

Analyse de l'état initial et environnemental du site Ariane 6

PHASE 0 : Etude bibliographique

Juillet 2014

Rapport 75276 ,Version A



Centre National d'Etudes Spatiales

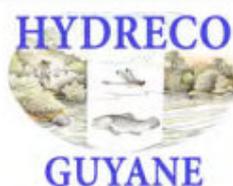
Adresse – Adresse

Tél. :



Agence ANTILLES GUYANE

Implantation Guyane
18, Rue Raymond CRESSON
97310 Kourou
Tél. : 05.94.32.15.57
Fax : 05.94.32.15.57



Laboratoire Environnement de Petit

Saut
BP 823
97388 Kourou
Tél : 05 64 32 40 79
Fax : 05 94 32 21 29



Biotope

30 Domaine de MONTABO
97300 Cayenne
Tél : 05 64 32 18 02
Fax : 05 94 98 01 00

Sommaire

	Pages
1 AVANT PROPOS	4
2 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE.....	5
3 FAUNE, FLORE ET HABITATS TERRESTRES.....	8
3.1 ANALYSE GLOBALE DE LA BIBLIOGRAPHIE	8
3.1.1 <i>Les ZNIEFF</i>	8
3.1.2 <i>Liste commentée</i>	11
3.2 LISTES D'ESPECES A RECHERCHER SUR L'AIRES D'ETUDE.....	12
4 HYDROBIOLOGIE.....	13
4.1 SUIVI HYDROBIOLOGIQUE	13
4.2 CONNAISSANCES GENERALES BIOLOGIQUES	14
4.2.1 <i>L'ichtyofaune</i>	14
4.2.2 <i>Les invertébrés aquatiques</i>	16
4.3 INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES POPULATIONS	17
4.3.1 <i>L'aluminium</i>	17
4.3.1.1 Effet de l'aluminium sur les poissons	18
4.3.1.2 Les facteurs de toxicité.....	18
4.3.1.3 Le cas de la Guyane	20
4.3.2 <i>L'anoxie</i>	20
4.3.2.1 La respiration.....	21
4.3.2.2 Effets comportementaux.....	21
4.3.2.3 Les interactions écologiques	22
4.3.2.4 Le cas de la Guyane	23
4.4 LES AUTRES DONNEES ENVIRONNEMENTALES DU CSG.....	24
4.4.1 <i>Les données annuelles sur l'ichtyofaune prélevées avant 2005</i>	24
4.4.2 <i>Effets sur les autres types de peuplements</i>	25
4.5 CONCLUSION	25
5 HYDROLOGIE ET HYDROGEOLOGIE	27
5.1 HYDROLOGIE	27
5.1.1 <i>Bibliographie</i>	27
5.1.2 <i>Description du système hydrologique de la zone d'étude</i>	28
5.1.3 <i>Fonctionnement hydrodynamique de la zone d'étude</i>	30
5.1.4 <i>Description des bassins versants</i>	32
5.1.4.1 Crique Malmanoury.....	32
5.1.4.2 Crique Karouabo.....	36
5.1.4.3 Crique Passoura	43
5.2 PEDOLOGIE, GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE	47
5.2.1 <i>Bibliographie</i>	47
5.2.2 <i>Sols et sous-sol de la zone d'étude</i>	47
5.2.2.1 Géologie régionale.....	47
5.2.2.2 Géologie du secteur d'étude	48
5.2.2.3 Pédologie.....	52
5.2.3 <i>Propriété hydrogéologiques du sous-sol et comportement des aquifères</i>	58

5.2.3.1	Présentation du secteur	58
5.2.3.2	Aquifères alluvionnaires	59
5.2.3.3	Aquifères des sables superficiels des séries de Coswine et de Démérara	59
5.2.3.4	Aquifère de la zone d'altération sus-jacente au socle sein (arènes) :	60
5.2.3.5	Aquifère de la zone de socle sain granitique	62
5.2.3.6	Résumé des perméabilités des formations aquifères rencontrées	63
5.2.4	Sens d'écoulement de la nappe superficielle (série sédimentaire de Coswine)	63
5.2.5	Données complémentaires sur la piézométrie et la géologie du site	67
5.3	OBJECTIFS DU SDAGE 2010 – 2015 DE GUYANE	69
5.3.1	Définition des objectifs du SDAGE de Guyane	69
5.3.2	Les masses d'eau de surface continentale	70
5.3.3	Les masses d'eau souterraines	71
5.3.4	Les masses d'eau littorales	73
5.4	BANQUE DE DONNEES DU SOUS-SOL	75
5.5	CONCLUSION	78
6	ANNEXES.....	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1	: Localisation des futures installations Ariane 6 – Zonage du secteur d'étude	6
Figure 2	: Hyphessobrycon simulatus (droite) Hypostomus cf. ventromaculatus (gauche).....	13
Figure 3	: Hoplias malabaricus	15
Figure 4	: Heros efasciatus(gauche) ; Sciades couma (droite)	15
Figure 5	: A. falcatus	16
Figure 6	: Trachelyopterus galeatus	24
Figure 7	: Carte des réseaux hydrographiques de la plaine spatiale.....	29
Figure 8	: Délimitation des bassins versants des criques Malmanoury, Karouabo et Passoura	30
Figure 9	: Esquisse hydrologique fonctionnelle spatialisée.....	31
Figure 10	: Fonctionnement hydrologique du bassin de la crique Karouabo	38
Figure 11	: Fonctionnement du bassin versant de la Passoura	44
Figure 12	: Extrait de la carte géologique de Kourou	49
Figure 13	: Coupe type de la série de Coswine et de l'alternance des sables et argiles d'origine fluviale	50
Figure 14	: Coupe schématique de la plaine côtière entre Kourou et Sinnamary	51
Figure 15	: Coupe schématique Sud/Nord des terrains du Centre Spatial Guyanais	52
Figure 16	: Carte des unités pédologique du littoral Guyanais	55
Figure 17	: Exemple de situation de la zone d'altération sus-jacente au socle sein	61
Figure 18	: Relation piézométrie - pluviométrie au droit du BEAP	62
Figure 19	: Schéma de fonctionnement hydrogéologique du secteur du BEAP	64
Figure 20	: Schéma de principe du drainage de la nappe superficielle.....	65
Figure 21	: Sens d'écoulement de la nappe de Coswine au droit des Ensembles de lancement Ariane et Vega .	66
Figure 22	: Echelles lithostratigraphique au droit et à proximité des sites.....	68
Figure 23	: Masses d'eau de surface continentales	71
Figure 24	: Masses d'eau souterraines.....	72
Figure 25	: Masses d'eau de transition et côtière	73
Figure 26	: Données enregistrées dans la BSS.....	76
Figure 27	: Carte de localisation de sondages au droit de l'UPG	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	: Caractéristiques morphologiques de la Malmanoury	33
Tableau 2	: Caractéristiques physico-chimiques de la Malmanoury depuis l'estuaire jusqu'à 8 500 m.....	34
Tableau 3	: Analyse de qualité des eaux de la crique Malmanoury	35
Tableau 4	: Mesures des paramètres physico-chimique des eaux de la crique Malmanoury	35

Tableau 5 : Suivi hydrologique de la crique Karouabo de 1991 à 1994	39
Tableau 6 : Analyse de qualité des eaux de la crique Karouabo – Octobre 1990 à novembre 1991	41
Tableau 7 : Analyse de la qualité des eaux de la crique Karouabo pour le lancement V 195 (juin).....	42
Tableau 8 : Analyse de la qualité des eaux de la crique Karouabo pour le lancement V 198 (novembre)	42
Tableau 9 : Mesures des paramètres physico-chimique des eaux de la crique Karouabo	43
Tableau 10 : Suivi hydrologique de la crique Karouabo de 1991 à 1993	45
Tableau 11 : Récapitulatif de la classification des sols selon SOURDAT (1964) et végétation associée.	58
Tableau 12 : Perméabilités des formations de la zone d'étude.....	63
Tableau 13 : Liste des orientations fondamentales et des dispositions proposées pour la révision du SDAGE de la Guyane	70
Tableau 14 : Etat actuel et objectif de qualité pour la crique Passoura à l'horizon 2015.....	71
Tableau 15 : Etat actuel et objectif de qualité pour la masse d'eau 9311 à l'horizon 2015	73
Tableau 16 : Etat actuel et objectif de qualité pour la masse d'eau FRT004 à l'horizon 2015	74
Tableau 17 : Relevés piézométriques au droit de l'UPG effectués en juillet 1988	77

ANNEXES

- Annexe 1 : Liste des espèces à rechercher sur l'aire d'étude
- Annexe 2 : Liste des documents analysés dans l'étude hydrobiologique
- Annexe 3 : Liste des espèces prélevées durant le suivi Ariane 5

1 Avant propos

Le contenu de ce rapport a été rédigé à partir des documents qui ont été portés à notre connaissance par le CNES (études et données acquises sur le Centre Spatial Guyanais depuis plus de 20 ans sur la thématique hydrologie/hydrogéologie) et de nos recherches (base de données Antea Group, base de donnée Hydreco, base de donnée BRGM, autre études (C.f. Bibliographie), etc.

Compte tenu du nombre important d'études réalisées et de la difficulté de recensement et d'accès à ces données (rapports dispersée), il est possible que certaines études n'aient pas été prises en compte. Les études bibliographiques listées dans le présent rapport ne sont donc pas exhaustives, mais ont permis d'obtenir un état de connaissance satisfaisant du milieu.

La bibliographie existante sur le domaine du CSG concernant la flore et la faune est de deux ordres :

- des données publiques de l'Etat (ZNIEFF, Programme LIFE) ;
- des données privées du CNES.

Ces dernières ont été récupérées par BIOTOPE au Centre Technique le 02 avril 2014 suite à un premier tri sur place. Les études particulièrement anciennes (et donc désuètes) et les études concernant manifestement des secteurs non impactés par le projet Ariane 6 n'ont pas été analysés. Chaque document intéressant a été lu attentivement. L'ensemble des données pertinentes pour l'analyse des impacts du projet a été consigné dans un tableur Excel, en particulier les données brutes et des éléments descriptifs des habitats naturels.

2 Contexte et objet de l'étude

Alors que le Centre Spatial Guyanais s'est installé en Guyane en 1965, le premier lancement a eu lieu le 24 décembre 1979 avec Ariane 1. Depuis, la base spatiale du CNES s'est développée et a vu se succéder plusieurs lanceurs de plus en plus puissants (Ariane 2, 3, 4 et 5) pour faire face à l'augmentation de la masse des satellites et permettre au lanceur de rester concurrentiel.

Plus récemment, c'est en 2005 qu'on a été entrepris les travaux de construction du nouveau pas de tir SOYOUZ pour un premier lancement en octobre 2011.

Enfin, le lanceur VEGA a été conçu en complément des lanceurs Ariane 5 et Soyouz pour répondre aux marchés de petites missions. Le premier tir eu lieu le 13 février 2012.

Aujourd'hui, la volonté de remplacer le lanceur Ariane 5, principal lanceur de l'Agence spatiale européenne, se traduit par la mise en œuvre du projet Ariane 6 afin de rester leader sur le marché des satellites de communication et de s'adapter aux marchés à venir. Cet ensemble de lancement sera composé :

- D'une ou de plusieurs zones de lancement (ZL4);
- D'une ou de plusieurs bâtiments d'assemblage du lanceur Ariane 6 (BAL et BAL 2);
- D'un ou plusieurs bâtiments d'intégration propulseur (BIP 2 et BIP 3) ;
- D'un bâtiment de stockage (BSB) ;
- De plusieurs bâtiments permettant la préparation du propergol à l'UPG (365, 344, 360, 361, 362, 367, 366, 363, 332).

La localisation de ces installations est reportée sur la carte en figure 1 ci-après.

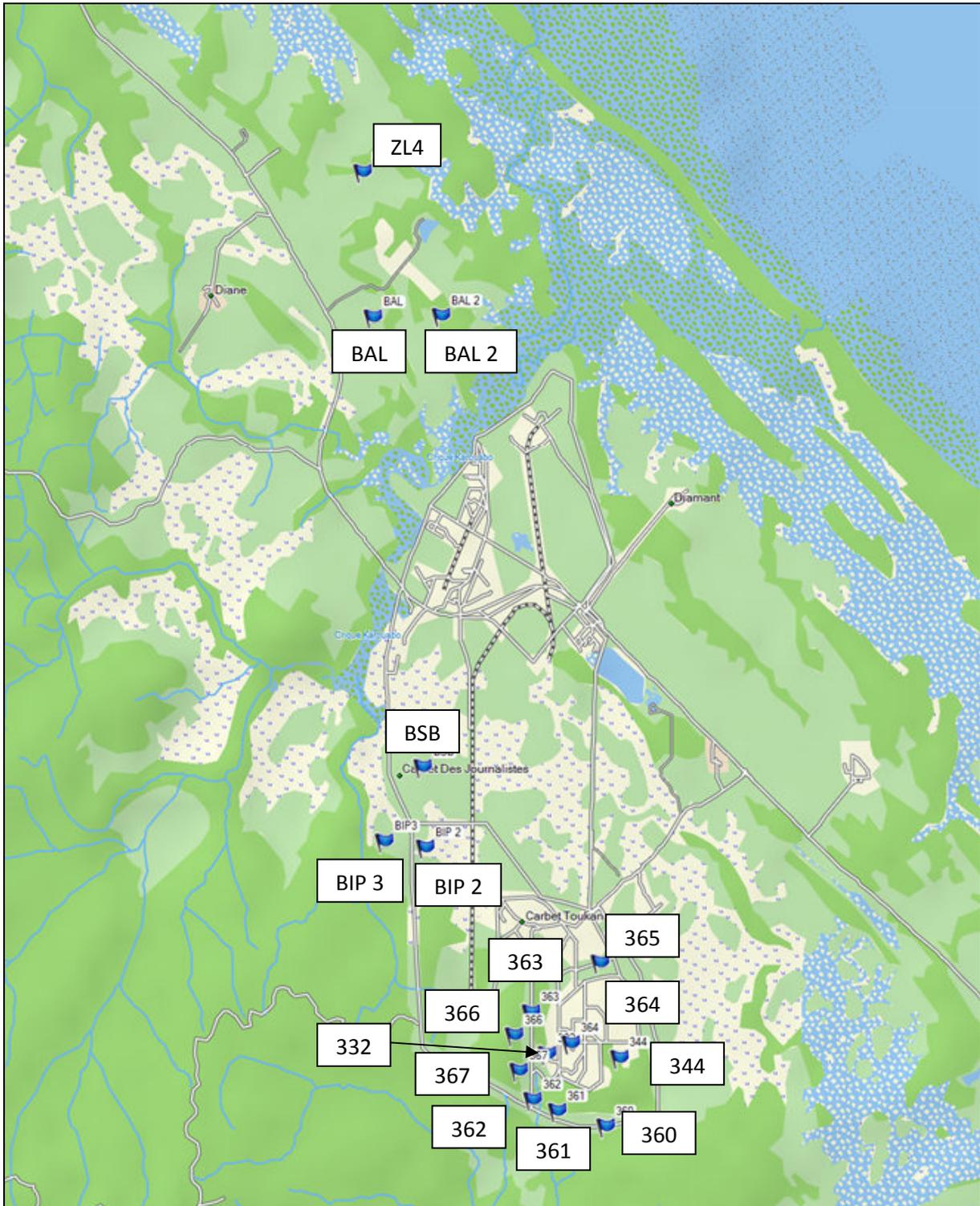


Figure 1 : Localisation des futures installations Ariane 6 – Zonage du secteur d'étude

Le développement (tel que présenté ci-dessus) de la base spatiale, vaste domaine d'une superficie de 70 457 ha et très riche d'un point de vue écologique, a nécessité la réalisation de nombreuses études environnementales (études d'impact, reconnaissance de terrain, prélèvement et analyse d'eau, implantation de forages, ...) permettant l'accompagnement de la mise en œuvre de chacune des installations et des usines de production.

L'objectif du présent rapport est de réaliser une synthèse de la bibliographie recensée sur le secteur d'étude d'un point de vue faune/flore et habitat terrestre, hydrobiologique, hydrologique et hydrogéologique. Cette démarche s'inscrit dans la réalisation complète d'une étude de l'état initial et environnemental du site Ariane 6 comprenant :

- **Une étude bibliographique objet du présent rapport (PHASE 0) ;**
- Un volet état initial faune/flore et habitat (PHASE 1) ;
- Un volet études hydrologique et hydrogéologique (PHASE 2) ;
- Un volet contribution aux études d'impact (PHASE 3).

3 Faune, flore et habitats terrestres

3.1 Analyse globale de la bibliographie

D'une manière générale, l'ensemble de la documentation disponible concerne des approches synthétiques des différents aspects environnementaux. La plupart de ces documents ne traitent pas de la faune ou de la flore et ne sont donc pas directement utiles pour une analyse de l'état initial « Faune-Flore ».

Les quelques documents abordant les composantes floristiques ou faunistiques sont majoritairement très synthétiques et concernent l'ensemble du domaine du Centre Spatial. Ces données générales sont donc difficilement intégrables à l'étude de secteurs précis. Toutefois, certains éléments de description des habitats forestiers et des habitats de savane sont de très bonne qualité. Ces documents pourront être utilisés pour la partie descriptive des milieux naturels présents sur la zone d'étude.

Au niveau faunistique et floristique proprement dit, aucune information précise n'est disponible au sein de ces documents pour dresser une liste des espèces remarquables du site d'étude.

3.1.1 Les ZNIEFF

Afin de pallier à ce manque, nous avons réalisé une extraction de la base de données issue de la modernisation récente des ZNIEFF de Guyane. Nous nous sommes limités aux deux ZNIEFF directement concernées par le projet : « Savanes de Karouabo » et « Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou ». Ces données sont majoritairement issues d'une extraction de la Base Aublet, de spécimens de plantes déposés à l'Herbier de Cayenne.

Cette liste synthétique des espèces déterminantes ZNIEFF fait apparaître la présence potentielle de 114 espèces remarquables sur la zone d'étude, ce qui est tout à fait impressionnant et bien représentatif des forts enjeux botaniques de ces secteurs. Toutefois, parmi cette extraction demeurent probablement quelques erreurs de taxonomie ou de localisation géographique, issues de l'ancienne modernisation.

Quoi qu'il en soit, cette première liste dresse un bon aperçu des intérêts botaniques de la zone visée par le projet. Nombre de ces espèces sont particulièrement rares ou menacées en Guyane française et seront particulièrement recherchées lors de nos investigations.

Quinze espèces végétales intégralement protégées sont connues du territoire de ces deux ZNIEFF. Rien n'indique qu'elles puissent être réellement présentes sur la zone d'étude, mais ceci sous-entend qu'il est tout à fait possible qu'elles puissent y être rencontrées. **Ces quinze espèces protégées seront spécifiquement recherchées lors de notre état initial.**

Concernant le faune, 29 espèces de mammifères non-volants ont été inventoriées sur les deux Znieff adjacentes à notre zone d'étude. Beaucoup d'espèces communes ont été recensées, telles que les Singes écureuils (*Saimiri sciureus*) ou encore le Tatou à neuf bandes (*Dasypus novemcinctus*). Nous noterons parmi la faune commune quelques animaux plus difficiles à contacter: le Grison (*Galictis*

vittata), ou la Biche des palétuviers (*Odocoileus cariacou*). Ces deux Znieff abritent au moins 10 espèces protégées sur les 20 de Guyane : *Tamandua tetradactyla*, *Puma yagouaroundi*, *Pteronura brasiliensis*, *Procyon cancrivorus*, *Pithecia pithecia*, *Odocoileus cariacou*, *Myrmecophaga tridactyla*, *Lontra longicaudis*, *Leopardus wiedii*, *Galictis vittata*.

Chez les reptiles, on ne retiendra pas la présence des tortues marines strictement observables sur le littoral, mais les ZNIEFF signalent surtout la présence de plusieurs espèces typiques des savanes comme la Tortue charbonnière (*Chelonoidis carbonaria*), le Lézard coureur incertain (*Cnemidophorus cryptus*), le Kentropix strié (*Kentropyx striata*) ou encore la Couresse rubannée (*Lygophis lineatus*), le Crotale sud-américain (*Crotalus durissus*) et la Couresse spatulée (*Phimophis guianensis*). Cette dernière espèce est présente sur moins de 10 stations en Guyane.

Concernant les amphibiens seulement quatre espèces remarquables sont citées comme présente au sein de la zone d'étude dont Le Leptodactyle ocellé (*Leptodactylus cf. macrosternum*) avec seulement quelques stations en savane entre Kourou et Cayenne et la Rainette de Gaucher (*Dendropsophus gaucheri*) inféodée aux savanes du littoral et non connue sur Kourou (Les savanes de Soyouz étant les stations les plus rapprochées).

Concernant l'avifaune, c'est une liste de 236 espèces qui est référencée pour ces deux ZNIEFF. Parmi celles-ci, nous pouvons noter 71 espèces déterminantes et 64 espèces protégées auxquelles il faut enlever les espèces du bord de mer telles que les Ibis rouges ou encore les différentes sternes, ce qui nous ramène à 45 espèces protégées présentes sur les deux sites.

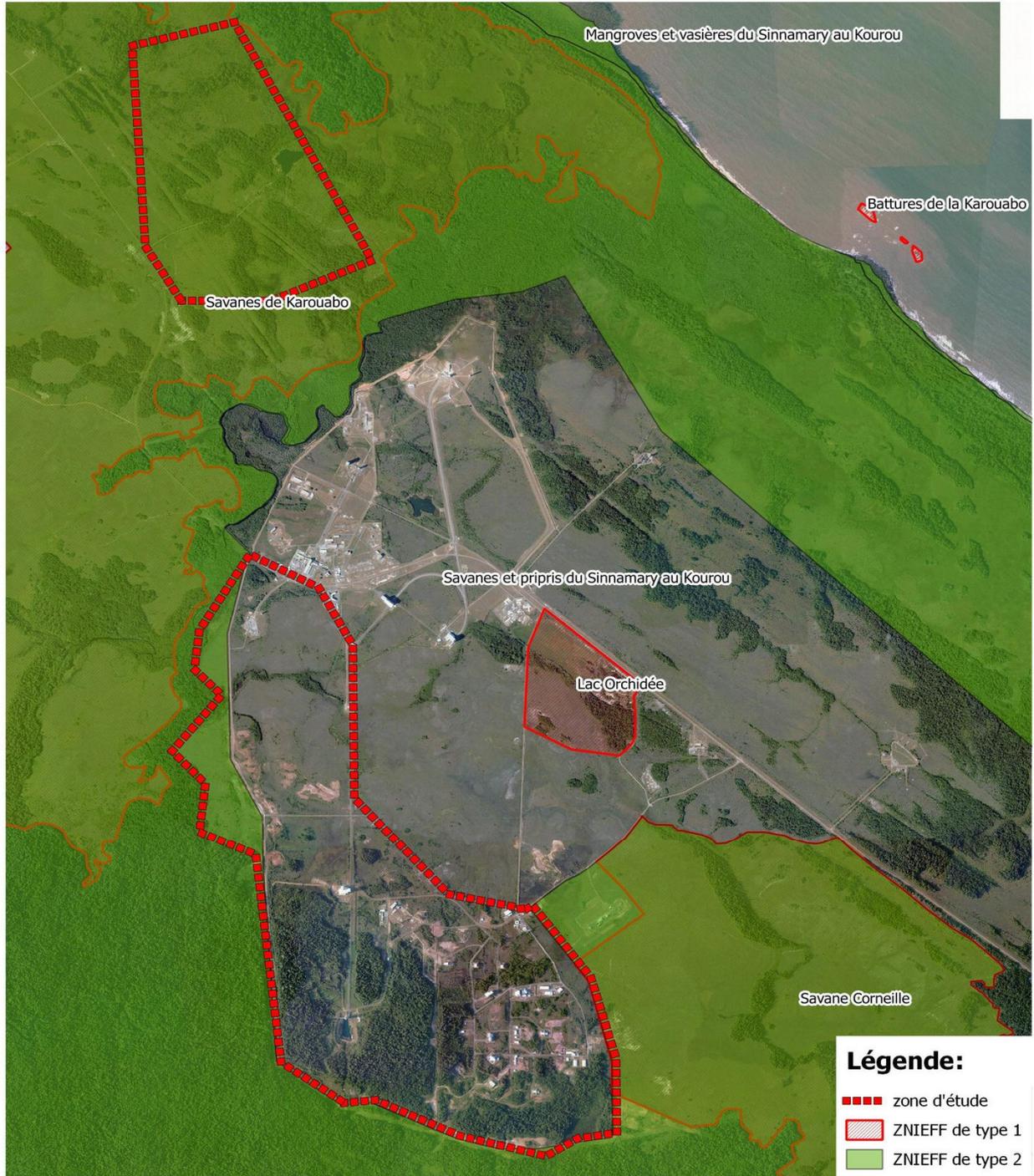
Ces deux Znieff nous donnent un donc bon aperçu de la faune et de la flore potentiellement présentes au sein de la zone d'étude. Ces informations ont surtout permis de caler les protocoles d'inventaires afin d'essayer de mettre en évidence ou non la présence de ces éléments remarquables pour évaluer in fine les impacts du programme Ariane 6 sur l'environnement naturel du CSG.



Localisation environnementale



Analyse de l'état initial du site et de l'environnement dans le cadre du projet Ariane 6. Volet faune & flore



Source : Fond Orthophotographie
2005
Cartographie : Biotope 2014

0 750 1500 2250 3000 m



3.1.2 Liste commentée

Voici une liste commentée des différents documents privés du CNES que nous avons analysés. Globalement, nous avons remarqué que les études précédentes et la bibliographie, aussi nombreuses soient elles, ne comportent souvent que des données partielles sur les secteurs visés par le projet Ariane 6. L'exigence d'actualité et de précision des études d'impact impose donc de réaliser quand même des études précises sur le terrain malgré l'existant.

Par contre, la bibliographie apporte souvent des données inédites qu'on ne peut reproduire (espèces très rares et difficiles à détecter) et des éléments généraux de compréhension des écosystèmes qui peuvent nous conforter dans telle ou telle analyse. C'est sur ce point que la synthèse bibliographique sera à notre sens la plus pertinente.

❖ Puig et al. (1995). CR étude d'impact sur la végétation du CSG

Document présentant une très bonne description synthétique des habitats naturels rencontrés sur l'ensemble du CSG. A utiliser en complément de la caractérisation des habitats présents sur la zone d'étude.

❖ Tostain ECOBIOS (2013). Descripteurs aviens des impacts des lanceurs sur les écosystèmes et éléments de biodiversité de la base spatiale

Les parties traitant des retombées aluminiques et de la nidification des Ibis rouges n'ont aucun lien direct avec notre étude sur l'état initial du futur pas de tir et des installations connexes.

Par contre le chapitre consacré aux orchidées terrestres est à considérer avec grand intérêt en raison de la possible présence de ces espèces particulièrement rares et menacées sur notre zone d'étude.

❖ CNES (2011). Bilan des résultats des plans de mesures environnement- CSG

Document synthétique présentant des informations générales sur la climatologie (température, pluviométrie, hygrométrie, aérologie...) du Centre Spatial. Pas d'informations à utiliser dans le cadre de l'état initial « faune-flore ».

❖ Obstancias et al. (2010). Plan de gestion durable du domaine du CSG, ONF

Document synthétique présentant l'ensemble des composantes environnementales du domaine entier du CSG. Difficilement utilisable pour le niveau de précision requis par l'étude de sites précis.

Terminologie et cartographie des habitats forestiers à utiliser.

Chapitre sur les végétaux remarquables très insuffisant, inutilisable (seulement 4 espèces végétales protégées citées sur le domaine ! Et aucune remarquable ou patrimoniale !)

Chapitre sur la faune trop synthétique et généraliste, dépassé et donc inutilisable par rapport à l'état actuel des connaissances.

Aspects techniques des impacts directs de lancement inutilisables car trop flous (exemple page 73 : « L'impact sur la végétation est net en champ proche, il devient de plus en plus faible au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone de lancement »)

Absence des annexes présentant les listes d'espèces connues sur ce territoire. Listes à récupérer même si générales et non localisées précisément, afin notamment de détecter ce qui apparaîtra comme nouveau pour le CSG lors de cet état initial.

- ❖ ECOBIO (année?). Incidence des retombés aluminique sur la faune sauvage, résultats et analyses pour la campagne du vol 509

Listes d'oiseaux utilisables, notamment pour Regulus. Données issues de ZL3 et Agami potentiellement intégrables à notre état initial car directement limitrophes.

- ❖ ORSTOM (1995). Étude de l'avifaune littorale de mangrove et de marais côtiers

Document concernant uniquement les espèces d'oiseaux liés au trait de côte. Inutilisable pour notre état initial.

- ❖ ORSTOM (1995). étude d'impact environnemental zone lancement 3

Pas d'informations utilisables pour l'état initial « faune-flore » du projet Ariane 6.

- ❖ Fotsing et al.(Année?) Impacts futurs Ariane V sur l'environnement naturel et humain

Pas d'informations utilisables pour l'état initial « faune-flore » du projet Ariane 6.

- ❖ Léotard, G., 2012. "Projet LIFE+ Cap DOM: Étude botanique des savanes de Guyane – Rapport final", GEPOG. 125p

Pas d'utilisation directe possible des listes d'espèces pour l'état initial du projet, car elles sont présentées par habitat et non par localité géographique précise.

Nouvelle terminologie des habitats de savane très intéressante, dont il faut évaluer l'intérêt d'utilisation dans notre état initial par rapport aux terminologies plus classiques anciennement utilisées.

Caractérisation des habitats de savanes très détaillée, à utiliser en complément de la description des milieux naturels inventoriés sur la zone d'étude.

3.2 Listes d'espèces à rechercher sur l'aire d'étude

Cette liste d'espèces à rechercher découle directement de l'analyse de la bibliographie. Elle met en évidence que le territoire du CSG est globalement assez bien connu grâce à la synthèse des données au sein des ZNIEFF, notamment. Malheureusement, les données sont souvent imprécises d'un point de vue géographique. Ces données nous indiquent simplement ce qu'il faut rechercher et s'attendre à trouver sur l'aire d'étude Ariane 6.

Les protocoles d'inventaires ont donc été calibrés afin d'optimiser les recherches sur l'ensemble de ces éléments afin d'être le plus exhaustif possible.

La liste des espèces à rechercher sur l'aire d'étude est fournie en **annexe 1**.

4 Hydrobiologie

La bibliographie synthétisée dans la présente partie est présentée en **annexe 2**.

4.1 Suivi hydrobiologique

Le Centre Spatial Guyanais (CSG) est situé entre la ville de Sinnamary et de Kourou, sur un domaine couvrant près de 70 500 ha. Il longe notamment une bande littorale de 50 km comprenant aussi bien de la mangrove et des plaines côtières. Plus généralement, cette structure couvre une grande mosaïque d'habitats et son réseau hydrographique est aussi dense que diversifié, avec des zones de pripris, des milieux lotiques et lentiques, mais aussi des petites criques à fort recouvrement végétal.

La restriction de passage sur la zone du CSG, l'interdiction de chasser sur site et la grande diversité de milieux justifient à elles seules la mise en place de Zones Naturelles d'Intérêt Environnemental, Floristique et Faunistique (ZNIEFF) aussi bien de type I que de type II. Les ZNIEFF de type I sont « des secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional » (site : environnement-urbanisme.certu.equipement.gouv.fr consulté le 30/06/2014). Les ZNIEFF de type II sont : « de grands ensembles naturels (massif forestier, vallée, plateau, estuaire, etc.) riches et peu modifiés ou qui offrent des possibilités biologiques importantes. Elles peuvent inclure une ou plusieurs zones de type I » (site : environnement-urbanisme.certu.equipement.gouv.fr consulté le 30/06/2014). Pour exemple, plusieurs ZNIEFF de type II existent, comme « les mangroves et vasières du Sinnamary au Kourou » et « les savanes et pripris du Sinnamary au Kourou ». Cette dernière inclut notamment plusieurs ZNIEFF de type I comme « la station à *Bacris nancibaensis* de la Karouabo », « les savanes de Malmanoury » et « les savanes de Karouabo ». Ces milieux accueillent diverses espèces de poissons comme *Hypostomus cf. ventromaculatus*, *Hyphessobrycon simulatus* ou encore *Nannacara aureocephalus* (Merigoux et al., 1999, Cerdan et al., 2001, Vigouroux et al., 2013). Ces listes de ZNIEFF et d'espèces piscicoles déterminantes ZNIEFF ne sont pas exhaustives, mais elles marquent l'importance écologique des sites abrités par le CSG.



Source : Hydreco

Figure 2 : *Hyphessobrycon simulatus* (droite) *Hypostomus cf. ventromaculatus* (gauche)

Face à ces nombreux enjeux environnementaux, l'arrêté n° 3044 1D/1B/ENV du 28 décembre 1999 prévoit un *minimum* d'une mesure annuelle de la diversité et de l'abondance de la faune et de la flore, comprenant ainsi les poissons et des mesures d'aluminium. Cet arrêté autorise également l'exploitation du site par Ariane Espace.

Ce suivi a été réalisé entre 1998 et 2001 par l'Institut de la Recherche et du Développement (IRD), anciennement nommé ORSTOM (Merona, 1998 ; Merona, 2001). La suite a été reprise par Hydreco Guyane et le suivi est devenu biennuel à partir de 2005, tout en y incluant l'étude du peuplement d'invertébrés aquatiques (Vigouroux & Guillemet, 2006). Ainsi, 48 espèces de poissons différentes ont été prélevées dont 8 sont déterminantes ZNIEFF (**annexe 3**).

Dans le cadre de ce suivi, trois stations sont régulièrement étudiées mais deux seulement se trouvent directement sur le site : la Karouabo et la Malmanoury. Ces deux milieux sont représentatifs de deux habitats différents. La Karouabo est ainsi caractéristique d'un milieu lentique à faible taux d'oxygène (Vigouroux & Guillemet, 2006). Elle a notamment été utilisée dans le cadre de la Directive Européenne Cadre sur l'Eau (DCE) comme étant un site impacté par les rejets industriels. Elle entre ainsi dans la construction de l'Indice Poisson de Guyane (IPG) (Merona, 2011), mais également dans l'actualisation récente de ce dernier (Monchaux *et al.*, 2014). Enfin, la Malmanoury est une station lotique, relativement étroite et entourée de forêt. Ainsi, son couvert forestier (recouvrement du cours d'eau par les arbres) peut aller de moyen à élevé.

Le présent chapitre a pour objectif de synthétiser les connaissances quant à l'environnement aquatique présent sur le CSG. Il s'agit donc d'un état des lieux des connaissances portant sur les populations ichtyologiques, mais aussi sur les invertébrés aquatiques. Elles sont finalement mises en relation avec les caractéristiques environnementales du milieu, mais aussi avec les conséquences des impacts dus aux décollages des fusées.

4.2 Connaissances générales biologiques

Alors que l'ichtyofaune est étudiée depuis 1998 (Merona, 1998), les invertébrés aquatiques ont fait l'objet d'un suivi depuis seulement 2005 (Vigouroux & Guillemet, 2005). Cependant, de nombreuses observations ont pu être réalisées sur ces deux populations.

4.2.1 L'ichtyofaune

Afin de mieux appréhender l'évolution de ces populations dans le temps, seuls les rapports rédigés à partir de 2005 ont été pris en compte ici (Vigouroux & Guillemet, 2005 ; Vigouroux & Guillemet, 2006 ; Vigouroux & Guillemet, 2007 ; Noël *et al.*, 2008 ; Vigouroux & Guillemet, 2010 ; Noël *et al.*, 2011 ; Guillemet *et al.*, 2014). En effet, cette année marque le début du suivi biennuel et permet de ne pas négliger la variable saisonnière.

Ce suivi a ainsi révélé que l'abondance de ces stations reste stable. Cependant, un accroissement de la richesse spécifique a aussi été noté. Celui-ci pourrait uniquement être dû à la répétabilité de l'échantillonnage favorisant à terme la capture d'espèces rares. En effet, les compositions spécifiques relevées entre les années sont proches à 75%.

Pour exemple, l'année 2013 a été marquée par une forte présence dans les deux stations de *Acestrorhynchus falcatus*, de *Hoplias malabaricus* et de *Trachelyopterus galeatus*.



Source : HYDRECO

Figure 3 : *Hoplias malabaricus*

En revanche, la station Karouabo, qui est un milieu lentique, est caractérisée par la présence de *Heros efasciatus*. Sur le site de la Malmanoury, ce sont trois espèces qui sont principalement retrouvées : *Piabucus dentatus*, *Pseudauchenipterus nodosus* et *Sciades couma* (Guillemet *et al.*, 2014). Il est à noter que ces observations se répètent avec les années précédentes (Vigouroux & Guillemet, 2005).



Source : HYDRECO

Figure 4 : *Heros efasciatus*(gauche) ; *Sciades couma* (droite)

Cependant, des données révèlent aussi que les deux sites, qui subissent les retombés des lanceurs Ariane V, présentent une dominance de la guildes des ichtyophages (*H. malabaricus* et *A. falcatus*). Cette caractéristique, bien que généralement révélatrice de site en bonne santé environnementale, témoigne ici d'un fort déséquilibre dans la population (Vigouroux & Guillemet, 2006).



Source : HYDRECO

Figure 5 : *A. falcatus*

Les lancements successifs d'Ariane peuvent ainsi avoir pour effet un relargage de produits (dont notamment l'aluminium) dans le milieu, avec un impact non-négligeable sur les poissons. A cela s'ajoute la présence naturelle de l'aluminium dans les sols guyanais. Les conséquences de sa présence sur ces populations sont décrites ultérieurement dans le présent rapport (cf. III.1.).

De plus, ces sites subissent l'effet d'évènements climatiques tels que *El Niño* (Vigouroux & Guillemet, 2005 ; Vigouroux & Guillemet, 2006 ; Vigouroux & Guillemet, 2010). Ces perturbations, bien que naturelles, imposent régulièrement une pression environnementale importante sur les populations ichthyologiques et jouent donc un rôle prépondérant dans la mise en place des structures populationnelles.

Enfin, des sites comme la Karouabo présentent des caractéristiques telles qu'une faible teneur en oxygène (Vigouroux & Guillemet, 2005). Ce facteur joue lui aussi un rôle structurant au sein des communautés *via* un stress important imposé. Différentes conséquences peuvent ainsi être attendues et sont développées par la suite dans le présent rapport (cf. 4.3.2.).

Il est aussi important d'ajouter que la Karouabo est utilisée dans le cadre la DCE comme étant une station impactée par les activités industrielles. A ce titre, elle entre en compte dans la création de l'Indice Poisson de Guyane (IPG), mais aussi dans son actualisation (Merona, 2011 ; Monchaux & Vigouroux, 2014). Suite à cette actualisation, cette station ressort comme étant dans un état bon à moyen malgré les impacts anthropiques fortement présents (Monchaux & Vigouroux, 2014).

4.2.2 Les invertébrés aquatiques

La diversité familiale des invertébrés aquatiques varie peu depuis 2005. Le taxon dominant reste celui des Chironomidae (Diptère), quelque que soit le site échantillonné. Une différence notable est observable au sein de l'ordre des Ephéméroptères puisque ces derniers sont absents durant la saison sèche sur la Karouabo. Enfin, les deux types de milieux décrits précédemment semblent présenter une différence au niveau de la composition familiale de cet ordre (Guillemet *et al.*, 2014).

De plus, un indice de qualité des eaux basé sur la présence des Ephéméroptères est régulièrement utilisé sur ce milieu : le Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane (SMEG) (Thomas & Orth, 2000). Cette note indicelle a été utilisée dès 2005, sur les prélèvements biannuelles, mais aussi avant de manière ponctuelle. Elle révèle que la station Malmanoury était « une rivière exposée à des impacts anthropiques durables mais d'intensité moyenne » c'est à dire de classe d'intégrité III en 2005, mais

aussi avant (Vigouroux & Guillemet, 2006). En 2011, cette station est passée en classe d'intégrité II, témoignant alors « d'une rivière faiblement impactée » (Noël *et al.*, 2012 ; Guillemet *et al.*, 2014).

Cependant, cet indice n'est utilisable que dans le milieu lotique et non en environnement lentique, comme sur la Karouabo. De plus, cette station présente peu voire une absence de cet ordre rendant impossible l'application d'une note sur la Karouabo.

Une autre méthode peut être utilisée afin de rendre compte de l'état du milieu : le pourcentage d'Ephéméroptères, de Trichoptères et de Plécoptères (EPT). Ces trois ordres sont régulièrement observés dans des milieux présentant un bon état écologique. Cependant, ils restent faibles sur la station de la Karouabo (inférieur à 5% en 2013) (Guillemet *et al.*, 2014). Cette faible valeur ne traduit pas nécessairement un mauvais état de la station mais pourrait être la résultante de l'anoxie caractérisant ce milieu. En effet, la méthode d'échantillonnage préconise l'utilisation de substrats artificiels posés en profondeur et donc potentiellement en milieu anoxique.

Ainsi, afin de mieux appréhender l'état de ce type de masse d'eau, il pourrait être préférable de ne pas étudier la composition populationnelle, mais de s'attarder sur la caractérisation des habitats et de leur capacité biogène.

Enfin, un effet immédiat des lancers d'Ariane V a été relevé. En effet, les prélèvements, effectués à l'aide de substrats artificiels, réalisés après le lancement d'une fusée ont montré une absence d'invertébrés aquatiques qui sont toutefois revenu à leur niveau de peuplement normal quelques semaines après (Vigouroux & Guillemet, 2006).

Cette étude soulève ainsi l'importance d'un suivi régulier des populations d'invertébrés aquatiques, mais aussi la nécessité de mettre en place des prélèvements en fonction des décollages d'Ariane V. De plus, les invertébrés aquatiques jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire, aussi bien en tant que décomposeurs, que de ressources alimentaires pour les poissons.

Ainsi, une forte augmentation des lancers pourrait alors impacter sur le long terme ces populations et toucher indirectement les populations ichtyologiques *via* la chaîne alimentaire.

4.3 Influence de l'environnement sur les populations

Les deux stations précédemment décrites (la Malmanoury et la Karouabo) sont sous influence des retombées des produits issus des poudres de propulsions des lanceurs de la fusée Ariane V. Ainsi, un suivi de l'évolution des concentrations d'aluminium dans le milieu et dans les communautés de poissons est réalisé. L'influence d'un tel élément sur les milieux est donc décrite par la suite (cf. 4.3.1).

De plus, la formation d'un bouchon vaseux sur le site de la Karouabo favorise les conditions anoxiques. C'est pourquoi une autre partie s'attarde sur les conséquences d'un tel stress environnemental sur l'ichtyofaune (cf. 4.3.2).

4.3.1 L'aluminium

Les effets de l'aluminium sur les poissons sont un phénomène largement documenté dans l'hémisphère nord. Cependant, les connaissances portant sur les milieux intertropicaux, tels que la Guyane, restent peu développées. Une synthèse bibliographique a déjà été réalisée en 2011 par Noël et le présent document en reprend donc de nombreux éléments.

4.3.1.1 Effet de l'aluminium sur les poissons

L'acidification des eaux douces au sein de l'hémisphère nord a de nombreuses conséquences, telles que la mobilisation de l'aluminium (Cronan & Schofield, 1979 ; Seip *et al.*, 1989 ; Stoddard *et al.*, 1999). Ce métal a été identifié comme le principal toxique pouvant tuer des poissons dans les eaux de surface acidifiées (Gensemer & Playle, 1999).

Deux principaux effets ont été identifiés au sein de l'ichtyofaune, à savoir des perturbations dans le système respiratoire et dans les échanges ioniques (Neville, 1985 ; Gensemer & Playle, 1999).

Ainsi, les dysfonctionnements respiratoires sont dus à l'occupation par les ions Al^{3+} sur les sites chargés négativement de la surface des branchies (Poléo, 1995). Une des conséquences peut être la polymérisation de l'aluminium avec le mucus, pouvant alors protéger les branchies (Hughes, 1985). Cependant, l'effet négatif peut être le colmatage des espaces inter-lamellaires, limitant alors les échanges d'oxygène avec le milieu et augmentant ainsi les risques d'hypoxie (Poléo *et al.*, 1994 ; Poléo, 1995). Il est important de noter que ces effets sont réversibles et que la disparition de l'aluminium dans le milieu induit un retour à la normale du fonctionnement des branchies au bout de quelques jours. De plus, un phénomène de tolérance des poissons peut être observé suite à une exposition répétée à ce métal (Mc Donald & Wood, 1993). D'autre part, la perturbation ionique par l'aluminium entraîne une baisse de Na^+ et Cl^- dans le plasma sanguin (Neville, 1985 ; Gensemer & Playle, 1999).

D'autres effets délétères peuvent être nommés. Ainsi, des effets sur le développement (Weatherley *et al.*, 1990 ; Vuorinen *et al.*, 1994), sur la croissance (Stober *et al.*, 1976) et sur la ponte des poissons (Beamish *et al.*, 1975 ; Vuorinen *et al.*, 1991) ont pu être décrits.

De plus, une étude norvégienne a montré des effets indirects portant sur les migrations. Ainsi, les saumons adultes contaminés ont un taux de retour plus faible. En effet, l'encombrement des branchies diminuant la capacité respiratoire, ces poissons voient leur vitesse de nage diminuer (Teien *et al.*, 2009).

Enfin, un effet potentiellement positif a été relevé. En effet, la présence du métal peut réduire ou éliminer les infections des ectoparasites, sans impacter des poissons (Larsen & Buchmann, 2003 ; Poléo *et al.*, 2004 ; Soleng *et al.*, 2005), ce qui a notamment été relevé chez l'anguille (Larsen & Buchmann, 2003) et chez le saumon (Poléo *et al.*, 2004).

4.3.1.2 Les facteurs de toxicité

Les conditions physico-chimiques ont un rôle très important dans le niveau de toxicité de l'aluminium. Le pH, la conductivité, à travers des ions Ca^{2+} et Na^+ notamment, et la matière organique font partie des critères ayant été identifiés comme pouvant influencer la toxicité de l'aluminium.

4.3.1.2.1 Effets du pH

Les eaux acides ($pH < 5$) peuvent dissoudre naturellement certains métaux du sol ou des rochers, en particulier l'aluminium et parfois le cuivre, le zinc et le plomb. La toxicité de l'aluminium pour les poissons dépend beaucoup des propriétés physico-chimiques de l'eau, et en particulier du pH (Alstada *et al.*, 2005).

Ainsi, plusieurs cas sont identifiables :

- pH basique (pH=9) : l'aluminium en concentration très élevée (5 mg/l) est létale pour la truite arc-en-ciel sous 48h (Freeman & Everhart, 1971) ;
- pH neutre : l'aluminium est peu soluble. A une concentration de 0,05 mg/l, il n'y a pas d'effet létal (Freeman & Everhart, 1971). Cependant, les tests de toxicité chez les alevins de truite ont montré qu'à pH neutre, une concentration d'aluminium de 0,52 mg/l réduisait la croissance de ces poissons (Svobodová et al, 1993) ;
- pH acide : l'aluminium est soluble à un pH inférieur à 6. Ainsi, les dysfonctionnements respiratoires apparaissent pour un pH inférieur à 5,5 (Neville, 1985). Enfin, c'est à partir d'un pH inférieur à 4,5 que la perturbation de la régulation des ions apparaît (Neville, 1985 ; Gensemer & Playle, 1999).

Le degré de toxicité de l'aluminium est finalement dépendant du pH. Ainsi, sa forme la plus toxique apparaît entre les pH 5,2 et 5,8. Quand le pH est plus élevé, l'aluminium va précipiter de la même manière qu'un hydroxyde. Son degré de toxicité sera alors faible (Svobodová et al, 1993).

4.3.1.2.2 Effet de la conductivité

La conductivité, à travers les ions, pourrait également avoir un effet sur la toxicité de l'aluminium (Alstada et al., 2005). En effet, il a été régulièrement exposé que de grande concentration de Ca^{2+} pouvait diminuer la toxicité de l'aluminium chez les poissons (Brown, 1981 ; Brown, 1983 ; Wood & McDonald, 1987 ; Playle et al., 1989), probablement grâce à la stabilisation biologique de la membrane contrôlant la perméabilité des ions et de l'eau (Steen & Stray-Pedersen, 1975 ; Dalziel et al., 1986). Lydersen et al., (2002) suggère qu'une grande quantité d'ions dans l'eau, tel que Na^+ ou Ca^{2+} peut également réduire l'habilité de l'aluminium à se fixer sur les branchies.

4.3.1.2.3 Effet de la matière organique

La matière organique naturelle pourrait permettre de baisser la toxicité de l'aluminium par complexification (Roy & Campbell, 1997). Mais elle ne prévient pas entièrement la toxicité du métal (Vuorinen et al., 1999).

4.3.1.2.4 Effet de la polymérisation

Le degré de polymérisation de l'aluminium a une importance majeure dans la toxicité de l'aluminium (Rosseland et al., 1992 ; Lydersen et al., 1994 ; Poléo et al., 1994 ; Poléo & Bjerkely, 2000 ; Alstada et al., 2005). En effet, plus les polymères sont gros, plus leur charge nette est nulle, et moins il est facile pour eux de se fixer sur les branchies (Lydersen et al., 1994 ; Alstada et al., 2005). Le degré de polymérisation est plus faible à pH 5,1 qu'à 5,6 (Hem & Robertson, 1967).

4.3.1.2.5 Effet de la taille de l'espèce et de l'âge

La toxicité de l'aluminium est également dépendante de l'espèce concernée (Gensemer & Playle, 1999), mais aussi de son stade de vie, de sa taille et de son poids (Alstada et al., 2005).

Ainsi, des tests de toxicité chez les alevins de truite ont montré qu'à pH neutre, une concentration d'aluminium de 0,52 mg/l réduisait la croissance de ces poissons (Svobodová et al, 1993). De plus, quand la concentration est inférieure à 0,3 mg/l d'aluminium (pour un pH identique) tous les alevins de *Coregonus maraena* et *Coregonus peled* meurent en 10 ou 14 jours (Svobodová et al, 1993).

Enfin, les jeunes saumons sont moins sensibles à l'aluminium que les adultes (Henriksen et al., 1984 ; Poléo & Muniz, 1993). En effet, les gros poissons ont un rapport surface des branchies/poids total

plus faible que les petits poissons (Hughes, 1984). Ils sont alors plus susceptibles de souffrir d'hypoxie. La surface d'échange plus importante des gros poissons rend la perte d'ions par diffusion plus élevée.

4.3.1.3 Le cas de la Guyane

Les nombreux prélèvements faisant suite au suivi de l'ichtyofaune sur le CSG ont permis de confirmer l'absence de bioaccumulation de ce métal dans les organismes. En effet, il n'existe pas de relation entre le taux d'aluminium intramusculaire et le poids des poissons (Richard *et al.*, 2002 ; Noël *et al.*, 2012).

Cependant, une étude plus poussée de Richard *et al.* (2002) portant sur les concentrations d'aluminium dans l'eau a mis en évidence des concentrations allant de 16,4 µg/l à 61,3 µg/l, alors que la norme est de 200 µg/l. Cet aluminium est naturellement présent dans le milieu puisque les sols guyanais sont à dominante argilo-latéritique. Ainsi, le substrat est riche en argile mais aussi en oxyde d'alumine (Al₂O₃). Cette alumine entre en moyenne à 20% dans la composition des sols (CNES, 2006). Ainsi, des phénomènes de ruissellement peuvent accentuer sa présence dans le milieu. Les données relevées sur le CSG permettent de constater que les pics d'aluminium dans la chair des poissons correspondent à des années *El Niño* et/ou *La Niña*, qui sont responsables de forts événements pluvieux et augmentent donc le ruissellement (Noël *et al.*, 2012).

Il est important d'ajouter que les conditions physico-chimiques de la Guyane peuvent être favorables à la présence d'aluminium dangereux pour les poissons. En effet, le pH faible entraîne la dissolution plus simple de l'aluminium aggravant les effets du métal sur la respiration. De plus, la conductivité basse de la région n'est pas en mesure de contrebalancer l'impact de l'aluminium. *A contrario*, la matière organique est abondante dans les criques étudiées pour le suivi d'Ariane V. A cela s'ajoute une tolérance des poissons variable selon l'espèce, le stade de vie, la taille et le poids.

Enfin, il existe une possibilité de complexification de l'aluminium avec d'autres métaux, comme le zinc, présents en Guyane. Ainsi, même si l'aluminium est rapidement éliminé de l'organisme des poissons, il pourrait faciliter le passage et le maintien d'autres métaux, aussi bien dans l'environnement que dans la chair des poissons (Vigouroux, 2004 ; Vigouroux & Guillemet, 2010).

Cependant, aucune étude sur le comportement des espèces locales face à l'aluminium n'ayant été faite, il reste difficile d'estimer précisément les effets de ce métal sur les communautés ichtyologiques (Noël, 2011).

4.3.2 L'anoxie

De nombreux effets de l'hypoxie ont été étudiés et sont documentés. Leurs portés touchent principalement des aspects comportementaux, mais révèlent aussi des capacités adaptatrices remarquables de certaines espèces de poissons. Ces effets ont fait l'objet d'une synthèse bibliographique interne au laboratoire Hydreco (Alix, 2012), qui est largement repris dans la suite du rapport.

Ainsi, l'hypoxie peut aussi bien entrainer des modifications des déplacements, mais aussi un comportement respiratoire différent *via* une respiration aquatique de surface, voire aérienne. Les principaux changements comportementaux des individus portent donc sur :

- La sélection et l'utilisation des habitats ;
- Les interactions Proies/Prédateurs ;

- La compétition intra et interspécifique ;
- Les assemblages des communautés.

4.3.2.1 La respiration

Les modifications respiratoires peuvent se traduire et/ou sélectionner deux types de mécanismes : la respiration aquatique de surface et la respiration aérienne.

Ainsi, la respiration aquatique de surface est la ventilation des branchies au niveau des couches superficielles oxygénées, où s'effectuent les échanges gazeux entre l'air et l'eau. De nombreuses adaptations morphologiques peuvent être notées, avec notamment la protubérance de la lèvre chez des espèces tropicales de téléostéens, comme *Bivibranchia bimaclata* et *Bivibranchia simulata* (Reid *et al.*, 2006). Un des mécanismes retrouvé est le maintien d'une bulle d'air dans la cavité buccale du poisson, afin d'optimiser le niveau d'oxygène et de faciliter la flottabilité de l'individu en surface.

La respiration aérienne est réalisée par certains poissons osseux réalisant une respiration mixte, comme *Hoplosternum littorale* potentiellement présent sur le CSG. Lorsque l'oxygène est fortement déficient, l'individu est capable de passer d'une respiration aquatique à une respiration aérienne en utilisant l'oxygène de l'air. L'organe intervenant dans la respiration aérienne est constitué d'un réseau capillaire permettant l'échange de gaz entre le sang et l'air. Le système de respiration aérienne peut provenir d'une adaptation de la cavité buccale, pharyngienne ou digestive. L'espèce la plus primitive capable de respiration aérienne utilise la vessie gazeuse tandis que le téléostéen le plus moderne utilise une chambre branchiale ou le tube digestif.

4.3.2.2 Effets comportementaux

4.3.2.2.1 Effet sur l'activité

La réponse comportementale peut entraîner soit une augmentation soit une diminution de l'activité de l'individu, ceci dépend de l'espèce et des circonstances du milieu.

Les espèces qui réduisent leur activité tendent à être des espèces benthiques avec un mode de vie plutôt sédentaire, amenés à être souvent exposés à des conditions hypoxiques. Tandis que les espèces qui augmentent leur activité tendent à être des poissons pélagiques, actifs et vivant souvent en banc.

La réduction du niveau d'activité en conditions hypoxiques a été interprétée comme un moyen de préserver de l'énergie (Metcalfe & Butler, 1984) alors que l'augmentation du niveau d'activité est interprétée comme un moyen d'échapper aux zones hypoxiques.

De nombreuses espèces peuvent présenter les deux types de réponse, ceci dépendant du niveau d'hypoxie, du taux de change de la tension en oxygène dans l'eau et du degré d'activité en conditions normales.

4.3.2.2.2 Le comportement parental

Un comportement parental plus élevé doit être nécessaire en milieu hypoxique afin d'assurer la survie des œufs et des jeunes. Roberts (1973) a observé un lien intéressant entre les habitats hypoxiques et le comportement parental en Amazonie et dans le bassin du Congo. Dans ces larges fleuves tropicaux, le comportement parental existe essentiellement chez les poissons dont les adultes se reproduisent dans les marais ou dans des habitats où le taux d'oxygène est déficient. Ainsi,

certaines espèces vont construire un nid qui est gardé par le mâle, tandis que d'autres vont creuser une sorte de terrier avec une cheminée pour l'aération de la cavité.

Les études sur les effets du stress lié à l'hypoxie sur le comportement parental sont encore peu nombreuses mais montrent néanmoins l'importance de l'oxygène lors des soins parentaux à travers différentes stratégies.

4.3.2.3 Les interactions écologiques

Un taux d'oxygène trop bas peut influencer les interactions interspécifiques, en particulier les relations Proies/Prédateurs. Ainsi, des altérations du taux de succès des prédateurs et/ou la vulnérabilité des proies peuvent être observées. Les conditions hypoxiques peuvent entraîner un déséquilibre dans l'interaction et favoriser le prédateur ou la proie, selon les tolérances à l'hypoxie de chacun (Domenici *et al.*, 2007).

La respiration aérienne augmente le risque de prédation en diminuant l'efficacité de la méthode d'échappatoire dite « fast start ». Celle-ci est une stratégie d'évasion consistant en une accélération soudaine dans la direction opposée au *stimulus*. Chez les téléostéens, cette méthode d'évasion se traduit par la courbure du corps en forme de C. L'hypoxie a des effets négatifs sur cette technique d'évasion en affectant la réponse ou la direction (Domenici *et al.*, 2007).

De plus, la dynamique des bancs de poissons peut également être altérée. En effet, l'avantage des bancs de poissons peut être affaibli par l'hypoxie en voyant leur structure spatiale et la vitesse du groupe affectées. La structure du banc elle-même peut jouer sur le taux d'oxygène au niveau du banc dû à la consommation d'oxygène par les individus en périphérie (Domenici *et al.*, 2007). Par exemple, chez les harengs, l'augmentation du volume du groupe a été observée pour assurer une meilleure aération au niveau du groupe, ceci affecte néanmoins la coordination du groupe.

D'autres effets notables peuvent être relevés. En effet, pour les prédateurs à respiration aquatique, le manque d'oxygène peut entraver la prédation en diminuant le métabolisme, le besoin en nourriture et donc la performance.

Enfin, l'altération de la relation Proie/Prédateur peut engendrer des conséquences sur les composés de la chaîne alimentaire. Il est donc important de prédire lequel de la proie ou du prédateur sera le bénéficiaire du stress dû à l'hypoxie, afin de comprendre les impacts au niveau de la communauté.

4.3.2.3.1 La zone hypoxique : une zone refuge vis-à-vis des prédateurs

L'hypoxie peut être un important régulateur dans les interactions Proie/Prédateur. La proie, si elle est suffisamment tolérante à des taux d'oxygène très bas, peut accéder à des zones de refuges où les prédateurs, n'étant pas assez tolérants à ces conditions, ne peuvent pas se rendre.

Par exemple, le lac Victoria est un cas fortement documenté (Chapman & Chapman, 1994 ; Chapman *et al.*, 1995 ; Chapman *et al.*, 1996 ; Chapman *et al.*, 2002 ; Schofield & Chapman, 2000). Ainsi, des zones humides et de marais dans le bassin du lac, présentant des taux d'oxygène extrêmement bas, servent de refuge aux espèces tolérantes à ces conditions et fonctionnent comme une barrière envers la perche du Nil (principal prédateur de ce lac).

Ainsi, l'hypoxie est considérée comme ayant un rôle déterminant dans l'assemblage de poissons dans d'autres systèmes où les piscivores sont dominants. De plus, cet exemple montre bien l'importance des milieux hypoxiques en tant que zones refuge pour les proies résistantes à l'hypoxie et

l'importance de la variation de la tolérance à l'hypoxie, spécifique à l'espèce, dans la structure de la communauté.

De plus, certains suggèrent une importance de la taille de poissons. Ainsi, des poissons de petite taille seraient plus tolérants à l'hypoxie que des poissons de grande taille, ce qui pourrait représenter un avantage écologique important. Cette hypothèse reste néanmoins controversée et Nilsson & Ostlund-Nilsson (2008) ont montré que la taille n'influçait pas la capacité de capter l'oxygène. En effet, la surface respiratoire des branchies a le même rapport que le niveau métabolique.

Enfin, le stress lié à l'hypoxie favorise également les proies en affectant les prédateurs par la réduction de leur activité *via* une réduction du métabolisme et une diminution du taux de nutrition.

Néanmoins, le phénomène inverse peut également être observé. Dans ce cas là, l'hypoxie peut présenter des avantages pour certains prédateurs en rendant les proies plus vulnérables.

4.3.2.3.2 Les risques de prédateurs liés à la respiration en surface

La redistribution verticale des populations peut augmenter la vulnérabilité de certains individus. En effet, ces derniers deviennent plus visibles en surface, facilitant le repérage par les oiseaux. Le prédateur peut également surgir de dessous par le biais d'une espèce piscivore plus tolérante à l'anoxie.

Ainsi, la respiration de surface représente un risque évident. Afin de le diminuer, certaines espèces utilisent la respiration synchrone : les individus forment un groupe et respirent ensemble ou par succession rapides (Chapman & Chapman, 1994). Un groupe est ainsi formé à la surface et le risque de prédation, d'un point de vue individuel, est alors réduit.

Enfin, d'autres espèces choisissent des habitats de surface présentant moins de risques ou utilisent ces techniques de respiration de préférence la nuit (Saint Paul & Soares, 1987).

4.3.2.3.3 Les interactions Poissons/Invertébrés aquatiques

La chaîne trophique au niveau des Poissons/Invertébrés aquatiques est également influencée. Ainsi, les invertébrés intolérants à l'hypoxie migrent dans la colonne d'eau vers la surface. Ceci entraîne une grande mortalité des invertébrés au profit des poissons. Les invertébrés tolérants à l'hypoxie trouvent refuge comme certaines espèces de poissons. Les taxons mobiles ayant une faible tolérance à l'hypoxie, comme par exemple les éphéméroptères et les amphipodes, migrent vers la surface et servent de proie aux poissons.

4.3.2.3.4 Les interactions sociales

Etant donné l'influence de l'hypoxie sur le métabolisme, l'activité et l'utilisation de l'habitat, il est normal qu'il y ait des changements dans le comportement social des espèces. Par exemple, ceci pourrait affecter le comportement social de certains Cichlidae et ainsi affecter la mise en place d'une hiérarchie sociale au sein d'un groupe d'individus. Melnychuk & Chapman (2002) ont trouvé que le taux d'agression diminuait lorsque les individus utilisaient la respiration aquatique de surface. La respiration de surface demande en effet du temps et de l'énergie, laissant moins de place pour les agressions. Des résultats similaires ont également été observés par Sneddon & Yerbury (2004).

4.3.2.4 Le cas de la Guyane

Au sein du CSG, et plus particulièrement sur la crique Karouabo, de faibles taux d'oxygène dissous sont régulièrement observés (Richard & Cerdan, 2000 ; Merona *et al.*, 2000 ; Vigouroux *et al.*, 2002 ;

Vigouroux & Richard, 2003 ; Vigouroux, 2004). Ainsi, même si de nombreuses espèces de poissons tropicaux présentent des adaptations face à l'hypoxie (Val & Kapoor, 2003), lorsque le taux d'oxygène dissous descend sous 4 mg/l, des troubles se font ressentir dans le comportement des poissons.

Si cette limite descend sous les 2 mg/l, les perturbations deviennent très fortes et les conséquences pour le peuplement sont irréversibles (Lauzanne *et al.*, 1993 ; Val & Kapoor, 2003). Ainsi, cette faible concentration en oxygène dissous pourrait être le régulateur principal des populations rencontrées au sein de la station Karouabo (Vigouroux & Guillemet, 2005).

De plus, une étude portant sur le lac de Petit Saut pose comme hypothèse que le principal facteur structurant les communautés piscicoles du lac est le gradient d'oxygène, qui diminue avec la profondeur. Ainsi, de nombreuses espèces restent inféodées à une strate d'eau.

Pour exemple, *Triportheus brachipomus* est systématiquement prélevé en surface avec *Auchenipterus nuchalis*. La strate du fond abritera quant à elle un détritivore : *Trachelyopterus galeatus*. On retrouvera dans les strates intermédiaires deux espèces d'Hemiodidae : *Hemiodus quadrimaculatus* et *Hemiodus unimaculatus*.



Source : HYDRECO

Figure 6 : *Trachelyopterus galeatus*

Enfin, certains prédateurs (comme *Acestrorhynchus cf. guianensis*) se trouvent inféodés aux couchent supérieures, tandis que *Plagioscion squamosissimus*, un ichthyophage de grande taille, peut évoluer sur toute la colonne d'eau (Monchaux & Vigouroux, 2013).

4.4 Les autres données environnementales du CSG

4.4.1 Les données annuelles sur l'ichtyofaune prélevées avant 2005

Entre 1995 et 2005, le suivi de l'impact des lancés de Ariane V sur les milieux aquatiques portait uniquement sur l'ichtyofaune et n'était réalisé que sur une seule période de pêche par an. Ce suivi mettait en évidence une perturbation sur le site du CSG. Cependant, les données ne permettaient pas de mettre en relation cette perturbation avec les effets des décollages (Mérona, 2001). Ainsi, l'explication la plus plausible reste un effet du climat, tels que des assèchements du milieu ou encore un impact de *El Niño* (Vigouroux, 2004).

4.4.2 Effets sur les autres types de peuplements

Afin de mieux appréhender les effets du lanceur Ariane V sur l'environnement, des mesures d'impact ont été réalisées sur la végétation. Elles montrent qu'il existe un effet sur la végétation proche du site, dans un rayon de 1 km. Au-delà de cette limite, l'effet commence à être limité (Richard, 2006).

L'impact portant sur la végétation permet de se questionner quant au devenir des populations d'arthropodes. Cerdan (1995) a mené une étude allant dans ce sens, en utilisant la famille des Sphingidae. Celle-ci a été choisie pour son nombre d'espèce relativement faible (119 en 1995) et facilitant ainsi l'étude. Ses espèces également bio-indicatrices et présentent dans de nombreux biotope comme la forêt primaire, les savanes ou encore les milieux dégradés (Cerdan, 1991 ; Cerdan, 1992). Enfin, elles remplissent une fonction écologique importante. Cette étude révèle que, malgré l'effet ressenti sur les végétaux, les populations de Shingidae ne sont pas impactées par les lancers d'Ariane V (Cerdan, 1995).

Enfin, un suivi est également réalisé sur l'avifaune. Ainsi, même si les plumes couvrantes sont contaminées par l'aluminium, aucune trace n'est relevée sur les plumes recouvertes. De plus, cette contamination est liée à la proximité des oiseaux avec le site de lancement. Le taux d'aluminium diminue avec la distance. Aucun effet n'est également observé que ce soit sur les comportements ou sur la qualité du peuplement. Enfin, la protection du site face aux intrusions humaines permet d'observer une forte richesse en oiseau, mais aussi de dénombrer des espèces rares, telle que la Picolette (*Oryzoborus angolensis*) (Richard, 2006).

4.5 Conclusion

Le présent rapport montre que les suivis réalisés suite aux tirs d'Ariane V sont les principales sources d'informations quant à la composition et l'évolution de l'ichtyofaune et des invertébrés aquatiques dans le temps. Néanmoins, de nombreuses questions restent en suspens. Ainsi, même si leurs effets sont bien connus dans l'hémisphère nord, de nombreuses lacunes existent dans les connaissances portant sur les effets de l'aluminium et de l'anoxie (cf : III).

Au sein des communautés ichtyologiques, l'aluminium ne semble pas s'accumuler dans les organismes et est facilement éliminé. Cependant, aucune information n'existe au sujet de sa complexification avec d'autres métaux comme le zinc, qui est naturellement présent dans les sols guyanais. Cet effet pourrait aisément être quantifié *via* des mesures dans la chair des poissons, échantillonnage qui est réalisé en routine par le laboratoire Hydreco durant le suivi biannuel. De plus, des pêches et des prélèvements pourraient être réalisés directement après certains lancers afin mieux comprendre les processus liés à l'aluminium (cf : II.1.).

Le suivi des invertébrés aquatiques, initié en 2005, a également démontré son utilité. En effet, des prélèvements ont été réalisés directement après un tir d'Ariane V. Ils ont montré un fort impact de ce dernier, puisqu'aucun invertébré n'avait été prélevé (cf : II.2.). Ce résultat met en avant la nécessité de bien choisir les périodes d'échantillonnages en fonction des vols d'Ariane V.

En revanche, de nombreuses études sur le long terme montrent un impact limité sur l'environnement, que ce soit sur l'avifaune, les insectes terrestres et les poissons (cf : IV). Le cas des invertébrés aquatiques montre également que l'impact engendré par les décollages est immédiat mais qu'une recolonisation rapide existe au sein des milieux aquatiques.

Cependant, alors que la majorité des suivis ciblent les effets des décollages d'Ariane V, aucune étude ne porte sur les effets environnementaux des rejets des entreprises occupant le CSG dans les milieux. Des telles études permettraient d'accroître considérablement les connaissances portant sur les écosystèmes abrités par le CSG, mais renforceraient également le contrôle de la qualité environnementale d'un site industriel de cette ampleur.

Enfin, le CSG reste un site unique d'un point de vue environnemental. En effet, il regroupe une grande mosaïque d'habitats et la régulation de la circulation des populations humaines accroît son potentiel de réservoir de biodiversité et de zone refuge pour de nombreuses espèces, notamment les oiseaux. La diversité des ZNIEFF de type I et II situés au sein de la zone d'emprise du Centre Spatial Guyanais confirme ce potentiel et renforce la nécessité d'un suivi environnemental rigoureux.

5 Hydrologie et hydrogéologie

La bibliographie synthétisée dans la présente partie est issue :

- Des études réalisées par le BRGM ;
- Des études réalisées par l'ORSTOM (aujourd'hui IRD);
- Des études réalisées par Antea Group et autres BE (APAVE, HYDRECO, ...);
- Des études géotechniques récentes réalisées au droit des futurs sites ;
- Des bases de données existantes (BSS, infoterre, SANDRE) ;
- Des données du SDAGE 2010 – 2015 de Guyane.

5.1 Hydrologie

5.1.1 Bibliographie

L'hydrologie de la base spatiale a été étudiée à plusieurs reprises en vue de caractériser le milieu aquatique au droit des diverses installations, mais également afin d'étudier les impacts des activités sur le réseau hydrologique. Les bassins versants de la Karouabo et de la Passoura ont été abordés par R. ROHAN (1990) et M. LOINTIER (1992 ORSTOM). La Malmanoury a quant à elle été étudiée par HOORELBECK (1976) dans le cadre de l'alimentation en eau de la base spatiale.

Une étude de la qualité des eaux a également permis d'obtenir des résultats sur la variabilité chimique des eaux des criques Karouabo et Passoura (GRIMALSI et SARRAZIN, 1992).

En 1994, l'ORSTOM a réalisé une nouvelle étude sur les caractéristiques environnementales (paramètres physico-chimiques et physique, diversité du milieu) de la Malmanoury et de la Karouabo.

A noter que les études plus récentes reprennent bien souvent les conclusions de ces rapports anciens.

Les études consultées sont les suivantes :

- ORSTOM – J.M FRITSCH – Mars 1982 - « Note sur les possibilités de la crique Karouabo à recevoir les effluents de carburant UDMH utilisés par Ariane ».
- ORSTOM – R. ROHAN – Juin 1990 – « Etude préliminaire des bassins versants de Karouabo et Passoura » ; Etude d'impact du banc d'essais des étages à poudre d'Ariane V - Conséquence des rejets gazeux sur l'environnement – « Sédimentologie des formations superficielles des criques Karouabo, Passoura et Malmanoury » ;
- ORSTOM – Convention n°89/CNES/2621 – M.T. PROST, décembre 1992 ; «
- ORSTOM – Convention n°89/CNES/2621 – C ; Grimaldi et M. SARRAZIN, novembre 1993 - Etude d'impact du banc d'essais des étages à poudre d'Ariane V - Conséquence des rejets gazeux sur l'environnement – « Etude de la composition chimique des eaux ».
- ORSTOM – Convention n°89/CNES/2621 – M. LOINTIER Juin 1994 - Etude d'impact du banc d'essais des étages à poudre d'Ariane V - Conséquence des rejets gazeux sur l'environnement – « Hydrologie des bassins versants de Karouabo et Passoura » ;

- ORSTOM – Convention n° 94/CNES/2647 – Avril 1995 « Etude d'impact sur l'environnement aquatique de la zone de lancement n°3 » ;
- ORSTOM – Convention n° 94/CNES/2647 – juin 1995 « Etude d'impact sur l'environnement de la zone de lancement n°3 » ;
- REVUE DES SCIENCES DE L'EAU – P.HANDRIEUX, M. VOLTZ, A.DURBEC - 1995 – « Fonctionnement hydrologique d'un interfluve sédimentaire de la plaine côtière ancienne de Guyane Française » ;
- APAVE – REG-SEC-008 – « Dossier de demande d'autorisation d'exploiter ; Bâtiment de coulée n°304 » ;
- CNES – CSG-NT-S3S-5777 – mars 2002 – « Synthèse des données environnement autour de l'ELA 3 » ;
- CNES – CG-NT-SS-8380 – Juillet 2005 – « Synthèse de données relative à l'environnement de l'ensemble de lancement SOYOUZ » ;
- HYDRECO – mail 2013 - C. REYNOUARD « Mesures et analyses physico-chimiques des sédiments et des eaux pour le suivi des criques Karouabo et Malmanoury –2013 »

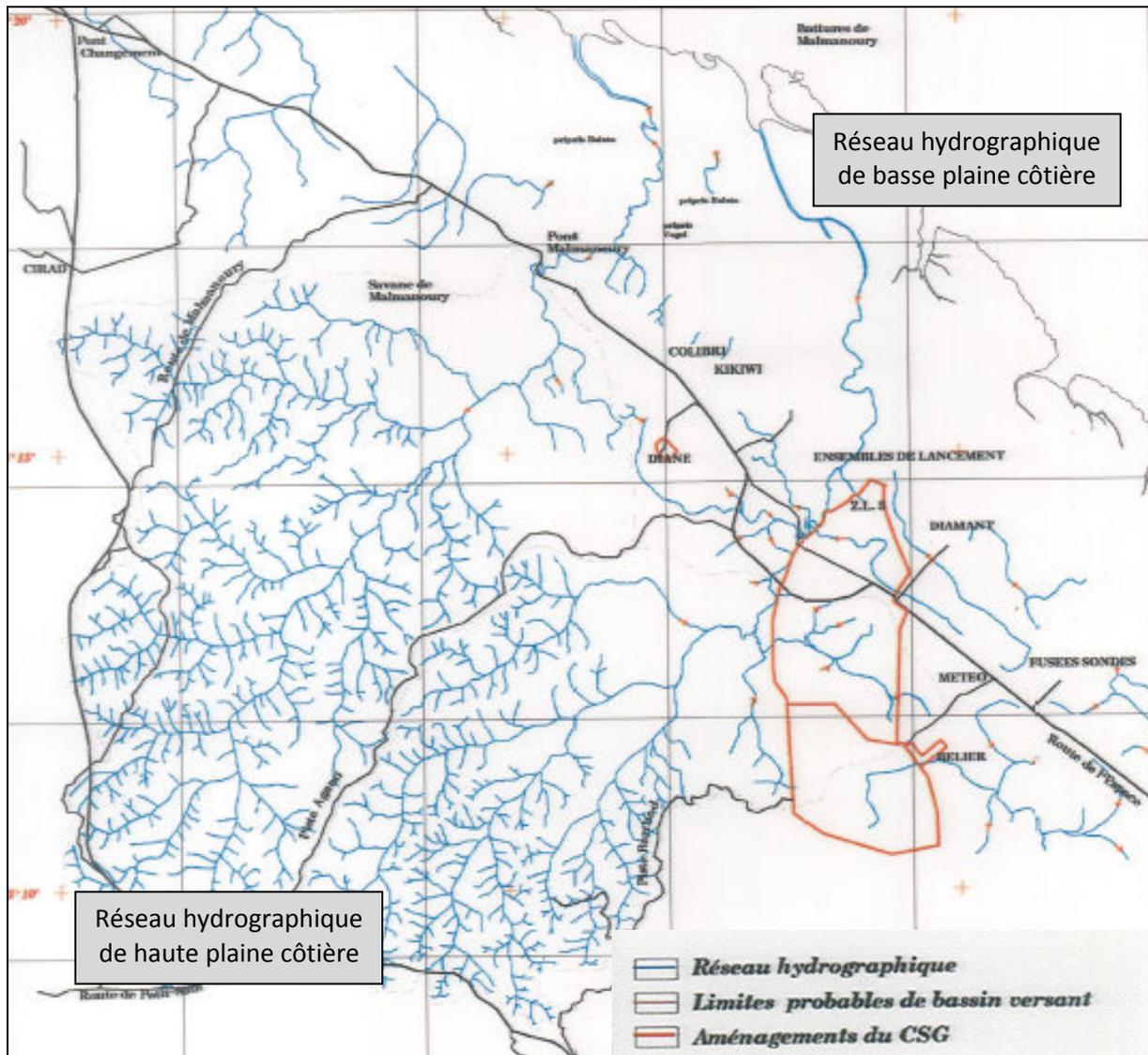
5.1.2 Description du système hydrologique de la zone d'étude

Les installations du CNES/CSG sont implantées en bordure de littoral sur des ensembles à topographie globale subhorizontale composée à plus petite échelle d'une succession de relief à faible altitude et de fosses marécageuses.

Cette morphologie met en évidence deux types de réseaux hydrographiques, à savoir :

- La **basse plaine côtière**, caractérisée par un réseau hydrographique primaire fortement structuré.
- La **haute plaine côtière** (grandes savanes de Kourou), dominée par un système d'interfluves avec l'absence de directions préférentielles. Les sens d'écoulement sont difficiles à déterminer.

La figure 2 ci-après illustre ces deux types de réseaux hydrographiques.



Source : ORSTOM – M.LOINTIER, A. GARDEL, K. PANECHOU (mars 1996)

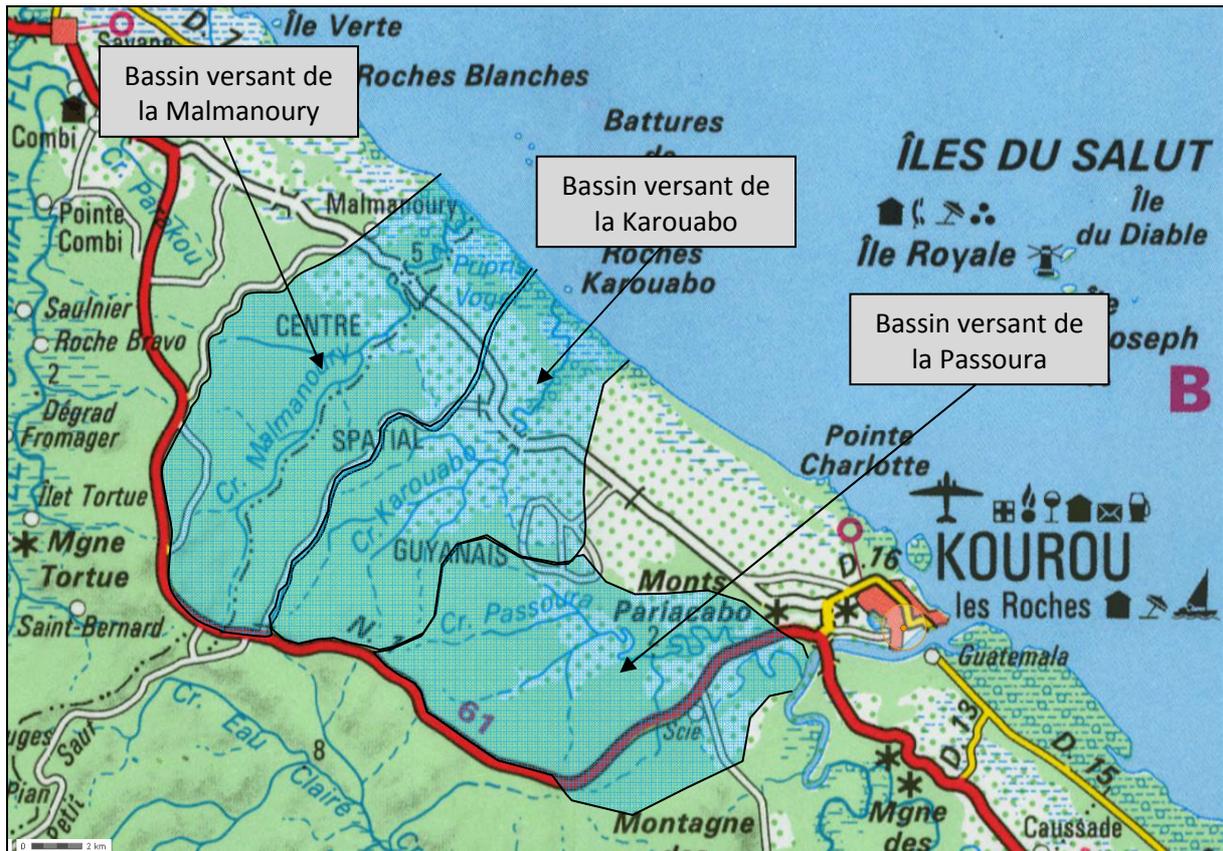
Figure 7 : Carte des réseaux hydrographiques de la plaine spatiale

C'est à ces deux grands ensembles qu'appartiennent les trois grandes criques principales qui drainent le secteur d'étude :

- la crique Karouabo,
- la crique Passoura,
- la crique Malmanoury.

Les limites des bassins versants sont présentées sur la figures 3 ci-après.

A noter qu'en l'absence de données topographiques précises, les limites de ces bassins versants sont délicates à définir au voisinage du domaine maritime car la topographie y est très peu différenciée.



Source : Géoportail

Figure 8 : Délimitation des bassins versants des criques Malmanoury, Karouabo et Passoura

5.1.3 Fonctionnement hydrodynamique de la zone d'étude

La morphologie de la zone d'étude ne favorise pas un écoulement constant mais un système de surverse et d'accumulation entre les différentes zones indépendantes.

En saison des pluies, le Priri est une zone inondée. Il peut alors exister une continuité avec la mangrove. En saison sèche, la zone est presque totalement exondée. Il peut exister quelques mares dans les creux topographiques à proximité des drains principaux et de la zone de mangrove.

Ainsi, on distingue ainsi deux types de fonctionnement principaux :

- le stockage de l'eau dans les marais subcôtiers relatif à l'absence de circulation et de communication avec l'océan ;
- le drainage relatif à une bonne circulation de l'eau.

Les différentes zones de stockage et de drainage sont cartographiées sur la figure 4.

Les zones de stockages sont donc majoritairement présentes au niveau de la basse plaine côtière, tandis que les zones de drainages sont localisées au niveau de la haute plaine côtière.

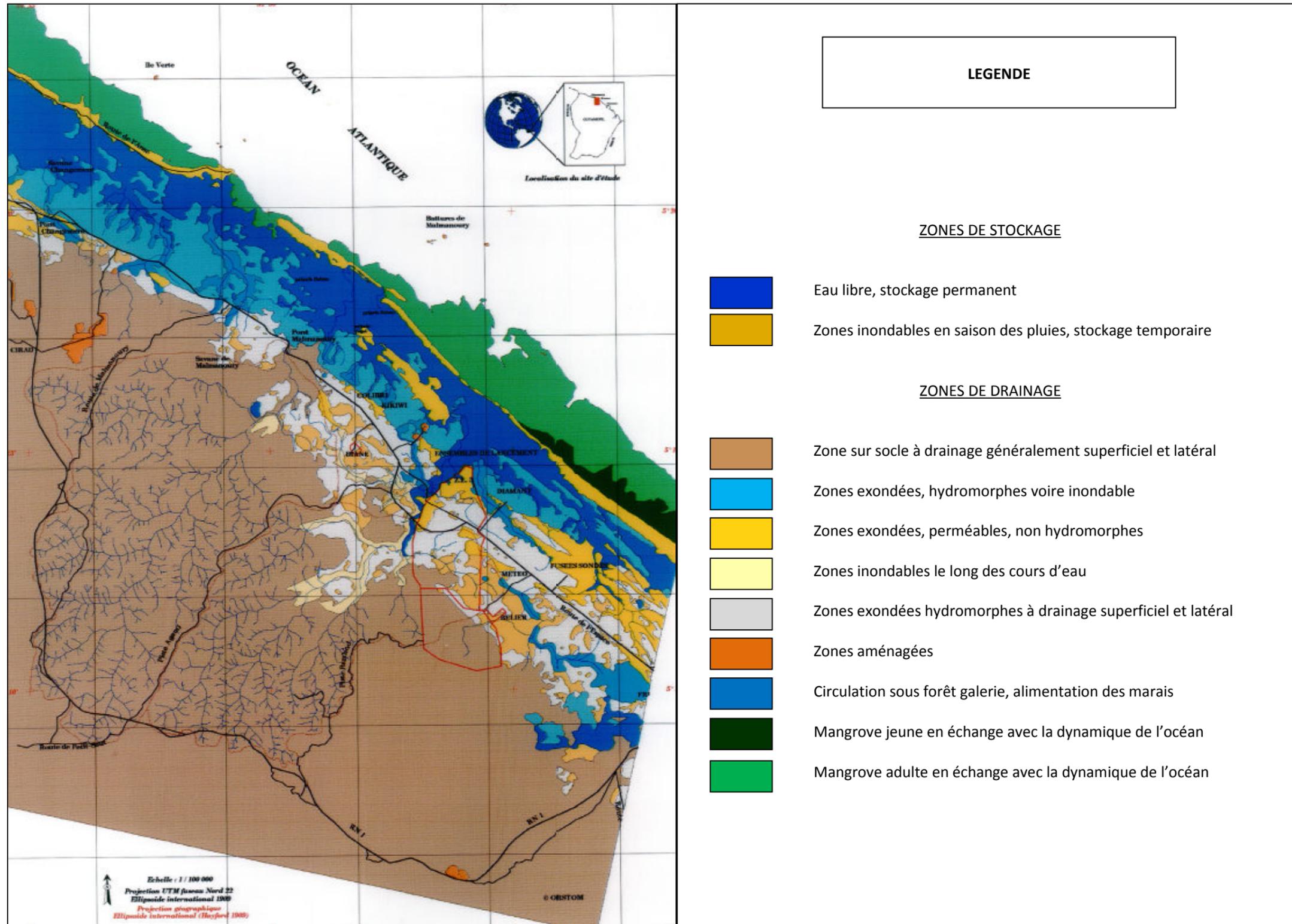


Figure 9 : Esquisse hydrologique fonctionnelle spatialisée

5.1.4 Description des bassins versants

Les bassins versants des trois criques citées dans le chapitre 2.2 ont des caractéristiques communes, à savoir :

- Une évolution bimodale des débits mensuels moyens liés aux alternances des saisons ;
- Les surfaces des bassins sont comparables et il existe des similitudes fonctionnelles entre les criques ;
- Les vallons et les vallées élémentaires des hauts bassins forment un chevelu hydrographique dense;
- Les altitudes maximales des terrains sont relativement modestes ;
- Mis à part en bordure du socle, les pentes sont faibles et régulières jusqu'au niveau de la mer ;
- Le réseau s'individualise à la sortie du socle et la hiérarchie augmente dans la plaine côtière (même classification de strahler);
- Les moyennes et basses vallées sont le site de nombreux marais ;
- Sauf pour la Passoura, l'envasement de la ligne de rivage a une influence sur l'évolution de la partie terminale des basses vallées.

A noter que les deux principaux bassins versants présents au droit des nouvelles implantations prises en compte dans la présente étude sont celui de la crique Karouabo principalement et celui de la crique Passoura. Leur description sera donc plus approfondie, dotant plus que les connaissances acquises au cours du temps (données bibliographiques) sont plus précises. Néanmoins, la crique Malmanoury sera située sous le vent direct des futures installations.

5.1.4.1 Crique Malmanoury

5.1.4.1.1 Description

➤ Fonctionnement hydrodynamique

La crique Malmanoury mesure 26 km de long et reçoit plusieurs petits affluents. Large de 6 à 24 mètres, elle serpente sur une dizaine de kilomètres avant d'atteindre les « battures » (rochers en mer). Le milieu ouvert sur l'océan est sous l'influence des intrusions salines liées au rythme des marées. Dans la partie supérieure de son cours, le relief de son bassin est légèrement accentué avec des hauteurs de crête qui s'échelonnent entre 40 et 50 mètres. Mais dès qu'elle aborde la savane, il devient difficile de déterminer les limites exactes de son bassin versant.

La surface du bassin versant de la crique est estimée à environ 100 km² (R. ROHAN 1990).

Une étude menée par l'ORSTOM en 1994 a donné les caractéristiques morphologiques et hydrodynamiques de la crique ci après.

Station	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Distance à l'estuaire (m)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Largeur (m)	20	6	6	8	9	10	8	8	11
Courant	3	3	3	3	3	2	2	1	1
Couvert arboré (%)	0-20	30	40	60	75	60	75	70	70
Substrat organique	V	V	VF	VBb	V	V	VF	VBFB	VF
Substrat non organique									
Profondeur (m)									
Rive droite	160	195	170	39	89	39	196	70	170
Milieu	180	217	210	130	98	140	280	95	400
Rive gauche	140	190	119	95	80	68	150	60	250

Vitesse du courant : nul (0), faible (1), moyen (2), fort (3).

Substrat organique : V-vase, F-feuille, B-branche > 5 cm, b-branche < 5 cm.

Source : ORSTOM, n094/CNES/2647, 1995

Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques de la Malmanoury

De l'estuaire jusqu'au point de mesure M7, la crique subit un marnage important.

➤ Données quantitatives

La crique a été étudiée en 1964 par J. Hoorebelk lors de la recherche pour l'alimentation en eau de la base spatiale. Les mesures faites démontraient que l'écoulement était faible et pouvait même atteindre dans des cas précis (sècheresse) des vitesses nulles (la crique a été jaugée à 17.5 l/s le 6 octobre 1964 à un moment où l'étiage absolu n'était pas encore atteint et l'écoulement dévient quasi-nul au début de novembre). Les débits sont naturellement plus importants en saison des pluies puis diminuent rapidement en saison sèche. Le débit annuel moyen a été évalué de l'ordre de 5.7 m³/s.

L'embouchure de la Malmanoury est nette sur les documents satellitaires et sur le terrain, légèrement déviée vers le Nord-ouest, elle est avec le temps, le siège plus ou moins marqué d'un banc de vase.

5.1.4.1.2 Qualité des eaux de la crique

La physico-chimie des eaux de la Malmanoury se caractérise par le double jeu des influences marines et d'eau douce. Un gradient amont/aval se traduit par une augmentation du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous, au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'estuaire. Ce gradient, lié à l'influence des marées, est plus ou moins marqué en fonction du cycle de la marée et de leur importance. Les eaux de la crique Malmanoury ont été analysées à plusieurs reprises, notamment en 1995 lors de la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement aquatique de la zone de lancement n°3 (Ariane 5) – Rapport de l'ORSTOM N°94/CNES/2647.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Station	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Distance à l'estuaire (m)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Transparence (cm)	15	25	35	75	90	120	125	90	135
Température (°C)									
Surface	25	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	25	25
Fond	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	25	25.1
pH									
Surface	6	5.42	5.21	5.07	5.08	5.06	5.15	5.17	5.2
Fond	6.1	5.4	5.18	5.09	5.36	5.05	5.08	5.03	5.21
Conductivité (µS/cm)									
Surface	32700	554	172	72.8	38.5	44.8	31.4	27.6	27.6
Fond	52000	556	174	70	37.5	42.9	27.6	26.9	26.2
Oxygène dissous (mg/l)									
Surface	4.4	4.2	4.4	3.6	2.9	3.2	2.6	3.3	3.3
Fond	1.2	4	4.1	3.6	2.4	2.8	2.7	2.6	3.2
Station	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
Distance à l'estuaire (m)	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500
Transparence (cm)	120	visible	140	140	180	145	150	150	visible
Température (°C)									
Surface	25.2	25.2	25.2	26.4	24.5	24.4	24.3	24.1	24.5
Fond	25.1	25	24.7		24.5	24.3	24	23.9	24.7
pH									
Surface	5.26	5.11	5.22	5.52	5.17	5.3	5.46	5.49	5.43
Fond	5.21	5.1	5.2		5.11	5.3	5.27	5.42	5.7
Conductivité (µS/cm)									
Surface	26.9	26.9	26.2	27.4	26.5	26.1	26.1	25.9	27.3
Fond	26.1	25.5	25.3		25.2	25.2	24.8	24.6	26.8
Oxygène dissous (mg/l)									
Surface	4.5	4.2	3.9	4.7	4.2	5.1	5.5	6.7	5.43
Fond	3.7	3.8	3.5		4	4.4	5.1	5.7	5.2

Source : ORSTOM, n094/CNES/2647, 1995

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques de la Malmanoury depuis l'estuaire jusqu'à 8 500 m.

D'après ces résultats la crique présente des valeurs de températures stables. Elles oscillent autour de 25 °C. La conductivité, le pH et l'oxygène permettent par contre de distinguer deux parties dans la crique :

- La zone estuarienne où la conductivité est très élevée au fond et diminue rapidement jusqu'à la station M6. La transparence de l'eau est inférieure à 100 cm jusqu'à la station M4. Dans cette section de la crique, l'eau est turbide et marron beige. Cette couleur provient de la mise en suspension des vases crémeuses du substrat par les courants de fond. Les valeurs de conductivité indiquent dans cette zone une remontée saline dans la crique.
- Le reste de la crique (M7 à M18), les valeurs de conductivité sont relativement homogènes. L'eau présente une teinte foncée mais est moins turbide que dans la zone estuarienne.

Des analyses de qualité ont été réalisées en octobre 2003 et janvier 2004 (CNES – rapport CG-NT-SS-8380-CNES). Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Paramètre analysé	Saison sèche 20 octobre 2003	Saison des pluies 7 janvier 2004
Oxygène dissous (mg/l)	4.2	5.1
Oxygène dissous (%)	53	62
Carbone organique total (mg C/l)	7.83	10.92
Carbone organique particulaire (mgC/l)	0.39	0.62
Température (°C)	27.1	25.2
Conductivité (µS/cm)	80	45.0
Turbidité (NTU)	2.54	3.83
Alcalinité (°F)	0.55	0.24
Chlorures (mgCl/l)	5.50	9.05
Sulfates (mgSO4/l)	4.22	1.66
Nitrates (mgNO3/l)	0.5	0.42
pH	5.52	4.72
Aluminium (µg/l)	92.26	7.37
Fer (µg/l)	499	439
Manganèse (µg/l)	89.6	21.82
Cadmium (µg/l)	< 0.04	< 0.04
Plomb (µg/l)	0.27	1.28
Cuivre (µg/l)	1.04	2.65
Nickel (µg/l)	2.96	2.13
Chrome total (µg/l)	3.95	1.61
Hydrocarbures dissous (µg/l)	< 50	< 50

Source : Synthèse de données relatives à l'environnement de l'ensemble de Soyuz

Tableau 3 : Analyse de qualité des eaux de la crique Malmanoury

Les analyses révèlent une eau de qualité typique des cours d'eau Guyanais, à savoir des eaux présentant une turbidité importante, chaudes, légèrement acides et faiblement minéralisées. La teneur en oxygène dissous moyenne plus faible en saison sèche, marquant à un ralentissement du courant et donc de l'oxygénation.

La conductivité assez importante se justifie par la proximité de l'océan et met donc en avant des échanges plus marqués en saison sèche.

Les eaux de la crique Malmanoury sont donc jugées de bonne qualité.

Dans le cadre de l'arrêté d'exploitation de l'ELA 3, le laboratoire HYDRECO réalise annuellement un suivi de la qualité des eaux de la crique Malmanoury. Les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux montrent une constance au cours du temps. Les derniers résultats sont les suivants :

Paramètres	Saison des pluies		Saison sèche		unités	
	Date	14/05/13	15/05/13	24/09/13		25/09/13
pH		5,03	5,09	5,50	5,64	u.pH
Température		26,2	25,3	31,2	30,5	°C
Conductivité		21	14	24	25	µS/cm
Turbidité		4,89	15,7	2,23	2,50	NTU
Oxygène dissous		63	75	72	51	%
Oxygène dissous		5,1	6,2	5,3	3,7	mg/l

Source : Rapport HYDRECO

Tableau 4 : Mesures des paramètres physico-chimique des eaux de la crique Malmanoury

5.1.4.2 Crique Karouabo

5.1.4.2.1 Description

Le bassin de la Karouabo a une surface de 83.3 km². Il est recouvert par 24.3 km² de savanes (29 % de la superficie totale) et 59 km² de forêt et de végétation divers (71 %) (LOINTIER, 1992).

➤ Fonctionnement hydrodynamique

Le bassin versant de la crique Karouabo a été décrit par l'ORSTOM en 1982 par J.M. FRITSCH puis de 1991 à 1994 par M. LOINTIER.

Ces études ont mis en évidence deux systèmes hydrologiques distincts (tout comme le bassin de la crique Malmanoury) :

- Le haut bassin qui entaille des formations du socle couvert par la forêt dense et que l'on peut limiter à l'amont de la Route de l'Espace et qui s'étend sur 60 km² environ. Cette partie constitue un bassin versant classique avec un réseau hydrographique hiérarchisé, indice d'un fonctionnement régulier, encore que des zones marécageuses à l'écoulement incertain existent déjà, principalement en rive gauche.
- Le cours moyen est caractérisé par un lit creusé dans les barres littorales. Les berges sont occupées par la forêt marécageuse et par des marais à moutouchi. La zone marécageuse qui commence à l'aval de la route de l'espace et se termine à l'estuaire de la crique qui entaille le cordon littoral sableux. Dans cette partie déprimée, le lit est extrêmement difficile à discerner et se perd dans une forêt de palmier-bâche. Le fonctionnement de cette partie de la crique est entièrement conditionné par la pluviométrie mais également par les conditions hydrodynamiques et océaniques. Les écoulements sont lents du fait de pentes très faibles. Ce marais constitue une grande cuvette dont l'intérieur coïncide avec le zéro IGN, alors que les points de côte aval se situent à 1 et 2 mètres d'altitude. Une dénivellation d'environ 0.5 m au niveau du lit de la crique constitue un obstacle aux remontées salines, la cuvette constituant également une zone d'épandage des eaux salines. De ce fait, le bassin de la Karouabo se trouve hors d'influence de la marée océanique.

Ainsi, la partie aval de la crique peut être modélisée comme une sorte de delta intérieur qui fonctionnerait selon la saison et la situation de marée, soit

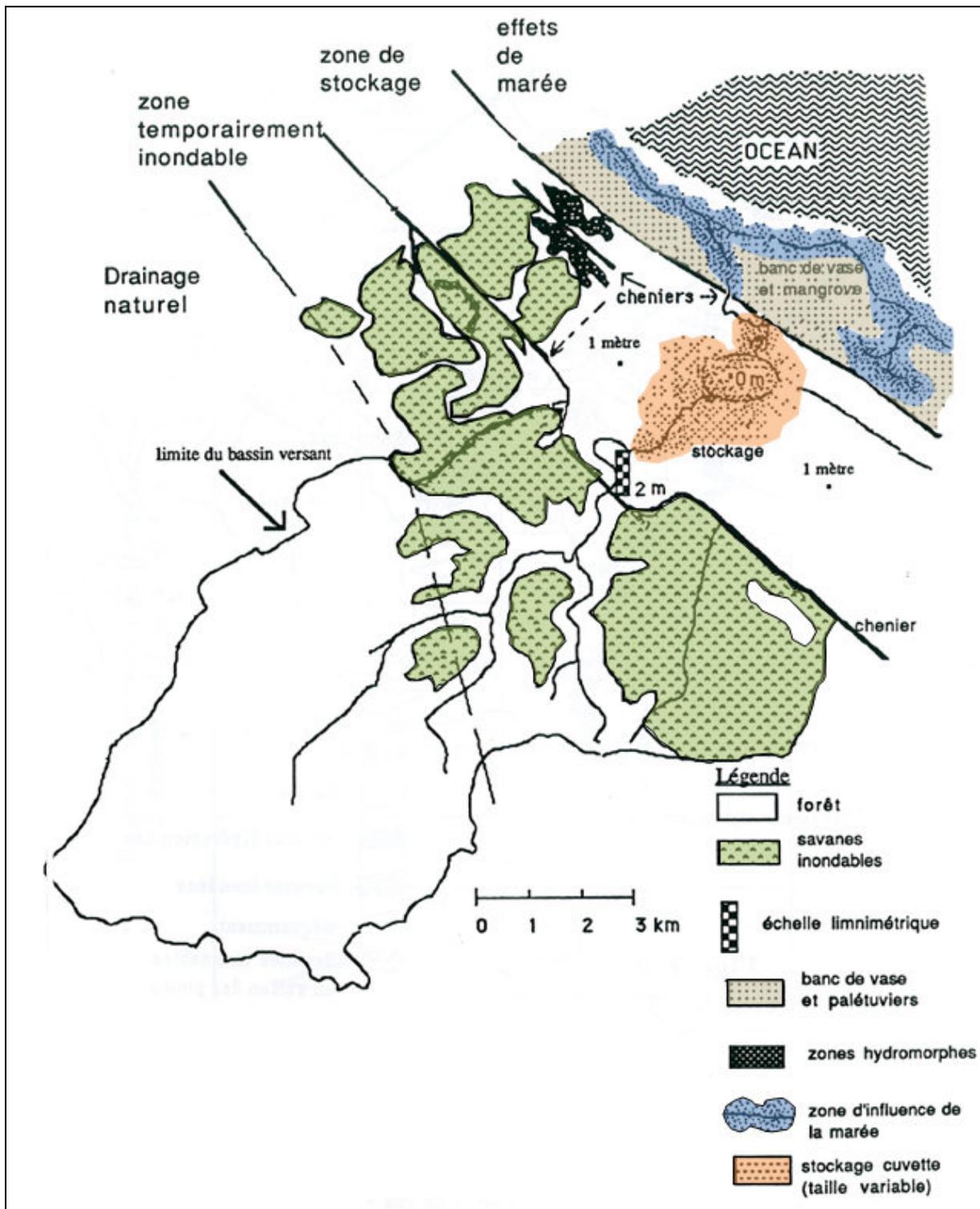
- en zone d'épandage des crues avant déversement en mer : les eaux douces s'accumulent le long des cordons sableux, privilégiant les circulations latérales, hors influence de la marée ;
- en zone de transit d'un écoulement plus ou moins canalisé et ralenti par la rugosité de la végétation et l'effet de marée : lorsque le débit est important, la communication avec l'océan a lieu par les chenaux de marées traversant le cordon littoral en un seul endroit. Ces chenaux sont de petits estuaires sous influence dynamique et mécanique de la marée, favorisant les sorties d'eau dans l'océan ;
- en zone de reprise des apports amont de l'évaporation et l'évapotranspiration des végétaux.

Au delà de la zone marécageuse, coïncident deux estuaires correspondant à des chenaux de marée (crique Vercot à l'est). L'embouchure de l'ouest est la plus évidente. Le chenal traverse la mangrove

jeune et draine un marais voisin. Il disparaît ensuite en arrière d'un cordon sableux de 2 m d'altitude (chenier), couvert par la forêt.

Le schéma fonctionnel du bassin versant, prenant en compte la morphologie de l'exutoire, est donné ci-après.

Le schéma fonctionnel du bassin versant, prenant en compte la morphologie de l'exutoire, est donné ci-après.



Source : ORSTOM – Convention n°89/CNES/2661 – M. LOINTIER – juin 1994

Figure 10 : Fonctionnement hydrologique du bassin de la crique Karouabo

Plus précisément, quatre unités peuvent être distinguées, de l'amont vers l'aval :

- Une zone à drainage naturel situé sous la forêt primaire ;
- Une zone à savanes inondables temporairement, lors des crues de la saison des pluies ;

- Un espace inter-chenier où se produit le stockage des eaux de ruissellement. Cette partie est parcourue par d'anciens cheniers intermédiaires (cordons sableux, ancienne ligne de rivage) qui, localement sont bordés de zones très hydromorphes. Au centre de cette partie, et sur le trajet de la crique, on rencontre une dépression qui pourrait être sous influence marine, surtout lors des marées et vives eaux. L'ensemble est généralement couvert de palétuviers ;
- Une zone littorale, parcourue par les chenaux de marée, couverte de palétuviers et soumise en permanence à l'action océanique, cycle des marées, progradation (dépôts du banc) et érosion du banc de vase.

Avec des arrêts d'écoulement en saison sèche et des processus de stockage des eaux dans les cuvettes marécageuses pendant la saison des pluies, le bassin de la Karouabo, bassin à petit débit, est inadapté à l'évacuation vers la mer de tout produit contenu dans ses eaux et pourrait être un lieu d'accumulation de polluants.

➤ Données quantitatives

J.M. FRITSH a noté en Février 1982, lors d'une manipulation de jaugeage au niveau du pont de l'ancienne RN1 (route de l'espace), une vitesse d'écoulement très faible, de l'ordre de 0.08 m/s.

Un suivi hydrologique pour les années 1991 à 1994 a été réalisé (LOINTIER, 1994). Le bilan hydrologique du bassin de la crique Karouabo est donné dans le tableau ci-dessous :

Bilan annuel hydrologique	1991	1992	1993	1994
Pluviométrie (mm)	2324	2040	2927	3350
Débit moyen annuel (m ³ /s)	4.38	3.22	4.96	7.54
Débit maximal instantané (m ³ /s)	48.5 (2 juin)	25.8 (9 mars)	34.2 (7 avril)	63.5 le 3 avril
Débit minimal instantané (m ³ /s)	0	0	0.42 (23 sept.)	0.329 le 02/11
Volume écoulé (millions de m ³ /s)	139.5	101.8	156.4	238.3
Débit spécifique (l/s.km ²)	53.1	38.7	59.5	90.5
Arrêt des écoulements	Du 23 nov. au 6 déc	Du 20 oct au 29 nov	Néant	-
Déficit d'écoulement (mm)	649	818	1049	498.7
Lame écoulée (mm)	1675	1222	1878	2860.3
Coefficient d'écoulement (%)	71.3	60	65	85

Source : Source : ORSTOM – Convention n°89/CNES/2661 – M. LOINTIER – juin 1994

Tableau 5 : Suivi hydrologique de la crique Karouabo de 1991 à 1994

En année moyenne, ce bassin présente un débit moyen annuel de 5.0 m³/s. Le déficit d'écoulement correspond aux pertes par évapotranspiration et infiltration.

Le bassin de la Karouabo présente des arrêts d'écoulement en saison sèche. En comparant le nombre de jours d'arrêt à la pluviométrie annuelle, on peut avancer que l'arrêt d'écoulement commencerait approximativement pour des totaux annuels inférieurs à 2 500 mm de pluie, mesurés à la station CSG.

Pendant la saison des pluies (mai-juin), quelques crues d'amplitude maximale de 1.8 m ont été observées. A partir de juillet, le niveau moyen s'abaisse lentement de 0.5 m jusqu'en novembre. De décembre à avril, les hauteurs croissent lentement à la faveur de quelques crues d'amplitude faible (0.8 m), pour atteindre le niveau observé en mai autour de la côte 5 mètres.

Une simulation sur les variations du volume d'eau et la profondeur d'un marais côtier à drain unique appliquée à la Karouabo (évaluation des débits caractéristiques sur les bassins versants non jaugés en Guyane, DIREN, 2008), avait pour objectif de développer un modèle simple de fonctionnement d'un marais élémentaire (de surface comprise entre 1 et 15 km²), à drain unique, appartenant au système de la basse plaine côtière pour quantifier les variations de hauteur du plan d'eau et de volume dans différentes configurations d'alimentations.

Les résultats de l'étude sont les suivants. La période d'enregistrement à couvert 13 années : de 1990 à 2003.

Module

Karouabo	Q ₁₀₀	Q ₅₀	Q ₂₀	Q ₁₀	Q ₅	Q _{moyen}	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
IC inférieur (10%) (m ³ /s)	0,00	0,00	0,89	1,89	3,07	5,12	6,82	7,61	8,22	8,89	9,33
Modules (m³/s)	0,99	1,60	2,51	3,32	4,30	6,18	8,05	9,04	9,85	10,76	11,36
IC supérieur (10%) (m ³ /s)	3,03	3,47	4,14	4,75	5,53	7,24	9,29	10,46	11,47	12,62	13,40

Le débit moyen spécifique est de 80.7 l/s/km²

Débits de crues

La courbe de tarage en haute eaux n'est pas suffisamment bien connue pour valider correctement les débits de crue. L'étude fréquentielle n'a donc pas été effectuée. Le débit maximum observé est donc donné à titre indicatif et doit être manipulé avec prudence.

Débit maximum observé le 01/03/99 : 71.6 m³/s.

Fréquence d'apparition : janvier (9 %), février (22 %), mars (4 %), avril (22 %) , mai (30 %), juin (9 %), juillet (4 %).

Le temps de monté des crues est estimé entre 1 et 5 jours, les crues rapides se produisant pendant la saison des pluies tandis que les crues lentes sont observées, après l'étiage à la petite saison des pluies. En moyenne, le temps de monté est de 1.8 j.

Débits d'étiages

Karouabo	Q ₁₀₀	Q ₅₀	Q ₂₀	Q ₁₀	Q ₅	Q _{moyen}
IC inférieur (10%) (m ³ /s)	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
Etiages (m³/s)	-	0,000	0,002	0,006	0,018	0,110
IC supérieur (10%) (m ³ /s)	-	0,001	0,006	0,015	0,043	0,202

Débit minimum observé le 26/11/97 : 0.002 m³/s

Fréquence d'apparition : septembre (8 %), octobre (15 %), novembre (62 %), décembre (15 %).

Les débits d'étiages se situent dans la période allant de septembre à début novembre. Ils sont interrompus par une reprise d'activité moyenne de la ZIC, lorsqu'elle redescend du nord vers le sud, provoquant une petite saison des pluies de décembre à février.

Débits moyens mensuels pour la période d'observations (m³/s)

Jv	Fv	Ms	Av	M	Jn	Jt	At	Se	Oc	Nv	De
8,03	6,86	6,81	8,99	13,41	13,13	6,90	3,60	1,53	0,63	0,90	3,17

A noter que ce modèle n'a pu être validé faute de mesures hydrologiques dans les zones humides aval, qui sont inaccessibles

5.1.4.2.2 Qualité des eaux

En saisons sèche comme en saison des pluies (GRIMALDI et SARRAZIN, 1993), les eaux de la Karouabo sont peu concentrées en éléments chimiques. Les paramètres physico-chimiques ne subissent pas l'influence des marées. Les pH les plus faibles sont enregistrés au cours des crues (minimum 4.85) alors qu'ils sont un peu plus élevés en décrue ou en saison sèche (jusqu'à 5.6).

Lorsque le débit de la rivière est faible, les paramètres chimiques étudiés varient en fonction de rythme nyctéméraux (alternance jour et nuit), liés sans doute en partie à une eutrophisation du milieu.

Une série de 2 à 3 prélèvements mensuels ont été réalisés d'octobre 1990 à novembre 1991 au pont de la Karouabo:

	pH	Cond	Cl	Na	SiO ₂	NO ₃
Unités		μS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Moyenne	-	32.5	7.26	4.09	3.99	0.312
Max	6.9	93.0	24.00	13.30	6.80	0.680
Min	5.3	20.0	3.61	2.34	0.00	0.040

Source Rapport ORSTOM – Convention n°94/CNES/2647 – lot 3

Tableau 6 : Analyse de qualité des eaux de la crique Karouabo – Octobre 1990 à novembre 1991

En saison sèche (octobre 91) :

- La conductivité est faible et constante, elle oscille entre 33 et 35 μS/cm.
- Le pH est en moyenne de 5.5 (l'amplitude de ses variations n'excède pas 0.1 à 0.2 unité pH) ;
- La température oscille entre 30 °C en fin d'après midi et 27 °C,
- La teneur en oxygène dissous varie de 1 à 5 mg/l au cours de la journée.

Cette variation journalière peut être due au faible débit de la crique d'une part, et au fort ensoleillement d'autre part. En effet, ces deux phénomènes conjugués peuvent entraîner dans un premier temps l'eutrophisation des eaux (développement massif et rapide de ces végétaux dont la décomposition par des bactéries aérobies engendre une consommation accrue d'oxygène dissout.

Les valeurs basses de pH peuvent s'expliquer par la remobilisation des acides générés par l'écosystème forestier par les eaux de ruissellement.

La faible conductivité traduit également dans le cas de la crique Karouabo, l'absence d'influence marine.

En saison des pluies (avril 91),

- Le pH est un peu plus faible et oscille entre 4.8 et 5.2 : cette baisse de pH est due au lessivage des sols dont l'humus et la latérite sont acides ;
- La température est plus basse et stagne à 25-27 °C,
- La conductivité est plus faible.

Ces derniers phénomènes sont dus à l'effet de dilution des eaux de la crique par la pluie.

A la fin de la saison sèche, nous assistons à une diminution de la concentration en silice. Ceci s'explique plutôt par une activité biologique (organisme qui fixerait la silice) de la crique Karouabo en saison sèche que par des précipitations minérales.

La crique Karouabo a également fait l'objet de suivi qualité lors de lancement. Un préleveur automatique a été placé sur le pont la veille des lancements V 195 le 25 juin 2010 (saison des pluies) et V 198 le 25 novembre 2010 (saison sèche). Pour les deux prélèvements, l'échantillonnage a débuté quelques heures avant le lancement sur un programme de prélèvement toute les 6 heures pendant 6 jours.

Les résultats de ces campagnes sont présentés ci-dessous :

	pH en unité pH	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	Chlorures en mg/l	Sodium en mg/l	Aluminium en mg/l
Moyenne	5.80	19.83	4.00	2.07	0.41
Ecart type	0.17	2.97	0.84	0.34	0.148
Nombre de mesures	24	24	24	24	24

Source : Bilan des résultats des plans de mesures environnement – Centre Spatial Guyanais 2010 – CSG-R-S3X-13648-CNES

Tableau 7 : Analyse de la qualité des eaux de la crique Karouabo pour le lancement V 195 (juin)

	pH en unité pH	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	Chlorures en mg/l	Sodium en mg/l	Aluminium en mg/l
Moyenne	5.83	37.74	7.57	3.92	0.09
Ecart type	0.19	2.56	0.70	0.05	0.037
Nombre de mesures	23	23	23	23	23

Source : Bilan des résultats des plans de mesures environnement – Centre Spatial Guyanais 2010 – CSG-R-S3X-13648-CNES

Tableau 8 : Analyse de la qualité des eaux de la crique Karouabo pour le lancement V 198 (novembre)

Les analyses réalisées montrent que les variations observées ne sont pas attribuées au lancement mais aux saisons. Ainsi, pour les prélèvements de chacune des campagnes le pH et la conductivité restent constants au cours du temps. Les concentrations en ions chlorures, en ion aluminium et en ion sodium sont faibles et également constantes au cours du temps.

On observe pour autant, lors de la comparaison des deux campagnes, une augmentation de la concentration en aluminium due à l'apport d'eau de ruissellement se rejetant dans la Karouabo lors de la saison des pluies (juin), une augmentation de la teneur en chlorures et en sodium mais aussi de la conductivité qui laissent supposer un apport de sel marin lors de la saison sèche et une très légère diminution du pH due à l'apport d'eaux de pluie, acides en Guyane.

Les eaux de la crique Karouabo sont jugées de bonne qualité.

Dans le cadre de l'arrêté d'exploitation de l'ELA 3, le laboratoire HYDRECO réalise annuellement un suivi de la qualité des eaux de la crique Karouabo. Les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux montrent une constance au cours du temps. Les derniers résultats sont les suivants :

Paramètres	Saison des pluies		Saison sèche		unités	
	Date	13/05/13	14/05/13	23/09/13		24/09/13
pH		4,94	4,86	6,27	5,88	u.pH
Température		25,9	26,1	28,3	29,6	°C
Conductivité		21	21	25	26	μS/cm
Turbidité		2,6	1,9	2,65	3,05	NTU
Oxygène dissous		44	41	40	45	%
Oxygène dissous		3,6	3,4	3,1	3,2	mg/l

Source : Rapport HYDRECO

Tableau 9 : Mesures des paramètres physico-chimique des eaux de la crique Karouabo

5.1.4.3 Crique Passoura

5.1.4.3.1 Description

La crique Passoura se jette dans le fleuve de Kourou, non loin du pont franchissant ce dernier, à 7 km du rivage océanique.

Ce bassin a une superficie de 109 km². Il est recouvert par 4.54 km² de savanes centrales, 17 km² de savanes forestières soit 19.8 % de la superficie totale. La couverture végétale arbustive ou forestière représente donc 80.2 % de la superficie totale.

➤ Fonctionnement hydrodynamique

D'un point de vue morphologique, la crique Passoura est plus large que la crique Karouabo et beaucoup moins encombrée par la végétation. Les fonds sont relativement importants et estimés à 4.5 m en moyenne.

Les marais, situés à l'extérieur des grands méandres, sont plus nombreux et de nature plus variée que sur la Karouabo. Certains se couvrent de plus d'un mètre d'eau en saison des pluies.

Le bassin de la crique Passoura présente aussi des phénomènes de stockage des eaux dans de multiples marais, mais de façon temporaire et servant d'alimentation à l'aval de la crique en saison sèche, vers le Kourou. A cette période, les eaux marines pénètrent et remontent aux marées hautes dans la Passoura. Ce bassin serait moins sensible que celui de la Karouabo aux effets de dispersion de produits. L'eau de mer possédant un pouvoir tampon important est susceptible d'amortir d'éventuelles variations de pH et des teneurs en aluminium qui en dépendent.

Les savanes inondables situées en zone centrale du bassin, ont la possibilité de stocker à peu près 4.5 millions de m³ d'eau (4.54 km² sous une hypothèse d'un mètre d'eau), soit un volume comparable à celui de la première crue enregistrée le 21 février 1991 à la station du pont de la RN1.

Ainsi, avec des écoulements continus et un volume déstocké en permanence, ce bassin serait moins sensible que celui de la Karouabo, aux effets d'une dispersion de produits, d'autant qu'il se jette dans l'estuaire de Kourou, non loin de l'embouchure.

Le fonctionnement hydrologique de la crique est donné sur la figure ci-après.

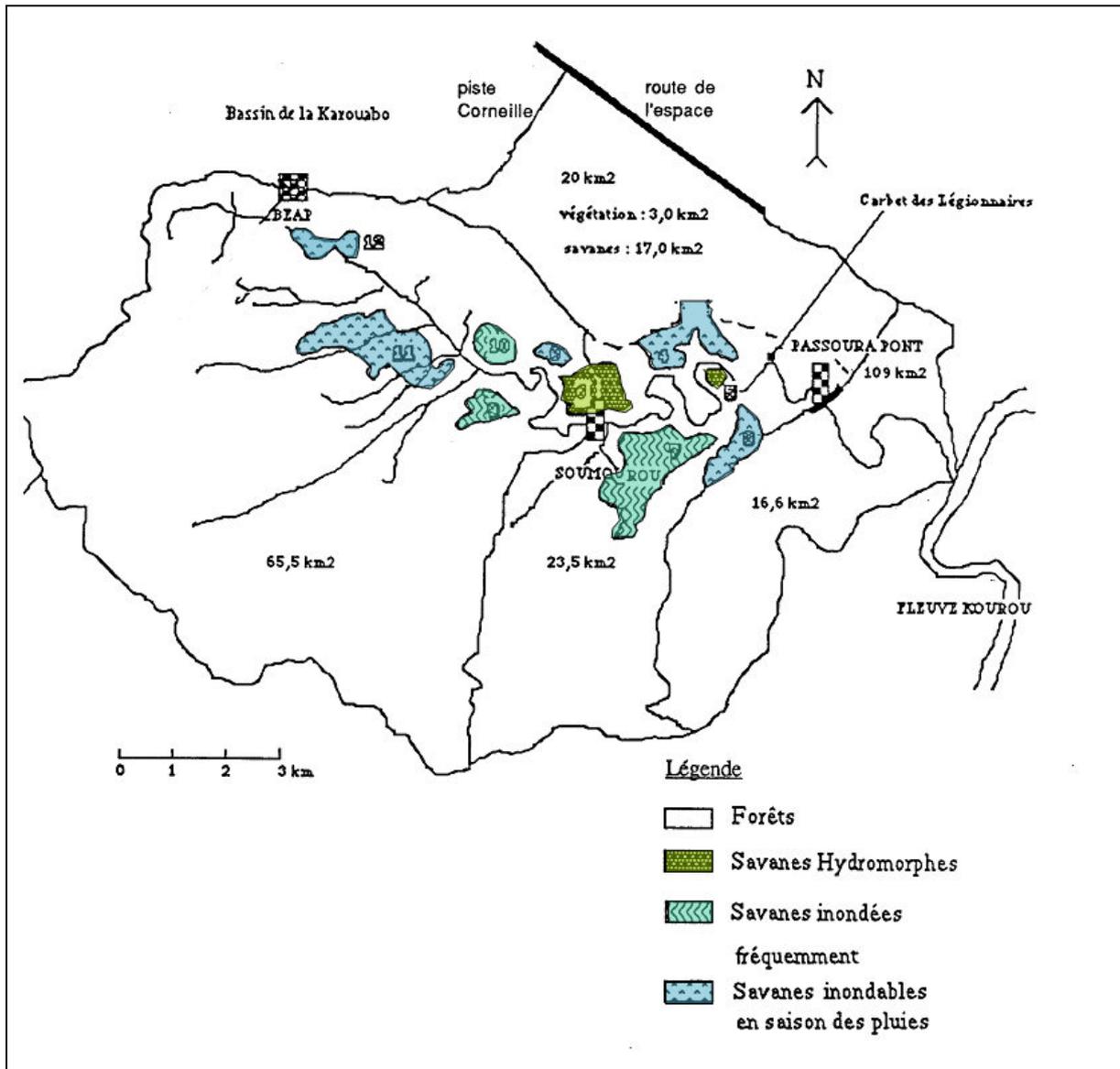


Figure 11 : Fonctionnement du bassin versant de la Passoura

➤ Données quantitatives :

Le débit moyen de la Passoura est comparable à celui de la Karouabo : 13.8 m³/s en saison des pluies et 3.9 m³/s en saison sèche.

Le bilan hydrologique du bassin de la crique Passoura est donné dans le tableau ci-après.

Bilan annuel hydrologique	1991	1992	1993
Débit moyen annuel (m ³ /s)	5.56	3.74	6.94
Débit maximal instantané (m ³ /s)	42.1 (3 juin)	18.5 (21 fév)	27.8 (24 mai)
Débit minimal instantané (m ³ /s)	0.4 (16 déc)	0.4 (20 déc)	0.4 (8 oct.)
Volume écoulé (millions de m ³ /s)	175.3	118.3	218.9
Débit spécifique (l/s.km ²)	51	34.3	63.7
Déficit d'écoulement (mm)	716	955	919
Lame écoulée (mm)	1 608	1 085	2 008

Source : Source : ORSTOM – Convention n°89/CNES/2661 – M. LOINTIER – juin 1994

Tableau 10 : Suivi hydrologique de la crique Karouabo de 1991 à 1993

On remarque que le débit moyen 1993 est quasiment le double de celui de 1992, année à faible pluviosité. Par contre, le débit minimum est le même pour les trois années. Ceci confirme qu'en étiage (baisse périodique des eaux), le débit est soutenu par la vidange des marais amont d'une façon régulière, puisque la même côte a été observée ces trois années.

Les côtes enregistrées sont fortement influencées par la marée. On retrouve l'oscillation quotidienne, modulée par le cycle de 14 jours de syzygie (de la nouvelle lune à la pleine lune). Les effets de la marée se font sentir de la côte 5.6 m jusqu'à la côte 7.2 m.

Notons que l'influence de la marée est importante dans le tronçon allant du pont de la RN1 jusqu'au carbet des Légionnaires. Cette partie est en écoulement permanent, même pendant la saison sèche. On peut penser que durant la saison sèche, il y a vidange des savanes centrales. Un débit moyen de 0.6 m³/s durant les deux mois d'octobre et de novembre correspond à un volume écoulé de 3 millions de m³, soit encore un même ordre de grandeur que les possibilités de stockage des savanes centrales.

5.1.4.3.2 Qualité des eaux

Les paramètres physico-chimiques (conductivité, pH, oxygène dissous) de la crique Passoura varient selon la saison. Ils sont également influencés par la rentrée des eaux marines dans l'estuaire de Kourou lors des phénomènes de marées.

C'est durant les saisons sèches que l'influence des marées apparait le plus clairement. En effet, lors des la saison des pluies les arrivées massives d'eau douce ont un effet de dilution des eaux de marées. Ainsi, suivant le cycle des marées (2 fois par jour), on note une augmentation simultanée de la conductivité du pH et de l'oxygène dissous. Cette augmentation liée à l'arrivée des eaux salines sera plus ou moins franche en fonction de l'amplitude de la marée. En période pluvieuse, ce sont les caractères des eaux douces qui dominent.

Une série de prélèvements mensuels ont été réalisés d'octobre 1990 à novembre 1991 par l'ORSTOM niveau du pont de la route de Dégrad Saramaca. Les observations sont les suivantes :

En saison sèche (octobre 91) :

- Les enregistrements relèvent nettement l'existence de remontées salines lors des marées hautes ;
- Au rythme des marées et en fonction de leurs amplitudes, la conductivité de l'eau augmente, dépassant 2 000 µS/cm, pour les plus fortes marées hautes. Il existe d'ailleurs toujours une faible salinité résiduelle entre les remontées salines : la conductivité minimale est égale à

100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en période de marées de forte amplitudes et 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en période de marées de faible amplitude.

- Les variations de pH sont synchrones de celles de la conductivité : les valeurs minimales mesurées à marée basse sont entre 5.5 et 5.8, la valeur maximale au cours d'une marée haute de forte amplitude est de 6.3.
- La température est assez stable, autour de 28 °C,
- La teneur en oxygène dissous varie entre 2.7 et 5 mg/l, en relation, également avec le rythme des marées mais pas strictement.

En saison des pluies, (avril 92) :

- La conductivité varie entre 40 et 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui exclut l'hypothèse d'éventuelles remontées salines.
- Le pH varie entre 5.1 et 5.4,
- La teneur en oxygène dissous varie entre 0.5 et 2 mg/l,
- La température varie entre 26 et 27 °C.

L'analyse chimique des eaux prélevées au pont de la route du Dégrad Saramaca confirme l'existence de remontées salines en saison sèche, que l'on n'observe pas en saison des pluies.

Les variations des la conductivité du pH, des teneurs en sodium, chlorure, silice sont liées aux phases de crue et de décrue de la rivière.

Quelques analyses d'aluminium ont également été réalisées : les teneurs obtenues sont inférieure à 10 $\mu\text{moles}/\text{l}$.

5.2 Pédologie, Géologie, Hydrogéologie

5.2.1 Bibliographie

La bibliographie approchée pour réaliser la synthèse hydrogéologique est constituée de données plus récentes que celles consultées pour réaliser la synthèse des données hydrologiques. En effet, les études sont bien souvent liées à l'implantation de réseaux de piézomètres utilisés dans le cadre de la surveillance des nappes phréatiques au droit des installations.

Les études consultées sont les suivantes :

- B. CHOUBERT – 1956 – « Carte géologique au 1/100 000 – Feuille de Kourou »
- BRGM – Septembre 1963 - M. Barraol – « Enquête hydrogéologiques Mana, Trou Poisson, Corosony, Malmanoury, Les roches de Kourou » ;
- ORSTOM – 1963-1965 – M. SOURDAT – « Notice de la carte provisoire au 1/50 000 des sols du littoral Guyanais entre Kourou et Sinnamary » ;
- BRGM – Juin 1966 – « Etude hydrogéologique, région de Pariacabo à Karouabo, savanes au sud de la crique Passoura » ;
- BRGM – Novembre 1988 – B. HEMOU et M. ESTEBAN – « Résumés et principaux résultats des études hydrogéologiques effectuées en Guyane jusqu'en juillet 1988 » ;
- BRGM – Rapport n° R 31685 GUY 4S 90 - Octobre 1990 – N. KLEIMANN – « Synthèse hydrogéologique des terrains du CSG » ;
- APAVE – REG-SEC-008 – « Dossier de demande d'autorisation d'exploiter ; Bâtiment de coulée n°304 » ;
- APAVE – Septembre 2004 - « Dossier d'implantation d'un réseau de piézomètre site ELA 2 » ;
- Philippe WENG – Avril 2006 – « Dossier d'implantation d'un réseau de piézomètre site ELA 2 - Avis d'hydrogéologue agréé » ;
- Bertrand HEURFIN – Avril 2008 – « Dossier d'implantation d'un réseau de piézomètre site ELA 3, Vega et Soyouz - Avis d'hydrogéologue agréé » ;
- Antea Group – Rapport B 56252 – Février 2009 – « Dossier d'implantation d'un réseau de piézomètres, Ensemble de préparation des charges utiles n°3 » ;
- Antea Group – Rapport A 73122 – Novembre 2013 – « Etude hydrogéologique des secteurs du BEAP et de l'APD » ;
- GEOTECH GUYANE – 2013-2014 – « Etudes géotechniques préliminaires ».

5.2.2 Sols et sous-sol de la zone d'étude

5.2.2.1 Géologie régionale

La Guyane fait partie d'un vaste domaine géologique constitué de roches magmatiques (granitoïdes, granites, gabbros, diorites), volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires (schistes, grès, siltites, conglomérats, quartzites) vieilles de 2 à 2.2 milliards d'années dit le "craton guyanais". Ces roches ont subi une altération importante sous climat tropical et équatorial humide et sont localement métamorphosées et transformées en gneiss, en amphibolites ou en micaschistes. Ils sont presque partout recouverts par une formation latéritique épaisse de quelques mètres à plus de cinquante mètres.

La géochronologie peut être résumée de la façon suivante :

- Mise en place de la série de l'île de Cayenne: regroupe un ensemble de roches métamorphiques (gneiss et amphibolites) parfois magmatiques et parcourues de plutons (granites) de composition gabbro-dioritique. Cette formation est visible la montagne des Pères, ainsi qu'aux montagnes Carapa et Pariacabo.
- Les formations Paramaca comprenant des roches volcano-sédimentaires dont l'âge est estimé à 250 millions d'années +/- 10 millions d'années. Elles présentent aussi une série de dépôts fluviatiles anciens dans le Nord de la Guyane. La succession lithostratigraphique de cette série reste imprécise. Ce dépôt se fait en continuité de 2,13 jusqu'à 2,11 Giga années (GA). A noter que ces terrains ne sont pas présents sur le domaine du CNES/CSG.
- La série flyschöide Armina affleure largement dans le Nord de la Guyane. Elle est constituée d'alternances de grès fins, grauwares, pélites localement riches en pyrite. Les schistes et quartzites de la série de "Bonidoro" et les sérischistes "Orapu" de B. Choubert sont également associés à cette formation.
- Les intrusions granitiques comprennent des complexes gabbro-dioritiques et des granitoïdes subdivisés en granitoïdes "guyanais" et "caraïbes". Leurs caractéristiques géochimiques sont comparables à celles de granitoïdes récents mis en place en contexte de convergence de plaques.
- Le "sillon Nord-guyanais". Ce sillon se manifeste essentiellement par la formation de bassins type "pull-apart" dans lesquels se dépose, en discordance angulaire, l'ensemble détritique supérieur. Les formations détritiques, conglomératiques de "Bonidoro" et d'"Orapu" définies par B. Choubert sont à rapporter à cette formation.

Les formations précédemment citées sont orientées approximativement Est-Ouest. L'ensemble se structure en un massif granitique central bordé par deux entités volcano-sédimentaires.

5.2.2.2 Géologie du secteur d'étude

Les installations du CSG se situent sur la bande côtière qui s'étend de la Montagne des Pères jusqu'au lieu-dit « Bois Changement ». Cette zone de quelques kilomètres de large est prise en étau entre la mangrove du bord de mer et la forêt sur terre ferme.

Elle est constituée par des formations sédimentaires sableuses et argileuses du quaternaire peu épaisses, d'où émergent localement quelques pointements de roches anciennes, correspondant au socle affleurant (massif cristallin et métamorphique), alors désigné « Savane-roche » (visible au BEAP).

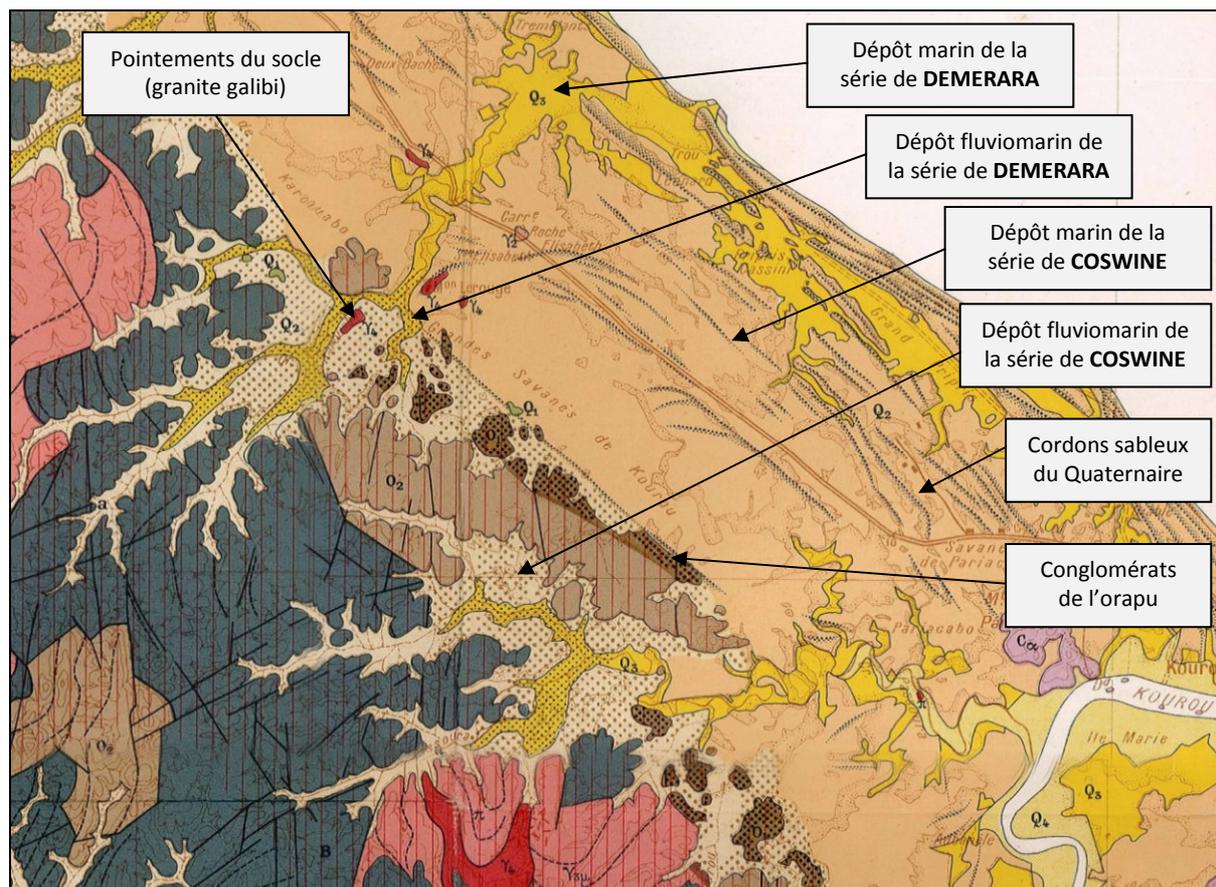
Les formations sédimentaires peuvent se subdiviser en deux grandes unités principales résultant, à la fois, de l'altération et du remaniement du substratum, et d'une sédimentation marine avec apport extérieur de matériaux :

- La série de Coswine (alternance d'argiles et de sables) ;
- La série de Démérara (argiles dominantes).

Ces sédiments sont d'origine marine et fluviomarine et les formations sont argilo-sableuses, peu consolidées et ont une faible épaisseur (2 à 30 m).

L'élévation du sol est lente (altitude variant entre 0 et 10 m). Parallèlement, on assiste à un relèvement du socle rocheux vers l'intérieur du pays (au BEAP, la formation cristalline est à 25 m d'altitude).

La figure ci-après est extraite de la carte géologique de Kourou.



Source : BRGM

Figure 12 : Extrait de la carte géologique de Kourou

La répartition spatiale des formations se fait selon deux grands ensembles :

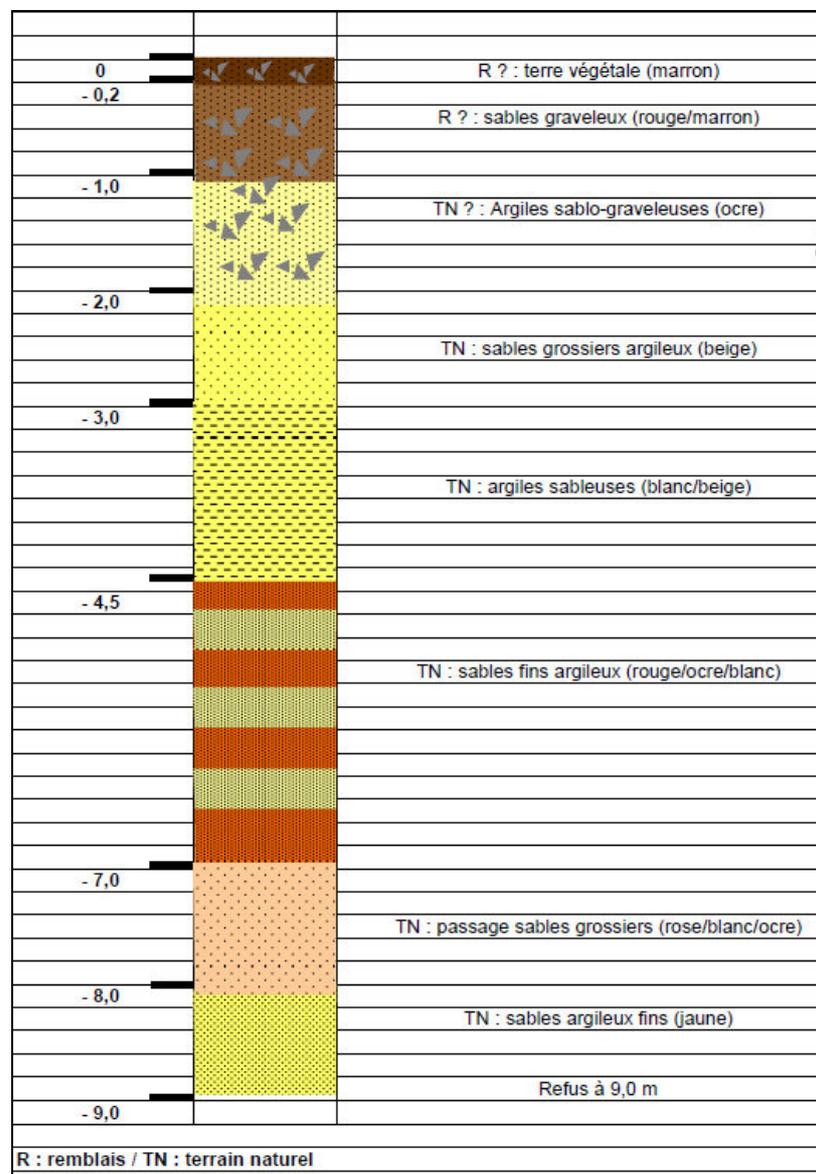
➤ **La basse plaine côtière**, domaine des argiles marines et de cordons sableux, à mangroves et marécages côtiers développés sur des sédiments fins, intercalés par des cordons sableux relativement étroits, qui sont d'anciennes plages.

Les sédiments qui la recouvrent sont d'âge holocène et appartiennent à la série DEMERARA. Cette disposition est celle d'une « plaine à cheniers », caractéristiques des côtes des Guyanes. Morphologiquement, cette formation ne se trouve pas au-dessus de 5 mètres d'altitude NGG (zone des pripris).

La série débute par un horizon de tourbe subactuelle dont la puissance peut atteindre plusieurs mètres. Elle se caractérise ensuite par un horizon repère : des vases bleues devenant brunes à l'oxydation. On note, localement à la base de cette formation, la présence d'un litage sableux, témoin de l'épisode transgressif marin du début de la série.

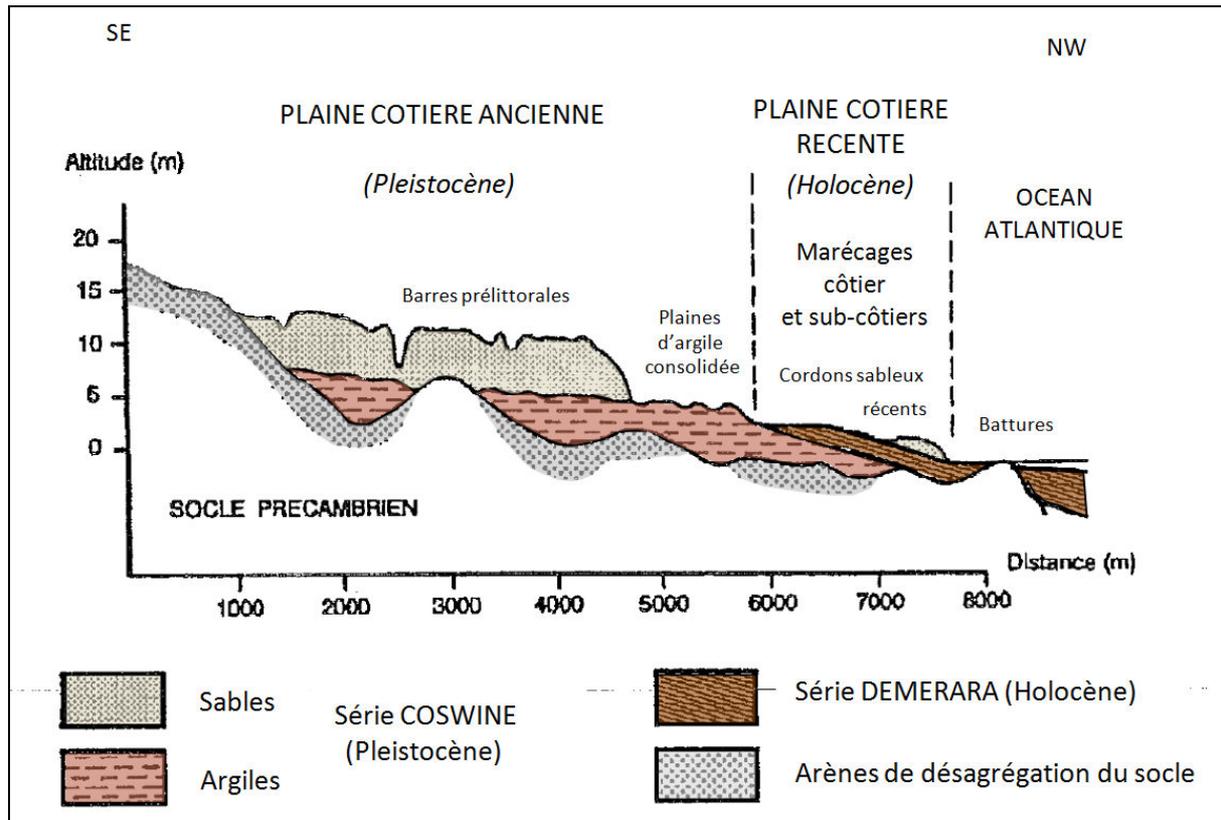
- **La haute plaine côtière** qui forme les terrasses de 5 à 20 mètres, domaine des savanes et marécages, formés par des cordons sableux reposant sur un substratum d'argiles marines anciennes. Les sédiments sont ceux de la série de COSWINE d'âge pléistocène, on y retrouve également des accumulations argileuses ; Les cordons sableux, plus large que ceux de la basse plaine sont des vieilles barres littorales le plus souvent parallèle à la côte qui ont évoluées par pédogenèse. La série se caractérise par l'intermédiaire d'un horizon repère : des argiles blanches et rouges qui soulignent le remaniement sur place d'un substratum essentiellement granitique. Sur cet horizon, se présentent localement des sables jaunes, légèrement consolidés, formés par les cordons littoraux anciens et structurés, approximativement, parallèlement à la côte actuelle.

La carte ci-dessous montre la coupe type de la succession des terrains du CSG.



Source : APAVE – Implantation d'un réseau de piézomètres – PZ1 – Usine LH2

Figure 13 : Coupe type de la série de Coswine et de l'alternance des sables et argiles d'origine fluviale



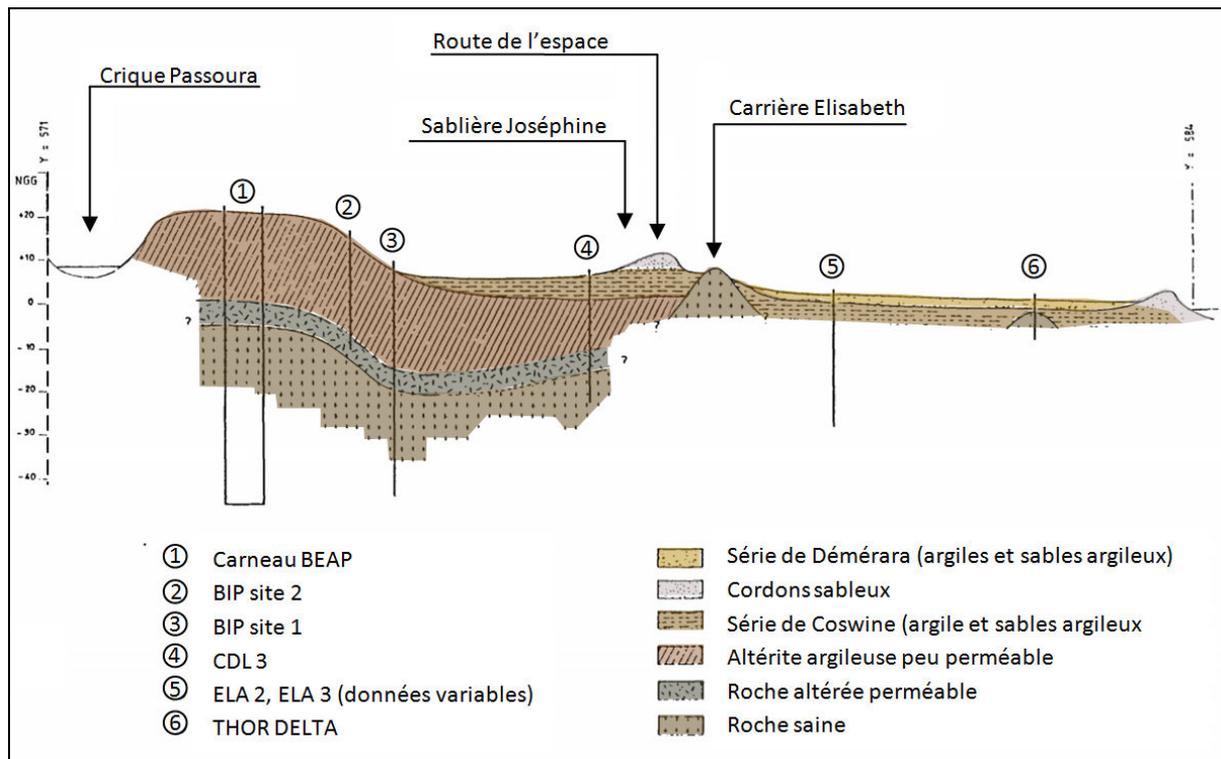
Source : Fonctionnement hydrologique d'un interfluve sédimentaire de la plaine côtière ancienne de Guyane Française, P.Andrieux - 1996

Figure 14 : Coupe schématique de la plaine côtière entre Kourou et Sinnamary

Un système de cheniers séparant les plaines anciennes et récentes a été identifié par les photographies spatiales. On trouve des cordons sableux littoraux subcôtier post-Coswine qui ont subi un phénomène de podsolisation (lessivage des argiles). Ainsi, le niveau n'est plus composé que de sables grossiers à forte perméabilité.

Dans les zones de transition plaine côtière – zone de collines, le sous-sol est composé par des séries d'altérites (latérites et lentilles sablo-argileuses) issues de l'érosion des formations du Paramaca supérieur (sédimentaire par la suite métamorphisé) et granitoïde sous-jacent. Ces derniers ont été identifiés notamment au BEAP et sur les savanes roches littorales.

La coupe schématique Sud-Nord (du BEAP en passant par les ELA jusqu'à la côte) ci-après, rend compte de l'agencement des terrains de la plaine et de la zone de transition. Certains éléments (sablrière, carrière Elisabeth) ont été projetés sur l'axe de coupe afin d'intégrer un maximum de données et d'obtenir un schéma synthétique de l'organisation du sous-sol dans la plaine littorale.



Source : Rapport n° R 31685 GUY 4S 90 – BRGM

Figure 15 : Coupe schématique Sud/Nord des terrains du Centre Spatial Guyanais

On retrouve la succession de formations suivantes :

- La roche saine de nature granitique (aprites, pegmatites et lamprophyres parcourus de filons de quartz) ;
- Le rocher altéré ;
- Les formations sédimentaires récentes.

5.2.2.3 Pédologie

Les installations du CNES/CSG sont installées sur des sols ayant des propriétés pédologiques et hydrodynamiques diverses.

On trouve au droit des installations, les types de sols suivants :

- ❖ Les **sols des mangroves** sont peu évolués, d'apport argileux marin homogène. Ils présentent une saturation permanente salée, c'est-à-dire qu'ils sont inondés à chaque marée. On distingue :
 - les sols très peu consolidés présentant un fort taux de sel dès la surface, leur extension est menacée par les cycles de dévasement et d'envasement ;
 - les sols légèrement consolidés (lorsque la submersion par la marée est temporaire) présentant un taux de sel moyen en surface. Ces derniers sont composés essentiellement d'argile de Demerara, actuelle et subactuelle. Ils sont soumis à l'influence des marées.
- ❖ Les **sols des marais subcôtiers**, peu évolués et d'apport complexe hétérogène, au niveau desquels la nappe est salée et à submersion temporaire douce. Ces sols ne subissent pas d'inondation d'origine marine.

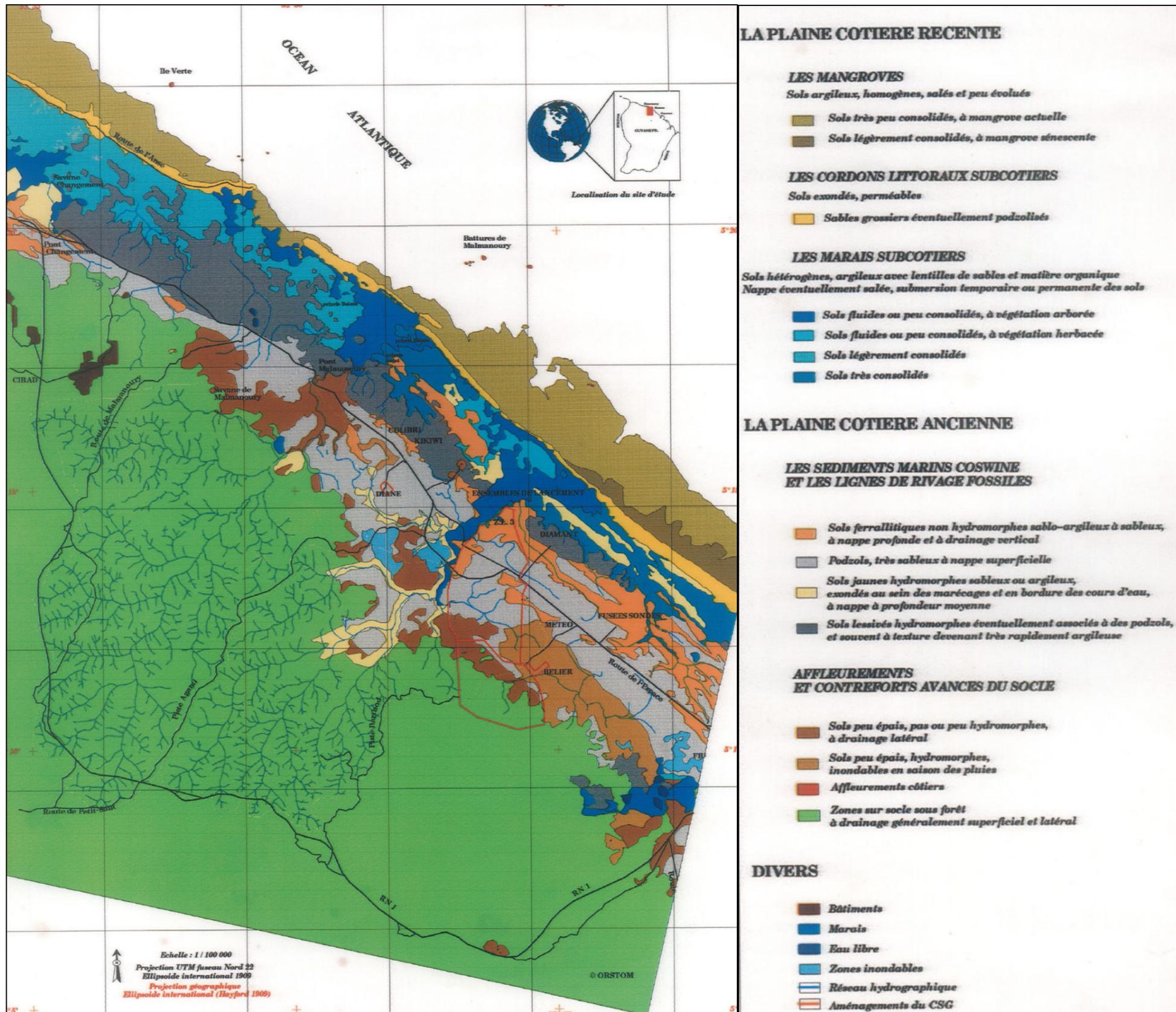
On distingue :

- les sols fluides ou peu consolidés, composés d'argile du Démérara reposant sur fond de sable et des argiles compact de Coswine, ils sont inondables en saison des pluies (nappe d'eau douce d'origine continentale).
 - Les sols sous marais à Cypéracées occupant les lits majeurs des criques, principalement constitués d'argile d'origine marine. Au droit de ces sols, la nappe est saturante, le courant est imperceptible et une submersion douce est observable en saison des pluies.
 - Les sols légèrement consolidés formant la plus grande surface du marais subcotier. L'argile marine y est mélangée avec des déchets végétaux autochtones ou continentaux. En surface, les sols sont recouverts par de l'eau douce une grande partie de l'année, puis la nappe descend en saison exceptionnellement sèche (ex 1964).
 - Les sols très consolidés, fermes sous le pied, plus facilement sec en surface. Ces sols sont accolés à la terrasse supérieure et en reçoivent donc le ruissellement.
- ❖ Les **sols des cordons littoraux subcôtiers** sont des sols peu évolués d'apport marins. Composés de sables grossiers d'ensablement littoral post-Coswine. Ces sols sont légers et meubles, très drainant. La nappe est relativement proche, elle présente une stabilité relative et fournit une eau peu saumâtre. Ces sols sont perméables et exondés. Ces cordons correspondent à d'anciennes plages. Le fer s'accumule dans la zone de battement de la nappe et forme un horizon induré.
- ❖ Les **sols des contreforts et affleurement avancés du socle**. On trouve parmi ces sols :
- les sols jaunes bariolés ferralitiques à profils non cuirassés (Carrière Roche Elisabeth par exemple) composés de matériaux granitiques grossiers soit en place soit remaniés (bourelets fluviaux). Ces sols sont peu profonds, pas ou peu hydromorphes et présentent un drainage latéral.
 - Les complexes de sols hydromorphes à gley et sols jaunes squelettiques couvrant une surface importante au niveau de l'ancien village Malmanoury, en raison d'affleurements très nombreux de dalles de granites à une côte régulière et faible. Il en résulte une érosion en nappe ravinantes qui donne à ces sols leur microrelief particulier (exemple Savane Renner). Ces sols sont engorgés au printemps et très secs en été.
 - Les complexes d'affleurement rocheux et de régosols sur cuirasse érodée, de sols jaunes, souvent squelettique et à faible extension et de sols hydromorphes, composés de quartzites, conglomérats et schistes du socle.
 - Les sols hydromorphes sur bas-fonds colmatés. Il s'agit d'ancien cours d'eau dont le cours est fragmenté par le colmatage qui est très intense. L'eau est légèrement au-dessus de la surface la plus grande partie de l'année. L'écoulement est lent. Le drainage de ces sols est généralement superficiel et latéral.
- ❖ Les **sols des lignes de rivages fossiles** composés d'arènes de désagrégation du socle, remanié par transport fluvial et ensablement littoral : on distingue :
- Les sols jaunes ferralitiques lessivés, caractérisés par un taux relativement élevé d'éléments fins associés aux sables. Il en résulte une cohésion d'agrégats, une faible porosité et une induration extrême à l'état sec. Ces sols sont bien drainés et la nappe est très profonde en saison sèche.
 - Les régosols et podzols de nappe sur arène quartzreuse, dont les éléments fins leur font complètement défaut, ils n'ont ni structure, ni cohésion.

❖ **Les sols des sédiments sableux marins**, on distingue :

- Les sols jaunes ferralitiques à gley au pseudo gley profond, composés de sables marins fins de Coswine déposés en cordons sous végétation de savane ou sous couvert forestier. Ce sont des sols non hydromorphes à nappe profonde (perchée au dessus de l'horizon sablo-argileux) et à drainage vertical ;
- Les podzols de nappe composés de sables fins de Coswine, déplacés par colluvionnement au flanc des cordons voire aplanis en terrasse. Au droit de ces sols, la nappe est superficielle et atteint la surface du sol pendant toute la saison des pluies).
- Les sols à gley et pseudo-gley associés aux podzols hydromorphes, composés de sables fins étalés en terrasse avec parfois des strates argileuses, couvrant une importante surface. Ces terrasses sont engorgées jusqu'en surface pendant 8 à 9 mois de l'année.
- Les sols jaunes hydromorphes, lessivés à gley, présentant des profils hétérogènes. Ces sols couvrent de petites surfaces ramifiées le long des cours d'eau temporaire. Ils sont constitués par les apports colluviaux et alluviaux de sables fins-blancs ou jaune formant un large talweg. Le cours d'eau temporaire n'y occupe qu'une tranchée à bords francs. Ces sols ne sont pas engorgés car le cours d'eau les draine mais la nappe y est stable à moyenne profondeur.

Les sols décrits précédemment sont représentés sur la carte ci-après.



Source : Carte ORSTOM – Etude d'impact « état zero » sur l'environnement de la zone de lancement n°3 (Ariane V)

Figure 16 : Carte des unités pédologique du littoral Guyanais

Une synthèse de la classification des sols a été proposée par SOURDAT en 1965 :

Type de sols	Caractéristiques	Formations sédimentaires	Formations végétales	Généralités
Les sols des lignes de rivages fossiles (5)	Sols jaunes ferrallitiques lessivés (5.1)	Arènes de désagrégation du socle, remaniées par transport fluvial et ensablement littoral en rapport avec la Série Détritique de Base	Groupement paraforestier des sables jaunes ou forêt. Savane haute herbeuse. Savane haute arbustive ou buissonnante.	Sables assez peu usés et peu triés déposés en alignement au-dessus d'un matériau laguno-marine. Bien drainés, mais nappe très basse en saison sèche. Pénétration de M.O. sur 50 cm de profondeur.
	----- Régosols et podzols de nappe sur arènes quartzieuses (5.2)		-- Savane basse herbeuse -- Groupement paraforestier des sables blancs. Brousse xérophylle. Savane éclaircie à <i>Laguncarpus tremulus</i>	----- Parallèles aux sols jaunes ou isolés au pied des contreforts du socle en arrière des savanes. Aucun éléments fins, aucune structure, aucune cohésion. Diffusion profonde de la M.O. Humus grossier épais en surface.
Les sols des sédiments sableux marins Coswine (6)	Sols jaunes ferrallitiques à pseudo-gley et gley profonds (6.1)	Sables marins fins, triés Coswine déposés en cordons	Groupement paraforestier des sables jaunes. Futaie alternant longitudinalement avec une forêt humide de talwegs colmatés hydromorphes et caractérisée par le palmier pinot. Forêts et marécages. Savane haute herbeuse au sommet des cordons. Savane haute arbustive ou buissonnante. savane dégradée (<i>Trachypogon polymorphus</i>).	Surfaces appréciables même si étirées en longueur Savane : sols de couleurs ternes, lessivage intense, structure anguleuse et indurée. Surface exposée aux intempéries et aux feux. absence d'humus évolué. Forêts : sols de couleurs vives. Structure émousée et peu indurée. Surface relativement protégée des intempéries et des feux. Humus évolué inconstant.
	-----	-----	-- Savane basse herbeuse --	Apparition de l'horizon blanc de podzol dans le sol. Sables gris des savanes Podzol dépourvu de litière et d'humus brut.
	Podzols de nappe (6.2)	Sables fins marins triés Coswine déplacés par colluvionnement au flanc des cordons, voire aplanis en terrasses	Savane basse arbustive. Savane basse buissonnante.	Sables fins des cordons jaunes entraînés au flanc des cordons. Formation de chemins de colmatage (HOOK) occupés par le <i>Paspalum serpens</i> et <i>pulchellum</i> . Le colluvionnement conduit au colmatage des talwegs et à l'oblitération du réseau de drainage et à la remontée de la nappe.
	-----	-----	-----	-----
	Sols à gley et pseudo-gley assortis de podzols (6.3)	Sables fins marins triés Coswine étalés en terrasses avec, parfois, des strates argileuses	Savane basse buissonnante ou arbustive. Touffes de <i>Byrsonima verbasciflora</i> juchées sur de petits monticules.	Importante surface couverte, engorgée jusqu'en surface pendant 8 à 9 mois de l'année.
-----	-----	-----	-----	-----
Sols jaunes hydromorphes lessivés, à gley. Profils hétérogènes (6.4)	Sables alluviaux-colluviaux de colmatage de talwegs et bas-fonds sous forêt	Couverts par une sorte de forêt galerie.	Petites surfaces ramifiées le long des cours d'eau temporaires. Sols non engorgés car drainés par le cours d'eau. Nappe stable à moyenne profondeur.	

Type de sols	Caractéristiques	Formations sédimentaires	Formations végétales	Généralités
Les sols des mangroves (1)	<i>Sols peu évolués d'apport marin homogène. Saturation permanente salée.</i> ----- très peu consolidés (1.1) ----- légèrement consolidés (1.2)	Argile Demerara actuelle et subactuelle y comprises.	Mangrove actuelle ----- Vieille mangrove Marais à Cypéracées , chicots de palétuviers morts.	Difficile d'accès. Extension menacée par le phénomène de dévasement-envasement. -----
Les sols des marais subcôtiers (2)	<i>Sols peu évolués d'apport complexe hétérogène. Nappe salée et submersion temporaire douce.</i> ----- fluides ou peu consolidés (2.0) ----- Idem (2.1) ----- Légèrement consolidés (2.2) ----- Très consolidés (2.3)	<i>Argile Demerara actuelle et subactuelle y comprises, reposant sur un fond de sables et argile compacte Coswine.</i> ----- Argile avec grande quantité de débris végétaux grossiers ----- Idem ----- Argile avec pégasse, lentilles de sable et quantité variable de débris végétaux ----- Sable tassé et argile compacte Coswine avec débris végétaux fins - Pégasse	Sous forêt, galeric ou marais arborescent ----- Sous marais à Cypéracées, <i>Montrichardia arborescens</i> (Moucou-Moucou) ----- Cypéracées, population compacte et homogène, incendiée durant les années très sèches. ----- Rizière en période sèche, labourée - <i>Eléocharis</i> (Cyp.)	Surfaces occupées étroites et sinueuses. Lits majeurs des criques Argile sans consistance et dégageant une forte odeur de gaz sulfureux. Nappe saturante, courant imperceptible et submersion douce en saison des pluies ----- la plus grande surface du marais subcôtier. Affleurements de roches isolées fréquents. Sols hétérogène et sans structuration. Dégagement de gaz sulfureux et présence de soufre colloïdal. eau douce en surface (10 cm min) ----- pégasse périodiquement détruite par le feu. sables et argiles imprégnés par l'eau du marais, recouverts en partie d'une mince couche d'apports Demerara et contenance en soufre très forte. Disposition en strate du sable fin favorisant la circulation de l'eau et des sels dissous.

Type de sols	Caractéristiques	Formations sédimentaires	Formations végétales	Généralités
Les sols des cordons littoraux subcôtiers (3)	Sols peu évolués d'apport marin. Sols podzoliques et podzols de nappe. (3)	Sables grossiers d'ensablement littoral post-Coswine	Parfois groupe paraforestier des sables jaunes. Essences sclérophyllées et fruticuleuses (Broméliacées). Jachère forestière.	Sol léger, meuble, très drainant. Nappe +/- stable, profonde. Eau un peu saumâtre. Absence d'altos et de gley.
Les sols des contreforts et affleurements avancés du socle (4)	Sols jaunes ferrallitiques à profils non cuirassés (4.1)	Matériau granitique, soit en place soit remanié (bourrelets fluviaux)	Savane anthropique à <i>Axonopus</i> sp. et quelques Rudérales. Savanes arbustive dégradée à touffes rehaussées	Régime déficient de l'eau
	Sols hydromorphes à gley. Sols jaunes squelettiques. (4.2)	Sédiment Coswine diversement répartis à l'entour et au contact direct du socle	Savane dégradée arbustive. Espèces de savane basse dans les rigoles	Surface importante à Malmanoury. Affleurements fréquents de dalles de granite à une cote régulière et faible. Erosion en nappes ravinantes. Si sol à gley sur sédiment marin surmontant un matériau granitique très altéré, régime très déficient de l'eau.
	Affleurements rocheux Régosols sur cuirasse érodée. Sols jaunes, souvent squelettiques. Faible extension des sols hydromorphes. (4.3)	Quartzites, conglomérats et schistes du socle. Placages sédimentaires résiduels. Sables fins colluviaux des talwegs colmatés et des bas-fonds.	Savane basse marécageuse	
	Idem précédemment avec plus forte extension des sols hydromorphes des zones colmatées (4.4)			Anciens cours d'eau dont le cours est fragmenté par un colmatage intense. L'eau est légèrement au-dessus de la surface du sol la plus grande partie de l'année. Ecoulement lent.
Généralisation des sols hydromorphes sur bas-fonds colmatés (4.5)			Fourré marécageux à Cypéracées dominantes avec cordon de <i>Mauritia Flexuosa</i> (Ara.).	

Source : ORSTOM – Convention n°94/CNES/2647-lot 3 juin 95

Tableau 11 : Récapitulatif de la classification des sols selon SOURDAT (1964) et végétation associée.

5.2.3 Propriété hydrogéologiques du sous-sol et comportement des aquifères

5.2.3.1 Présentation du secteur

Les installations du CNES/ CSG sont implantées sur des terrains à dominante argilo-sableuse, présentant une faible perméabilité, excepté au niveau des cordons sableux et en profondeur aux limites socles altérés / socles sains. L'infiltration des eaux météoriques ou de ruissellement dans les sols sera contrôlée par la présence de ces lentilles à dominante sableuse et du contact roche altérée - roche saine, zone de perméabilité élevée (10^{-3} m/s).

Les sols de la plaine littorale, relativement argileux, ont une perméabilité de l'ordre de 10^{-6} m/s. Cependant, les horizons superficiels de la formation de Coswine peuvent atteindre des valeurs de

perméabilité estimées entre 10^{-4} et 10^{-5} m/s sur une profondeur de 1 mètre en raison du phénomène de podzolisation qui peut s'y développer (apparition d'un niveau de sable fin aquifère développé à partir du lessivage et de l'altération chimiques des argiles situées en position topographique basse).

Dans le cas d'une sédimentation fluviomarine (littorale), qui présente une grande variabilité dans l'espace du à la présence de chenaux, d'estuaires et de lagunes, entre autre et dans le temps causé par l'évolution des côtes sous l'effet des apports détritiques fluviaux, des courants marins, etc, les sous-sols sont marqués localement par l'absence de continuité véritable des niveaux stratigraphiques, créant la formation de nappes perchées discontinues.

Les sondages déjà réalisés au droit de ces sols ont bien mis en évidence ce type de configuration avec la superposition de plusieurs lentilles argilo-sableuse de faible extension et présentant un débit relativement faible. Ces nappes perchées se tarissent après un certain temps de pompage. La perméabilité de ces aquifères a pu être évaluée à 4.10^{-6} m/s pour une transmissivité moyenne de $9.6.10^{-5}$ m/s.

De manière générale, compte tenu du climat pluvieux guyanais et de la topographie du secteur, les formations sablo-argileuses pléistocènes et argilo-sableux tourbeux de l'holocène sont constamment saturées, au moins en profondeur. Elles renferment donc une nappe dont la vitesse d'écoulement sera fonction des caractéristiques des formations.

En conclusion, le secteur du CSG présente quatre domaines hydrogéologiques différents:

- Les aquifères alluvionnaires au droit des criques ;
- Les aquifères des sables superficiels des séries de Coswine et de Démérara ;
- Les aquifères de la zone d'altération sus-jacente au socle sein (arènes) ;
- Les aquifères de la zone de socle sain granitique.

5.2.3.2 Aquifères alluvionnaires

Cet aquifère est généralement d'extension limitée à l'ancien lit majeur du cours d'eau environnant. La nappe des alluvions est libre, de faible extension latérale et de faible épaisseur.

Le sens d'écoulement naturel est supposé vers les zones basses alentours. Malgré leur position haute, les aquifères des terrasses sont généralement en connexion hydraulique avec les criques et le niveau piézométrique surmonte de peu la cote d'eau du plan d'eau libre.

En régime naturel, le niveau de la nappe fluctue en fonction des précipitations, dont la saisonnalité est très marquée en Guyane (alternance saison sèche / saison des pluies).

Sur le plan qualitatif, notons que la nappe des alluvions est particulièrement vulnérable aux pollutions de surface.

5.2.3.3 Aquifères des sables superficiels des séries de Coswine et de Démérara

La série de COSWINE est caractérisée par une très forte hétérogénéité des paramètres hydrodynamiques. Cet aquifère a une puissance qui peut varier de 0 à 50 m et qui dépend essentiellement de la position du socle sous-jacent. Il est de type libre, voire localement semi-captif selon la nature des horizons.

La série Démérara, présente plusieurs faciès se comportant différemment. Les niveaux d'argiles sableuses tourbeuses se comportent comme les formations de la série pléistocène (position transitoire entre les deux séries). Les argiles sous-jacentes sont très peu perméables. D'après la littérature, la perméabilité des vases bleues est comprise entre 10^{-6} et 10^{-8} m/s en fonction de

l'importance de la teneur en sables. On ne considère donc pas ce milieu comme étant un aquifère au sens propre du terme, même si les vases sont saturées en eau et que l'ensemble est mouvant.

Ce sont les cordons sableux des sables superficiels (la perméabilité estimée est comprise entre 10^{-5} et 10^{-4} m/s) qui viennent se placer dans les séries ainsi que les phénomènes de podzolisation de la série de Coswine qui présentent des valeurs de perméabilité les plus élevées. Ces aquifères, formés par les lentilles sablo-argileuse sont discontinues et protégées par un ensemble très peu perméable constituées par les couches de latérites (à dominance argileuse).

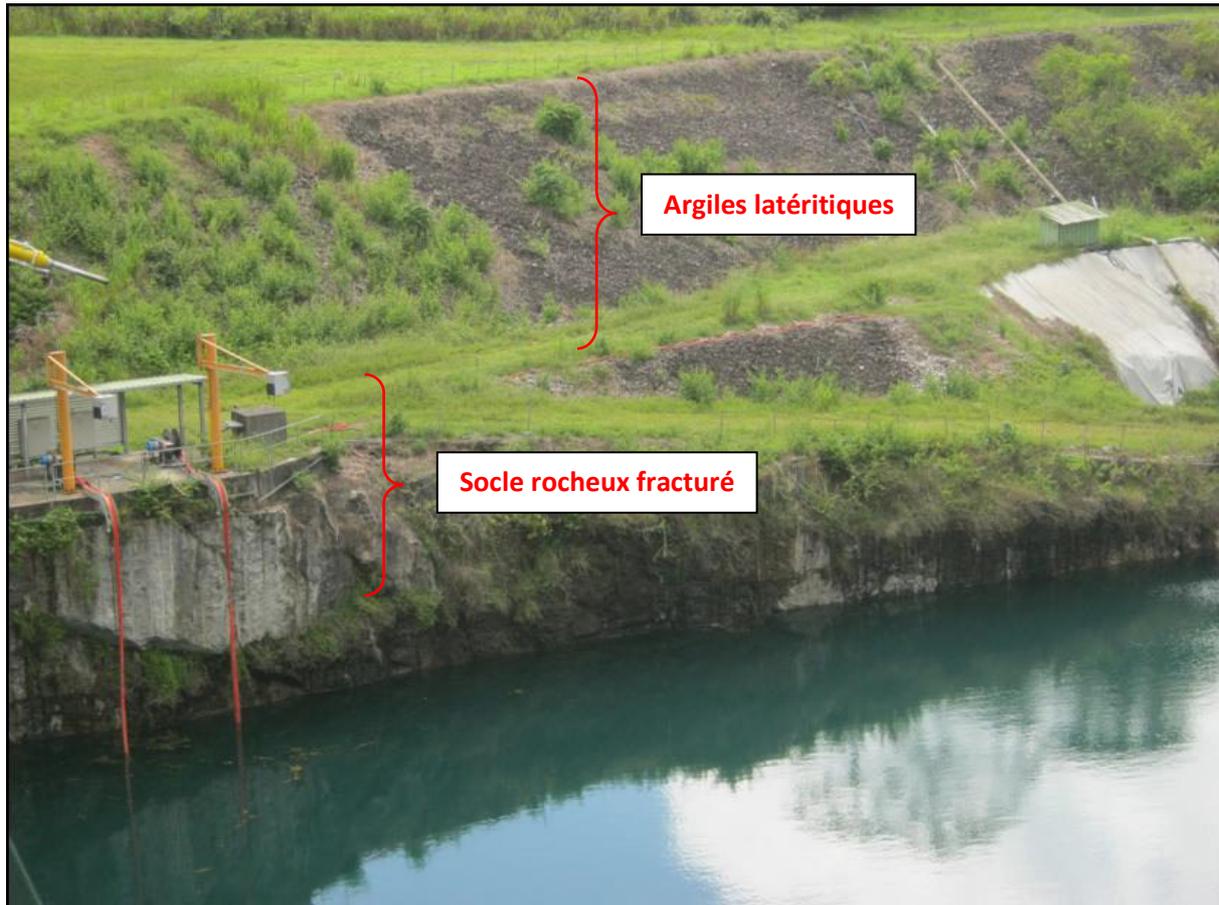
La recharge de la nappe se fait par infiltration directe d'une partie des eaux de pluie, notamment au niveau des zones les plus perméables (cordons sableux, zones topographiquement hautes au sud) ainsi que par infiltration des eaux des rivières coulant sur le socle.

5.2.3.4 Aquifère de la zone d'altération sus-jacente au socle sein (arènes) :

Cet aquifère est constitué par des formations d'altération du socle présentant plusieurs horizons lithologiques, dont les principaux faciès comprennent deux ensembles hydrogéologiques distincts qui sont composés :

- De la zone de rocher altéré perméable, située au sommet du socle sain, renfermant des faciès incluant des cuiraces latéritiques, des latérites argileuse, de la saprolite, etc. Ce faciès est d'épaisseur très variable (1 à 8 m selon les données de sondage). La perméabilité de cette formation a été estimée régionalement à 10^{-3} m/s (il s'agit de moyenne englobant les effets de fractures locales qui jouent le rôle de drain, déterminé par P.BRIGLIA à l'aide de la formule de CASSAN – Rapport BRGM 89 GUS 087 CEG – Avril 89);
- De la zone de matériaux meuble, pulvérulent, de nature sablo-argileuse et par conséquent peu perméable. Ce niveau, dont l'épaisseur varie de 1 à plusieurs mètres (et pouvant atteindre 20 à 30 mètres voire même 50 mètres) correspond à un degré d'altération avancé de la roche mère. Ces arénites peuvent également être parfois absentes.

La photo ci-dessous, prise au droit du BEAP laisse apparaître, pour exemple, les argiles latéritiques et le socle rocheux fracturé, permettant la circulation d'eau.



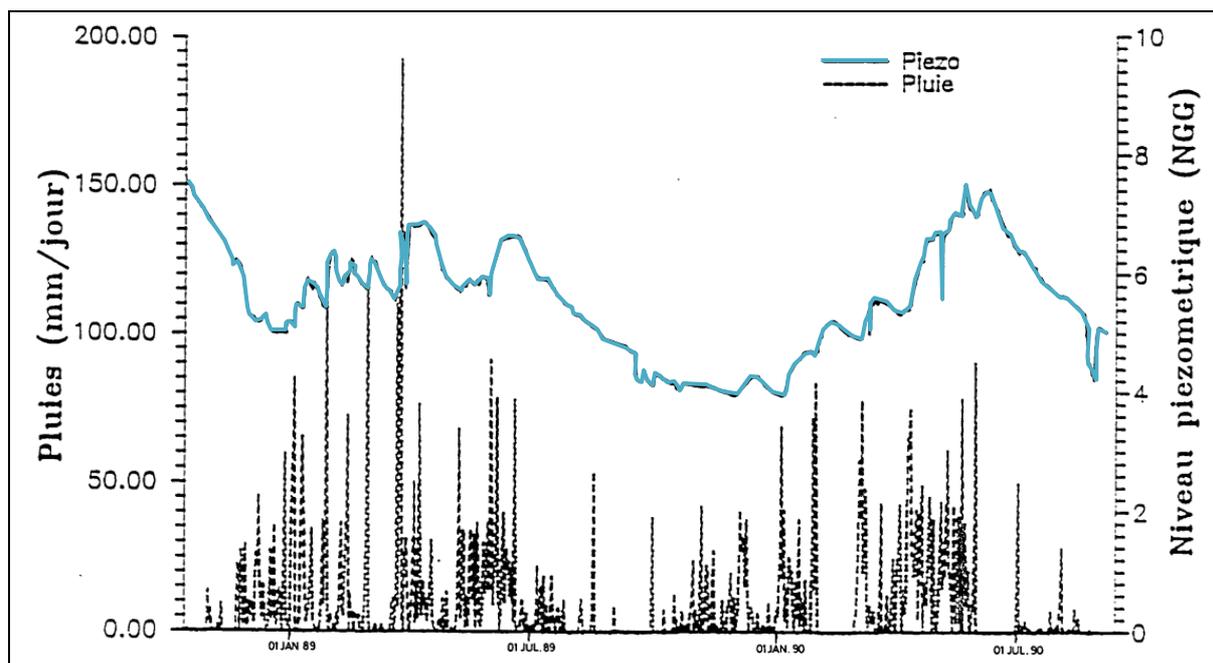
Source : Etude hydrogéologique des secteurs du BEAP et de l'ADP – Rapport ANTEA 73122, VA, 2013

Figure 17 : Exemple de situation de la zone d'altération sus-jacente au socle sein

La conductivité hydraulique varie en fonction du degré d'altération : plus la roche sera altérée, plus la perméabilité sera importante.

Le temps de latence, entre l'arrivée d'eau sur le sol due à une précipitation atmosphérique et la réponse de la nappe dans la couche d'altération granitique, est d'environ 1 jour (ce qui est relativement rapide). La recharge de la nappe s'effectue par drainance verticale des eaux de pluies au niveau des couches perméables argilo-sableuse sus-jacente mais aussi par infiltration des eaux de ruissellement et de rivières s'écoulant sur le socle (infiltration directe dans la couche réservoir). Le ruissellement est toutefois le phénomène dominant sur ces sols à majorité imperméables ou très vite saturés.

D'après les observations faites au cours des différentes études, les débits diminuent sensiblement après un pic correspondant à l'alimentation de l'aquifère (précipitation atmosphérique). Certains d'entre eux se tarissent assez rapidement en absence prolongé d'apport pluviométrique.



Source : Synthèse hydrogéologique des terrains du CSG – BRGM - 1990

Figure 18 : Relation piézométrie - pluviométrie au droit du BEAP

Compte tenu de la surface d'alimentation (contact altérites argileuses – rocher altéré), les débits sont relativement importants. Une étude menée au niveau du carneau BEAP a montré un débit d'alimentation de la nappe de 300 m³/h en saison sèche et jusqu'à 1 000 m³/h en saison des pluies. Les horizons sableux propres de la série de Coswine ont les mêmes caractéristiques de perméabilité que le niveau d'altération granitique au dessus du socle mais sont d'extension plus limitée.

5.2.3.5 Aquifère de la zone de socle sain granitique

De nature granitique, la roche saine constitue un substratum que l'on peut considérer comme imperméable, à l'exception de certaines zones très localisées constituées de fractures non colmatées. La roche saine a subi, lors de son histoire, des contraintes énormes et s'est fracturée. Les plus anciennes failles ont été colmatées par des dépôts engendrés par la circulation d'eau, chargée de nombreux ions provenant de l'érosion chimique de ce même socle. Les failles plus récentes (rattachées à l'ouverture de l'Océan Atlantique) font office d'aquifère et de drains verticaux et latéraux. L'eau circule donc dans les anfractuosités de la roche, lorsque celles-ci sont connectées.

Le socle peut constituer un aquifère profond, captif car protégé par les formations sédimentaires argileuses. Ces aquifères présentent des perméabilités faibles et semblent très localisés, leur extension reste limitée.

Cet aquifère est alimenté par les niveaux argilo-sableux sus-jacent par drainance vertical. Ce type d'aquifère a été étudié dans le secteur du BEAP lors de la construction de celui-ci.

Sur les 39 essais lugeon réalisés sur le site du BEAP, 34 ont démontré un rocher imperméable et 5 ont donné des valeurs de perméabilité de 10⁻⁴ m/s à 2.10⁻⁷ m/s. 3 fissures ont été observées avec perte d'eau au niveau de l'une d'entre elle (Dossier SORES 88-3-079).

5.2.3.6 Résumé des perméabilités des formations aquifères rencontrées

Le tableau suivant donne à titre indicatif les perméabilités globales de quelques formations pouvant être rencontrées dans la zone d'étude.

Formation	Perméabilité
Savane avec formations argilo-sableuse	10^{-5} m/s à 10^{-7} m/s
Zone de collines avec altérites argileuses	10^{-7} m/s à 10^{-9} m/s
Arénites granitiques ou formations alluviales	10^{-4} m/s à 10^{-7} m/s
Zones fortement fracturées dans un ensemble rocheux	10^{-3} m/s à 10^{-5} m/s

Source : Rapport Antea Group A 73122

Tableau 12 : Perméabilités des formations de la zone d'étude

5.2.4 Sens d'écoulement de la nappe superficielle (série sédimentaire de Coswine)

Des mesures ponctuelles des niveaux de la nappe permettent d'appréhender la piézométrie du site, ainsi que les fluctuations saisonnières des niveaux.

Un relevé continu sur les piézomètres permet d'apprécier plus en détail les fluctuations locales de la nappe en fonction des saisons et des précipitations.

La piézométrie de la nappe superficielle suit, dans son ensemble, la topographie des terrains et varie, de façon significative entre la saison des pluies et la saison sèche.

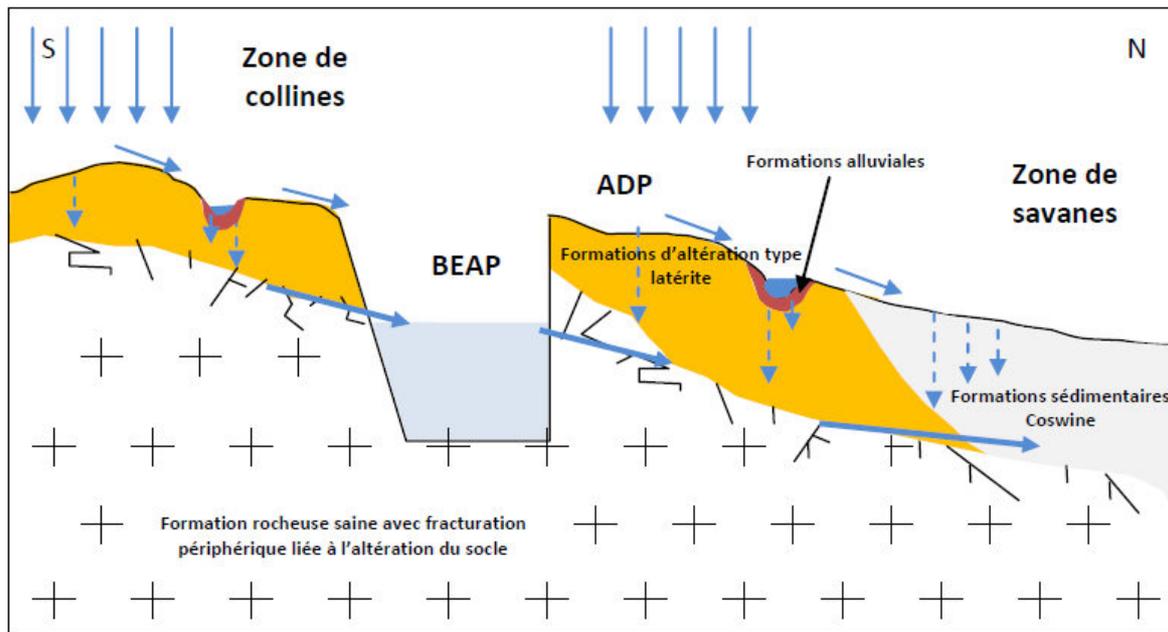
Une étude de la piézométrie des terrains du CSG a été réalisée par le BRGM en avril et en mai 1988 (rapport n° R 31685 GUY 4s 90).

En saison des pluies, la nappe est sub-affleurante au Nord de la route de l'espace, inondant les zones basses (pripri, zones à caractère hydromorphe). La côte NGG de la Nappe s'élève ensuite progressivement vers le Sud, suivant globalement la topographie comme montré par les relevés effectués en avril et mai 1988 :

- Environ 6.3 m NGG au CDL3 (côte moyenne du TN : 6.4 m),
- Environ 7.0 m NGG au BIP 1 (côte moyenne du TN : 7.2 m),
- Environ 8.1 m NGG au BIP 2 (côte du TN de 15 à 17 m);
- 11 à 11.5 au BEAP (côte du TN de 15 à 20 m).

Le drainage de la nappe superficielle s'effectue en direction des criques Malmanoury, Karouabo et du fleuve kourou, puis de l'océan avec un raccordement progressif des surfaces piézométriques. Plus globalement, l'écoulement se fait du sud (zones de collines) vers le nord (mer).

A noter qu'à proximité du carneau BEAP, la direction d'écoulement de la nappe est perturbée : la fosse draine une partie des formations situées à sa périphérie, sur un rayon de l'ordre de 300 m.



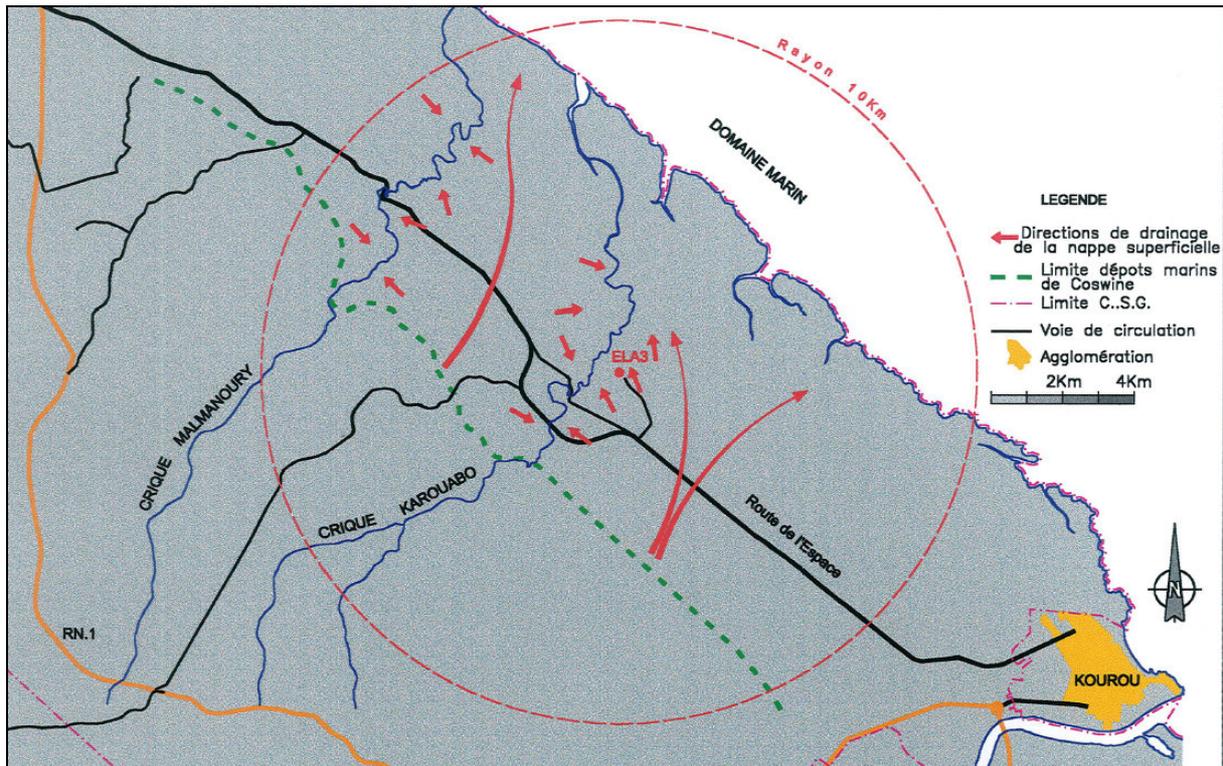
Source : Rapport Antea Group B73122 – Avril 2014

Figure 19 : Schéma de fonctionnement hydrogéologique du secteur du BEAP

En saison sèche, le niveau de la nappe varie de 1 à 2 m sous la surface du sol sur l'étendue de la plaine côtière. Dans la zone de pripri, le niveau reste proche de la surface topographique.

L'amplitude des variations entre la saison sèche et la saison humide est plus importante dans la zone de collines : elle atteint 3.5 m au BEAP (d'après les relevés piézométriques effectués par CHANTIERS MODERNES). Ceci est l'effet du réseau de drainage naturel qui stabilise les niveaux avals.

On suppose ainsi la présence de deux dômes piézométriques, chacun orienté NE/SO. Ces deux dômes vont en s'abaissant vers le domaine marin. De part et d'autres de ces axes, les drainages de la nappe superficielle s'effectuent en direction des eaux superficielles.



Source : Synthèse des données environnementales autour de l'ELA3 – APAVE 2000 – R. AVOCAT

Figure 20 : Schéma de principe du drainage de la nappe superficielle

Le gradient hydraulique est d'environ 0.3 % du BEAP au BIP pour s'abaisser ensuite en direction de la plaine côtière, à environ 0.03 % (Rapport BRGM – R 31685 GUY 4S90).

La recharge de la nappe superficielle se fait par l'infiltration directe des eaux de pluie, notamment à partir des cordons sableux, ainsi que par infiltration des eaux superficielles le long du socle. Le temps de transit est supposé très court.

Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 5 cm/j dans les sables (zones de savanes) et les cheniers et jusqu'à 5 m/j au niveau du rocher altéré perméable, alors que les formations argileuses sont quasiment imperméables (0.5 mm/jour en aval du BIP et 5 mm/j en amont), et pratiquement toujours saturées.

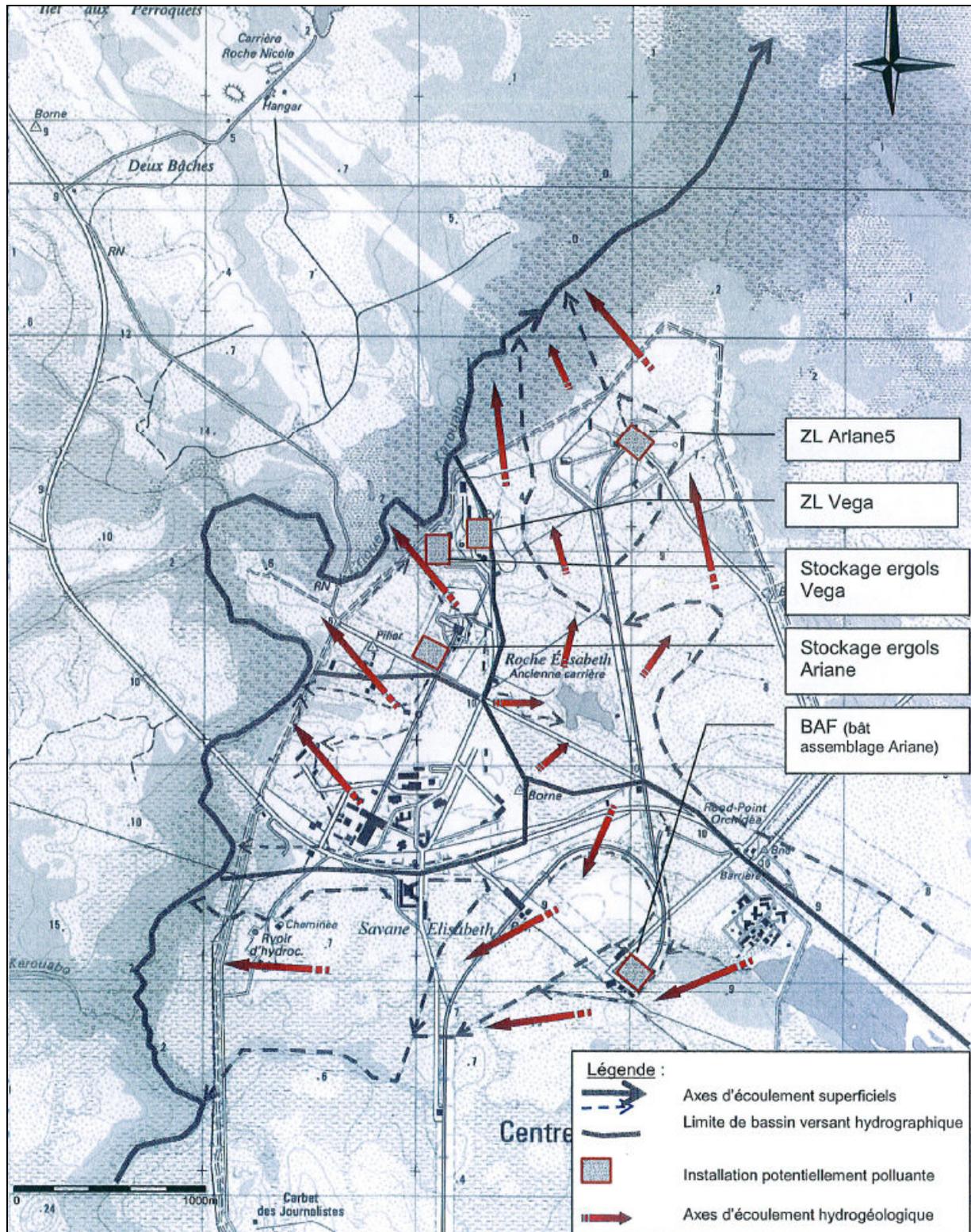
En saison sèche, et en l'absence de précipitations, les sables en présence sont humides mais peu productifs. Les vitesses d'écoulement atteignent 5 m/j. Ces chiffres sont des approximations qui ne tiennent pas compte des spécificités locales (tassement non homogène et proportion d'argile variable dans les sables et dans les produits d'altération).

A titre indicatif, avec les vitesses citées précédemment, une distance de 10 m sera parcourue en :

- Environ 200 jours dans les sables,
- 5 ans et demi dans les argiles,
- 2 jours dans la roche fracturée.

Ces vitesses d'écoulement permettent d'évaluer le temps que met une particule d'eau ou un traceur parfait pour transiter sur une distance donnée le long de la ligne de courant. Le temps ainsi obtenu est le temps de transfert minimal d'une pollution se déplaçant de sa source vers l'aval de la ligne de courant.

La carte suivante présente les données graphiques et sens d'écoulement présumés de la nappe au droit des ELA.



Source : Dossier d'implantation d'un réseau de piézomètres, sites ELA 3, Vega, Soyouz – Avis d'hydrogéologue agréé – Avril 2008 Bertrand Heurfin

Figure 21 : Sens d'écoulement de la nappe de Coswine au droit des Ensembles de lancement Ariane et Vega

La carte nous indique :

- L'influence de la carrière Elisabeth qui semble drainer vers elle les eaux souterraines de la partie EPCU de l'ELA2 ;
- Une partie en charge sur un axe Galilé-Newton-Plaque tournante-ZL2 qui délimite deux bassins versant hydrogéologique Est et Ouest de l'ELA2 ; on peut penser que la remontée du socle à ce niveau est responsable de ce partage des eaux ;
- On a ainsi deux directions d'écoulement opposées ou quasi opposées de chaque côté de cette crête piézométrique ;
- Une direction d'écoulement supposée du Sud-Est vers le Nord/Nord-Ouest à l'Ouest de l'ELA2 ;
- Une direction d'écoulement supposée vers l'Est Nord-Est à l'Est de l'ELA2.

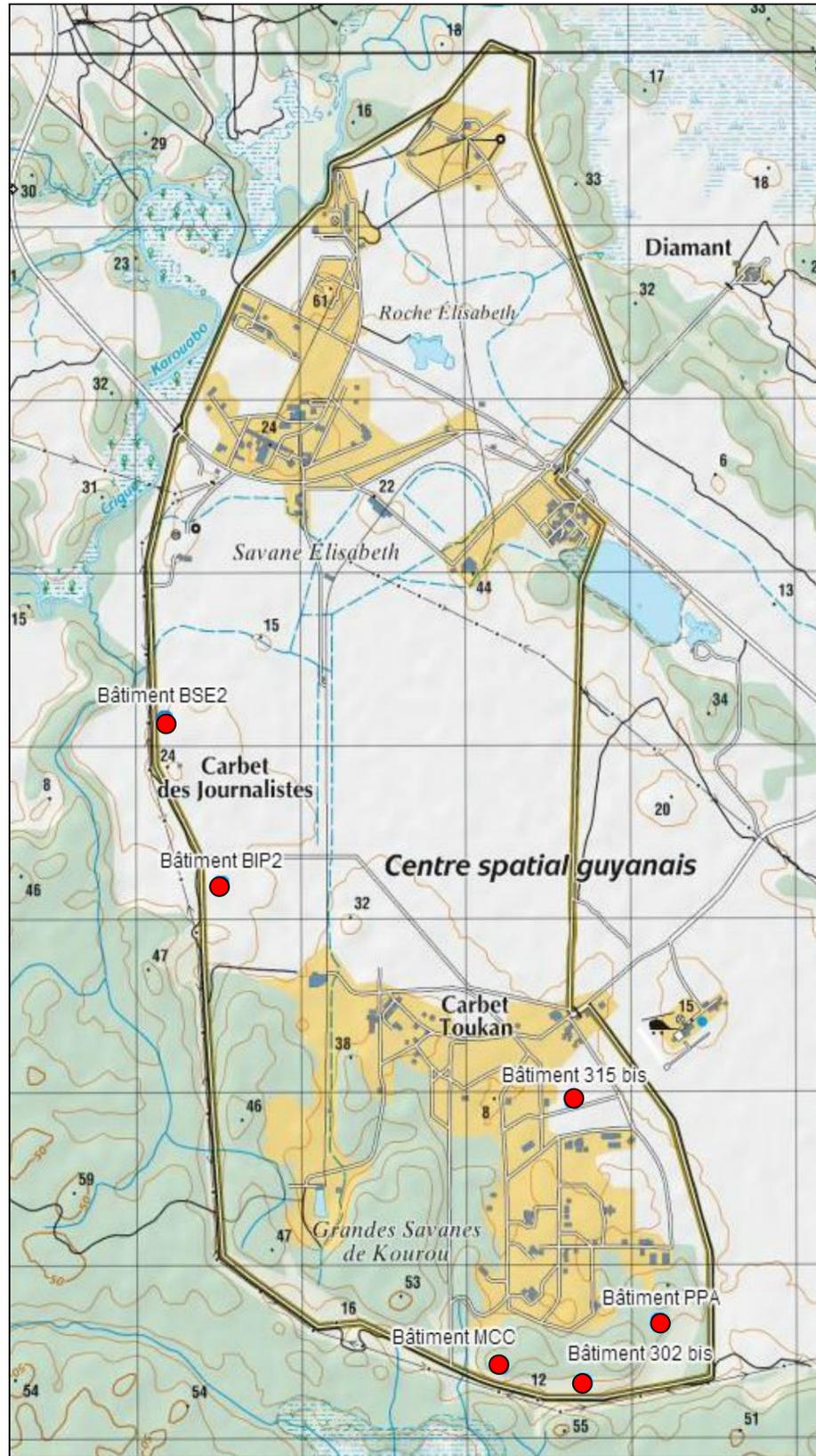
Cette carte suit globalement les limites des bassins versants géographiques, ce qui est tout à fait normal s'agissant d'une nappe libre dont le sens d'écoulement est intimement lié à la structure géomorphologique qui le soutient.

5.2.5 Données complémentaires sur la piézométrie et la géologie du site

D'après les études géotechnique G11 et G12 réalisées par l'entreprise GEOTECH, les sondages de reconnaissance effectués fin 2013 (saison sèche) et début 2014 (saison des pluies) ont pu mettre en évidence des niveaux d'eau dit non stabilisés au droit de la première implantation envisagée des sites.

De multiples sondages (pressiométriques et sondages géologiques à la tarière) ont également été réalisés et nous permettent de connaître la nature géologique et pédologique des terrains au droit ou à proximité des zones d'études.

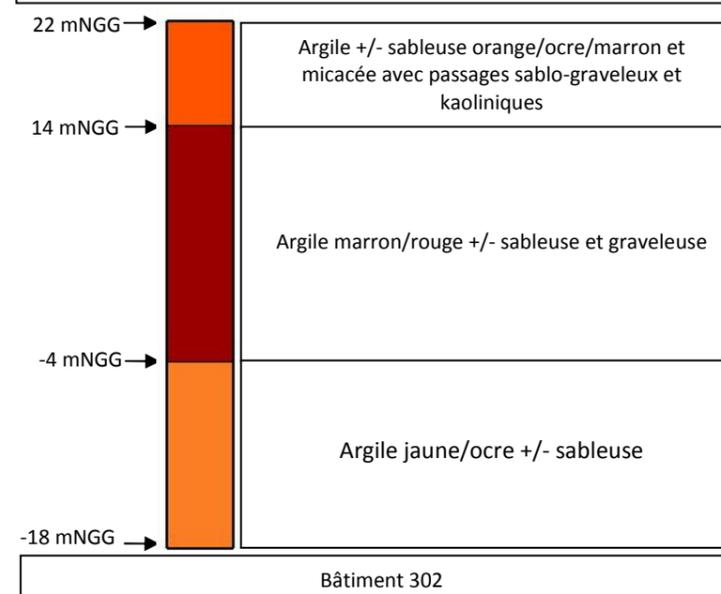
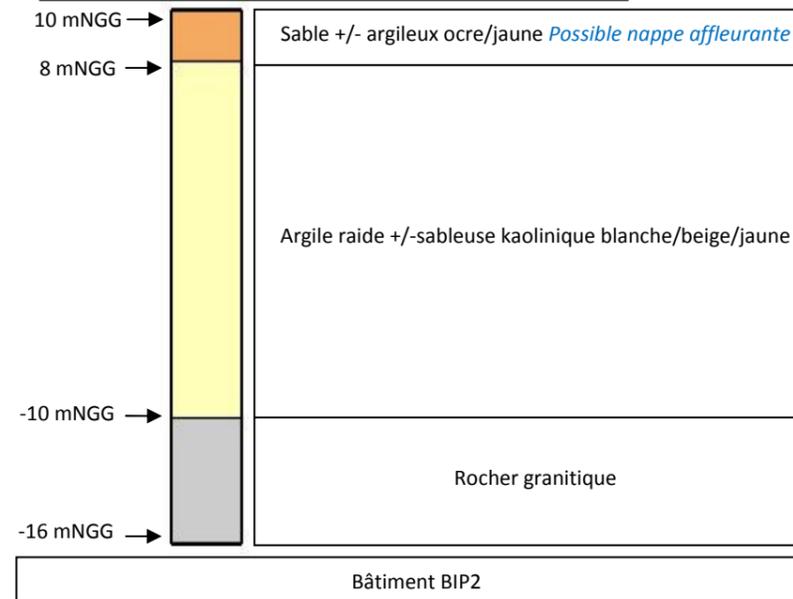
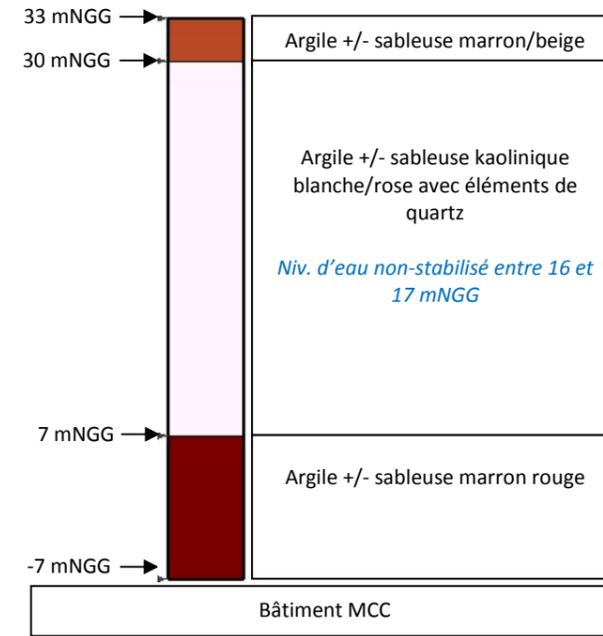
Ces données ont été synthétisées et reportées sur la figure suivante.



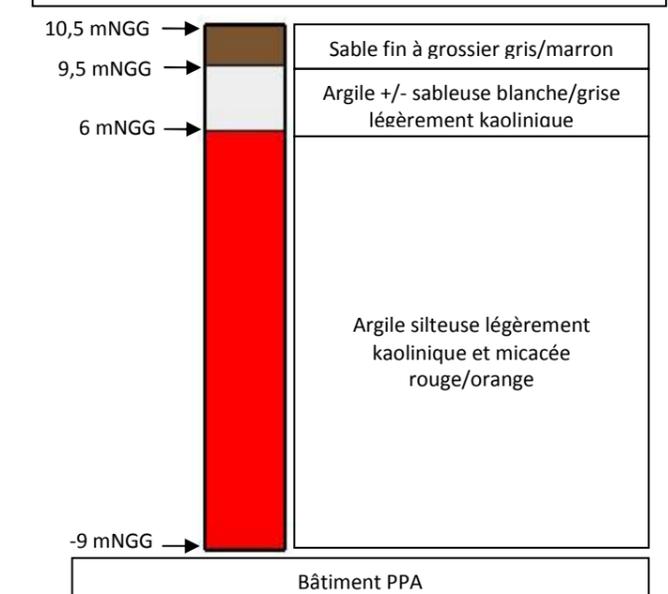
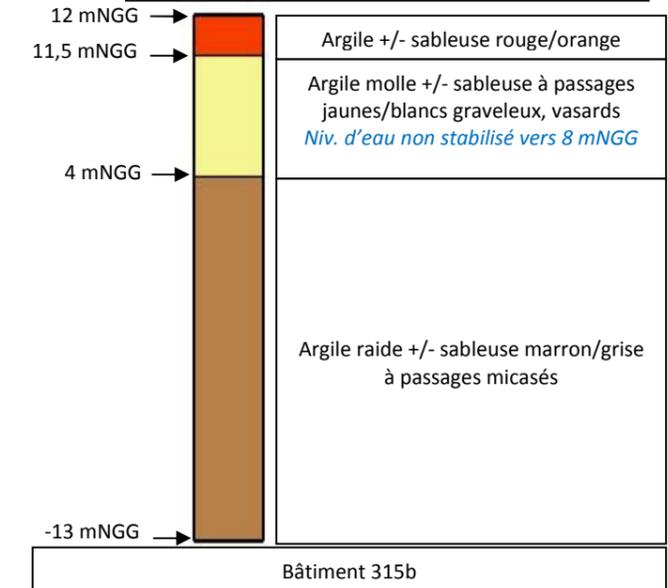
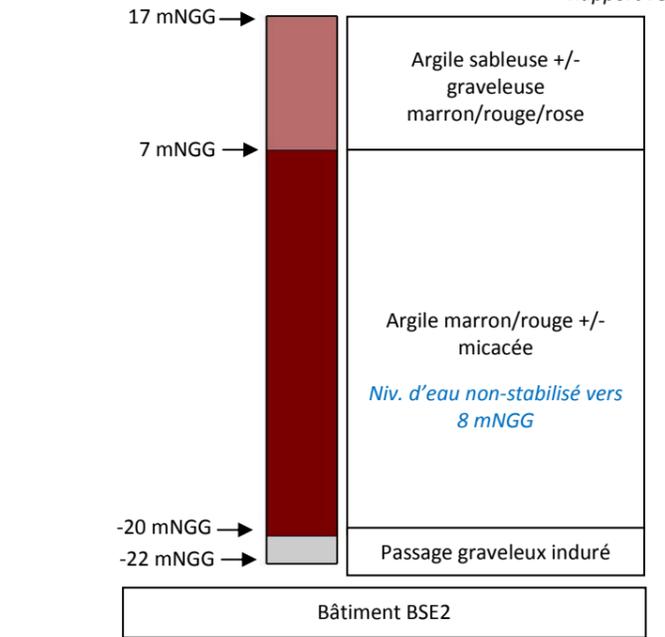
Source : GEOTECH

Figure 22 : Echelles lithostratigraphique au droit et à proximité des sites

Antea Group
CNES
Analyse de l'état initial et environnemental du site Ariane 6
Phase 0 : Etude bibliographique



Rapport 75276, Version A



5.3 Objectifs du SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

5.3.1 Définition des objectifs du SDAGE de Guyane

En Guyane, le premier SDAGE est entré en application le 9 octobre 2000. Il a été révisé afin de prendre en compte les nouvelles exigences de la Directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000.

Le SDAGE 2010-2015 a été approuvé par arrêté du 23 novembre 2009. Il intègre les exigences de cette directive cadre (obligation de résultats, information du public, analyse économique,...) et les nouveaux concepts qu'elle introduit (masse d'eau, masse d'eau artificielle ou fortement modifiée, état écologique,...).

Après 5 années d'expériences, un double diagnostic a permis de réaliser la révision du SDAGE et de la transformer dans sa forme actuelle. Le diagnostic était le suivant :

- un « état des lieux du district » au titre de la politique communautaire : à ce titre ont été notamment identifiées et caractérisées les « masses d'eau » en termes de répartition spatiale d'usages et de pressions sur la quantité et la qualité des eaux ;
- un « bilan du SDAGE à 2005 » dont l'objet était d'analyser l'avancement de la mise en œuvre du SDAGE et de porter une appréciation en termes d'atteinte des objectifs correspondants et de la pertinence des orientations, selon les objectifs et priorités affichés dans le SDAGE de 2000.

L'état des lieux fit apparaître 6 questions importantes auxquelles des réponses doivent être apportées pour atteindre le bon état écologique des masses d'eau fixées dans le cadre de la DCE :

- Assurer une AEP pérenne et de qualité pour toute la population ;
- Diminuer la pollution d'origine domestique ;
- Lutter contre les pollutions d'origine agricole : nitrates et produits phytosanitaires;
- Réduire les effets de l'activité aurifère sur les cours d'eau ;
- Améliorer la connaissance des milieux aquatiques : données environnementales ;
- Appliquer au mieux les principes pollueur-payeur et de tarification incitant aux économies d'eau.

Ces questions essentielles auxquelles il faudra, de façon incontournable, apporter des réponses ont servi de charpente pour la préparation du SDAGE révisé.

Le bilan du SDAGE de 2005 a permis quant à lui de pointer les domaines accusant un certain retard, notamment pour ce qui concerne le manque d'équipements ou leur non-conformité et d'identifier les dispositions en relation directe avec les objectifs de la DCE.

Il a également mis en évidence la nécessité de mettre en place un tableau de bord abordant les aspects techniques, financiers, institutionnels et réglementaires, ainsi que ses moyens de maintenance.

Sur la base de l'ensemble de ces observations, 5 orientations fondamentales ont été identifiées dans le SDAGE :

- Alimentation en eau potable et assainissement ;
- Pollutions et déchets ;
- Connaissance et gestion des milieux aquatiques ;
- Gestion des risques liés à l'eau ;
- Organisation pour la gestion de l'eau.

Ces 5 orientations fondamentales sont le reflet de la problématique générale de gestion de l'eau en Guyane. Elles sont déclinées en 16 dispositions et 71 dispositions détaillées. La liste des orientations fondamentales et des dispositions est présentée ci-dessous. Une couleur a été attribuée à chaque orientation fondamentale afin de faciliter la lisibilité du document.

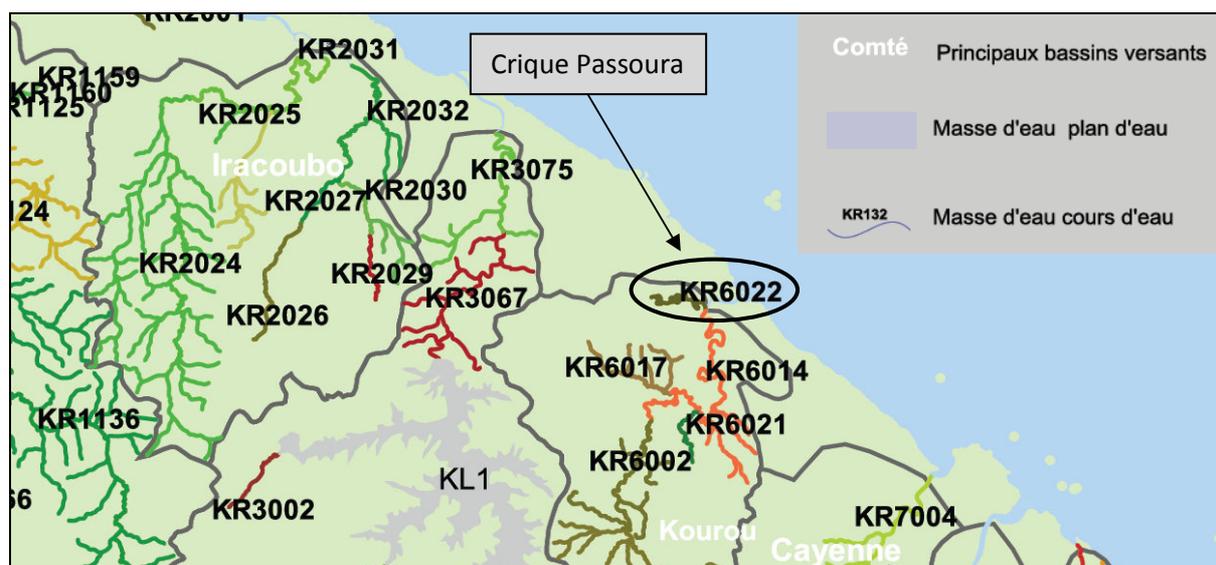
5 Orientations fondamentales	16 Dispositions
1. AEP et assainissement	1.1 Assurer une AEP pérenne et de qualité pour toute la population
	1.2 Mieux gérer les aménagements des eaux pluviales
	1.3 Poursuivre le développement de l'assainissement domestique
2. Pollutions et déchets	2.1 Prévenir et lutter contre les pollutions des milieux aquatiques
	2.2 Améliorer la gestion des déchets industriels et ménagers
3. Connaissance et gestion des milieux aquatiques	3.1 Développer la connaissance sur les milieux aquatiques
	3.2 Promouvoir une gestion intégrée
	3.3 Economiser l'eau
	3.4 Prendre des mesures conservatoires
4. Gestion des risques liés à l'eau	4.1 Améliorer la connaissance et la prévention des risques sanitaires
	4.2 Améliorer la connaissance et la prévention des risques naturels
5. Organisation pour la gestion de l'eau	5.1 Optimiser la gestion des données sur l'eau
	5.2 S'organiser pour assurer la cohérence des actions
	5.3 Mobiliser des ressources financières
	5.4 Suivre la mise en œuvre du SDAGE
	5.5 Communiquer et sensibiliser dans le domaine de l'eau

Tableau 13 : Liste des orientations fondamentales et des dispositions proposées pour la révision du SDAGE de la Guyane

5.3.2 Les masses d'eau de surface continentale

La délimitation des masses d'eau de surface a été effectuée par croisement des hydro-écorégions avec les ordres de Strahler. Au final, la Guyane se caractérise par 934 masses d'eau cours d'eau et une masse d'eau de type plan d'eau.

Seule la crique Passoura est référencée en tant que Masse d'eau de surface continentale dans le SDAGE 2010 – 2015 de la Guyane.



Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Figure 23 : Masses d'eau de surface continentales

➤ Etat qualitatif de la masse d'eau

L'objectif de qualité pour cette masse d'eau est le suivant :

Bassin versant	Nom Masse d'eau	Code Masse d'eau	Etat actuel	Pressions	Evaluation du RNABE 2015	Objectif d'état global	Echéance D'objectif d'état	Justification du report
Kourou	Crique Passoura	FRKR6022	Médiocre	rejets industriels	Risque	Bon état	2015	-

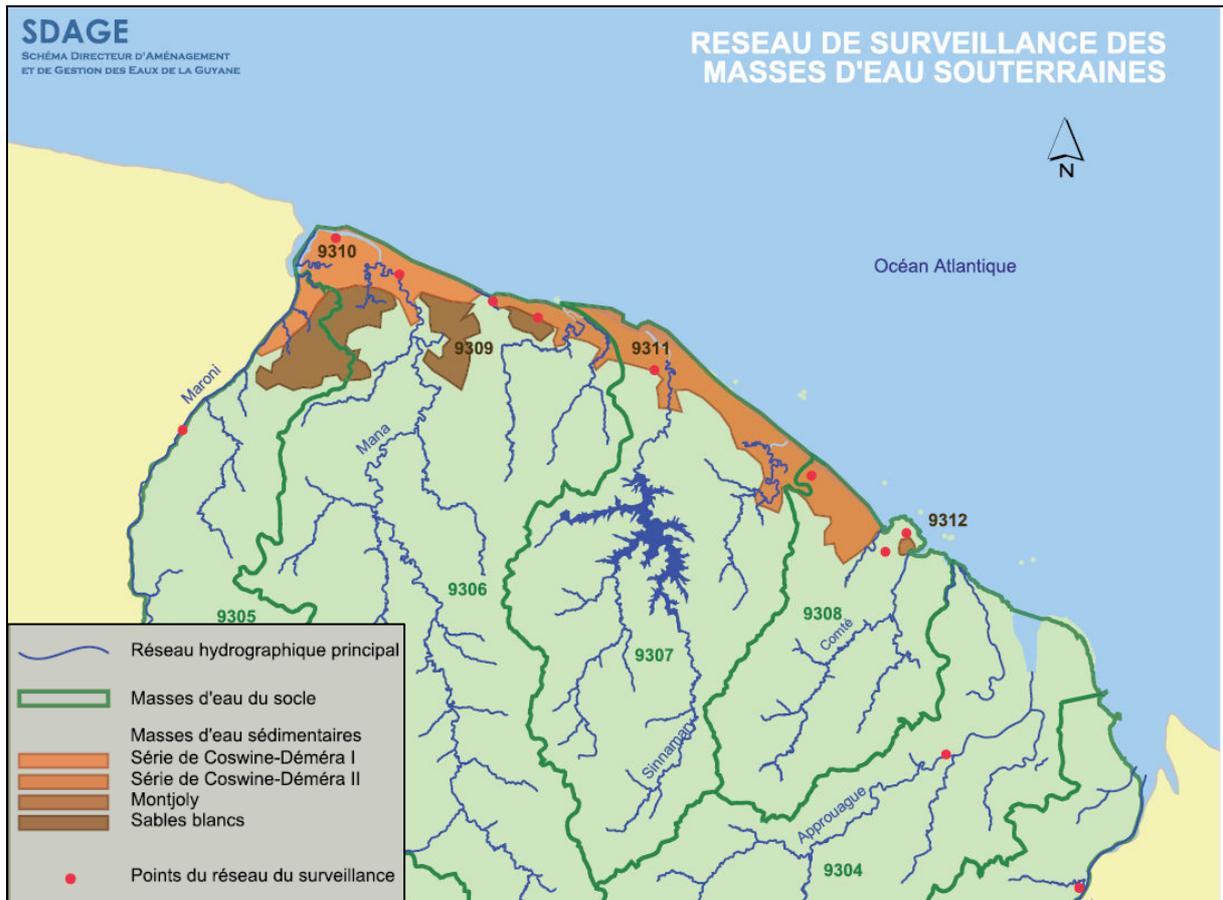
Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Tableau 14 : Etat actuel et objectif de qualité pour la crique Passoura à l'horizon 2015

5.3.3 Les masses d'eau souterraines

Dans le SDAGE 2010-2015 de la Guyane, 12 masses d'eau souterraines ont été délimitées. Ces masses d'eau souterraines correspondent à des formations géologiques de zones de socle délimitées à partir des bassins versants hydrologiques pour 8 d'entre elles. Les 4 autres sont situées sur la frange côtière et sont réparties entre deux ensembles géologiques distincts :

- Les séries de Démérara-Coswine et séries détritiques de base qui constituent les aquifères multicouche localement captif et en relation possible avec le biseau souterrain salé ;
- La série des sables blanc, présente dans la partie Nord-Ouest de la Guyane.



Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Figure 24 : Masses d'eau souterraines

Le secteur du CNES/CSG appartient à la masse d'eau sédimentaire de la série de Coswine-Démérara II (masse d'eau 9311).

➤ Etat quantitatif de la masse d'eau :

D'après le SDAGE de la Guyane, les prélèvements annuels dans cette masse d'eau pour les besoins en AEP s'élèvent à 80 000 m³. Les données disponibles actuellement ne permettent pas d'évaluer l'impact quantitatif sur la ressource de façon précise. Toutefois, il a été estimé à titre d'expert que la recharge des nappes est suffisamment importante pour que la ressource ne soit pas en péril. L'exploitation de la ressource en eau se ferait de façon équilibrée.

Sur le plan quantitatif, l'ensemble des masses d'eau de la Guyane peut être actuellement considéré en « bon état » et cet objectif est retenu pour 2015.

➤ Etat qualitatif de la masse d'eau :

Masse d'eau	Nom	Type	Etat actuel	Objectif	Echéance définie pour atteindre le bon état	Motivation des choix (pressions)
9311	Nappe des séries Coswine-Démérara II	Sédimentaire	Bon état	Bon état	2015	Assainissement - Agriculture

Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Tableau 15 : Etat actuel et objectif de qualité pour la masse d'eau 9311 à l'horizon 2015

5.3.4 Les masses d'eau littorales

Les masses d'eau littorales sont composées des masses d'eau de transition (au nombre de 8) et des masses d'eau côtières (une seule).



Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Figure 25 : Masses d'eau de transition et côtière

De part leur localisation (aval hydraulique), la masse d'eau côtière C001 et la masse d'eau de transition T004 sont concernées par les futures installations du CNES/CSG.

Comme définis dans le SDAGE, la masse d'eau côtière correspond au domaine maritime au large de la ligne de côte. Cette masse d'eau est sous influence des fleuves côtiers (turbidité, apports d'eau

douce et de contaminants). Les courants y sont principalement orientés du Sud-Est vers le Nord-Ouest et le temps de résidence d'éventuels polluants y est fortement réduit par rapport à celui de la masse d'eau estuarienne.

Les masses d'eau de transition correspondent aux estuaires des fleuves. Elles montrent une salinité très variable du fait des apports continentaux importants et des courants bidirectionnels (flots et jusants) dus à la marée.

➤ Etat qualitatif

La masse d'eau côtière est estimée en bon état, tous les paramètres mesurant son état écologique ont été classés en « bon état ».

L'état qualitatif et l'objectif de qualité pour la masse d'eau de transition T004 est décrit ci-dessous. Il a été estimé en tenant compte des objectifs d'état des cors d'eau amont. Bien qu'en état médiocre actuellement, la masse d'eau fait l'objet de mesures de gestion.

Masse d'eau	Nom	Etat actuel	Objectif	Echéance définie pour atteindre le bon état	Motivation des choix (pressions)
FRT004	Kourou	Médiocre	Bon état	2015	Agriculture, Eaux usées, Industries, Dragage

Source : SDAGE 2010 – 2015 de Guyane

Tableau 16 : Etat actuel et objectif de qualité pour la masse d'eau FRT004 à l'horizon 2015

5.4 Banque de données du sous-sol

Les données de la banque de donnée du sous-sol ont été consultées (BSS) sur le site INFOTERRE afin d'obtenir sur des renseignements sur la piézométrie du site.

La carte ci-après rend compte de l'ensemble des données. La majorité des sondages ont été effectués à des fins géotechnique (implantation de bâtiments, déviation de la RN1, ...) ou pour trouver des matériaux en quantité suffisantes permettant l'ouverture de carrières, notamment de sable.

Les données sont bien souvent incomplètes et ne renseignent pas sur la présence d'eau détectée au cours des sondages/forages.

Cette base de donnée renseigne uniquement sur le secteur de l'UPG et rend compte de la piézométrie de l'ensemble du site en juillet 1988.

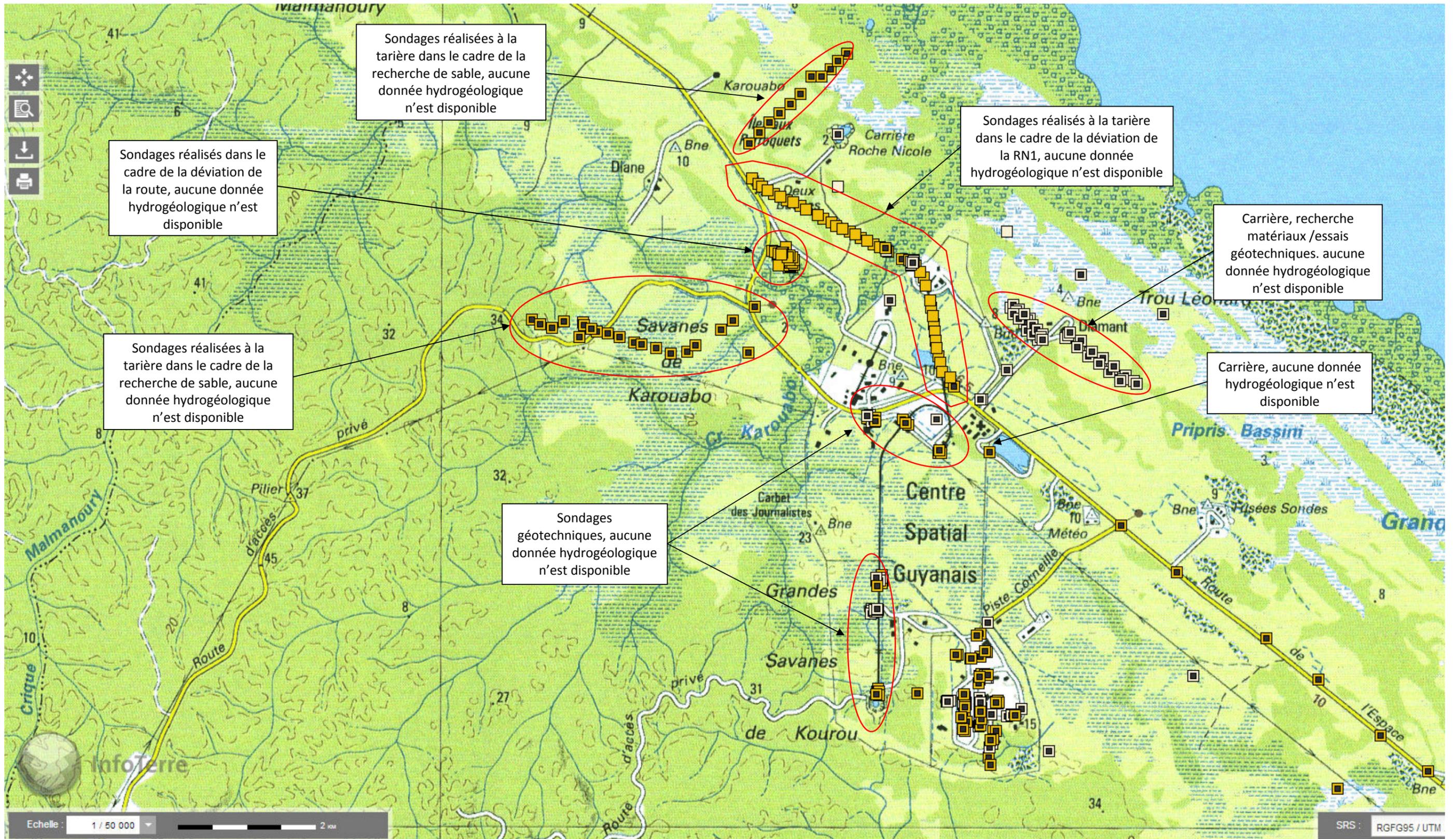
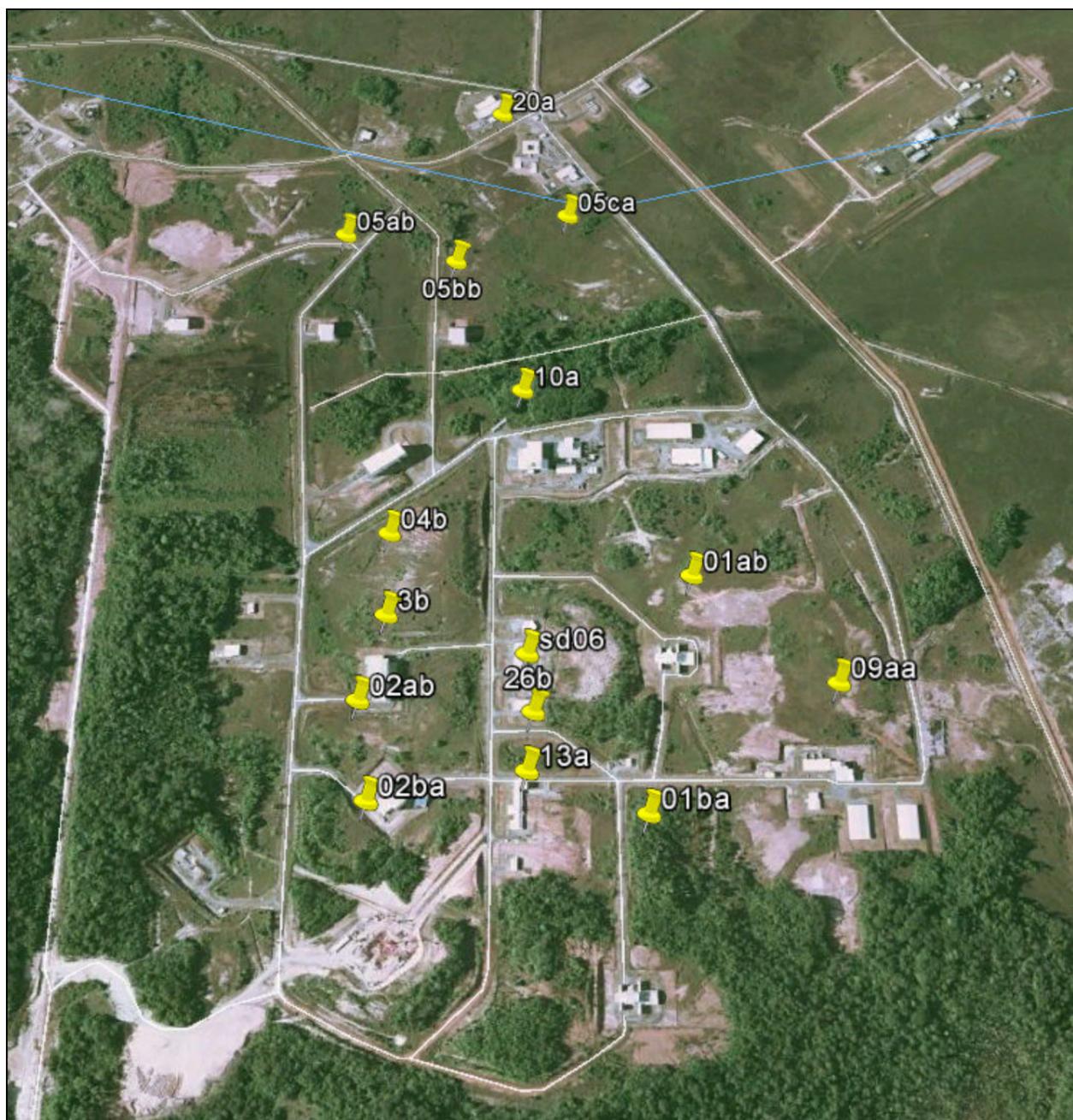


Figure 26 : Données enregistrées dans la BSS



Source : Infoterre

Figure 27 : Carte de localisation de sondages au droit de l'UPG

Sondage	01/07/88		06/07/88		09/07/88		15/07/88		20/07/88	
	NGG	TN								
01A-B	15.53	2.31	15.26	2.58	15.16	2.68		/	15.58	2.26
01B-A	12.69	0.61	12.5	0.80	12.68	0.62		/	12.44	0.86
02A-B	14.68	4.92	14.65	4.95	14.7	4.90	14.76	4.84	14.71	4.89
02B-A	16.51	1.20	16.03	1.68	16.3	1.41	16.19	1.52	15.53	1.88
03B	16.01	1.61	15.70	1.92	15.63	1.99	15.41	2.12	15.31	2.33
04B	13.86	4.58	13.73	4.71	13.64	4.80	13.60	4.84	13.37	5.07
05A-B	9.33	0.03	9.26	0.10	9.26	0.10		/	9.26	0.10
05B-B	8.59	0.05	8.5	0.14	8.49	0.15		/	8.49	0.15
05C-A	9.85	0.25	9.63	0.47	9.65	0.45		/	9.52	0.58
6	13.69	0.18	13.57	0.30	13.58	0.29		/	13.51	0.36
09A-A	15.88	1.70	15.55	2.03	15.46	2.12		/	15.24	2.34
10A	11.76	0.05	11.54	0.27	11.57	0.24		/	11.43	0.38
13A	/	>15	/	>15	/	>15		/	/	>15
20A	/	/	11.37	0.51	11.44	0.44		/	11.26	0.62
26B	14.01	5.70	14.09	5.62	14.13	5.58		/	13.96	5.75

Source : Infoterre

Tableau 17 : Relevés piézométriques au droit de l'UPG effectués en juillet 1988

Ces relevés n'ont pas mis en évidence la présence de continuités entre les différents aquifères rencontrés.

5.5 Conclusion

Dans l'ensemble les connaissances générales sur la globalité du secteur d'étude sont satisfaisantes. L'analyse de la bibliographie permet une bonne compréhension du fonctionnement hydrologique des principales criques (Karouabo, Malmanoury et Passoura), des caractéristiques qualitatives des eaux superficielles et quantitatives (crique Karouabo) ainsi qu'une bonne compréhension du fonctionnement hydrogéologique. Néanmoins, ces connaissances nécessitent d'être affinées au travers d'études spécifiques réalisées à une échelle plus petite centrée sur chacun des secteurs visés par le projet (ZL4, BSP, BIP 2, BIP 3, UPG, ...).

Au regard de données disponibles au droit de chacun des secteurs les connaissances acquises aujourd'hui sont donc partiellement incomplète, et particulièrement en ce qui concerne la piézométrie.

Les études menées en phase 2 devront amener à la compréhension du fonctionnement hydrologique au droit de chacun des secteurs au travers une analyse des écoulements superficiels (étude de la topographie, de l'occupation du sol, des drains principaux, ...). De la même manière la compréhension du fonctionnement hydrogéologique des secteurs se fera entre autre au travers l'analyse de la perméabilité des formations et de leur pédologie.

6 Annexes

- Annexe 1 : Liste des espèces à rechercher sur l'aire d'étude
- Annexe 2 : Liste des documents analysés dans l'étude hydrobiologique
- Annexe 3 : Liste des espèces prélevées durant le suivi Ariane 5

Antea Group

CNES

*Analyse de l'état initial et environnemental du site Ariane 6
Phase 0 : Etude bibliographique*

Rapport 75276, Version A

Annexe 1 :

Liste d'espèces à rechercher sur l'aire d'étude

Liste botanique des espèces déterminantes ZNIEFF

Famille	Espèce	Protégée	Source ZNIEFF
ASCLEPIADACEAE	Matelea cremersii Morillo		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CACTACEAE	Cereus hexagonus (L.) Mill.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CAPPARACEAE	Neocalyptrocalyx maroniensis (Benoist) X. Cornejo & H.H. Iltis		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CHRYSOBALANACEAE	Hirtella araguariensis Prance		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Hirtella ciliata Mart. & Zucc.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Hirtella couepiiflora Prance		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CLEOMACEAE	Physostemon guyanense (Aubl.) Malme		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CLUSIACEAE	Clusia cuneata Benth.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
CONVOLVULACEAE	Evolvulus filipes Mart.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
DILLENIACEAE	Tetracera asperula Miq.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
DROSERACEAE	Drosera capillaris Poir.		Savanes de Karouabo
ERYTHROXYLACEAE	Erythroxylum suberosum A. St.-Hil.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
EUPHORBIACEAE	Caperonia corchoroides Müll. Arg.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Cnidoscolus adenochlamys Fern. Casas		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Manihot brachyloba Müll. Arg.		Savanes de Karouabo
	Manihot esculenta Crantz subsp. flabellifolia (Crantz) Cif.		Savanes de Karouabo
	Phyllanthus attenuatus Miq.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Phyllanthus hyssopifolioides Kunth		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
FABACEAE	Aeschynomene pratensis Small		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Andira coriacea Pulle		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Calliandra surinamensis Benth.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Canavalia rosea (Sw.) DC.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Chamaecrista calycioides (DC. ex Collad.) Greene		Savanes de Karouabo

Famille	Espèce	Protégée	Source ZNIEFF
	<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby		Savanes de Karouabo
	<i>Chloroleucon acacioides</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Eriosema crinitum</i> (Kunth) G. Don		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Eriosema violaceum</i> (Aubl.) G. Don		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Helicotropis linearis</i> (Kunth) A. Delgado		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Hymenolobium flavum</i> Kleinhoonte		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Inga loubryana</i> Poncy		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Inga nouragensis</i> Poncy		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Inga virgultosa</i> (Vahl) Desv.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Neptunia natans</i> (L.f.) Druce		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
LAMIACEAE	<i>Hyptis lantanifolia</i> Poit.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
LAURACEAE	<i>Aniba kappleri</i> Mez		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Rhodostemonodaphne rufovirgata</i> MadriZán		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
LECYTHIDACEAE	<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
LENTIBULARIACEAE	<i>Utricularia nana</i> A. St.-Hil. & Girard		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Utricularia simulans</i> Pilg.		Savanes de Karouabo
MELASTOMATACEAE	<i>Acisanthera bivalvis</i> (Aubl.) Cogn.		Savanes de Karouabo
	<i>Acisanthera crassipes</i> (Naudin) Wurdack		Savanes de Karouabo
	<i>Miconia acuminata</i> (Steud.) Naudin		Savanes de Karouabo
	<i>Rhynchanthera serrulata</i> (Rich.) DC.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
MYRSINACEAE	<i>Cybianthus fulvopulverulentus</i> (Mez) G. Agostini		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
MYRTACEAE	<i>Eugenia armeniaca</i> Sagot		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	<i>Eugenia wullschlaegelianae</i> Amshoff		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou

Famille	Espèce	Protégée	Source ZNIEFF
	Myrcia tomentosa (Aubl.) DC.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Psidium guineense Sw.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
OCHNACEAE	Ouratea decagyna Maguire		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Sauvagesia rubiginosa A. St.-Hil.		Savanes de Karouabo
	Sauvagesia tenella Lam.		Savanes de Karouabo
ONAGRACEAE	Ludwigia inclinata (L. f.) M. Gómez		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Ludwigia torulosa (Arn.) H. Hara		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
POLYGALACEAE	Polygala blakeana Steyerl.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Polygala galioides Poir.		Savanes de Karouabo
PORTULACACEAE	Portulaca sedifolia N.E. Br.		Savanes de Karouabo
	Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
RUBIACEAE	Coussarea machadoana Standl.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Isertia hypoleuca Benth.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Rosenbergiodendron densiflorum (K. Schum.) Fagerl.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Spermacoce neohispida Govaerts		Savanes de Karouabo
	Spermacoce tenella Kunth		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
SAPINDACEAE	Dodonaea viscosa Jacq.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
STERCULIACEAE	Byttneria scabra L.		Savanes de Karouabo
VERBENACEAE	Stachytarpheta angustifolia (Mill.) Vahl	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Vitex stahelii Moldenke		Savanes de Karouabo
VISACEAE	Phoradendron trinervium (Lam.) Griseb.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
VITACEAE	Cissus Duarteana Cambess.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Cissus spinosa Cambess.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
LYCOPODIACEAE	Pseudolycopodiella meridionalis (Underw. & F.E. Lloyd) Holub		Savanes de Karouabo
ARECACEAE	Bactris nancibaensis Granv.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou

Famille	Espèce	Protégée	Source ZNIEFF
BROMELIACEAE	Ananas comosus (L.) Merr.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Bromelia plumieri (E. Morren) L.B. Sm.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
BURMANNIACEAE	Burmannia bicolor Mart.		Savanes de Karouabo
CYPERACEAE	Bulbostylis conifera (Kunth) C.B. Clarke		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Bulbostylis juncoides (Vahl) Kük. ex Osten		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Bulbostylis stenocarpa Kük.		Savanes de Karouabo
	Bulbostylis tenuifolia (Rudge) J.F. Macbr.		Savanes de Karouabo
	Eleocharis mitrata (Griseb.) C.B. Clarke		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Eleocharis pachystyla (C. Wright) C.B. Clarke		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Rhynchospora curvula Griseb.		Savanes de Karouabo
	Rhynchospora spruceana C.B. Clarke		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
ERIOCAULACEAE	Rhynchospora triflora Vahl		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Eriocaulon melanocephalum Kunth		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Syngonanthus gracilis (Bong.) Ruhland		Savanes de Karouabo
	Syngonanthus gracilis (Bong.) Ruhland		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
IRIDACEAE	Syngonanthus umbellatus (Lam.) Ruhland		Savanes de Karouabo
	Cipura paludosa Aubl.		Savanes de Karouabo
LILIACEAE	Curculigo scorzonerifolia (Lam.) Baker		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
ORCHIDACEAE	Cyrtopodium andersonii (Lamb. ex Andrews) R. Br.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Habenaria spathulifera Cogn.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Habenaria repens Nutt.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Habenaria schwackei Barb. Rodr.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Habenaria sprucei Cogn.		Savanes de Karouabo
	Habenaria trifida Kunth		Savanes de Karouabo
	Vanilla pompona subsp. grandiflora (Lindl.) Soto Arenas		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou

Famille	Espèce	Protégée	Source ZNIEFF
	Vanilla hartii Rolfe		Savanes de Karouabo
POACEAE	Axonopus passourae G.A. Black	X	Savanes de Karouabo
	Eragrostis scaligera Salzm. ex Steud.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Reimarochloa aberrans (Döll) Chase		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Sacciolepis angustissima (Hochst. ex Steud.) Kuhlmann		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Spartina alterniflora Loisel.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Sporobolus virginicus (L.) Kunth		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
XYRIDACEAE	Abolboda americana (Aubl.) Lanj.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Xyris malmeana L.B. Sm.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Xyris spathacea Lanj.		Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
OPHIOGLOSSACEAE	Ophioglossum nudicaule L. f.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
PARKERIACEAE	Ceratopteris pteridoides (Hook.) Hieron.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
SCHIZAEACEAE	Actinostachys pennula (Sw.) Hook.	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou
	Anemia pastinacaria Moritz ex Prantl	X	Savanes de Karouabo
	Schizaea incurvata Schkuhr	X	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou

Liste des oiseaux présents dans les deux Znieff (D= Déterminant)

taxon	ZNIEFF	determinance
Accipiter poliogaster	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Actitis macularius	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Agamia agami	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Ajaia ajaia	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Amazilia chionopectus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Amazilia fimbriata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Amazilia leucogaster	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Amazona amazonica	Savanes de Karouabo	D
Ammodramus humeralis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Anas discors	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Anhinga anhinga	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Anthracothorax viridigula	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Anthus lutescens	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Anurolimnas viridis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ara manilata	Savanes de Karouabo	A
Aramus guarauna	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Aratinga pertinax	Savanes de Karouabo	A
Ardea alba	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ardea cocoi	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Arenaria interpres	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Asturina nitida	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Automolus rubiginosus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Bartramia longicauda	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Botaurus pinnatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Bubulcus ibis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Busarellus nigricollis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Buteo albicaudatus	Savanes de Karouabo	D
Buteo brachyurus	Savanes de Karouabo	A
Buteo magnirostris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Buteo nitidis	Savanes de Karouabo	A
Buteogallus aequinoctialis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Buteogallus meridionalis	Savanes de Karouabo	A
Buteogallus urubitinga	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Butorides striata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cacicus cela	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cairina moschata	Savanes de Karouabo	D
Calidris alba	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Calidris canutus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Calidris fuscicollis	Savanes de Karouabo	D

taxon	ZNIEFF	determinance
Calidris himantopus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Calidris melanotos	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Calidris minutilla	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Calidris pusilla	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Calliphlox amethystina	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Campephilus rubricollis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Camptostoma obsoletum	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Caprimulgus cayennensis	Savanes de Karouabo	A
Caracara cheriway	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Cathartes aura	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Chaetura brachyura	Savanes de Karouabo	A
Chaetura spinicauda	Savanes de Karouabo	A
Charadrius collaris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Charadrius semipalmatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Charadrius vociferus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Charadrius wilsonia	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Chelidoptera tenebrosa	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Chlidonias niger	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Chloroceryle aenea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Chordeiles acutipennis	Savanes de Karouabo	A
Chrysolampis mosquitus	Savanes de Karouabo	A
Ciconia maguari	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Circus buffoni	Savanes de Karouabo	D
Coccyzus melacoryphus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Coccyzus minor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cochlearius cochlearius	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Columbina talpacoti	Savanes de Karouabo	A
Conopophaga aurita	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Coragyps atratus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Crax alector	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Crotophaga ani	Savanes de Karouabo	A
Crotophaga major	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Crypturellus cinereus	Savanes de Karouabo	A
Crypturellus erythropus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Crypturellus soui	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Crypturellus variegatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cyanerpes cyaneus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cyanicterus cyanicterus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Dacnis cayana	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Deconychura stictolaema	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Dendrocincla merula	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

taxon	ZNIEFF	determinance
Dendrocygna autumnalis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Dryocopus lineatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Egretta caerulea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Egretta thula	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Egretta tricolor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Elaenia chiriquensis	Savanes de Karouabo	D
Elaenia cristata	Savanes de Karouabo	D
Elaenia flavogaster	Savanes de Karouabo	A
Elaenia ruficeps	Savanes de Karouabo	D
Elanoides forficatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Emberizoides herbicola	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Eudocimus ruber	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Falco columbarius	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Falco deiroleucus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Falco peregrinus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Falco ruficularis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Florisuga mellivora	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Fluvicola pica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Forpus passerinus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Frederickena viridis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Fregata magnificens	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Galbula dea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Galbula galbula	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Gallinago undulata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Gelochelidon nilotica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Geranospiza caerulescens	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Haematopus palliatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Harpia harpyja	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Heliornis fulica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Herpetotheres cachinnans	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Himantopus mexicanus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Hirundo rustica	Savanes de Karouabo	A
Hylophilus pectoralis	Savanes de Karouabo	A
Icterus nigrogularis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ictinea plumbea	Savanes de Karouabo	A
Ictinia plumbea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Inezia caudata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Iodopleura fusca	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Ixobrychus exilis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Jabiru mycteria	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Jacana jacana	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A

taxon	ZNIEFF	determinance
Laniocera hypopyrrha	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Larus fuscus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Legatus leucophaeus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Leistes militaris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Leptodon cayanensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Leucophaeus atricilla	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Leucopternis albicollis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Limnodromus griseus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Limosa haemastica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Manacus manacus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Megaceryle torquata	Savanes de Karouabo	A
Mesembrinibis cayennensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Micropygia schomburgkii	Savanes de Karouabo	D
Milvago chimachima	Savanes de Karouabo	A
Mimus gilvus	Savanes de Karouabo	A
Mycteria americana	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Myiarchus ferox	Savanes de Karouabo	A
Myiodynastes maculatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Myiopagis flavivertex	Savanes de Karouabo	D
Myiozetetes cayanensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Myrmeciza atrothorax	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Myrmotherula guttata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Nemosia pileata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Notharchus macrorhynchos	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Notharchus tectus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Numenius americanus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Numenius phaeopus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Nyctanassa violacea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Nycticorax nycticorax	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Oceanites oceanicus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Oceanodroma leucorhoa	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Onychoprion fuscatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Oreothlypis peregrina	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ortalis motmot	Savanes de Karouabo	A
Oryzoborus angolensis	Savanes de Karouabo	D
Pachyramphus surinamus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pandion haliaetus	Savanes de Karouabo	A
Patagioenas cayennensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Patagioenas speciosa	Savanes de Karouabo	A
Pelecanus occidentalis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Penelope marail	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

taxon	ZNIEFF	determinance
Percnostola rufifrons	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Periporphyrus erythromelas	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Perissocephalus tricolor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Phaeomyias murina	Savanes de Karouabo	A
Phaethornis malaris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Phalacrocorax brasilianus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Philohydor lictor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Phoenicopterus ruber	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Phylloscartes virescens	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Piaya cayana	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Piaya melanogaster	Savanes de Karouabo	A
Piaya minuta	Savanes de Karouabo	A
Pilherodius pileatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pionopsitta caica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pipra aureola	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Pipra erythrocephala	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Piprites chloris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Pitangus sulphuratus	Savanes de Karouabo	A
Pluvialis dominica	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pluvialis squatarola	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Podilymbus podiceps	Savanes de Karouabo	D
Polioptila guianensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Polioptila plumbea	Savanes de Karouabo	A
Polystictus pectoralis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Porphyrio flavirostris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Progne chalybea	Savanes de Karouabo	A
Psarocolius decumanus	Savanes de Karouabo	A
Psophia crepitans	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pteroglossus aracari	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Pteroglossus viridis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Rallus longirostris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ramphastos tucanus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ramphastos vitellinus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Ramphocelus carbo	Savanes de Karouabo	A
Rynchops niger	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Schistochlamys melanopis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Selenidera culik	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Spizastur melanoleucus	Savanes de Karouabo	D
Sporophila bouvronides	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Sporophila castaneiventris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Sporophila plumbea	Savanes de Karouabo	D

taxon	ZNIEFF	determinance
<i>Sterna aculeata eurynota</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Sterna hirundo</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Sterna maxima</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Sterna sandvicensis</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Sternula antillarum</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Sturnella magna</i>	Savanes de Karouabo	D
<i>Sublegatus arenarum</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tachornis squamata</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Tachycineta albiventer</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Tangara cayana</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tangara chilensis</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tangara varia</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
<i>Thalurania furcata</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Thraupis episcopus</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Thraupis palmarum</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Thryothorus coraya</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tigrisoma lineatum</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tinamus major</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tityra cayana</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Todirostrum maculatum</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Touit batavica</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tringa flavipes</i>	Savanes de Karouabo	D
<i>Tringa melanoleuca</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
<i>Tringa semipalmatus</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tringa solitaria</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Tyranneutes virescens</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
<i>Tyrannus dominicensis</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Tyrannus savanna</i>	Savanes de Karouabo	A
<i>Vanellus chilensis</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Volatinia jacarina</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Xipholena punicea</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
<i>Zebrilus undulatus</i>	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

Liste des amphibiens présents dans les deux Znieff (D= Déterminant)

taxon	ZNIEFF	determinance
Dendropsophus gaucheri	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Dendropsophus sp. 1	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Leptodactylus macrosternum	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Rhinella granulosa	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

Liste des reptiles présents dans les deux Znieff (D= Déterminant)

taxon	ZNIEFF	determinance
Chelonoidis carbonaria	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Cnemidophorus cryptus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Cnemidophorus lemniscatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Crotalus durissus	Savanes de Karouabo	D
Dermochelys coriacea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Hydrodynastes bicinctus	Savanes de Karouabo	D
Kentropyx striata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Lepidochelys olivacea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Liophis lineatus	Savanes de Karouabo	D
Phimophis guianensis	Savanes de Karouabo	D
Rhinoclemmys punctularia	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Spilotes pullatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A

Liste des chiroptères présents dans les deux Znieff (D= Déterminant)

taxon	ZNIEFF	determinance
Artibeus jamaicensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Artibeus lituratus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Artibeus obscurus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Carollia perspicillata	Savanes de Karouabo	A
Dermanura cinerea	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Desmodus rotundus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Eptesicus furinalis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Eumops auripendulus	Savanes de Karouabo	A
Furipterus horrens	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Glossophaga soricina	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Lichonycteris obscura	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Macrophyllum macrophyllum	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Micronycteris megalotis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A

taxon	ZNIEFF	determinance
Micronycteris minuta	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Micronycteris sylvestris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Mimon crenulatum	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Molossus molossus	Savanes de Karouabo	A
Molossus rufus	Savanes de Karouabo	A
Myotis nigricans	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Noctilio albiventris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Noctilio leporinus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Phyllostomus elongatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Phyllostomus hastatus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Platyrrhinus brachycephalus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Rhynchonycteris naso	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Saccopteryx bilineata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Saccopteryx leptura	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Sturnira lilium	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Thyroptera tricolor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Tonatia brasiliense	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Tonatia carrikeri	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Trachops cirrhosus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Vampyroides caraccioli	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A

Liste des mammifères non-volants présents dans les deux Znieff (D= Déterminant)

taxon	ZNIEFF	determinance
Alouatta macconnelli	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Bradypus tridactylus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Cabassous unicinctus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Choloepus didactylus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Dasypus novemcinctus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Eira barbara	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Galictis vittata	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Hydrochoerus hydrochaeris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Leopardus wiedii	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Lontra longicaudis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Mazama americana	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Mazama gouazoubira	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Myrmecophaga tridactyla	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Nasua nasua	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Odocoileus cariacou	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

taxon	ZNIEFF	determinance
Panthera onca	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Pithecia pithecia	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Potos flavus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Procyon cancrivorus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Pteronura brasiliensis	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Puma concolor	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Puma yagouarondi	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Saguinus midas	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Saimiri sciureus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Sciurillus pusillus	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Sciurus aestuans	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Tamandua tetradactyla	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	A
Tapirus terrestris	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D
Tayassu pecari	Savanes et pripris du Sinnamary au Kourou	D

Antea Group

CNES

*Analyse de l'état initial et environnemental du site Ariane 6
Phase 0 : Etude bibliographique*

Rapport 75276, Version A

Annexe 2 :

Liste des documents analysés dans l'étude hydrobiologique

Auteur	Année	Référence
Alix M	2012	Hypoxie : impacts sur les communautés de poissons. <i>Rapport interne HYDRECO</i> , 13p
Alstada N.E.W., Kjelsberga B.M., Vøllestad L.A., Lydersen E., Poléo A.B.S	2005	The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (<i>Salmo trutta</i> L.). <i>Environmental Pollution</i> , 133(2005) : 333–342.
Beamish R.J., Lockhart W.L., van Loon J.C. & Harvey H.H	1975	Long term acidification of lake ans resulting effects on fishes. <i>Ambio</i> 4 : 98-102.
Brown, D.J.A.	1981	The effects of various cations on the survival of brown trout, <i>Salmo trutta</i> at low pHs. <i>Journal of Fish Biology</i> , 18 : 31–40.
Brown, D.J.A	1983	Effect of calcium and aluminium concentrations on the survival of brown trout (<i>Salmo trutta</i>) at low pH. <i>Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology</i> , 30 : 582–587.
Cerdan P	1991	Contribution à l'étude des Arthropodes de Petit Saut au travers d'une famille de papillons : les Sphingidae. <i>C. R. Com. Sc. J. Env.</i> , 79-82.
Cerdan P	1992	Etude de l'évolution d'un écosystème au travers de la dynamique des populations d'une famille de lépidoptères : les Sphingidae. <i>Rapport HYDRECI – EDF</i> , 97p
Cerdan P	1995	Impact des tirs au banc d'essai des propulseurs d'Ariane V : Etude des arthropodes au travers des Sphingidae. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 38p
Chapman L.J. & Chapman C.A	1994	Observations on synchronous air breathing in <i>Clarias liocephalus</i> . <i>Copeia</i> , 246-249
Chapman L.J., Chapman C.A., Chadler M	1996	Wetland ecotones as refugia for endangered fishes. <i>Biol. Cons.</i> , 78 : 263-270
Chapman L.J., Chapman C.A., Nordie F.G., Rosenberg A.E	2002	Physiological refugia : swamps, hypoxia tolerance, and maintenance of fish biodiversity in the Lake Victoria region. <i>Comp. Biochem. Physiol.</i> , 133 : 421-437
Chapman L.J., Kaufman L.S., Chapman, C.A., McKenzie F.E.	1995	Hypoxia tolerance in twelve species of East African cichlids : potential for low oxygen refugia in Lake Victoria. <i>Cons. Biol.</i> , 9 : 1274-1288
CNES	2002	Résultats du plan de mesures environnement CSG 2001. 31p
Cronan, C.S. & Schofield, C.L	1979	Aluminium leaching response to acid precipitation: effects on high-elevation watersheds in the northeast. <i>Science</i> 204, 304–306.
Dalziel T.R.K., Morris R., Brown D.J.A	1986	The effects of low pH, low calcium concentrations and elevated aluminium concentrations on sodium fluxes in brown trout, <i>Salmo trutta</i> L. <i>Water, Air and Soil Pollution</i> , 30 : 569–577.
Domenici P., Lefrançois C., Shingles A.	2007	Hypoxia and the anti-predator behaviour of fishes. <i>Phil. Trans. R. Soc.</i> , 362 : 2105-2121.
Freeman R. & W. Everhart H	1971	Toxicity of Aluminum Hydroxide Complexes in Neutral and Basic Media to Rainbow Trout. <i>Transactions of</i>

Auteur	Année	Référence
		<i>the American Fisheries Society</i> , 100: 644-658
Gensemer, R.W. & Playle, R.C.	1999	The bioavailability and toxicity of aluminium in aquatic environments. <i>Critical Reviews in Environmental Science and Technology</i> , 29 : 315–450.
Guillemet L. ; Monchaux D ; Lereun S.	2014	Surveillance la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 62p
Hem D.J. & Robertson C.E	1967	Form and stability of Aluminium hydroxide complexes in dilute solution, Geological Survey Water- Supply Paper 1827-A. <i>U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.</i>
Henriksen A., Skogheim O.K., Rosseland, B.O	1984	Episodic changes in pH and aluminium-speciation kill fish in a Norwegian salmon river. <i>Vatten</i> , 40 : 255–260
Hughes G.M	1984	General Anatomy of the Gills, VI Gill morphometry. <i>In: Hoar, W.S., Randall, D.J. (Eds.), Gills. Academic Press, Orlando : 40–63.</i>
Hughes G.M	1985	Comparative studies of respiration as a guide to the sélection of bio indicators. <i>Symp biomonitor state environ : 126-141</i>
Lauzanne L., Morais T. (de), Morais A. (de), Ponton D	1993	Structure biologique des peuplements ichtyques du fleuve Sinnamary en Guyane française. <i>Rapport EDF – ORSTOM</i> , 133p
Larsen TB & Buchmann K.	2003	Effects of aqueous aluminium chloride and zinc chloride on survival of the gill parasitizing monogenean <i>Pseudodactylogyrus anguilla</i> from European eel <i>Anguilla anguilla</i> . <i>Bull Eur Assoc Fish Pathol.</i> 23 : 123–7.
Lydersen E., Poléo A.B.S., Nandrup Pettersen M., Riise G., Salbu B., Kroglund F., Rosseland B.O	1994	The importance of in situ measurements to relate toxicity and chemistry in dynamic aluminium freshwater systems. <i>Journal of Ecological Chemistry</i> , 3 : 357–365.
Lydersen E., Xnevad S., Stbye K., Andersen R.A., Bjerkely F., Viljestad L.A., Poléo A.B.S	2002	The effects of ionic strength on the toxicity of aluminium to Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) under non-steady state chemical conditions. <i>Journal of Limnology</i> , 61 : 69–76
Mc Donald D.G. & Wood C.M	1993	Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish. <i>In : Rankin J.C. & Jensen F.B. (eds), fish ecophysiology, Chapman & hall, London : 297-321</i>
Melnychuk M.C. & Chapman L.J	2002	Hypoxia tolerance of two haplochromine cichlids : swamp leakage and potential for interlacustrine dispersal. <i>Environ. Biol. Fish.</i> 65 : 99-110
Mérona B. (de)	1998	Surveillance de la faune ichtyologique dans la zone du Centre Spatial Guyanais. <i>Rapport final, Contrat ORSTOM – CNES</i> , 18p.

Auteur	Année	Référence
Mérona B. (de)	2001	Surveillance de la faune ichtyologique dans la zone du Centre Spatial Guyanais. <i>Rapport final, Contrat ORSTOM – CNES</i> , 37p
Mérona, B. (de)	2011	Contrat cadre recherche et développement pour la définition d'indices biologiques en vue de l'évaluation de la qualité écologique des eaux continentales de la Guyane – Rapport terminal. <i>DIREN, IRD, ONEMA, Hydreco, 2</i> , 167p
Mérona, B. (de), Terejina Garro F.L., Hugueny F., Soulard F., Barral M., Vigouroux R	2000	Elaboration d'un indice biotique de qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les poissons. <i>Convention DIREN « Qualité des eaux guyanaise », annexe 7</i> , 28p
Metcalfe J.D. & Butler P.J	1984	Changes in activity and ventilation in response to hypoxia un unrestrained, unoperated dogfish, <i>Scyliorhinus canicula</i> . <i>J. exp. Biol.</i> , 108 : 411-418
Monchaux D. & Vigouroux R	2013	Etude des pêches profondeur et des communautés piscicoles du réservoir de Petit Saut (Guyane française) : Analyse des données profondeur. <i>Rapport HYDRECO – EDF</i> , 34p
Monchaux D., Vigouroux R., Merona B. (de)	2014	Etude des données ichtyologiques DCE de Guyane 2013 – Mise à jour et étude de l'indice poisson de Guyane. <i>Rapport Final, HYDRECO/OEG/DEAL</i> , 80p
Neville, C.M.	1985	Physiological response of juvenile rainbow trout, <i>Salmo gairdneri</i> , to acid and aluminum – prediction of field responses from laboratory data. <i>Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences</i> , 42 : 2004–2019
Nilsson G.E. & Ostlund-Nilsson S	2004	Does size matter for hypoxia tolerance in fish ? <i>Biol. Rev.</i> 83 : 173-189
Noël D	2011	Effet de l'Aluminium sur les poisson d'eau douce de Guyane : Synthèses bibliographique. <i>Rapport interne HYDRECO</i> , 10p
Noël, D., L. Guillemet, Vigouroux R	2008	Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. Année 2008. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 47p
Noël D., Guillemet L., Vigouroux R.	2011	Surveillance la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. Année 2010. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 52p.
Noël D., Guillemet L., Vigouroux R	2012	Surveillance la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de

Auteur	Année	Référence
		propulsions du lanceur Ariane 5 et Soyouz sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. Année 2011. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 66p
Playle R.C., Goss G.G., Wood C.M	1989	Physiological disturbances in rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i>) during acid and aluminum exposures in soft water of two calcium concentrations. <i>Canadian Journal of Zoology</i> , 67 : 314–324
Poléo A.B.S	1995	Aluminium polymerization : a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. <i>Aquatic Toxicology</i> , 31 : 347–356
Poléo A.B.S. & Bjerkely F	2000	Effect of unstable aluminium chemistry on Arctic char (<i>Salvelinus alpinus</i>). <i>Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences</i> , 57 : 1423–1433.
Poléo A.B.S., Lydersen E., Rosseland B.O., Kroglund F., Salbu B., Vogt R.D., Kvellestad A	1994	Increased mortality of fish due to changing Al-chemistry of mixing zones between limed streams and acidic tributaries. <i>Water, Air and Soil Pollution</i> , 75 : 339–351
Poléo A.B.S. & Muniz I.P	1993	The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i> L.). <i>Environmental Biology of Fishes</i> , 36 : 193–203.
Poléo ABS, Schjolden J, Hansen H, Bakke T.A., Rosseland B.O	2004	The effect of various metals on Gyrodactylus salaris (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>). <i>Parasitology</i> , 128 : 169–77
Reid S.G., Sundin L. et Milson W.K	2006	The cardiorespiratory system in tropical fishes : structure, function, and control. In <i>Tropical fishes</i> (Val L. V., Almeida-Val, V. M. F. et Randall D. J., Eds), <i>Fish Physiology</i> , 21 : 225-274
Richard S.	2006	Bilan des résultats des plans de mesures environnement – CSG 2005. <i>Rapport CNES</i> , 36p
Richard S. & Cerdan P	2000	Essai d'élaboration d'un indice biotique de la qualité des milieux aquatiques continentaux de Guyane basé sur les invertébrés. <i>Convention DIREN « Qualité des eaux guyanaises », annexe 5</i> , 37p
Richard S., Cerdan P., Reynouard C. & Horeau V	2002	Mercure et aluminium sur le littoral guyanais (Mer-Al-Lit) – Analyses d'eaux et poissons. <i>Rapport final HYDRECO – URMLG (Union Régionale des Médecins Libéraux de Guyane)</i> , 21p
Roberts T.R	1973	The Glandulocaudinae characid fishes of the Guayas basin in western Ecuador. <i>Bulletin of the Museum of Comparative Zoology</i> , 144(8): 489–51
Rosseland B.O., Blakar I.A., Bulger A., Kroglund F., Kvellestad A., Lydersen E., Oughton D.H., Salbu B., Staurnes M., Vogt, R.	1992	The mixing zone between limed and acidic river waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. <i>Environmental Pollution</i> , 78 : 3–8.

Auteur	Année	Référence
Roy R.L. & Campbell P.G.C.	1997	Decreased toxicity of Al juvenil Atlantic Salmon (<i>Salmo salar</i>) in acidic soft water containing natural organic matter : test of the free ions model. <i>Environ. Toxicol Chem.</i> , 16 : 1962-1969.
Saint-Paul U. & Soares B.M	1987	Diurnal distribution and behavioral responses of fishes to extreme hypoxia in an Amazon floodplain lake. <i>Environ. Biol. Fish.</i> 20 : 91-104.
Schofield P.J. & Chapman L.J.	2000	Hypoxia tolerance of introduces Nile perch : implications for survival of indigenous fishes in the Lake Victoria basin. <i>Afr. Zool.</i> , 35 : 35-42.
Seip H.M., Andersen, D.O., Christophersen, N., Sullivan, T.J., Vogt, R.D	1989	Variations in concentrations of aqueous aluminium and other chemical species during hydrological episodes at Birkenes, southernmost Norway. <i>Journal of Hydrology</i> 108, 387–405.
Sneddon L.U. & Yerbury J.	2004	Differences in response to hypoxia in the three-spined stickleback from lotic and lentic localities : dominance and an anaerobic metabolite. <i>J. Fish. Biol.</i> 64 : 799-804
Soleng A., Poléo A.B.S., Alstad N.E.W., Bakke T.A.	2005	Aqueous aluminium eliminates Gyrodactylus salaris (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. <i>Parasitology</i> 1999 ; 119:19–25. Soleng A., Poléo A.B.S., Bakke T.A., Toxicity of aqueous aluminium to the ectoparasitic monogenean Gyrodactylus salaris. <i>Aquaculture</i> , 250 : 616–20.
Steen J.B. & Stray-Pedersen S	1975	The permeability of fish gills with comments on the osmotic behavior of cellular membranes. <i>Acta Physiologica Scandinavica</i> , 95 : 6–20.
Stober Q. J., Kurko K.W., Erickson A.W.	1976	Preliminary environmental impact assessment of the sunrise mine-mill project on fishes and wild resources. <i>Final report. State of Washington, Department of Natural Resources, Olympia, Washington.</i> 46p
Stoddard, J.L., Jeffries, D.S., LuÅN kewille, A., Clair, T.A., Dillon, P.J., Driscoll, C.T., Forsius, M., Johannessen, M., Kahl, J.S., Kellogg, J.H., Kemp, A., Mannio, J., Monteith, D.T., Murdoch, P.S., Patrick, S., Rebsdorf, A., Skjelkva le, B.L., Stainton, M.P., Traaen, T., van Dam, H., Webster, K.E., Wieting, J., Wilander, A	1999	Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe. <i>Nature</i> , 401 : 575–578
Svobodová Z., Lloyd R., Máchová J., Vykusová B	1993	Water quality and fish health. <i>EIFAC Technical Paper. No. 54. Rome, FAO</i> , 59p.
Teien H.C., Kroglund F., Økland F., Salbu B., Rosseland B.O	2009	Mobilisation of river transported colloidal aluminium in estuaries and the impact on migrating Atlantic salmon smolts (<i>Salmo salar</i> L.). In Exley C., Batysta M., Borůvka L., Drábek O. & Němeček K. – 2009 – The

Auteur	Année	Référence
		Natural History of Aluminium: From Non-Selection to Natural Selection Eighth Keele Meeting on Aluminium. <i>Book of Abstracts</i> , 60p
Thomas A. & Orth K	2000	Etude préliminaire sur l'évaluation de la qualité des eaux des rivières de Guyane française à l'aide des communautés d'Ephéméroptères: Systematique, répartition géographique, élaboration d'un premier indice de qualité des eaux (SMEG). <i>Rapport Hydreco – Université Paul Sabatier</i> , 34p.
Val A.L. & Kapoor B.G	2003	Fish adpations. <i>Val A.L. & Kapoor B.G. eds</i> , 418p
Vigouroux R.	2004	Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat Hydreco – CNES</i> , 36p
Vigouroux R. & Guillemet L	2005	Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat Hydreco – CNES</i> , 49p
Vigouroux R. & Guillemet L	2006	Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat Hydreco – CNES</i> , 57p
Vigouroux, R. & L. Guillemet	2007	Surveillance de la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. Année 2007. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 60p
Vigouroux R. & Guillemet L	2010	Surveillance la faune aquatique dans la zone du Centre Spatial Guyanais : Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat HYDRECO – CNES</i> , 61 p
Vigouroux R. & Richard S	2003	Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques. <i>Contrat Hydreco – CNES</i> , 40p
Vigouroux R., Richard S., Horeau V., Reynouard C., Cerdan P	2002	Etude de l'impact des retombées des produits issus des poudres de propulsions du lanceur Ariane 5 sur les populations de poissons et les invertébrés aquatiques.

Auteur	Année	Référence
		<i>Contrat Hydreco – CNES, 36p.</i>
Vuorinen P.J. & Vuorinen M	1991	Effects of long-term perspawning acid/aluminium exposure on Whitefish (<i>Coregonus wartmanni</i>) reproduction and blood parameters. <i>Finnish Fish Res.</i> , 12 : 125-133.
Vuorinen M., Vuorinen P.J., Rask M. & Suomela J	1994	The sensitivity to acidity and aluminium of newly hatched perch (<i>Perca fluviatilis</i>) originated from strains from lakes with different degrees of acidity. <i>FAO, Fishing news books, University Press, Cambridge</i> : 273-288.
Vuorinen P.J., Keinanen M., Peuranen S., Tigerstedt C	1999	Effects of iron, aluminium, dissolved humic material and acidity on grayling (<i>Thymallus thymallus</i>) in laboratory exposures, and a comparison of sensitivity with brown trout (<i>Salmo trutta</i>). <i>Boreal environment research</i> , 3 : 405-419
Wetherley N.S., Rogers A.P., Goenaga X., Ormerod S.J.	1990	The survival of early stages of Brown trout (<i>Salmo trutta L.</i>) in relation to aluminium speciation in upland Welsh streams. <i>Aquat Toxicol.</i> , 17 : 213-227.
Wood C.M. & McDonald D.G	1987	The physiology of acid/aluminium stress in trout. <i>Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique</i> , 117 (Suppl. 1) : 339-410.

Antea Group

CNES

*Analyse de l'état initial et environnemental du site Ariane 6
Phase 0 : Etude bibliographique*

Rapport 75276, Version A

Annexe 3 :

Liste des espèces prélevées durant le suivi Ariane 5

Genre	Espèces	ZNIEFF	Genre	Espèces	ZNIEFF
Astyanax	bimaculatus		Hypostomus	ventromaculatus	X
Sciades	Couma		Krobia	guianensis	
Acestrorhynchus	Falcatus		Guyanancistrus	brevispinis	
Sciades	Hezbergii		Leporinus	Fasciatus	X
Ancistrus	hoplogenys	X	Leporinus	Friderici	
Auchenipterus	Nuchalis		Leporinus	Gossei	X
Anchovia	surinamensis		Leporinus	Granti	
Aequidens	tetramerus		Moenkhausia	chrysargyrea	
Cichlasoma	bimaculatum		Metynnis	lippincottianus	
Callichthys	callichthys		Myloplus	Ternetzi	
Curimata	cyprinoides		Megalechis	Thoracata	
Chaetobranchus	flavescens	X	Poptella	brevispina	
Cleithracara	Maronii		Pimelodella	Cristata	
Centropomus	Parallelus		Piabucus	Dentatus	
Crenicichla	Saxatilis		Trachelyopterus	Galeatus	
Electrophorus	Electricus		Pseudoauchenipterus	Nodosus	
Erythrinus	erythrinus		Polycentrus	schomburgkii	
Eigenmannia	Virescens		Plagioscion	squamosissimus	
Geophagus	surinamensis		Rhamdia	quelen	
Heros	efasciatus		Megalops	atlanticus	
Hemiodus	unimaculatus		Trachelyopterus	coriaceus	X
Hoplosternum	Littorale		Tatia	intermedia	
Hoplias	malabaricus		Hyphessobrycon	simulatus	X
Hoplerythrinus	unitaeniatus		Nannacara	aureocephalus	X

Liste des Ordres d'insectes aquatiques hors Ephéméroptères

Ordre	Famille	Ordre	Famille
ANISOPTERE	AESHNIDAE	TRICHOPTERE	ODONTOCERIDAE
	CORDULIIDAE		PHILOPOTAMIDAE
	GOMPHIDAE		POLYCENTROPODIDAE
	LIBELLULIDAE		CALOPTERIGYDAE
COLEOPTERE	DYTISCIDAE	ZYGOPTE	LESTIDAE
	ELMIDAE		MEGAPODAGRIONIDAE
	GYRINIDAE		PROTONEURIDAE
DIPTERE	CERATOPOGONIDAE	HETEROPTERE	BELOSTOMATIDAE
	CHAOBORIDAE		CORIXIDAE
	CHIRONOMIDAE		GERRIDAE
	CULICIDAE		MESOVELIIDAE
	EMPIDIDAE		NAUCORIDAE
	SIMULIDAE		NOTONECTIDAE
	TABANIDAE		PLEIDAE
HETEROPTERE	BELOSTOMATIDAE	LEPIDOPTERE	VELIIDAE
	CORIXIDAE		PYRALIDAE
	GERRIDAE	PLECOPTERE	
	MESOVELIIDAE	TRICHOPTERE	HELICOPSYCHIDAE
	NAUCORIDAE		HYDROPSYCHIDAE
	NOTONECTIDAE		LEPTOCERIDAE
	PLEIDAE		ODONTOCERIDAE
VELIIDAE	PHILOPOTAMIDAE		
LEPIDOPTERE	PYRALIDAE	POLYCENTROPODIDAE	
PLECOPTERE		CALOPTERIGYDAE	
TRICHOPTERE	HELICOPSYCHIDAE	ZYGOPTE	LESTIDAE
	HYDROPSYCHIDAE		MEGAPODAGRIONIDAE
	LEPTOCERIDAE		PROTONEURIDAE

Liste des Ephéméroptères et classification individuelle selon le SMEG

EPHEMEROPTERE	Score Individuel SMEG
BAETIDAE	
AMERICABAETIS	3
CALLIBAETIS	1
CLOEODES	1
CRYPTONYMPHA	5
PARACLOEODES	
SPIRITIOPS	3
CAENIDAE	
CAENIS	1
CORYPHORIDAE	
CORYPHORUS	5
LEPTOHYPHIDAE	
LEPTOHYPHES	4
TRICHORYTHODES	3
LEPTOPHLEBIIDAE	
FARRODES	
MICROPHLEBIA	4
MIROCOLIS	5
SIMOTHRAULOPSIS	3
TERPIDES	3
ULMERITUS	5
POLYMITARCYIDAE	
CAMPSURUS	2
1 : Très peu polluosensible / 2 : Peu polluosensible / 3 : Assez polluosensible / 4 : Polluosensible / 5 : Très polluosensible	

Observations sur l'utilisation du rapport

Observation 1 - obligatoire pour tout rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Observation 2

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Fiche signalétique

Rapport

Titre : PHASE 0 - Etude bibliographique

Numéro et indice de version : 75276

Date d'envoi : Juillet 2014

Nombre de pages : 79

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 ex. service de documentation

Nombre d'annexes dans le texte : 3

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

1 ex. client

1 ex. (unité)

Client

Coordonnées complètes : CNES - CSG BP 726 97387 KOUROU

Téléphone :

Télécopie :

Nom et fonction des interlocuteurs : *Sabrina JEAN – LOUIS ; Sandrine RICHARD*

ANTEA

Unité réalisatrice : EANT

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

RENAUD VIOT , interlocuteur commercial

RENAUD VIOT , responsable du projet

CHEILLETZ.C. auteurs

Secrétariat : Christine CHIOCCA

(signature)

Qualité

Contrôlé par : *Renaud VIOT*

(signature)

Date : *Juillet 2014 - Version A*

..... - Version B

N° du projet : GUY140002

Références et date de la commande : 21/03/2014

Mots-clés : Bibliographique, hydrobiologie, faune, flore, hydrologie, hydrogéologie