23%	31%	25%	32%	26%
Kwé Est	24%	10%	34%	13%	42%	19%
Kwé Ouest	68%	53%	69%	59%	71%	60%
Total Rivière Kwé	36%	24%	42%	30%	44%	32%

La Kwé Est semble être la partie de la rivière la plus touchée en termes d'habitabilité par la réduction du débit attendue sur la Kwé. Elle peut perdre jusqu'à 23% d'habitabilité en période de basses eaux (Tableau 68). La partie aval de KO5 perd également un certain nombre d'habitats susceptibles d'être les plus propices à *Paratya* en année sèche, en hautes eaux, ainsi que la Kwé Nord amont en basses eaux. Néanmoins, KN2 et KO5 présentent encore de nombreux tronçons potentiellement habitables par les crevettes, allant jusqu'à 76% en hautes eaux pour KN2 (Tableau 69). La Kwé Ouest apparaît aussi comme étant particulièrement appropriée à l'accueil de ces crustacés.

#### 4.5.2.6 Hydrobiidae

La perte d'habitabilité sur la Kwé vis-à-vis des Hydrobiidae est inférieure à 1%, quelque soit l'année et la saison (Tableau 70). De plus, d'après le scénario de réduction du débit, l'habitabilité de la rivière Kwé reste très stable entre les conditions hydrologiques, variant entre 40% et 41% (Tableau 71).

Tableau 70 : Evolution de l'habitabilité (%) de l'ensemble du bassin versant de la Kwé entre l'état de référence et le scénario prédit vis-à-vis des Hydrobiidae

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Ouest amont (KO4)	0,36%	0%	0,21%	0%	0,57%	0%
KO5	0,23%	0%	0,63%	0%	0,79%	0%
Kwé principale	0%	0%	0%	0%	0%	0,18%
Kwé Est	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Ouest	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total Rivière Kwé	0,08%	0%	0,10%	0%	0,17%	0,04%

Tableau 71 : Habitabilité (%) de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de la Kwé vis-à-vis des Hydrobiidae après réduction du débit

Cours d'eau	Habitabilité (%)					
	Année sèche		Année moyenne		Année humide	
	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux	Hautes Eaux	Basses Eaux
	SHE	SBE	MHE	MBE	HHE	HBE
Kwé Nord aval (KN)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kwé Nord 2 (KN2)	63%	63%	63%	63%	63%	63%
Kwé Ouest amont (KO4)	36%	36%	36%	36%	35%	36%
KO5	55%	55%	55%	55%	55%	55%
Kwé principale	31%	31%	31%	31%	31%	31%
Kwé Est	62%	62%	62%	62%	62%	62%
Kwé Ouest	32%	32%	32%	32%	32%	32%
<b>Total Rivière Kwé</b>	<b>41%</b>	<b>41%</b>	<b>41%</b>	<b>41%</b>	<b>40%</b>	<b>41%</b>

La Kwé Nord amont KN2, la Kwé Est et la partie aval de KO5 sont les bras de la rivière qui présentent le plus d'habitats susceptibles d'être les plus propices aux Hydrobiidae. Plus de la moitié des tronçons de ces cours d'eau apparaissent comme favorables (Tableau 71). L'habitabilité des affluents et de la Kwé principale par rapport à ces macroinvertébrés est la même entre les saisons et les années.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 231 / 294</b>

## 4.6 DISCUSSION

### 4.6.1 IMPACTS D'UNE REDUCTION DE DEBIT VIS-A-VIS DES ESPECES CIBLES

L'impact des réductions du débit de la Kwé sur la faune aquatique a été étudié par évaluation de l'habitabilité potentielle de la rivière vis-à-vis de l'ichtyofaune et de la macrofaune.

L'habitabilité de la Kwé a alors été estimée avant toute modification du débit, soit en situation de référence, puis après la prise en compte de la réduction du débit prédite par le modèle hydraulique. Les habitats potentiellement les plus favorables pour les communautés biologiques ont été évalués en prenant en considération les différentes conditions hydrologiques possibles et en se basant sur des espèces piscicoles et macrobenthiques "cibles". Ces espèces ont été principalement sélectionnées à partir de leurs préférences écologiques et de leur répartition sur la Kwé.

#### 4.6.1.1 Espèces piscicoles

L'habitabilité de la Kwé a été estimée pour 6 espèces cibles piscicoles. En état de référence, c'est-à-dire en situation "naturelle", l'habitabilité de la rivière apparaît potentiellement la plus favorable vis-à-vis des espèces piscicoles en période de hautes eaux, et plus particulièrement en année humide. Le potentiel d'accueil du bassin versant de la Kwé est le plus important pour *Smilosicyopus chloe* et *Anguilla megastoma* avec respectivement 65% et 63% d'habitabilité l'année la plus favorable, soit l'année humide, en hautes eaux. Suivent ensuite *Kuhlia rupestris* et *Protogobius attiti* pour lesquelles l'habitabilité de la Kwé peut atteindre jusqu'à 43% et 40%. Pour les mulots *Cestraeus plicatilis* et *Cestraeus oxyrhyncus*, la proportion d'habitats potentiellement favorables à ces 2 espèces sur la Kwé est la plus faible, de l'ordre de 24%, pour la condition hydrologique la plus propice à leur présence. En période de basses eaux, l'année où la Kwé offre le plus d'habitats favorables aux espèces cibles est également l'année humide. Cependant, ces habitats sont moins nombreux qu'en période de hautes eaux, l'écart pouvant être parfois très important entre les 2 saisons. En année sèche par exemple, l'habitabilité peut descendre à 26% pour *A. megastoma*, 18% pour *S. chloe* et seulement 4% pour *P. attiti*. Les variations saisonnières et interannuelles influencent donc considérablement l'habitabilité potentielle de la Kwé vis-à-vis de l'ichtyofaune.

Certaines espèces piscicoles ont des préférences écologiques particulières, que ce soit en termes de courant ou de profondeur. La vitesse du courant, sur le bassin de la Kwé, est principalement comprise entre 0,2 et 0,5m/s en année de référence (année moyenne - hautes eaux). Quelques tronçons présentent une vitesse plus importante, entre 0,5 et 1m/s, tandis que d'autres, en revanche, ont une vitesse beaucoup plus réduite (< à 0,2m/s ; cf. Cartes de l'état de référence). La hauteur d'eau est assez hétérogène sur la rivière, les zones les moins profondes se

situant principalement sur la Kwé Nord amont et la Kwé Est. Certains tronçons de la Kwé vont donc être plus propices que d'autres aux poissons. *S. chloe* est une espèce très rhéophile, avec une gamme de vitesses comprise préférentiellement entre 0,5 et 1m/s. Elle est donc assez exigeante en termes de courant. En revanche, la profondeur est un paramètre moins décisif dans la répartition de ce gobie, compte tenu de sa petite taille. Il peut ainsi vivre dans des milieux avec une hauteur d'eau plus faible que d'autres espèces (à partir de 0,2m). Les tronçons semblant être les plus favorables au gobie se situent principalement sur la Kwé principale et la Kwé Ouest. La partie aval de KO5 présente également de nombreux habitats susceptibles de lui être propices en période de hautes eaux. Les autres affluents de la Kwé peuvent aussi présenter un certain nombre d'habitats favorables, le facteur limitant étant la vitesse du courant. *P. attiti* est une espèce très rhéophile, tout comme *S. chloe*. Les habitats apparaissant comme potentiellement les plus propices pour cette espèce vont également se situer sur la Kwé principale, la Kwé Ouest et KO5. En revanche, *P. attiti* affectionne les zones un peu plus profondes, avec un préférendum compris entre 0,5 et 2m. La proportion de tronçons apparaissant comme les plus favorables à sa présence est donc plus réduite sur ces cours d'eau. L'anguille, elle, affectionne les eaux courantes mais peut également se trouver dans des zones plus calmes et plus ou moins profondes, allant de 0,2 à plus de 2m de fond, d'où potentiellement un large panel d'habitats pour cette espèce et donc une habitabilité sur la Kwé plus élevée que pour d'autres espèces. Les habitats susceptibles d'être les plus propices pour elle sont principalement situés sur la Kwé principale, la Kwé Ouest ainsi que sur la partie aval de KO4 en saison de hautes eaux, la limite étant la hauteur d'eau. Les tronçons pour lesquels la profondeur est inférieure à 0,2m n'apparaissent pas comme potentiellement habitables par l'anguille. Toutefois, ces résultats sont à interpréter avec prudence. *A. megastoma*, contrairement aux autres anguilles, ne fait que passer dans le cours inférieur à l'état juvénile pour remonter le plus possible vers l'amont des rivières. Sa présence n'a été observée à ce jour que sur les parties KO4 et KO5 et la Kwé Est. La carpe *K. rupestris*, même si elle affectionne les eaux rapides, ne dédaigne pas non plus les zones calmes. En revanche, les adultes pouvant atteindre jusqu'à 40cm, la profondeur est un critère plus déterminant pour cette espèce. La Kwé principale, la Kwé Ouest et la partie aval de KO4 comprennent de multiples tronçons potentiellement favorables à la présence de la carpe mais en proportion moindre que pour l'anguille. Quant aux mulets noirs, ces poissons sont exigeants en termes de vitesse mais surtout de profondeur, préférant les zones avec une profondeur moyenne de plus de 1m. Les parties de la Kwé les plus à même d'accueillir ces 2 mulets sont donc la Kwé Nord aval, la partie aval de KO4 et la Kwé principale, sur des tronçons où la hauteur d'eau est plus importante. L'habitabilité pour *C. plicatilis* et *C. oxyrhyncus* est globalement plus faible, comparativement aux autres espèces cibles.

**La modification du débit de la Kwé peut avoir un impact très important sur l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des espèces étudiées.** De manière générale, la proportion d'habitats susceptibles d'être propices à ces espèces diminue avec la réduction du débit. Cette proportion semble être particulièrement affectée en période de hautes eaux, et légèrement plus en année pluvieuse. L'ensemble de la Kwé peut perdre jusqu'à -17% d'habitabilité vis-à-vis de *A. megastoma*, -18% pour *S. chloe* et enfin -22% pour *P. attiti* à cette période. Malgré ces résultats, l'année humide en hautes eaux reste toujours la condition hydrologique la plus favorable à la présence des espèces piscicoles sur la Kwé.

A contrario, en période de basses eaux, l'écart entre les conditions hydrologiques de référence et les scénarii de réduction de débit est moindre. Cependant, l'habitabilité étant déjà plus faible en période de basses eaux naturellement, celle-ci reste la saison la moins propice aux poissons après modification des paramètres hydrauliques. La proportion d'habitats potentiellement favorables à *S. chloe* est à seulement 8% en année sèche, en période de basses eaux. Le potentiel d'accueil de la Kwé vis-à-vis de *P. attiti* ne diminue que de 1% entre avant et après réduction du débit. Seulement, l'habitabilité de la rivière n'étant déjà que de 4% avant modification du débit, celle-ci reste très infime, de l'ordre de 3%. La perte d'habitabilité par rapport aux 2 mulets noirs est plus faible que pour les autres espèces, mais la proportion d'habitats susceptibles de leur être favorables était déjà limitée avant impact. L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis de *K. rupestris* peut se modifier d'après la modélisation de la réduction du débit. Celle-ci diminue le plus en période de hautes eaux, dans le cas d'une année sèche (-8%).

**Certaines parties de la rivière vont être plus impactées que d'autres par la réduction du débit.** Si les tronçons de la Kwé les plus à même d'accueillir les espèces piscicoles sont les premiers touchés par les modifications du débit, alors l'habitabilité va en être particulièrement affectée.

Les habitats potentiellement les plus favorables aux espèces cibles piscicoles sont principalement situés sur la Kwé principale et la Kwé Ouest. Les parties aval de KO5 et KO4 apparaissent également favorables, en particulier en période de hautes eaux. Toutes ces parties de la Kwé peuvent, selon les années et les saisons, voir leur habitabilité diminuer avec la réduction du débit prédite. L'habitabilité de la partie aval de KO5 vis-à-vis de certaines espèces peut être très affectée par la modification du débit. Cette perte d'habitabilité apparaît en période de hautes eaux. A cette saison, KO5 peut perdre jusqu'à 27% d'habitats potentiellement propices à *S. chloe*, 30% pour *P. attiti* et jusqu'à 38% pour *A. megastoma*.

D'après les scénarios modélisés, le débit de base sur KO5 pourrait subir des réductions de plus de 50%, ce qui peut entraîner des modifications importantes en termes de vitesse, de hauteur d'eau et donc d'habitabilité. En basses eaux, la perte d'habitabilité sur la partie aval de KO5 est faible. Néanmoins, l'habitabilité était déjà très réduite sur cet affluent avant la prise en compte de la modification du débit. L'habitabilité sur la partie aval de KO4 peut également être touchée en période de hautes eaux, notamment pour *S. chloe*, l'anguille et la carpe. D'autres parties de la rivière comme la Kwé Nord, la Kwé principale et la Kwé Ouest semblent devenir moins propices à l'ichtyofaune, et particulièrement en hautes eaux. En effet, pour la Kwé Ouest (amont et aval), la Kwé Nord et l'aval de la Kwé principale, les réductions du débit sont systématiquement plus élevées en hautes eaux, quelque soit l'année. Les plus fortes sont attendues en année humide et en année sèche. A contrario, pour KN2 et la Kwé Est, les réductions du débit sont plus fortes en basses eaux (cf. Paragraphe 3.2.5.1).

Les mulets du genre *Cestraeus* sont les poissons les plus exigeants en termes de profondeur d'après les préférences écologiques définies pour chaque espèce cible. Les modifications de hauteur d'eau engendrées par les réductions du débit sur le bassin versant de la Kwé sont donc susceptibles d'être fortement impactantes pour ces mulets noirs. D'après les scénarios modélisés, on attend une diminution systématique de la hauteur d'eau, quelque soit la période ou l'année hydrologique et quelque la rivière. La diminution de la hauteur d'eau est proportionnelle à la

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 234 / 294</b>

réduction du débit. Pour les tronçons situés en amont, la hauteur d'eau apparaît être très sensible aux variations de débit, contrairement à l'aval. Cette observation à l'aval est principalement due à la présence de mouilles, où la hauteur d'eau est toujours plus importante quelque soit le débit (cf. Paragraphe 3.2.5.2).

Les habitats préférentiels des mulots noirs sont principalement situés sur la Kwé Nord aval - au niveau du bassin BSKN - et la Kwé Ouest et son bras KO4, dans des tronçons où la profondeur est appropriée aux besoins de ces poissons. Après prise en compte de la réduction du débit, il apparaît que ces habitats sont faiblement touchés, du fait que l'impact de la réduction du débit soit moindre dans les zones profondes.

Contrairement aux autres espèces cibles piscicoles, l'habitabilité de la Kwé principale et de ses affluents peut augmenter vis-à-vis de *Kuhlia rupestris*. En effet, en période de hautes eaux, dans le cas d'une année humide et d'une année moyenne, la proportion d'habitats potentiellement favorables à la carpe augmente sur certains tronçons de la Kwé. Ces tronçons sont situés sur la Kwé principale et la Kwé Ouest, l'habitabilité pouvant augmenter jusqu'à 17% sur la Kwé principale. Certains tronçons de rivière qui n'apparaissaient pas favorables à la carpe en situation "naturelle" semblent donc le devenir avec la réduction du débit. A noter que, d'après les préférences écologiques établies pour *K. rupestris*, celle-ci peut se retrouver aussi bien dans des milieux courants que dans des zones plus calmes.

#### 4.6.1.2 Espèces macrobenthiques

L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des macroinvertébrés a été évaluée à partir de 6 taxons sélectionnés principalement en fonction de leurs préférences écologiques et des données disponibles sur la faune macrobenthique. Le potentiel d'accueil de la rivière vis-à-vis de ces taxons cibles a, dans un premier temps, été estimé avant réduction du débit attendue sur la Kwé. Comme pour les espèces cibles piscicoles, l'année apparaissant comme la plus favorable en termes d'habitabilité est l'année humide, en période de hautes eaux. Plus de la moitié de la rivière semble alors potentiellement favorable aux Polycentropodidae (55%), au genre *Lepeorus* (53%) et aux Helicopsychidae (52%). La Kwé offre également de multiples habitats susceptibles d'être propices à la présence des crevettes *Paratya* (*Paratya bouvieri* et *Paratya intermedia* ; 46% d'habitabilité), des Hydrobiidae (40%) et enfin des Hydropsychidae (38%). En période de hautes eaux, l'habitabilité est légèrement moins élevée pour les années moyenne et sèche. En saison de basses eaux, la proportion d'habitats potentiellement favorables aux macroinvertébrés benthiques sur la Kwé est également légèrement plus élevée en année pluvieuse qu'en années sèche ou moyenne. L'habitabilité varie donc en fonction des années mais surtout selon les saisons. En effet, l'écart entre les périodes de hautes eaux et de basses eaux peut être important selon les taxons. Seule l'habitabilité vis-à-vis des Hydrobiidae ne semble pas être affectée par les variations interannuelles et saisonnières.

L'habitabilité de la Kwé est plus ou moins importante selon les macroinvertébrés benthiques. Ces organismes ont des préférences écologiques particulières, vis-à-vis de la vitesse, du substrat

ou d'autres paramètres. La vitesse du courant varie très peu sur la Kwé, elle se situe en grande majorité entre 0 et 0,5m/s. Quelques tronçons peuvent avoir une vitesse plus importante (entre 0,5 et 1m/s). En ce qui concerne la granulométrie, le fond du lit de la Kwé est majoritairement composé d'éléments grossiers tels que les dalles et les blocs. Certains tronçons de rivière comportent également des éléments plus fins comme des galets ou des graviers. Les groupes faunistiques sélectionnés pour évaluer le potentiel d'accueil de la Kwé vis-à-vis des macroinvertébrés vont donc privilégier certains tronçons de rivière à d'autres, en fonction de leurs préférences écologiques. Les Helicopsychidae et les *Lepeorus* regroupent des organismes aux exigences très similaires, d'où des résultats d'habitabilité quasiment identiques. Ces macroinvertébrés benthiques privilégient les zones rapides, de 0,75 à 1,5m/s, voire au delà de 1,5m/s, sur fond de dalles et de blocs. Les milieux à vitesse moyenne (entre 0,25 et 0,75m/s) leur sont également favorables. Les habitats susceptibles d'être les plus propices pour ces 2 groupes faunistiques apparaissent être la Kwé Nord amont, la Kwé Ouest ainsi que la partie aval de KO5 mais seulement en période de hautes eaux. Ces cours d'eau sont principalement composés de dalles et de blocs, favorables à ces macroinvertébrés. Les éléments moins grossiers comme les pierres et les galets étant également favorables à *Lepeorus*, l'habitabilité vis-à-vis de ce taxon est légèrement plus élevée sur la Kwé Nord et KO5 que pour les Helicopsychidae. Les Hydropsychidae sont également des organismes rhéophiles. Ces macroinvertébrés apprécient les substrats grossiers (dalles, blocs) mais les éléments plus fins tels que les galets, les pierres et même les éléments organiques constituent également des milieux favorables. Les habitats potentiellement les plus propices à ce taxon sont, tout comme les Helicopsychidae et *Lepeorus*, principalement situés sur la Kwé Nord amont, la Kwé Ouest et la partie aval de KO5. Cependant, l'habitabilité apparaît plus faible sur ces cours d'eau et sur l'ensemble de la rivière pour ce taxon, comparée aux 2 autres. Ceci s'explique probablement par le fait que les zones à vitesse moyenne (de 0,25 à 0,75m/s) soient moins favorables aux Hydropsychidae. Les Polycentropodidae sont des organismes principalement présents dans des zones de vitesse moyenne à rapide (0,25 à 1,5m/s) dans les cours d'eau calédoniens, sur des substrats à dominance de blocs et/ou de galets. Globalement, l'habitabilité de la rivière et des affluents comme KN2 ou la Kwé Est est légèrement plus élevée pour ces organismes. Ceux-ci, même s'ils aiment le courant, peuvent également fréquenter des zones plus calmes. De plus, les milieux à fond de galets et de pierres forment des habitats tout aussi favorables que les blocs. Les 2 espèces de crevettes du genre *Paratya* affectionnent les zones où le courant est particulièrement fort, principalement sur fond de pierres et de galets. La proportion d'habitats susceptibles d'être les plus propices à ces crevettes est la plus importante sur la Kwé Nord amont et la Kwé Ouest.

Contrairement aux autres taxons macrobenthiques, l'aire de répartition des Hydrobiidae ne se restreint pas aux eaux rapides. En effet, les zones plus calmes, entre 0 et 0,75m/s, leur sont très favorables. Les habitats les plus propices aux Hydrobiidae sont principalement constitués d'éléments fins comme le gravier et le sable. Ces organismes vont donc fréquenter des tronçons de la Kwé où les autres macroinvertébrés ne seront potentiellement pas présents. Les habitats probablement les plus favorables aux Hydrobiidae se situent essentiellement sur la Kwé Nord et la Kwé Est. L'habitabilité sur ces bras de la Kwé ne varie pas ni entre les années, ni entre les saisons.

La réduction du débit prédite sur la Kwé va avoir un impact plus ou moins important sur l'habitabilité de la rivière selon les taxons cibles et les conditions hydrologiques. De manière générale, l'habitabilité de l'ensemble de la Kwé vis-à-vis des macroinvertébrés étudiés diminue avec la modification du débit. Rappelons que, contrairement à la vitesse du courant, le substrat est un paramètre non pris en compte dans la construction du modèle hydrologique. Ainsi, cette variable n'évolue pas entre les années et les saisons ni après modification du débit. De même pour la pollution sédimentaire. La présence de dépôts latéritiques n'a pas été intégrée dans le modèle. L'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des invertébrés ne se modifie donc que si la vitesse du courant change sous l'effet de la réduction du débit attendue sur la rivière. La période la plus touchée par la réduction du débit apparaît être l'année sèche, en saison de hautes eaux. Les autres situations hydrologiques sont également affectées mais de façon moins importante. La perte d'habitabilité sur l'ensemble de la Kwé se chiffre en année sèche, en période de hautes eaux, à -8% pour les Hydropterygidae et les crevettes *Paratya*, à -13% pour les Helicopsychidae et *Lepeorus* et enfin -15% pour les Polycentropodidae. Aucune perte d'habitabilité n'est à noter vis-à-vis des Hydrobiidae, et ce quelque soit l'année et la saison. Dans certaines conditions hydrologiques, la proportion d'habitats potentiellement favorables aux Hydrobiidae sur la Kwé peut même très légèrement augmenter.

L'année la plus propice à l'accueil des taxons cibles macrobenthiques, après réduction du débit de base, reste l'année humide, en saison de hautes eaux. C'est l'année la moins impactée par la réduction du débit et celle-ci étant déjà la plus propice avant impact, l'année pluvieuse en hautes eaux reste la meilleure situation.

Certains affluents de la Kwé sont plus affectés que d'autres par la réduction du débit. La partie aval de KO5 est très touchée en période de hautes eaux (réduction > à 50%), l'habitabilité sur cette partie de la Kwé pouvant diminuer de presque de moitié pour certaines espèces comme les Polycentropodidae (-48%), *Lepeorus* et les Helicopsychidae (-46%). En basses eaux, la perte d'habitabilité est infime. Cependant, cette légère diminution provoque la disparition totale des habitats susceptibles d'être propices aux espèces dans le cas d'une année sèche. Pour les autres années (moyenne et humide), à la même saison, la proportion d'habitats potentiellement favorables est très faible. A noter que celle-ci était déjà très limitée avant la modification du débit attendue sur la Kwé. D'autres tronçons de la Kwé apparaissent impactés comme KN2 en période de basses eaux et la Kwé Est. KN2 peut subir de fortes réductions du débit, allant de -30% en année humide en période de hautes eaux à plus de -50% en année sèche, en basses eaux, sur certains tronçons. Néanmoins, la Kwé Nord amont, la Kwé Ouest ainsi que la partie aval de KO5, principalement en hautes eaux pour les années moyenne et humide, restent les milieux les plus favorables aux taxons macrobenthiques étudiés.

L'habitabilité de KN2 et de la Kwé Est vis-à-vis des Hydrobiidae reste identique entre avant et après réduction du débit. La saisonnalité ainsi que les variations interannuelles ne semblent pas non plus impactées l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des Hydrobiidae après réduction du débit. Les Hydrobiidae sont des organismes fréquentant des eaux à faible courant (< à 0,25 m/s) ou à vitesse moyenne (0,25 à 0,75 m/s) sur fond de sable et de graviers, à la différence des autres taxons cibles qui sont majoritairement rhéophiles et qui privilégient les substrats plus grossiers. Les habitats les plus favorables à ces espèces rhéophiles ne le seront donc pas forcément pour les Hydrobiidae, et inversement. Les modifications des paramètres hydrauliques (débit, hauteur

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 237 / 294</b>

d'eau,...) ne vont donc pas autant affectées les habitats potentiels des Hydrobiidae que certaines espèces telles que les Helicopsychidae ou les organismes du genre *Lepeorus*. La réduction du débit et de la vitesse du courant peuvent au contraire créer des milieux propices à ces gastéropodes, qui ne l'étaient pas avant car trop rapides par exemple. Toutefois, ces résultats sont à interpréter avec prudence. Ces organismes nécessitent d'avoir une source d'eau permanente. De plus, le substrat a été évalué, à dire d'experts, comme la variable la plus discriminante dans la répartition des Hydrobiidae, à hauteur de 60 %. Or, l'évolution de cette variable n'a pas été intégrée au modèle. Le substrat reste identique quelque soit les variations de débit.

La Kwé Nord aval (KN) n'entre pas en compte dans l'évaluation de l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des groupes faunistiques macrobenthiques. En effet, ce bras de la Kwé n'a pas été échantillonné lors de la phase de terrain. S'il a été possible de récupérer les données de vitesse à partir du modèle hydrologique, la granulométrie, elle, n'a pu être caractérisée. Cette variable intervenant directement dans l'estimation des habitats potentiellement les plus favorables pour les invertébrés étudiés, l'habitabilité de la Kwé Nord aval n'a donc pas pu être estimée. D'autres tronçons situés sur la Kwé n'ont pu être décrit en termes de granulométrie, soit pour les mêmes raisons que la Kwé Nord, comme c'est le cas de la partie aval de la Kwé principale, soit par manque de visibilité du fond du lit durant la phase terrain (aval de KO5).

## **4.6.2 IMPACTS SUR L'ENSEMBLE DES COMMUNAUTÉS BIOLOGIQUES**

### **4.6.2.1 L'habitabilité d'une rivière et préférendum écologique**

En biologie et écologie, un préférendum désigne la valeur d'une variable ou d'un gradient, pour laquelle un organisme vivant, ou plus généralement une espèce, peut atteindre son développement optimum. Le préférendum s'inscrit dans un intervalle de tolérance, c'est-à-dire une gamme de valeurs à l'intérieur de laquelle un organisme peut se développer sans se trouver dans des conditions létales pour la ou les variables considérées<sup>3</sup>.

Les communautés biologiques ont donc besoin d'un environnement spécifique qui se définit comme un ensemble de conditions environnementales, appelé niche écologique (Hutchinson 1957). Chaque espèce ou taxon a des préférences écologiques particulières qui détermineront sa distribution au sein d'un cours d'eau ou d'un tronçon de rivière.

---

<sup>3</sup> Un préférendum « étroit » caractérise une niche écologique. Un organisme caractérisé par un préférendum étroit pour l'ensemble des facteurs écologiques est dit « sténœcique ». Un organisme présentant une grande tolérance, sans préférendum marqué, et donc susceptible de s'adapter à des conditions variables, est dit « ubiquiste » ou « euryœcique ».

**L'habitabilité d'une rivière** par une espèce dépend donc, entre autres, des caractéristiques hydrauliques, morphologiques et physico-chimiques du milieu. Intervient alors le débit, qui a un rôle-clé dans l'écologie d'un cours d'eau (Hynes 1970; N. Leroy Poff et Ward 1989). Celui-ci exerce un contrôle sur tout un ensemble de paramètres structurant un cours d'eau comme la vitesse du courant, la géomorphologie de la rivière, le transport sédimentaire, ... (N. Leroy Poff et Ward 1989). Le débit va principalement agir sur les habitats de la faune aquatique au travers de deux composantes essentielles : la morphologie et l'hydraulique. La morphologie, définie par la forme du fond, des berges et de la plaine alluviale, constitue le support des habitats de la faune. Les conditions hydrauliques (vitesses de courant, types d'écoulement et profondeur de l'eau) agissent directement sur les organismes aquatiques, en fonction notamment de leur capacité de nage. Le débit conditionne donc les communautés vivantes (Baran et Leroyer-Gravet 2007). Mais cette variable "maitre" peut subir parfois d'importantes modifications, à la fois naturelles et anthropiques.

#### Des conditions hydrauliques modifiées

L'écoulement naturel d'un cours d'eau varie à l'échelle des heures, des jours, des saisons et des années (N. Leroy Poff et al. 1997). Les variations naturelles de débit créent et maintiennent la dynamique d'une rivière qui est essentielle aux espèces aquatiques et riveraines. Elles permettent de réguler un certain nombre de processus géomorphologiques et écologiques qui vont agir sur la structure de tous les ensembles lotiques, que ce soit les poissons, les invertébrés, les algues ou les macrophytes (N. Leroy Poff et Ward 1989). L'alternance des hautes et basses eaux et les événements extrêmes tels que les crues et les sécheresses sont les principales sources de variabilité et de perturbations environnementales. Les effets des fluctuations du débit sur les communautés biologiques et sur l'ensemble de l'écosystème vont dépendre notamment de l'intensité, de la fréquence et de la durée auxquelles elles se produisent.

Dans notre étude, l'habitabilité de la rivière Kwé vis-à-vis des espèces piscicoles et macrobenthiques varie selon les saisons et les années. La Kwé semble offrir le plus d'habitats susceptibles d'être favorables à la faune aquatique, en période de hautes eaux. La rivière apparaît donc être la plus propice à l'accueil des poissons et des invertébrés étudiés à cette saison, et préférentiellement en année humide. L'écart d'habitabilité de la Kwé entre les hautes et les basses eaux peut être très important selon les espèces. Entre ces deux saisons, des modifications s'opèrent au sein du cours d'eau. Le débit va varier, amenant tout un ensemble de variables à être modifiées elles aussi. En hautes eaux, le débit est globalement plus important sur la Kwé qu'en basses eaux. Par exemple, pour une année humide, le débit de la Kwé principale passe de 2-2,25m/s en hautes eaux à 0,50-0,75m/s en basses eaux. De même pour la Kwé Ouest, le débit, de l'ordre de 1,25-1,50m/s en hautes eaux, diminue de plus de 50% en basses eaux (entre 0,25 et 0,50m/s). La vitesse du courant et la profondeur vont alors elles aussi diminuer entre les hautes et les basses eaux. Or ces paramètres interviennent directement dans l'évaluation de l'habitabilité potentielle de la Kwé vis-à-vis des communautés biologiques. Les espèces piscicoles et macrobenthiques ciblées dans l'étude sont majoritairement des organismes rhéophiles, privilégiant les zones à vitesse rapide (>0,5m/s pour les poissons et >0,75m/s pour les macroinvertébrés). Les modifications de la vitesse du courant vont donc avoir un impact important sur les habitats potentiels de ces espèces.

### Une réduction des habitats lotiques

Une des principales conséquences des périodes de basses eaux serait donc une forte réduction des habitats lotiques (rapides, cascades,... ; (Girard 2013).

### Une modification de la biocénose<sup>4</sup>

A l'inverse, pour les individus limnophiles tels que les Hydrobiidae, l'habitabilité de la rivière ne varie pas ou très peu entre les saisons ou les années. Les habitats préférentiels de ces espèces, caractérisés par une vitesse lente à moyenne, n'apparaissent pas affectés par la réduction du débit occasionnée par les variations saisonnières. Au contraire, la modification du débit et donc de la vitesse du courant pourront être favorables aux espèces d'eaux calmes. La réduction des habitats lotiques en période de basses eaux se fait au profit de ces espèces par la création d'habitats plus lents et donc potentiellement plus propices à leur présence. Les espèces d'habitats lentiques pourraient donc devenir dominantes dans des conditions modifiées. La modification de la hauteur d'eau causée par les variations saisonnières du débit va également avoir un impact sur certaines espèces, en particulier sur les poissons. En effet, les poissons de petite taille peuvent théoriquement vivre dans des milieux avec une lame d'eau assez faible tandis que les poissons plus grands nécessitent des zones plus profondes. Si pour les espèces de petite taille, la profondeur importe peu, alors la Kwé présente potentiellement un large choix d'habitats pour elles. En revanche, pour les espèces de grande taille, la profondeur va être limitante et la gamme d'habitats susceptibles d'être propices à ces espèces plus restreinte. C'est notamment le cas pour les mulots noirs. Globalement, l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des mulots du genre *Cestraeus* est plus faible que pour les autres espèces. Ces poissons peuvent atteindre jusqu'à 25cm pour *C. oxyrhyncus* et 40cm pour *C. plicatilis*. Leur taille va donc limiter la proportion de tronçons qui potentiellement leur seraient favorables.

### Un risque de fragmentation des habitats

Le principal impact des basses eaux ou des sécheresses naturelles et de la réduction du débit est donc une forte réduction des habitats lotiques. Mais d'autres problèmes peuvent également se poser comme la fragmentation des habitats avec la perte dans certains cas de la continuité hydraulique (longitudinale et latérale).

### D'autres risques de modifications au sein de l'écosystème

D'autres variables intervenant dans la dynamique d'une rivière vont aussi subir des perturbations comme le transport sédimentaire ou la physico-chimie. En effet, un débit élevé apporte un certain nombre de bénéfices écologiques en maintenant la productivité et la diversité au sein d'un écosystème. Il favorise par exemple le transport des sédiments fins, l'oxygénation et le flux de nutriments. La remise en suspension et le transport des sédiments fins permettent notamment le maintien d'une productivité benthique mais également la création d'habitats propices à certaines espèces sur le fond du lit (N. Leroy Poff et al. 1997). Un débit faible voire nul va ralentir cette dynamique en favorisant la sédimentation. Ce processus altère de manière générale le

---

<sup>4</sup> En écologie, une biocénose (ou biocœnose) est l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 240 / 294</b>

substrat, en comblant les espaces interstitiels qui pourraient servir de refuge ou, par exemple, en altérant les sources éventuelles de nourriture (enterrement des feuilles, enfouissement du périphyton, ... ; (Beschta et Jackson 1979). Le substrat est une variable essentielle dans la répartition spatiale des organismes piscicoles et macrobenthiques. Elle n'a pas pu être prise en compte dans l'évaluation de l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis des espèces piscicoles puisque cela nécessite de données collectées lors des pêches par « ambiance » dont on ne dispose pas aujourd'hui.

Les substrats ont plusieurs fonctions pour la faune aquatique : refuge, alimentation, reproduction (Braud et Alber 2007). De même pour les macroinvertébrés, cette variable est un facteur déterminant dans la distribution de ces organismes. Si l'évolution de cette variable n'a pas été intégrée dans le modèle hydraulique, celle-ci ne doit de ce fait pas être négligée pour autant.

Tous ces changements **d'ordre naturel** peuvent avoir un impact considérable sur un cours d'eau, tant au niveau hydraulique et géomorphologique que biologique.

#### Des conditions hydrauliques artificialisées

D'autres perturbations, d'origine artificielle cette fois, peuvent venir s'ajouter. Deux grandes catégories de perturbations vont modifier les régimes de débits : les altérations directes par prélèvement, transfert ou restitution et les altérations indirectes liées aux modifications du bassin versant (Baran et Leroyer-Gravet 2007). La modification du régime hydrologique naturel d'un cours d'eau affecte à la fois les espèces aquatiques et les espèces riveraines. Les réponses écologiques face à cette altération de l'écoulement vont dépendre directement des changements engendrés par ce bouleversement sur les processus hydrauliques et géomorphologiques (N. Leroy Poff et al. 1997).

#### L'intensité de l'impact sur le bassin de la Kwé et les différents affluents

D'après les résultats obtenus sur la totalité du bassin versant de la Kwé, l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des espèces piscicoles et des taxons macrobenthiques étudiés apparaît affectée par la réduction du débit modélisée. Globalement, la proportion d'habitats potentiellement favorables aux communautés ichtyologiques et macrobenthiques sur la rivière diminue quelque soit l'année ou la saison.

Les plus fortes diminutions de débit prédites sont localisées sur le cours amont de la rivière Kwé Ouest, KO5 et la Kwé Est. Les tronçons les moins touchés se situent sur le cours aval de la Kwé Ouest ainsi que sur la Kwé Nord. Les réductions de débit dépendent de la pluviométrie et de l'année hydrologique. En analysant en détails l'impact des réductions du débit de base, celui-ci semble varier selon la saison et l'année hydrologique. Si la réduction du débit est plus importante en période de basses eaux pour la Kwé Est et KN2, en période de hautes eaux les réductions sont systématiquement plus fortes sur l'aval de la Kwé principale, la Kwé Nord et la Kwé Ouest et ce quelque soit l'année.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 241 / 294</b>

Cette modification du débit va avoir des conséquences plus ou moins importantes sur les organismes, en fonction de leurs préférences écologiques et des changements opérés sur la dynamique globale de la rivière. Les paramètres hydrauliques utilisés comme principaux facteurs expliquant la distribution spatiale des poissons et des macroinvertébrés sont directement affectés par la réduction du débit modélisée sur tous les affluents concernés de la Kwé. En effet, sur certains tronçons potentiellement favorables aux espèces piscicoles en état de référence, la vitesse du courant ainsi que la hauteur d'eau peuvent subir d'importantes modifications. Quelque soit l'année, la saison ou le cours d'eau, on attend une diminution systématique de la hauteur d'eau, proportionnellement à la réduction du débit. En période de basses eaux, l'écart de hauteur d'eau est le plus important sur la Kwé Est, l'amont de KO4 et KO5 et une partie de la Kwé Nord. L'amont du bras KO4 subit des assecs naturels en année sèche, mais avec la réduction du débit, ce même tronçon peut aussi être asséché en année humide. La réduction de la hauteur d'eau peut être plus forte en période de hautes eaux, en fonction des années, pour certains tronçons de rivière, comme sur la Kwé Ouest, la Kwé principale et l'aval de KO4/KO5. Toutes ces modifications auront probablement des répercussions sur les habitats aquatiques et donc sur les espèces piscicoles et macrobenthiques.

L'altération du régime hydrologique change l'intensité, la fréquence et la durée des hautes et des basses eaux (Poff et al., 1997; Rolls et Arthington, 2014). Dans le cas de la Kwé, la réduction du débit affecte la variabilité naturelle de l'écoulement, atténuant les effets des hautes eaux tout en accentuant ceux des basses eaux. Les changements dans l'intensité, la durée et la variabilité des évènements naturels peuvent provoquer une multitude d'impacts sur le fonctionnement d'une rivière (Gippel et Blackham 2002).

Ci-dessous, un résumé de ceux qui concerneront plus particulièrement la zone d'étude :

- Les conditions hydrauliques (vitesse du courant, profondeur,..) : diminution de la variabilité temporelle des conditions hydrauliques, réduction de la diversité hydraulique
- Le transport des sédiments : modification du profil saisonnier du transport de matériaux, réduction du charriage et du transport des sédiments en suspension, augmentation de la sédimentation
- La connectivité rivière/zone riveraine : réduction de la durée/fréquence de connexion entre le cours d'eau et la plaine inondable
- La morphologie de la rivière : réduction de la surface mouillée du lit de la rivière, altération du fond du lit
- Les habitats aquatiques : altération de la disponibilité saisonnière des habitats, réduction de la diversité d'habitats

Tous ces impacts vont provoquer des changements au sein des communautés biologiques.

#### 4.6.2.2 Impacts sur les poissons

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 242 / 294</b>

Comme indiqué ci-dessus, une des principales conséquences de la réduction du débit va être la modification de la structure des communautés ichthyologiques présentes dans le cours d'eau. Les effets de l'altération du régime d'écoulement sur les poissons d'eau douce se produisent à la suite d'un ensemble de processus dépendant de l'amplitude et/ou de la durée d'exposition à cette perturbation (Rolls et Arthington 2014). L'altération du débit aurait donc des conséquences sur l'abondance, la richesse et la composition des communautés piscicoles.

#### Une dominance par des espèces de petite taille et physiologiquement tolérantes

Pusey et al. (1993) ont montré que le régime d'écoulement dans la rivière Mary, au sud-est du Queensland, variait spatialement, avec plusieurs petits affluents sujets à de fréquentes périodes de débit très faible tandis que d'autres avaient des débits de base constants. Les affluents subissant des périodes prolongées de bas débit étaient dominés par des espèces de petite taille, physiologiquement tolérantes et généralistes (Pusey, Arthington, et Read 1993).

#### Une diminution des espèces rhéophiles

La conversion des habitats lotiques en milieux plus lents par la réduction du débit va avoir tendance à favoriser la dominance de ces espèces, au dépend des espèces rhéophiles, sensibles et/ou spécialisées (Bunn et Arthington 2002). Gehrke (1997) a observé des différences dans la composition spécifique entre des tronçons dont le débit était fortement régulé et des tronçons non modifiés ou très peu en Australie.

#### Une augmentation des habitats des espèces généralistes

La modification de l'écoulement sur certains cours d'eau perturbe les processus d'équilibre des écosystèmes aquatiques et entraîne l'augmentation des habitats des espèces généralistes au détriment des habitats propices aux espèces spécialisées (Gehrke 1997). La création d'habitats plus propices aux espèces généralistes peut notamment être favorable à l'installation des espèces introduites. Bien que des espèces de poissons soient introduites dans une grande variété d'environnements, la réussite de ces introductions est généralement plus importante dans des cours d'eau qui ont été modifiés et où les régimes d'écoulement sont plus constants. Certaines espèces ont la capacité de s'adapter facilement aux conditions abiotiques d'un milieu, notamment si elles bénéficient de faibles débits, avec une saisonnalité réduite. Elles peuvent ainsi supplanter certaines espèces autochtones adaptées à des débits plus variables et à des conditions d'habitat hétérogènes (Bunn et Arthington 2002).

#### Un risque d'installation des espèces introduites

La conversion de rivières en habitats lenticques peut entraîner la prolifération d'espèces piscicoles non-natives, comme par exemple celle du tilapia *Oreochromis mossambicus* dans les barrages en Afrique, ou en Australie. Cette espèce dont plusieurs individus ont été observés à l'aval de la Kwé Nord, au niveau du bassin de sédimentation, pourrait alors étendre son aire de répartition et gagner de nouveaux habitats devenus défavorables à la faune piscicole autochtone (Comm. Personnel Vale).

#### Une richesse spécifique modifiée

Si la composition spécifique change généralement avec la modification de l'écoulement naturel, la richesse spécifique semble moins affectée. Le nombre d'espèces pourrait rester sensiblement le même, ce serait la composition qui risque cependant de changer. Gehrke (1997) n'a détecté aucune différence de richesse spécifique entre les rivières régulées et non-régulées. Ce résultat peut être relié au fait que les espèces sensibles ou ayant des préférences écologiques assez strictes soient remplacées par des espèces plus tolérantes avec des préférences plus larges en termes d'habitat. La capacité de certaines espèces à tolérer les perturbations est très importante dans l'évaluation de l'impact d'une modification de l'écoulement sur les communautés piscicoles (Gehrke 1997). De ce fait, certaines espèces vont être très affectées tandis que d'autres seront favorisées et leur abondance sera plus importante que celle des espèces ayant une faible capacité à tolérer des altérations du milieu.

#### Une perturbation du cycle de vie des espèces migratrices

Au-delà des changements dans la composition des communautés ichtyologiques, la régulation de l'écoulement naturel peut intervenir sur les cycles de vie de certains organismes et sur les possibilités de migration.

La question du maintien de la continuité écologique est importante. D'autant plus si la réduction du débit prédite sur la Kwé intensifie les effets de la saison des basses eaux et atténue ceux de la période de hautes eaux. Outre la perte d'habitats, la réduction du débit peut entraîner la fragmentation des habitats avec une perte de la continuité hydraulique (latérale et longitudinale). Toutes les espèces piscicoles effectuent des déplacements dans le réseau hydrographique, ces derniers étant plus ou moins importants pour le bon fonctionnement de leur cycle biologique selon que les habitats nécessaires au développement des alevins, à la croissance des adultes et à la reproduction sont disjoints (Calandre et Jacono 2006). Chez certaines espèces, les besoins se limitent à de simples déplacements entre les zones de croissance, de reproduction et d'alimentation au sein d'un cours d'eau. Pour la majorité cependant, les aires de reproduction et de croissance sont bien différenciées, ayant leur aire de reproduction en milieu dulçaquicole et leur aire de grossissement en milieu marin ou inversement. Toutes les espèces retrouvées dans la Kwé sont des espèces amphihalines. Certaines sont des espèces dites catadromes, comme c'est le cas des anguilles, des mullets noirs et des Kuhlidae. Ces poissons passent une grande partie de leur cycle eau douce et partent se reproduire en mer (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b). A l'inverse, d'autres espèces sont amphidromes (Eleotridae, Gobiidae, Rhyacichthyidae). Une espèce amphidrome se dit d'un poisson migrateur dont la reproduction s'effectue en eau douce, qui descend les rivières vers la mer au stade larvaire et les remonte ensuite au stade juvénile pour y vivre à l'état adulte. Le maintien de la continuité écologique est donc très important pour les différentes communautés ichtyologiques présentes dans la Kwé.

#### **4.6.2.3 Impacts sur les macroinvertébrés benthiques**

Les communautés macrobenthiques peuvent être fortement influencées par les modifications de l'écoulement naturel (Principe 2010). Les assemblages de macroinvertébrés sont conditionnés

par les conditions hydrauliques et la variabilité du substrat. Or, tous ces paramètres vont être influencés par la réduction du débit. Les populations macrobenthiques subiraient alors des modifications au niveau de la richesse, de la composition taxonomique et des interactions.

Les changements de la qualité des habitats aquatiques vont affecter chaque taxon différemment. Ainsi, les réactions face à une réduction du débit ou tout autre changement vont être variables en fonction de la composition taxonomique de la communauté de macroinvertébrés dans un milieu donné (James 2008).

#### Une diminution de la richesse taxonomique

Les faibles débits ou la réduction de débit provoque souvent la diminution de la richesse taxonomique. Cette perte de richesse peut principalement s'expliquer par la réduction de la diversité d'habitats, avec notamment la perte d'habitats rapides (McIntosh, Benbow, et Burky 2002b). La diminution de la richesse taxonomique peut être limitée si la diversité d'habitats est maintenue après la modification du débit (Wood et Pett 1999). Mais, généralement, les taxons privilégiant les habitats rapides sont les plus touchés, et certains peuvent disparaître. Les changements causés par la réduction du débit comme l'augmentation de la sédimentation peut également provoquer des changements dans la richesse taxonomique. Une étude a démontré que la richesse était plus faible dans un petit cours d'eau à fond de gravier que dans d'autres rivières du fait du recouvrement progressif du substrat par des sédiments fins (James 2008).

#### Un basculement de l'équilibre vers une dominance des espèces des milieux lenticques sur sédiments fins au cycle de vie court

Les taxons fréquentant les milieux à faible courant sur fond de sédiments fins seraient donc plus avantagés par les faibles débits que les espèces préférant les zones à fort courant, sur fond de graviers ou de substrats plus grossiers. La composition taxonomique des communautés de macroinvertébrés va donc dans ce cas changer. Certains types d'habitats vont augmenter avec la réduction du débit et favoriser la présence de certains taxons, tandis que d'autres vont diminuer et réduire ainsi la probabilité d'avoir certains macroinvertébrés. Les assemblages macrobenthiques présents sur les cours d'eau régulés sont généralement plus tolérants aux stress (raréfaction de l'oxygène, écoulement lent, ...) et ont des cycles de vie plus courts que les communautés présentes dans des milieux non régulés (Cortes et al. 2002). Une étude menée sur l'impact des captages dans 2 rivières en Martinique a montré que la réduction du débit, en aval des ouvrages de prise d'eau, provoquait des changements au sein des communautés piscicoles et macrobenthiques. En ce qui concerne les macroinvertébrés, il a été observé une différence au niveau des familles retrouvées entre l'amont et l'aval. La baisse du débit favorisait à l'aval la colonisation par des familles différentes d'invertébrés. Les taxons de milieux lenticques, avec une dominance des mollusques, domineraient, au dépend des familles de milieux lotiques (Conseil Général de la Martinique 2009).

#### Les interactions prédateurs –proies perturbées

Les bas débits ainsi que les réductions de débits interviennent également sur les interactions prédateurs-proies et la compétition, en diminuant la vitesse du courant et la taille des habitats. La diminution de la taille des habitats lorsque le débit diminue peut faire augmenter la densité

d'invertébrés et donc favoriser la prédation et la concurrence (James 2008). Par exemple, la vitesse du courant contrôle le taux d'apport en nourriture pour les organismes filtreurs. Les larves d'Hydropsychidae ont tendance à s'agréger dans les zones à vitesse rapide où les conditions d'alimentation sont plus favorables que dans les zones à faible vitesse. Ces larves pourraient réagir à la réduction de l'écoulement en se déplaçant vers les zones les plus rapides et augmenteraient donc de ce fait la concurrence pour l'espace et la nourriture (Matczak et Mackay 1990). A contrario, la réduction des inondations et de l'intensité des hautes eaux pourrait permettre la colonisation de communautés d'algues, favorisant dans ce cas les organismes brouteurs (McIntosh et al. 2008b).

### L'impact potentiel sur les macrocrustacés

L'étude d'impact des ouvrages de prises d'eau sur des rivières de Martinique a montré une différence entre l'amont et l'aval pour les macrocrustacés (Conseil Général de la Martinique 2009). A l'aval, apparaît une plus forte proportion de Palaemonidae et une plus faible proportion d'Atyidae. Les espèces d'Atyidae présentes dans les 2 rivières étudiées sont adaptées aux écoulements rapides et inféodées aux zones plus en amont. De plus, elles ont la capacité de franchir des obstacles de grande taille si le débit d'attrait reste suffisant pour remonter, à l'inverse des crevettes de la famille des Palaemonidae. Les crevettes du genre *Macrobrachium* (Palaemonidae) sont des organismes amphidromes. Les crevettes portent leurs œufs jusqu'à l'éclosion qui a lieu en eau douce. Après la ponte, les larves sont entraînées par le courant et poursuivent leur développement en mer. Les juvéniles remonteront vers l'intérieur des terres pour finir leur croissance (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b). Les crevettes *Paratya* (Atyidae), que l'on retrouve également dans la Kwé, réalisent, elles, tous leurs stades de développement dans l'eau douce (Marquet, Keith, et Vigneux 2003b).

En modifiant le régime naturel du débit et donc les conditions hydrauliques d'un cours d'eau, les habitats naturels des peuplements sont susceptibles d'être perturbés mais également les phases de dévalaison et de montaison lorsque ceux-ci nécessitent d'importants déplacements dans leur cycle biologique.

### Des changements potentiels dans l'ensemble de la chaîne trophique et de l'écosystème

Les macroinvertébrés benthiques ont un rôle essentiel dans le maintien des communautés aquatiques par le lien établi dans la chaîne trophique entre la matière organique et les poissons (Hauer et Resh 1996). Parce que tous les organismes sont liés - les connexions biotiques et abiotiques étant essentielles pour le maintien de l'intégrité des écosystèmes lotiques - la quantification de l'impact de la prédation sur l'abondance des proies est importante. Plusieurs facteurs influent sur la relation proie-prédateur : les caractéristiques alimentaires du prédateur ainsi que ses préférences en matière d'habitat et les caractéristiques de la proie notamment sa taille et le type de substrat qu'elle affectionne - le nombre de sites d'abris sera alors plus ou moins élevé pour elle (Winckler-Sosinski et al. 2008). Une modification dans l'assemblage des poissons - prédateurs - ou des macroinvertébrés - proies - va donc entraîner des changements dans la chaîne trophique et dans l'écosystème.



## 4.7 SYNTHÈSE

### 4.7.1 INTRODUCTION

La société Vale Nouvelle-Calédonie prévoit de miner la fosse du plateau de Goro dont la superficie va s'étendre jusqu'en 2036. La modification des terrains, le creusement des fosses et la mise en place de parcs de stockage de résidus, de verses et de carrières vont modifier le débit des cours d'eau, globalement à la baisse. Cette modification du régime hydrologique va entraîner des changements importants sur l'ensemble du bassin versant de la Kwé, tant sur les variables hydrauliques (vitesse, hauteur d'eau, surface mouillée, etc.) que sur les compartiments biologiques (faune et flore aquatique).

Les communautés biologiques nécessitent un environnement spécifique devant répondre à leurs besoins en termes d'habitat. Tout un ensemble de variables environnementales va donc intervenir dans la distribution spatiale de la faune aquatique. Ces variables étant fortement dépendantes du débit, la réduction de celui-ci va probablement entraîner de sérieuses modifications des habitats aquatiques et donc de la biodiversité.

D'après le modèle hydrogéologique utilisé pour prévoir les modifications du débit de base de la rivière Kwé et de ses principaux affluents, le débit va globalement diminuer quelque soit l'année (humide, moyenne, sèche) et la saison (hautes/basses eaux). Cette diminution du débit va alors entraîner des changements sur certaines variables hydrauliques telles que la vitesse du courant, la hauteur d'eau et la largeur du lit mouillé. Tous ces changements devraient avoir des répercussions sur la faune aquatique, que ce soit les poissons, les macrocrustacés ou les macroinvertébrés benthiques.

### 4.7.2 METHODOLOGIE

L'impact de la modification du débit de la Kwé sur la faune aquatique a été estimé par évaluation de l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des espèces piscicoles et macrobenthiques, avant puis après réduction du débit. Pour ce faire, les préférences écologiques de certains poissons et macroinvertébrés, qualifiés d'espèces « cibles », ont été établies pour les principales variables hydrauliques comme la vitesse de courant, la hauteur d'eau ou le substrat. Pour chacune de ces variables, des notes de préférence allant de 1 (faible) à 4 (très favorable) ont été définies, et ce pour chaque espèce/taxon. Ces notes de préférence ont ensuite été couplées aux données environnementales relevées sur le terrain et injectées dans le modèle hydraulique. Il en est ressorti une note globale d'habitabilité pour chaque tronçon de la rivière Kwé, allant elle aussi de 1 à 4, pareillement aux préférences écologiques. Une note supérieure à 3 signifie que le tronçon de rivière est potentiellement favorable voire très favorable à l'espèce. A partir de ces résultats, il est possible d'estimer l'habitabilité de la Kwé principale et de ses bras (Kwé Est, Kwé Nord amont et aval, Kwé Ouest, KO4 et KO5) puis d'extrapoler à l'ensemble du bassin, en additionnant les tronçons apparaissant les plus propices aux espèces/taxons cibles. L'écart d'habitabilité entre l'état de référence et les scénarios de modifications du débit de base permettra de quantifier l'impact de la

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 248 / 294</b>

réduction du débit à la fois sur les communautés ichthyologiques, les crustacés et les macroinvertébrés benthiques.

Les espèces cibles faunistiques étudiées dans cette étude ont été principalement sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques écologiques (degré de rhéophilie, sensibilité à la pollution sédimentaire, ...), de leur présence sur le bassin versant de la Kwé ainsi que des données actuellement disponibles sur la faune aquatique calédonienne.

### 4.7.3 RESULTATS

En état de référence - soit en situation « naturelle » avant modification du débit -, l'habitabilité du bassin versant de la Kwé est très variable selon les espèces ou les taxons étudiés.

En effet, certaines espèces piscicoles, crevettes et invertébrés benthiques présentent plus d'habitats potentiellement propices pour eux sur la Kwé que d'autres. Cela est en grande partie dû aux préférences écologiques des organismes, certains étant plus exigeants que d'autres, que ce soit en matière de vitesse de courant, de profondeur ou de qualité de l'eau de manière générale. Pour ce qui est de l'ichtyofaune, le bassin versant semble globalement offrir davantage d'habitats au gobie *Smilosicyopus chloe* et à l'anguille *A. megastoma* qu'aux autres espèces piscicoles, notamment en période de hautes eaux. Si *S.chloe* est une espèce très rhéophile et donc exigeante en termes de vitesse de courant, la profondeur est un paramètre moins décisif dans la répartition de ce gobie de par sa petite taille. L'anguille affectionne, elle aussi, les eaux courantes mais peut également se trouver dans des zones plus calmes et plus ou moins profondes, contrairement à des espèces comme *P. attiti* ou les mullets noirs *Cestraeus*, exigeants en vitesse et/ou hauteur d'eau. Pour ces derniers, l'habitabilité de la Kwé apparaît ainsi plus limitée. De même pour les macroinvertébrés, la proportion d'habitats susceptibles de leur être propices varie selon les taxons. Les taxons ayant des préférences écologiques plus larges que d'autres ont potentiellement plus d'habitats aquatiques disponibles sur la Kwé. Le potentiel d'accueil de la Kwé apparaît plus favorable aux éphéméroptères *Lepeorus*, aux Polycentropodidae et Helicopsychidae qu'aux Hydrobiidae ou aux Hydropsychidae, ces derniers étant plus exigeants en ce qui concerne la vitesse de courant que les autres.

En situation dite « naturelle », l'habitabilité de la Kwé peut considérablement varier selon les conditions hydrologiques. Celle-ci est plus importante, quelque soit l'espèce ou le taxon, en période de hautes eaux qu'en période de basses eaux. De même, la proportion d'habitats susceptibles d'être propices aux organismes cibles est plus élevée en année humide qu'en années sèche ou moyenne. Les variations saisonnières et interannuelles influencent donc fortement l'habitabilité de la Kwé. L'écart entre les saisons de hautes et de basses eaux peut être très grand, notamment pour les individus les plus rhéophiles. Pour les poissons, les habitats disponibles sur la Kwé pour *S.chloe* et *P.attiti* sont fortement touchés. L'habitabilité de la Kwé et des affluents diminue également en basses eaux pour les éphéméroptères et les trichoptères. A contrario, pour les Hydrobiidae, le potentiel d'accueil du bassin de la Kwé reste sensiblement identique entre les saisons et les années. Ces gastéropodes préfèrent les milieux plus calmes, comparés aux autres taxons cibles. Toutefois, ces organismes nécessitent une source d'eau permanente.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 249 / 294</b>

Les simulations du modèle hydraulique prévoient une réduction systématique du débit de base, quelque soit la période, l'année hydrologique et la rivière considérée. Cette réduction du débit va impacter de manière plus ou moins importante la dynamique globale de la Kwé. En effet, les diminutions de vitesse de courant et de hauteur d'eau devraient elles aussi être systématiques. Or, ces variables ont été évaluées comme intervenant directement sur la diversité des habitats aquatiques et donc sur la faune aquatique, selon leurs préférences écologiques.

La modification du débit de la Kwé peut avoir un impact très important sur l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des espèces piscicoles étudiées. De manière générale, la proportion d'habitats susceptibles d'être propices à ces espèces diminue avec la réduction du débit. Cette proportion semble être particulièrement affectée en période de hautes eaux, et légèrement plus en année pluvieuse. Les bras de rivière les plus favorables en situation « naturelle » pour l'ichtyofaune apparaissent être la Kwé principale, la Kwé Ouest et les 2 bras, KO4/KO5. Or, les plus fortes diminutions de débit prédites sont principalement localisées sur le cours amont de la Kwé Ouest et la rivière KO5. De plus, pour la Kwé Ouest et la Kwé principale, les réductions du débit de base sont systématiquement plus importantes durant la période des hautes eaux quelque soit l'année hydrologique, et principalement en années humide et sèche. Malgré ces résultats, l'année humide en hautes eaux reste toujours la condition hydrologique la plus favorable à la présence des espèces piscicoles sur la Kwé. A contrario, en période de basses eaux, l'écart entre les conditions hydrologiques de référence et les scénarii de réduction de débit est moindre. Cependant, l'habitabilité étant déjà plus faible en période de basses eaux naturellement, celle-ci reste la saison la moins propice aux poissons après modification des paramètres hydrauliques. Les espèces globalement les plus touchées par la réduction du débit de base sont *A. megastoma*, *S. chloe* et *P. attiti*. Les gobies sont très rhéophiles et une diminution de débit peut fortement les affecter selon les situations hydrologiques.

La réduction du débit prédite sur la Kwé va également avoir un impact plus ou moins important sur l'habitabilité de la rivière vis-à-vis des macroinvertébrés benthiques et des crevettes ciblés dans l'étude. De manière générale, l'habitabilité de l'ensemble de la Kwé vis-à-vis des macroinvertébrés étudiés diminue avec la modification du débit. La période la plus touchée par la réduction du débit apparaît être l'année sèche, en saison de hautes eaux. Les autres situations hydrologiques sont également affectées mais de façon moindre. Les diminutions sont principalement localisées sur KO5, la réduction de débit pouvant être supérieure à 50% sur ce tronçon de la Kwé. La Kwé Est, qui comprend de nombreux habitats potentiels en état de référence, est également impactée. Aucune perte d'habitabilité n'est à noter vis-à-vis des Hydrobiidae, et ce quelque soit l'année et la saison. Dans certaines conditions hydrologiques, la proportion d'habitats potentiellement favorables aux Hydrobiidae sur la Kwé peut même très légèrement augmenter.

#### 4.7.4 DISCUSSION

L'écoulement naturel d'un cours d'eau varie à l'échelle des heures, des jours, des saisons et des années. Les variations naturelles de débit créent et maintiennent la dynamique d'une rivière qui est essentielle aux espèces aquatiques et riveraines. Elles permettent de réguler un certain nombre de processus géomorphologiques et écologiques qui vont agir sur la structure de tous les ensembles lotiques, que ce soit les poissons, les invertébrés, les algues ou les macrophytes (N. Leroy Poff et Ward 1989)(1989a)(Poff, Ward 1989)[26]. L'alternance des hautes et basses eaux et les événements extrêmes tels que les crues et les sécheresses sont les principales sources de variabilité et de perturbations environnementales. Dans le cas du bassin versant de la Kwé, la proportion d'habitats disponibles aux espèces piscicoles et macrobenthiques varie considérablement en fonction des années et des saisons. De manière générale, en période de basses eaux, l'habitabilité de la Kwé vis-à-vis de ces organismes diminue. La réduction du débit pendant cette période de l'année entraîne des modifications importantes sur la vitesse de courant, la hauteur d'eau et d'autres variables. Les organismes vont donc être affectés, notamment les plus exigeants ou les plus sensibles à ce genre de changements.

Si ces changements d'ordre naturel peuvent avoir un impact considérable sur un cours d'eau, tant au niveau hydraulique et géomorphologique que biologique, d'autres perturbations, d'origine artificielle, peuvent venir s'ajouter. L'altération du régime hydrologique naturel change l'intensité, la fréquence et la durée des hautes et des basses eaux. Dans le cas de la Kwé, la réduction du débit affecte la variabilité naturelle de l'écoulement, atténuant les effets des hautes eaux tout en accentuant ceux des basses eaux. La modification de l'intensité, de la durée et de la variabilité des événements naturels peuvent provoquer une multitude d'impacts au sein d'un écosystème : diversité hydraulique, transport sédimentaire, connectivité rivière/zone riveraine, diversité d'habitats. Tous ces impacts vont influencer les communautés biologiques. Une des principales conséquences de la réduction du débit va être la modification de la structure des communautés ichthyologiques présentes dans le cours d'eau. Si une diminution de la richesse spécifique peut parfois être observée sur des cours d'eau régulés, c'est surtout la composition qui change. La principale conséquence d'une réduction de débit est la conversion de nombreux habitats lotiques en milieux lenticques. Ceci va alors avoir tendance à favoriser la dominance d'espèces généralistes, physiologiquement tolérantes et de petite taille, au dépend d'espèces rhéophiles, sensibles et/ou spécialisées. La création d'habitats plus propices aux espèces généralistes peut notamment être favorable à certaines espèces introduites, l'implantation de ces espèces étant généralement plus facile avec de faibles débits et une saisonnalité réduite. La réduction du débit pose également la question du maintien de la continuité écologique. Les organismes aquatiques sont amenés à se déplacer au sein d'un cours d'eau, de manière plus ou moins importante selon les individus. La possible fragmentation des habitats avec la diminution attendue de l'écoulement pourrait alors affecter certaines espèces, la migration dans une rivière ou entre l'eau douce et la mer étant essentielle dans le cycle biologique de la plupart des poissons et de certaines crevettes. D'autres changements peuvent également intervenir - compétition, prédation, etc.

## 5 VOLET BOTANIQUE

### 5.1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude de l'effet de la variation des débits de la Kwé et de ses affluents, le cabinet d'expertise SoREco-Nc a été consulté afin de déterminer l'impact de ces variations sur la végétation de la zone d'étude. Ce travail nécessite la mise en place d'une étude bibliographique des effets connus de la variation des débits. Par ailleurs, il est nécessaire de faire le point sur les connaissances botaniques déjà acquises dans l'emprise du site d'étude. Suite à ce travail, il est essentiel d'identifier le type de végétation pouvant être affecté par ces impacts et de déterminer leur étendue et leur distribution. Un accent particulier est apporté aux espèces rares et menacées de la zone. Pour cela, la distribution de ces espèces le long des cours d'eau doit être réalisée et leur sensibilité aux variations doit être considérée. Suite à l'identification des impacts possibles, des programmes de suivi de la végétation et des plans de conservation des espèces les plus sensibles seront proposés.

### 5.2 METHODOLOGIE

Afin de déterminer l'impact de la réduction des débits de la Kwé et de ses affluents, deux principaux paramètres ont été pris en compte, à savoir les types de végétations en place (maquis à hydromorphie temporaire, forêts denses humides, etc.) mais aussi la présence d'espèces rares et menacées présentes à proximité des cours d'eau. Au niveau des formations naturelles, l'accent a été porté sur les formations végétales en lien avec la présence des cours d'eau sur la zone d'étude, à savoir les maquis des plaines hydromorphes (ou à hydromorphie permanente), les maquis des sols à hydromorphie temporaire et les forêts denses humides sur éboulis (comprenant une frange de forêt rivulaire). Par ailleurs, les forêts denses humides à *Arillastrum gummiferum* à proximité des cours ont aussi été intégrées dans l'analyse. Ce choix se justifie par l'importante biodiversité que renferme ces formations mais aussi par la possibilité de déplacement du biseau salé à l'embouchure de la Kwé principale pouvant affecter le maintien d'une formation de ce type.

Les autres types de végétation tels que les maquis ligno-herbacés, maquis arbustifs, maquis pré ou paraforestiers n'ont pas été pris en compte dans cette étude. En effet, leur caractère sclérophylle, surtout pour les formations de type maquis, leur permet de se développer dans des zones sans apport d'eau provenant des cours d'eau. Ces formations ne seront pas impactées par la variation des débits des creeks de la Kwé. Pour caractériser l'étendue de ces formations sur l'ensemble de la zone d'étude, la cartographie des formations naturelles produite par Vale Nouvelle-Calédonie a été utilisée (Vale Nouvelle-Calédonie 2012).

Au niveau des espèces rares et menacées, des prospections ont été réalisées pour les localiser. A chaque fois qu'une espèce sensible était rencontrée, sa localité a été relevée par GPS Garmin GPSmap. Il faut toutefois garder à l'esprit que les relevés ne peuvent être exhaustifs. En effet, il est possible d'omettre certaines d'entre elles pour des raisons de visibilité ou de difficultés de terrains. Les relevés donnent toutefois une idée relative du nombre d'individus entre chaque espèce et de leur distribution le long des cours d'eau. Pour compléter ces données recueillies

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 252 / 294</b>

directement sur le terrain, les localités connues par Vale Nouvelle-Calédonie de ces espèces rares ont aussi été compilées et utilisées dans l'analyse des impacts.

Au final, il est possible d'estimer les surfaces des formations naturelles et des espèces sensibles susceptibles d'être impactées mais il n'est pas possible d'estimer l'intensité des impacts. En effet, face à la multiplicité des scénarios de variation de débits (années humide, moyenne et sèche, hautes et basses eaux) et à la méconnaissance des seuils de tolérance des espèces face à la réduction de la disponibilité en eau, il n'est pas possible d'identifier avec exactitude les impacts des réductions des débits. Toutefois, à titre informatif, nous avons détaillé la répartition des formations naturelles sensibles en lien avec la variation des débits en année sèche et en basses eaux. Cette situation parmi les nombreuses autres possibles semble être la plus critique au niveau du maintien des formations et espèces rivulaires. Cet élément a aussi été pris en compte dans la cartographie des espèces sensibles.

## **5.3 RESULTATS**

### **5.3.1 CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS NATURELLES POUVANT ETRE IMPACTEES**

Afin de cartographier les formations naturelles pouvant être impactées, nous avons identifié, en utilisant la cartographie des formations naturelles réalisée par Vale Nouvelle-Calédonie, les zones susceptibles d'être impactées par les variations des débits de la Kwé. Pour cela, nous avons identifié tous les bassins versants des cours d'eau étudiés et nous avons pris en compte les différentes formations hydromorphes mais aussi les formations forestières le long des cours d'eau, en dessous de la courbe de niveau la plus élevée pour chaque affluent ou cours d'eau étudié.

La zone d'étude a été divisée en quatre zones, la Kwé Ouest, la Kwé Nord, la Kwé Est et la Kwé principale (Figure 71).

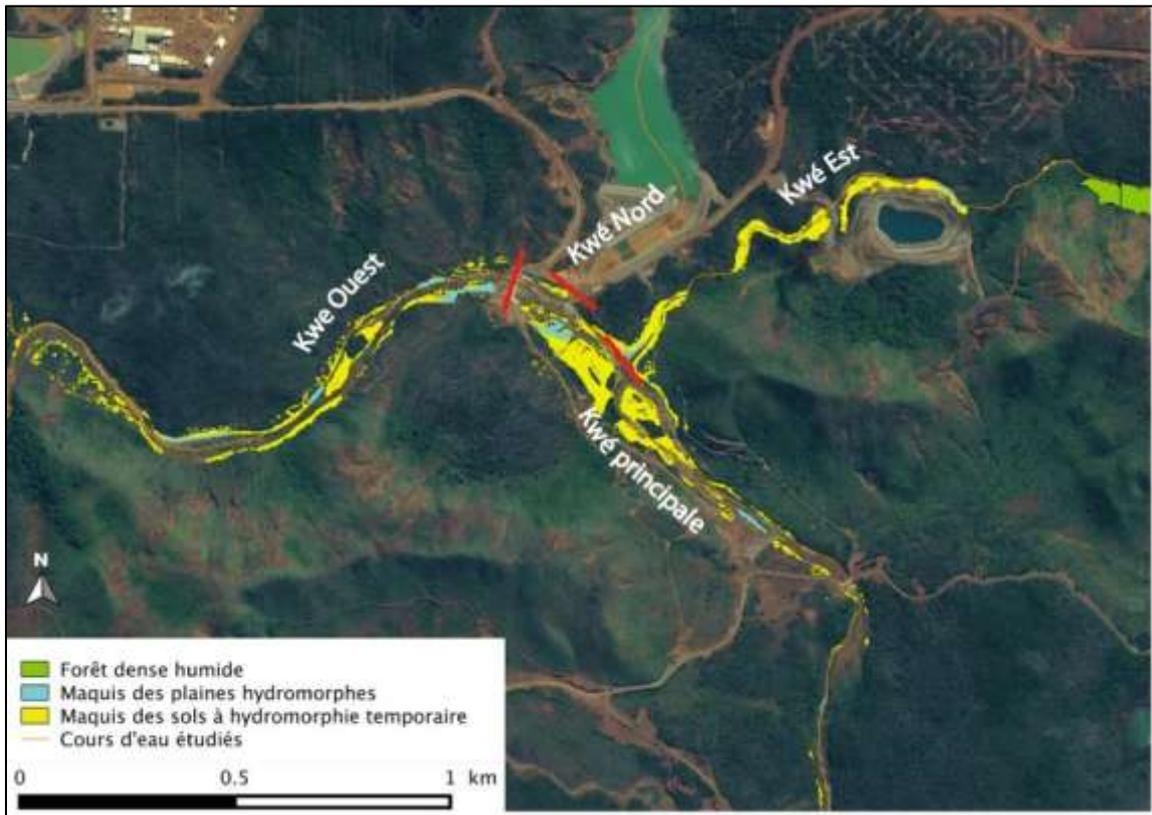


Figure 71: Découpage de la zone d'étude au niveau de la jonction des affluents et de la Kwé principale. Les séparations entre chaque zone sont matérialisées par un trait rouge.

Les surfaces des formations végétales pouvant être impactées sont synthétisées dans les Figure 72, Figure 73, Figure 74 et Figure 75.

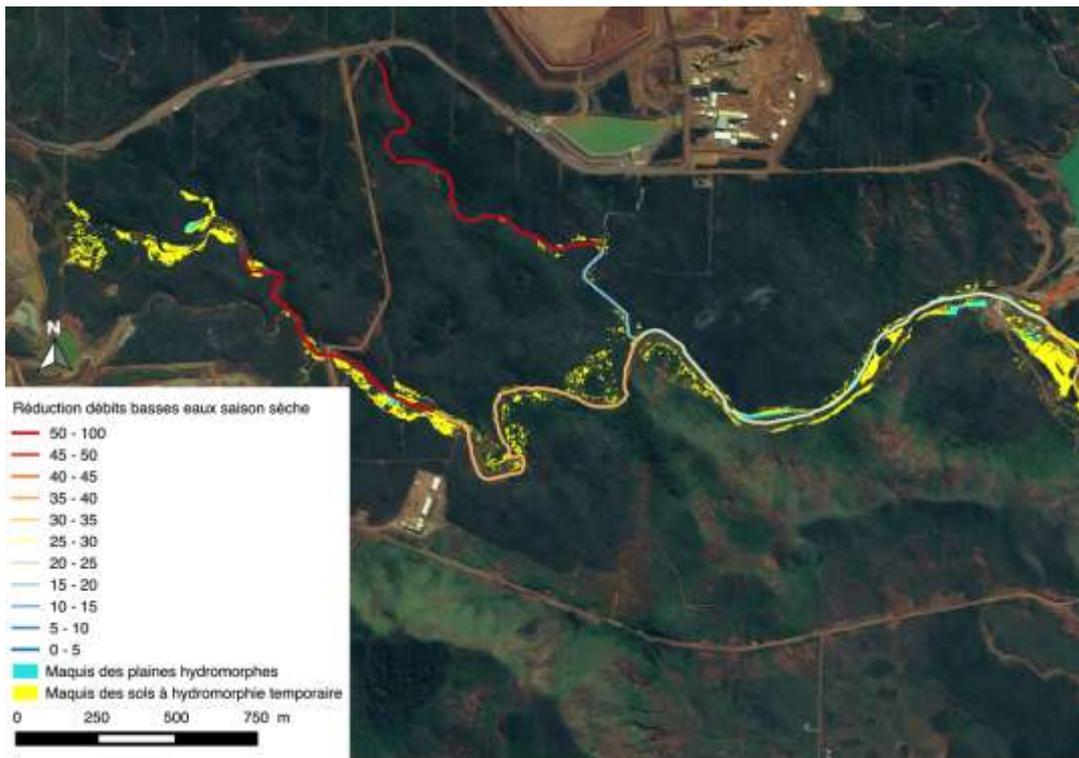


Figure 72 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Ouest

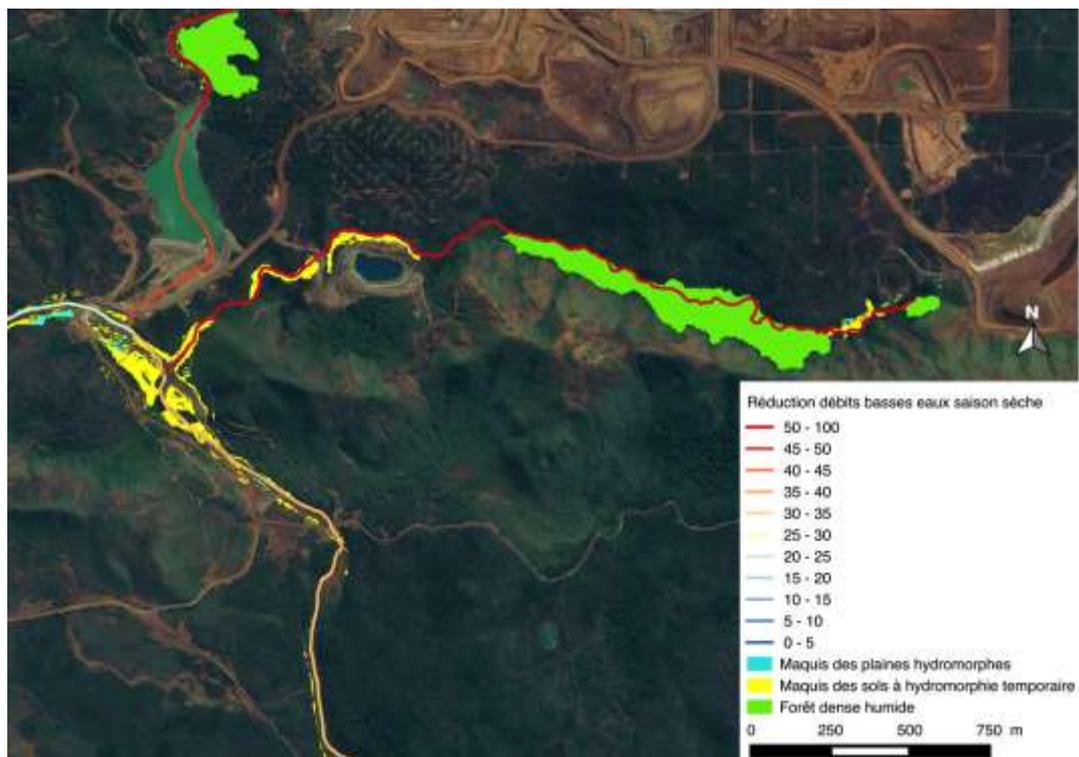


Figure 73 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Est.

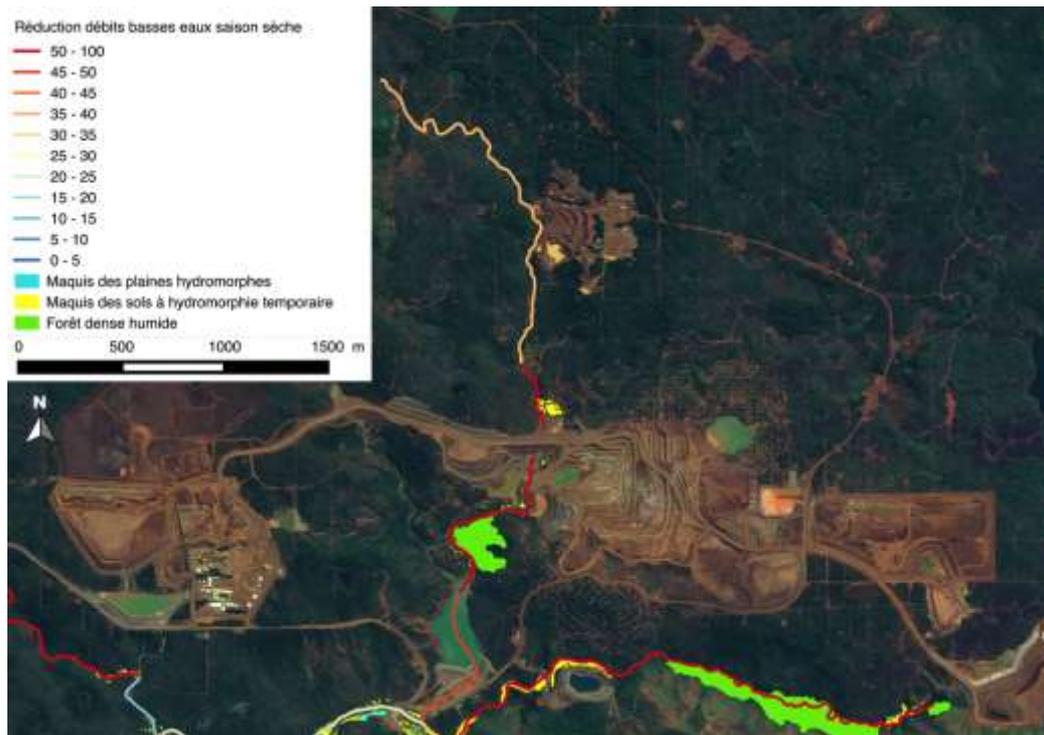


Figure 74 : Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé Nord

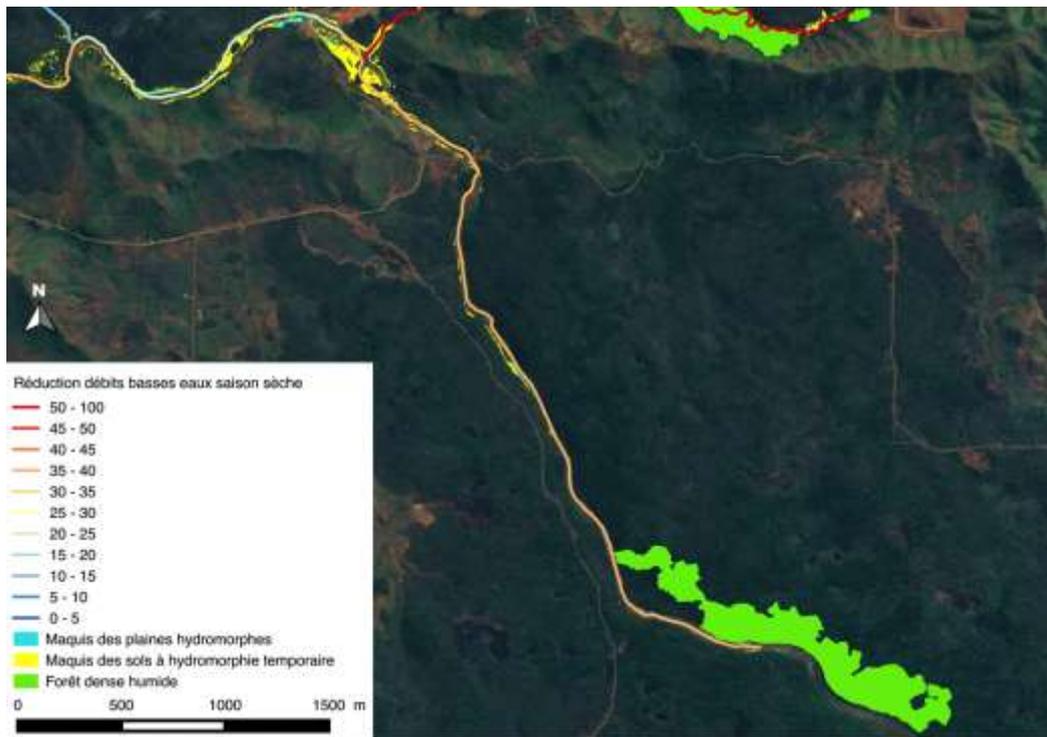


Figure 75: Formations naturelles pouvant être affectées sur la Kwé principale.

Les surfaces totales de ces formations sont synthétisées dans le Tableau 72 suivant :

Tableau 72: Surface totale de chaque type de formation sur l'ensemble de la zone d'étude.

<b>Type de formation</b>	<b>Total (ha)</b>
Forêts denses humides sur éboulis et rivulaire	10,79
Forêts denses à <i>Arillastrum gummiferum</i>	32,45
Maquis des sols à hydromorphie temporaire	13,26
Maquis des plaines hydromorphes	0,58

### 5.3.2 IDENTIFICATION DES IMPACTS POSSIBLES SUR LES FORMATIONS NATURELLES

Il est difficile d'estimer l'impact qu'auront les variations de débits sur la végétation. En effet, il n'existe aucune étude scientifique sur l'effet de la variation de la disponibilité en eau sur la végétation rivulaire de la Nouvelle-Calédonie (cf. synthèse bibliographique).

Toutefois, il est possible d'identifier certaines tendances. Tout d'abord, il est certain qu'un assèchement des cours d'eau, principale tendance identifiée par l'étude hydrologique, va entraîner une plus forte sensibilité des habitats naturels aux incendies. Néanmoins, étant données les mesures mises en place par Vale Nouvelle-Calédonie pour limiter et contrôler les incendies dans la zone, le risque d'incendie reste faible, même si des phénomènes climatiques exceptionnels peuvent favoriser ce risque. Par ailleurs, la diminution des débits entrainera une descente de la nappe phréatique près de la surface. Il est difficile de dire quel sera l'effet de cette diminution en eau sur les espèces, même celles peu sensibles, car leur réseau racinaire se sera développé en présence d'une nappe phréatique plus haute. Encore une fois, l'impact de cette diminution reste difficile à appréhender, seul un suivi de la végétation permettra de dire si ce phénomène aura un impact sur la végétation. Il est toutefois important de prendre en compte le fait que si les assèchements se prolongent dans le temps, il est possible qu'un remplacement s'opère entre des espèces strictement inféodées aux sols hydromorphes et des espèces plus communes (Tanguy Jaffré 2001). Les

Les surfaces des formations sensibles par zone sont synthétisées dans le

Tableau 73.

Tableau 73: Surface totale de chaque type de formation par zone géographique.

Type de formation	Surface (ha) Kwé Ouest	Surface (ha) Kwé Nord	Surface (ha) Kwé Est	Surface (ha) Kwé Principale	Total (ha)
Forêts denses humides sur éboulis et rivulaires	0	0	10,79	0	10,79
Forêts denses à <i>Arillastrum gummiferum</i>	0	3,98	0	28,47	32,45
Maquis des sols à hydromorphie temporaire	7,08	0,86	2,07	3,26	13,26
Maquis des plaines hydromorphes	0,27	0	0,12	0,18	0,58

#### 5.3.2.1.1 Kwé Ouest

Cet affluent compte 7 hectares de formation de type « maquis des sols à hydromorphie temporaire ». Ce type de formation est moins sensible qu'une végétation de type maquis des plaines hydromorphes. Toutefois, il est possible que la végétation subisse certains impacts dus à la diminution des débits. Ces formations sont distribuées de manière continue sur l'ensemble de la Kwé Ouest, dans une moindre mesure le long de la branche nord de cet affluent. Concernant les maquis des plaines hydromorphes, présents sur 0,27 ha, ils sont situés dans la partie basse de la Kwé Ouest. Cette zone sera un peu moins impactée que les zones en amont. Toutefois, étant donné que la végétation en place s'est développée avec une importante disponibilité en eau, il est possible de voir des changements s'opérer sur le moyen et long terme.

#### 5.3.2.1.2 Kwé Nord

Cet affluent présente 0,86 ha de maquis sur sols à hydromorphie temporaire. Ils se trouvent dans les zones qui seront les plus affectées par les variations de débits sur la Kwé Nord. Encore un fois, il est difficile de connaître l'impact précis des variations de débit sur le maintien de ces formations. Toutefois, il est probable qu'elles risquent d'être impactées à moyen et long terme. Le long de cet affluent, une forêt dense humide à *Arillastrum gummiferum* de 3,98 ha est présente. Ce type de formation n'est pas inféodé au milieu rivulaire. Toutefois, il est fort probable que cette formation ait été protégée des incendies par la proximité du cours d'eau et l'humidité qui y règne. Il est quand même possible que cette formation soit impactée par la variation des débits, il sera nécessaire de mettre en place des parcelles de suivis. Cette formation se situe dans une zone qui sera fortement impactée par les variations de débits.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 258 / 294</b>

#### 5.3.2.1.3 Kwé Est

Une forêt dense humide sur éboulis et rivulaire de près de 11 hectares est présente le long de cet affluent. Bien qu'il y ait un faciès de forêt rivulaire le long de l'affluent, la majeure partie de la formation forestière n'est pas en lien avec le cours d'eau. Elle constitue une forêt dense humide stable qui peut se développer dans des localités distantes de cours d'eau. Par ailleurs, la présence de reliefs au sud de cette formation lui permettra encore de recevoir les ruissellements d'une partie du bassin versant. Cependant, il faut signaler que cet affluent va subir une importante diminution des débits. En effet l'ensemble de cet affluent sera fortement impacté par la réduction des débits. De par l'importance de la conservation de ce type de formation, il est important de rapidement mettre en place des parcelles de suivi pour identifier de possibles effets néfastes de la réduction des débits. Si des symptômes sont visibles sur la végétation, il sera nécessaire de mettre en place des aménagements permettant de rétablir, si possible, les débits d'origine. Il faut aussi noter la présence de plus de 2 ha de maquis des sols à hydromorphie temporaire et 0,12 ha de maquis des plaines hydromorphes le long de ce cours d'eau. Ces formations vont directement subir l'impact de la réduction des débits des cours d'eau.

#### 5.3.2.1.4 Kwé principale

Il est possible d'identifier 3,26 hectares de maquis des sols à hydromorphie temporaire et 0,18 hectare de maquis des plaines hydromorphes. Bien que cet affluent subira aussi les impacts de la variation des débits, les diminutions seront un peu moindres que celles dans les affluents. Toutefois, ces formations sont susceptibles d'être affectées à terme.

Il est important de noter qu'une forêt dense humide à *Arillastrum gummiferum* de 28,47 ha est présente à l'embouche de la Kwé principale. Bien que cette formation ne soit pas directement inféodée aux milieux rivulaires, il est nécessaire de prendre en compte que cette formation peut être impactée par le déplacement du biseau salé. En effet la diminution globale des débits de la Kwé entraînera l'entrée plus en amont de l'eau salée marine. Cet effet peut entraîner un impact sur la forêt dense humide à *Arillastrum gummiferum*, nécessitera un suivi pour mettre en évidence tout changement dans l'habitat.

### 5.3.3 ESPECES RARES ET MENACEES RENCONTREES PENDANT LES PROSPECTIONS

#### 5.3.3.1.1 *Araucaria muelleri* (*Araucariaceae*)

Cette espèce se retrouve uniquement dans le Sud de la Grande Terre, du sommet des Monts Koghis jusqu'au plateau de Goro. Son statut UICN est « En Danger » (B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v)) mais elle n'est pas actuellement protégée par la province Sud. Les populations de Goro ont été identifiées taxonomiquement comme appartenant à *A. muelleri*.

Toutefois, une récente étude de génétique des populations a permis de mettre en évidence son rattachement à *A. rulei*, tout en présentant un écotype particulier au sien de l'espèce (Rusham M., in prep). La distribution de cette espèce le long de cours d'eau étudié semble être liée à la protection de son habitat des incendies. En effet, il est possible d'observer cette espèce sur des surfaces cuirassées du plateau de Goro. Elle ne semble donc pas sensible aux variations des débits hydriques. Cette espèce a été localisée trois fois pendant les prospections terrains et une autre localité avait été identifiée précédemment par Vale Nouvelle-Calédonie

Figure 77 : Distribution d'*Araucaria muelleri* sur l'ensemble de la zone d'étude

. Deux localités sont situées dans des zones qui seront fortement impactées, les deux autres se situent dans des localités moyennement impactées.



Figure 76 : *Araucaria muelleri*

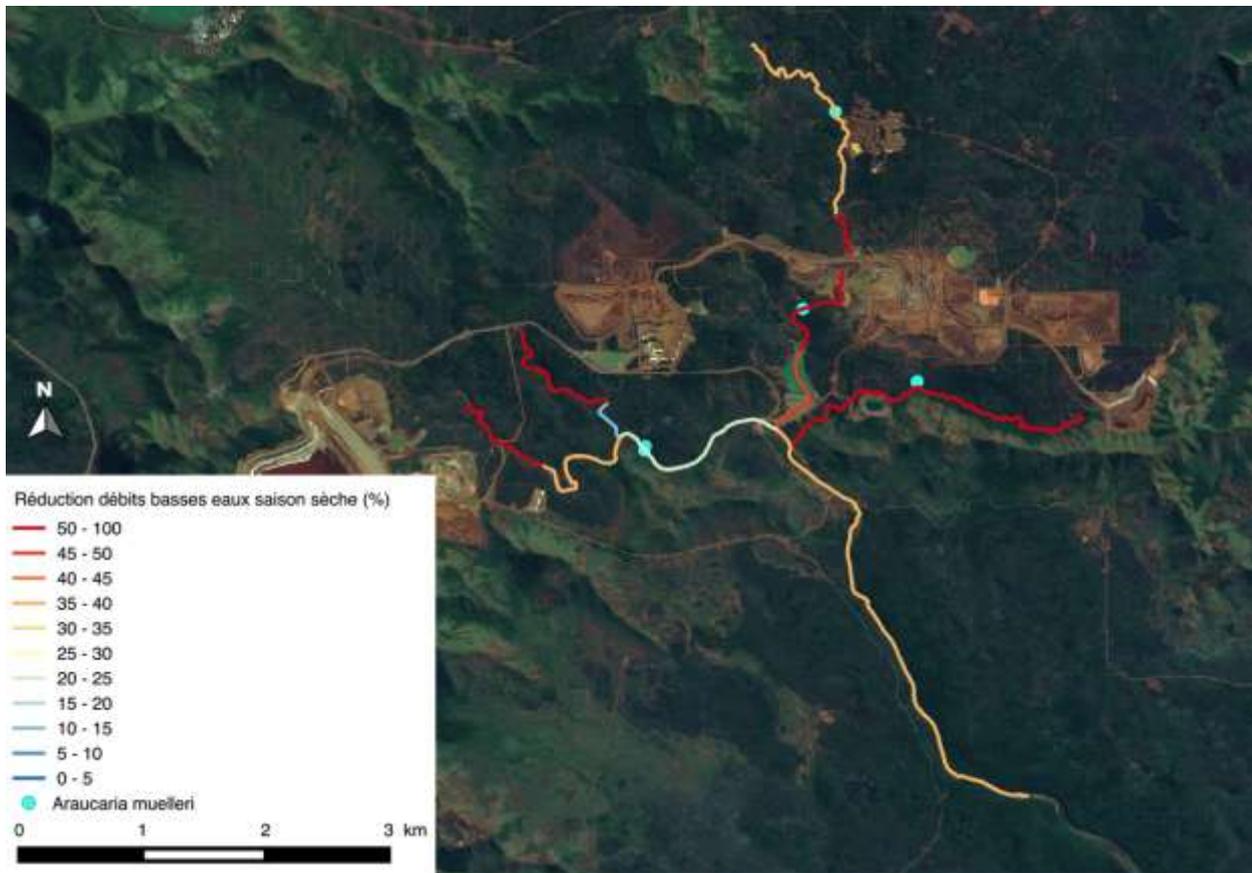


Figure 77 : Distribution d'*Araucaria muelleri* sur l'ensemble de la zone d'étude

**5.3.3.1.2 *Blechnum francii* (Blechnaceae)**

Cette espèce se développe dans les zones humides et marécageuses du Grand Sud. Elle n'a été pour l'instant répertoriée que près de la réserve naturelle de la Madeleine et au niveau du Lac en huit. Cette espèce, strictement liée aux zones rivulaires, peut être impactée par la variation des débits. Une seule occurrence a été relevée pendant les prospections, au niveau de la branche nord de la Kwé Ouest. Cette localité sera moyennement impactée par les réductions de débits.



Figure 78 : *Blechnum francii*

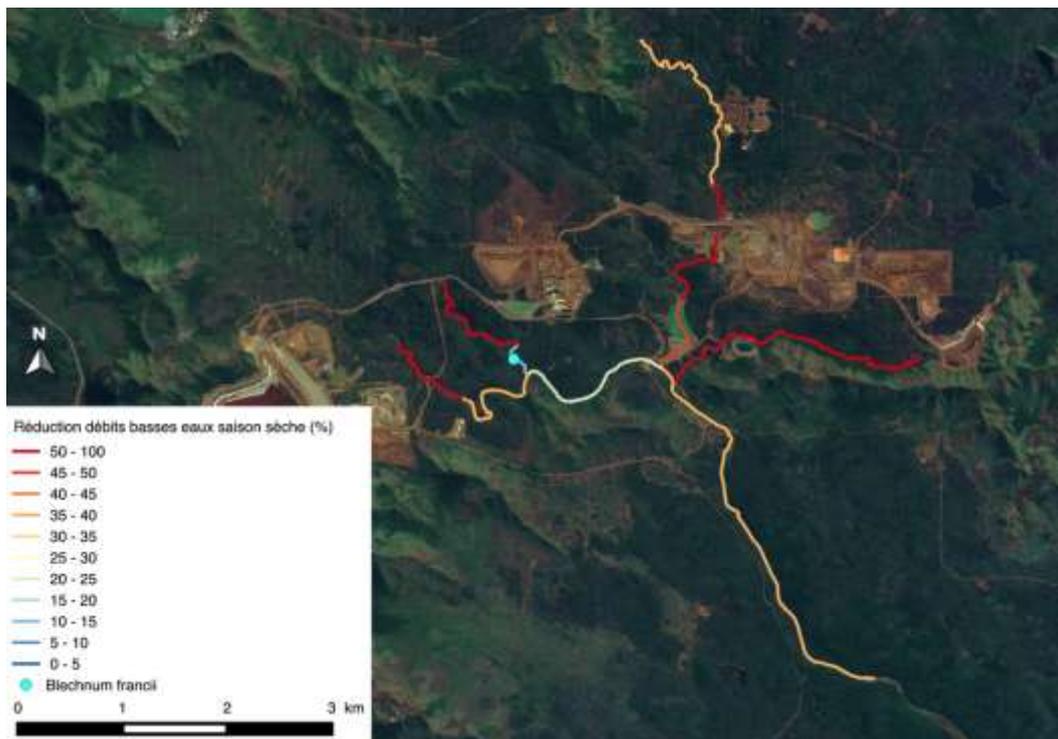


Figure 79: Distribution de *Blechnum francii* sur l'ensemble de la zone d'étude.

### 5.3.3.1.3 *Neocallitropsis pancheri* (Cupressaceae)

Cette espèce est protégée par la Province Sud et inscrite sur la liste rouge de l'UICN en tant qu'espèce « En danger » A2cd; B1ab(ii,iii,v)+2ab(ii,iii,v) (T. Jaffré, Munzinger, et Lowry 2010). Cette espèce a subi de lourds impacts lorsqu'elle a été exploitée pour son huile.



Figure 80: Détails de *Neocallitropsis pancheri*

Elle a été la première espèce à être protégée en Nouvelle-Calédonie pour la préserver de la coupe excessive de son bois pour la parfumerie. Elle peut se développer dans des contextes rivulaires, comme dans la présente zone d'étude mais aussi dans des zones beaucoup plus arides, comme sur la Mine d'Opoué à l'entrée de la Tontouta. La présence de cette espèce le long de la Kwé Ouest semble plus liée à la protection que procurent les creeks face aux incendies qu'à des conditions rivulaires à proprement parler (S. McCoy, comm. pers.). Elle ne semble donc pas directement sensible à la variation des débits des cours d'eau étudiés. Cette population a fait l'objet de récoltes de graines par Vale Nouvelle-Calédonie.



Figure 81: Délimitation de la population de la Kwé Ouest

Cette espèce a été retrouvée en 5 localités le long de la Kwé Ouest. Une importante population a été trouvée le plus en amont du creek (les deux points les plus en amont montrent le début et la fin de la distribution de la population). Cette dernière contient plus d'une trentaine d'individus adultes et présente une bonne régénération. Cette population, en bordure proche du cours d'eau, peut toutefois souffrir de la diminution du niveau de la nappe phréatique à moyen ou long terme. Ces localités se situent dans des zones qui seront moyennement impactées.

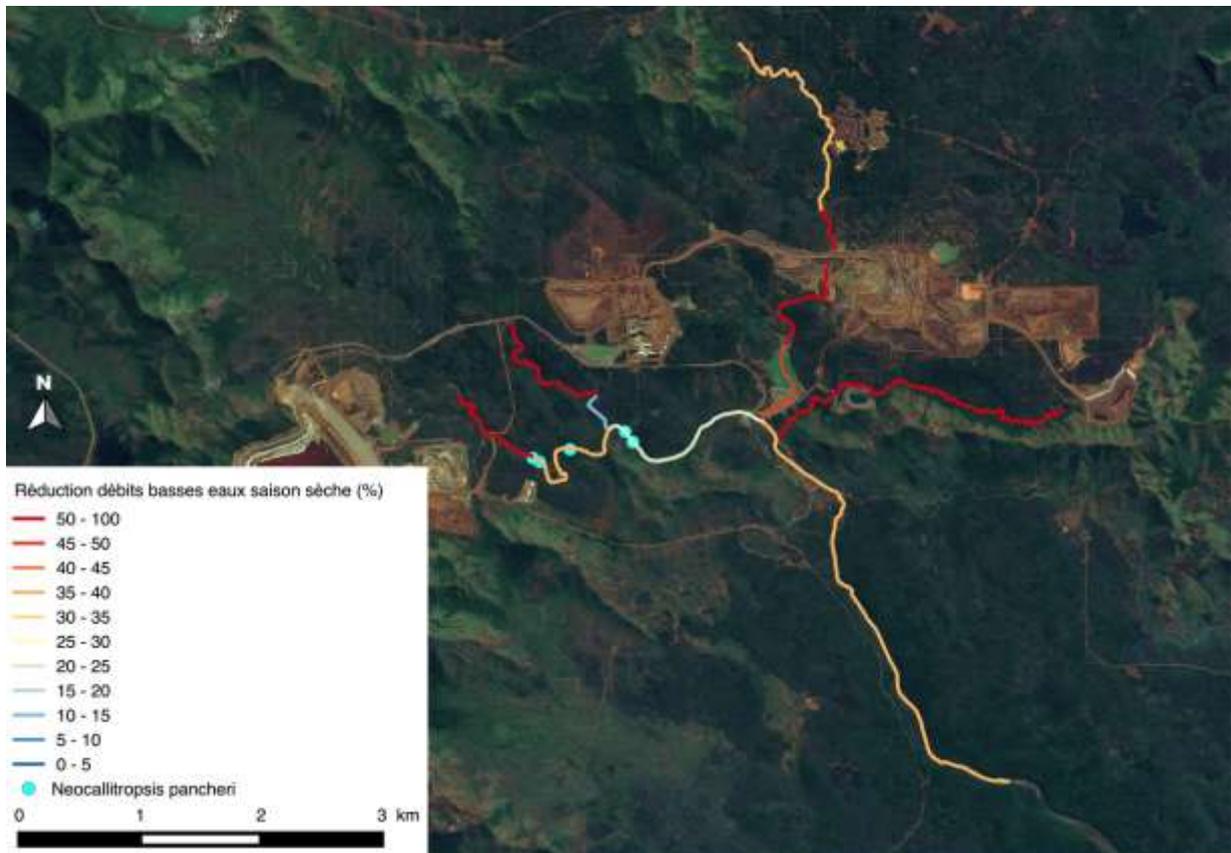


Figure 82: Distribution de *Neocallitropsis pancheri* sur l'ensemble de la zone d'étude.

#### 5.3.3.1.4 *Pandanus lacuum* (*Pandanaceae*)

Cette espèce est uniquement localisée dans le Grand Sud, principalement dans la zone de la plaine des lacs. Elle est protégée par la Province Sud et inscrite sur la liste rouge de l'UICN comme étant en « En danger » B1+2c. Ce statut nécessite une révision, il a été établi en 1998. Cette espèce fait l'objet de programmes de multiplication par Vale Nouvelle-Calédonie.



Figure 83: Fruit de *Pandanus lacuum*

Un total de 81 occurrences a pu être relevé pendant les prospections terrain, avec notamment une très forte concentration au sein de la forêt humide sur éboulis de la Kwé Est, une concentration moyenne sur la Kwé Nord et quelques occurrences le long de la Kwé Ouest et principale. La distribution de cette espèce semble grandement liée à la présence des cours d'eau. Treize autres stations relevées précédemment par Vale Nouvelle-Calédonie ont aussi été prises en compte. Elle ne sera pas directement impactée par des réductions de débit mais peut à moyen terme ressentir les effets de ces changements environnementaux. En termes d'impacts, les individus le long de la Kwé Est se trouvent dans des localités qui seront fortement impactées par la réduction des débits. Les nombreux individus présents le long de la Kwé Nord se trouvent dans des zones moyennement impactées, sauf dans la partie aval de l'affluent. Les individus présents le long de la Kwé Ouest se trouvent en majorité dans des zones moyennement impactées.

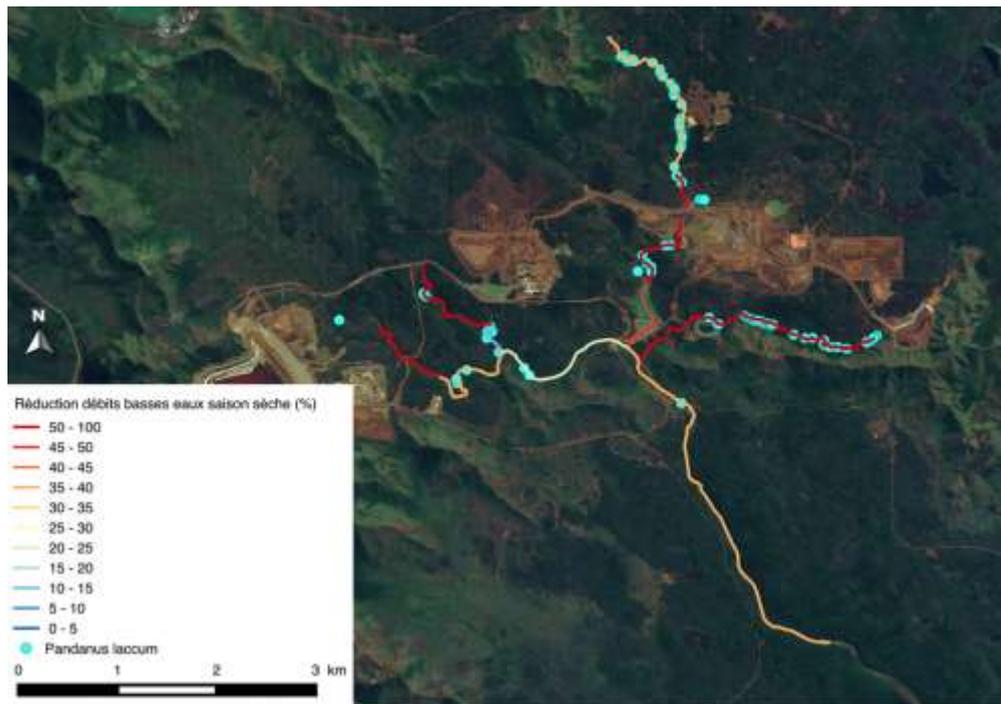


Figure 84 : Distribution de *Pandanus lacuum* sur l'ensemble de la zone d'étude.

#### 5.3.3.1.5 *Planchonella pronyensis* (Sapotaceae)

Cette espèce est connue du Sud de la Grand Terre et une occurrence a aussi été relevée à Thio. Elle ne figure pas sur la liste rouge de l'UICN et elle n'est pas protégée par la province Sud. Elle est toutefois considérée comme une espèce sensible selon VALE Nouvelle-Calédonie. Cette espèce n'a pas été retrouvée pendant les prospections terrains mais deux occurrences trouvées dans des relevés précédents de VALE Nouvelle-Calédonie au niveau de la Kwé Est ont été prises en compte. Selon les échantillons d'herbier, cette espèce est inféodée aux forêts denses humides. Elle ne semble donc pas restreinte à des milieux rivulaires et sa sensibilité doit être relativement faible par rapport à la diminution des cours d'eau. Les deux occurrences prises en compte dans ce rapport se trouvent dans des localités fortement impactées par les réductions de débits.

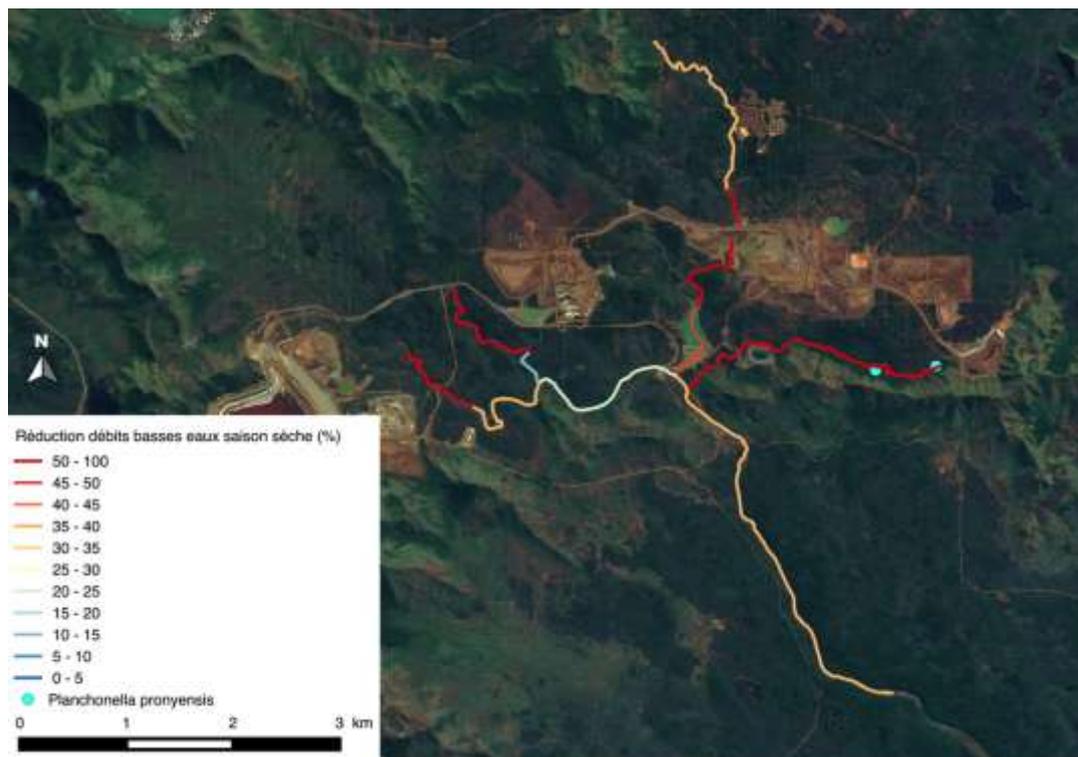


Figure 85 : Distribution de *Planchonella pronyensis* sur l'ensemble de la zone d'étude.

#### 5.3.3.1.6 *Pycnandra canaliculata* (Sapotaceae)

Cette espèce n'est connue de l'extrême Sud de la Grand Terre, du Parc Provincial de la Rivière Bleue jusqu'à Goro. Elle ne figure pas sur la liste rouge de l'UICN et elle n'est pas protégée par la province Sud. Elle est toutefois considérée comme une espèce sensible selon VALE Nouvelle-Calédonie. Cette espèce n'a pas été retrouvée pendant les prospections terrains mais six occurrences trouvées dans des relevés précédents de VALE Nouvelle-Calédonie au niveau de la Kwé Ouest ont été prises en compte. Selon les échantillons d'herbier, cette espèce est inféodée aux formations forestières et rivulaires. Il est donc possible que cette espèce soit sensible aux variations des débits des cours d'eau. Un suivi sera nécessaire pour caractériser l'effet de la modification de débits sur la survie de ces individus. Ces individus se trouvent dans des zones qui seront fortement impactées par la variation des débits.

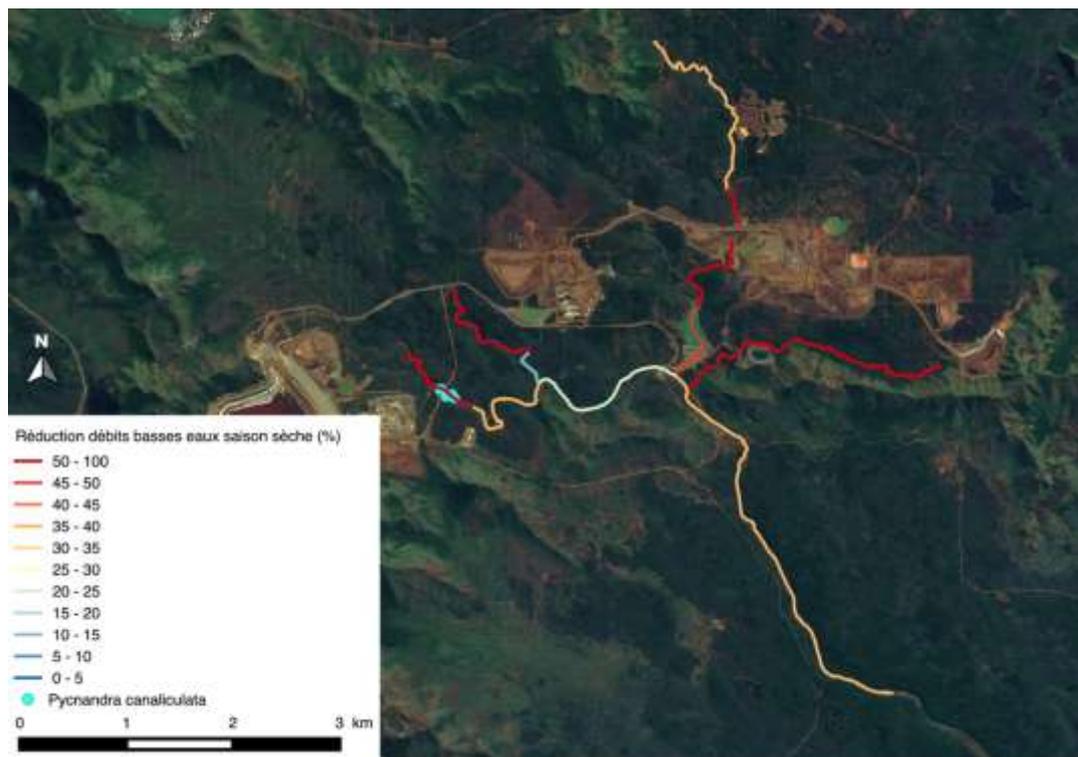


Figure 86 : Distribution de *Pycnandra canaliculata* sur l'ensemble de la zone d'étude.

#### 5.3.3.1.7 *Rauvolfia sevenetii* (Apocynaceae)

Cette espèce n'a été recensée que dans l'extrême sud de la Grande Terre dans le secteur de Port Boisé. Elle n'est pas inscrite sur la liste rouge de l'UICN mais elle mériterait une évaluation à cause de ses populations localisées, de son aire de distribution restreinte et des menaces pesant sur celle-ci. Cette espèce se développe sur des substrats ferritiques de colluvions, à proximité des creeks qui sont parfois soumis à une hydromorphie temporaire. Il est difficile de dire si cette espèce sera sensible aux variations de débits sans avoir recours à une étude plus approfondie. Cette espèce fait l'objet de programmes de multiplication par Vale Nouvelle-Calédonie.



Figure 87: Détails de *Rauvolfia sevenetii*

Au cours des prospections terrain, cette espèce a été contactée trois fois et représentée par des individus distribués sporadiquement. Une autre station provenant de relevés antérieurs de Vale Nouvelle-Calédonie a été rajoutée. Toutes ces occurrences se trouvent le long de la Kwé Nord, une moitié dans des zones fortement impactées, l'autre dans des zones moyennement impactées.

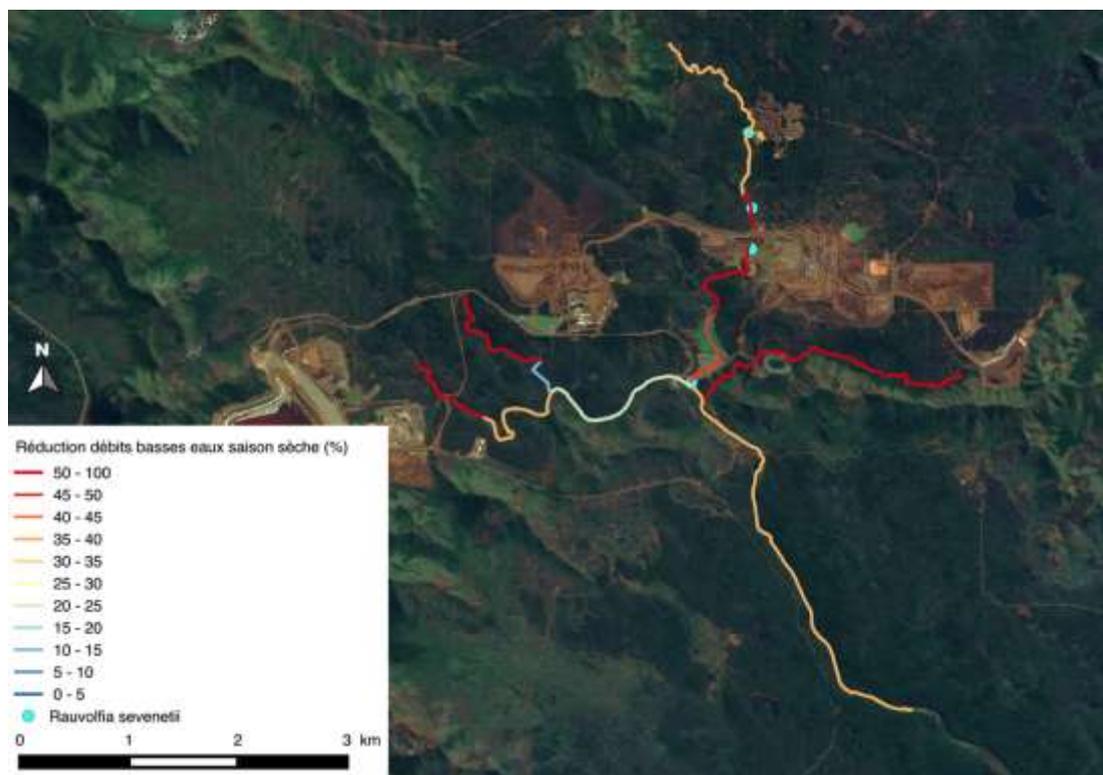


Figure 88 : Distribution de *Rauvolfia sevenetii* sur l'ensemble de la zone d'étude

#### 5.3.3.1.8 *Retrophyllum minus* (Podocarpaceae)

Cette espèce couramment appelée Bois Bouchon est bien caractéristique de la végétation rivulaire du Grand Sud. Cette espèce, bien distincte du *Retrophyllum comptonii* au niveau génétique, compte environ 2500 individus dont les populations sont en déclin (Herbert et al. 2002). De plus, elle est protégée par la Province Sud. Elle a récemment, comme tous les conifères, fait l'objet d'une révision de son statut UICN. Son statut est « En danger » B1ab(iii,v)+2ab(iii,v)(T. Jaffré, Munzinger, et Lowry 2010). Cette espèce fait l'objet de programmes de multiplication par Vale Nouvelle-Calédonie.



Figure 89: Détails de *Retrophyllum minus*

Bien que cette espèce soit bien représentée dans la végétation rivulaire, l'occurrence de projets miniers importants au sein de son aire de répartition justifie son statut. Cette espèce se distribue uniquement le long des cours d'eau, définissant son caractère strictement rivulaire. Cette espèce va être directement impactée par les variations des débits des cours d'eau étudiés. 90 occurrences ont pu être relevées pendant les prospections terrain, le long de la Kwé Ouest, Nord et principale. Les densités les plus importantes ont été observées au niveau de la confluence entre la Kwé Ouest et la Kwé Nord. Par ailleurs, un très grand individu a été retrouvé au milieu de la Kwé Ouest (Figure 90). De telles dimensions sont très rares dans le milieu naturel. Onze stations provenant des relevés antérieurs de Vale Nouvelle-Calédonie ont aussi été prises en compte dans la présente étude. La majorité des individus le long de la Kwé Ouest se trouve dans des zones moyennement impactées, sauf dans la partie aval de cet affluent. Au niveau de la Kwé Nord, l'ensemble des occurrences se trouve dans des zones fortement impactées par les réductions de débits. Les individus se développant le long de la Kwé principale se trouvent dans des zones qui seront moyennement impactées.



Figure 90: Grand individu de *Retrophyllum minus*

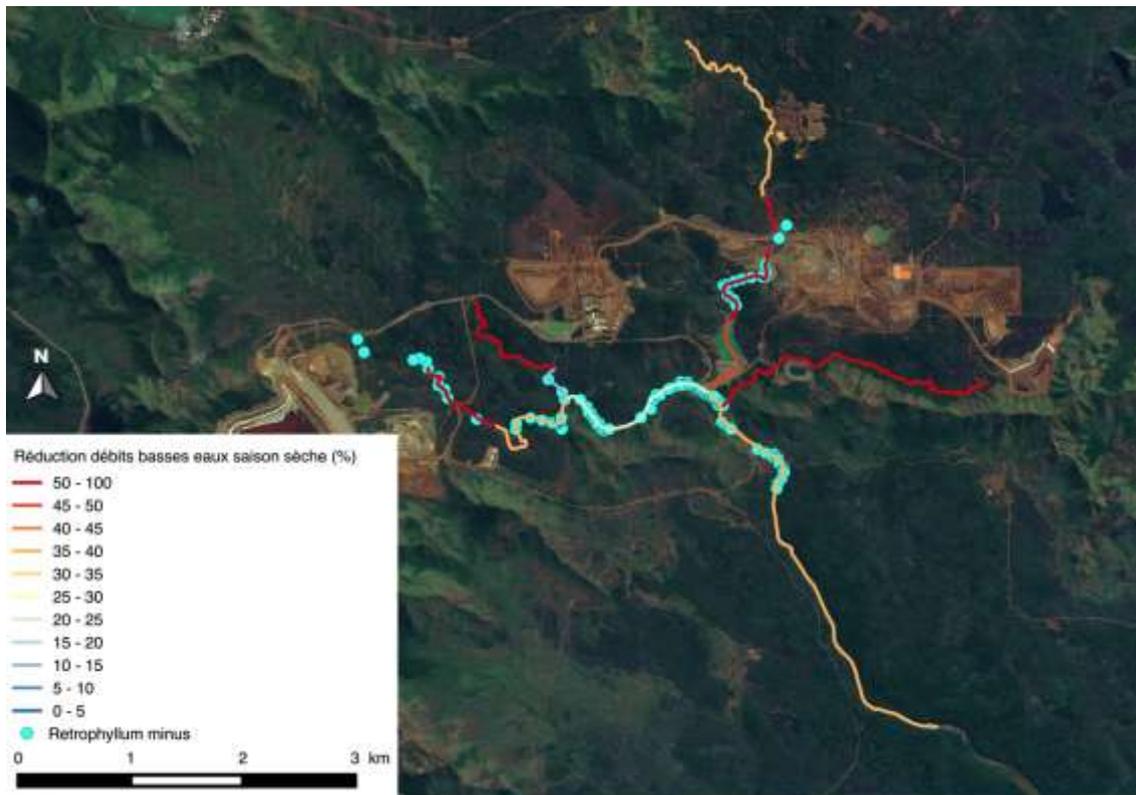


Figure 91 : Distribution de *Retrophyllum minus* sur l'ensemble de la zone d'étude.

### 5.3.3.1.9 *Serianthes petitiiana* (Fabaceae)

Cette espèce, présente uniquement dans le Grand Sud, est inscrite sur la liste rouge de l'UICN comme présentant un état de conservation de moindre risque (lower risk ou LR). On la retrouve dans des populations isolées sur les concessions de Vale Nouvelle-Calédonie. Cette espèce est caractérisée par une très faible production de graines viables. Elle a déjà fait l'objet de programmes de transplantation par l'industriel.



Figure 92: Détails d'un individu juvénile de *Serianthes petitiiana*

Elle peut se développer dans des maquis arbustifs ouverts. Elle ne semble pas directement liée à la végétation rivulaire et, de ce fait, ne semble pas menacée par la variation des débits de la Kwé. Cette espèce a été retrouvée cinq fois pendant les prospections terrain, le long de la Kwé Ouest, Nord et principale. Six autres localités connues précédemment par Vale Nouvelle-Calédonie ont aussi été prises en compte. La majorité de ces occurrences se trouvent dans des zones qui seront moyennement impactées, sauf pour une occurrence sur la Kwé Est (deux occurrences sur la Kwé Nord sont dans le même cas mais elles semblent trop éloignées de cours d'eau pour être impactées directement par la réduction des débits).

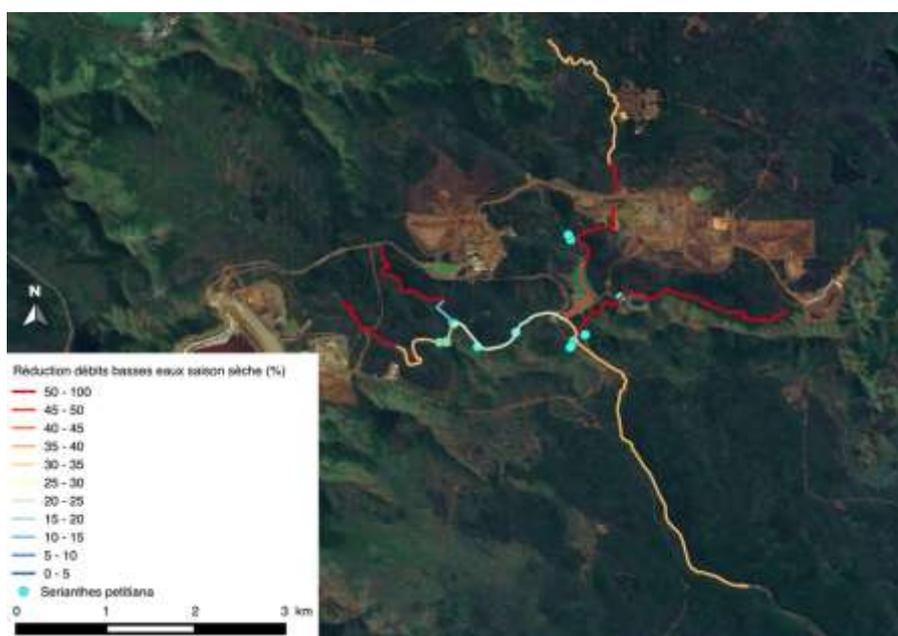


Figure 93 : Distribution de *Serianthes petitiiana* sur l'ensemble de la zone d'étude.

### 5.3.3.1.10 *Syzygium nitens* (Myrtaceae)

Cette espèce a fait l'objet de très peu de récoltes. Elle n'est ni protégée par la Province Sud, ni inscrite sur la liste rouge de l'UICN. Elle nécessite quand même d'être prise en charge étant donné sa distribution et le faible nombre d'échantillon dans l'herbier de Nouméa. Elle ne semble pas être liée à des milieux rivulaires, elle a été retrouvée au niveau de la réserve du Pic du Pin, mais elle se développe dans des environnements humides comme des forêts denses humides ou alors dans des formations plus ouvertes le long de creeks.

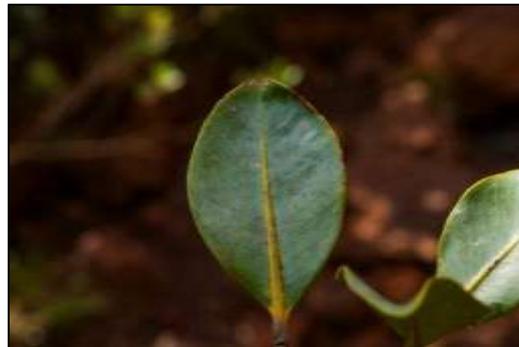


Figure 94: Détails d'une feuille de *Syzygium nitens*

Elle ne semble pas menacée directement par la variation des débits des creeks avoisinants. Trois occurrences ont pu être relevées au cours des prospections terrain, uniquement dans la partie haute de la Kwé Nord. Trois occurrences ont été relevées pendant les prospections terrains. A cela il faut rajouter les 20 autres localités relevées précédemment par Vale Nouvelle-Calédonie. L'ensemble de ces occurrences se trouve dans des zones qui seront moyennement impactées par la réduction des débits. Des individus à proximité de la Kwé Est se trouvent dans des zones fortement impactées. Toutefois leur emplacement est éloigné de la zone impactée.



Figure 95 : Distribution de *Syzygium nitens* sur l'ensemble de la zone d'étude.

### 5.3.3.1.11 *Xanthostemon sulfureus* (Myrtaceae)

Cette espèce est inscrite comme étant vulnérable (VU) sur la liste rouge de l'UICN. Elle est uniquement connue de l'extrême Sud de la Nouvelle-Calédonie. Cette espèce peut être observée dans des habitats secs tels que des maquis ligno-herbacés ou arbustifs. Elle ne semble donc pas sensible aux variations des débits de la Kwé. Quatre occurrences ont été retrouvées pendant les prospections terrains sur la Kwé Nord. A cela il faut rajouter 14 localités très proches les unes des autres sur la Kwé Ouest provenant des inventaires précédents de Vale Nouvelle-Calédonie. La majorité des occurrences se trouvent sur des zones moyennement impactées.



Figure 96: Détails d'un individu adulte et des feuilles de *Xanthostemon sulfureus*

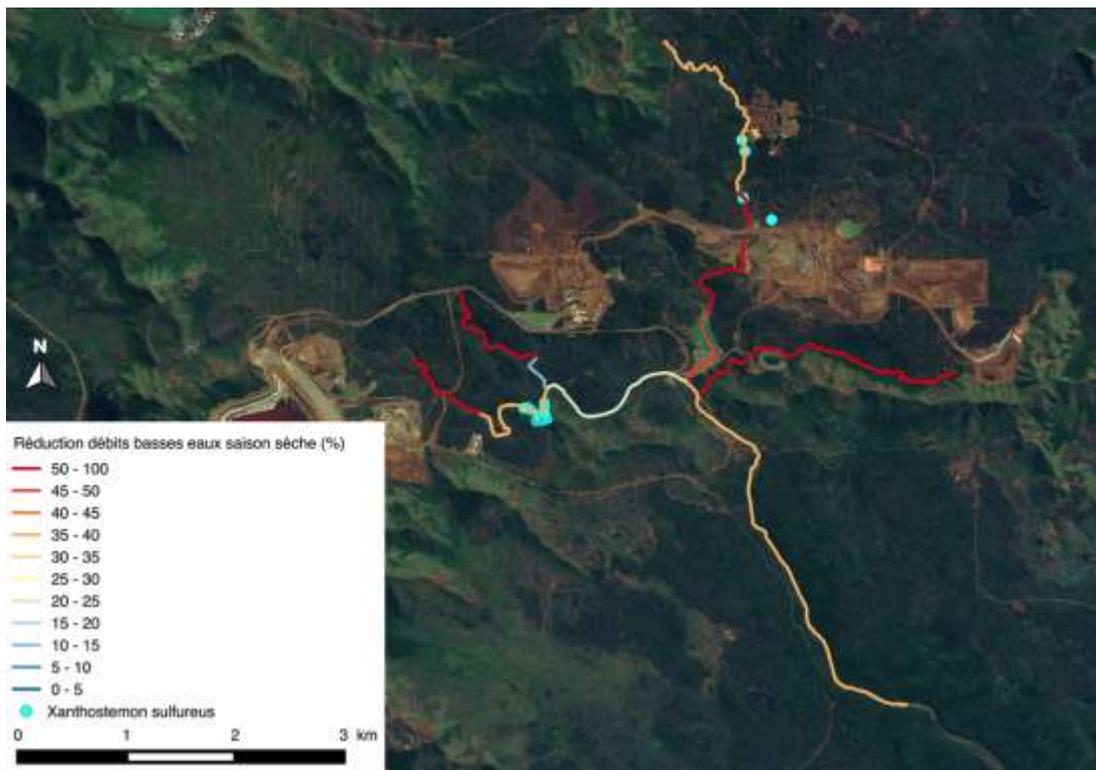


Figure 97 : Distribution de *Xanthostemon sulfureus* sur l'ensemble de la zone d'étude

D'autres espèces localisées se trouvent dans ce type de milieu mais leurs abondances et leurs distributions ne semblent pas nécessiter d'attention particulière. On peut citer notamment *Cloezia aquarum* et *C. buxifolia*, *Melaleuca gnidioides* et *M. brongniartii* (Myrtaceae), *Scagea oligostemon* (Picrodendraceae), *Tricostularia guillauminii* (Cyperaceae) et *Cunonia deplanchei* (Cunoniaceae)



Figure 98 : Autres espèces rares et menacées abondantes : En haut à gauche: *Cunonia deplanchei*. En haut à droite: *Melaleuca brongniartii*. En bas à gauche: *Cloezia aquarum*. En bas à droite: *Scagea oligostemon*

### 5.3.4 IDENTIFICATION DES IMPACTS POSSIBLES SUR LES ESPECES RARES ET MENACEES

Parmi les neuf espèces rares et menacées répertoriées sur la zone d'étude, les degrés de sensibilité face aux variations de la disponibilité en eau semblent variables. Ces constats sont basés sur les observations de ces espèces dans le milieu naturel par le prestataire mais aussi de données provenant de la distribution de ces espèces. Deux espèces, *Retrophyllum minus* et *Bleichnum francii*, semblent extrêmement sensibles. Les espèces *Pandanus lacuum* et *Rauvolfia sevenetii* doivent être suivies pour mieux caractériser l'effet d'une réduction de débit. Les cinq autres espèces semblent présenter des sensibilités plus faibles, de par leur capacité à se développer dans des milieux plus ouverts ou à distance des cours d'eau.

Tableau 74: Sensibilité des espèces rares et menacées du site d'étude.

<b>Espèce</b>	<b>Type de sensibilité</b>	<b>Statut UICN</b>
<i>Araucaria rulei</i>	Sensibilité faible	EN
<i>Blechnum francii</i>	Sensibilité forte	Non évalué
<i>Neocallitropsis pancheri</i>	Sensibilité faible	EN
<i>Pandanus lacuum</i>	Sensibilité à moyen terme	EN
<i>Planchonella pronyensis</i>	Sensibilité faible	Non évalué
<i>Pycnandra canaliculata</i>	Sensibilité à définir	Non évalué
<i>Rauvolfia sevenetii</i>	Sensibilité à définir	Non évalué
<i>Retrophyllum minus</i>	Sensibilité forte	EN
<i>Serianthes petitiiana</i>	Sensibilité faible	LR
<i>Syzygium nitens</i>	Sensibilité faible	Non évalué
<i>Xanthostemon sulfureus</i>	Sensibilité faible	VU

#### **5.3.4.1.1 Impact des variations de débits sur les espèces les plus sensibles**

*Retrophyllum minus* : Cette espèce localisée le long des Kwé Ouest, Nord et principale est susceptible d'être affectée par les variations de débit. Les comptages d'individus pour cette espèce ont été réalisés à chaque rencontre d'individus. Toutefois, il faut garder à l'esprit que le nombre d'individus réel doit être plus important. En effet, il est difficile d'avoir une connaissance exhaustive du nombre d'individus au regard de son type de distribution le long des cours d'eau et des difficultés de terrain. Au niveau de la Kwé Ouest, 49 occurrences ont été relevées. Cet affluent sera significativement impacté par les variations des débits (cf. résultats de l'étude hydrologique). Les individus le long de la Kwé principale seront moins soumis à une réduction des débits, toutefois il sera nécessaire de suivre l'évolution des populations en fonction du temps. Au total, 38 occurrences ont été relevées le long de ce cours d'eau. Les individus le long de la Kwé Nord risquent aussi d'être fortement impactés par les variations de débits, leurs occurrences se distribuent sur une zone qui sera fortement impactée par la réduction des débits, notamment par les activités minières situées en amont de la zone. Au total, 16 occurrences ont été relevées le long de ce cours d'eau. On peut toutefois noter que Vale Nouvelle-Calédonie a déjà réalisé des récoltes de graines sur cette population.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 276 / 294</b>

*Blechnum francii* : Une seule occurrence de cette espèce a été relevée pendant les prospections terrains le long de la branche Nord de la Kwé Ouest. Cette localité sera moyennement impactée selon l'étude hydrologique. Il sera toutefois nécessaire de suivre la diminution de la hauteur d'eau et voir si l'espèce peut encore se développer dans ce type d'habitat.

Les effets sur *Rauvolfia sevenetii*, *Pandanus lacuum* et *Pycnanandra canaliculata* devront être suivis au cours du temps.

Pour les autres espèces, comme discuté précédemment, il sera nécessaire de mettre en place un réseau de surveillance pour voir l'effet de la disponibilité en eau sur le moyen et long terme.

## 5.4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de cette étude, nous avons pu identifier la distribution et l'étendue des surfaces des formations végétales pouvant être affectées. Il est toutefois impossible de dire si l'ensemble de ces formations sera impacté, ni même à quels degrés d'impact ces formations seront soumises. En termes de sensibilité, les maquis des plaines hydromorphes, nécessitant une hydromorphie constante, seront les plus impactés. Les maquis à hydromorphie temporaire seront sans doute moins sensibles aux variations mais des changements significatifs de végétation pourront apparaître sur le moyen et le long terme. En effet, il est possible qu'au terme d'une certaine période, les espèces communes des maquis miniers se substituent aux espèces strictement rivulaires (Tanguy Jaffré 2001). Les forêts denses humides sur éboulis et rivulaires ont une capacité de résilience assez importante de par leur stabilité dans le temps et l'humidité que ce type de formation renferme de par sa structure. On peut toutefois s'attendre à ce que la forêt rivulaire « *stricto sensu* » présente sur quelques mètres de part et d'autres de la formation forestière soit impactée à terme.

Au total, neuf espèces rares et menacées ont été recensées pendant les prospections de terrain (outre celles trop abondantes pour être prises en compte). Le plus gros enjeu de conservation se situe sur l'importante population de *Retrophyllum minus* (le bois bouchon) le long de la Kwé Ouest, Nord et principale. Cette espèce strictement rivulaire subira un lourd impact de la diminution des débits. Sans pouvoir dire si ces populations disparaîtront complètement à cause de la variation de débits, des programmes de suivi et de multiplication doivent être mis en place pour éventuellement compenser l'impact des aménagements. La présence d'une population de *Neocallitropsis pancheri* le long de la Kwé Ouest doit aussi faire l'objet d'une attention particulière bien que celle-ci ne soit pas caractérisée comme une espèce rivulaire. Les autres espèces, soit beaucoup moins présentes ou semblant moins sensibles aux variations de débits, doivent toutefois faire l'objet d'un suivi mais les risques semblent moindres. Il est important de noter que Vale Nouvelle-Calédonie a mis en place un programme de multiplication sur la plus part de ces espèces sensibles. Un programme de suivis de la végétation doit être mis en place afin d'appréhender l'impact des variations de débits sur leur survie. Ce travail permettra de poser les premières bases

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 277 / 294</b>

de l'effet de la variation de la disponibilité en eau sur la végétation au niveau des milieux mais aussi des espèces.

## 5.5 SYNTHÈSE – IMPACTS SUR LA FLORE

### 5.5.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de l'étude de l'effet de la variation des débits de la Kwé et de ses affluents, **le cabinet d'expertise SoREco-Nc a été consulté afin de déterminer l'impact de ces variations sur la végétation de la zone d'étude.** Ce travail nécessite la mise en place d'une **étude bibliographique des effets connus de la variation des débits.** Par ailleurs, il est nécessaire de faire le point sur les **connaissances botaniques déjà acquises** dans l'emprise du site d'étude. Suite à ce travail, il est essentiel d'identifier **le type et la surface de végétation pouvant être affectés** par ces impacts et de déterminer leur étendue et leur distribution. **Un accent particulier est apporté aux espèces rares et menacées** de la zone. Pour cela, la distribution de ces espèces le long des cours d'eau doit être réalisée et leur sensibilité aux variations doit être considérée.

### 5.5.2 METHODOLOGIE

Afin de réaliser la synthèse bibliographique sur l'effet de la variation des débits sur la végétation rivulaire, une recherche bibliographique a été réalisée en utilisant la littérature scientifique mais aussi certaines ressources ou documents trouvés sur internet. Afin d'appréhender les caractéristiques de la végétation des formations rivulaires dans le Grand Sud calédonien, les rapports d'expertise botanique réalisés pour le compte de Vale Nouvelle-Calédonie ont été étudiés ainsi que toute autre étude floristique réalisée par des instituts de recherche dans la zone d'étude.

Afin de déterminer l'impact de la réduction des débits de la Kwé et de ses affluents, deux principaux paramètres ont été pris en compte, à savoir **les types de végétations en place** (maquis à hydromorphie temporaire, forêts denses humides, etc.) mais aussi **la présence d'espèces rares et menacées** présentes à proximité des cours d'eau. Au niveau des formations naturelles, l'accent a été porté sur les formations végétales en lien avec la présence des cours d'eau sur la zone d'étude, à savoir les **maquis des plaines hydromorphes** (ou à hydromorphie permanente), les **maquis des sols à hydromorphie temporaire** et les **forêts denses humides sur éboulis** (comprenant une frange de forêt rivulaire). Par ailleurs, les **forêts denses humides à *Arillastrum gummiferum*** à proximité des cours ont aussi été intégrées dans l'analyse. Ce choix se justifie par l'importante biodiversité que renferment ces formations mais aussi par la **possibilité de déplacement du biseau salé à l'embouchure de la Kwé principale** pouvant affecter le maintien d'une formation de ce type.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 278 / 294</b>

### 5.5.3 RESULTATS

Au niveau de la bibliographie, **aucune étude précise** sur le rôle éco-systémique ou sur l'effet de la variation des débits sur la végétation rivulaire **n'a été trouvée pour le contexte calédonien**. Toutefois, certaines généralités sont synthétisées, notamment sur le rôle de la végétation rivulaire. Au regard de l'effet de la variation des débits sur le maintien de la végétation rivulaire, même au delà des problématiques du territoire, ce domaine reste très peu documenté. Au niveau de la connaissance de la composition floristique des formations rivulaires, les nombreux travaux réalisés par l'IRD (ex ORSTOM) ont permis d'avoir **une très bonne connaissance générale de la composition floristique de ces milieux**. Trois types de végétations sont concernées à savoir les **maquis des plaines hydromorphes** (ou maquis à hydromorphie permanente), les **maquis à hydromorphie temporaire** et les **forêts denses humides sur éboulis et rivulaires**.

**Cette étude permet uniquement d'identifier les composantes de la flore pouvant être impactées mais en aucun cas, elle ne permet d'identifier les véritables impacts engendrés par la variation des débits**. En effet, il est impossible de connaître la réaction de la végétation face à la réduction des débits. De plus, il est difficile, voire même impossible, de connaître cet effet sur le moyen et long terme, étant donné que la succession des années sèches, moyennes et pluvieuses ne peut être prédite sur ce pas de temps.

Au niveau du site d'étude, il a été possible d'identifier que plus de **13 hectares de maquis à hydromorphie temporaire et plus d'un demi hectare de maquis des plaines hydromorphes** pouvaient être affectés par la variation des débits. De plus, **près de 11 hectares de forêts denses humides sur éboulis** pouvaient être impactés par ce projet. Pour ce dernier type de végétation, il est certain que l'ensemble de la végétation ne sera pas affecté, en effet **la forêt dense humide présente une résilience propre** lui permettant de résister à des variations climatiques. Toutefois les impacts de la réduction des débits sur cette végétation sur le long terme restent incertains. Par ailleurs, il est important de noter que plus de **32 hectares de forêts denses humides à *Arillastrum gummiferum*** se situent le long de ces cours d'eau. A l'embouchure de la Kwé principale, une forêt de ce type couvrant une superficie de **plus de 28 hectares** est susceptible d'être **impactée par la remontée du biseau salé**. Toutefois, le déplacement de ce biseau n'a pas été étudié dans l'étude hydrologique et il est difficile d'appréhender l'impact qu'il aura sur cette formation.

Concernant les espèces rares et menacées, **11 d'entre elles ont pu être identifiées le long des cours d'eau** (d'autres espèces pouvant être considérées comme étant en danger ont été identifiées le long des cours d'eau, toutefois au regard de leur abondance et de leur distribution, elles n'ont pas été prises en compte). Pour chaque espèce, une sensibilité relative a été définie sur la base de la distribution de ces espèces par rapport aux cours d'eau ainsi que les connaissances propres du prestataire. Au final, l'enjeu le plus important au niveau des ces espèces est la présence

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	Secteur de Goro	<b>Page : 279 / 294</b>

d'une importante population de Bois Bouchon (*Retrophyllum minus*) le long de la Kwé Ouest, Nord et principale. Par ailleurs, il faut aussi signaler la présence d'une population importante de *Neocallitropsis pancheri* au niveau de la Kwé Ouest. La fougère aquatique *Blechnum francii* a aussi été relevée dans une seule localité. La sensibilité des espèces telles que *Pandanus lacuum*, *Pycnandra canaliculata* et *Rauvolfia sevenetii* est incertaine et nécessite des suivis. Les autres espèces relevées semblent présenter une sensibilité moindre.

#### **5.5.4 PERSPECTIVES**

Au regard de l'incertitude des impacts des variations de la Kwé sur la végétation, il semble nécessaire de mettre en place **des suivis sur les formations naturelles mais aussi sur les espèces**. Ces travaux permettront de poser les premières bases de la compréhension de l'effet de la variation des débits sur la végétation dans le contexte du massif ultramafique du Grand Sud. Par ailleurs des plans de gestion des espèces sensibles semblent nécessaires pour les espèces les plus problématiques.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

- A2EP (2012a). Synthèse climatologique (Secteur de Goro).
- A2EP (2012c). Synthèse des données piézométriques (secteur de Goro).
- A2EP. 2012. *Synthèse hydrologique - Kwé et rivière des Lacs - Secteur de Goro*. 04211OHG-D439/12. VALE NC.
- . 2013a. *Etablissement et critique des courbes de tarage des sites de mesure automatisées - secteur de la fosse minière à 25 ans*. D0820/12/FBD. Goro: VALE NC.
- . 2013b. *Etablissement de courbes de tarage - Points de mesure en continu de rivières du secteur de Goro*. 02612OH. VALE NC.
- Allen, G.R. 1991. « Freshwater fishes of New Guinea ». *The Christensen Research Institute*, n° 9.
- Alric, R. 2009. *Recueil des débits caractéristiques de la Nouvelle-Calédonie*. Nouvelle-Calédonie: DAVAR - SESER - ORE.
- Auble, G. T., J. M. Friedman, et M. L. Scott. 1994. « Relating Riparian Vegetation to Present and Future Streamflows. » *Ecological Applications* 4: 544-54.
- Banarescu, P. 1990. *Zoogeography of freshwater. General distribution and dispersal of freshwater animals*. Aula Verlag ed. Vol. 1. Wiesbaden.
- Baran, Philippe, et Francine Leroyer-Gravet. 2007. « Le débit, élément-clé de la vie des cours d'eau ».
- Belanger, M. 2005. « Estimation de la température de l'eau en rivière en utilisant les réseaux de neurones et la régression linéaire multiple. » *rev. Sc. de l'eau*, 18.
- Bell, Kim N. I. 2009. « What Comes Down Must Go Up: The Migration Cycle of Juvenile- Return Anadromous Taxa. » *American Fisheries Society Symposium* 69: 321-41.
- Bell, Kim N. I., J. A. Brown, et Pierre Pepin. 1995. « Seasonal, inverse cycling of length-at-recruitment and age-at-recruitment in the diadromous gobies *sicydium-punctatum* and *sicydium-antillarum* in Dominica, west-indies. » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52 (7): 1535-45.
- Benbow, Mark Eric, Albert J. Burky, et C. M. Way. 2003. « Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid (*Telmatogeton torrenticola*): stream flow and microhabitat effects, *Annales de Limnologie*. » *International Journal of Limnology* 39 (2): 103-14.
- Benbow, M. E., A. J. Burky, et C. M. Way. 1997. « Larval habitat preference of the endemic Hawaiian midge, *Telmatogeton torrenticola* Terry (*Telmatogetoninae*). » *Hydrobiologia* 346: 129-36.
- Benstead, Jonathan P., James G. March, et Catherine M. Pringle. 2000. « Estuarine Larval Development and Upstream Post-Larval Migration of Freshwater Shrimps in Two Tropical Rivers of Puerto Rico. » *Biotropica* 32 (3): 545-48.
- Beschta, R.L., et W.L. Jackson. 1979. « The intrusion of fine sediments into a stable gravel bed ». *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 207-10.
- Beven & Kirkby. 1979. « A physically based, variable contributing area model or basin hydrology. *hydrol. Sci. Bull.* », 24.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 281 / 294</b>

- Bielsa, S., P. Francisco, S. Mastrorillo, et J. P. Parent. 2003. « Seasonal changes of periphytic nutritive quality for *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas, 1770) (gobiidae) in three streams of Reunion Island. » *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* 39 (2): 115-27.
- Biggs, Barry J. F., Vladimir I. NIKORA, et Ton H. SNELDER. 2005. « Linking scales of flow variability to lotic ecosystem structure and function. » *River research and Applications* 21 (2-3): 283-98.
- BIOIMPACT. 2012. *Etude de l'état écologique de la Kwé à partir des données historiques de suivi*.
- Blanck, Aurélie, et Nicolas Lamouroux. 2007. « Large-scale intraspecific variation in life-history traits of European freshwater fish. » *Journal of Biogeography* 34 (5): 862-75.
- Blanck, Aurélie, Pablo A. Tedesco, et Nicolas Lamouroux. 2007. « Relationships between life-history strategies of European freshwater fish species and their habitat preferences. » *Freshwater Biology* 52 (5): 843-59.
- Blanco, Juan F., et Frederick N. Scatena. 2005. « Floods, Habitat Hydraulics and Upstream Migration of *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) in Northeastern Puerto Rico. » *Caribbean Journal of Science* 41 (1): 55-74.
- . 2006. « Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate to the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. » *Journal of the North American Benthologic Society* 25 (1): 82-98.
- Blob, Richard W., Sandy M. Kawano, Kristine N. Moody, William C. Bridges, Takashi Maie, Margaret B. Ptacek, Matthew L. Julius, et Heiko L. Schoenfuss. 2010. « Morphological Selection and the Evaluation of Potential Tradeoffs Between Escape from Predators and the Climbing of Waterfalls in the Hawaiian Stream Goby *Sicyopterus stimpsoni*. » *Integrative and Comparative Biology* 50 (6): 1185-99.
- Blondel, J. 1986. *Biogéographie évolutive*. Masson. Collection d'écologie 20. Paris.
- Boseto, David, Clare Morrison, Patrick Pikacha, et Tikai Pitakia. 2007. « Biodiversity and conservation of freshwater fishes in selected rivers on Choiseul Islands, Solomon Islands ». *The South Pacific Journal of Natural Science*, n° 3: 16-21.
- Bota Environnement. 2011. « Inventaire floristique Plateau de Goro. Zone des 15 ans d'exploitation Vale en Nouvelle-Calédonie. »
- Bovee, K.D. 1982. *A Guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream flow information*. Western Energy and Land Use Team. U.S. Fish and wildlife Service, Fort Collins. Colorado: FWS/OBS 82/26, paper nQ12.
- Bradford, Michael J., Paul S. Higgins, Josh Korman, et Jeff Sneep. 2011. « Test of an environmental flow release in a British Columbia river: does more water mean more fish? ». *Freshwater Biology* 56 (10): 2119-34.
- Braud, Stéphane, et Adrien Alber. 2007. « Synthèses des connaissances & proposition d'une méthode d'évaluation de l'impact des ouvrages transversaux sur la continuité sédimentaire des cours d'eau ». DREAL.
- Bright, G.R. 1982. « Secondary benthic production in a tropical stream ». *Limnology and Oceanography* 27 (3): 472-80.
- Buisson, Laetitia. 2009. *Poissons des rivières françaises et changement climatique : impacts sur la distribution des espèces et incertitudes des projections*. Thèse. Toulouse: Université de Toulouse. <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000946/01/buisson.pdf>.

- Bunn, S.E., et A.H. Arthington. 2002. « Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. » *Environmental Management* 30: 492-507.
- Caissie, D., N. El-Jabi, et G. Bourgeois. 1998. « Instream flow evaluation by hydrologically based and habitat preference (hydrobiological) techniques. » *Revue des Sciences de l'Eau* 11 (3): 347-63.
- Calandre, Philippe, et Delphine Jacono. 2006. *Protection et gestion des rivières du secteur Seine-aval - Bassin Seine-Normandie*. Agence de l'eau Seine-Normandie. <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=3004>.
- Chazeau, Jean. 1994. « Caractère de la faune de quelques milieux naturels sur sols ultramafiques en Nouvelle Calédonie. » In . Vol. 95-105.
- Coat, Sophie, Dominique Monti, Claude Bouchon, et Gilles Lepoint. 2009. « Trophic relationships in a tropical stream food web assessed by stable isotope analysis. » *Freshwater Biology* 54 (5): 1028-41.
- Conseil Général de la Martinique. 2009. *Estimation des débits minimums biologiques - Rapport final*.
- Cook, Benjamin D., Sophie Bernays, Catherine M. Pringle, et Jane M. Hughes. 2009. « Marine dispersal determines the genetic population structure of migratory stream fauna of Puerto Rico: evidence for island-scale population recovery processes. » *Journal of the North American Benthological Society* 28 (3): 709-18.
- Cortes, R.M., M.T. Ferreira, S.V. Oliveira, et D. Oliveira. 2002. « Macroinvertebrate community structure in regulated river segment with different flow conditions ». *River Research and Applications* 18: 367-82.
- Covich, Alan P., Todd A. Crowl, et Tamara Heartsill-Scalley. 2006. « Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* spp.) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. » *Journal of the North American Benthological Society* 25 (1): 99-107.
- Covich, Alan P., Todd A. Crowl, Sherri L. Johnson, Dennis Varza, et David L. Certain. 1991. « Post-hurricane hugo increases in atyid shrimp abundances in a puerto-rican montane stream. » *Biotropica* 23 (4): 448-54.
- Covich, Alan P., Todd A. Crowl, et Frederick N. Scatena. 2003. « Effects of extreme low flows on freshwater shrimps in a perennial tropical stream. » *Freshwater Biology* 48 (7): 1199-1206.
- Covich, A.P. 1988. « Geographical and historical comparisons of Neotropical streams: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats ». *Journal of the North American Benthological Society*, n° 7: 361-86.
- Covich, A. P. 2006. « Dispersal - Limited biodiversity of tropical insular streams. » *Polish Journal of Ecology* 54 (4): 523-47.
- Covich, A. P., T. A. Crowl, C. L. Hein, M. J. Townsend, et W. H. McDowell. 2009. « Predator-prey interactions in river networks: comparing shrimp spatial refugia in two drainage basins. » *Freshwater Biology* 54 (3): 450-65.
- Crowl, Todd A., et Alan P. Covich. 1994. « Responses of a freshwater shrimp to chemical and tactile stimuli from a large decapod predator. » *Journal of the North American Benthological Society* 13 (2): 291-98.

- Crowl, Todd A., William H. McDowell, Alan P. Covich, et Sherri L. Johnson. 2001. « Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. » *Ecology* 82 (3): 775-83.
- Crowl, Todd A., Vanessa Welsh, Tamara Heartsill-Scalley, et Alan P. Covich. 2006. « Effects of different types of conditioning on rates of leaf-litter shredding by *Xiphocaris elongata*, a Neotropical freshwater shrimp. » *Journal of the North American Benthological Society* 25 (1): 198-208.
- Cummins, K.W. 1975. « Macroinvertebrates ». *River Ecology*, 170-98.
- Darlington, Philip Jackson. 1957. *Islands patterns, in Zoogeography: the Geographical distribution of animals*. John Wiley and Sons. New York.
- D Bell, Johann, Johanna E Johnson, et Alistair J Hobday. 2011. *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*. Nouméa, New-Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.
- Decamps, H. 2003. « Ripisylves : La biodiversité par l'instabilité ». Association Forêt Méditerranéenne.
- De Grave, S., Y. Cai, et A. Anker. 2008. « Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda : Caridea) in freshwater ». *Hydrobiologia*, n° 595: 287-93.
- Delacroix, Pierre. 1987. « Etudes des "Bichiques", juvéniles de *Sicyopterus Lagocephalus* (pallas), poisson Gobiidae migrateur des rivières de la Réunion: Exploitation, répartition, biologie de la reproduction et de la croissance. » Doctorat, Marseille: Université de Provence - Centre St-Charles.
- Delacroix, Pierre, et Antoine Champeau. 1992. « Ponte en eau douce de *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas) poisson Gobiidae amphibionte des rivières de la Réunion. » *Hydroécologie appliquée* 4 (1): 49-63.
- Dolédec, Sylvain, Nicolas Lamouroux, Ulrike Fuchs, et Sylvie Merigoux. 2007. « Modelling the hydraulic preferences of benthic macroinvertebrates in small European streams. » *Freshwater Biology* 52 (1): 145-64.
- ECOGEA. 2012. *Etude de l'évolution des paramètres hydromorphologiques et de la fonctionnalité des habitats piscicoles en fonction du débit sur le Gave d'Ossau*.
- EMR. 2010. *Etude de l'engravement de la Kwe, de sa baie et son estuaire*.
- ERBIO. 2011a. *Etude de suivi ichthyologique et carcinologique du creek de la Baie Nord, la Kwé et la Kuébini, campagne de janvier 2011*.
- . 2011b. *Etude de suivi macro-benthique, ichthyologique et carcinologique du bassin versant KWE Ouest 4, campagne d'avril 2011*.
- . 2011c. *Etude de suivi macro-benthique, ichthyologique et carcinologique du bassin versant KWE Ouest 5, campagne d'avril 2011*.
- . 2014a. *Inventaire de la faune macro-benthique, ichthyologique et carcinologique du bassin versant Kwé Ouest 4 - Campagne de Novembre 2013*.
- . 2014b. *Inventaire de la faune macro-benthique, ichthyologique et carcinologique du bassin versant Kwé Ouest 5 - Campagne de Novembre 2013*.
- Feutry, Pierre, Magalie Castelin, Jennifer R. Ovenden, Agnès Dettai, Tony Robinet, Corinne Cruaud, et Philippe Keith. 2013. « Evolution of Diadromy in Fish: Insights from a Tropical Genus (*Kuhlia* Species) ». *The American Naturalist* 181 (1): 52-63.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 284 / 294</b>

- Fiévet, E, et B Le Guennec. 1998. « Migration de masse de *Sicydium* spp. (Gobiidae) dans les rivières de Guadeloupe: Implications pour le schéma hydraulique des minicentrales hydroélectriques "au fil de l'EAU". » *Cybium* 22 (3): 293-96.
- Fiévet, Eric. 1999. « An experimental survey of freshwater shrimp upstream migration in an impounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. » *Archiv fur Hydrobiologie* 144 (3): 339-55.
- Fiévet, Eric, A. L. Roux, L. Redaud, et J. M. Serandour. 2000. « Conception of passage facilities for the amphidromous biota (freshwater shrimps and fishes) of the west Indies : A review, (357-358), 241-256. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques*, n° 357-358: 241-56.
- Flecker, A.S., et B.P. Feifareck. 1994. « Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams ». *Freshwater biology* 31: 131-42.
- Fossati, O., M. Mosseron, et P Keith. 2002. « Atyidae (Crustacea Decapoda) Macro-and micro-distribution in the rivers of Nuku-Hiva island (French Polynesia) ». *Hydrobiologia*, n° (sous presse).
- Frissell, Christopher A., William J. Liss, Charles E. Warren, et Michael D. Hurley. 1986. « A Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification - Viewing Streams in a Watershed Context ». *Environmental Management* 10 (2): 199-214.
- Fryso, O. 2008. *Caractérisation des régimes d'étiage en Nouvelle-Calédonie*. Synthèse. Nouvelle-Calédonie: DAVAR - SESER - ORE.
- Gascuel-Ouroux, C, P Merot, A Crave, P Gineste, A Taha, et Z Zhang. 1998. « Les zones contributives de fond de vallée : localisation, structure et fonctionnement hydrodynamique ». In *Agriculture intensive et qualité des eaux*, INRA Edition, 129-42. Paris.
- Gehrke, P.C. 1997. « Differences in composition and structure of fish communities associated with flow regulation in New South Wales rivers ». In *Fish and Rivers in Stress: the NSW Rivers Survey*, 185-215. Harris JH and Gehrke PC.
- Ginot, V. 1995a. « EVHA, a Windows software for fish habitat assessment in streams. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 337 (9): 303-8.
- . 1995b. « EVHA, a Windows software for fish habitat assessment in streams. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 337 (9): 303-8.
- Gippel, Christopher, et Dominic Blackham. 2002. *Review of Environmental Impacts of Flow Regulation and Other Water Resource Developments in the River Murray and Lower Darling River System*. Fluvial Systems Pty Ltd.
- GIRARD, Virginie. 2013. « MODELES D'HABITAT STATISTIQUES COMME OUTILS D'AIDE A LA GESTION DES DEBITS DES RIVIERES INSULAIRES TROPICALES ». Université Claude Bernard Lyon 1.
- Girard, Virginie. 2013. « Modèles d'habitat statistiques comme outils d'aide à la gestion des débits des rivières insulaires tropicales ». UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1.
- Gomez-Aguirre, Ana M., Magnolia C. Longo-Sánchez, et Juan F. Blanco. 2009. « Macroinvertebrate assemblages in gorgona island streams: spatial patterns during two contrasting hydrologic periods. » *Actualidades Biológicas* 31 (91): 161-78.
- Gooderham, John, et Edward Tsyrlin. 2002. *The Waterbug Book: A Guide to the Freshwater Macroinvertebrates of Temperate Australia*. Csiro Publishing.

- Gorbach, Katherine R., M. Eric Benbow, Mollie D. McIntosh, et Albert J. Burky. 2012. « Dispersal and upstream migration of an amphidromous neritid snail: implications for restoring migratory pathways in tropical streams. » *Freshwater Biology* 57 (8): 1643-57.
- Greathouse, Effie A., Catherine M. Pringle, R. M. McDowall, et J. G. Holmquist. 2006. « Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. » *Ecological Applications* 16 (1): 339-52.
- Hauer, F.R., et V.H. Resh. 1996. *Benthic macroinvertebrates. Methods in Stream Ecology*.
- Haynes, A. 1987. « Species richness, abundance and biomass of benthic invertebrates in a lowland tropical stream on the island of Viti Levu, Fiji. » *Archiv für Hydrobiologie* 110: 451-59.
- Hellawell, J.M. 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers.
- Herbert, J., P. M. Hollingsworth, M. F. Gardner, R. R. Mill, P. I. Thomas, et T. Jaffré. 2002. « Conservation genetics and phylogenetics of New Caledonian *Retrophyllum* (Podocarpaceae) species ». *New Zealand Journal of Botany* 40 (2): 175-88.
- Hildrew, A. G., et P. S. Giller. 1994. « Patchiness, species interactions and disturbance in the stream benthos ». *Aquatic Ecology; scale, pattern and process*, 21-62.
- Horton, J. L., T. E. Kolb, et S. C. Hart. 2001. « Responses of riparian trees to interannual variation in ground water depth in a semi-arid river basin. » *Plant, Cell & Environment* 24 (3): 293-304.
- Humphries, P., A.J. King, et J.D. Koehn. 1999. « Fish, Flows and Flood Plains: Links between Freshwater Fishes and Their Environment in the Murray-Darling River System, Australia ». *Environmental Biology of Fishes* 56 (1-2): 129-51.
- Hutchinson, George Evelyn. 1957. « "Concluding remarks". » *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 (2): 415-27.
- Hynes, H.B.N. 1970. « The ecology of stream insects ». *Annual Review of Entomology* 15: 25-42.
- Imirizaldu. 2011. *La Kué : évolution de la qualité des eaux superficielles. Synthèse des rapports sur la Kué : 1995-2010*. l'Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie.
- ISL/Aquascop. 2010. *Etude d'évaluation des impacts générés par la production d'hydroélectricité sur le bassin versant du Gave d'Oloron. Gave d'Ossau*.
- Jackson, Donald A., Pedro R. Peres-Neto, et Julian D. Olden. 2001. « What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58 (1): 157-70.
- Jaffré, T. 2000. « Caractéristiques floristiques de la zone de Prony à Goro. Rapport de consultance pour SIRAS Pacifique, dans le cadre de l'étude d'impact pour INCO Goro Nickel ». IRD Nouméa.
- Jaffré, Tanguy. 2001. *Etude botanique de la station dite «le Déversoir» : caractérisation floristique et évaluation des modifications apportées à la couverture végétale et à la diversité floristique par un captage d'eau. Consultance pour INCO Goro Nickel*.
- Jaffré, T., G. Dagostini, et F. Rigault. 2003. « Identification typologie et cartographie des groupements végétaux de basse altitude du Grand Sud Calédonien et de la vallée de la Tontouta. Rapport de convention IRD-Province Sud. »
- Jaffré, T., G. Dagostini, F. Rigault, et N. Coic. 2002a. « Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs "Priorité 2" de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel ». IRD.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 286 / 294</b>

- . 2002b. « Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs “Priorité 3” de la zone d’implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel ». IRD.
- Jaffré, T., J. Munzinger, et P. P. Lowry. 2010. « Threats to the conifer species found on New Caledonia’s ultramafic massifs and proposals for urgently needed measures to improve their protection. » *Biodiversity and Conservation* 19 (5): 1485-1502.
- Jaffré, T., F. Rigault, et G. Dagostini. 2003. « Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs “Priorité 4” de la zone d’implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel ». IRD.
- Jaffré, T., F. Rigault, G. Dagostini, et N. Coic. 2002. « Inventaire floristique des groupements végétaux des secteurs “Priorité 1” de la zone d’implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel ». IRD.
- James, A.B.W. 2008. « The impacts of reduced flow on instream habitat condition and macroinvertebrate behaviour ». New Zealand: Massey University, Palmerston North.
- Johanson, K.A. 1999. « Seventeen new Helicopsyche from New Caledonia (Trichoptera : Helicopsyche) ». *Tijdschrift voor entomologie* 142: 37-64.
- Jorde, K., M. Schneider, et F. Zöllner. 2000. *Analysis of instream habitat quality— preference functions and fuzzy models. In: Wang, Hu (Eds.). Stochastic Hydraulics. Balkema, Rotterdam.*
- Jowett, Ian G. 1996. *RHYHABSIM, river hydraulics and habitat simulation, computer manual. National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA) Report. Hamilton. [http://www.geo.uio.no/edc/software/RHYHABSIM/User\\_Guide\\_RHYHABSIM.pdf](http://www.geo.uio.no/edc/software/RHYHABSIM/User_Guide_RHYHABSIM.pdf).*
- . 1997. « Instream flow methods: A comparison of approaches. » *Research & Management* 13 (2): 115-27.
- . 1998. « Hydraulic geometry of New Zealand rivers and its use as a preliminary method of habitat assessment, Regulated Rivers. » *Research & Management* 14 (5): 451-66.
- Jowett, Ian G., et Barry J. F. Biggs. 2006. « Flow regime requirements and the biological effectiveness of habitat-based minimum flow assessments for six rivers. » *Journal of River Basin Management* 4 (3): 179-89.
- Jowett, Ian G., S. M. Parkyn, et Jody Richardson. 2008. « Habitat characteristics of crayfish (*Paranephrops planifrons*) in New Zealand streams using generalised additive models (GAMs). » *Hydrobiologia* 596: 353-65.
- Jowett, Ian G., et Jody Richardson. 2003. « Fish communities in New Zealand rivers and their relationship to environmental variables. » *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37 (2): 347-66.
- Jowett, Ian G., Jody Richardson, Barry J. F. Biggs, Christopher W. Hickey, et John M. Quinn. 1991. « Microhabitat preferences of benthic invertebrates and the development of generalised Deleatidium spp. habitat suitability curves, applied to four New Zealand rivers. » *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 25: 187-99.
- Keith, P. 2003. « Biology and ecology of amphidromous Gobiidae of the Indo-Pacific and the Caribbean regions ». *Journal of Fish Biology*, n° 63: 831-47.
- Keith, Philippe. 1998. « Evolution des peuplements ichtyologiques de France et stratégies de conservation ». Université de Rennes I.

- Keith, Philippe, T. Galewski, G. Cattaneo-Berrebi, T. Hoareau, et P. Berrebi. 2005. « Ubiquity of *Sicyopterus lagocephalus* (Teleostei: Gobioidae) and phylogeography of the genus *Sicyopterus* in the Indo-Pacific area inferred from mitochondrial cytochrome b gene, , 37(3), 721-732. » *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37 (3): 721-32.
- Keith, Philippe, C Lord, J. Lorion, S. Watanabe, K. Tsukamoto, A. Couloux, et A. Dettai. 2011. « Phylogeny and biogeography of Sicydiinae (Teleostei: Gobiidae) inferred from mitochondrial and nuclear genes. » *Marine Biology* 158 (2): 311-26.
- Keith, Philippe, Erick Vigneux, et Pierre Bosc. 1999. *Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Réunion*. Museum National d'Histoire Naturelle. Paris.
- Kennen, J.G., et M.L. Riskin. 2010. *Evaluating Effects of Potential Changes in Streamflow Regime on Fish and Aquatic-Invertebrate Assemblages in the New Jersey Pinlands*. Scientific Investigations Report 2010-5079. Reston, Virginia: U.S. department of the Interior, U.S. Geological Survey.
- Kikkert, D. A., T. A. Crowl, et A. P. Covich. 2009. « Upstream migration of amphidromous shrimps in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico: temporal patterns and environmental cues, , 28(1), 233- 246. » *Journal of the North American Benthological Society* 28 (1): 233-46.
- King, J., et M. D. Louw. 1998. « Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. » *Aquatic Ecosystem Health and Management* 1: 109-24.
- Koné, T., G.G. Teugels, V. N'Douba, E.P. Kouamélan, et Bi G. Gooré. 2003. « Fish assemblages in relation to environmental gradients along a small west African coastal basin, the San Pedro River, Ivory Coast. African. » *Journal of Aquatic Science* 28 (2): 163-68.
- Lamouroux, Nicolas. 1998. « Depth probability distributions in stream reaches. » *Journal of Hydraulic Engineering-Asce* 124 (2): 224-27.
- . 2002. *Estimhab: estimating instream habitat quality changes associated with hydraulic river management. Shareware & User's guide*. Cemagref Lyon - Onema. <http://www.irstea.fr/estimhab>.
- Lamouroux, Nicolas, et Hervé Capra. 2002. « Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. » *Freshwater Biology* 47 (8): 1543-56.
- Lamouroux, Nicolas, Sylvain Dolédec, et Sebastien Gayraud. 2004. « Biological traits of stream macroinvertebrate communities: Effects of microhabitat, reach, and basin filters. » *Journal of the North American Benthological Society* 23 (3): 449-66.
- Lamouroux, Nicolas, et Ian G. Jowett. 2005. « Generalized instream habitat models. » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62 (1): 7-14.
- Lamouroux, Nicolas, Jean Michel Olivier, Hervé Capra, Marc Zylberblat, A. Chandesris, et Pascal Roger. 2006. « Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. » *Freshwater Biology* 51 (9): 1730-43.
- Lamouroux, Nicolas, N. Leroy Poff, et Paul L. Angermeier. 2002. « Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. » *Ecology* 83 (7): 1792-1807.
- Lamouroux, Nicolas, Yves Souchon, et Eric Herouin. 1995. « Predicting velocity frequency distributions in stream reaches. » *Water Resources Research* 31 (9): 2367-75.

- Lamouroux, Nicolas, Bernhard Statzner, Ulrike Fuchs, Fritz Kohmann, et Ursula Schmedtje. 1992. « An unconventional approach to modeling spatial and temporal variability of local shearstress in stream segments. » *Water Resources Research* 28 (12): 3251-58.
- Leathwick, J. R., J. Elith, W. L. Chadderton, D. Rowe, et T. Hastie. 2008. « Dispersal, disturbance and the contrasting biogeographies of New Zealand's diadromous and non-diadromous fish species. » *Journal of Biogeography* 35 (8): 1481-97.
- Leberer, Trina, et Stephen G. Nelson. 2001. « Factors affecting the distributions of atyid shrimp in two tropical insular rivers. » *Pacific science* 55 (4): 389-98.
- Le Borgne, T. 2007. « Projet de bassin de sédimentation de la KN2-3. »
- Lee, Pey-Yi, et Jian-Ping Suen. 2012. « Niche partitioning of fish assemblages in a mountain stream with frequent natural disturbances - an examination of microhabitat in riffle areas. » *Ecology of Freshwater Fish* 21 (2): 255-65.
- Lefrançois, E., Sophie Coat, Gilles Lepoint, N. Vachier, O. Gros, et Dominique Monti. 2011. « Epilithic biofilm as a key factor for small-scale river fisheries on Caribbean islands. » *Fisheries Management and Ecology* 18 (3): 211-20.
- Leftwich, Kevin N., Paul L. Angermeier, et C. Andrew Dolloff. 1997. « Factors influencing behavior and transferability of habitat models for a benthic stream fish. » *Transactions of the American Fisheries Society* 126 (5): 725-34.
- Levêque, Christian. 1974. « Crevettes d'eau douce de la Guadeloupe (Atyidae et Palaemonidae). » *O.R.S.T.O.M., série Hydrobiologie* 8 (1): 41-49.
- Lewis, A.D., et A.E. Hogan. 1987. « Lénigmatique double de roche - Les travaux récents fournissent quelques réponses ». *Lettre d'information sur les pêches*, n° 40.
- L'Huillier, L., T. Jaffré, et A. Wulff. 2010. *Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration*. IAC. Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
- Lord, C., H. Tabouret, F. Claverie, C. Pecheyran, et Philippe Keith. 2011. « Femtosecond laser ablation ICP-MS measurement of otolith Sr:Ca and Ba:Ca composition reveal differential use of freshwater habitats for three amphidromous Sicyopterus (Teleostei: Gobioidi: Sicydiinae) species. » *Journal of Fish Biology* 79 (5): 1304-21.
- Maie, T., H.L. Schoenfuss, et R.W. Blob. 2007. « Ontogenetic scaling of body proportions in waterfall-climbing gobiid fishes from Hawai'i and Dominica: implications for locomotor function ». *Copeia*, n° 3: 755-64.
- Malavoi, J.R., et Y Souchon. 2002. « Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 365/366: 357-72.
- Mantel, Sukhmani Kaur, Maria Salas, et David Dudgeon. 2004. « Foodweb structure in a tropical Asian forest stream. » *Journal of the North American Benthological Society* 23 (4): 728-55.
- March, James G., et Catherine M. Pringle. 2003. « Food web structure and basal resource utilization along a tropical island stream continuum, Puerto Rico. » *Biotropica* 35 (1): 84-93.
- March, James G., Catherine M. Pringle, Matt J. Townsend, et Amanda I. Wilson. 2002. « Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. » *Freshwater Biology* 47 (3): 377-90.
- Marquet, Gérard, Philippe Keith, et Erick Vigneux. 2003a. *Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de Nouvelle-Calédonie*. Vol. 58. Patrimoines Naturels. M.N.H.N.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 289 / 294</b>

- . 2003b. *Atlas des poissons et des crustacés (décapodes) d'eau douce de Nouvelle-Calédonie*. Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.
- Mary, N. 1999. « caractérisation physico-chimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques ».
- Mary, Nathalie. 1999. « Caractérisations physico-chimique et biologique des cours d'eau de Nouvelle Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. » Nouméa, NC: Université Française du Pacifique.
- . 2000. *Guide pratique d'identification des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau*. Ministère de l'Environnement, Service de l'Eau (Paris), Province Nord et Province Sud de la Nouvelle Calédonie.
- Mary, Nathalie, et Virginie Archaimbault. 2012a. *Amélioration des méthodes indicielles Indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC) et Indice Bio-sédimentaire (IBS). Phase 2*. Observatoire de l'environnement en Nouvelle Calédonie.
- . 2012b. *L'Indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC). L'Indice Biosédimentaire (IBS). Guide méthodologique et technique*. DAVAR. Service de l'Eau et des Statistiques et Etudes Rurales, Pôle de l'Observatoire de la Ressource en Eau.
- Matczak, T.D., et R.J. Mackay. 1990. « Territoriality in filter-feeding caddisfly larvae: laboratory experiments ». *Journal of the North American Benthological Society* 9: 26-34.
- Mathews, R. 2009. « A six-step framework for Ecologically sustainable Water Management ». *Journal of contemporary Water Research & Education* 131 (1): 60-65.
- Matthaei, C.D., C.J. Arbuckle, et C.R. Townsend. 2000. « Stable surface stones as refugia for invertebrates during disturbance in a New Zealand stream. » *Journal of the North American Benthological Society* 19: 82-93.
- McCoy, S. 2008. « Inventaires floristiques des maquis rivulaires et de piemonts en amont de la traversée du KN23 de la voie de roulage. »
- McDowall, R. M. 1997. « Is there such a thing as amphidromy. » *Micronesica* 30 (1): 3-14.
- . 2008. « Diadromy, history and ecology: a question of scale. » *Hydrobiologia* 602: 5-14.
- McIntosh, Mollie D., M. Eric Benbow, et Albert J. Burky. 2002a. « Effects of stream diversion on riffle macroinvertebrate communities in a Maui, Hawaii, Stream. » *River Research and Applications* 18 (6): 569-81.
- . 2002b. « Effects of stream diversion on riffle macroinvertebrate communities in a Maui, Hawaii, Stream. » *River Research and Applications* 18 (6): 569-81.
- McIntosh, Mollie D., Jennifer A. Schmitz, M. Eric Benbow, et Albert J. Burky. 2008a. « Structural and functional changes of tropical riffle macroinvertebrate communities associated with stream flow withdrawal. » *River Research and Applications* 24 (8): 1045-55.
- . 2008b. « Structural and functional changes of tropical riffle macroinvertebrate communities associated with stream flow withdrawal. » *River Research and Applications* 24 (8): 1045-55.
- Merigoux, Sylvie, Nicolas Lamouroux, Jean Michel Olivier, et Sylvain Dolédec. 2009. « Invertebrate hydraulic preferences and predicted impacts of changes in discharge in a large river. » *Freshwater Biology* 54 (6): 1343-56.
- Mérot, Ph. 1995. « Mapping waterlogging of soils using digital terrain models. Hydrological processes ». »

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 290 / 294</b>

- . 2003. « Testing a climato-topographic index for predicting wetlands distribution along an European climate gradient. »
- Monti, Dominique, Philippe Keith, et Erick Vigneux. 2010. *Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe*. Patrimoines Naturels. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Monti, Dominique, et Pierre Legendre. 2009. « Shifts between biotic and physical driving forces of species organization under natural disturbance regimes. » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 1282-93.
- Morat, P., T. Jaffré, F. Tronchet, J. Munzinger, Y. Pillon, J.-M. Veillon, et M. Chalopin. 2012. « The taxonomic database « Florical » and characteristics of the indigenous flora of New Caledonia. » *Adansonia* 34 (2): 177-219.
- Myers, George S. 1938. « Freshwater fishes and West Indian zoogeography ». *Annual Report of Smithsonian Institution* 1937: 339-64.
- Naiman, R., et H. Décamps. « The Ecology of Interfaces : Riparian Zones. » *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 621-58.
- N'Zi, G.K., B.G. Gooré, E.P. Kouamélan, T. Koné, V. N'Douba, et F. Ollevier. 2008. « Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un petit bassin ouest africain - Rivière Boubo - Côte d'Ivoire ». *Tropicultura*, n° 26: 17-23.
- Page, Timothy J., Andrew M. Baker, Benjamin D. Cook, et Jane M. Hughes. 2005. « Historical transoceanic dispersal of a freshwater shrimp : the colonization of the South Pacific by the genus *Paratya* (Atyidae) ». *Journal of Biogeography* 32: 581-93.
- Page, Timothy J., Benjamin D. Cook, Thomas von Rintelen, Kristina von Rintelen, et Jane M. Hughes. 2008. « Evolutionary relationships of atyid shrimps imply both ancient Caribbean radiations and common marine dispersals. » *Journal of the North American Benthological Society* 27 (1): 68-83.
- Peterjohn, W. T., et D. L. Correll. « Nutrient dynamics in an agricultural watershed : observations on the role of the riparian forest. » *Ecology* 65: 1466-75.
- Peters, W.L., et J.G. Peters. 1980. « The leptophlebiidae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part II \_ Systématics. » *Cahiers - ORSTOM. Série hydrobiologie* XIII ((1-2)): 61-82.
- . 1981. « The Leptophlebiidae : Atalophlebiinae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part III - Systématics. » *Revue d'hydrobiologie tropicale* 14 ((3)): 233-43.
- . 2000. « The Leptophlebiidae : Atalophlebiinae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part VII - Systématics. » *Annales de Limnologie* 36 ((1)): 31-55.
- Peters, W.L., J.G. Peters, et G.F. Edmunds. 1978. « The Leptophlebiidae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part 1 : Introduction and systematics ». *Cahiers - ORSTOM. Série hydrobiologie* 7 ((2)): 97-117.
- . 1990. « The Leptophlebiidae : Atalophlebiinae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part V : Systematics ». *Revue d'hydrobiologie tropicale* 7 ((2)): 124-40.
- . 1994. « The Leptophlebiidae : Atalophlebiinae of New Caledonia (Ephemeroptera). Part VI : Systematics ». *Revue d'hydrobiologie tropicale* 27 ((2)): 97-105.
- Poff, N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegarrs, B.D. Richter, R.E. Sparks, et J.C. Stromberg. 1997. « The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration ». *BioScience* 47: 769-84.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 291 / 294</b>

- Poff, N. Leroy, et J.D. Allan. 1995. « Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability ». *Ecology*, n° 76: 606-27.
- Poff, N. Leroy, J.D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks, et J. C. Stromberg. 1997. « The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration. » *Bioscience* 47 (11): 769-84.
- Poff, N. Leroy, Brian D. Richter, Angela H. Arthington, Stuart E. Bunn, Robert J. Naiman, Eloise Kendy, Mike Acreman, et al. 2010. « The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. » *Freshwater Biology* 55 (1): 147-70.
- Poff, N. Leroy, et J.V. Ward. 1989. « Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure - a regional-analysis of streamflow patterns. » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46 (10): 1805-18.
- . 1990. « Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity. » *Environmental Management* 14 (5): 629-45.
- Poff, N. Leroy, et Julie K. H. Zimmerman. 2010. « Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. » *Freshwater Biology* 55 (1): 194-205.
- Poff, N.L., J.D. Olden, N.K.M. Vieira, D.S. Finn, M.P. Simmons, et B.C. Kondratieff. 2006. « Functional trait niches of north American lotic insects: Traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships ». *Journal of the North American Benthological Society* 25 (4): 730-55.
- Power, M.E., W.E. Dietrich, et J.C. Finlay. 1996. « Dams and Downstream Aquatic Biodiversity: Potential Food Web Consequences of Hydrologic and Gemorphic Change ». *Environmental Management* 20 (6): 887-95.
- Principe, R.E. 2010. « Ecological effects of small dams on benthic macroinvertebrate communities of mountain streams (Cordoba, Argentina) ». *Ann. Limnol. - Int. J. Lim* 46: 7791.
- Pursey, B.L., A.H. Arthington, et M.G. Read. 1995. « Species richness and spatial variation in fish assemblage structure in two rivers of the Wet Tropics of northern Queensland, Australia ». *Environmental Biology of Fishes* 42 (2): 181-99.
- Pusey, B.J., A.H. Arthington, et M.G. Read. 1993. « Spatial and temporal variation in fish assemblage structure in the Mary River, south-east Queensland: the influence of habitat structure ». *Environmental Biology of Fishes* 37: 355-80.
- . 1995. « Species richness and spatial variation in fish assemblage structure in two rivers of the Wet Tropics of northern Queensland, Australia ». *Environmental Biology of Fishes* 42 (2): 181-99.
- Ramirez, Alonso, Augustin Engman, Keysa G. Rosas, Omar Perez-Reyes, et Diana M. Martino-Cardona. 2012. « Urban impacts on tropical island streams: Some key aspects influencing ecosystem response. » *Urban Ecosystem* 15 (2): 315-25.
- Ramirez, A., et C.M. Pringle. 1998. « Structure and production of benthic insect assemblage in a neotropical stream ». *Journal of the North American Benthological Society* 17: 443-63.
- Ramirez, A., C.M. Pringle, et M. Douglas. 2006. « Temporal and spatial patterns in stream physicochemistry and insect assemblages in tropical lowland streams ». *Journal of the North American Benthological Society* 25: 108-215.

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	Novembre 2014
	Secteur de Goro	<b>Page : 292 / 294</b>

- Resh, V.H., J.R. Barnes, et D.A. Craig. 1990. « Distribution and ecology of benthic macroinvertebrates in the Opunohu river catchment, Moorea, French Polynesia ». *Annales de Limnologie* 26 ((2-3)): 195-214.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, et D.P. Braun. 1996. « A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems ». *Conservation Biology* 10: 1163-74.
- Richter, B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington, et D.P. Braun. 1997. « How Much Water Does a River Need? ». *Fresh-Water Biology* 37: 231-49.
- Richter, Brian D., Jeffrey V. Baumgartner, Jennifer Powell, et David P. Braun. 1996. « A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. » *Conservation Biology* 10 (4): 1163-74.
- Riis, Tenna, et Barry J. F. Biggs. 2003. « Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams, , 48(4), 1488-1497. » *Limnology and Oceanography* 48 (4): 1488-97.
- Riley, A.L. 1998. *Restoring streams in cities - A*. Island Press. Washington, D.C.
- Rolls, R.J., et A.H. Arthington. 2014. « How do low magnitudes of hydrologic alteration impact riverine fish populations and assemblage characteristics ? ». *Ecological Indicators* 39: 179-88.
- Rosenfeld, Jordan S., Kate Campbell, Elaine S. Leung, Joanna Bernhardt, et John Post. 2011. « Habitat effects on depth and velocity frequency distributions: Implications for modeling hydraulic variation and fish habitat suitability in streams, *Geomorphology*, 130(3-4), 127-135. » *Geomorphology* 130 (3-4): 127-35.
- Saraeva, Ekaterina, et Thomas B. Hardy. 2009. « Prediction of fisheries physical habitat values based on hydraulic geometry and frequency distributions of depth and velocity. » *International Journal River Basin Management* 7 (1): 31-41.
- Schneider, Matthias. 2001. « Habitat- und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen - Weiterentwicklung des Simulationsmodells CASIMIR, Thèse de doctorat, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 108, Universität Stuttgart, Stuttgart, 257 pp.. (in German) ». Doctorat, Stuttgart (Deutschland, Bundesrepublik): Univ. Stuttgart, Institut für Wasserbau (Herausgeber).
- Schweizer, Steffen, Mark E. Borsuk, Ian G. Jowett, et Peter Reichert. 2007. « Predicting joint frequency distributions of depth and velocity for instream habitat assessment. » *River research and Applications* 23 (3): 287-302.
- Shafroth, P. B., J. C. Stromberg, et D. T. Patten. « Woody riparian vegetation response to different alluvial water table regimes. » *Western North American Naturalist* 60 (1): 66-76.
- Sheldon, Andrew L. 2011. « Comparative habitat use by grazing fishes in a Bornean stream. » *Environmental Biology of Fishes* 92 (3): 381-90.
- Simon, A., et J. C. Collison. 2002. « Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. » *Earth Surface Processes and Landform* 27 (5): 527-46.
- Snelder, Ton, Doug Booker, et Nicolas Lamouroux. 2011. « A method to assess and define environmental flow rules for large jurisdictional regions. » *Journal of the American Water Resources Association* 47 (4): 828-40.
- Stanford, J.A., J.V. Ward, W.J Liss, C.A. Frissell, R.N. Williams, J.A. Lichatowich, et C.C. Coutant. 1996. « A general protocol for restoration of regulated rivers ». *Regulated Rivers Research*

and Management 12 (4-5): 391-413. doi:10.1002/(SICI)1099-1646(199607)12:4/5<391::AID-RRR436>3.0.CO;2-4.

- Starmühlner, F. 1986. « Checklist of the fauna of mountain streams of tropical Indopacific Islands ». *Ann.Naturhist. Mus.Wien.* 88/89: 457-80.
- Statzner, Bernhard, James A. Gore, et Vincent H. Resh. 1988. « Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. » *Journal of the North American Benthological Society* 7 (4): 307-60.
- Stewardson, Michael J. 2005. « Hydraulic geometry of stream reaches. » *Journal of Hydrology* 306 (1-4): 97-111.
- Stromberg, J. C., R. Tiller, et B. Richter. 1996. « Effects of Groundwater Decline on Riparian Vegetation of Semiarid Regions: The San Pedro, Arizona. » *Ecological Applications* 6: 113-31.
- Tabacchi, E., D. L. Correll, R. Hauer, G. Pinay, A.-N. Planty-Tabacchi, et R. C. Wissmar. 1998. « Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. » *Freshwater Biology* 40: 497-516.
- Tachet, Henri. 2010. *Invertébrés d'eau douce: Systématique, biologie, écologie*. CNRS.
- Teichert, Nils, Marine Richardson, Pierre Valade, et Philippe Gaudin. 2012. « Reproduction and marine life history of an endemic amphidromous gobiid fish of Reunion Island. » *Aquatic Biology* 15 (3): 225-36.
- Tennant, Donald Leroy. 1976. « Instream flow regimens for fish, wildlife, récréation and related environmental resources. » *Fisheries* 1 (4): 359-73.
- Tew, Kwee Siong, Chiao-Chuan Han, Wei-Rung Chou, et Lee-Shing Fang. 2002. « Habitat and fish fauna structure in a subtropical mountain stream in Taiwan before and after a catastrophic typhoon. » *Environmental Biology of Fishes* 65 (4): 457-62.
- Tharme, R. E. 2003. « A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. » *River research and Applications* 19 (5-6): 397-441.
- Thomson, J.M. 1997. *Memoirs of the Queensland Museum*. Vol. 41. 3 vol. P.A. Jell, Bsc, PhD.
- Touzin, Daphné. 2008. *Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec*. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation - Université de Laval.
- Valade, Pierre, Clara Lord, Henri Grondin, Pierre Bosc, Laura Taillebois, Midori Iida, Katsumi Tsukamoto, et Philippe Keith. 2009. « Early life history and description of larval stages of an amphidromous goby, *Sicyopterus lagocephalus* (Gobioidei: Sicydiinae). » *Cybium* 33 (4): 309-19.
- Vale. 2005. « Inventaires botaniques de la zone du bassin de sédimentation de la mine sur la Kue Nord (BSKN). »
- . 2009. *Suivi environnemental. Rapport annuel 2008. Eaux douces de surface*.
- . 2010a. « Campagne des sondages « Gardenia ». »
- . 2010b. *Suivi environnemental. Rapport annuel 2009. Eaux douces de surface*.
- . 2012. *Suivi environnemental. Rapport annuel 2011. Eaux douces de surface*.
- Vale Nouvelle-Calédonie. 2012. « SERVICE Typologie de végétation - secteur de Vale NC ».

	<b>Etude d'impact de la réduction des débits sur la flore et la faune aquatique</b>	<i>Novembre 2014</i>
	<u>Secteur de Goro</u>	<b>Page : 294 / 294</b>

- . 2014. « Distributions des espèces rares de la flore autour du projet de Vale Nouvelle-Calédonien. Couche SIG. »
- Vannote, R.L., K.W. Cummins, J.R. Sedell, et C.E. Cushing. 1980. « The river continuum concept ». *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* 37: 130-37.
- Veillon, J.-M. 1981. « Réhabilitation de l'espèce *Blechnum francii* Rosenstock, fougère aquatique de la Nouvelle-Calédonie ». *Adansonia* 4 (3): 241-47.
- Vieira, N.K.M., N.L. Poff, D.M. Carlisle, S.R. Moulton, II, M.L. Koski, et B.C. Kondratieff. 2006. *A database of lotic in vertebrate traits for North America*. U.S. Geological Survey Data Series 187.
- Vilizzi, Lorenzo, Gordon, et Jean Marc Roussel. 2004. « Assessing variation in suitability curves and electivity profiles in temporal studies of fish habitat use. » *River research and Applications* 20 (5): 605-18.
- Villeneuve, Valérie, Stéphane Légaré, Jean Painchaud, et Warwick Vincent. 2006. « Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière ». *Revue des Sciences de l'Eau*, n° 19: 259-74.
- Ward, J.V., et J.A. Stanford. 1989. « Riverine ecosystems: Influence of man on catchment dynamics and fish ecology ». *Canadian Special Publications in Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 56-64.
- Way, Carl M., Albert J. Burky, Juliana M. Harding, Skippy Hau, et William K.L.C. Puleloa. 1998. « Reproductive biology of the endemic goby, *Lentipes concolor*, from Makamaka'ole Stream, Maui and Waikolu Stream, Moloka'i. » *Environmental Biology of Fishes* 51 (1): 53-65.
- Webb, R. H., et S. A. Leake. 2005. « Ground-water surface-water interactions and long-term change in riverine riparian vegetation in the southwestern United States. » *Journal of Hydrology* 320: 302-23.
- Winckler-Sosinski, L.T., T.C.L. Silveira, U.H. Schulz, et A. Schwarzbald. 2008. « Interactions between benthic macroinvertebrates and fishes in a low order stream in Campos de Cima da Serra, RS, Brazil ». *Brazilian Journal of Biology* 68. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1519-69842008000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1519-69842008000400003).
- Winterbourn, M.J., J.S. Rounick, et B. Cowie. 1981. « Are New Zealand stream ecosystem really different? ». *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, New Zealand. Dept. of Scientific and Industrial Research édition, sect. 15.
- Woodcock, T.S., et A.D. Huryn. 2007. « The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. » *Freshwater biology* 52: 177-96.
- Wood, P.J., et G.E. Pett. 1999. « The influence of drought on chalk stream macroinvertebrates ». *Hydrological processes* 13: 387-99.
- WWF Suisse. 2007. « Riverwatch - Factsheet Macroinvertébrés », novembre. [http://assets.wwf.ch/downloads/riverwatch\\_factsheet\\_nov\\_fr\\_07.pdf](http://assets.wwf.ch/downloads/riverwatch_factsheet_nov_fr_07.pdf).
- Zimmerman, Gabrielle, Pierre Bosc, Pierre Valade, Raphaël Cornette, Nadia Ameziane, et V. Debat. 2012. « Geometric morphometrics of carapace of *Macrobrachium australe* (Crustacea: Palaemonidae) from Reunion Island. » *Acta Zoologica* 93 (4): 492-500.