

Pour une identification de l'aquifère albo-aptien en forages dans le cadre de recherche d'eau en Haute-Normandie.

Propositions du Brgm

BRGM/RP-55338-FR
Janvier 2007

Propositions du Brgm

BRGM/RP-55338-FR
Janvier 2007

Pour une identification de l'aquifère albo- aptien en forages dans le cadre de recherche d'eau en Haute-Normandie.

Propositions du Brgm

BRGM/RP-55338-FR

Janvier 2007

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM

R. COUËFFÉ, L. ARNAUD

Vérificateur :

Nom : **J.-F. Vernoux**

Date : 13 février 2007



Signature :

Approbateur :

Nom : **J.-F. Pasquet**

Date : 08 février 2007



Signature :

Mots clés : Albien, Aptien, Aquifère, Argiles du Gault, Cénomanién, Craie glauconieuse, Diagraphie, Faciès, Forages, Gaize, Granulométrie, Lithologie, Minéralogie, Poudingue ferrugineux, Sables ferrugineux, Zone de Répartition des Eaux, Eure, Seine-Maritime, Haute-Normandie.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :
Couëffé R., Arnaud L. – Pour une identification de l'aquifère albo-aptien en forages dans le cadre de recherche d'eau en Haute-Normandie – Propositions du BRGM. Rapport BRGM/RP-55338-FR, 55 p., 10 fig., 1 tabl.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

A l'issue d'une réunion tenue le 16 juin 2006 avec la DIREN Haute-Normandie, les DDAF de l'Eure et de la Seine-Maritime et les Conseils Généraux, il a été demandé au Brgm de réaliser un travail méthodologique sur l'identification de l'aquifère Albien-Néocomien, au titre des Appuis à la Police de l'Eau dans le cadre de son classement en Zone de Répartition des Eaux (ZRE). Les objectifs de ce travail sont d'ordre terminologique, technique et méthodologique.

La démarche adoptée par le Brgm est décomposée en plusieurs phases de travail : synthèse bibliographique, essais de reconnaissance de l'aquifère albo-aptien sur des cas concrets (à partir de logs disponibles en BSS et d'échantillons issus de forages connus), et élaboration d'une proposition de cahier des charges à destination des entreprises de forage et/ou des maîtres d'œuvre. Le but de cette proposition est de fournir, à l'issue des travaux de foration, l'ensemble des éléments techniques pouvant permettre aux opérateurs des forages de justifier aux services de Police de l'Eau de l'atteinte ou non de l'aquifère albo-aptien.

Il a, en premier lieu, été rappelé que les repères stratigraphiques seuls ne peuvent être utilisés pour distinguer aquifère crayeux et aquifère albo-aptien. Le toit de ce dernier correspond, en effet, à la formation des Argiles du Gault (Albien supérieur), barrière imperméable permettant d'individualiser les deux aquifères (des échanges craie-albien sont cependant localement possibles sur le bassin de Paris). C'est, par conséquent, cette formation qui ne doit pas être traversée dans le cadre d'une recherche d'eau et non le mur de l'étage stratigraphique du Cénomanien (Craie glauconieuse).

Pour les nombreux ouvrages disponibles en BSS dont la qualité de la description géologique est qualifiée de médiocre, l'identification de l'aquifère albo-aptien n'est pas possible faute d'éléments discriminants suffisants.

Toutefois, avec une méthodologie adaptée et en utilisant les clés de détermination présentées dans ce rapport, il est démontré qu'une interprétation précise des terrains traversés par un forage est rendue possible sans difficulté majeure (matériel simple, temps court).

Sommaire

1. Introduction : Contexte de l'étude réalisée	9
2. La transition Aptien – Cénomani en Haute-Normandie : synthèse bibliographique.....	11
2.1. LA SUCCESSION DES UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES A LA TRANSITION APTIEN – CENOMANIEN : VARIATIONS SPATIALES, RELATIONS GEOMETRIQUES, CADRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE	11
2.2. CARACTERISTIQUES FACIOLOGIQUES DES FORMATIONS GEOLOGIQUES	16
2.2.1. Les Sables Ferrugineux (Aptien supérieur).....	16
2.2.2. Le Poudingue ferrugineux (Albien inférieur à moyen)	17
2.2.3. Les Argiles du Gault (Albien).....	18
2.2.4. La Gaize (Albien supérieur).....	19
2.2.5. La Craie glauconieuse (Cénomani inférieur).....	21
2.3. RELATIONS ENTRE FORMATIONS GEOLOGIQUES ET HORIZONS AQUIFERES	23
2.4. LE SYSTEME AQUIFERE ALBO-APTIEN (ET SES CRITERES D'IDENTIFICATION).....	24
3. Essais de reconnaissance de l'aquifère albo-aptien à partir de l'analyse de cas concrets	29
3.1. ANALYSE DE FORAGES RECENSES EN BSS : ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR LA BASE DES DESCRIPTIONS DISPONIBLES	29
3.2. ANALYSE DE FORAGES ET ESSAIS D'IDENTIFICATION DE L'AQUIFERE ALBO-APTIEN SUR LA BASE D'ECHANTILLONS	36
3.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DE CAS CONCRETS : LIMITES DE L'ANALYSE ET PRE-REQUIS POUR L'IDENTIFICATION DES FORMATIONS ALBO-APTIENNES.....	40
4. Recommandations vis-à-vis des futurs projets de forage - Proposition d'un cahier des charges à destination des maîtres d'ouvrage.....	43

5. Conclusions	47
6. Références bibliographiques	49
7. Glossaire	51

Liste des illustrations

FIGURES

Fig. 1 - Formations géologiques aptiennes, albiennes et cénomaniennes de Haute-Normandie observées sur les falaises littorales du Bec de Caux.....	12
Fig. 2 - Géométrie des formations albo-aptiennes en Haute-Normandie	15
Fig. 3 - Séquences sédimentaires composant la Craie glauconieuse en Haute-Normandie : caractéristiques sédimentologiques et diagénétiques.....	21
Fig. 4 - Relations entre formations géologiques et horizons aquifères à la transition Aptien – Céomanien en Haute-Normandie.....	23
Fig. 5 - Coupe géologique du forage 0057-6X-0002 – Thétreville (76).	31
Fig. 6 - Coupe géologique et enregistrements diagraphiques de l'ouvrage 0075-8X-0006 (forage pétrolier Villequier 10) – Saint-Anoult (76).	32
Fig. 7 - Coupe géologique de l'ouvrage 0076-5X-0003 – La Folletière (76).....	33
Fig. 8 - Coupe géologique du forage 0074-6X-0001 – Montivilliers (76).	33
Fig. 9 - Coupe géologique du forage 0074-3X-0091 – Turretot (76).	35
Fig. 10 - Coupe géologique du forage 0074-3X-0094 – Cuverville-en-Caux (76). Description lithologique, granulométrique et minéralogique détaillée des résidus bruts de forage et des refus de tamis, interprétation lithostratigraphique et identification des aquifères traversés.....	39

TABLEAUX

Tabl. 1 - Synthèse des caractéristiques faciologiques des formations géologiques et horizons aquifères à la transition Aptien – Céomanien en Haute-Normandie.....	27
---	----

1. Introduction : Contexte de l'étude réalisée

Dans le cadre du classement de la nappe captive de l'Albien-Néocomien en Zone de Répartition des Eaux (ZRE), il avait été demandé au Brgm de déterminer une cote du toit de l'aquifère pour chaque commune (Rapport BRGM-RP/53156-FR, Mai 2004). Ce travail a été réalisé sur la base des isohypses du mur du Cénomanién, résultant d'une interpolation à partir de données ponctuelles. Devant l'incertitude des résultats et la forte variabilité de la profondeur de l'aquifère à l'échelle communale, le Brgm avait alors recommandé l'utilisation d'un jeu de données (cote minimale et cote maximale du mur du Cénomanién). Cependant, compte tenu des contraintes réglementaires, seule la cote maximale a pu être retenue pour chacune des communes de la ZRE. L'ensemble des cotes maximales retenues a fait l'objet d'un Arrêté Préfectoral dans le département de l'Eure (à venir en Seine-Maritime).

Aussi, depuis l'entrée en vigueur de cet Arrêté Préfectoral, tout projet de forage d'eau dont la cote du fond de trou prévisionnel dépasse la cote réglementaire se trouve bloqué au niveau des services de Police de l'Eau (les quotas autorisés au niveau des prélèvements dans la nappe albienne sont, en effet, déjà atteints dans l'Eure).

Pour faire avancer ces dossiers, le Brgm était jusqu'à présent sollicité, au titre de sa mission d'Appui à la Police de l'Eau, pour émettre un avis sur la réelle atteinte de l'aquifère albien-néocomien. Ce mode de fonctionnement s'est rapidement avéré insatisfaisant pour les services de Police comme pour le Brgm (nombreuses demandes, impossibilité de conclure dans de nombreux cas, etc...).

Une réunion de cadrage, initiée par le Brgm, a ainsi été tenue le 16 juin 2006 avec la DIREN Haute-Normandie, les DDAF de l'Eure et de la Seine-Maritime et les Conseils Généraux. Suite à la clarification des attentes de chacun des acteurs, il a été demandé au Brgm de réaliser un travail méthodologique sur l'identification de l'aquifère Albien-Néocomien, dans le cadre des Appuis à la Police de l'eau.

Les objectifs de ce travail sont de plusieurs ordres :

- terminologique (qu'entend-on par aquifère albien ? Comment définir cet aquifère ?), afin de mettre en place les bases d'une nomenclature commune à tous les acteurs (Services de l'Etat, hydrogéologues, bureaux d'études, foreurs, ...)
- technique (quelles sont les caractéristiques géologiques des terrains composant l'aquifère albo-aptien ou, par défaut, les terrains le recouvrant ?)
- méthodologique (quelles sont les clés de détermination à utiliser pour identifier l'aquifère albo-aptien ? Quels sont les outils nécessaires pour mener à bien cette identification ?).

Aussi, la démarche adoptée par le Brgm est décomposée en plusieurs phases de travail :

- réaliser une synthèse bibliographique des travaux concernant la transition Aptien - Cénomani en Haute-Normandie dans le but d'identifier et de décrire précisément les formations géologiques à rattacher à l'aquifère albo-aptien (et ne plus raisonner ainsi en terme stratigraphique, comme cela a été fait dans le cadre de la détermination des cotes du toit de l'aquifère) ;
- procéder à des essais de reconnaissance de l'aquifère albo-aptien sur des cas concrets (à partir de logs disponibles en BSS et d'échantillons issus de forages connus), dans le but de tester les critères de détermination mis en évidence par la synthèse bibliographique et de préciser la faisabilité et les limites d'un tel exercice ;
- élaborer enfin une proposition de cahier des charges à destination des entreprises de forage et/ou des maîtres d'œuvre. Le but de cette proposition doit être de fournir, à l'issue des travaux de foration, l'ensemble des éléments techniques pouvant permettre aux opérateurs des forages de justifier auprès des services de Police de l'Eau de l'atteinte ou non de l'aquifère albo-aptien.

Le présent rapport est public dès sa fourniture et peut être communiqué à toute personne qui le demande (un exemplaire est envoyé à la Diren Haute-Normandie, un à la DDAF de l'Eure, un à la DDAF de Seine-Maritime, un au Conseil Général de l'Eure, un au Conseil Général de Seine-Maritime, un à l'Agence de l'Eau, deux autres étant archivés au BRGM - SGR Haute-Normandie et à Orléans). La page de synthèse en début de rapport, comme le rapport lui-même, peut être ou pourra être accessible à la consultation publique via les sites de consultation papier ou numérique du BRGM.

2. La transition Aptien – Cénomani en Haute-Normandie : synthèse bibliographique

Ce chapitre propose un état des connaissances géologiques sur les terrains intercalés entre les assises marno-calcaires du Jurassique supérieur et les formations crayeuses du Crétacé supérieur en Haute-Normandie. L'objectif est de définir ce qui est entendu sous la terminologie « aquifère albo-aptien », en précisant les relations formations géologiques - horizon aquifère albo-aptien et en montrant les variations spatiales des formations géologiques déterminant cet aquifère.

2.1. LA SUCCESSION DES UNITES LITHOSTRATIGRAPHIQUES A LA TRANSITION APTIEN – CENOMANIEN : VARIATIONS SPATIALES, RELATIONS GEOMETRIQUES, CADRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE

Les coupes servant de référence pour l'examen des formations albo-aptiennes en Haute-Normandie sont principalement celles affleurant sur les falaises littorales du Bec de Caux (entre Ste-Adresse et Cauville) et plus particulièrement au niveau du Cap de la Hève. De nombreuses études (Passy, 1832 ; Lesueur, 1843 ; Lennier, 1867 ; Savalle, 1878 et 1881 ; Lionnet, 1884 ; Stiegelmann, 1930 ; Pichon, 1933 ; Destombes, 1958 ; Rioult, 1962 ; Destombes et al., 1973 ; Juignet et al., 1973 ; Juignet, 1974 ; Juignet et al., 1975 ; Destombes et al., 1977) ont été menées sur ces coupes et ont permis de préciser la lithostratigraphie de la succession. La synthèse présentée dans ce rapport s'inspire très largement des travaux de thèse d'état de P. Juignet (Juignet, 1974) – travaux qui restent à ce jour valides – complétés par les travaux cartographiques à 1/50 000 menés par le BRGM depuis les années 1960 et les travaux de synthèse entrepris à l'échelle du Bassin de Paris (synthèse géologique du Bassin de Paris de Magniez et al., 1980 notamment).

Limites inférieure et supérieure des formations albo-aptiennes (Fig. 1) :

Les formations du Crétacé inférieur sur la bordure ouest du Bassin de Paris sont des formations transgressives, surmontant soit des assises du Jurassique supérieur (formations marno-calcaires du Portlandien et du Kimmeridgien ou formations calcaires de l'Oxfordien), soit des assises de socle (Massif Armoricaïn). De ce fait et même si les observations de terrain ne permettent pas la mise en évidence d'une discordance angulaire, les terrains albo-aptiens ou wealdiens reposent en discordance sur les dépôts sous-jacents.

La limite supérieure des formations du Crétacé inférieur (contact Albien-Cénomani en Haute-Normandie) correspond à une discontinuité sédimentaire en général bien marquée à l'affleurement : la surface de ravinement « Octeville » (Juignet, 1974).

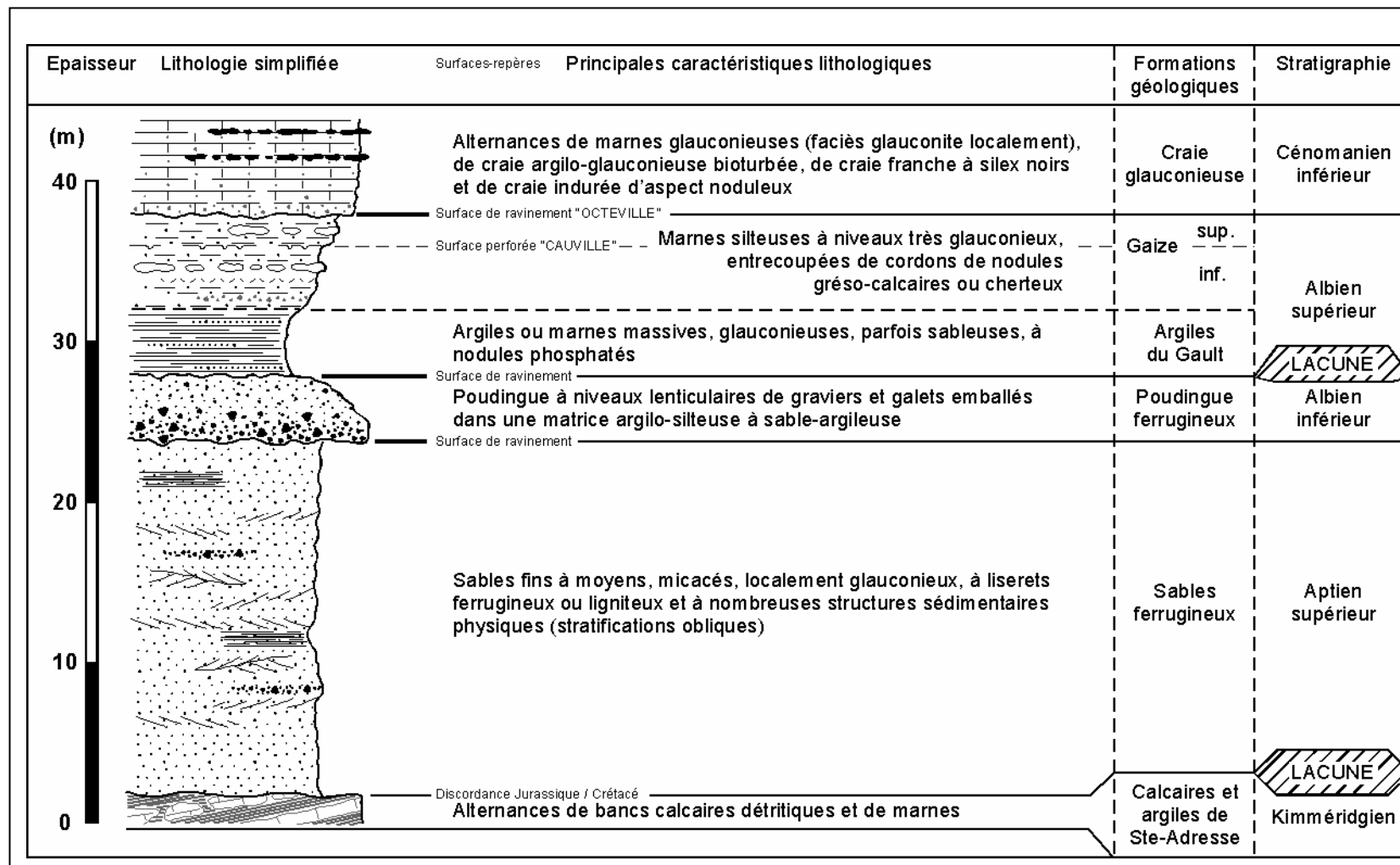


Fig. 1 - Formations géologiques aptiennes, albiennes et cénomaniennes de Haute-Normandie observées sur les falaises littorales du Bec de Caux

Formations géologiques composant l'Aptien, l'Albien et le Cénomanien inférieur de Haute-Normandie (Fig. 1) :

L'Albo-aptien de Haute-Normandie est formée par la succession de quatre unités lithostratigraphiques distinctes correspondant aux 4 formations géologiques définies par Juignet (1974) : Sables ferrugineux, Poudingue ferrugineux, Argiles du Gault et Gaize. Compte-tenu de l'objectif de cette étude qui est de fournir des éléments permettant de caractériser les différents terrains de la transition Aptien-Cénomanien, il convient également de définir les premiers terrains surmontant directement les formations albo-aptiennes de Haute-Normandie. Ces terrains d'âge cénomanien sont représentés sur la majeure partie du territoire haut-normand par la formation de la Craie glauconieuse.

- **Les Sables ferrugineux (Aptien supérieur).**

Représentant les premiers dépôts mis en place dans la basse vallée de Seine lors de la transgression crétacée, cette formation essentiellement sableuse repose en faible discordance sur le Jurassique supérieur et est coiffée par une surface de ravinement supportant le Poudingue ferrugineux. Cette formation inclue localement en sommet le membre des Argiles à *Buccaillella* (Juignet, 1974 ; Magniez et al., 1980 ; Maréchal et al., 1988).

Définie dans la falaise du Cap de la Hève, cette formation est reconnue dans la basse vallée de la Seine, dans le Pays de Caux jusqu'au Sud-Est du Pays de Bray, depuis le Sud de la Seine jusqu'au Pays d'Auge. Son épaisseur varie assez fortement : 25 m reconnus au Havre, jusqu'à 50 m dans la vallée de la Risle aux environs de Pont-Audemer pour seulement 10 m dans le secteur de Lisieux.

- **Le Poudingue ferrugineux (Albien inférieur à moyen).**

Intercalée entre les Sables ferrugineux et les Argiles du Gault, cette formation détritique à matrice tantôt argilo-glauconieuse, tantôt sablo-gréseuse et à galets est limitée par des surfaces d'érosion.

Définie dans la falaise de Cauville, cette formation est reconnue en basse vallée de la Seine, depuis St-Jouin au Nord jusqu'au Lieuvin vers le Sud. Son épaisseur est de l'ordre de 3 (Le Havre) à 6 m (Cauville). Le Poudingue ferrugineux, qui semble disparaître entre Port-Jérôme et Rouen et au Nord d'Etretat, passe latéralement, dans le Pays de Bray, aux Argiles du Gault.

- **Les Argiles du Gault (Albien).**

L'occurrence de cette formation est variable : elle surmonte en discontinuité, par l'intermédiaire d'une surface d'érosion, le Poudingue ferrugineux dans le Bec de Caux, le Jurassique supérieur, le Wealdien ou les Sables ferrugineux dans le Pays de Bray. Vers le sommet, la formation passe en continuité à la Gaize, ce qui a conduit certains auteurs (Juignet, 1974) à considérer Argiles du Gault et Gaize comme une seule et même unité lithostratigraphique.

Deux coupes-types existent pour la formation des Argiles du Gault : les falaises du Cap de la Hève dans le Bec de Caux et la coupe de la carrière de Bully dans le Pays de

Bray. La formation, reconnue dans le Pays de Bray, le Pays de Caux, le Roumois et le Lieuvin, présente de fortes variations d'épaisseur à échelle régionale. Elle subit une diminution générale d'épaisseur depuis le Nord-Est (40 à 60 m dans le Pays de Bray et notamment dans la carrière de Bully) vers le Sud-Ouest (17 m à Rouen, 4 à 5 m au Havre pour seulement 1 m dans la région de Pont-Audemer).

Rappelons enfin que, dans le pays de Bray, les Argiles du Gault sont un équivalent latéral du Poudingue ferrugineux (passage latéral de faciès). Dans le Pays d'Auge, la formation passe latéralement à la formation de la Glauconie de base.

- **La Gaize (Albien supérieur).**

La Gaize repose en continuité (passage progressif de faciès) sur les Argiles du Gault et est surmontée en discontinuité (surface de ravinement Octeville) par la Craie glauconieuse (Cénomanién inférieur).

Définie dans la falaise littorale d'Octeville, la formation est reconnue dans le Pays de Bray, le Pays de Caux et le Lieuvin. Son épaisseur est variable : 13 m dans la coupe-type à Octeville, 5 m dans le Pays de Bray et 12 m dans le secteur de Pont-Audemer.

Dans le secteur de Lillebonne et Bolbec, cette formation, composée essentiellement de marnes silteuses parfois glauconieuses, laisse place aux Sables de Lillebonne, correspondant à des sables fins glauconieux. Dans le Pays d'Auge, la formation passe latéralement à la formation de la Glauconie de base.

- **La Craie glauconieuse (Cénomanién inférieur).**

De manière générale, la formation de la Craie glauconieuse surmonte en discontinuité, par l'intermédiaire de la surface de ravinement « Octeville », la Gaize en Haute-Normandie. A noter que, dans le Pays d'Auge, la formation de la Glauconie de base est intercalée entre la Craie glauconieuse du Cénomanién inférieur et les Sables ferrugineux de l'Aptien supérieur et que, par conséquent, elle constitue un équivalent latéral des Argiles du Gault et de la Gaize.

La coupe-type de cette formation est située dans les falaises littorales du Bec de Caux, au niveau de Saint-Jouin. La Craie glauconieuse est reconnue partout dans la région (depuis le Pays de Caux, le Pays de Bray, jusqu'au Pays d'Ouche) avec une épaisseur moyenne de 25 à 30 m réduite dans le secteur de Lillebonne et dans le Pays de Bray.

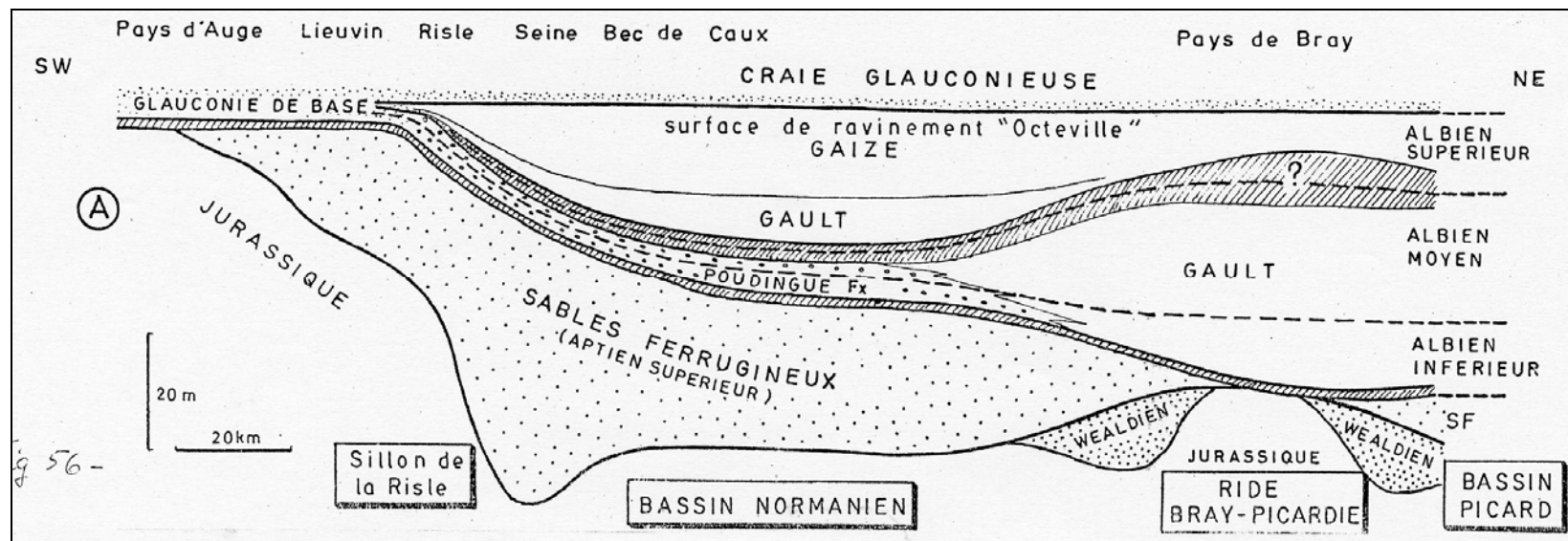


Fig. 2 - Géométrie des formations albo-aptiennes en Haute-Normandie
suivant une transversale Sud-Ouest (Pays d'Auge) / Nord-Est (Pays de Bray)(extrait de Juignet, 1974)

2.2. CARACTERISTIQUES FACIOLOGIQUES DES FORMATIONS GEOLOGIQUES

La description d'une formation géologique implique son examen sous différents aspects (microscopiques et macroscopiques) qui sont autant de critères permettant de la caractériser et de l'identifier. Parmi ces critères, on citera la lithologie principale (calcaire, sable, argile, ...), la granulométrie (sable fin, sable moyen, sable grossier, ...), la composition minéralogique, la présence de figures et structures sédimentaires (d'origine physique, biologique ou diagénétique), le contenu en microfaune et macrofaune.

Les éléments descriptifs caractéristiques généraux des formations géologiques sont dans ce paragraphe présentés à titre indicatif car leur mise en évidence dépend de la nature de l'objet examiné (affleurement, *cuttings* de forage, description de coupes foreur, ...). Ces éléments sont le fruit d'une synthèse des principaux travaux récents de synthèse concernant les terrains albo-aptiens de Haute-Normandie (Juignet, 1974 ; Destombes et al., 1974 ; Cavelier et Médioni, 1980 ; Magniez et al., 1980 ; Vernoux et al., 1997), complétés des travaux réalisés à échelle plus réduite (cartes géologiques à 1/50 000 ; Ragot, 1988 ; Wazi, 1988 ; Juignet, 1965).

2.2.1. Les Sables Ferrugineux (Aptien supérieur)

Lithologie :

Les Sables ferrugineux sont constitués de sables jaunâtres à rougeâtres à l'affleurement, gris foncé en forage. Ces sables, plus ou moins argileux et glauconieux, sont fréquemment micacés et présentent localement des liserets ferrugineux ou ligniteux. Plusieurs « bancs » gréseux à ciment ferrugineux ou horizons à nodules gréseux plus ou moins coalescents sont reconnus dans la formation à l'affleurement. Une discontinuité interne peut fréquemment individualiser deux séquences, avec vers le sommet, l'apparition de faciès très argileux (Argiles à *Bucaillela* du Pays de Caux).

Granulométrie :

Les sables constituant cette formation sont généralement fins avec intercalation locale de niveaux grossiers (parfois graveleux). Les sables fins sont généralement bien classés, les niveaux plus grossiers systématiquement mal classés.

Composition minéralogique :

Les analyses des cortèges minéralogiques dans cette formation sont principalement dues à Juignet (1974) qui signale :

- un cortège argileux dominé par la montmorillonite, l'illite et la kaolinite ;
- un cortège de minéraux lourds dominé par les minéraux de métamorphisme avec prédominance du zircon et la tourmaline accompagné de disthène au Nord de la Vallée de la Seine ;
- des paillettes de micas (muscovite et biotite altérée) en abondance ;

- de la glauconie présente partout dans la formation et très bien représentée dans certains lits plus argileux. Elle est responsable par son altération de la coloration ferrugineuse des sables.

Figures et structures sédimentaires :

A l'affleurement, les figures et structures sédimentaires d'origine physique sont représentées essentiellement par des stratifications obliques ou entrecroisées, avec structures en auges et litages obliques plans ou arqués souvent soulignés par des horizons ferrugineux ou ligniteux.

Les structures d'origine biologique (bioturbation), fréquentes surtout vers le sommet, sont représentées par des terriers obliques soulignés par altération différentielle à l'affleurement, par des réarrangements de grains, par la perturbation de la stratification ou par la formation de loupes argileuses.

Macrofaune et microfaune, flore :

La macrofaune est relativement rare, en mauvais état de conservation (absence de carbonates dans la formation). Ce n'est qu'à la faveur de la présence des Argiles à *Bucalleila* que sont décrites des faunes d'ammonites, de lamellibranches et de gastéropodes. Les débris phosphatés de crustacés sont toutefois fréquents dans l'ensemble de la formation. La microfaune est, quant à elle, quasi inexistante.

Les débris ligniteux de végétaux sont abondants, tout comme la microflore mise en évidence par l'analyse du cortège pollinique.

2.2.2. Le Poudingue ferrugineux (Albien inférieur à moyen)

Lithologie :

Le Poudingue ferrugineux se compose de niveaux lenticulaires de graviers et galets de nature pétrographique variée intercalés dans une matrice argilo-silteuse noire (Bec de Caux), sablo-argileuse (vallée de la Risle) voire très glauconieuse (Sud du Lieuvin). Les niveaux lenticulaires de graviers et galets soulignent des discontinuités internes limitant des séquences mineures superposées au sein de la formation.

Granulométrie :

La formation est caractérisée par un matériel très hétérométrique. Les lentilles de graviers et galets à matrice sablo-argileuse alternent avec des horizons argilo-silteux. Dans les lentilles à graviers et galets, les éléments du poudingue sont non-jointifs, souvent disséminés dans une matrice de sables moyens à très grossiers très mal classés. Les horizons intercalés entre les lentilles à graviers et galets, plus fins, restent mal classés, variant du faciès d'argiles silteuses aux faciès de sables fins à moyens.

Composition minéralogique :

Les graviers et galets proviennent de remaniements des assises du socle armoricain de Basse-Normandie (quartz, quartzite, grès paléozoïques, granitoïdes, ...), de la couverture jurassique de cette région ainsi que des formations immédiatement sous-jacentes au poudingue ferrugineux.

Les cortèges minéralogiques dans cette formation ont principalement été étudiés par Juignet (1974) qui signale :

- un cortège argileux dominé par la montmorillonite accompagnée d'illite ;
- un cortège de minéraux lourds variable dominé par les minéraux de métamorphisme avec prédominance de la tourmaline, du zircon et du grenat accompagné de disthène ;
- de la muscovite abondante et de la biotite ;
- de la pyrite en abondance associée à la matière organique ou en ciment de « bancs » ou nodules gréseux ;
- de la glauconie présente partout dans la formation et localement très abondante conférant à la formation le faciès de glauconite.

Figures et structures sédimentaires :

Les figures et structures sédimentaires sont rares, représentées principalement par les discontinuités soulignées par les niveaux à graviers et galets et par quelques niveaux bioturbés par de petits terriers.

Macrofaune et microfaune, flore :

Les fossiles et débris de fossiles sont assez fréquents mais en mauvais état de conservation : ammonites, lamellibranches, gastéropodes, échinodermes et crustacés. Les restes de végétaux sont particulièrement abondants. En revanche, la microfaune est rare.

2.2.3. Les Argiles du Gault (Albien)

Lithologie :

Les Argiles du Gault sont composées d'argiles gris-noir à gris-vert massives, plus ou moins plastiques, parfois sableuses et localement très glauconieuses (en particulier dans les niveaux fortement bioturbés), avec intercalations fréquentes de cordons de nodules phosphatés. La base, qui peut prendre un faciès d'argile très glauconieuse voire de glauconite, est généralement caractérisée par la présence d'un horizon discontinu à galets et graviers et à nodules phosphatés.

Granulométrie :

La formation, essentiellement argileuse, est caractérisée par un matériel fin à très fin, bien classé. A l'intérieur, sont disséminés des éléments quartzeux fins. Dans les niveaux riches en glauconie, la texture devient celle d'un sable fin à moyen. La base de la formation est soulignée par un horizon beaucoup plus hétérométrique où graviers et galets de quartz associés à des nodules phosphatés remaniés sont emballés dans une matrice argilo-glauconieuse.

Composition minéralogique :

Le cortège argileux est dominé par la montmorillonite accompagnée d'un peu d'illite et de traces de kaolinite. La muscovite est fréquente mais moins abondante que dans les

formations sous- et sus-jacentes. La pyrite est souvent observée sous forme de granules dispersés ou de nodules mieux cristallisés. La glauconie présente partout dans la formation peut être localement très abondante (jusqu'à 50 à 60%).

Figures et structures sédimentaires :

Les figures et structures sédimentaires sont exclusivement d'origine biologique, représentées par des terriers de fousisseurs soulignées par un enrichissement en glauconie.

Macrofaune et microfaune, flore :

Dans le Bec de Caux, les fossiles et débris de fossiles sont peu abondants et en mauvais état de conservation : ammonites, lamellibranches, échinodermes et crustacés. En revanche, dans le Pays de Bray et en particulier dans le secteur de Bully, la macrofaune est beaucoup plus riche et célèbre par l'état de conservation des fossiles.

Les restes de végétaux sont communs, sous forme de bois flottés perforés.

La microfaune est abondante, composée de foraminifères et d'ostracodes.

Particularités géophysiques :

Les Argiles du Gault sont, de par leur nature lithologique, aisément identifiables en forages (cas de forages pétroliers et de certains grands forages de recherche d'eau), lorsque ceux-ci bénéficient d'un enregistrement en continu des paramètres géophysiques (résistivité, polarisation spontanée et plus rarement gamma ray). Ainsi, par rapport à leur encaissant, l'électro-faciès des Argiles du Gault est en général caractérisé par :

- un pic bien marqué sur l'enregistrement de la polarisation spontanée (fonction de la teneur en argiles des terrains traversés) ;
- une diminution assez nette de la résistivité (globalement fonction de l'induration des terrains traversés).

2.2.4. La Gaize (Albien supérieur)

Précisions sur le terme de gaize :

Parmi les faciès albiens de Haute-Normandie, la gaize correspond à une roche poreuse à texture argileuse ou silteuse cimentée par un ciment siliceux, généralement riche en débris d'organismes siliceux (spongiaires) et en glauconie.

Lithologie :

Dans la région du Bec de Caux, la formation se présente sous la forme de marnes silteuses grises à cordons de nodules grésocalcaires et cherteux (les cherts étant proches du faciès de silex) intercalés. On y trouve des horizons parfois très riches en glauconie (faciès de glauconite) et des graviers phosphatés. Juignet (1974) y distingue deux ensembles (Gaize inférieure et Gaize supérieure) distingués principalement par

leur granulométrie (Gaize supérieure plus grossière) et séparés par une discontinuité sédimentaire (surface perforée « Cauville ») non continue à échelle régionale.

Dans le Pays de Bray, les faciès peuvent localement se présenter sous forme de bancs massifs de gaize silteuse décarbonatée riche en spicules de spongiaires.

Dans la région de Lillebonne et de Bolbec, rappelons que la Gaize fait place aux Sables de Lillebonne constitués de sables fins glauconieux.

Granulométrie :

La Gaize présente une granulométrie assez homogène de type sables fins à moyens. Elle peut prendre une texture de sable plus grossier dans les niveaux riches en glauconie. Le matériel sédimentaire est bien classé.

Composition minéralogique :

Le cortège argileux de la gaize est dominé par la montmorillonite accompagnée d'un peu d'illite. La muscovite est fréquente, plus abondante dans la Gaize inférieure. La glauconie présente partout dans la formation peut être localement très abondante (40 à 60%). Les carbonates sont fréquents dans la Gaize (calcimétrie de l'ordre de 10 à 20%), en particulier dans les nodules gréseux diagénétiques où ils peuvent constituer 30% des composants de la roche.

En lame mince, la gaize se présente sous forme d'un silt à grès fin contenant de nombreux spicules de spongiaires, des grains de glauconie épars, de la muscovite et de fréquents foraminifères. La matrice de calcite micritique est souvent recristallisée avec substitution par de l'opale ou de la calcédoine.

Figures et structures sédimentaires :

Les figures et structures sédimentaires dans la Gaize sont exclusivement le fait de processus biologiques (bioturbation avec nombreux terriers soulignés par un enrichissement en glauconie ou par une cimentation secondaire) ou de processus diagénétiques (intercalation de nodules grésocalcaires).

Macrofaune et microfaune, flore :

La macrofaune dans la Gaize est assez abondante et bien conservée du fait de la silicification des tests (coquilles). Elle se compose principalement d'ammonites accompagnées de fréquents échinidés (oursins) et spongiaires, de quelques lamellibranches et de rares serpulidés.

La microfaune est abondante avec foraminifères et ostracodes.

2.2.5. La Craie glauconieuse (Cénomanien inférieur)

Lithologie :

La formation se présente sous la forme d'une succession de marnes plus ou moins glauconieuses gris-vert, de craie plus ou moins argileuse gris-beige clair, de cordons de silex noir en nodules et de craie indurée d'aspect noduleux. Ces successions de faciès s'organisent verticalement pour former des séquences plurimétriques dans lesquelles se succèdent de la base vers le sommet (Fig. 3) :

- en base, des marnes glauconieuses (ou localement de la glauconite grossière) bioturbées à galets et fossiles phosphatés remaniés et à débris coquilliers abondants ;
- de la craie argileuse bioturbée à glauconie grossière dispersée ;
- de la craie avec cordons de silex noir intercalés et glauconie moins visible ;
- de la craie indurée, noduleuse, assez grossière. Ce faciès est très fréquemment coiffé par une surface plus ou moins irrégulière indurée, parfois enduite de glauconie ou de phosphate. De cette surface, sont issus des réseaux de terriers de fousseurs qui traversent le faciès de craie indurée. L'ensemble craie indurée et surface durcie forme un *hard-ground*.

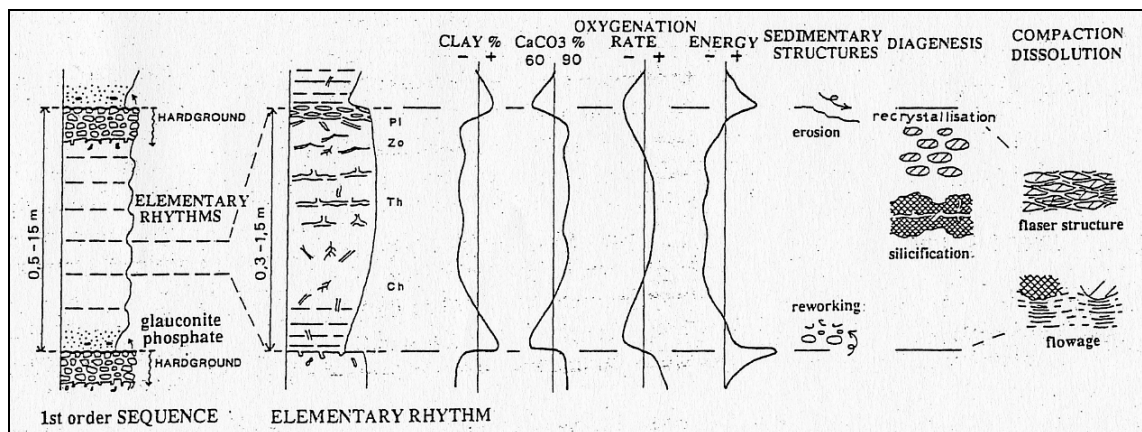


Fig. 3 - Séquences sédimentaires composant la Craie glauconieuse en Haute-Normandie : caractéristiques sédimentologiques et diagénétiques (d'après Juignet et Breton, 1992)

Granulométrie :

La texture des carbonates composant la Craie glauconieuse varie assez fortement au sein même des séquences précédemment décrites, depuis des craies argileuses à texture *mudstone* / *wackstone* jusqu'aux craies indurées et marnes glauconieuses bioclastiques à texture *packstone* / *grainstone*. Le tri du matériel varie également au sein des séquences : médiocre dans les niveaux bioturbés ou remaniés (marnes glauconieuses basales, craie indurée sommitale) et assez bon dans les craies argileuses ou à silex.

Composition minéralogique :

En lame mince, les microfaciès se présentent sous forme d'une micrite (microsparite à sparite quand il y a recristallisation) glauconieuse, à spicules et à foraminifères, avec localement quelques quartz détritiques et des débris bioclastiques abondants.

Le cortège argileux est dominé par la montmorillonite accompagnée d'un peu d'illite. Les mesures de calcimétrie réalisées par Juignet (1974) fournissent entre 20 et 80% de CaCO_3 .

Figures et structures sédimentaires :

Les figures et structures sédimentaires dans la Craie glauconieuse sont principalement associées aux surfaces durcies qui peuvent marquer tantôt un épisode d'arrêt de sédimentation, tantôt une phase d'érosion et de ravinement. Les autres structures et figures sont essentiellement le fait de processus biologiques (bioturbation avec nombreux terriers soulignés par un enrichissement en glauconie, par un enduit glauconieux ou phosphaté ou par une cimentation secondaire).

Macrofaune et microfaune, flore :

La macrofaune dans la Craie glauconieuse est abondante, sous forme complète ou à l'état de débris, avec test préservé ou sous forme de moule interne. Elle est essentiellement observée au-dessus des surfaces durcies, dans les niveaux glauconieux et se compose principalement d'ammonites, de lamellibranches, de brachiopodes, d'échinidés (oursins), de bryozoaires et de spongiaires.

La microfaune est elle aussi abondante avec principalement des foraminifères benthiques et planctoniques.

2.3. RELATIONS ENTRE FORMATIONS GEOLOGIQUES ET HORIZONS AQUIFERES

Le travail réalisé par le BRGM en 2004 (rapport BRGM/RP-53156-FR, mai 2004) était basé sur une utilisation des isohypses du mur de la craie cénomaniennne (i.e. mur de la Craie glauconieuse) qui correspond stratigraphiquement au toit de l'Albien. Cependant, il n'y a pas correspondance entre le toit de l'Albien stratigraphique et le toit de l'aquifère albo-aptien.

En effet, compte tenu de la succession des formations géologiques aptiennes à cénomaniennes en Haute-Normandie, on doit admettre un découplage entre l'aquifère albo-aptien s. s. et l'aquifère de la craie à l'intérieur même de l'Albien et non pas à la limite Albien – Cénomanien. Ce qui conduit à découpler la terminologie stratigraphique (noms d'étage) et la terminologie hydrogéologique. **Les propriétés hydrogéologiques des terrains albo-aptiens amènent à placer une limite entre aquifère de la craie et aquifère albo-aptien au niveau de la formation des Argiles du Gault qui constitue, à échelle régionale, une barrière imperméable (Fig. 4).**

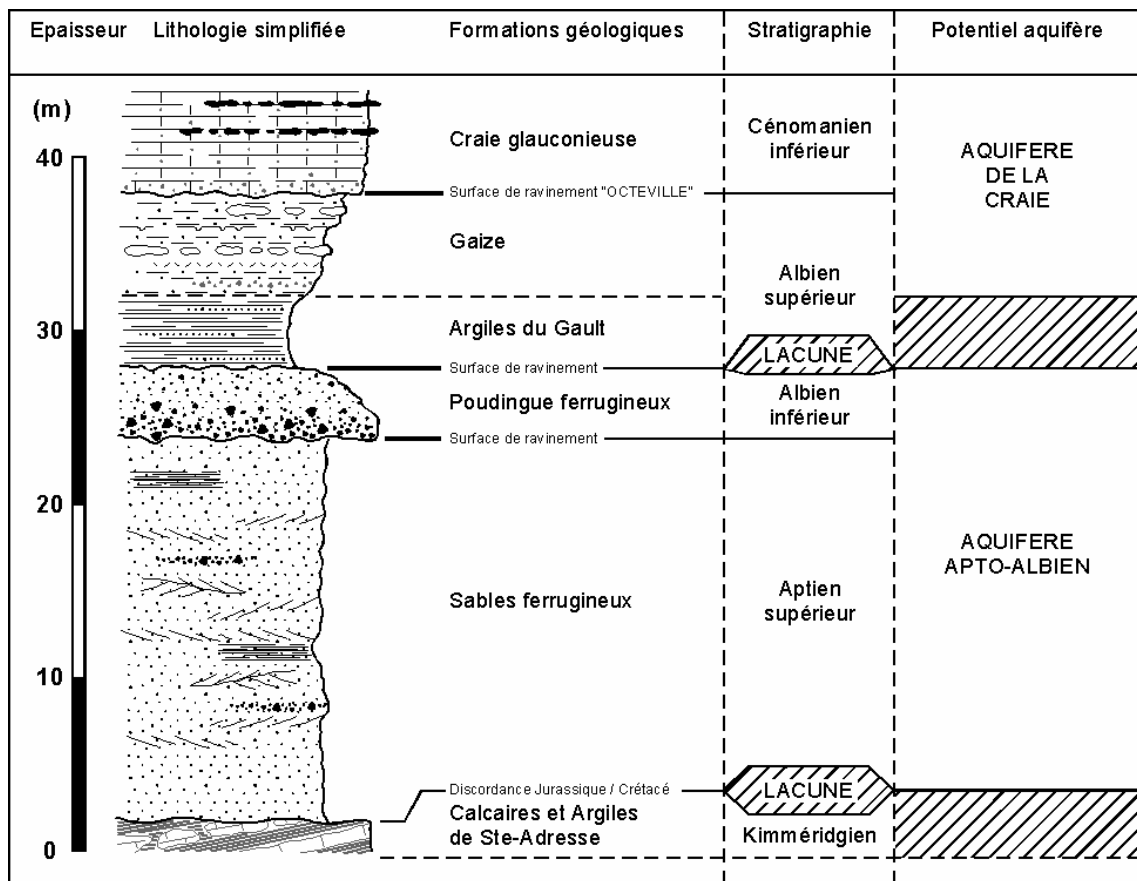


Fig. 4 - Relations entre formations géologiques et horizons aquifères à la transition Aptien – Cénomanien en Haute-Normandie.

2.4. LE SYSTEME AQUIFERE ALBO-APTIEEN (ET SES CRITERES D'IDENTIFICATION)

Le système aquifère albo-aptien selon le BRGM :

Comme conséquence de l'analyse des relations entre formations géologiques et horizons aquifères, on doit considérer l'aquifère albo-aptien de Haute-Normandie comme la succession des formations géologiques suivantes (Fig. 4) :

- le Poudingue ferrugineux (Albien inférieur) quand il est présent, c'est-à-dire quand il ne se présente pas déjà, par passage latéral de faciès, sous forme d'Argiles du Gault comme dans le Pays de Bray ;
- les Sables ferrugineux (Aptien supérieur), toujours présents en Haute-Normandie ;
- localement, les faciès sableux du Wealdien (Néocomien) comme au niveau des flancs de l'anticlinal du Pays de Bray. Dans ce cas, on devrait alors parler d'aquifère albien-néocomien plutôt que d'aquifère albo-aptien.

Du point de vue terminologie, cet aquifère correspond localement à l'aquifère des « Sables Verts » rapporté tantôt à l'Aptien, tantôt à l'Albien inférieur.

Par l'absence de barrière imperméable entre l'Albien et le Cénomaniens (contact Gaize – Craie glauconieuse), la formation de la Gaize doit, du point de vue hydrogéologique, être rattachée à l'aquifère crayeux (Fig. 4).

Principaux critères d'identification du système aquifère albo-aptien (Tabl. 1) :

En se basant sur cette définition des aquifères, l'aquifère albo-aptien peut être identifié par les caractéristiques lithologiques et granulométriques suivantes.

Du point de vue macroscopique, les Sables ferrugineux et le Poudingue ferrugineux sont caractérisés par leur nature essentiellement sableuse et la présence potentielle de graviers et galets dans les deux formations. Le classement du matériel sédimentaire peut permettre de distinguer les Sables ferrugineux du Poudingue ferrugineux, ce dernier étant en général moins bien trié.

Dans l'hypothèse où les éléments descriptifs du forage ne permettent pas de connaître la nature des terrains déjà traversés, la calcimétrie (teneur en carbonates pouvant être décelée par un simple test à l'acide chlorhydrique dilué) et la granulométrie des dépôts peuvent permettre de distinguer les roches réservoirs de l'aquifère albo-aptien (Sables ferrugineux et Poudingue ferrugineux) de la formation de la Gaize. Pour la Gaize, le test à l'HCl se révélera positif avec une faible effervescence liée à la présence de carbonates, tandis que les Sables et le Poudingue ferrugineux, dénués de carbonates, ne donneront lieu à aucune réaction à l'HCl. Par ailleurs, l'examen de la granulométrie du matériel constitue lui aussi un critère de discrimination : la granulométrie de la Gaize est plus fine (marnes, silts à sables fins) et le classement meilleur que pour les formations détritiques sous-jacentes.

Parmi les autres critères d'identification, on retiendra les caractéristiques lithologiques et granulométriques de la formation qui matérialise le toit de l'aquifère albo-aptien. Les Argiles du Gault sont en effet facilement identifiables par leur nature essentiellement argileuse. En l'absence de mélange important des résidus de forage, cette argilosité peut être mise en évidence par l'examen :

- du résidu brut essentiellement formé par une boue de teinte sombre ;
- des refus de tamis en quantité relative très faible et essentiellement composés de grains de glauconie.

En l'absence d'échantillons, l'analyse des enregistrements diagraphiques et en particulier celle du paramètre polarisation spontanée (pic ou palier très net par rapport aux formations encaissantes) permettent d'identifier sans équivoque les Argiles du Gault.

En forage, l'identification macroscopique de cette formation nécessite, du fait de sa faible épaisseur locale, une mesure fine des paramètres d'avancement et des passes relativement courtes (1 à 2 m ; ce qui limite le mélange des cuttings de la passe examinée avec les passes précédentes).

Pour résumer ce chapitre consacré à la transition Aptien à Cénomani en Haute-Normandie, le Tabl. 1 consigne les principales caractéristiques faciologiques (macroscopiques, microscopiques et acoustiques) des formations géologiques pouvant être rencontrées en forages.

Comportement hydrogéologique du système aquifère albo-aptien :

La nappe des Sables verts est captive sur l'emprise de la Zone de Répartition des Eaux (ZRE) en Haute-Normandie. La grande majorité des ouvrages, connus, captant cette nappe sont des forages artésiens, c'est-à-dire que le niveau piézométrique s'équilibre au-dessus de la cote topographique. A contrario, la nappe de la craie est une nappe libre et son niveau piézométrique s'équilibre au sein du substratum (excepté en fond de vallée humide où la nappe est en équilibre avec celle des alluvions, on parle alors de nappe semi-captive)

Le niveau piézométrique mesuré au droit d'un ouvrage peut, par conséquent, fournir des informations intéressantes pour l'identification de(s) l'aquifère(s) capté(s). En effet, selon les 3 cas de figure suivants, différents enseignements peuvent être tirés vis-à-vis de notre problématique :

- le niveau piézométrique est supérieur à la topographie : contribution quasiment certaine de la nappe albo-aptienne (attention, ce cas de figure peut également se présenter avec la nappe captive de l'Oxfordien dans le sud-ouest de l'Eure). A titre indicatif, une requête sur ce critère a été menée sur les ouvrages de la BSS : sur les 10 forages dégagées, 9 captent l'aquifère albo-aptien et 1 la nappe oxfordienne ;
- le niveau piézométrique est supérieur à la cote du toit de l'aquifère crayeux : possible contribution de l'aquifère albo-aptienne ou présence d'une nappe

perchée dans les formations superficielles (nappe tertiaire du plateau de Madrie par exemple) ;

- le niveau piézométrique s'équilibre au sein de l'aquifère crayeux : l'aquifère albo-aptien n'est *a priori* pas capté, mais ce dernier cas de figure ne permet cependant pas d'écarter totalement une possible contribution.

Formations géologiques	Stratigraphie	Occurrence, Epaisseur ⁽¹⁾	Lithologie principale ⁽¹⁾	Granulométrie ⁽²⁾	Composition minéralogique ⁽²⁾	Structures / Figures sédimentaires ⁽¹⁾	Faune / Flore ^(1,2)	Caractéristiques géophysiques ⁽³⁾	Aquifère
Craie glauconieuse	Cénomanien inférieur	Reconnue partout avec épaisseur de 25 à 30 m réduite vers Lillebonne et Pays de Bray	Présence de séquences où alternent marne glauconieuse (glauconite), craie argileuse , craie à silex et craie indurée	Marne, craie argileuse : Mudstone à wackstone mal trié – Craie à silex, craie indurée : Packstone à grainstone mieux trié	<u>Lithofaciès</u> : micrite (microspalrite) glauconieuse à spicules, foraminifères et bioclastes. CaCO₃ : 20 à 80 %	Nombreuses surfaces durcies Bioturbation fréquente	<u>Macrofaune</u> abondante : ammonites (+), brachiopodes (+), lamellibranches (+), échinidés (+), bryozoaires (-), spongiaires (-) <u>Microfaune</u> fréquente (foraminifères)	<u>Résistivité</u> : +/- <u>Polarisation spontanée</u> : -	Aquifère de la craie
Gaize	Albien supérieur	Reconnue dans le Pays de Bray, le Pays de Caux et le Lieuvin avec une épaisseur moyenne de 10 à 12 m. Non reconnue dans le secteur Lillebonne - Bolbec (Sables de Lillebonne)	<u>Bec de Caux</u> : marnes silteuses à nodules grésocalcaires et chertueux avec horizons très glauconieux et graviers phosphatés <u>Pays de Bray</u> : gaize silteuse décarbonatée à spicules <u>Lillebonne-Bolbec</u> : Sables de Lillebonne fins glauconieux	Silts à sables fins (sables fins à moyens dans les niveaux glauconieux) avec matériel bien classé	<u>Lithofaciès</u> : silts et grès fin à spicules , glauconie épars, muscovite et foraminifères. Matrice : calcite micritique souvent recristallisée <u>Muscovite</u> : fréquente. <u>Glauconie</u> : localement très abondante (40 à 60%) CaCO₃ :10 à 30 %	Bioturbation abondante (nombreux terriers)	<u>Macrofaune</u> assez abondante : ammonites (+), échinidés (+/-), spongiaires (+/-), lamellibranches (-), serpulidés (-) <u>Microfaune</u> abondante (foraminifères + ostracodes)	<u>Résistivité</u> : +/- <u>Polarisation spontanée</u> : -	
Argiles du Gault		Reconnue partout avec de fortes variations d'épaisseur : <u>Bray</u> : 40-60m <u>Rouen</u> : 17m <u>Bec de Caux</u> : 4-5m <u>Risle</u> : 1m	Argiles massives, parfois sableuses et localement très glauconieuses. Intercalations de cordons de nodules phosphatés. Base très glauconieuse caractérisée par horizon discontinu à galets, graviers et nodules phosphatés	Matériel (très) fin, bien classé. A l'intérieur, éléments quartzeux fins épars et niveaux riches en glauconie (texture : sable fin-moyen). Base hétérométrique à graviers, galets de quartz et nodules phosphatés dans matrice argilo-glauconieuse	<u>Cortège argileux</u> : montmorillonite dominante, un peu d'illite et traces de kaolinite <u>Muscovite</u> : fréquente à rare Pyrite : fréquente Glauconie : localement très abondante (50 à 60%)	Bioturbation abondante (nombreux terriers)	<u>Macrofaune</u> : rare en mauvais état (Caux), riche en bon état (Bray) : ammonites (+), lamellibranches (+), échinodermes (-) et crustacés (-). <u>Microfaune</u> : abondante (forams + ostracodes) <u>Flore</u> : Restes communs (bois flottés perforés)	<u>Résistivité</u> : - <u>Polarisation spontanée</u> : +	(Mur de l'Aquifère de la Craie) ----- (Toit de l'aquifère albo-aptien)
Poudingue ferrugineux	Albien inférieur	Reconnue en basse vallée de Seine (St-Jouin – Lieuvin) avec une épaisseur de 3- 6m. Semble disparaître à l'Est de Port-Jérôme et au Nord d'Etretat. Passe latéralement, dans le Pays de Bray, aux Argiles du Gault	Niveaux lenticulaires de graviers et galets hétérogènes intercalés dans une matrice argilo-silteuse noire (Bec de Caux), sablo-argileuse (vallée de la Risle) voire très glauconieuse (Sud du Lieuvin)	Matériel très hétérométrique. Lentilles de graviers et galets à matrice sablo-argileuse (sables moyens à très grossiers très mal classés). Horizons argilo-silteux (argiles silteuses à sables fins à moyens) mal classés	Graviers/galets : socle armoricain et couverture jurassique bas-normands, formations sous-jacentes. <u>Muscovite</u> : abondante <u>Biotite</u> : fréquente <u>Pyrite</u> : abondante <u>Glauconie</u> : présente partout, parfois très abondante (glauconite)	Plusieurs surfaces de discontinuité (lits de graviers et galets). Bioturbation rare	<u>Macrofaune</u> : assez fréquente en mauvais état : ammonites(+), lamellibranches(-), échinodermes(-) et crustacés(-) <u>Microfaune</u> : rare <u>Flore</u> : Restes très abondants	<u>Résistivité</u> : + <u>Polarisation spontanée</u> : -/+	Aquifère apto-albien
Sables ferrugineux	Aptien supérieur	Reconnue partout sauf dans le Pays de Bray. Epaisseur variable : <u>Le Havre</u> : 25 m <u>Risle</u> : jusqu'à 50 m <u>Lisieux</u> : 10 m	Sables +/- argileux et glauconieux, micacés, à liserets ferrugineux ou ligniteux. Vers le sommet, apparition possible de faciès très argileux (Argiles à Bucaillela du Pays de Caux)	Sables généralement fins bien classés avec intercalation locale de niveaux grossiers (parfois graveleux) mal classés	<u>Muscovite</u> : abondante <u>Biotite</u> : fréquente (altérée) <u>Glauconie</u> : présente partout, responsable par son altération de la coloration ferrugineuse des sables	Stratifications entrecroisées, auges, litages obliques abondants (liserets ferrugineux ou ligniteux). Bioturbation fréquente vers le sommet	<u>Macrofaune</u> : rare en mauvais état, sauf dans les Argiles à <i>Bucaillela</i> (ammonites (+), lamellibranches (-), gastéropodes (-)). Débris phosphatés de crustacés toutefois fréquents. <u>Microfaune</u> : inexistante <u>Flore</u> : Débris abondants	<u>Résistivité</u> : + <u>Polarisation spontanée</u> : -(+ en présence des Argiles à <i>Bucaillela</i>)	

Tabl. 1 - Synthèse des caractéristiques faciologiques des formations géologiques et horizons aquifères à la transition Aptien – Cénomanien en Haute-Normandie.

(1) Acquisition macroscopique / (2) Acquisition microscopique / (3) Acquisition nécessitant un appareillage géophysique spécifique du forage (aisé à mettre en œuvre)
En gras, les critères lithologiques, granulométriques, minéralogiques, sédimentologiques ou faunistiques pouvant être considérés comme discriminants pour l'identification des formations albo-aptiennes.
Le cortège argileux n'est ici mentionné que pour les Argiles du Gault. Sa composition étant quasiment identique pour l'ensemble des formations albo-aptiennes, il ne peut fournir un critère objectif de discrimination.

3. Essais de reconnaissance de l'aquifère albo-aptien à partir de l'analyse de cas concrets

A partir de l'état des connaissances synthétisé au chapitre précédent, des essais de reconnaissances de l'aquifère albo-aptien ont été menés sur les données disponibles au Service Géologique Régional de Haute-Normandie (dossiers BSS, échantillons). L'objectif était de tester les critères de détermination évoqués précédemment sur des données de qualité très hétérogène.

3.1. ANALYSE DE FORAGES RECENSES EN BSS : ESSAIS D'IDENTIFICATION SUR LA BASE DES DESCRIPTIONS DISPONIBLES

Remarques sur les terminologies ambiguës employées pour les descriptions de forage :

1. Le terme « Marne » employé par les foreurs correspond à une craie tendre pour laquelle la pénétration des outils de forage est bonne. Ce terme doit être considéré avec précaution : il est en effet à distinguer de la marne telle qu'employée par les géologues qui désigne une texture de roche carbonatée (calcimétrie comprise entre 33 et 66%).
2. Le terme « silex » employé par les foreurs est tantôt utilisé pour décrire les silex vrais rencontrés dans la Craie glauconieuse et dans les craies cénomaniennes à turoniennes, tantôt utilisé pour décrire les faciès cherteux ou grésos-carbonatés de la Gaize qui, lorsqu'ils sont recristallisés, ont la dureté et l'apparence des silex.
3. Le terme « sable » est souvent employé par les foreurs pour décrire une texture de résidus de forage (sens foreur), plus que pour définir une lithologie ou une granulométrie approximative (sens géologique, sens sédimentologique). Les résidus de forage dans certaines conditions d'avancement et avec certains outils s'apparentent effectivement à des sables car ils présentent une texture de grains plus ou moins calibrés emballés dans les boues de forage. Ainsi, les passes de certains ouvrages sont pour la plupart décrites avec, comme lithologie principale, des « sables », alors que différents documents indiquent des terrains crayeux.
4. La notion de « craie sableuse » est généralement employée par les foreurs pour décrire une craie d'aspect granuleux (cas de la craie sableuse verte mentionnée dans certains forages pour décrire de la craie glauconieuse en cuttings). Cette terminologie n'est donc pas forcément significative de la présence de sables dans la craie.
5. Lorsque des observations assez détaillées sont fournies et que l'examen des résidus de forage a été correctement réalisé, les passes décrites montrent fréquemment des mélanges de faciès distincts. Ainsi, rencontre-t-on fréquemment des forages dont les passes sont décrites à partir de cuttings résultant manifestement d'un mélange de faciès argileux typiques des Argiles du Gault, avec les sables ferrugineux sous-jacents ou avec les faciès de gaize sus-jacents. L'analyse de l'ensemble des éléments constituant les résidus de forage et la reconnaissance des formations mélangées permettent cependant de reconstituer la succession des terrains et de placer assez précisément les contacts entre formations.
6. On trouve fréquemment décrit un ensemble de terrains à la base des formations crayeuses cénomaniennes, souvent désigné sous le nom de « sables roux ». Compte tenu des descriptions fournies pour ces sables roux, il est fort probable qu'il ne s'agisse pas de véritables

sables (composés de grains de quartz d'une classe granulométrique particulière). Il semble en revanche être question d'un dépôt à texture sableuse (finement granuleuse) issu d'une décarbonatation des faciès de gaize ou de craie très glauconieuse, la teinte rousse étant liée à la présence en abondance de glauconie plus ou moins oxydée. Cette nomenclature est ambiguë vis-à-vis des « Sables Verts » qui désignent les formations sableuses situées sous les Argiles du Gault (Sables ferrugineux et Poudingue ferrugineux). Ce niveau, à potentiel aquifère, doit être rattaché à l'aquifère crayeux.

Analyse des descriptions de forages atteignant l'Albien stratigraphique :

L'analyse de forages susceptibles d'atteindre l'Albien stratigraphique (correspondant pour partie aux ouvrages répertoriés dans le rapport BRGM/RP-53781-FR, Mars 2005) montre que la qualité des descriptions est très variable et que, de ce fait, les interprétations de forages sont délicates. Pour résumer simplement, on peut isoler, par la qualité des descriptions, trois grandes catégories de forages :

- **les forages de bonne qualité (Figs 5 et 6).**

Ces forages (dont un suivi semble avoir été assez souvent réalisé par un géologue) sont généralement décrits avec des termes géologiques appropriés et fournissent souvent des descriptions succinctes comportant suffisamment d'éléments discriminants pour distinguer la plupart des formations géologiques traversées (Fig. 5).

Parfois, ces forages ont fait l'objet d'enregistrements diagraphiques en continu qui complètent l'information descriptive fournie en marge des logs et facilitent la détermination des formations géologiques (en particulier les Argiles du Gault caractérisées par un palier très net en polarisation spontanée ; Fig. 6).

Certains d'entre eux mentionnent même des attributions stratigraphiques ou fournissent une première interprétation lithostratigraphique du forage.

L'analyse de ces forages et leur réinterprétation permet de définir avec précision les limites de chacune des formations géologiques traversées et, par conséquent, de définir le (ou les) aquifère(s) atteint(s).

Passe	Prof. (m)	Description lithologique	Lithostratigraphie	Attribution stratigraphique	Aquifère	
1	2.25	Argile jaunâtre	Argiles à silex	Cénozoïque		
2	5.40	Argile rouge avec fins graviers et gros silex				
3	8.50	Argile rouge et gros silex				
4	10.20	Argile sableuse et cailloux				
5	12.70	Argile jaune et gros silex				
6	22.00	Argile, sable blanc et silex blancs très durs				
7	27.30	Argile et silex jaunes				
8	29.70	Argile et silex noirs				
9	30.50	Craie blanche friable	Formations crayeuse indifférenciées	Santonien à Turonien	Aquifère de la Craie	
10	30.90	Bancs de silex très durs				
11	38.00	Craie blanche et silex				
12	53.50	Craie compacte				
13	55.00	Craie et nombreux silex				
14	58.00	Craie compacte et quelques silex				
15	63.00	Craie et un peu plus de silex				
16	85.00	Craie et silex noirs				
17	88.50	Craie compacte	Craie glauconieuse	Cénomanién		
18	95.00	Craie grise dure				
19	98.00	Craie grise très dure				
20	99.00	Craie avec glauconie				
21	103.00	Craie très dure et grès gris				
22	104.50	Craie grise très dure et glauconieuse				
23	105.25	Craie grise et gaize dure	Contact Craie glauconieuse/Gaize	Cénomanién / Albien sup.		
24	107.75	Craie blanche avec parties silicifiées				
25	108.65	Gaize blanche et compacte	Gaize	Albien supérieur		
26	109.00	Gaize compacte très dure				
27	109.15	Gaize tendre				
28	116.50	Gaize blanche avec parties silicifiées				
29	120.00	Gaize plus tendre				
30	121.25	Gaize très dure silicifiée				
31	125.50	Gaize tendre silicifiée tous les 1.2 m environ				
32	126.50	Craie grise argileuse, sableuse,glauconieuse				
33	130.15	Craie sableuse et glauconieuse				
34	131.50	Calcaire dur glauconieux				
35	133.00	Calcaire glauconieux et argile				
36	139.00	Argiles du Gault avec gaize	Contact Gaize – Argiles du Gault			
37	147.02	Argiles du Gault avec pyrites	Argiles du Gault			
38	155.50	Argiles du Gault avec quartz et coquillages				
39	160.00	Sable jaune argileux	Sables ferrugineux	Aptien sup.		

Fig. 5 - Coupe géologique du forage 0057-6X-0002 – Thétreville (76).

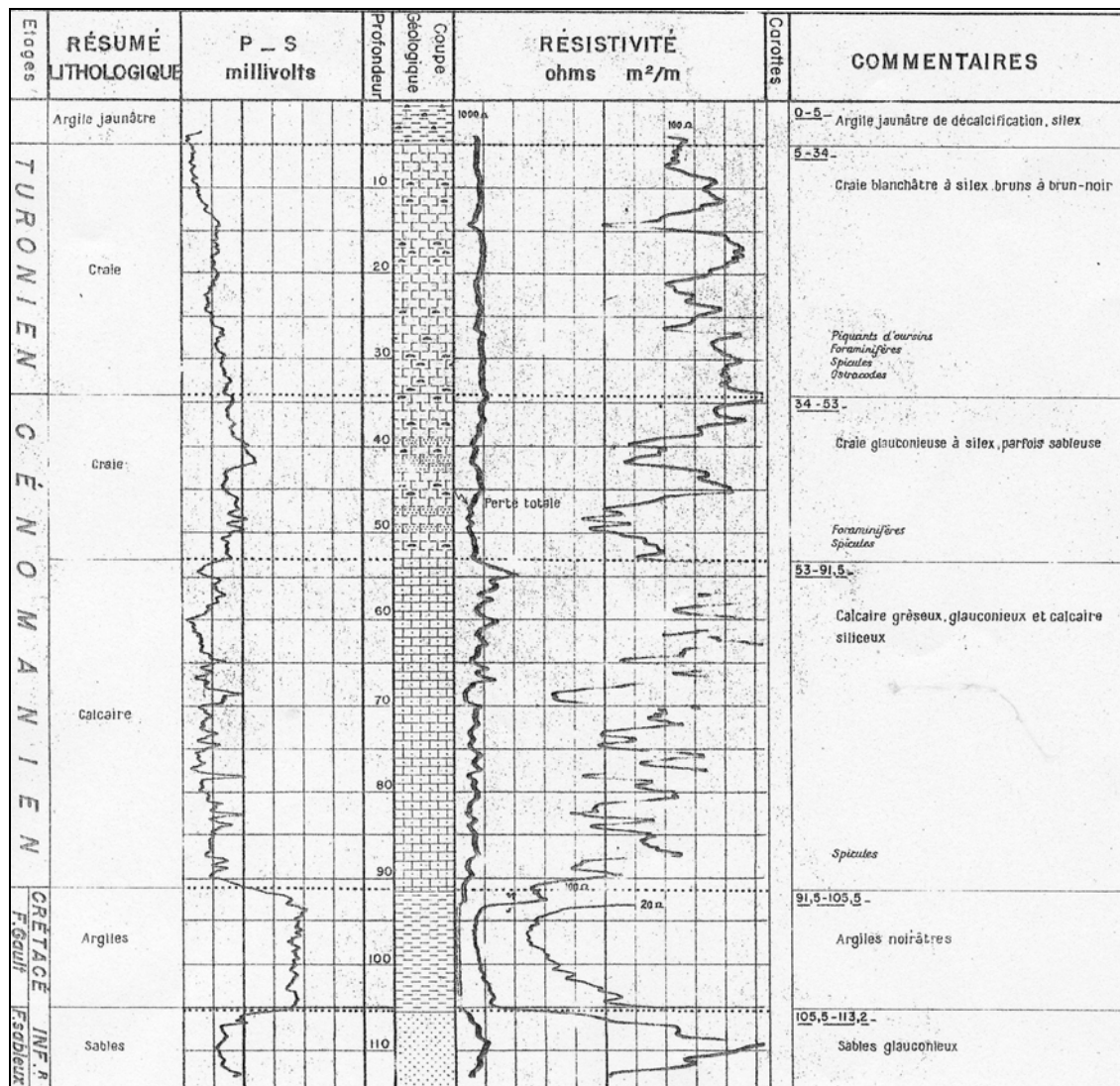


Fig. 6 - Coupe géologique et enregistrements diagraphiques de l'ouvrage 0075-8X-0006 (forage pétrolier Villequier 10) – Saint-Anoult (76).

- les forages de qualité moyenne (Figs 7 et 8).

Ces forages proposent en général un minimum d'observations et d'éléments descriptifs concernant la nature lithologique principale des terrains (argile, craie, sable, ...), leur teinte générale, leur dureté (terrains durs, tendres, friables, compacts, ...) ou la présence de constituants minoritaires (silex, glauconie, pyrite, ...) (Figs 7 et 8).

Passe	Prof. (m)	Description lithologique	Lithostratigraphie	Attribution stratigraphique	Aquifère
1	5.00	Argile et silex	Argiles à silex	Cénozoïque	
2	12.05	Craie fissurée marneuse	Craie à <i>Inoceramus labiatus</i>	Turonien inférieur	Aquifère de la craie
3	13.00	Craie très dure			
4	15.55	Craie blanche à grise dure fissurée			
5	19.15	Craie grisâtre fissurée et dure			
6	21.40	Craie dure compacte	Craie glauconieuse	Cénomanién	
7	35.00	Craie dure compacte avec silex noirs très durs			
8	41.60	Craie gréseuse grise très dure			
9	42.60	Argile compacte			
10	43.00	Craie gréseuse grise très dure			
11	43.30	Argile grise			
12	44.30	Craie gréseuse grise			
13	45.00	Argile grise	Gaize	Albien supérieur	
14	46.40	Argile vert clair, morceaux de grès			
15	46.60	Grès très dur			
16	48.00	Sable grès noirâtre			
17	48.80	Sable très fin verdâtre			
18	49.30	Grès en formation à tendance sableuse			
19	50.00	Argile sableuse verdâtre			
20	51.00	Argile verte légèrement sableuse			
21	51.60	Argile noire	Argiles du Gault		

Fig. 7 - Coupe géologique de l'ouvrage 0076-5X-0003 – La Folletière (76).

Passe	Prof. (m)	Description lithologique	Lithostratigraphie	Attribution stratigraphique	Aquifère
1	30.00	Argile à silex	Argiles à silex	Cénozoïque	
2	46.00	Craie plus ou moins marneuse avec silex	Craie glauconieuse	Cénomanién	Aquifère de la Craie
3	52.50	Craie glauconieuse avec silex noirs			
4	62.50	Marne verte avec nombreux grains de glauconie			
5	69.75	Grès gris souris intercalé de bancs d'argile gris foncé	Gaize	Albien supérieur	
6	74.50	Argile gris noirâtre micacée et pyriteuse	Argiles du Gault		

Fig. 8 - Coupe géologique du forage 0074-6X-0001 – Montivilliers (76).

Ils sont caractérisés par un nombre de passes relativement faible (Fig. 8) mais supérieur au nombre théorique de formations géologiques traversées. Dans le cas de forages susceptibles d'atteindre la partie supérieure du système aquifère albo-aptien (i.e. formation du Poudingue ferrugineux) en Haute-Normandie, le nombre minimum de

passes est alors de 6, les formations géologiques traversées correspondant à la Terre végétale, les Argiles à silex (+/- une couverture limoneuse), au moins une formation crayeuse, la Gaize, les Argiles du Gault, le Poudingue ferrugineux (ou les « Sables verts »).

L'analyse de ces forages ne permet pas en général de faire une interprétation détaillée des terrains traversés. Il est ainsi souvent difficile de différencier :

- la Gaize et la Craie glauconieuse, les dépôts traversés par les forages étant alors décrits comme des marnes sableuses, des marnes glauconieuses ou des sables marneux (avec, dans ce cas, l'utilisation inappropriée des termes « marne », « craie sableuse » et « sable ») ;
- les Sables ferrugineux et le Poudingue ferrugineux, ce qui conduit généralement à regrouper les terrains sableux ainsi traversés sous le terme général « sables verts ».

En revanche, il est fréquemment possible d'identifier sans ambiguïté les terrains correspondant à la formation des Argiles du Gault et ainsi de déduire l'aquifère capté.

- les forages de qualité médiocre (Fig. 9).

Ces forages, **majoritaires dans les ouvrages recensés en Banque du Sous-Sol**, sont souvent décrits par les foreurs eux-mêmes. Ils sont en général caractérisés par un nombre de passes inférieur au nombre théorique de formations géologiques traversées. Les passes ainsi formées, souvent épaisses de plusieurs dizaines de mètres, sont d'une résolution largement insuffisante pour distinguer les terrains à l'échelle des formations (Fig. 9). Elles regroupent parfois plusieurs unités lithostratigraphiques de propriétés aquifères très différentes.

D'autres forages peuvent par ailleurs compter un nombre de passes important mais ne disposent que d'une description très vague des terrains. La description du forage repose alors sur des critères tels que la nature lithologique principale, leur teinte et / ou leur dureté, ces critères pouvant être différents suivant les passes examinées.

Enfin, parmi ces forages, on dénombre quelques cas où les descriptions de passes sont relativement précises, sauf pour les terrains immédiatement situés de part et d'autres des Argiles du Gault (dernière passe regroupant un ensemble de « sables argileux glauconieux verts » sur 30 m d'épaisseur par exemple).

Passe	Prof. (m)	Description	Lithostratigraphie	Attribution stratigraphique	Aquifère
1	15.00	Argile à silex	Argiles à silex	Cénozoïque	
2	42.00	Craie à silex	Craie à silex	Turonien ?	Aquifère de la craie
3	45.00	Argile orange	Karst ?	/	
4	100.00	Craie beige	Craie glauconieuse ?	Cénomanién ?	
5	120.00	Craie grise gréseuse	Craie glauconieuse ? Gaize ?	Cénomanién ? Albien sup. ?	
6	130.00	Marne sableuse grise	Gaize ? Argiles du Gault ? Sables ferrugineux ?	Albien sup. ? Aptien sup. ?	???

Fig. 9 - Coupe géologique du forage 0074-3X-0091 – Turretot (76).

Signalons que, pour cette commune, le mur du Cénomanién (mur de la Craie glauconieuse) est situé entre + 5 m NGF et + 25 m NGF. La tête du forage étant à + 104 m NGF, le toit des marnes sableuses grises (- 16 m NGF) est ici bien en-dessous de la cote minimale du mur du Cénomanién. Malheureusement, la description fournie ne permet pas de déterminer si ces marnes sableuses ne correspondent strictement qu'aux Argiles du Gault et par conséquent que l'aquifère albo-aptien n'est pas capté.

L'analyse de ces forages ne permet ni interprétation détaillée des terrains traversés, ni distinction des Argiles du Gault. Il est par conséquent impossible de définir si l'aquifère capté est l'aquifère albo-aptien.

3.2. ANALYSE DE FORAGES ET ESSAIS D'IDENTIFICATION DE L'AQUIFERE ALBO-APTIEN SUR LA BASE D'ECHANTILLONS

Un essai d'identification de l'aquifère albo-aptien à partir d'échantillons a été réalisé par le géologue régional du BRGM, en utilisant les clés de détermination présentées précédemment et définies sur la base de la synthèse bibliographique.

Ce travail a été opéré sur des résidus de forages (cuttings) détenus en lithothèque, par le Service Géologique Régional Haute-Normandie du BRGM, qui proviennent d'un forage probablement ancien réalisé sur la commune de Cuverville-en-Caux (ouvrage référencé en Banque du Sous-Sol sous l'identifiant 0074-3X-0094).

Pour ce forage, seule une coupe géologique descriptive des terrains traversés – la qualité de cette description en faisait un forage de qualité médiocre – était disponible dans le dossier archivé en BSS. Réalisé par passes de 5 mètres, le mode d'exécution, la nature réelle et l'objectif de l'ouvrage réalisé restent inconnus à ce jour, malgré des recherches en interne auprès d'agents BRGM ayant exercé en Normandie. La présence de cuttings a toutefois permis une révision de la coupe, une attribution lithostratigraphique assez fine des terrains traversés et la détermination des potentiels aquifères pénétrés.

Signalons que la description et l'analyse des cuttings ont été réalisées en 0.5 jour, à l'aide du matériel suivant : un tamis d'ouverture 0.8 mm, un seau et un pulvérisateur pour le lavage des résidus bruts, un flacon d'HCl dilué pour effectuer régulièrement des tests de calcimétrie. Par ailleurs, des sacs hermétiques (sur lesquels ont été indiquées, au marqueur indélébile, les profondeurs de prélèvement et les références du forage) ont été utilisés pour pérenniser une partie des échantillons du forage et servir si besoin de référence pour l'examen d'échantillons provenant d'autres forages réalisés dans le futur. Le BRGM les tient à disposition de toute personne intéressée.

Signalons également que pour ce travail, le BRGM n'a procédé et n'a bénéficié des résultats d'aucune analyse micropaléontologique, géochimique ou de type lame mince. Seules quelques rapides observations à la loupe binoculaire ont été réalisées afin de confirmer certaines déterminations minéralogiques, la granulométrie et le classement du matériel récolté.

La Fig. 10 présente le résultat de ce travail et fournit :

- la description lithologique, granulométrique et minéralogique détaillée de chacun des échantillons examinés ;
- les clés de détermination à l'échelle du résidu brut de forage (boue) et du refus de tamis (grains, débris de roches, ...), utilisées par le BRGM pour la détermination des formations traversées ;
- les attributions lithostratigraphique (formations géologiques) et stratigraphique (âges) des terrains, ainsi que les potentiels aquifères traversés.

A l'issue de ce travail sur les résidus de forage de l'ouvrage 0074-3X-0094, le BRGM souligne que :

- la coupe interprétée est totalement en accord avec les interprétations faites sur les forages situés à proximité et les terrains cartographiés en surface dans le cadre du programme de la carte géologique de la France à 1 / 50 000 (coupure n°74 – Montivilliers-Etretat) ;
- la cote évaluée du mur du Cénomanién (- 21 m NGF) est concordante avec la cote minimale (- 20 m NGF) retenue pour la commune de Cuverville-en-Caux à l'issue du travail du BRGM en 2004 (rapport BRGM/RP-53156-FR, mai 2004), alors que cet ouvrage n'avait pas servi aux calculs des isohypses du mur du Cénomanién.

Passe	Prof. (m)	Description lithologique	Clés de détermination lithostratigraphique	Lithostratigraphie	Attribution stratigraphique	Aquifère
1	5	Passe 0-5 m : graviers de quartz subarrondis (1 à 5 mm de diamètre) et éléments anguleux de silex à patine blanchâtre (du mm au cm) emballés dans une matrice argilo-limoneuse ocre	<u>Résidus bruts</u> : Graviers de quartz, Silex à patine blanchâtre, Matrice argilo-limoneuse ocre	Colluvions dérivées d'argiles à silex	Quaternaire	Aquifère de la Craie
2	10	Passe 5-10 m : Boue carbonatée avec fragments de silex foncé (noir). Eléments mm à cm de craie blanchâtre à texture packstone. Quelques bioclastes épars. Quelques éléments verts rouilles (oxydés) diffus dans la matrice	<u>Résidus bruts</u> : boue gris clair + fragments de roche (craie, silex)	Craie d'Antifer	Turonien	
3	15	Passe 10-15 m : Boue carbonatée de teinte plus grise avec éléments mm à cm de craie (texture packstone à éléments verts ou noirs (glauconie probable)), et de calcaire siliceux/silex de teinte gris-noir	<u>Refus de tamis</u> : Craie blanchâtre, Abondance des fragments de silex noirs, Présence de quelques bioclastes, Pas ou très peu de glauconie		à Cénomanien supérieur	
4	20	Passe 15-20 m : Boue carbonatée de teinte grise très prononcée. Dominance des éléments de craie (craie collante argileuse ?) à texture packstone, avec petits éléments bioclastiques + quelques rares grains glauconieux (?) + quelques éléments détritiques. Eléments de silex noirs et gris à contact diffus avec la craie (calcaire siliceux ?)	<u>Résidus bruts</u> : boue grise + fragments de roche (craie +/- argileuse, silex, calcaire siliceux)	Craie de Rouen	Cénomanien supérieur	
5	25	Passe 20-25 m : Boue carbonatée grisâtre avec dominance des fragments de craie (texture wackstone à packstone) relativement bioclastiques avec grains de glauconie possibles. Fragments de calcaire siliceux grisâtre + petite proportion de silex noirs francs	<u>Refus de tamis</u> : Craie grisâtre, Présence de fragments de silex noirs, Présence de calcaire siliceux, Grains de glauconie dispersés fréquents, Bioclastes fréquents à abondants		à Cénomanien	
6	30	Passe 25-30 m : Boue carbonatée grise avec blocs de craie grise franche (texture packstone - limite grainstone) à grains de glauconie et éléments bioclastiques. Débris de silex noirs et de faciès de calcaires siliceux			moyen	
7	35	Passe 30-35 m : Idem passe sus-jacente. Bon packstone avec glauconie abondante	<u>Résidus bruts</u> : Boue grise + fragments de roche (craie, amas glauconieux cimentés, glauconite) + grains de glauconie isolés <u>Refus de tamis</u> : Craie glauconieuse, Abondance des grains de glauconie, Abondance des amas glauconieux, Faciès de glauconite, Fragments de craie détritique,	Craie glauconieuse	Cénomanien inférieur	
8	40	Passe 35-40 m : Blocs de craie centimétriques fréquents : texture grainstone avec glauconie abondante				
9	45	Passe 40-45 m : Pratiquement plus de silex. Faciès carbonatés très glauconieux et légèrement détritiques. Localement du faciès de type glauconite				
10	50	Passe 45-50 m : Abondance du faciès de glauconite et nombreux fragments de craie glauconieuse un peu détritique. Refus de tamis composé très abondants grains de glauconie isolés, de nombreux amas de glauconie et de fragments assez rares de craie glauconieuse				
11	55	Passe 50-55 m : Boue très glauconieuse avec fond de glauconites (amas de grains de glauconie) très important. Présence de plaquettes à faciès de gaize glauconieuse ?	<u>Résidus bruts</u> : Boue grise peu abondante + Plaquettes de gaize <u>Refus de tamis</u> : Faciès atypique de la gaize, Débit en plaquettes de la gaize, Présence de micas, Présence de glauconie, Granulométrie relativement fine, Bon classement des grains	Gaize	Albien	
12	60	Passe 55-60 m : idem passe sus-jacente avec plaquettes de gaize plus abondantes. Mélanges avec passe sus-jacente probable				
13	65	Passe 60-65 m : Faciès de gaize en plaquettes. Refus de tamis composé d'un matériel beaucoup plus fin avec beaucoup de micas et moins de glauconie que précédemment				
14	70	Passe 65-70 m : Idem que passe sus-jacente avec granulométrie un peu plus forte. Glauconie un peu plus fréquente				
15	75	Passe 70-75 m : Idem que passe sus-jacente	<u>Résidus bruts</u> : Boue argilo-glauconieuse noire très abondante <u>Refus de tamis</u> : Quantité relativement faible, Argiles collantes (difficiles à laver), Grains isolés de glauconie prédominants, amas glauconieux, Grains de quartz et graviers (en base)	Argiles du Gault	supérieur	
16	80	Passe 75-80 m : Boue argilo-glauconieuse gris-noir. Refus de tamis avec abondants fragments d'argiles collantes noirs à nombreux grains de glauconie et avec nombreux grains isolés ou amas glauconieux. Argiles du Gault sans équivoque				
17	85	Passe 80-85 : Boue argilo-glauconieuse gris-noir à grains de quartz isolés grossiers. Refus de tamis composé d'argiles glauconieuses noires, de grains isolés / amas glauconieux et de nombreux grains corrodés (à teinte d'oxydation) de quartz grossiers à très grossiers, arrondis à subarrondis				
18	90	Passe 85-90 m : Sables très grossiers avec probable matrice argileuse. Refus de tamis : débris centimétriques d'argiles quasi-purs / grains mm pour la plupart de quartz blanc laiteux, de quartz translucides arrondis et de quartz à teinte d'oxydation / débris lithiques anguleux (schistes et cornéennes probables) et graviers de quartzite	<u>Résidus bruts</u> : Boue sablo-argileuse grise très abondante, graviers et galets nombreux	Poudingue	Albien	Aquifère albo-aptien
19	95	Passe 90-95 m : galets et graviers abondants dans une matrice sablo-argileuse à argilo-sableuse. Matériel très hétérométrique (du mm jusqu'à 5 cm) avec copeaux d'argile (argiles silteuses avec rares grains de glauconie) et de silts argileux glauconieux, sables grossiers à très grossiers, petits graviers plurimillimétriques de quartz laiteux arrondis à subarrondis, galets de quartz/quartzite et débris lithiques subanguleux	<u>Refus de tamis</u> : Grains de quartz non jointifs très abondants, Graviers et galets, Matériel très hétérométrique, Copeaux d'argile ou de silts argileux	ferrugineux	inférieur	
20	100	Passe 95-100 m : sables fins à silts glauconieux. Quasiment dénués d'argiles, à l'exception de quelques copeaux (pollution des passes sus-jacentes ?)	<u>Résidus bruts</u> : Sables fins (+ glauconie) <u>Refus de tamis</u> : Sables fins assez bien calibrés, Grains de glauconie	Sables ferrugineux	Aptien supérieur	

Fig. 10 - Coupe géologique du forage 0074-3X-0094 – Cuverville-en-Caux (76). Description lithologique, granulométrique et minéralogique détaillée des résidus bruts de forage et des refus de tamis, interprétation lithostratigraphique et identification des aquifères traversés.

Identification de l'aquifère albo-aptien en forages dans le cadre de recherche d'eau en Haute-Normandie

3.3. SYNTHESE DE L'ETUDE DE CAS CONCRETS : LIMITES DE L'ANALYSE ET PRE-REQUIS POUR L'IDENTIFICATION DES FORMATIONS ALBO-APTIENNES

Pour les forages recensés dans la banque du Sous-Sol, une des limites à la détermination de l'aquifère capté réside dans la terminologie adoptée par l'opérateur pour la description de la coupe. Les possibilités d'interpréter une coupe et la qualité du forage (bonne, moyenne, médiocre ; cf. partie 3.1) dépendent ainsi de l'auteur de la coupe et de sa capacité à décrire objectivement les résidus de forage avec un vocabulaire adapté.

Ce rapport doit pouvoir permettre de fournir quelques éléments de base, pour décrire correctement les résidus de forage (Tabl. 1 ; cf. chapitre 4) et pour éviter toute utilisation abusive des termes signalés dans le paragraphe intitulé « Remarques sur les terminologies ambiguës employées pour les descriptions de forage » de la partie 3.1. Un glossaire est proposé en fin de rapport (chapitre 7) afin de définir les termes géologiques les plus courants pour les terrains rencontrés en Haute-Normandie dans l'intervalle stratigraphique Aptien – Cénomanien et les termes techniques.

De l'examen des coupes géologiques disponibles concernant des forages référencés en Banque du Sous-Sol, il apparaît que les forages considérés par le BRGM comme de qualité bonne à moyenne fournissent des descriptions suffisantes pour identifier tout ou partie des terrains traversés. Ces forages de qualité bonne à moyenne sont caractérisés par :

- un nombre de passes suffisant pour apprécier les limites de formations indispensables à la reconnaissance du ou des aquifères captés ;
- des descriptions basées sur une terminologie géologique appropriée ;
- des descriptions basées sur un minimum d'éléments discriminants (teinte générale et composante argileuse, sableuse et glauconieuse des résidus de forage) pour distinguer la plupart des formations géologiques traversées ;
- parfois, un enregistrement diagraphique en continu qui complète l'information descriptive fournie en marge des logs.

De l'analyse des descriptions fournies, il est ainsi possible d'identifier sans ambiguïté les terrains correspondant à la formation des Argiles du Gault et ainsi de déduire l'aquifère capté.

En revanche, les forages de qualité médiocre fournissent des descriptions trop succinctes ou trop ambiguës qui rendent impossible une interprétation de la coupe géologique. C'est avec l'objectif de ne plus avoir à fournir une interprétation hasardeuse de ce type de coupe, que le BRGM propose un certain nombre de recommandations aux opérateurs de forage et aux services en charge de la Police de l'Eau, dans le chapitre 4 et au travers du Tabl. 1.

L'examen et l'analyse des résidus de forage de l'ouvrage 0074-3X-0094 a permis au BRGM de se rendre compte que :

- le matériel nécessaire à une analyse sommaire des cuttings reste simple et ne représente pour un opérateur qu'un investissement minime en matériel comme en temps ;
- le temps nécessaire à une analyse correcte des résidus de forage et à une description satisfaisante d'une coupe géologique est relativement court ;
- avec une méthodologie adaptée et en utilisant les clés de détermination précédemment présentées (Tabl. 1), une interprétation précise des terrains traversés par un forage est rendue possible et les aquifères captés sont identifiables sans difficulté majeure.

4. Recommandations vis-à-vis des futurs projets de forage - Proposition d'un cahier des charges à destination des maîtres d'ouvrage

En définitive, dans le cas d'un projet de forage susceptible d'atteindre l'aquifère albo-aptien (cote fond de trou < cote de l'arrêté préfectoral), le Brgm recommande d'autoriser les travaux sous réserve que l'entreprise de forage ou le maître d'œuvre associé inscrive à sa déclaration de travaux (arrêté 1.1.0) les premiers éléments de connaissance à sa disposition et un programme de mesure permettant de justifier de la non atteinte de l'aquifère albo-aptien.

L'objet du présent chapitre est de proposer le programme de mesure « minimal » permettant de démontrer l'atteinte ou non de l'aquifère albo-aptien. Il est, par conséquent, recommandé que l'entreprise de forage s'engage à respecter ce cahier des charges dans sa déclaration de travaux. Le programme de mesure se décline de la façon suivante :

1 - Avant-travaux

- Consultation de la Banque du Sous-Sol (BSS) via le portail internet Infoterre (<http://infoterre.Brgm.fr>) ou directement dans les locaux du Service Géologique Régional de Haute-Normandie (ouverture les lundis de 9h à 12h) dans le but d'appréhender au mieux les contextes géologique et hydrogéologique de la zone concernée (mise à disposition de cartes piézométriques, cartes géologiques, logs géologiques, etc...). Dans la mesure des données disponibles, une première approximation sur les profondeurs moyennes du toit de la nappe de la craie et du toit de l'aquifère albo-aptien peut être obtenue à l'issue de cette consultation. Ces premiers éléments pourront être fournis dès la déclaration de travaux ;

2 - Pendant les travaux de foration

- Surveillance et report des vitesses d'avancement de l'outil de foration : des variations de vitesses peuvent indiquer des changements de faciès (bancs de silex, passage de craie à marne silteuse, passage argileux, ...). Les profondeurs pour lesquelles des difficultés ont été rencontrées devront notamment être mentionnées ;
- Report des venues d'eau, débits associés et du niveau statique à la fin des travaux (après stabilisation) : comme vu précédemment, un niveau statique jaillissant indique que l'aquifère albo-aptien a été intercepté par le forage ;
- Récupération et archivage des cuttings : l'entreprise veillera à utiliser des sacs hermétiques sur lesquels seront indiqués, au marqueur indélébile, le nom de la

commune d'implantation, la date et les profondeurs de prélèvement. Les cuttings devront ainsi être conservés par l'entreprise de forage. La longueur des passes à échantillonner est à adapter en fonction de la nature traversée : 5 mètres dans la craie et de 1 à 2 m lorsque sont atteints les premiers faciès riches en glauconie. Il est impératif que toutes les passes soient échantillonnées ;

- Analyse faciologique des cuttings : le matériel nécessaire à un tel examen est composé au minimum d'une loupe, d'un tamis (ouverture 1 mm + 0.5 ou 0.4 mm), d'un seau et d'un pulvérisateur pour le lavage et d'un flacon d'HCL dilué. L'analyse doit se faire selon deux niveaux :
 - ✓ Description sommaire du résidu brut de forage : préciser (1) la proportion relative de boue et sa teinte générale, (2) la présence de morceaux de roche, leur proportion, leur nature (craie, débris de silex, débris bioclastiques, galets / graviers), leur teinte, leur taille approximative et éventuellement leur forme / débit particulier (la gaize se présentant fréquemment sous forme de petites plaquettes), leur composition (éléments / grains visibles à l'œil nu ?) et (3) la présence d'argiles noires / sombres et de grains de glauconie ;
 - ✓ Description sommaire du refus de tamis : préciser (1) la quantité relative (variation constatée entre les passes successives) de matériel constituant le refus de tamis, (2) la teinte et la nature macroscopique des principaux types d'éléments et (3) la proportion relative de ces éléments.

Le Tabl. 1 et la Fig. 10 du présent rapport pourront être utilisés pour aider à l'identification des principales formations. Par exemple, sur la base des descriptions suivantes, les Argiles du Gault (toit de l'aquifère) sont aisément différenciables de la craie et de la Gaize :

- ✓ Résidus bruts : boue argilo-glauconieuse noire très abondante ;
- ✓ Refus de tamis en quantité faible, constitué d'argiles collantes (difficiles à laver), de grains isolés de glauconie prédominants, d'amas glauconieux, et éventuellement de grains de quartz et graviers en base.

L'analyse faciologique des cuttings en cours de foration doit, par conséquent, permettre d'identifier les Argiles du Gault et donc d'interrompre la foration avant d'atteindre l'aquifère albo-aptien. Par sécurité, la foration devrait idéalement être interrompue dès la reconnaissance de la Gaize. Cependant, la distinction de cette formation est plus délicate (la transition avec la craie glauconieuse étant peu contrastée d'un point de vue faciologique) et il est donc conseillé d'essayer d'identifier en priorité les Argiles du Gault.

- Réalisation d'une diagraphie gamma-ray : il s'agit du dernier outil disponible permettant d'identifier avec certitude la formation des Argiles du Gault (Fig. 6):

3 - Compte-rendu des travaux avant équipement définitif du forage

Ce compte-rendu, à présenter aux Services de Police des eaux souterraines, doit compiler la consultation des données BSS et leurs enseignements, le compte-rendu de chantier (vitesses d'avancement, venues d'eau, niveau statique, ...), la coupe géologique réalisée à partir des cuttings et l'enregistrement diagraphique.

A partir de ces éléments, les services de Police de l'Eau devraient être en mesure de juger de l'atteinte ou non de l'aquifère albo-aptien. Si l'aquifère albo-aptien a été atteint, il devra être procédé au rebouchage partiel de l'ouvrage avant la mise en place des équipements.

Si, au regard des éléments transmis, un doute devait subsister (description géologique imprécise et/ou incohérente en particulier), l'appui d'un géologue compétent (géologue départemental, BET spécialisé, etc...) pourra être sollicité pour une analyse complémentaire des échantillons conservés par l'entreprise de forage. En dernier recours, le Brgm pourra être mobilisé, dans le cadre de sa mission d'appui à la Police de l'Eau, pour émettre un avis dans des contextes géologiques particuliers ou complexes (proximité d'une faille, lacunes...).

5. Conclusions

Au cours de ce travail, il est, en premier lieu, rappelé que les repères stratigraphiques seuls ne peuvent être utilisés pour distinguer aquifère crayeux et aquifère albo-aptien. Le toit de ce dernier correspond, en effet, à la formation des Argiles du Gault (Albien supérieur), barrière imperméable permettant d'individualiser les deux aquifères (des échanges craie-albien sont cependant localement possibles sur le bassin de Paris). C'est, par conséquent, cette formation qui ne doit pas être traversée dans le cadre d'une recherche d'eau et non le mur de l'étage stratigraphique du Cénomanien (Craie glauconieuse).

Sur la base des descriptions lithostratigraphiques de la transition Aptien – Cénomanien et des caractéristiques faciologiques des formations géologiques (compilées à partir de la bibliographie régionale), des essais de reconnaissance ont été menés.

Pour les nombreux ouvrages disponibles en BSS dont la qualité de la description géologique est qualifiée de médiocre, l'identification de l'aquifère albo-aptien n'est pas possible faute d'éléments discriminants suffisants.

Toutefois, avec une méthodologie adaptée et en utilisant les clés de détermination présentées dans ce rapport, il est démontré qu'une interprétation précise des terrains traversés par un forage est rendue possible sans difficulté majeure (matériel simple, temps court).

Sur la base de ces différents enseignements, le Brgm propose un cahier des charges, à destination des entreprises de forage et des maîtres d'œuvre associés aux projets de recherche d'eau, qui doit permettre de démontrer l'atteinte ou non de l'aquifère albo-aptien. Si ce cahier des charges est respecté, les services de Police de l'Eau doivent être en mesure de gérer plus efficacement les déclarations et travaux de forages concernés par la ZRE Albien-Néocomien.

Le cas échéant, le Brgm se tient à la disposition des services de Police de l'Eau, pour une diffusion plus large de ces informations auprès des foreurs et bureau d'études techniques spécialisés (diffusion d'un document simplifié).

6. Références bibliographiques

- Arnaud L., 2005.** Inventaire des points d'eau atteignant l'aquifère de l'Albien-Néocomien en Haute-Normandie. Rapport BRGM/RP-53781-FR.
- Boltenhagen C., Ménillet F. et Ternet Y., 1968.** Carte géologique de la France à 1/50 000 – Feuille Montivilliers-Etretat (74). BRGM Edition, Orléans. Notice explicative par Boltenhagen C., Ménillet F. et Ternet Y. (13 p.).
- Pareyn C. et Viallefond L., 1968.** Carte géologique de la France à 1/50 000 – Feuille Le Havre (97). BRGM Edition, Orléans. Notice explicative par Gudayer J., Pareyn C. et Viallefond L. (18 p.).
- Cavelier C. et Médioni R., 1980.** Notice explicative de la carte géologique de la France à 1 / 250 000 – Feuille Rouen (4). BRGM Edition, Orléans, 45 p.
- Couëffé R. et Equilbey E., 2004.** Zone de Répartition des Eaux Albien-Néocomien en Haute-Normandie. Evaluation des cotes du toit de l'Albien et inventaire des points d'eau existants. Rapport BRGM/RP-53156-FR, 70 p., 5 fig., 2 tabl., 3 ann.
- Destombes P., 1958.** Révision de l'Albien de la région du Havre. Dédutions paléogéographiques sur le N.W. du Bassin parisien au Crétacé moyen. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), **8**, 305-313.
- Destombes P., Juignet P. et Rioult M., 1973.** Ammonites de l'Aptien – Albien du Bec de Caux, Normandie (France). *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **61**, 48-106.
- Destombes P., Gamble H. J., Juignet P. and Owen H. G., 1974.** Cretaceous and Lower Tertiary of Seine-Maritime, France : a guide to key localities. *Proc. Geol. Ass.*, **88** (1), 15-38.
- Destombes P., Gamble H.J., Juignet P. and Owen H.G., 1977.** Cretaceous and Lower Tertiary of Seine-Maritime, France : a guide to key localities. *Proc. Geol. Ass.*, **88** (1), 15-38.
- Juignet P., Rioult M. et Destombes P., 1973.** Stratigraphy and Lower Boreal influences in the Aptian-Albian beds of Normandy (France). *Geol. Journ.*, **Sp. Iss. 5**, « The Boreal Lower Cretaceous », 303-326.
- Juignet P., 1974.** La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif Armoricaïn. Thèse d'état, Université de Caen, 2 vol., 786 p.
- Juignet P., Hunziker J.C. et Odin G.S., 1975.** Datation numérique du passage Albien-Néocomien en Normandie. Etude préliminaire par la méthode à l'argon. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **280**, 379-382.
- Juignet P., 1980.** Transgressions-régressions, variations eustatiques et influences tectoniques de l'Aptien au Maastrichtien dans le Bassin de Paris occidental et sur la bordure du massif armoricaïn. *Cretaceous Research*, **1**, 341-357.
- Juignet P. et Breton G., 1992.** Mid-Cretaceous sequence stratigraphy and sedimentary cyclicity in the western Paris Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **91**, 197-218.
- Juignet P., Hunziker J.C. et Odin G.S., 1975.** Datation numérique du passage Albien-Cénomanien en Normandie ; Etude préliminaire par la méthode à l'argon. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **280**, 379-382.
- Lennier G., 1867.** Etudes géologiques et paléontologiques sur l'embouchure de la Seine et les falaises de Haute-Normandie. Imprimeries Costey , Le Havre, 245 p.

Lesueur C.A., 1843. Vues et coupes du Cap de la Hève, près Le Havre. Lithographie réimprimée, in *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **9** (1884), 82-84.

Lionnet G., 1884. Sur la présence du terrain Crétacé inférieur dans les falaises de la Hève. *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **10**, 71-84.

Magniez F., Médioni R., Mégnien C., Mégnien F. (Coordonnateurs) et collaborateurs, 1980. Chapitre 7 : Crétacé inférieur. In : Mégnien C. et Mégnien F. (Coord.), Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mémoires du B.R.G.M.*, Orléans, n° 101, pp. 255-287.

Maréchal M. et al., 1988. Les argiles à Bucaillella de l'Aptien supérieur de Cauville (Seine-Maritime, Normandie) et leur contenu paléontologique. *Bull. Soc. Géol. Norm. Amis Mus. Havre*, **75** (4), 5-24.

Passy A., 1832. Description géologique du département de la Seine-Inférieure. Périaux, Rouen, 371 p.

Pichon C., 1933. Contribution à l'étude des falaises cauchoises. *Bull. mens. Soc. Géol. Norm.*, **63**, 12, 67.

Riout M., 1962. Problèmes de géologie havraise. *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **51**, 32-48.

Savalle E., 1878. Note sur les sables micacés de La Hève. *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **5**, 100-105.

Savalle E., 1881. Note sur les sables néocomiens. *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **8**, 104.

Stiegelmann J.J., 1930. Fossiles de la Hève et de Bléville (Albien-Cénomaniens-Aptien) et *Pinus parsii* sap. (Aptien). *Bull. Soc. Géol. Norm.*, **35**, 9-11.

Vernoux JF., Maget, Donsimoni, Blanchin, Afzali et Vairon, 1997. Synthèse hydrogéologique du Crétacé inférieur du bassin de Paris. Rapport BRGM/RP-39702-FR.

7. Glossaire

Lithologie : Nature des roches d'une formation géologique dans son sens conventionnel. Terme utilisé dans ce rapport pour la nature principale des constituants d'un échantillon (calcaire, craie, gaize, argile, sable, grès, glauconite, ...).

Granulométrie : Répartition des éléments ou grains constituant une roche ou un échantillon, suivant leur taille. Cette granulométrie est évaluée par rapport à une échelle de classification.

Pour les éléments dits détritiques, on définit ainsi un échantillon comme une **argile** / un **silt** lorsque la plupart des éléments le constituant sont d'une taille inférieure à 62 μm . On définit un échantillon comme un **sable** (grès si grains joints par un ciment) lorsque la plupart des grains le constituant sont d'une taille inférieure à 2 mm. On peut distinguer à l'œil nu, à la loupe ou grâce au tamisage :

- des sables (grès) très fins à fins : taille des grains comprise entre 62 μm et 0.25 mm (grains difficilement visibles à l'œil nu mais visibles à la loupe ; refus de tamis nul avec les ouvertures préconisées dans ce rapport) ;
- des sables (grès) moyens : taille des grains comprise entre 0.25 mm et 0.5 mm (grains visibles à l'œil nu ; refus de tamis important avec l'ouverture la plus faible préconisée dans ce rapport) ;
- des sables (grès) grossiers à très grossiers : taille des grains comprise entre 0.5 mm et 2 mm (grains visibles à l'œil nu ; refus de tamis important avec l'ouverture la plus grande préconisée dans ce rapport).

Enfin, on parle de granules (2 à 4 mm), **graviers** (0.4 à 5 cm) ou **galets** (> 5 cm), dès lors que la taille des éléments dépasse 2 mm.

Φ (mm)	Roche non consolidée		Roche consolidée		Classe		
10	CAILLOUTIS ET BLOCS		CONGLOMERAT		RUDITES		
	GRAVIER		MICROCONGLOMERAT				
2	S A B L E		G R È S		ARENITES		
1						Très grossier	
0,5						Grossier	
0,25						Moyen	
0,125						Fin	
0,063						Très fin	
0,002						SILT	
	ARGILE		ARGILITE				

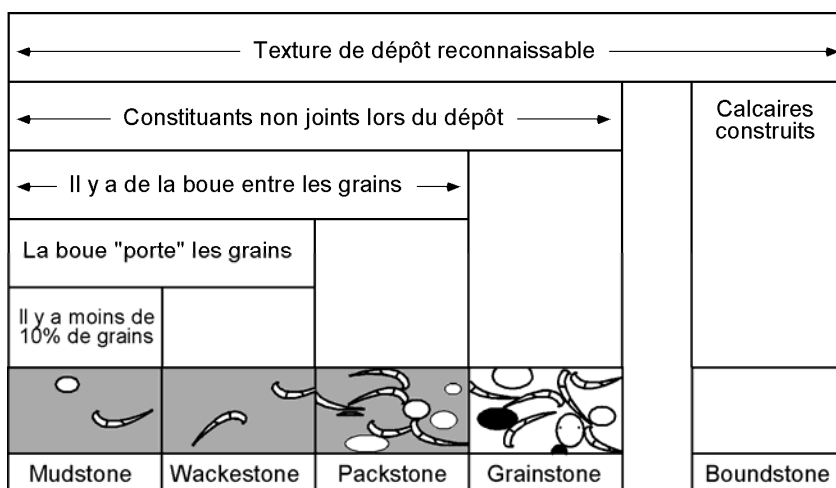
Classement (ou tri ou calibration) : Mode de répartition de la taille des éléments ou grains constituant une roche ou un échantillon. Le classement est un paramètre complémentaire de la granulométrie.

Les grains constituant un échantillon de roche peuvent en effet se répartir en deux ou trois classes granulométriques très distinctes (cas d'un sable très grossier dont les grains sont emballés dans une matrice silto-argileuse). Le classement des grains seront donc plutôt médiocre et l'échantillon qualifié d'hétérométrique. Au contraire, un échantillon peut être très bien classé, calibré, du fait de la présence d'une seule et unique classe granulométrique représentée (cas du sable de certaines plages actuelles).

Texture : Élément de description de l'arrangement des grains ou éléments composant une roche. Dans le cas des roches carbonatées, la texture est définie en fonction des relations entre les grains et la matrice ou boue carbonatée.

Pour les roches crayeuses (craie glauconieuse, craie bioclastique, ...), la classification des textures est basée essentiellement sur la relation entre les grains et la boue carbonatée (matrice ou ciment) :

- mudstone : moins de 10% de grains / d'éléments et essentiellement de la matrice (pâte fine carbonatée) ;
- wackestone : plus de 10% de grains avec grains isolés baignant dans la matrice (pâte fine carbonatée) ;
- packstone : plus de 10% de grains avec grains souvent jointifs + matrice encore visible entre les grains ;
- grainstone : grains très abondants, jointifs, sans matrice entre les grains.



Matrice : Dans une roche ou un échantillon présentant des grains, partie qui englobe et supporte les grains. La matrice peut être composée de grains plus petits (cas des poudingues composés de graviers et galets emballés dans une matrice sableuse) ou d'une masse indifférenciée (boue ou pâte fin carbonatée par exemple).

Morphoscopie / Exoscopie : Examen de la forme des grains constituant une roche ou un échantillon. S'applique généralement aux grains de quartz composant pour tout ou partie un sable.

Fonction de la dynamique ayant régi leur mise en place, la forme des grains peut être une clé de détermination d'une formation géologique. Parmi les qualificatifs souvent utilisés lors d'un examen sommaire de résidus de forage (à la loupe), on signalera les 4 suivants : arrondis, subarrondis, subanguleux et anguleux.

Minéralogie : Détermination de la nature des minéraux, grains ou éléments composant une roche ou un échantillon. Cette détermination est rendu possible par des analyses :

- en lame mince pour les échantillons consolidés (observation au microscope),
- chimiques pour les échantillons non consolidés,
- diffractométriques pour les échantillons argileux.

Calcimétrie : Mesure de la proportion de carbonates de calcium composant une roche ou un échantillon. Telle que nous l'entendons dans ce rapport, il s'agit de vérifier la présence ou l'absence de carbonates dans un échantillon par un simple test à l'acide chlorhydrique dilué.

Suivant la proportion de calcaires et la proportion d'argiles, on distinguera :		
- les calcaires purs	(plus de 95 % de CaCO ₃ ;	moins de 5% d'argiles) ;
- les calcaires marneux	(de 65 à 95 % de CaCO ₃ ;	de 5 à 35 % d'argiles) ;
- les marnes	(de 35 à 65 % de CaCO ₃ ;	de 35 à 65 % d'argiles) ;
- les marnes argileuses	(de 5 à 35 % de CaCO ₃ ;	de 65 à 95 % d'argiles) ;
- les argiles	(moins de 5% de CaCO ₃ ;	plus de 95 % d'argiles).

Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de CaCO₃. De faible dureté (rayable à la pointe). Effervescence à l'HCl dilué.

Calcaire siliceux : Type de calcaire à ciment siliceux. Roche très dure, difficile à rayer.

Craie : Type de calcaire, très riche en CaCO₃ (> 90%). Roche à grain très fin, de teinte blanche, poreuse, tendre et friable, traçante. Effervescence forte à l'HCl dilué.

Marne : Roche sédimentaire composée d'un mélange de calcaire et d'argile. Roche moins compacte que les calcaires et moins plastique que les argiles. Roche à grain fin, de teinte général grise, poreuse (happe la langue), tendre et friable, traçante. Effervescence plus ou moins forte à l'HCl dilué.

Argile : Roche sédimentaire à grain très fin (invisible à la loupe), contenant au moins 50% de minéraux argileux. Roche tendre, molle parfois plastique, rayable à l'ongle, faisant pâte avec l'eau.

Silex : Roche siliceuse, dure, à grain très fin. Teinte variable avec parfois des zébrures liées à des phénomènes de zonation. Cassure lisse et conchoïdale, à éclat luisant dont les bords sont aigus (coupants) et translucides. Non rayable, le silex raye le métal.

Gaize : Roche sédimentaire siliceuse, grise à verdâtre. Roche poreuse et légère, à granulométrie argileuse ou silteuse cimentée par un ciment siliceux, généralement riche en débris d'organismes siliceux (spicules de spongiaire) et en glauconie.

Glauconie / Glauconite : Minéral ou roche se présentant sous la forme de grains de 0.1 à 3 mm de diamètre, vert foncé à éclat gras.

Sable : Terme couramment utilisé pour définir un échantillon meuble composé essentiellement de grains de quartz. Au sens sédimentologique, classe granulométrique particulière correspondant aux échantillons (ou roches meubles) dont la taille des grains constitutifs est comprise entre 62 µm et 2 mm.

Bioclastes : Débris / fragments de fossiles, usés ou non, contenus dans une roche.

Résidus bruts de forage : Boue récupérée lors du forage comportant des résidus et débris des roches traversées. Equivalent du terme anglophone *cuttings*.

Refus de tamis : Ensemble des éléments recueillis par lavage et tamisage du résidu brut de forage. Permet d'isoler et d'examiner les grains et autres débris de roche composant, avec la boue de forage, les *cuttings*.

Diagraphie : Enregistrement continu des variations d'un paramètre donné en fonction de la profondeur. Diagraphies enregistrées lors d'un arrêt ou en fin de forage : paramètres mesurés accessibles avec un retard sur l'exécution du forage. Sondes diagraphiques descendues dans le trou de forage à l'extrémité d'un câble qui assure la liaison avec les instruments de surface commandant les opérations.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Haute-Normandie
Parc de la Vatine
10 rue A. Sakharov
76130 – Mont Saint Aignan - France
Tél. : 02 35 60 12 00