

Connaissance des aquifères littoraux en Guyane

Matthieu Baisset, Manuel Parizot, Thierry Pointet

BRGM Guyane

m.baisset@brgm.fr

La Guyane française, outre son extraordinaire biodiversité, tant animale que végétale, et son singulier carnaval, est également forte d'un riche patrimoine géologique. Composée à 85% de roches de socle datant du Protérozoïque, elle garde uniquement, le long de son littoral, une mince frange de 10 km de large formée de sédiments quaternaires. Ces dépôts à dominante argileuse sont encore bien méconnus, et la caractérisation, tant qualitative que quantitative, des aquifères qu'ils pourraient contenir échappe à la stratégie de surveillance et de contrôle de la DCE. Afin de diversifier la ressource en eau potable, dont l'approvisionnement est totalement assuré par les eaux de surface, il est tout à fait nécessaire d'étayer la connaissance de cette ressource souterraine d'autant plus stratégique que cette partie du territoire connaît actuellement un développement démographique majeur.

Dans les années quatre-vingt-dix, des travaux de recherche du BRGM en hydrogéologie ont conduit à une description de la structuration de la frange littorale guyanaise en forme de « touches de piano » (Pointet, 1995). Ce constat a permis, en 2009, de jeter les bases d'une méthodologie de prospection hydrogéologique sur le littoral Guyanais (Declercq, 2009). Cette dernière a été mise à jour, au cours de cette étude, afin de proposer une nouvelle approche de recherche basée à la fois sur l'observation de structures tectoniques et sur l'histoire sédimentologique de la frange littorale. Validée, in fine, par une prospection géophysique, puis des forages d'exploration, elle permettra de caractériser les étendues aquifères de la bande côtière Guyanaise, en vue d'apporter un soutien à l'approvisionnement en eau potable des communes de l'île de Cayenne et de Kourou.

I. Mise en place des dépôts quaternaires :

Cette démarche de prospection d'aquifères côtiers repose sur une étude conjointe de l'histoire géologique et tectonique de la région. Il s'agit de comprendre les mécanismes de mise en place des dépôts afin de repérer de potentielles formations sableuses significatives qui constitueraient les niveaux perméables convoités. Ces mécanismes dépendent de trois facteurs :

- les paléosurfaces étagées de Guyane ;
- la fluctuation du niveau marin ;
- la tectonique.

I. 1 Les paléosurfaces étagées de Guyane

L'ensemble du bouclier des Guyanes présente une altération latéritique, qui résulte de conditions tectoniques et climatiques favorables lors de l'Eocène et du Miocène. Les roches magmatiques constitutives du bed-rock se sont altérées chimiquement, d'abord sous une forme meuble (saprolite à dominante argileuse), puis sous forme indurée en cuirasses riches en fer et en aluminium. On dénombre trois phases successives de latérisation entrecoupées par des périodes d'érosion, ayant donné lieu à l'étagement des surfaces anciennes dans le paysage de la plaine littorale. Ainsi trois unités sont observables (figure 1) :

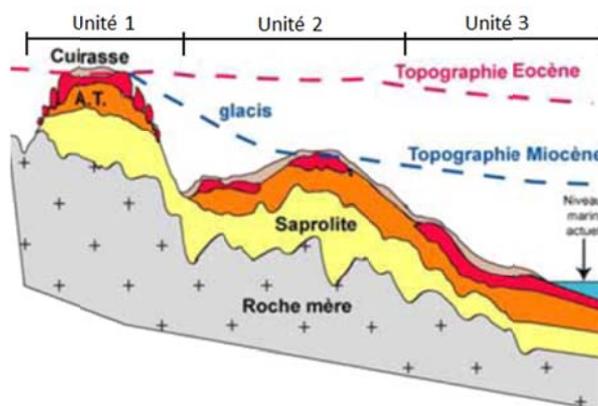


Figure 1 – Représentation schématique des paléosurfaces étagées (d'après Théveniaut et Freyssinet, 1999)

- « Unité 1 » dont les plateaux subhorizontaux se trouvent à 80 m d'altitude, datée de l'Eocène, la cuirasse y est très épaisse : 8 à 15 m d'épaisseur ;
- « Unité 2 » dont les plateaux subhorizontaux se trouvent entre 20 et 50 m d'altitude, datée du Miocène supérieur, la cuirasse y est moins développée : 5 à 8 m d'épaisseur ;
- « Unité 3 » dont les plateaux subhorizontaux se trouvent en dessous du niveau de la mer, datée du Miocène terminal, la cuirasse présente seulement 1,5 à 4 m d'épaisseur.

Il est possible de présenter une répartition schématique des paléosurfaces étagées (cf. figure 1) sur lesquelles se sont installés les dépôts sédimentaires quaternaires. La connaissance de leur répartition permet d'évaluer en première approximation l'épaisseur du couvert sédimentaire.

I. 2 La fluctuation du niveau marin

Si la bande côtière offre des dépôts allant du Tertiaire au Quaternaire au Suriname, seuls des dépôts quaternaires ont pu être reconnus en Guyane. Ces derniers résultent d'une alternance de transgressions et de régressions du niveau marin apportant respectivement des sédiments à dominante argileuse, suite à une submersion des plaines littorales par la mer, ou des sédiments fluviatiles plus grossiers de type continental, suite à une baisse considérable du niveau marin en période glaciaire. La fluctuation du niveau marin sur une période allant de -400 000 ans à aujourd'hui selon la variation climatique mondiale, est illustrée sur la figure 2.

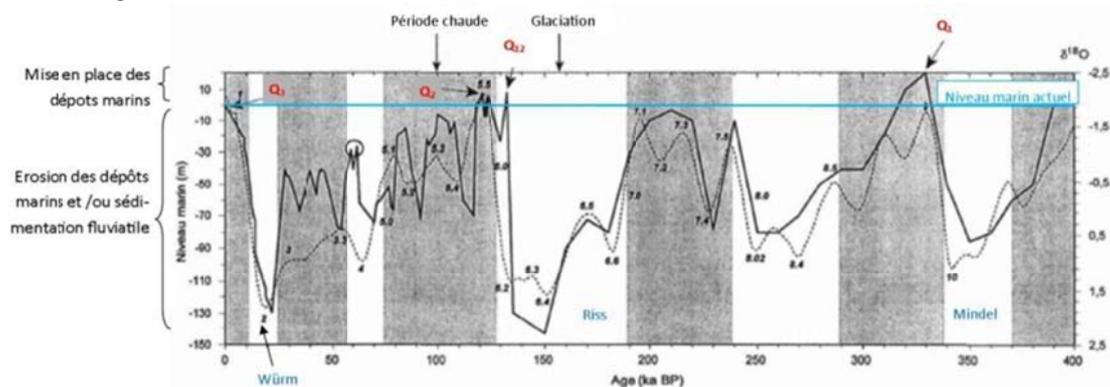


Figure 2 – Fluctuation de niveau marin sur la période -400 000 ans à actuellement (d'après Brinkman et Pons 1968, Torres 1993, Bard et al. 1996, Martison et al. 1987) Position des séries selon la chronostratigraphie de Brinkman et Pons sur la courbe des variations mondiales du niveau marin (trait plein) modifiée d'après Torres (1993) et complétée de 150 ka à 400 ka BP par une

courbe simplifiée reconstituée à partir des données $\delta^{18}O$ (foraminifères benthiques) diverses (Bard et al., 1996)

La Guyane connaît un système de sédimentation littorale vaseuse fortement influencé par les apports de matériaux en provenance de l'Amazonie. Les dépôts y sont fortement argileux, sous forme de bancs, au sein desquels peuvent périodiquement s'installer des sables de plage à la faveur de cycles d'érosion. Lorsque le niveau de la mer est suffisamment élevé, une sédimentation de type sables fins se met en place dans la zone subtidale, reprise par la suite par des dépôts argileux. Ainsi, la plaine littorale peut être comparée à un « mille-feuille sédimentaire », couches d'argile, couches de sable, installées de manière discontinue. À la faveur de bas niveaux marins, une sédimentation de type continental est également observable au niveau des cours d'eau qui selon leurs dynamismes érodent les formations marines en place et déposent des matériaux plus ou moins grossiers.

I. 3 La tectonique

Deux événements majeurs, l'orogénèse transamazonienne et l'ouverture de l'océan atlantique, ont affecté le socle des Guyanes. Ils y ont induit une intense fracturation à dominante normale, accompagnée de décrochements sénestres ductiles. Ces épisodes tectoniques se sont notamment traduits par la mise en place de dykes et de sills de dolérite. Si les moteurs de cette fracturation semblent de nos jours coupés, il n'en demeure pas moins que la frange littorale Guyanaise, pourtant en contexte de marge passive, demeure active. En effet, Palvadeau (1999) démontre que d'anciennes failles sont actuellement en train de rejouer sous l'effet de contraintes imposées par le poids des sédiments charriés sur le plateau continental par l'Amazonie. Ces derniers en déstabilisant le plateau provoquent des compensations isostatiques avec un bombement de la plaine côtière et une subsidence du plateau lui-même. Selon cet auteur, depuis 330 Ka BP, ce mécanisme de surrection est responsable d'un soulèvement de la plaine côtière de plus de 40m. De plus, en conséquence directe à ce modèle de flexure, une contrainte extensive aux extrémités du bombement se met en place. Elle est perpendiculaire à la marge, soit une direction d'extension N30°. Elle implique que des directions structurales anciennes (comprises entre N75° et N165°) puissent jouer en extension. Les bornes de cet intervalle correspondent aux directions de contraintes maximales. En effet, par analogie à un essai de traction, elles représentent les directions des plans de ruptures en domaine plastique. La présence de cette contrainte extensive n'a pu être observée en Guyane, de par la faible qualité des affleurements. Ce raisonnement est basé sur une analogie faite avec le nord-est du Brésil (Assumpção, 1992), où le même modèle géodynamique s'applique. Une contrainte extensive y est observée, déduite de la sismicité, aux extrémités du bombement. Le modèle dynamique suivant est ainsi dégagé (figure 3).

II. Localisation des niveaux aquifères

Afin d'anticiper la localisation des dépôts sableux, un schéma conceptuel de la répartition spatiale des formations sédimentaires rencontrées a été élaboré. Il s'appuie sur les points suivants :

- « **Le réceptacle des dépôts** » : Il s'agit de prédire la morphologie de la paléosurface du socle au moment de la mise en place des dépôts sédimentaires. Cette dernière est directement contrôlée par l'altération du socle et la tectonique.

Suite au modèle géodynamique énoncé en I.3, il s'avère que depuis la fin du Tertiaire des grabens se mettent en place. Ils constituent un lieu privilégié à l'écoulement des fleuves qui divaguent au sein d'un compartiment abaissé. Ces ensembles sont repérables par une étude linéaire réalisée sur photographie aérienne. Ils sont caractérisés par une importante couverture sédimentaire où l'influence continentale des dépôts est très marquée. Il est important de distinguer les vallées créées par l'érosion mécanique des cours d'eau, de celles qui se sont mises en

place à la faveur de jeux de failles (dans le cas présent leurs limites latérales sont rectilignes et un contact franc existe entre dépôt sédimentaire et roche de socle).

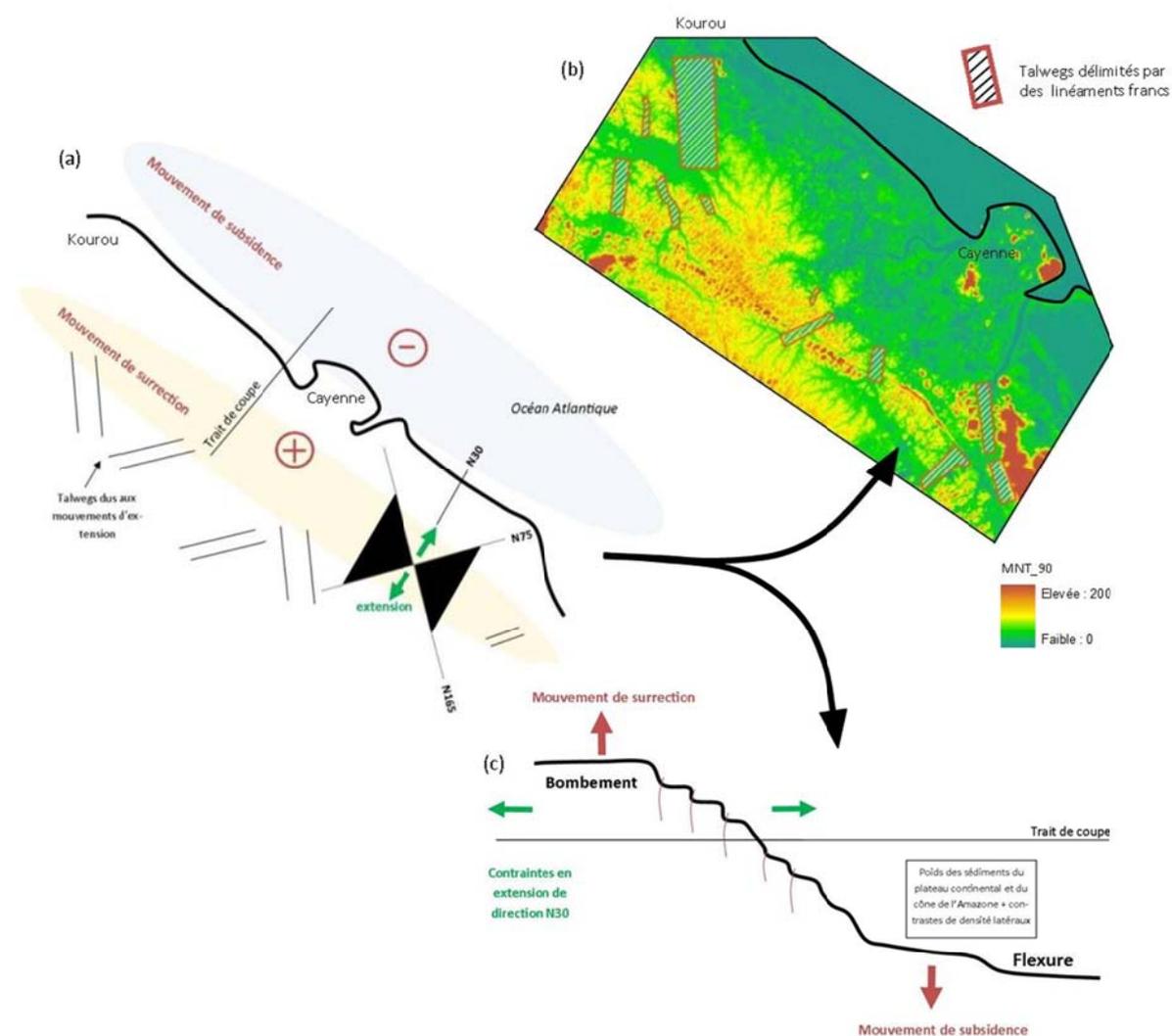


Figure 3 : (a) Modèle géodynamique de la bande côtière Cayenne-Kourou. (b) Illustration du modèle géodynamique à partir du MNT. (c) Vue en coupe du modèle géodynamique de la bande côtière Cayenne-Kourou.

Ce réceptacle est dynamique et se soulève avec des vitesses de surrection de 0,13mm/an (Palvadeau, 1999). Il est également hiérarchisé en différents étages de surfaces tabulaires.

- « **Le moteur de la sédimentation** » : il s'agit de la cote altimétrique du niveau marin. Cette dernière contrôle directement la nature des dépôts qui d'une dominante argileuse (apports de l'Amazonie) peuvent évoluer vers des dépôts sableux en contexte subtidal de plage, ou fluviale. **Ces dépôts sableux constituent la cible hydrogéologique convoitée.**

En couplant l'ensemble des informations développées, il est possible de délimiter trois zones au sein des dépôts sédimentaires du littoral Guyanais (figure 4) :

- « **Zone A** » : à proximité directe de la mer, marquée par des dépôts à dominante argileuse (bancs de vase en provenance de l'Amazonie) ;
- « **Zone B** » : espace intermédiaire argilo-sableux (matrice argileuse entrecoupée de cordons sableux) reposant sur un niveau de cuirasse d'unités 2 ou 3.
- « **Zone C** » : l'arrière-pays composé de dépôts fluviatiles, situé au-dessus du plus haut niveau marin historique, il contient des dépôts sableux à passage argileux. Ces derniers se trouvent au niveau du lit majeur des cours d'eau de forte puissance, au sein de compartiments abaissés, entre deux niveaux d'altération d'unité 2. Ils sont délimités latéralement par de francs linéaments.

Les cibles hydrogéologiques du littoral Guyanais, à savoir les niveaux sableux, sont localisées au niveau des zones B et C.

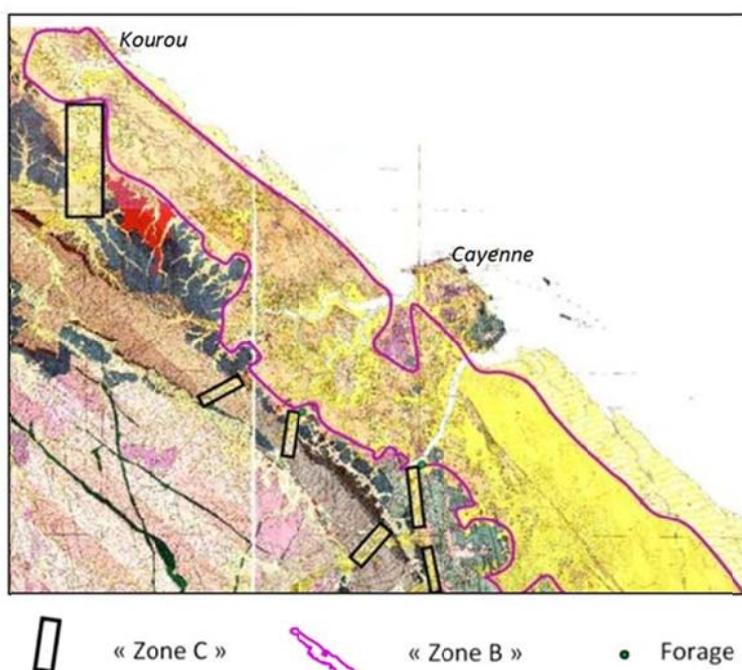


Figure 4 : Répartition spatiale des « zones B et C » au sein de la frange littorale Cayenne-Kourou.

II. 1 Potentiel aquifère de la « zone B »

De l'expérience acquise par le BRGM en matière de prospection hydrogéologique (Pointet, 2000; Gandolfi, 2001; Maréchal, 2005; Cautru, 1995), il s'avère que la zone B ne constitue pas une zone aquifère intéressante; du moins, il semble difficile d'y obtenir des débits d'exploitation supérieurs à $10 \text{ m}^3/\text{h}$: les corps sableux intercalés dans les argiles sont souvent avortés discontinus et isolés. Ces milieux poreux ne sont pas facilement exploitables, en raison de la forte quantité d'argile, et présentent une extension latérale limitée. Ils peuvent néanmoins répondre aux besoins de certains villages, ainsi qu'individuellement aux besoins des habitations dispersées.

II. 2 Potentiel aquifère des « zones C »

Ces zones n'ont encore jamais fait l'objet d'investigation hydrogéologique. Pourtant il y a fort à penser qu'elles pourraient constituer une ressource de choix pour subvenir aux besoins en eau potable des différentes communes du littoral. En effet, le modèle tectonique de la frange littorale démontre un compartimentage de la plaine côtière où des talwegs délimités par de francs linéaments constituent des zones abaissées dans lesquelles s'écoulent les fleuves de forte puissance. Ces linéaments ont une origine tectonique relativement ancienne (fin tertiaire). De ce fait, il y a 18 000 ans, lors de la dernière glaciation, les principaux fleuves de Guyane (La Comte, le Kourou, le Mahury...) s'écoulaient au sein de ces mêmes compartiments. A cette époque, le niveau de la mer se trouvait **130m sous le niveau actuel** et le trait de côte se situait 130km au large du rivage présent (Palvadeau, 1999). Le dynamisme de ces principaux fleuves était totalement différent. Dans un premier temps, ils ont érodé les formations sédimentaires en place au sein des compartiments, puis au fur et à mesure de la transgression actuelle (toujours active), des dépôts alluvionnaires se sont mis en place. Pendant de ce laps de temps, les cours d'eau se sont soulevés sur les sédiments qu'ils mettaient en place. Ces derniers ont évolué d'un faciès de sables grossiers et galets roulés, à un faciès de sables fins puis de silts et d'argiles.

Ainsi, au sein de compartiments abaissés, sous une couche d'argile affleurant, se trouvent des niveaux sableux potentiellement aquifères, de type captif, d'extension latérale limitée mais d'extension longitudinale plurikilométrique. Ces paléo-lits des fleuves majeurs actuels pourraient constituer d'énormes réservoirs d'eaux souterraines constamment alimentés par les cours d'eau ainsi que les écoulements de leurs bassins versants. Leur rôle transparaît à travers les débits d'étiages des grands cours d'eau, relativement importants, lors des rares périodes de sécheresse (ex. octobre 2009) dans les sous-bassins qui ne comportent pourtant pas de formation géologiques perméables en grand.

Une étude photo linéamentaire couplée au MNT et aux cartes géologiques et topographiques a permis de localiser six « zones C » au sein de la frange littorale Kourou-Cayenne (cf. figure 4). Ces unités délimitées latéralement par de francs linéaments constituent des lieux géométriques d'écoulement privilégié des fleuves tels que la Comté, l'Oyack, l'Orapu, le Kourou, la rivière des Cascades et la Tonnegrande. En étudiant la superficie des bassins versants de ces zones, la puissance des cours d'eau qui y coulent, la lithologie du bed-rock drainé, ainsi qu'en intégrant la distance aux agglomérations et leur accessibilité, il est possible d'évaluer la potentialité aquifère supposée. A titre d'exemple, l'étude de la zone « secteur fleuve Comté » est donnée en II.3. De plus, les coupes de deux forages - les seuls présents à proximité des « zones C » sélectionnées - situés en bordure nord de la zone « rivière des Cascades » et « Orapu » (figure 5), proposent des arguments en faveur de l'existence de la couche alluvionnaire sableuse récente surmontée de limons et de vase. La puissance du niveau sableux y varie de 7 à 10m.



Figure 5 : Mise en évidence de la couche sableuse alluvionnaire par forage au niveau de la zone « rivière des Cascades » (à gauche) et « Orapu » (à droite)

Seule une étude géophysique et des forages de reconnaissance permettront de caractériser quantitativement et qualitativement ces niveaux aquifères.

II. 3 Etude de la zone « secteur fleuve Comté »

Le site « talweg de la Comte » représente l'un des sites, de présence probable d'aquifère, les plus favorables que cette méthodologie de prospection a décelé. L'étude des linéaments (figure 6) a permis de mettre en évidence un panneau abaissé d'une superficie de 10 km² environ. Il s'agit d'un talweg créé à la faveur de failles normales entre deux « unités 2 » (cuirasse cependant faiblement développée) dont la lithologie est du schiste de l'Orapu (cf. figure 6). En raison d'une barre de conglomérat sur-consolidée faisant barrage à l'écoulement du Fleuve Comté présente en aval de la zone (cf. figure 6) il est probable d'observer une accumulation de sables en amont de ce dernier. De plus, il est possible d'observer un ancien méandre (cf. figure 6) témoignant d'une évolution du cours d'eau de l'ouest vers l'est. Ainsi, le fleuve a divagué dans ce compartiment abaissé en déposant des matériaux grossiers lorsque son dynamisme le permettait, il y a moins de 10 000 ans de cela. Aucun forage dans la zone ne permet de prédire l'épaisseur de la couche de sable, cependant un forage plus à l'ouest, dans une zone morphologiquement similaire, indique une épaisseur de sable de 10 m.

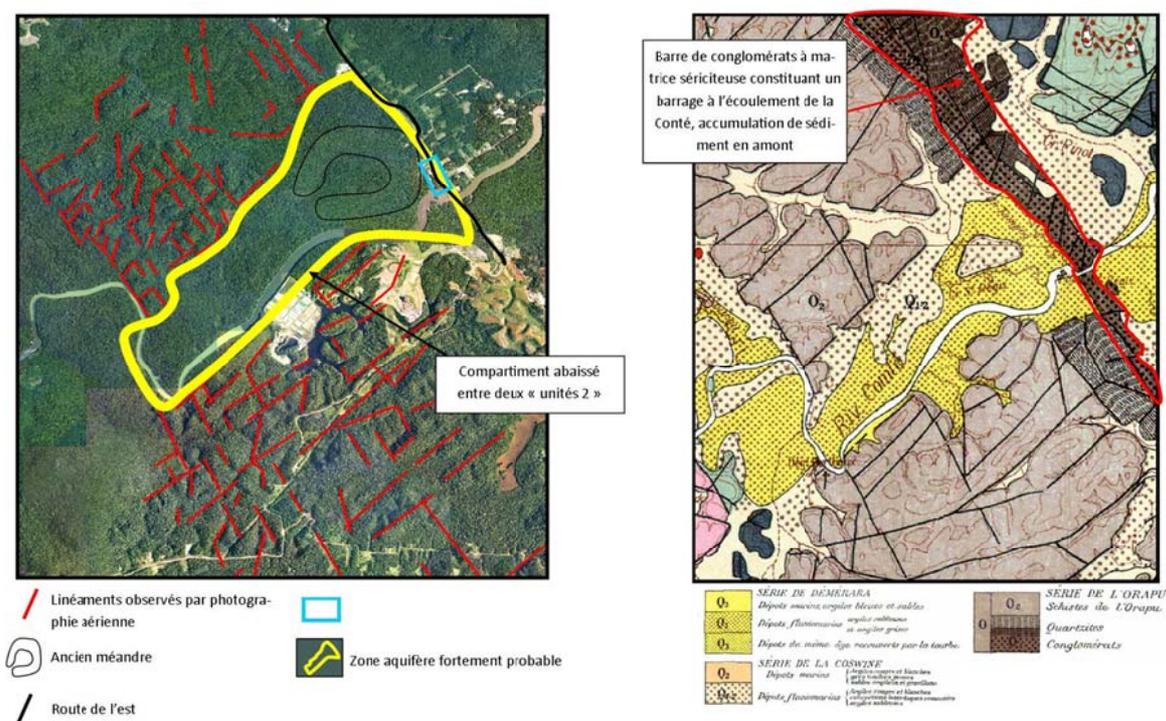


Figure 6 : « Secteur fleuve Comte », carte géologique (à droite), étude photo-linéamentaire (à gauche). Mise en évidence d'un compartiment abaissé comblé par des alluvions récentes potentiellement aquifères

Cette zone est d'autant plus intéressante qu'elle se trouve à proximité directe d'une station de traitement des eaux et pourrait être ainsi facilement raccordée au réseau de distribution de Cayenne. De plus, l'alimentation en eau potable de la ville de Cayenne est actuellement assurée par une prise d'eaux superficielles située au niveau de cette station de traitement d'eau potable. En 2009, suite à une saison sèche particulièrement marquée, l'influence des eaux marines à marée haute s'est faite ressentir jusqu'en amont de la prise d'eau, entraînant de nombreux dépassements la référence qualité pour une eau potable pour la conductivité. Exploiter un aquifère à proximité de cette prise d'eau permettrait d'assurer la

continuité d'approvisionnement en eau potable en période de crise étant donné, qu'à ce niveau-là, les eaux souterraines sont moins soumises aux entrées d'eaux marines que les eaux superficielles.

CONCLUSION

L'étude conjointe de la morphologie de la paléo-surface du socle, contrôlée par l'altération et la tectonique, et de l'histoire sédimentologique de la frange littorale Cayenne-Kourou, a permis de mettre en évidence l'existence de zones pouvant présenter un potentiel aquifère significatif et non reconnu, appelées « zones C ». Situées au sein de compartiments abaissés et délimités latéralement par de francs linéaments, ces talwegs sont comblés par des dépôts alluvionnaires récents qui, suite à la dernière glaciation, ont érodé les formations sédimentaires marines. Ces dernières ont été remplacées par des matériaux continentaux dont la granulométrie diminue au cours de la transgression. Une couche de sable d'une dizaine de mètres recouverte d'argile y est donc attendue, et est d'ailleurs mise en évidence par deux forages anciens réalisés au nord de deux zones sélectionnées. Il serait alors envisageable d'y recouper des aquifères captifs alimentés par des cours d'eau de forte puissance au sein de grands bassins versants. Leur présence reste à confirmer par des méthodes de prospection plus précises, de type géophysique électrique couplée à des forages de reconnaissance. Dix panneaux électriques sont d'ores et déjà programmés pour mars 2012. Ils permettront d'affiner la description du secteur choisi.

Dans un contexte hydrogéologique Guyanais à première vue peu favorable à l'exploitation des eaux souterraines de par l'omniprésence des argiles, ces aquifères alluvionnaires pourraient constituer une cible de premier choix dont la connaissance se doit d'être étayée. Si leur présence se voyait confirmée, il ne paraîtrait plus utopique d'assurer en partie l'approvisionnement en eau potable des communes du littoral par cette ressource.

Références bibliographiques:

- Assumpção M, The regional intraplate stress field in South America 1992 –J. Geophys. Res.n°B8 11889-11903, 97p
- Cautru J.P et al. , Aménagement de la région de Guyane, feuille Cayenne NO, 1993 – Rapport BRGM RR-37819-FR, 57p
- Cautru J.P et al. , Aménagement de la région de Guyane, feuille Kourou SE, 1995 – Rapport BRGM RR-38111-FR, 69p
- Declercq S., Ressources potentielles en eaux souterraines de la bande côtière guyanaise : méthodologie, 2009 - Rapport BRGM PR – 57598-FR, 112p
- Gandolfi JM *et al*, Inventaire des puits et forages de la savane Matiti, 2001 - Rapport BRGMRC-50160-FR, 45p
- Maréchal J.C, Synthèse hydrogéologique du territoire de la communauté de communes du centre littoral (Guyane) Rapport final 2005 – Rapport BRGM RP-53982-FR, 90p
- Palvadeau E., Géodynamique quaternaire de la Guyane française, 1999 – Doc BRGM 287, 232p
- Pointet T., Les ressources en eaux souterraines de la Guyane, 2000 – Rapport BRGM RP50549-FR, 37p.
- Theveniaut H., Freyssinet P., Application du paléomagnétisme à l'étude des altérites tropicales ; exemple du profil de la carrière du Mont Baduel (Guyane française), vol. 1997/1998, 86-88