



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



Contrat de plan
ARTICLE 10



Schéma Interrégional
d'approvisionnement
en matériaux de construction

DOCUMENT PUBLIC

Recherche de sites potentiels de roches dures dans l'Est de la Région Basse-Normandie et dans la Sarthe

*Rapport d'avancement de milieu de projet
Phase 1*

*Modélisation de la structure géologique
de la bordure ouest du Bassin de Paris*

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97 G 103

Mai 1997
R 39 485



Mots clés : Roches dures (granulats), quartzites, recouvrement sédimentaire (faible), géologie, Banque du Sous-Sol (B.S.S.), géophysique, télédétection, Calvados, Orne, Sarthe, France

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

(1997) - Recherche de sites potentiels de roches dures dans l'Est de la Région Basse-Normandie et dans la Sarthe (rapport d'avancement). Rap. BRGM R 39 485.

© BRGM, 1997 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM

Synthèse

Le Conseil Régional Basse-Normandie et l'Article 10 du Contrat de Plan interrégional du bassin parisien ont chargé le BRGM de réaliser une étude sur l'ouest du Bassin de Paris, dans le cadre de l'élaboration du schéma d'approvisionnement en matériaux de l'agglomération parisienne. La région correspondant à la limite de la couverture sédimentaire du bassin de Paris sur le socle du Massif armoricain, entre Bayeux et Beaumont-sur-Sarthe, a été étudiée dans le but d'y définir des zones potentielles de roches dures de type quartzite (Grès armoricain) situées sous un recouvrement sédimentaire faible.

Les données géophysiques de la Banque Gravimétrique Française ont été étudiées du point de vue qualitatif et quantitatif. Des modélisations de la structure plus ou moins profonde du socle ont été réalisées (cartes de gradient et de résiduelles, profils gravimétriques). Grâce à leurs caractéristiques densitaires spécifiques, les formations gréseuses (principalement le Grès armoricain situé au cœur de synclinaux) localisées sous couverture modérée (inférieure à 50 m) sont clairement définies. Les synclinaux de May et d'Urville sont particulièrement bien reconnus, ainsi que le synclinal de Ranville (région de Caen) sous couverture plus importante. Les synclinaux du sud de la zone (Sarthe), situés dans un cadre structural plus complexe, ont une signature géophysique caractéristique, mais leur tracé est plus difficile à définir dans le détail, car les directions qu'ils empruntent sont moins homogènes.

Des images multispectrales Spot ont été interprétées à l'échelle du 1/100 000 afin de tracer les directions structurales perçues à petite et moyenne échelle. Les directions régionales ressortent bien dans le réseau hydrographique de chaque secteur (pays d'Auge, campagne de Caen-Falaise-Argentan, Perche, etc.). La traduction en surface des synclinaux paléozoïques de May et d'Urville est obtenue dans une frange de 10 à 25 km au-delà des aires d'affleurement du socle. De manière générale, les linéaments sont en relation avec le socle affleurant ou peu couvert.

Les données de la Banque du Sous-Sol (B.S.S.) ont été exploitées afin de définir les aires de présence des quartzites sous la couverture, ainsi que l'épaisseur et la nature le plus souvent calcaire de cette couverture.

L'interprétation combinée des données géologiques de base, de la géophysique et de la télédétection aboutit à la reconnaissance de deux secteurs *a priori* favorable, dans lesquels devraient être définies les zones à prospecter au cours d'une seconde phase. Ces secteurs correspondent à :

- le secteur sud-ouest Mézidon et sud-ouest Livarot, que l'on peut regrouper comme une zone d'intérêt nord ;
- les secteurs sud-ouest et nord-est Fresnay-sur-Sarthe, qui donnent une zone d'intérêt sud.

La zone d'intérêt nord est séparée en deux sous-zones qui correspondent au prolongement du synclinal de May (sud-ouest de la feuille Livarot) et du synclinal d'Urville (sud-ouest de la feuille Mézidon, dans un secteur où les quartzites affleurent par endroits) :

- le sous-secteur situé sur la feuille Livarot (en limite de la feuille Mézidon), révèle l'existence de quartzites dans un contexte de remontée locale du socle traduite par un gradient d'épaisseur de couverture de 100 à 35 m. La géophysique révèle dans ce secteur l'existence d'une anomalie gravimétrique légère. Des linéaments ENE-WSW semble obéir à une logique régionale puisqu'ils se suivent sur les feuilles Falaise et Vimoutiers.
- le sous-secteur situé sur la feuille Mézidon correspond au prolongement des structures du synclinal d'Urville. Pour ce secteur, l'anomalie géophysique négative est légèrement oblique sur l'axe d'allongement probable des structures paléozoïques. Ce fait pourrait laisser présager une certaine complication structurale sous la couverture. La télédétection montre nettement le passage " par transparence " des structures paléozoïques sous un recouvrement souvent inférieur à 20 m. La présence du Grès armoricain ne paraît pas générale dans ce secteur du synclinal.

La zone d'intérêt sud est située principalement sur la feuille Fresnay-sur-Sarthe, ainsi qu'en bordure de la feuille Mamers.

- un sous-secteur situé au sud-ouest de la feuille Fresnay-sur-Sarthe est en liaison avec les synclinaux du Maine (Gesnes-le-Gandelin/Saint-Ouen-de-Mimbré). La géophysique indique une anomalie négative sécante sur l'axe d'allongement des structures probables du Paléozoïque.
- un sous-secteur situé au nord-est de la feuille Fresnay-sur-Sarthe et à l'extrémité sud-ouest de la feuille Mamers (région de Contilly), en relation avec les structures du bloc de Perseigne (Ordovicien affleurant d'Aillères-Beauvoir). Dans ce secteur la télédétection indique que le contexte structural est probablement complexe ; la géophysique traduit l'existence de roches à relativement faible densité. Le recouvrement semble fréquemment inférieur à 20 m.

Les données environnementales indiquent qu'il doit être possible de définir des secteurs exempts de contraintes à l'intérieur des deux zones. Ces dernières sont proposées au comité de suivi afin d'y effectuer les travaux prévus en phase 2 conformément au cahier des charges.

Sommaire

1. Contexte de l'étude	11
2. Données géologiques	14
2.1. GENERALITES SUR LES TERRAINS DE LA BORDURE OCCIDENTALE DU BASSIN DE PARIS	14
2.1.1. Données générales.....	14
2.1.2. Les sondages de la Banque de Données du Sous-Sol (B.S.S.).....	16
2.1.2.1. Généralités	16
2.1.2.2. Lithologie du socle sous la couverture.....	17
2.1.2.3. Epaisseur de la couverture	18
2.1.2.4. Nature de la couverture	18
2.1.2.5. Toit du socle sous la couverture.....	18
2.2. GEOLOGIE SUCCINCTE ET POTENTIEL ROCHES DURES DES PRINCIPALES UNITES LITHOLOGIQUES.....	23
2.2.1. Le socle protérozoïque.....	23
2.2.1.1. Le Briovérien supérieur	23
2.2.1.2. Les roches magmatiques	23
2.2.2. Le Cambrien.....	23
2.2.2.1. Le Conglomérat de base.....	23
2.2.2.2. Les Grès et arkoses	24
2.2.2.3a. Les Schistes verts	24
2.2.2.3b. Les Schistes violets	24
2.2.2.4. Le Grès de Sainte-Suzanne	24
2.2.2.5. Les rhyolites ignimbrtiques.....	24
2.2.2.6. Les andésites et les dacites	25
2.2.2.7. Les Grès suprarhyolitiques.....	25
2.2.2.8. Les Schistes violacés de Gouvix	25
2.2.2.9. Les Schistes verts du Pont-de-la-Mousse- Schistes à Lingules	25
2.2.2.10a. Le Grès de la vallée d'Enfer	25
2.2.2.10b. Les schistes rouges de Saint-Rémy-Les Psammites de Sillé- Les Grès de Blandouët	25
2.2.3. L'Ordovicien	26
2.2.3.1. Le Grès armoricain.....	26
2.2.3.2. Les Schistes à <i>Neseuretus</i> -Schistes du Pissot-Schistes d'Urville	27
2.2.3.3. Le Grès de May.....	27
2.2.3.4. Les Schistes du Pont-de-Caen	27
2.2.3.5. La Tillite de Feuguerolles-Le Calcaire des Vaux.....	28
2.2.3.6. Le Grès culminant.....	28
2.2.4. Le Silurien et le Dévonien.....	28
2.2.4.1. Les Ampélites	28
2.2.4.2. Le Grès à <i>Platyorthis monnieri</i>	28
2.2.5. La couverture sédimentaire	29
2.3. EXPLOITATION DES ROCHES DURES EN CARRIERES.....	29
2.3.1. Carrieres en activité au 31 décembre 1996	29
2.3.2. Exploitations abandonnées.....	30

3. Etude des données de télédétection	31
3.1. GENERALITES.....	31
3.1.1. Méthodologie	31
3.1.2. Données utilisées.....	31
3.2. INTERPRETATION.....	33
3.2.1. Principes.....	33
3.2.2. Grandes unités paysagiques	33
3.2.3. Analyse des grandes structures	34
3.2.3.1. Structures de la zone bocaine-Falaise-linéament du Perche	34
3.2.3.2. Structures du pays d'Auge.....	34
3.2.3.3. Structures du Maine et du sud du Perche.....	35
3.2.4. Analyse détaillée	35
3.2.4.1. De Bayeux à Vire.....	35
3.2.4.2. De Caen à Flers	36
3.2.4.3. De Lisieux à Argentan	36
3.2.4.4. De Sées à Mayenne	37
3.2.4.5. D'Alençon à Mortagne	37
4. Etude des données géophysiques.....	39
4.1. OBJET DE L'ETUDE GRAVIMETRIQUE ET METHODOLOGIQUE	39
4.2. SYNTHESE DES INFORMATIONS DISPONIBLES.....	39
4.2.1. Données gravimétriques.....	39
4.2.2. Mesures de densités disponibles	40
4.2.2.1. Mesures de densités concernant le socle affleurant.....	40
4.2.2.2. Densités des formations sédimentaires du Bassin de Paris	42
4.3. REALISATION D'UNE ESQUISSE STRUCTURALE D'APRES LA GRAVIMETRIE ...	43
4.3.1. Traitements des données gravimétriques	43
4.3.2. Résultats de l'interprétation structurale du socle d'après la gravimétrie.....	44
4.4. CONTROLE DES HYPOTHESES D'INTERPRETATION PAR MODELISATION QUANTITATIVE SUR PROFIL.....	50
5. Synthèse des données acquises	58
5.1. DEFINITION DU POTENTIEL "ROCHES DURES" DES SECTEURS	58
5.2. SELECTION DE ZONES POUR LA PHASE 2.....	60
5.3. DONNEES ENVIRONNEMENTALES ET REGLEMENTAIRES.....	62
5.4. CONCLUSION ET SUITE DE L'ETUDE.....	63
Bibliographie	65
Cartographie.....	67
Annexes	69
1. DETAIL DU CAHIER DES CHARGES DE LA PHASE 1	70
2. LISTE DES SONDAGES DE LA ZONE D'ETUDE AYANT ATTEINT LE SOCLE..	74

Liste des figures, tableaux et planches

Figure 1	Localisation géographique et cartes à 1/50 000.....	10
Figure 2	Zone couverte par la prospection.....	13
Figure 3	Carte géologique régionale (1/1 000 000, 6e édition, BRGM, 1996).....	15
Figure 4	Lithologie du socle sous la couverture (d'après la B.S.S.).....	19
Figure 5	Epaisseur de la couverture (d'après la B.S.S.)	20
Figure 6	Nature de la couverture (d'après la B.S.S.).....	21
Figure 7	Toit du socle sous la couverture (d'après la B.S.S.).....	22
Figure 8	Log synthétique des terrains de Basse-Normandie et de Sarthe	30
Figure 9	Imagerie Spot multispectrale utilisée.....	32
Figure 10	Valeur des anomalies de Bouguer aux stations de mesure	45
Figure 11	Carte du gradient vertical.....	46
Figure 12	Carte de la résiduelle.....	47
Figure 13	Profil gravimétrique n°1	51
Figure 14	Profil gravimétrique n°2	52
Figure 15	Profil gravimétrique n°3	53
Figure 16	Profil gravimétrique n°4	54
Figure 17	Profil gravimétrique n°5	55
Figure 18	Profil gravimétrique n°6	56
Tableau 1	Densités des massifs granitiques	41
Tableau 2	Densités des formations magmatiques basiques.....	41
Tableau 3	Densités des formations briovériennes et paléozoïques	42
Tableau 4	Densités des formations sédimentaires du bassin de Paris.....	43
Tableau 5	Caractéristiques des structures mises en évidence par l'interprétation	48
Tableau 6	Principales structures.....	50
Planche A	Synthèse des résultats sur la zone nord.....	h.-t.
Planche B	Synthèse des résultats sur la zone sud.....	h.-t.
	Calques des données environnementales.	

Avertissement

Indications aidant à la lecture du rapport.

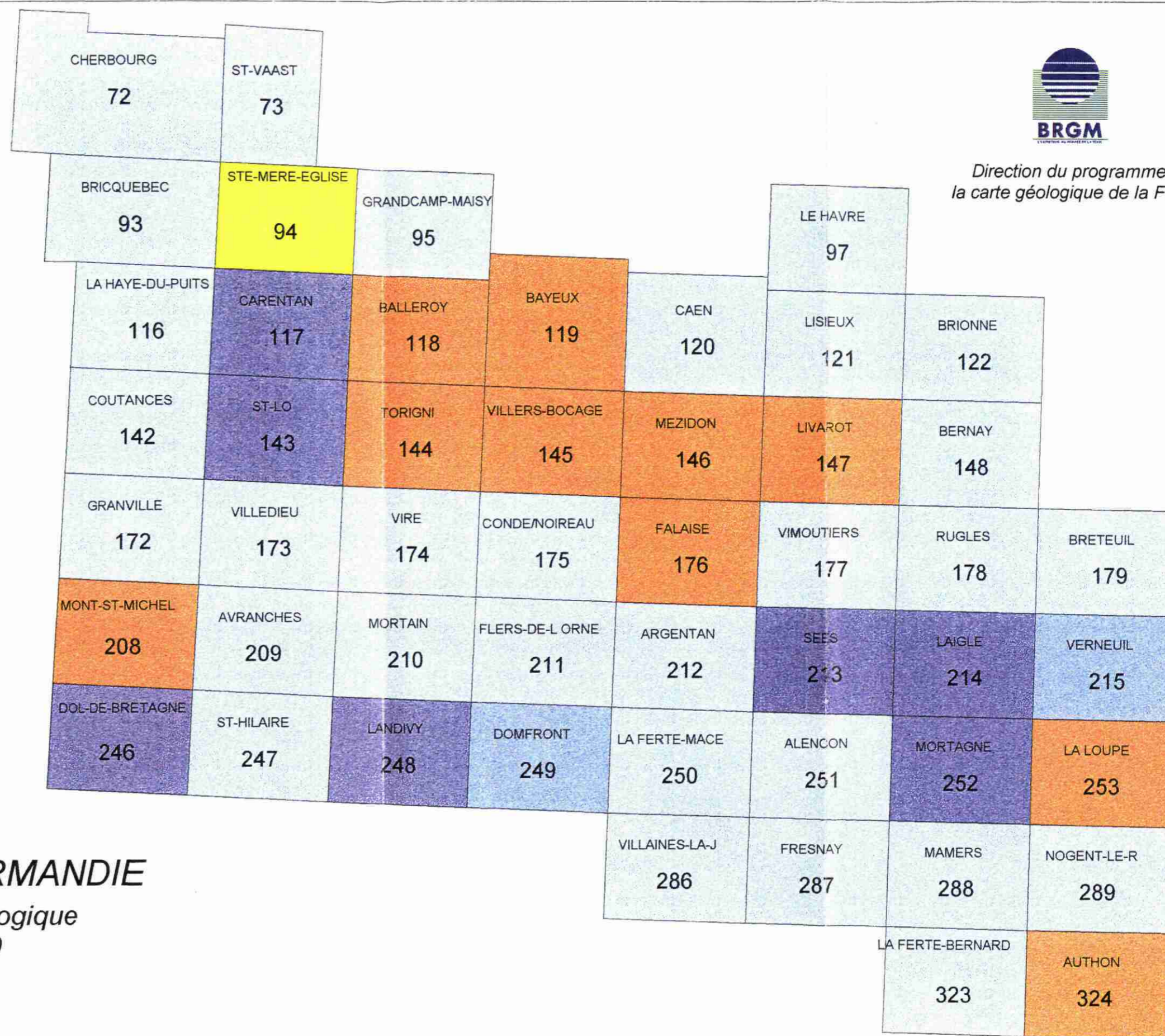
- Les localités citées peuvent être suivies, entre parenthèses, de l'indication de la feuille à 1/50 000 sur laquelle elles se trouvent. Exemples : Dives-sur-Mer (Caen), la Ferrière-aux-Etangs (Flers-de-l'Orne).
- Le Grès armoricain, cible " roches dures " principale, est d'âge ordovicien. Bien que défini par Ch. Lapworth en 1879, ce système stratigraphique n'est reconnu internationalement que depuis la fin des années 50. Ceci entraîne l'utilisation du terme " Silurien " (grès siluriens, synclinaux siluriens, etc.) dans la littérature ancienne. Le Silurien bas-normand au sens strict – anciennement dénommé Gothlandien – est représenté par des ampélites sans intérêt économique. Les règles de nomenclature actuellement en vigueur dans la littérature scientifique exigeraient de parler de la *Formation du Grès armoricain*. A des fins de simplification, la seule dénomination *Grès armoricain* est retenue dans le présent rapport.
- Le Grès armoricain est en fait un quartzite au sens lithologique et non un grès. Il apparaît également le terme grès-quartzite dans la littérature.
- Les résultats de la géophysique, la télédétection, le fond géologique des schémas départementaux des carrières, les sondages de la B.S.S. sélectionnés, les découpes communales, ainsi que les données environnementales sont fournies en planches hors-texte (planches A et B).



Direction du programme de
la carte géologique de la France.

Etat des cartes

□ Disponible à la vente	(30)
■ Editée dans l'année courante	(2)
▨ En attente notice	(0)
■ En circuit CCGF	(0)
■ En circuit de fabrication	(7)
■ En cours de lever	(10)
■ Epuisée	(0)
■ Non documentée	(1)



REGION BASSE NORMANDIE

Actualisation de la carte géologique
de la France 1 / 50 000
au 28 novembre 1996

Figure 1 : Localisation géographique
et cartes à 1/50 000

1. Contexte de l'étude

La consommation de granulats de la région parisienne, de l'ordre de 100 Mt/an, est actuellement satisfaite pour moitié par des granulats alluvionnaires. Compte tenu de la concurrence entre les différentes utilisations du sol dans les zones de vallées, l'Administration préconise une forte diminution de l'extraction de ce type de granulats dans cette région.

La réduction de cette extraction doit être compensée par la production de matériaux de substitution, et en particulier de granulats concassés. L'une des solutions envisageables est d'ouvrir de nouvelles carrières de roches dures de grande capacité (≥ 1 Mt/an), situées le plus près possible de Paris, en privilégiant le transport ferroviaire.

Le sous-sol du Massif armoricain recèle de très nombreux gisements de roches dures et en particulier dans la formation du Grès armoricain (quartzite¹ d'âge ordovicien), activement exploités pour la production de granulats concassés d'excellente qualité. Ces granulats satisfont généralement aux spécifications exigées pour les différentes utilisations : granulats pour béton de bâtiment et ouvrage d'art, pour la confection des chaussées, y compris les couches de roulement et pour les ballasts des voies de chemin de fer.

Soucieux des impératifs du développement économique et industriel de la région, le Conseil Régional de Basse-Normandie souhaite trouver une solution qui satisfasse les intérêts de toutes les parties concernées par l'exploitation des roches dures. Une approche originale a été engagée dans le cadre du III^{ème} Plan régional et repris pour le Contrat de Plan Interrégional du Bassin de Paris, pour la gestion globale des ressources naturelles non renouvelables. Elle a pour objectif de circonscrire des zones nouvelles qui soient favorables à l'ouverture de carrières. Les sites que l'on se propose de développer doivent offrir à la fois :

- des garanties d'impact paysager faible ou nul (zones en plaine ou en creux topographique) ;
- des caractères économiques (taux de décapage, qualité des matériaux, etc.) compatibles avec les besoins de la profession ;
- une indépendance de toute contrainte urbanistique, réglementaire et environnementale majeure .

¹Roche siliceuse compacte constituée de cristaux de quartz intimement soudés. Un quartzite sédimentaire provient de la cimentation par diagenèse d'un grès.

Pour répondre à la demande de la Région et afin d'assurer une partie de l'approvisionnement en granulats de la région parisienne, à moyen et long terme, la recherche de sites de quartzites – et éventuellement d'autres matériaux durs – a été lancée dans la zone d'affleurement du Jurassique de la bordure ouest du Bassin de Paris. Cette zone s'étend de Caen à Alençon et La Flèche, sur les régions de Basse-Normandie (Calvados et Orne) et des Pays de la Loire (Sarthe).

En effet, les niveaux de roches dures du socle primaire et plus particulièrement du Grès armoricain – d'autres matériaux pourraient être envisagés (entre autres : Grès de May, grès cambriens, roches volcaniques, cornéennes) – orientés selon la direction WNW-ESE, sont des formations très résistantes à l'érosion et constituent l'ossature des crêtes proéminentes de la surface post-hercynienne. De plus, les grès qui occupent le cœur des synclinaux paléozoïques présentent des caractéristiques de densité relativement univoques.

Les crêtes de quartzites, qui constituaient souvent des écueils ou des hauts-fonds au sein de la mer jurassique, se prolongent vers l'est sous les formations sédimentaires du Bassin de Paris. Des affleurements de quartzites sont ainsi connus au sein de l'auréole jurassique du Bassin de Paris et des carrières y ont été ouvertes. Certaines sont encore en activité : Perrières, Chailloué, Les Vignats, etc. Il est aussi possible que ces niveaux de quartzite soient subaffleurants dans d'autres zones et permettent l'ouverture de nouvelles carrières sous faible recouvrement jurassique (inférieur à 20 m de puissance).

Pour réaliser ce travail, le BRGM apporte son expérience dans le domaine :

- de la géologie et de l'hydrogéologie régionale ;
- des matériaux ;
- des techniques géophysiques ;
- de l'exploitation de la télédétection ;
- des études paysagères et environnementales ;
- des bases de données : Banque de données du Sous-Sol (B.S.S.) ; données géologiques des levés à 1/50 000 , banque des données gravimétriques françaises ; etc.
- des systèmes d'informations géographiques (SIG) tels que ceux mis en œuvre dans le cadre des schémas des carrières.

Le programme des travaux a été décomposé en deux phases :

- phase 1 : essai de modélisation de la structure géologique de la bordure ouest du Bassin de Paris ;
- phase 2 : étude détaillée des secteurs favorables susceptibles de receler des gisements de roches dures économiquement exploitables.

Seule la phase 1 fait l'objet du présent rapport d'avancement de mi-projet. Le détail du cahier des charges de cette phase est rappelé dans l'annexe 1.

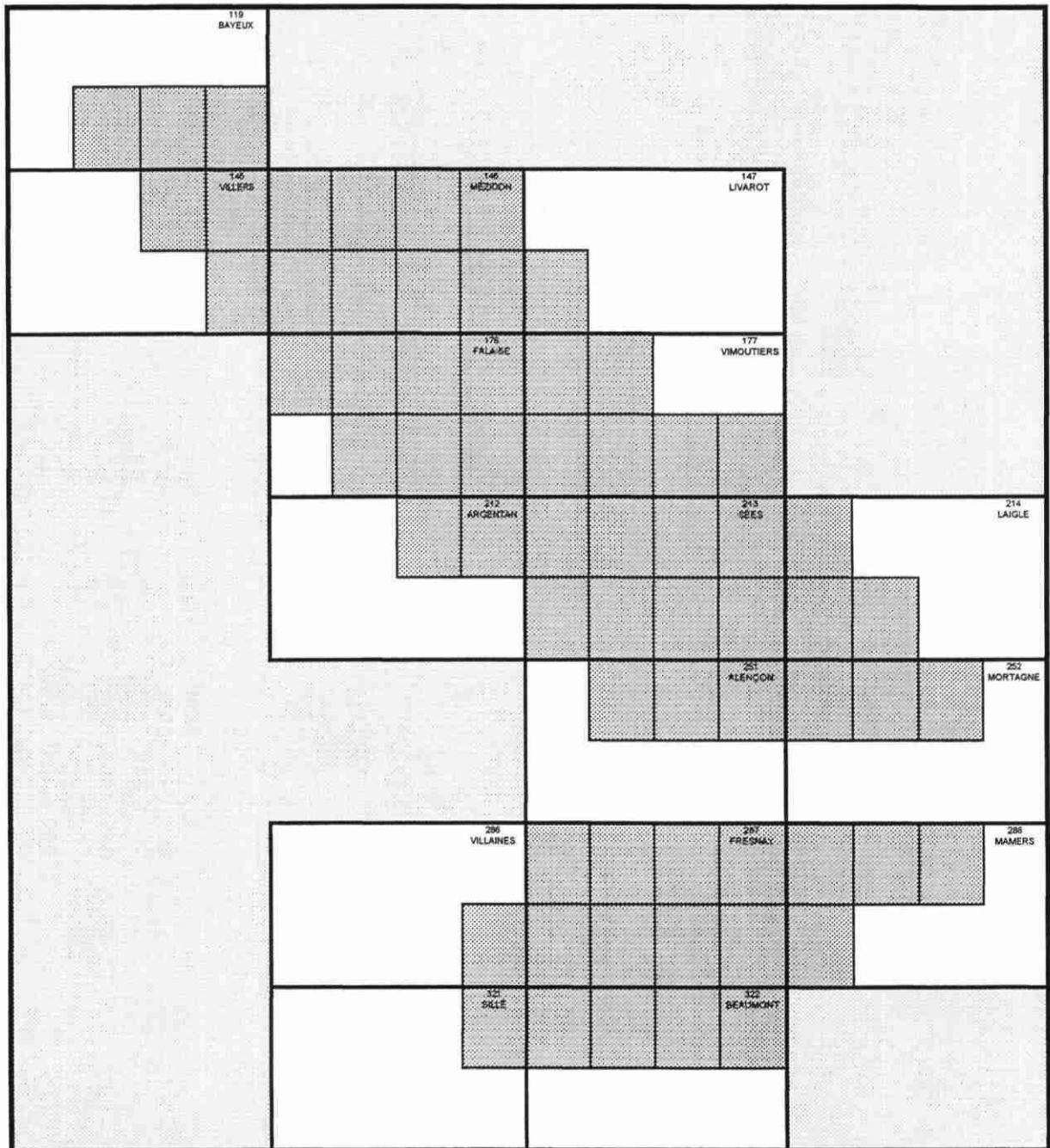


Figure 2. Zone couverte par la prospection

Traits gras : limites de carte à 1/50 000, pointillés serrés : huitièmes à étudier.

2. Données géologiques.

2.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TERRAINS DE LA BORDURE OCCIDENTALE DU BASSIN DE PARIS

2.1.1. Données générales

Les formations mésozoïques – principalement jurassiques – de la bordure occidentale du bassin de Paris recouvrent des unités variées d'âge paléozoïques ou plus anciennes (briovériennes) (Figure 3). Les terrains paléozoïques affleurent largement dans la partie orientale du Massif armoricain (zone bocaine et Maine). Parmi ces terrains, la formation du Grès armoricain est depuis longtemps la plus recherchée².

Sous la couverture, le prolongement des synclinaux paléozoïques a été proposé dès la fin du XIXe siècle à partir de forages profonds (Lippmann et Dollfuss, 1892)³. Au nord du secteur d'étude (Bayeux, Villers-Bocage, Mézidon, Falaise), les abondantes recherches pour le fer entreprises notamment par la Société des Mines de Soumont ont conduit à la réalisation de très nombreux forages. Après une période de désintérêt, P. Bassompierre (1955) émit l'hypothèse de la présence probable de synclinaux siluriens (*cf ordoviciens*) à partir de l'interprétation de données gravimétriques. Cette hypothèse est en partie contestée par d'autres auteurs pour le nord où le Paléozoïque est non affleurant (Doré, 1971).

Les formations paléozoïques constituent, à petite échelle, de vastes synclinaux. Du nord au sud on distingue :

- un hypothétique synclinal de la Dives, masqué par plus de 200 m de dépôts mésozoïques ;
- le synclinal de Ranville, caché sous 60 à 170 m de couverture mésozoïque ;
- le synclinal de May-sur-Orne qui affleure dans les vallées de l'Orne et de l'Odon (Fig. 3, M) ;
- le synclinal d'Urville-Perrières, qui affleure dans la vallée de la Laize (Urville-Saint-Germain-le-Vasson) et ponctuellement, au sein du Jurassique de la campagne de Falaise (Perrières, Olendon, Le Châtelet près de Sassy, Estrées-la-Campagne, etc.) (Fig. 3, U) ;
- le synclinal de Falaise, prolongement oriental de la zone bocaine (Fig. 3, F) ;

² « Les grès siluriens [*i.e. la formation du Grès armoricain*] fournissent des matériaux que leur dureté rendaient précieux pour le pavage et l'empierrement. Trop durs même, ces grès ne se laissent pas tailler comme on voudrait (...) et ne donnent pas la qualité qu'on appelle pavé parisien ; on les exporte dans les villes voisines, Rouen et Le Havre en particulier. Les pavés ont néanmoins (...) une valeur considérable, cinq fois plus forte que celle des minerais de fer » (De Félice, 1907).

³Forage de 220 m environ, à Dives-sur-Mer (Caen).

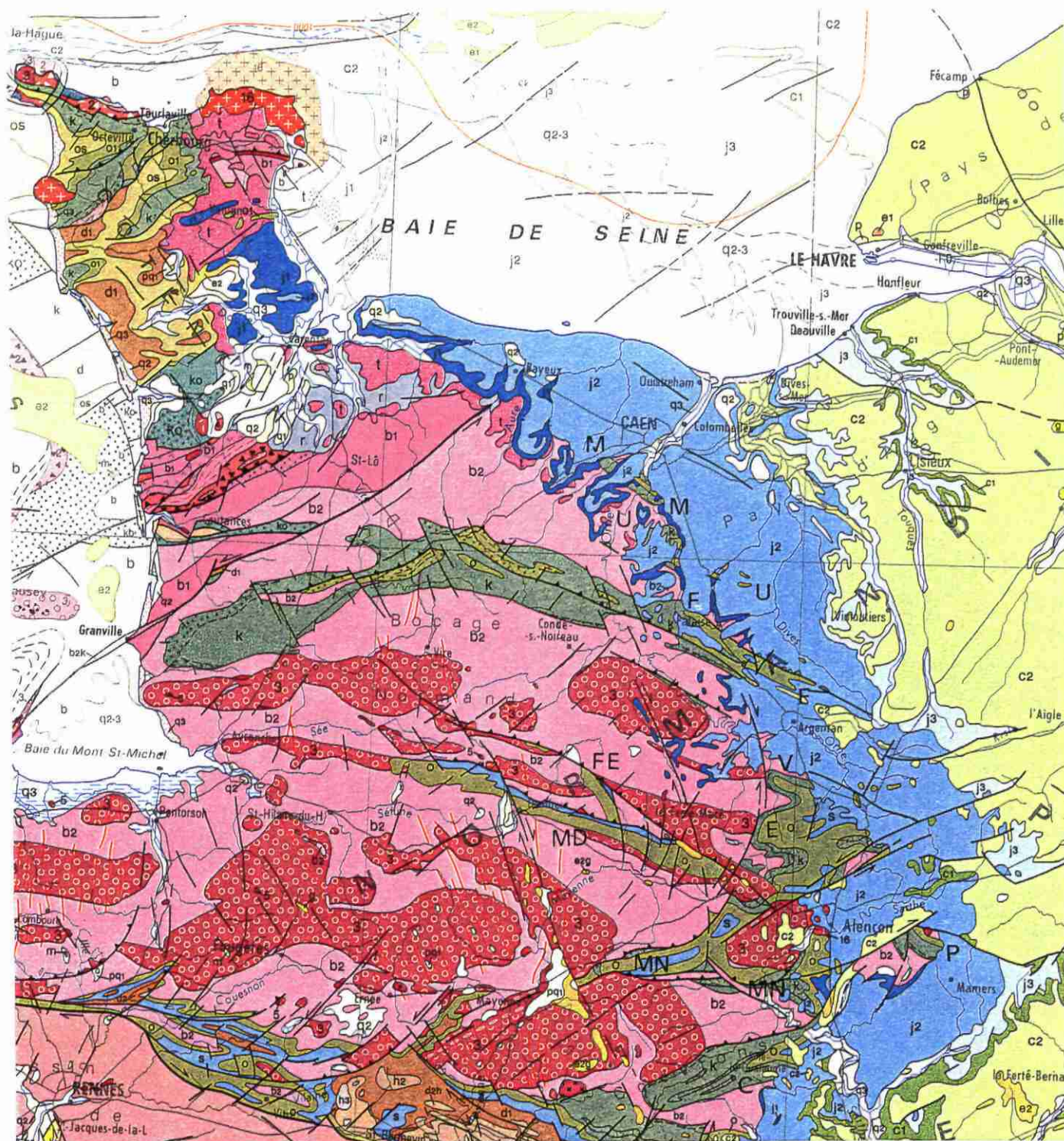


Figure 3. Carte géologique de la France à 1/1 000 000
(6e édition, BRGM, 1996, extrait modifié)

Légende. b1, b2 : Briovérien ; c1, c2 : Crétacé ; d1, d2h : Dévonien ; e1, e2 : Eocène ; g : Oligocène ; h2, h3 : Carbonifère ; j1, j2, j3 : Jurassique ; k : Cambrien ; o : Ordovicien ; p : Pliocène ; q1, q2, q3 : Quaternaire ; r : Permien ; s : Silurien ; t : Trias ; 3 : granites cadomiens ; 16 : granites hercyniens.

Synclinaux paléozoïques : C : Coëvrons ; F : Falaise ; FE : Ferrière-aux-Etangs ; M : May ; MD : Mortain-Domfront ; MN : Maine ; P : Perseigne ; U : Urville ; V : Vrigny.

- le synclinal de la Ferrière-aux-Etangs (Fig. 3, FE) ;
- le synclinal Mortain-Domfront (Fig. 3, MD) ;
- le synclinal de Vrigny (ou de la Coudraie) séparé du synclinal de Sées par l'anticlinal de la Bellière (Fig.3, V) ;
- l'anticlinorium d'Ecouvès (Fig. 3, E), composé des anticlinaux de Fontenai-les-Louvets, du Bouillon et de Saint-Gervais-du-Perron, et de l'anticlinal de Saint-Nicolas-des-Bois ;
- le bloc de Perseigne, horst isolé au sein de la couverture mésozoïque (Fig. 3, P) ;
- les synclinaux du Maine : Pail (ou Villaines-la-Juhel), Héloup, Perseigne, Saint-Léonard-des-Bois (ou Assé-le-Boisne) (Fig. 3, MN) ;
- le synclinal méridional des Coëvrons (Fig. 3, C).

Les terrains paléozoïques (principalement les faciès du Grès armoricain) ont été observés sur le terrain dans les carrières actuelles de Perrières, des Vignats et de Villedieu. Des observations ont été effectuées également dans le cadre de la cartographie de la feuille Mézidon, dans les secteurs du Châtelet, d'Olendon et d'Estrées-la-Campagne.

2.1.2. Les sondages de la Banque de Données du Sous-Sol (B.S.S.)

2.1.2.1. Généralités

Les données du code minier ont été systématiquement dépouillées au Service Géologique Régional Basse-Normandie à Caen pour les départements du Calvados et de l'Orne, et au Service Géologique Régional des Pays de la Loire à Nantes pour le département de la Sarthe.

Un total de 2909 dossiers B.S.S. a été traité : 2579 concernent la Basse-Normandie et 330 la Sarthe. Parmi ceux-ci, 295 dossiers ont été retenus car ils correspondent à la traversée d'une épaisseur de couverture suivie de l'atteinte d'un socle (cf annexe 2).

Il faut préciser que les secteurs sont très diversement documentés par la B.S.S. Ainsi, la feuille Mézidon renferme 799 dossiers, tandis que celle de Fresnay-sur-Sarthe n'en renferme que 101. En fonction des objectifs de prospection locale (mines, hydrogéologie, génie-civil, etc.), l'information utilisable pour le présent projet est également très variable : si 38 % des dossiers de la feuille Mamers sont utiles, seulement 4% des dossiers de la feuille Bayeux le sont.

2.1.2.2. Nature du socle sous la couverture (Fig. 4).

Les lithologies référencées dans la B.S.S. doivent être parfois interprétées : grès et quartzites notamment. Les attributions ont été révisées au vu du contexte régional. Les meilleurs critères sont : la présence de grès briovériens uniquement dans le NW de la zone (la série schisteuse comprend généralement très peu de niveaux indurés), l'association Grès de May et Grès armoricain – ce dernier étant généralement plus rare –, la présence de faciès volcaniques dans le Maine uniquement, la rencontre de faciès granitiques à l'est d'Alençon.

La lithologie dominante rencontrée en sondage est celle des schistes briovériens et de leur altération argileuse :

- sud de la feuille Bayeux ;
- centre-nord et est de la feuille Mézidon ;
- centre de la feuille Falaise ;
- nord-est de la feuille Argentan ;
- sud-ouest de la feuille Sées ;
- nord-est de la feuille Sillé.

Il s'agit parfois de schistes paléozoïques (Schistes d'Urville) comme dans l'est de la feuille Villers-Bocage. On peut ranger dans la même catégorie les sondages de l'ouest de la feuille Mézidon qui atteignent le minerai de fer oolitique situé vers la base de la formation des Schistes d'Urville.

Les roches volcaniques (rhyolites et autres roches cambriennes) sont retrouvées dans le sud de la zone :

- à l'ouest de la feuille Mamers ;
- au nord-ouest de la feuille Fresnay-sur-Sarthe ;
- au centre de la feuille Beaumont-sur-Sarthe.

Les granites sont rencontrés dans le secteur d'Alençon.

Les grès et quartzites, cibles principales de l'étude, sont rencontrés dans des secteurs répartis sur l'ensemble de la région, mais de manière relativement isolée :

- les grès briovériens (probablement du type exploité à Vaubadon), au centre de la feuille Bayeux (Audrieu) et au nord-est de la feuille Villers-Bocage (Evrecy) ;
- le Grès armoricain (quartzite) :
 - à l'est de la feuille Villers-Bocage et au nord-ouest de la feuille Mézidon, dans le prolongement sous couverture du synclinal de May ;
 - au sud-ouest de la feuille Mézidon, dans le prolongement du synclinal d'Urville ;
 - sous la couverture au sud-ouest de la feuille Livarot et au sud-ouest de la feuille Vimoutiers, secteur dans lequel il affleure (carrière de Villedieu).

Le grès armoricain est absent du secteur Argentan-Sées sauf à la limite de la feuille Alençon. Il est présent au nord-ouest de Mortagne.

- le Grès de May, souvent retrouvé dans les mêmes secteurs que le Grès armoricain : prolongements des synclinaux d'Urville et May.

2.1.2.3. Epaisseur de la couverture.

L'épaisseur de la couverture varie de 1 à 248 m (Fig. 5). Les secteurs très voisins du socle affleurant sont les plus favorables aux faibles épaisseurs. Cependant, l'approfondissement du bassin sédimentaire peut être très rapide (Bayeux, prolongement du synclinal de May sur la feuille Mézidon, extrémité orientale de Perseigne, Beaumont-sur-Sarthe, etc). Inversement, on observe quelques secteurs traduisant soit une remontée du socle, soit un approfondissement lent (prolongement du synclinal d'Urville sur les feuilles Mézidon et Falaise, nord-est de la feuille Argentan, sud-ouest de la feuille Livarot, sud-ouest de la feuille Alençon, bordure nord-orientale du massif de Perseigne, etc.).

2.1.2.4. Nature de la couverture.

De manière générale, la dénomination " calcaire " recouvre l'ensemble des sondages ayant recoupés majoritairement des calcaires.

La couverture est ainsi très généralement de nature calcaire (Fig. 6). Cependant, il peut arriver que certains sondages positionnés à proximité du socle recoupent uniquement des sables et graviers (Trias), parfois associés à des marnes (Lias). Certains sont localisés dans des secteurs d'alluvions quaternaires.

2.1.2.5. Toit du socle sous la couverture.

Le toit du socle (cote absolue du sommet des formations paléozoïques ou plus anciennes) oscille au sud entre + 236 m (Argentan) et -180 m (Beaumont-sur-Sarthe), et au nord entre + 209 m (Falaise) et - 69 m (Mézidon Est).

La carte (Fig. 7) illustre imparfaitement la réalité du terrain car les accidents du substrat n'ont pas été représentés. Cependant, le document permet de comprendre le positionnement de la couverture et la remontée de certains secteurs de socle, surtout dans le pays d'Auge.

Figure 4 : Lithologie du socle sous la couverture (d'après la B.S.S.)

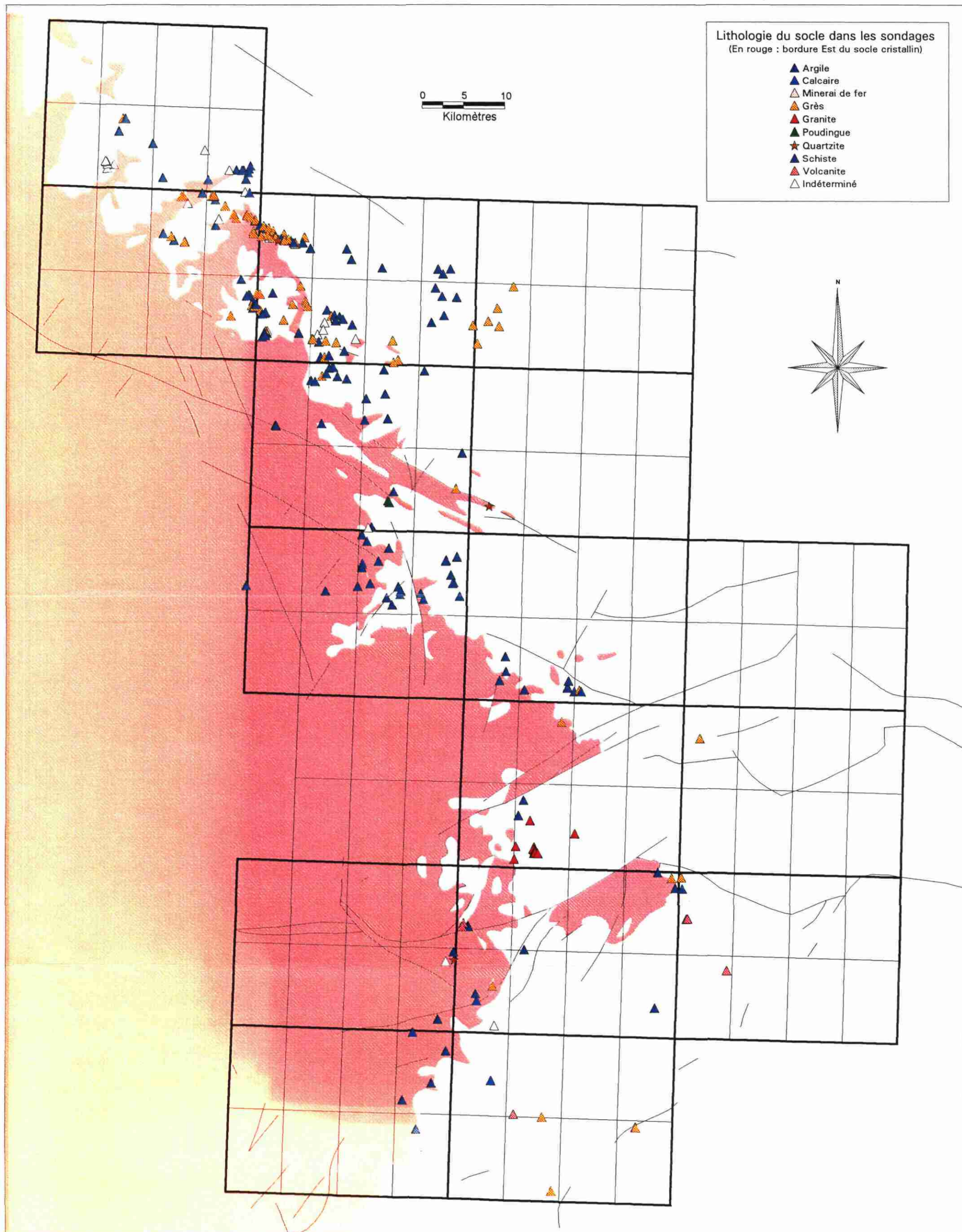


Figure 5 : Epaisseur de la couverture (d'après la B.S.S.)

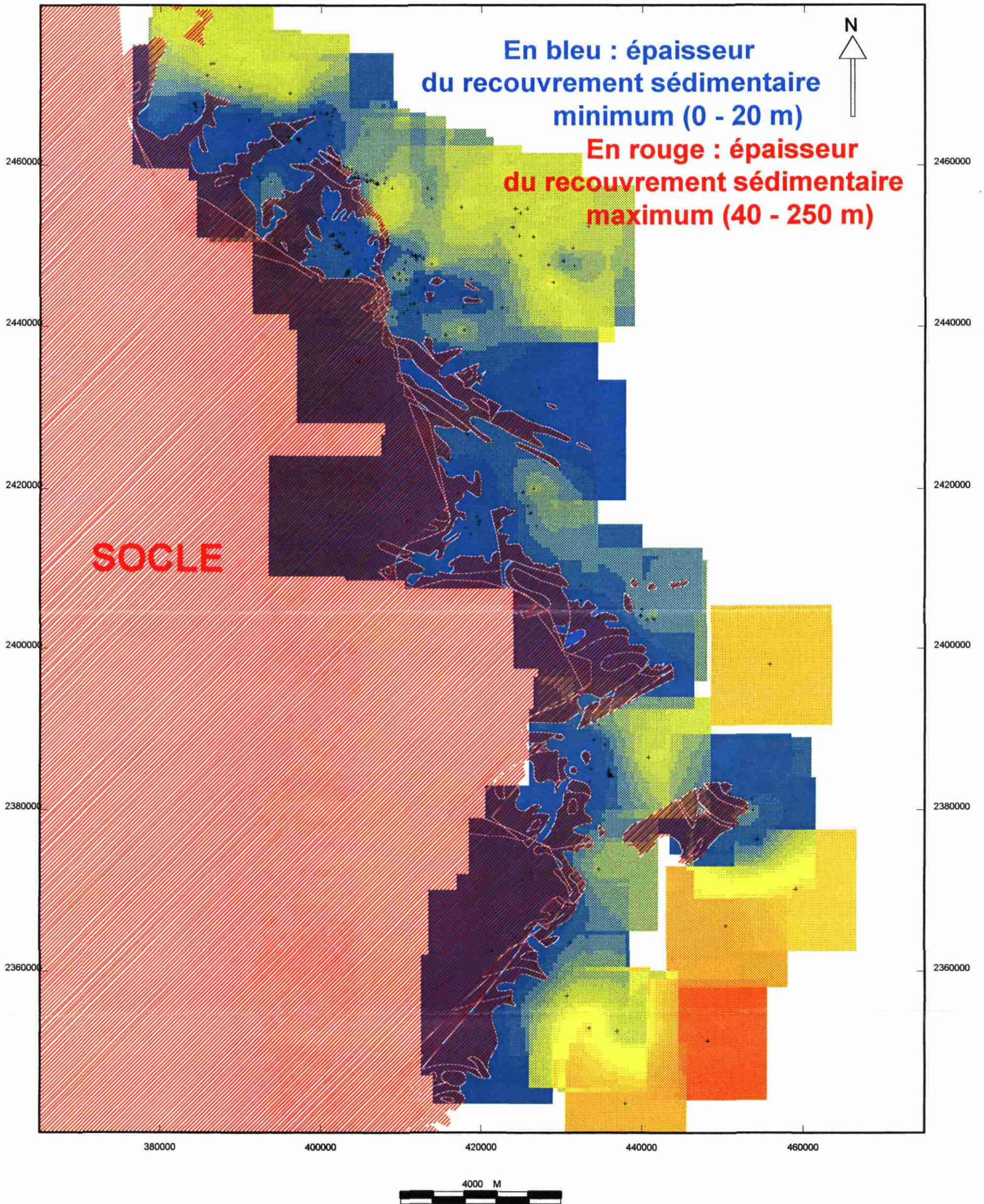


Figure 6 : Nature de la couverture (d'après la B.S.S.)

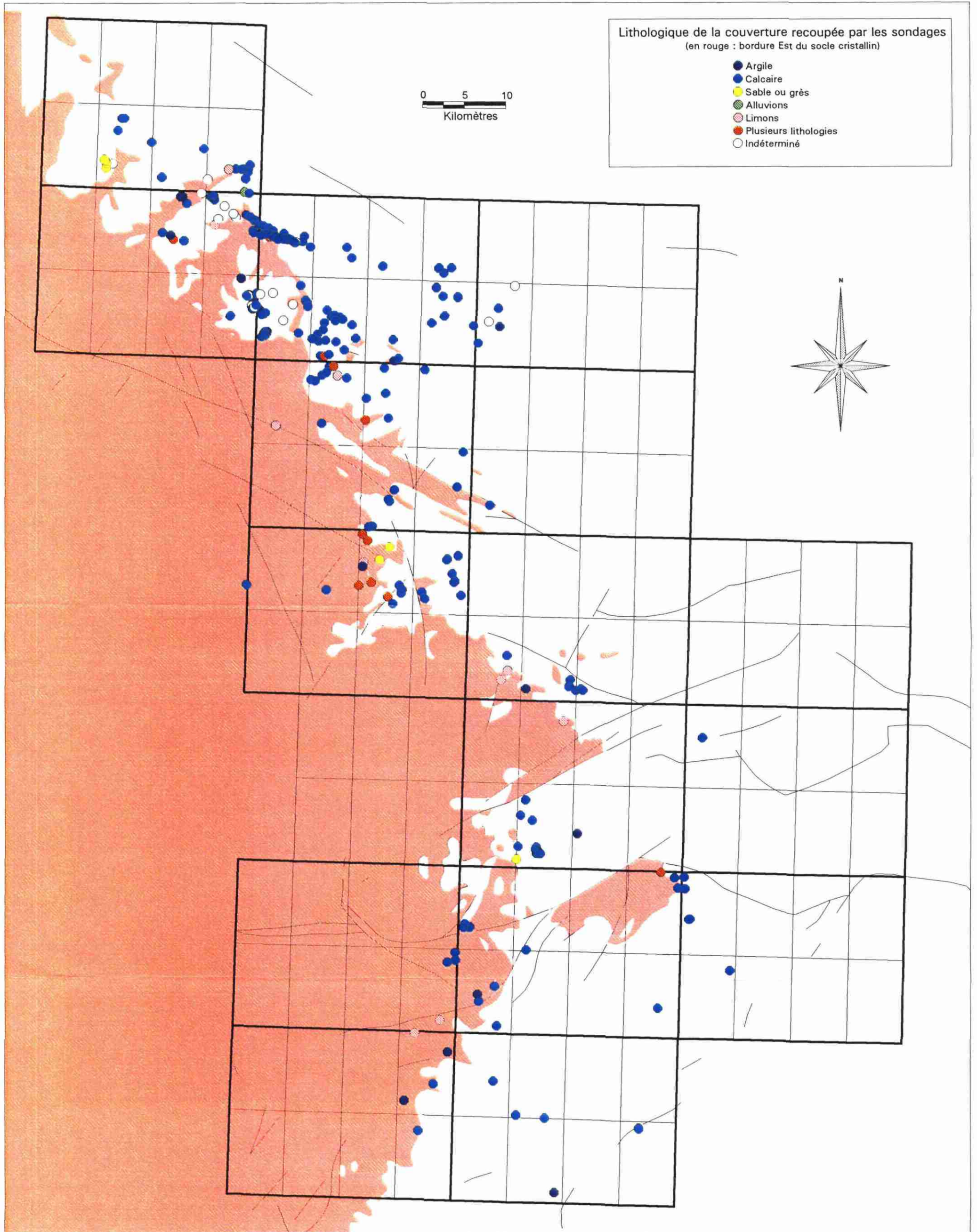
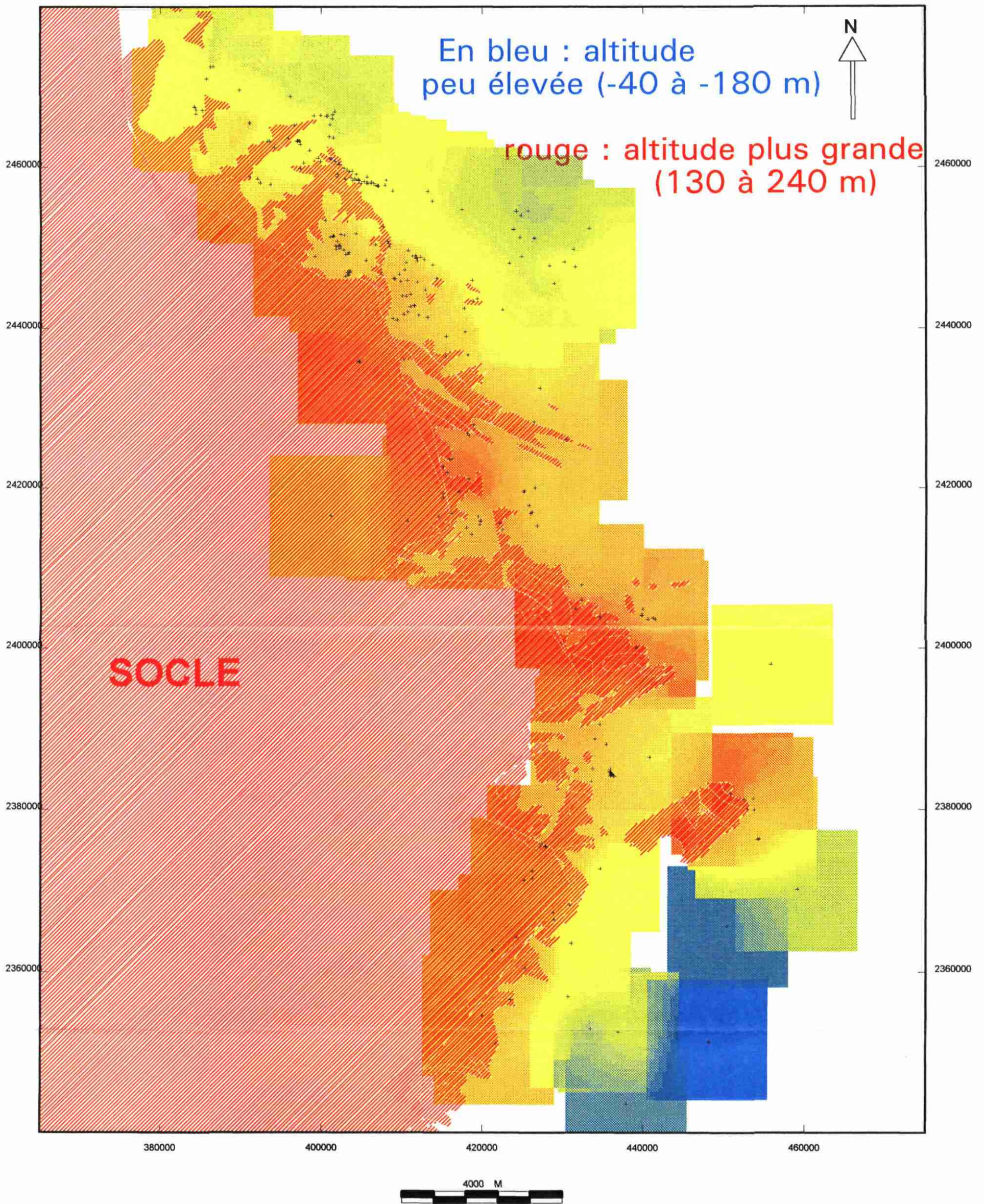


Figure 7 : Toit du socle sous la couverture (d'après la B.S.S.)



2.2. GÉOLOGIE SUCCINCTE ET POTENTIEL ROCHES DURES DES PRINCIPALES UNITÉS LITHOLOGIQUES

2.2.1. Le socle protérozoïque

2.2.1.1. Le Briovérien supérieur - Formation de la Laize (b₂)

Il s'agit de dépôts de type flysch, souvent monotones et très étendus (40% de la feuille Flers-de-l'Orne hors de la zone d'intérêt), composés de vases, de silts et de sables fins grauwakeux. Dans le secteur nord, ces dépôts constituent la Formation de la Laize. Le terme "phyllades", souvent utilisé pour décrire le Briovérien, désigne – de manière imprécise – un ensemble de roches schisteuses ardoisières, sériciteuses et/ou chloriteuses sans intérêt pour la prospection de roches dures.

2.2.1.2. Les roches magmatiques

Les formations précédentes sont recoupées par des granites cadomiens qui développent sur leurs bordures une auréole de métamorphisme de contact (massif d'Athis, granodiorite d'Alençon⁴, etc.). Dans cette dernière, des cornéennes constituent de bons niveaux potentiels de roches dures.

Les roches dures susceptibles d'être utilisées en granulats dans le Briovérien sont rares (cornéennes) et d'extension très limitée.

2.2.2. Le Cambrien

2.2.2.1. Le Conglomérat de base (Cambrien inférieur, k_{1a})

Il s'agit d'une formation basale appelée localement conglomérat du Cruchet (La Ferté-Macé) ou poudingues pourprés (Villaines-la-Juhel), qui repose en discordance sur le socle cadomien. Son épaisseur n'excède jamais 20 m sur la feuille La Ferté-Macé, mais est en moyenne de 25 m sur Villaines-la-Juhel. Dans le panneau de la vallée d'Enfer (Fresnay-sur-Sarthe) le "conglomérat de base" se réduit à 10 m.

La composition du conglomérat est très variable en fonction de sa localisation géographique. Les éléments du conglomérat du Cruchet (La Ferté-Macé) sont des cornéennes (65%), des grauwackes, du quartz et de rares galets de granites cadomiens. Dans le bois de Clairets (Alençon), les cornéennes ne représentent plus que 22%, les grauwackes et siltstones briovériens constituant 78% du conglomérat. Dans trois gisements de la feuille Alençon, les grauwackes briovériennes représentent 68 à 90%, le quartz 5 à 19% et les cornéennes 0 à 6% du conglomérat.

⁴Un intrusif de leucogranite alcalin affleure à l'ouest d'Alençon. Son âge est hercynien. Il a jadis été exploité pour le pavage. Sa signature géophysique se reconnaît sous la couverture.

Ce matériau est impropre à une utilisation sous forme de granulats.

2.2.2.2. Les grès et arkoses (Cambrien inférieur, k_{1b})

Le conglomérat cambrien de base passe progressivement à une formation de grès et d'arkoses épaisse de 200 m dans le flanc nord du synclinal de la Coudraie, et de seulement 50 m dans le flanc sud. Sur la feuille Alençon, la formation fait de 100 m à plus de 200 m de puissance. Les arkoses et conglomérat de base totalise 50 m à Clécy, dans le synclinal d'Urville.

Ce matériau est inutilisable comme granulat.

2.2.2.3. a. Les schistes verts (Cambrien inférieur, k_{1c1})

Il s'agit d'une formation de siltites entrecoupées de grès verdâtres altérés inexploitable pour granulats.

2.2.2.3. b. Les schistes violets (Cambrien inférieur, k_{1c2})

Il s'agit d'une formation d'argilites et de siltites épaisse de 100 m au maximum. Elle est inexploitable en terme de granulats.

2.2.2.4. Grès de Sainte-Suzanne (Cambrien moyen ou supérieur, k_{2-3})

Il s'agit d'une formation de grès à récurrences de siltites et d'argilites, épaisse d'environ 100 m sur la feuille Argentan (faciès de grès finement feldspathiques à argilites lie-de-vin). Sur les feuilles Beaumont-sur-Sarthe et, surtout, Sillé-le-Guillaume et Villaines-la-Juhel (synclinal des Coëvrons) ces grès-quartzites plus grossiers atteignent 400 m de puissance (Grès de Sainte-Suzanne *sensu stricto*) avec des interlits de siltites et d'argilites vertes.

En Normandie occidentale, les faciès équivalents sont des schistes et des grès rouges. Les grès massifs sont encore exploités, ainsi que les volcanites associées, à la carrière de Segrie (Beaumont-sur-Sarthe). Une ancienne exploitation était située aux Roches (Villaines-la-Juhel).

2.2.2.5. Rhyolites ignimbritiques (Cambrien moyen?, k^{K1} ou k_{ip})

Dans le Maine et en Normandie méridionale, des roches volcaniques acides s'intercalent dans la succession cambrienne. Il s'agit principalement de roches porphyriques à quartz et feldspaths, mais aussi, en faible volume, de cinérites et tufs riches en ponces.

Sur la feuille Alençon, cette formation occupe les deux extrémités de l'anticlinal d'Ecouves où elle atteint un maximum de 300 m de puissance.

Les faciès ignimbritiques massifs sont de bons matériaux pour granulats. Ils ont été exploités dans la carrière du Plessis (La Ferté-Macé), mais l'extension du gisement est limitée.

2.2.2.6. Andésites-dacites ($k_{\rho\alpha}$)

Dans le sondage de Saint-Jean-d'Assé (Beaumont-sur-Sarthe), plus de 220 m de volcanites cambriennes ont été traversées. Il s'agit de roches intermédiaires entre les andésites acides et les dacites.

2.2.2.7. Grès suprarhyolitiques (k_{3a})

Il s'agit de formations sédimentaires qui débutent par un conglomérat et qui recouvrent les volcanites du Cambrien moyen. Dans la carrière de la Goderie (Alençon), des grès feldspathiques gris-vert à roses alternent avec des siltstones verts et noirs. Dans la carrière de Boitron (Alençon), une série exploitée de quartzites gris rosé à intercalations d'argilites noirâtres et d'horizons cinéritiques prend place sous le Grès armoricain.

Au nord de la zone (Falaise, Condé-sur-Noireau), on parle du grès feldspathique ou grès de Caumont à arkoses dominantes (150 m de puissance).

2.2.2.8. Schistes violacés de Gouvix (k_{3b})

Il s'agit d'une alternance silto-gréseuse sans intérêt économique.

2.2.2.9. Schistes verts du Pont-de-la-Mousse - Schistes à Lingules (k_4)

Les schistes verts du Pont-de-la-Mousse atteignent 600 m de puissance dans le flanc nord de la zone bocaine. Les schistes à Lingules constituent une formation moins épaisse (250 m au massif de Perseigne, Fresnay-sur-Sarthe), qui renferme une alternance d'argilites bleu-vert et de siltstones clairs.

2.2.2.10a. Grès de la vallée d'Enfer (Cambro-Trémadocien, k_4o_1)

Il s'agit d'une formation très puissante (environ 900 m) localisée au massif de Perseigne et qui affleure bien dans la vallée d'Enfer (Fresnay-sur-Sarthe). Elle est constituée de grès fins. Cette formation n'a pas de valeur régionale.

2.2.2.10b. Schistes rouges de Saint-Rémy - Psammites de Sillé - Grès de Blandouët (Cambro-Trémadocien, k_4o_1)

Sur la feuille Villaine-la-Juhel, le Cambro-Trémadocien est constitué de deux formations. La formation des Psammites de Sillé comporte une alternance d'argilites et de siltites micacées entrecoupées de grès argileux dont l'importance s'accroît vers le sommet. Ces grès argileux marquent le passage progressif au Grès de Blandouët. Ce dernier est composé d'horizons gréseux sombres à intercalations d'argilites. Dans le

secteur de Condé-sur-Noireau et Falaise, le faciès cambro-trémadocien est celui des schistes rouges de Saint-Rémy.

Les psammites et schistes n'ont pas d'intérêt économique.

2.2.3. L'Ordovicien

2.2.3.1. Le Grès armoricain (Arénigien, o₂)

Le Grès armoricain représente la principale cible lithologique de la prospection de roches dures. Non seulement il est connu à l'affleurement dans l'Est du Massif armoricain (carrières nombreuses), mais de plus ses caractéristiques gravimétriques permettent d'en suggérer la présence dans des synclinaux paléozoïques masqués sous la couverture jurassique. Enfin, certains sondages confirment la présence du Grès armoricain qui ne représente *a priori* qu'une faible partie du socle présent sous la couverture (cf les sondages).

Les barres de grès formant la formation dite du Grès armoricain commandent la morphologie du secteur d'étude. Ainsi, dans le massif d'Ecouves (feuille Argentan) le Grès armoricain occupe toutes les crêtes boisées. Des cônes d'éboulis sont présents au pied de certains reliefs tandis que des coulées de solifluxion mêlant des blocs de grès dans une matrice argilo-sableuse s'étalent dans les vallées environnantes.

Le Grès armoricain débute souvent par un niveau micro-conglomératique d'une dizaine de mètres de puissance (Argentan) et de 5 à 10 m au nord du synclinal de Villaines-la-Juhel. La masse principale de la formation est de nature quartzitique, à plus de 90% de quartz. Le sommet est constitué de grès en plaquettes à interlits d'argilites et de siltites micacées. Les faciès généralement massifs du Grès armoricain peuvent faire place localement à des faciès d'altération pédologique (grès à ciment de goethite, sables rubéfiés, etc.).

La puissance du Grès armoricain est très variable : seulement 25 m à Gouvix (synclinal d'Urville), 120 m à la cluse de la Varenne (Domfront), 140 m à la Ferrière-aux-Étangs (Flers-de-l'Orne), 300 m au nord du synclinal de Villaines-la-Juhel, 350 m sur la feuille Argentan, 400 m maximum dans les Coëvrons et le synclinal de Saint-Léonard-des-Bois (Villaines-la-Juhel), 500 m en forêt de Perseigne (Alençon).

De nombreuses carrières entaillent le Grès armoricain : à la Gombaudière (nord de Saint-Léonard-des-Bois), au sud de Villepail, etc.

2.2.3.2. Les Schistes à *Neseuretus*, Schistes du Pissot ou Schistes d'Urville (Llanvirnien-Llandeillien, o₃₋₄)

Les dénominations " Schistes à *Neseuretus* " et " Schistes d'Urville " sont utilisées pour les synclinaux septentrionaux (Ranville, May, Urville). " Schistes du Pissot " est utilisé sur les feuilles Domfront, Flers-de-l'Orne, La Ferté-Macé, Alençon, Argentan, Villaines-la-Juhel.

Cette formation aussi désignée autrefois sous le nom de *Schistes à Calymènes* est un faciès d'argilites à rares bancs gréseux. Sa puissance est fort variable : seulement 40 m dans le massif de Perseigne (Fresnay-sur-Sarthe), 70 m au nord du synclinal de Villaines-la-Juhel, 110 m à Urville, 140 m dans le synclinal de Saint-Léonard-des-Bois (Villaines-la-Juhel), 150 m dans le synclinal d'Héloup (Fresnay-sur-Sarthe), 180 m à la Ferrière-aux-Etangs (Flers-de-l'Orne) et dans les Coëvrons nord-orientaux (Villaines-la-Juhel), quelque 200 m dans le massif d'Ecouves.

Sa nature essentiellement ardoisière n'en fait pas une cible " roches dures ". C'est vers la base de cette formation que se situent des minéralisations en fer exploitées jadis dans de nombreuses concessions.

2.2.3.3. Le Grès de May (Llandeillien-Caradocien, o₄₋₅)

A la base, il s'agit de grès fins se débitant en plaquettes micacées (Argentan). Dans l'ensemble, la formation est composée de gros bancs de grès-quartzite avec des interbancs schisteux qui se densifient vers le sommet.

La puissance de la formation est également très variable : de 80 à 100 m (Flers-de-l'Orne), 160 m dans le versant nord du synclinal de Villaines-la-Juhel (dont 80 m de quartzites inférieurs), 200 m dans les Coëvrons (dont 50 m de quartzites inférieurs), 300 m dans le massif d'Ecouves et 500 m dans le massif de Perseigne. Dans les synclinaux situés au sud de Caen, la présence d'un niveau schisteux (schistes à *Marrolithus*) permet de distinguer le Grand May au-dessus du Petit May. La puissance de l'ensemble atteint 260 m sur le site éponyme.

Quoique de moins bonne qualité géotechnique que le Grès armoricain, ce matériau intéresse la recherche de roches dures pour granulats. Il a été exploité à Aillières-Beauvoir (Fresnay-sur-Sarthe) ; il l'est encore à Feuguerolles.

2.2.3.4. Les Schistes du Pont-de-Caen (Caradocien, o₅)

Cette formation désignée autrefois sous le nom de Schistes à Trinucleus ou Schistes supérieurs est le prolongement schisteux des Grès de May supérieurs (ou Grand May).

La puissance de la formation est d'environ 100 m sur les feuilles La Ferté-Macé et Flers-de-l'Orne (site éponyme), 125 m au nord du synclinal de Villaines-la-Juhel, 150 à 250 m sur la feuille Fresnay-sur-Sarthe.

Il ne s'agit pas d'une cible " roches dures ".

2.2.3.5. Tillite de Feuguerolles-Calcaire des Vaux (Ashgillien, o₆).

La tillite de Feuguerolles est connue du Cotentin jusqu'au Maine, mais elle atteint son maximum d'épaisseur dans les synclinaux de May et d'Urville. Il s'agit d'argilites d'origine glacio-marine n'ayant pas d'intérêt pour la recherche de granulats. L'épaisseur de la formation est de 15 m sur Villaines-la-Juhel, 20 à 25 m sur la feuille Flers-de-l'Orne ; elle atteint 100 m dans le synclinal de May.

La formation du calcaire des Vaux (Argentan) – équivalent latéral de la tillite – est constituée d'argilites et de deux lentilles métriques de calcaire. Il ne s'agit pas non plus d'un objectif " roches dures ".

2.2.3.6. Le Grès culminant (Ashgillien à Llandovérien, o₆-s₁).

Cette formation gréseuse, appelée aussi Grès du Desfais ou Grès du Tertre de la Violière, est beaucoup moins puissante que le Grès armoricain et le Grès de May : 30 m dans les Coëvrons, 60 m au maximum à Crennes-sur-Fraubée (Villaines-la-Juhel), 70 m dans le synclinal de Domfront, 150 m entre Gesnes-le-Gandelin et Oisseau-le-Petit. Elle ne constitue qu'un trait morphologique secondaire.

Il s'agit de grès-quartzites blancs à gris sombre en bancs décimétriques, renfermant toujours de la pyrite. La formation a été et est encore exploitée dans quelques carrières à l'ouest du synclinal de Villaines-la-Juhel (le Cruchet, la Marchandière, la Mauberdrière) et à Oisseau-le-Petit (Fresnay-sur-Sarthe).

2.2.4. Le Silurien et le Dévonien

2.2.4.1. Les ampélites (Wenlockien-Ludlowien, s₂₋₃)

La série ampélitique est présente dans l'ensemble des synclinaux paléozoïques. Elle est limitée aux extrémités occidentales du synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois (La Ferté-Macé) et dans l'axe du synclinal des Coëvrons (Fresnay-sur-Sarthe).

La formation renferme des ampélites noires, des schistes fins et quelques niveaux calcaires (calcaire de Feuguerolles). L'ensemble est le plus souvent altéré. La formation est impropre à la recherche de roches dures.

2.2.4.2. Le Grès à *Platyorthis monnieri* (Gedinnien, d₁)

Le passage Silurien-Dévonien est généralement continu. Le faciès ampélitique passe parfois à des grès.

La formation du Grès à *Platyorthis monnieri* occupe le cœur du synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois (La Ferté-Macé). Il s'agit de grès fins de teinte sombre.

Malgré leur nature gréseuse, l'exploitation de ces grès n'est pas envisageable compte tenu de leurs faibles puissance et extension cartographique.

2.2.5. La couverture sédimentaire.

Les dépôts triasiques sont localisés dans des dépressions entre les reliefs résiduels. Des faciès détritiques non datables sont souvent rencontrés en forage au-dessus du socle et au-dessous des premiers niveaux reconnaissables du Jurassique inférieur. Les faciès triasiques peuvent être des argiles, des sablons, des conglomérats, etc.

La conquête progressive de la marge armoricaine par les dépôts jurassiques ne commence réellement qu'au Jurassique moyen (Bajocien). Les faciès du Jurassique inférieur (Lias) – qui débutent par du Sinémurien dans le secteur de Tilly-sur-Seulles et le calcaire à bélemnites du Pliensbachien – caractérisent des environnements confinés (marnes et schistes-carton du Toarcien, par exemple). Jusqu'au Callovien – qui marque l'ensevelissement des derniers écueils paléozoïques par la mer jurassique – les dépôts du Jurassique moyen témoignent de la mise en place d'une plate-forme carbonatée. On distingue classiquement six formations dans le Bathonien : Calcaire de Caen, Calcaire de Bon-Mesnil, Caillasse de Blainville, Calcaire de Ranville, Caillasse de la Basse-Ecarde, Calcaire de Langrune. Au contact direct des hauts-fonds paléozoïques (généralement des quartzites), l'agencement de la série sédimentaire peut être modifié par l'apparition de *faciès d'écueil* dont la cartographie systématique pourrait être un guide de prospection indirecte des roches dures.

2.3. EXPLOITATION DES ROCHES DURES EN CARRIERES

2.3.1. Carrieres en activité au 31 décembre 1996

Pour sa plus grande cohésion et sa résistance, le Grès armoricain a de tout temps été préféré aux autres formations paléozoïques potentiellement exploitables : Grès de Sainte-Suzanne, Grès de May, etc. Cette préférence se retrouve à l'heure actuelle où les exploitations sont devenues rares.

Sur la Basse-Normandie, il existe actuellement 19 exploitations de roches dures. Neuf d'entre elles concernent le Grès armoricain (Boitron, Chailloué, la Ferrière-aux-Etangs, Jurques, Lonlay-l'Abbaye, Perrières, Sées, Tournai-sur-Dives, les Vignats). Trois exploitent le Briovérien (Fresney-le-Puceux, Proussy, Vaubadon), deux le Grès de May (Feuguerolles, Plessis-Grimoult), deux les grès cambriens (Mouen, Saint-André-sur-Orne), deux les cornéennes (Saint-Aubin-des-Bois, Vire), une les rhyolites cambriennes (Rouperroux).

2.3.2. Exploitations abandonnées

Il existe une multitude d'anciens sites d'extraction de roches dures. Les quartzites ont notamment été extraits jusqu'à une époque récente dans la carrière du Châtelet (Méridon). Sur la feuille la Ferté-Macé, 60 anciennes exploitations peuvent être repérées, contre seulement 1 exploitation actuelle! (rhyolites de Roupperoux). Le Grès armoricain était exploité dans 29 carrières, le granite dans 12 carrières, les grès et les ignimbrites cambriens dans 6 carrières chacun, le Briovérien dans 4 carrières, les cornéennes dans 2 carrières et le microgranite dans 1 carrière.

Les chiffres donnés précédemment montrent qu'une carrière de roches dures sur deux est ou a été ouverte dans le Grès armoricain. L'aire d'affleurement de cette roche étant limitée, ceci prouve le grand intérêt économique de ce matériau.

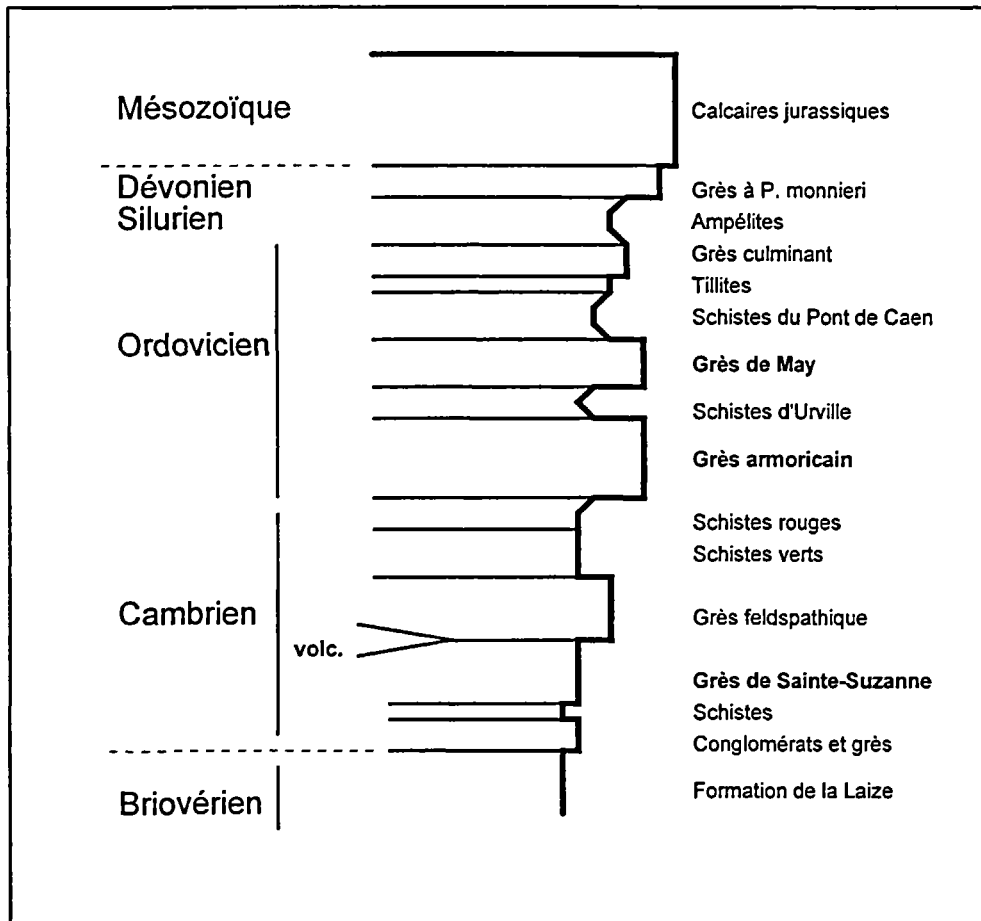


Figure 8. Log synthétique des terrains de Basse-Normandie et de Sarthe
Les roches potentiellement intéressantes sont indiquées en caractères gras.

3. Étude des données de télédétection

3.1. GÉNÉRALITÉS

3.1.1. Méthodologie

Les images de télédétection multispectrale issues des satellites de deuxième génération (Landsat Thematic Mapper, Spot) permettent de combiner les avantages d'une information riche en termes de réponse spectrale et d'une résolution spatiale compatible avec les grandes échelles de travail : 1/50 000, 1/100 000.

Les images Spot en mode multispectral (XS, domaine visible et proche infrarouge) ont été utilisées pour cette étude en raison de l'abondance d'enregistrements, notamment récents, disponibles dans les banques de données de ce satellite (Fig. 9). Les données du satellite américain Landsat TM, souvent plus anciennes, souffrent de la désorganisation du réseau de commercialisation apparue depuis l'échec du lancement de Landsat 6 en 1994. Cependant, en l'absence de données sur l'infrarouge thermique – disponible sur Landsat TM mais avec un pixel trop large – les relations entre la réponse spectrale des quartzites et les sols n'ont pas pu être approfondies.

Les images Spot XS ont un pixel de 20 m de côté. La couverture ordinaire d'une scène est de 60 km x 60 km, mais le capteur ayant la particularité de pouvoir acquérir des vues en obliques, la distance est-ouest peut aller jusqu'à 87 km.

Lors du traitement effectué à l'aide du logiciel ERDAS (PC/NT), les images acquises simultanément dans trois domaines spectraux (vert, rouge et infrarouge) sont codées en bleu, vert, rouge, suivant les procédures standard. Ainsi, les teintes bleu-vert (cyan) traduiront plutôt des signatures spectrales d'objets minéraux (labours par exemple), alors que la végétation (qui réfléchit très fortement dans le proche infrarouge) sera représentée dans des teintes rouges, d'autant plus vives que le végétal (ou l'association végétale) dominant (e) aura une forte activité photo-synthétique : les feuillus et les herbes grasses ont des réponses plus fortes que les conifères, les ligneux et les pelouses plus ou moins sèches.

3.1.2. Données utilisées.

Quatre scènes ont été employées sur le secteur d'intérêt. Il s'agit des données référencées⁵ :

- KJ 33-250, du 17 septembre 1986, centrée sur Aunay-sur-Odon ;
- KJ 35-251, du 12 juillet 1994, centrée sur Vimoutiers ;
- KJ 35-252, du 12 juillet 1994, centrée sur Pré-en-Pail ;
- KJ 36-252, du 17 août 1993, centrée sur le Méle-sur-Sarthe.

⁵K et J définissent respectivement le repère d'orbite (subpolaire) et le repère de longitude.

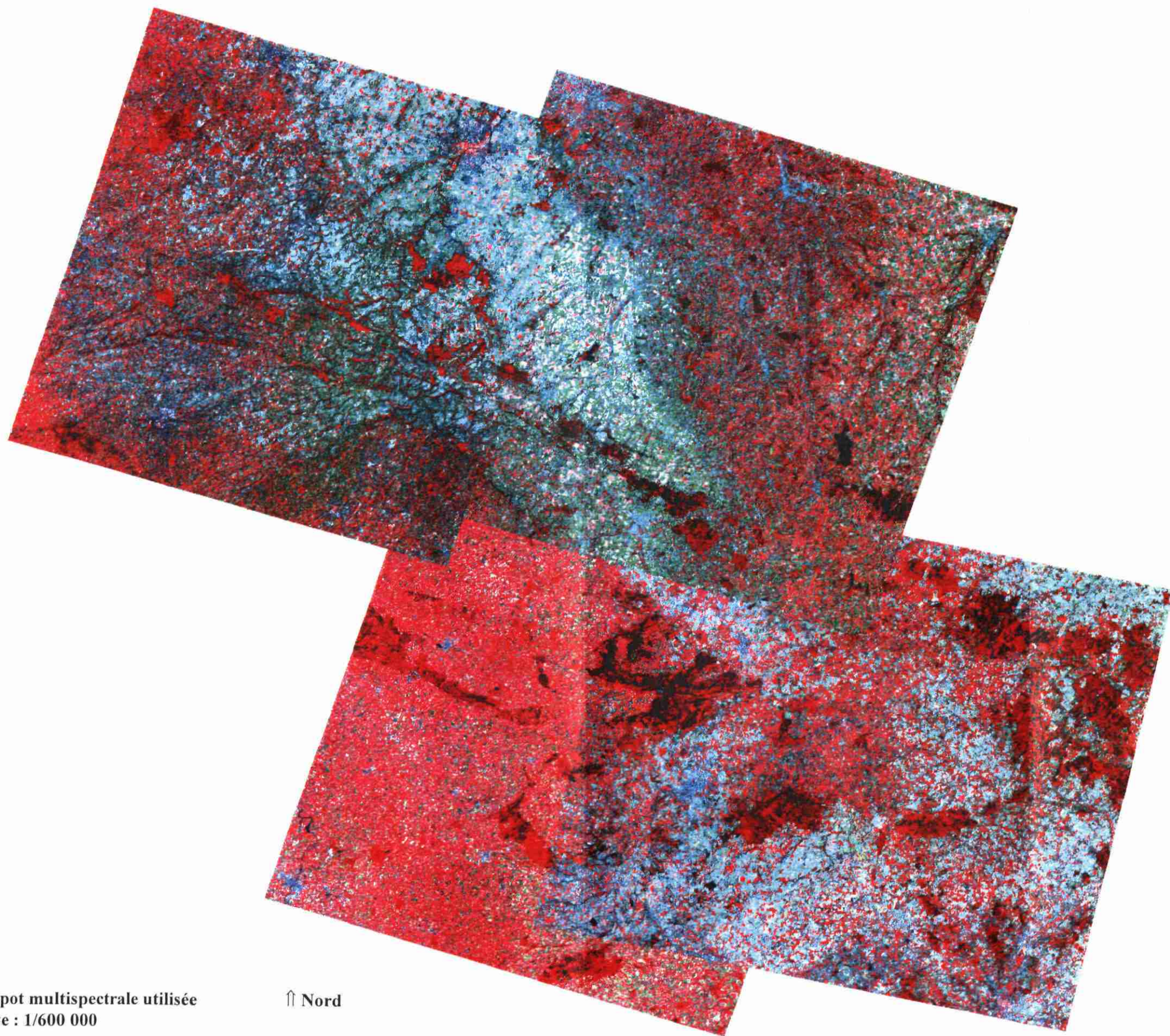


Figure 9 : Imagerie Spot multispectrale utilisée
Echelle approximative : 1/600 000

↑ Nord

Les scènes ont été mosaïquées numériquement, ce qui offre l'avantage de choisir les zones de travail sans être contraint par les bordures de scènes. Ceci montre aussi les variations du paysage en fonction de la saison et de l'année agricole.

3.2. INTERPRÉTATION

3.2.1. Principes.

Les lithologies étant bien connues à l'affleurement et la base géologique étant suffisante pour notre étude (fonds des schémas des carrières, données B.S.S., etc.), l'analyse des données de télédétection est résolument orientée vers la reconnaissance des grands traits structuraux, même si certaines lithologies se traduisent par des textures particulières.

Les traits structuraux sont traduits, dans le paysage, par des morphologies en relief si les roches en cause sont résistantes à l'érosion (cas du Grès armoricain) ; il peut s'agir aussi de simples flexures : éminences boisées, etc. Le plus souvent, les structures du substratum géologique influencent le réseau hydrographique en linéarisant des portions de cours d'eau, en alignant des confluences ou des zones de sources, en provoquant des méandres, etc. Dans les zones de socle affleurant, les cours d'eau sont totalement sous le contrôle des structures du substrat. En zone de recouvrement sédimentaire calcaire, le réseau hydrographique superficiel est moins développé en raison du comportement karstique ; il s'agit du cas typique des formations bathoniennes de la campagne de Caen-Falaise et de la craie en pays d'Auge. Dans ce cas, les structures du substratum peuvent tout de même apparaître dans le paysage, en moins grande densité, par le phénomène appelé transparence⁶.

L'intérêt de cette étude réside principalement dans le fait d'étalonner le tracé des linéaments de l'image dans le secteur de socle, et de suivre leur prolongement sous la couverture.

3.2.2. Grandes unités paysagiques.

Dans la zone étudiée pour la reconnaissance de sites potentiels de roches dures, les unités de paysages sont extrêmement variées.

Certains secteurs sont dominés par le parcellaire agricole, les parcelles ayant une étendue plus ou moins grande : campagne de Caen, campagne de Falaise, région de Mézidon et Saint-Pierre-sur-Dives, Trunois, campagne d'Argentan, région de Sées, Alençon, Mortagne et Mamers.

⁶Il s'agit du fait de reconnaître sur une image un accident géologique plus ou moins profond qui ne se traduit pas par une fracturation importante sur le terrain.

La région nord-orientale est dominée par un parcellaire plus fin correspondant pour l'essentiel à des pâturages séparés par de nombreux bosquets : région de Lisieux, Livarot, Vimoutiers (pays d'Auge).

De nombreuses forêts jalonnent le secteur d'étude. Par ordre d'importance on peut citer : la forêt d'Ecouves (Carrouges-Sées), la forêt de Perseigne (Alençon-Mamers), la forêt du Perche (Tourouvre), la forêt de Gouffern et de Petite-Gouffern (Argentan), la forêt de Pail (Villaines-la-Juhel), la forêt des Andaines (Bagnoles-de-l'Orne), la forêt de Bellême, le Cinglais (au niveau de la confluence des vallées de l'Orne et de la Laize), et de nombreuses autres petites forêts (les Monts d'Eraines, Multonne, etc.).

La partie occidentale et sud-occidentale du secteur correspond à la zone bocaine qui se traduit par un faciès-image à parcellaire très dense (bocage) : région de la Ferté-Macé à Mayenne, massif d'Athis-de-l'Orne et de Flers à Vire, région de Condé-sur-Noireau à Bayeux.

3.2.3. Analyse des grandes structures.

3.2.3.1. Structures de la zone bocaine-Falaise-linéament du Perche.

Globalement, les images de Basse-Normandie et de Sarthe montrent une structure principale d'orientation est-ouest dans l'ouest de la zone (nord de Vire, Condé-sur-Noireau) puis ouest-nord-ouest/est-sud-est à partir de la haute vallée de l'Orne jusqu'à la forêt de Gouffern. Il s'agit du vaste synclinal de la zone bocaine (à l'ouest), à cœur localement ordovicien, mais surtout représenté par des terrains d'âge cambrien. Au sud-est de Falaise (synclinal de Falaise), la structure est plus reserrée et d'âge essentiellement ordovicien. La zone d'inflexion est marquée par de très nombreuses directions structurales moulant le massif granitique d'Athis-de-l'Orne.

L'influence de la structuration paléozoïque est très nette sous la couverture jusqu'au Haras du Pin, à l'est d'Argentan. A ce niveau, la première cuesta crétacée fait disparaître le linéament suivi depuis la zone bocaine (80 km). Ce dernier pourrait être cependant reconnu, plus au sud-est (en dehors de la zone d'étude), par l'intermédiaire du grand linéament du Perche qui aligne le cours de l'Eure de sa source jusqu'à l'ouest de Chartres (sur 50 km) et le sépare des vallées de l'Avre, de la Meuvette et de la Blaise orientées sud-ouest/nord-est.

3.2.3.2. Structures du Pays d'Auge.

Le réseau hydrographique dense du Pays d'Auge permet de reconnaître deux grandes directions structurales : l'une, nord-sud, est essentiellement représentée par la vallée de la Touques, mais d'autres petites vallées (Oudon, Vie, etc.) empruntent également cette

direction qui semble aussi localement perturber le reste du réseau hydrographique ; l'autre, nord-nord-est/sud-sud-ouest (Charentonne, Guiel, etc.) correspond à la direction principale du réseau hydrographique dans l'Eure et dans le nord du Perche.

3.2.3.3. Structures du Maine et du sud du Perche.

Dans ce secteur, les structures du socle affleurant sont essentiellement orientées ouest-nord-ouest/est-sud-est à est-ouest (terminaison du synclinal de Mortain-Domfront, anticlinorium d'Ecouves, etc.). Au contraire, les directions perçues dans la zone de couverture (région d'Alençon, Sées, Mamers, etc.) sont principalement nord-est/sud-ouest, notamment dans le prolongement des massifs paléozoïques d'Ecouves (Le Merlerault) et de Perseigne (Mortagne). Le linéament observé entre Mamers et Bellême obéit à la même logique directionnelle en se reliant au massif des Coëvrons, à quelque 60 km au sud-ouest.

3.2.4. Analyse détaillée.

3.2.4.1. De Bayeux à Vire.

Dans la zone à couverture sédimentaire, la structure principale est l'alignement de la vallée de la Seulles entre Juvigny-sur-Seulles et Vaux-Seulles, suivant une direction subméridienne.

Il existe quelques directions nord-est/sud-ouest entre Caen et la Seulles traduites dans le réseau hydrographique.

Les terrains du Trias et du socle montrent la direction ouest-nord-ouest/est-sud-est à l'est de la forêt de Cerisy. Le sud-est de la forêt de Cerisy est précisément parcouru par une zone linéamentaire majeure, d'orientation nord-est/sud-ouest, qui correspond à une structure majeure de la Basse-Normandie puisqu'elle se suit jusqu'à Granville et, au-delà de la baie du Mont-Saint-Michel, jusque dans les Côtes d'Armor. C'est à l'intersection de cette zone linéamentaire ENE-WSW et de linéaments NW-SE que se situe l'exploitation de Vaubadon.

Le secteur de Briovérien supérieur autour de Caumont-l'Eventé est caractérisé par quelques linéaments WSW-ENE.

Le passage du synclinal de la zone bocaine est marqué par l'interférence des directions NE-SW, NW-SE et E-W. Le schéma linéamentaire tend à rendre très brutal le changement d'orientation ; l'inflexion est localisée dans le secteur de Jurques.

Au nord immédiat de Bény-Bocage, une grande structure E-W se poursuit plus à l'est, par un alignement de la Druance.

Le Briovérien supérieur entre Vire et Condé-sur-Noireau est marqué par des linéaments WSW-ENE, quelquefois recoupés par de grands linéaments NE-SW. L'un de ceux-ci est suivi du Mont Pinçon au NW de Tinchebray.

3.2.4.2. De Caen à Flers.

Au sud de Caen, les structures NW-SE du synclinal de May sont perçues dans les vallées de l'Odon et de l'Orne. Le prolongement sous la couverture de la campagne de Caen est suggéré par des traces linéamentaires de même direction (secteur de Fontenay-le-Marmion, Saint-Aignan-de-Cramesnil, Saint-Sylvain). On note un linéament E-W important (7 km) entre Trois-Monts et Bretteville-sur-Laize.

Le tracé du synclinal d'Urville est bien reconnu dans la vallée de la Laize ainsi que le prolongement probable de la structure sous la couverture, depuis la haute vallée du Laizon (région de Soumont-Potigny) jusqu'aux Monts d'Eraines et la cuesta du Callovien, en passant par Perrières. Entre les synclinaux de May et d'Urville, d'autres traces linéamentaires NW-SE (notamment dans le secteur de Soignolles-Estrées-la-Campagne et apparemment jusqu'à Saint-Pierre-sur-Dives) évoquent des structures de même nature. Dans l'hypothèse de l'existence de synclinaux paléozoïques dans ces secteurs, il faudrait comprendre s'il y a plissement ou décalage par décrochement des séries de May et d'Urville. Des directions NE-SW sont également relevées dans ce secteur, notamment dans l'alignement de la Muance.

A partir de l'axe Bois de Saint-Clair/Bois du Roi, au NW de Falaise, les directions NW-SE se densifient en relation avec l'arrivée du synclinal de Falaise. La direction NW-SE dirige encore la bordure septentrionale du massif granitique d'Athis-de-l'Orne. A l'intérieur du batholite, les directions dominantes sont principalement NE-SW (vers les bordures), N-S et WSW-ENE.

3.2.4.3. De Lisieux à Argentan.

Le Pays d'Auge ne présente pas de structures en continuité apparente avec les synclinaux paléozoïques. La cuesta du Callovien, puis l'Oxfordien et la Craie semblent oblitérer la perception de structures du socle sous une couverture qui tend à s'épaissir (plusieurs centaines de mètres de dépôts). On retrouve les grandes directions évoquées plus haut (NNE-SSW, la Charentonne dans la région de Bernay ; N-S, la Touques au sud de Lisieux).

La direction NE-SW est bien représentée dans l'ensemble du secteur (Cambremer, Mézidon, Livarot, Vimoutiers, Trun, etc.).

Entre Ecorches (Trunois) et Mardilly (sur la Touques), on note l'existence d'une structure WNW-ESE, qui pourrait correspondre au prolongement du synclinal d'Urville

sous la couverture, dans un secteur où l'épaisseur n'est pas trop grande puisque seul le Jurassique est représenté.

Entre Chambois et Gacé, des traces linéamentaires également WNW-ESE (de petite dimension) pourraient correspondre au prolongement du synclinal de Falaise.

Au niveau d'Argentan même, un linéament WNW-ESE évoque aussi une structure paléozoïque sous couverture. Il convient toutefois de réserver cette interprétation, car on se trouve dans le prolongement d'une faille de même direction associée au granite d'Athis-de-l'Orne intrusif dans le Briovérien.

3.2.4.4. De Sées à Mayenne.

Les synclinaux paléozoïques marquent profondément la morphologie de ce secteur : Ecouves, La Ferrière-aux-Etangs, Domfront-Mortain, Pail, etc. Dans chacune de ces structures, on reconnaît l'agencement et la déformation principale des terrains.

Entre Sées et la Ferté-Macé, la direction NNE-SSW est dominante et recoupe apparemment les axes synclinaux. On a vu que cette direction est fréquente, quelle que soit la nature du substrat géologique.

Entre le massif du Pail et Mayenne, on entre dans une zone principalement granitique où les directions structurales sont rares, à l'exception notable d'accidents E-W (secteur de Villaines-la-Juhel par exemple).

3.2.4.5. D'Alençon à Mortagne.

La région d'Alençon est extrêmement complexe d'un point de vue géologique. En termes de linéaments, il ressort un réseau compliqué de directions ENE-WSW, WNW-ESE, N-S et quelques NE-SW qui se relie au massif de Perseigne.

Plus au sud (région de Fresnay-sur-Sarthe et Beaumont-sur-Sarthe), le contexte géologique redevient simple (couverture bathonienne) et les directions structurales se hiérarchisent : il y a dominance des linéaments ENE-WSW (qui se relie aux Coëvrons), recoupés par quelques linéaments NNE-SSW.

Vers l'est, en direction de Mamers et de Bellême, la direction NE-SW est dominante parmi les linéaments dont le réseau est assez régulier dans l'ensemble du Jurassique. Des directions NW-SE recoupent localement la direction dominante, dans le prolongement du massif de Perseigne, puis dans la région de Mortagne.

La régularité géométrique observée dans le Jurassique est de nouveau perdue plus à l'est, lorsque l'on pénètre dans le Crétacé du Perche où les linéaments NNE-SSW sont nombreux.

Entre Sées et L'Aigle, dans le prolongement des structures de l'anticlinorium d'Ecouves, les linéaments dominants sont ENE-WSW : linéament de la haute vallée de la Risle entre L'Aigle et le Merlerault, linéament alignant les hautes vallées de la Sarthe et de l'Iton entre Sainte-Scolasse-sur-Sarthe et les Aspres.

4. Étude des données géophysiques

4.1. OBJET DE L'ÉTUDE GRAVIMÉTRIQUE ET MÉTHODOLOGIE

L'interprétation des données gravimétriques disponibles participe à cette première phase des travaux visant à la modélisation de la structure géologique de la bordure ouest du bassin de Paris. A proximité des affleurements du socle armoricain, les anomalies gravimétriques sont essentiellement représentatives des variations lithologiques du toit du socle, les effets de la série sédimentaire étant peu importants du fait de sa faible épaisseur. A plus grande distance du socle, l'objet de l'interprétation est d'isoler les effets relatifs au toit du socle des effets des structures intra-sédimentaires superficielles, d'une part, et des structures profondes, d'autre part. Cette interprétation nécessite tout d'abord la connaissance des densités moyennes des formations géologiques présentes.

Une synthèse des informations concernant les mesures de densité effectuées sur des échantillons de surface et en forage a donc été réalisée au préalable. Elle permettra de prévoir la signature gravimétrique des principales lithologies. Il est ensuite nécessaire de traiter les anomalies gravimétriques afin de tenter de séparer les anomalies en fonction de leur origine : structures crustales profondes, hétérogénéités du toit du socle, structures intrasédimentaires. C'est l'objet des transformations en résiduelles et gradients verticaux réalisées grâce au logiciel GMI-PACK (TOTAL - BRGM). Ces traitements sont la base de l'interprétation qualitative qui a abouti à la réalisation de l'esquisse structurale gravimétrique. Ce schéma peut être conforté par des modélisations quantitatives sur profils des principales unités géologiques présumées par l'interprétation gravimétrique. Il doit, parallèlement être confronté à l'ensemble des données géologiques et de télédétection disponibles. L'étude des anomalies gravimétriques contribue ainsi à la délimitation des secteurs favorables à la recherche de matériaux durs du socle primaire (quartzite et plus particulièrement Grès armoricain) sous recouvrement sédimentaire.

4.2. SYNTHÈSE DES INFORMATIONS DISPONIBLES

4.2.1. Données gravimétriques

Les données gravimétriques utilisées sont celles de la Banque Gravimétrique Française (BGF) réunies et stockées dans la banque des données du sous-sol (BSS) du BRGM. Ces données issues de prospections réalisées par des industriels, par des universitaires et par le BRGM, ont été soigneusement contrôlées et homogénéisées au fur et à mesure de leur intégration à la banque.

Sur la zone considérée, la densité moyenne des stations gravimétriques est de 1 station pour 2 à 3 km² réparties de façon plus ou moins irrégulière (Figure x). Ne pourront donc être identifiés par la réinterprétation des données gravimétriques existantes que des

objets de dimension supérieure à l'espacement des mesures, soit de l'ordre de 1 à 2 km, taille supérieure à celle des cibles finales de l'étude (niveaux d'une centaine de mètres d'épaisseur).

Cette réinterprétation devrait cependant bien répondre à l'objet de cette première phase en mettant en évidence des unités de socle, telles que les synclinaux paléozoïques, les principales intrusions granitiques et les zones de métamorphisme de contact. Des interprétations réalisées dans le passé, au fur et à mesure de l'acquisition des données gravimétriques, ont en effet montré que les unités précitées étaient les principaux marqueurs gravimétriques de l'ouest du bassin de Paris (Goguel 1954, Bassompierre 1955, Debeglia 1980). Dans la couverture sédimentaire, la gravimétrie peut détecter (Jaeger 1967, Vignerresse 1988) et caractériser (Jaeger et Corpel 1967) les bassins d'effondrements tertiaires, considérés comme des zones défavorables pour le projet.

Par rapport aux travaux antérieurs, cependant, la nouveauté de la présente étude est double :

- toutes les campagnes gravimétriques actuellement déclarées au titre du code minier géophysique ont été intégrées ;
- l'interprétation s'appuie systématiquement sur des traitements et modélisations quantitatives.

4.2.2. Mesures de densités disponibles

Les mesures disponibles proviennent de mesures sur des échantillons de surface et sur des carottes de sondages ou de diagraphies de densités de formation (FDC) en forage.

4.2.2.1. Mesures de densités concernant le socle affleurant

Ces mesures, le plus souvent réalisées sur des échantillons de surface, peuvent être influencées par des phénomènes d'altération. Cependant, les échantillons collectés ont été soigneusement sélectionnés, de préférence dans des carrières. Les densités présentées dans les tableaux ci-après correspondent à la moyenne des résultats obtenus pour le site ou le massif concerné.

En ce qui concerne les granites, on obtient généralement des résultats assez homogènes pour le même massif (tableau 1). Ceux-ci se classent en deux catégories principales en fonction de leur nature pétrographique. Les granodiorites et granites à biotite cadomiens (Vire, Fougères, Mayennes, Ize, Montbelleux) ont des densités variant de 2,68 à 2,71. Les granites plus leucocrates, cadomiens ou hercyniens (Alençon, Dompierre, Prince, Pertre) ont des densités comprises entre 2,60 et 2,63. Les densités des granites sont, de manière générale, inférieures à celles de leur encaissant paléozoïque et briovérien, ce qui explique la présence systématique d'anomalies gravimétriques négatives à l'aplomb de ces massifs.

Les roches éruptives basiques (tableau 2), diorites et gabbros, présentent généralement de très fortes densités (moyenne : 2,89). Dans le domaine cadomien, leurs gisements sont cependant de faible extension et elles contribuent peu aux anomalies gravimétriques observées. Dans le Cotentin, la diorite de Coutances et les formations basiques associées sont, par contre, à l'origine d'une très forte anomalie gravimétrique.

Formation	Source ⁷	Densité moyenne
Granite de Vire (Moulin des Châteaux), Plomb (Manche)	1	2,59
Granite de Vire, Saint-Germain de Talevende (Calvados)	1	2,68
Granite de Vire, Saint-Michel-de-Montjoie (Manche)	1	2,69
Granite de Fougères, Bois Neuf (Ille et Vilaine)	1	2,68
Granite de Fougères, Vieux Vy (Ille et Vilaine)	1	2,69
Granite de Fougères, la Bazouge du Désert, (Ille et Vilaine)	1	2,69
Granite de Fougères, Marolle, (Mayenne)	1	2,71
Granite de Mayenne, Chantigné, (Mayenne)	1	2,69
Granite de Mayenne, le Moulin Neuf, Contest, (Mayenne)	1	2,67
Granite d'Ize, Noire Fontaine (Mayenne)	1	2,70
Granite d'Alençon, Condé-sur-Sarthe (Orne)	1	2,62
Granite de Montbelleux, le Montbelleux (Ille et Villaine)	1	2,68
Granite de Dompierre, Dompierre (Ille et Villaine)	1	2,62
Granite de Prince, la Garde près luitre (Ille et Vilaine)	1	2,60
Granite du Pertre, le Patis Vert, le Pertre (Ille et Villaine)	1	2,63

Tableau 1. Densités des massifs granitiques

Formation	Source ⁶	Densité moyenne
Dolérite, Congrier (Mayenne)	2	2,89
Diorite et gabbro, Argenton (Deux-Sèvres)	2	2,89
Grano-diorite, Argenton (Deux-Sèvres)	2	2,76

Tableau 2. Densités des formations magmatiques basiques

Les formations briovériennes et paléozoïques (tableau 3) présentent de plus fortes variabilités de densité, liées aux variations lithologiques, au degré d'altération et à la présence et à l'importance du métamorphisme de contact. Les formations briovériennes sont en surface très sujettes à l'altération. Il est donc difficile d'obtenir des valeurs moyennes raisonnables pour la densité. Une densité supérieure à 2,68, voire 2,70 est

7

Référence	Source
1	Rapport BRGM 70 SGN 331 GPH
2	C. Weber, 1972
3	Rapport BRGM 85 DT 018 GPH
4	Rapport BRGM 84 SGN 339 IRG
5	Diagraphie DHYCCA

généralement admise. En présence de métamorphisme de contact (cornéennes) et en profondeur, du fait de la compaction, la densité augmente notablement expliquant la présence d'une anomalie gravimétrique négative à l'aplomb des granites cadomiens (Fougères, Vire) pourtant relativement denses (2,70, en l'absence d'altération).

Les densités des formations paléozoïques sont à la fois fonction de la lithologie et de l'âge. Les arkoses et grès, et en particulier le Grès armoricain, ont de faibles densités (2,46 à 2,58). Ceci explique que les synclinaux paléozoïques soient reconnus depuis longtemps (Bassompierre, 1955) pour être à l'origine d'anomalies gravimétriques négatives, même sous recouvrement sédimentaire. La densité relativement élevée des schistes ordoviciens et siluriens (2,73 à 2,77) accentue ce contraste.

Formation	Source ⁶	Densité moyenne
<i>Briovérien</i>		
Schistes sériciteux	2	2,69
Schistes de Lamballe, Xa	2	2,68
Schistes et poudingues de Gourin, Xb	2	2,57
Cornéennes (Massif de Fougères)	3	2,76
<i>Paléozoïque</i>		
Schistes pourprés (Bretagne Sud), S1	2	2,75
Schistes pourprés, Pléchatel (Ille et Vilaine), S1	2	2,73
Schistes et arkoses de Bains (Bretagne Sud), XS1	2	2,46
Schistes arkosiques de Bains-sur-Oust (Ille et Vilaine), XS1	2	2,55
Grès armoricain (Bretagne Sud) S1	2	2,55
Grès armoricain, Bains de Bretagne (Ille et Vilaine) S1	2	2,54
Schistes d'Angers, S2A	2	2,77
Schistes "intermédiaires", sondage de St Erblon (Mayenne)	2	2,76
Schistes ardoisiers à Calymène, Congrier, (Mayenne)	2	2,71
Grès du châtelier, S2b	2	2,77
Grès de Redon, S3	2	2,58
Grès quartzeux, Poligné (Ille et Vilaine)	2	2,54
Schistes et phtanites, S4	2	2,63
Schistes et quartzites de Derval, d1	2	2,64
Calcaire dévonien de Montjean, Chalennes (Maine et Loire)	2	2,67

Tableau 3. Densités des formations briovériennes et paléozoïques

4.2.2.2. Densités des formations sédimentaires du Bassin de Paris

Les densités des formations sédimentaires (tableau 4) varient fortement en fonction de la lithologie et de la profondeur des formations. Une moyenne de 2,40 pour la densité de l'ensemble Trias, Jurassique inférieur et Jurassique moyen paraît admissible. Le Jurassique supérieur présente une plus grande variabilité des densités. La densité de la craie est très faible : de 1,60 à 2,20.

Formation	Méthodes	Source ⁶	Densité moyenne
<i>Trias</i>			
Sondage de St Illiers, Yvelines, (2470m-2750m)	Diagraphie densité de formation (FDC)	4	2,52
<i>Jurassique inférieur</i>			
Calcaire marneux charmouthien, Lésigné (Maine et Loire)	échantillons de surface	2	2,31
Sondage de St Illiers (2235m-2470m)	Diagraphie (FDC)	4	2,40
<i>Jurassique moyen</i>			
Calcaire marneux, bajocien, Douces (Maine et Loire)	échantillons de surface	2	2,34
Calcaire bathonien, Brossay (Maine et Loire)	échantillons de surface	2	2,45
Sondage de Villejust (1550m-1570m), Dogger	Diagraphie (FDC)	5	2,53
<i>Jurassique supérieur</i>			
Sondage de Villejust, Yvelines, (1380m-1510m), Argovien inf.-Oxfordien	Diagraphie (FDC)	5	2,52
Sondage de Villejust (1270m-1315m), Argovien Sup	Diagraphie (FDC)	5	2,63
Sondage de Villejust (1150m-1210m), Séquanien	Diagraphie (FDC)	5	2,60
Sondage de Villejust (1025m-1145m), Kimmeridgien	Diagraphie (FDC)	5	2,40
Sondage de Villejust (915m-1000m), Portlandien	Diagraphie (FDC)	5	2,45
<i>Crétacé</i>			
Sondage de Villejust (800m-870m), Barrémien inf; Hauterivien, Valanginien	Diagraphie (FDC)	5	2,25
Sondage de Villejust (750m-740m), Barrémien supérieur	Diagraphie (FDC)	5	2,38
Sondage de Villejust (680m-710m), Albien	Diagraphie (FDC)	5	2,26
Sondage de St Illiers (710m-815m), Cénomanién	Diagraphie (FDC)	4	2,31
Sondage de Villejust (600m-650m), Cénomanién	Diagraphie (FDC)	5	2,22
Sondage de St Illiers (72m-710m), Sénonien, Turonien	Diagraphie (FDC)	4	2,13
Sondage de Villejust (450m-550m), Sénonien, Turonien	Diagraphie (FDC)	5	2,22
Craie turonienne, Puy-Notre-Dame (Maine et Loire)	échantillons de surface	2	1,80
Craie sénonienne, Bagneux (Maine et Loire)	échantillons de surface	2	1,55
<i>Tertiaire</i>			
Sondage de St Illiers (50m-72m)	Diagraphie (FDC)	4	2,15

Tableau 4. Densités des formations sédimentaires du bassin de Paris

4.3. REALISATION D'UNE ESQUISSE STRUCTURALE D'APRES LA GRAVIMETRIE

Cette esquisse est basée sur des traitements successifs des données destinés à isoler les anomalies liées aux variations lithologiques du toit du socle de tous les autres effets gravimétriques. Ces traitements ont été réalisés avec le logiciel GMI-PACK (propriété de TOTAL et du BRGM).

4.3.1. Traitements des données gravimétriques

Les valeurs d'anomalies de Bouguer aux stations de mesure (figure 10) ont été interpolées aux nœuds d'une grille régulière de pas 1 km x 1 km puis contourées. La carte d'anomalie de Bouguer comporte des anomalies d'origine très diverses :

- structures crustales profondes à l'origine d'anomalie de très grandes longueurs d'onde ;
- hétérogénéités du socle, parmi lesquelles il faut isoler les structures les plus superficielles ;
- structures intrasédimentaires.

La carte d'anomalie de Bouguer est principalement marquée par une décroissance régionale des anomalies d'Ouest en Est, qui traduit les effets de marqueurs profonds. Ce champ régional peut être approché par une fonction polynomiale d'ordre 5 qui a été calculée et soustraite de l'anomalie initiale pour produire la carte de l'anomalie de Bouguer résiduelle contourée figure 3. Cette carte commence à faire apparaître une structuration marquée par des alignements d'anomalies globalement est-ouest qui traduit la poursuite des structures armoricaines sous le bassin de Paris. Afin de mieux faire ressortir les structures les plus superficielles, différentes cartes du gradient vertical ont été ensuite calculées. L'une d'entre elles est présentée figure 11 (densité 2,3). Cette transformation est en effet connue pour privilégier les effets des structures les plus proches de la surface, atténuer, voire éliminer les effets des structures profondes et diminuer les phénomènes de coalescence entre anomalies trop proches.

Le calcul de l'anomalie de Bouguer implique la correction des effets de la surface topographie. Cette correction est cependant parfois réalisée de manière imparfaite si la densité attribuée aux formations superficielles ne convient pas et si le relief est important. Dans le cas présent, le calcul de l'anomalie de Bouguer a été effectué pour plusieurs densités de correction variant de 2,0 à 2,7. Les différences résultant du choix de la densité sont peu sensibles sur les cartes d'anomalies de Bouguer et de résiduelle. La carte présentée dans le rapport (figure 12) a été calculée pour une densité de 2,3, ce qui correspond à une densité moyenne satisfaisante pour la série sédimentaire affleurante. Les défauts de corrections sont beaucoup plus sensibles sur les cartes du gradient vertical. Ces dernières sont donc également présentées en densité 2,1, correspondant à la densité moyenne de la craie, et en densité 2,4, valeur adaptée à l'interprétation des zones d'affleurements du Trias et du Jurassique.

Les différentes cartes ainsi calculées ont été contourées à l'échelle du 1/500 000, avec superposition de la localisation des points de mesures (anomalie de Bouguer), ou des courbes de niveau (résiduelle et gradients), pour le contrôle des effets topographiques. L'ensemble de ces documents de travail a servi de base à l'établissement de l'esquisse structurale du socle d'après la gravimétrie (Planches A et B).

4.3.2. Résultats de l'interprétation structurale du socle d'après la gravimétrie

Les structures ainsi identifiées sont représentées sur l'esquisse structurale par des figurés et des couleurs choisis en fonction des caractéristiques des anomalies qui les mettent en évidence et de l'interprétation géologique proposée. Les principes de cette classification sont résumés.

Figure 10 : Valeur des anomalies de Bouguer aux stations de mesure

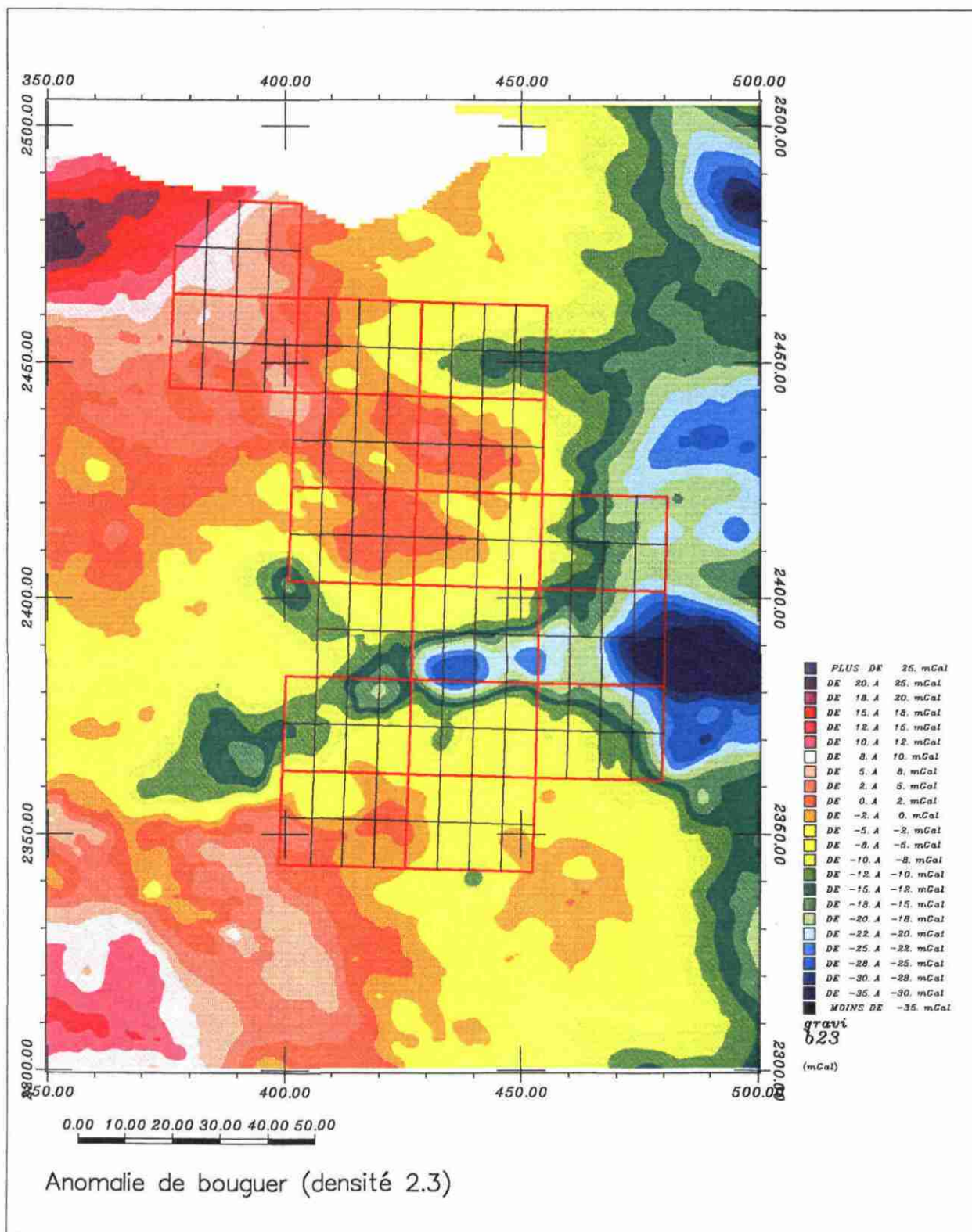


Figure 11 : Carte du gradient vertical

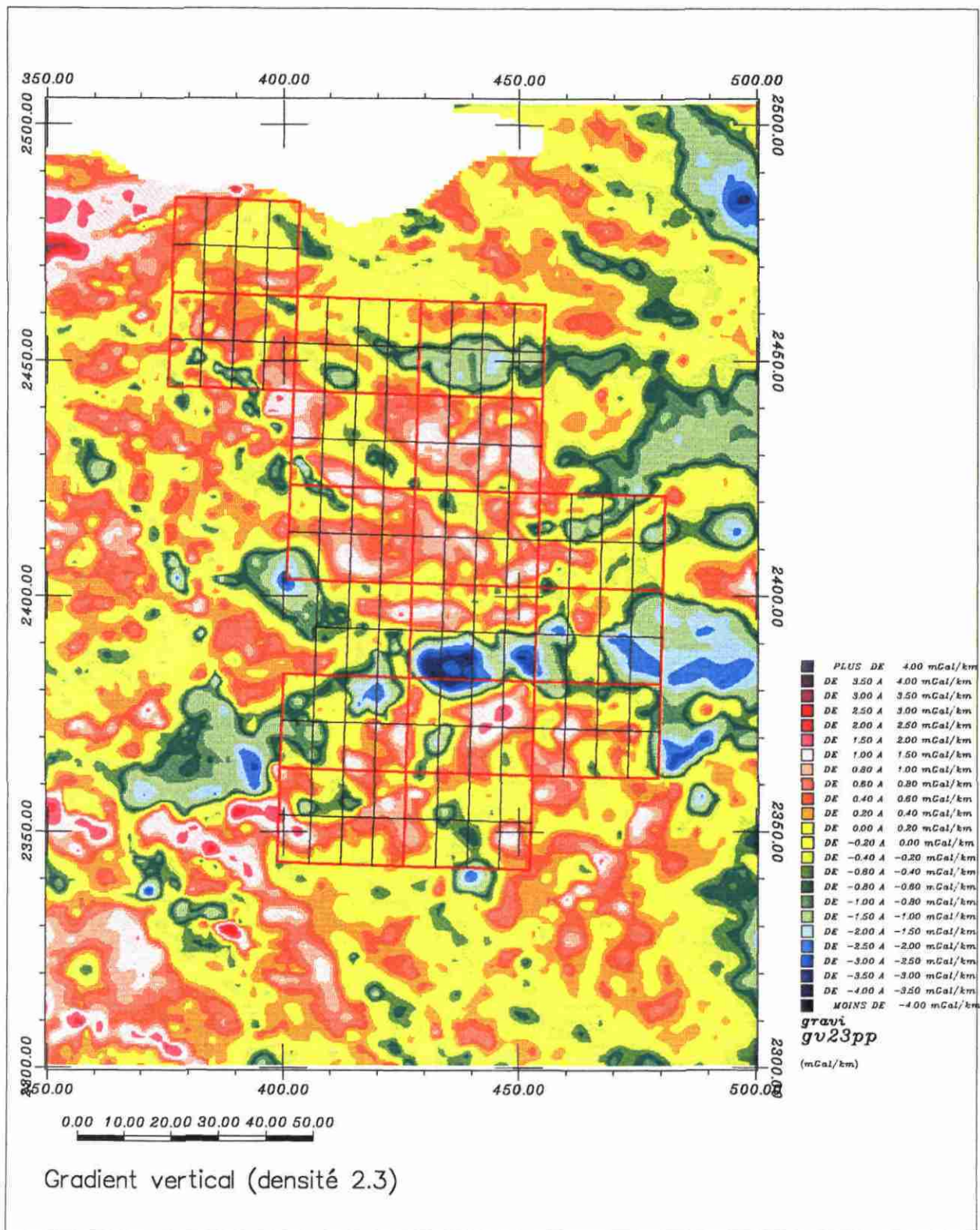
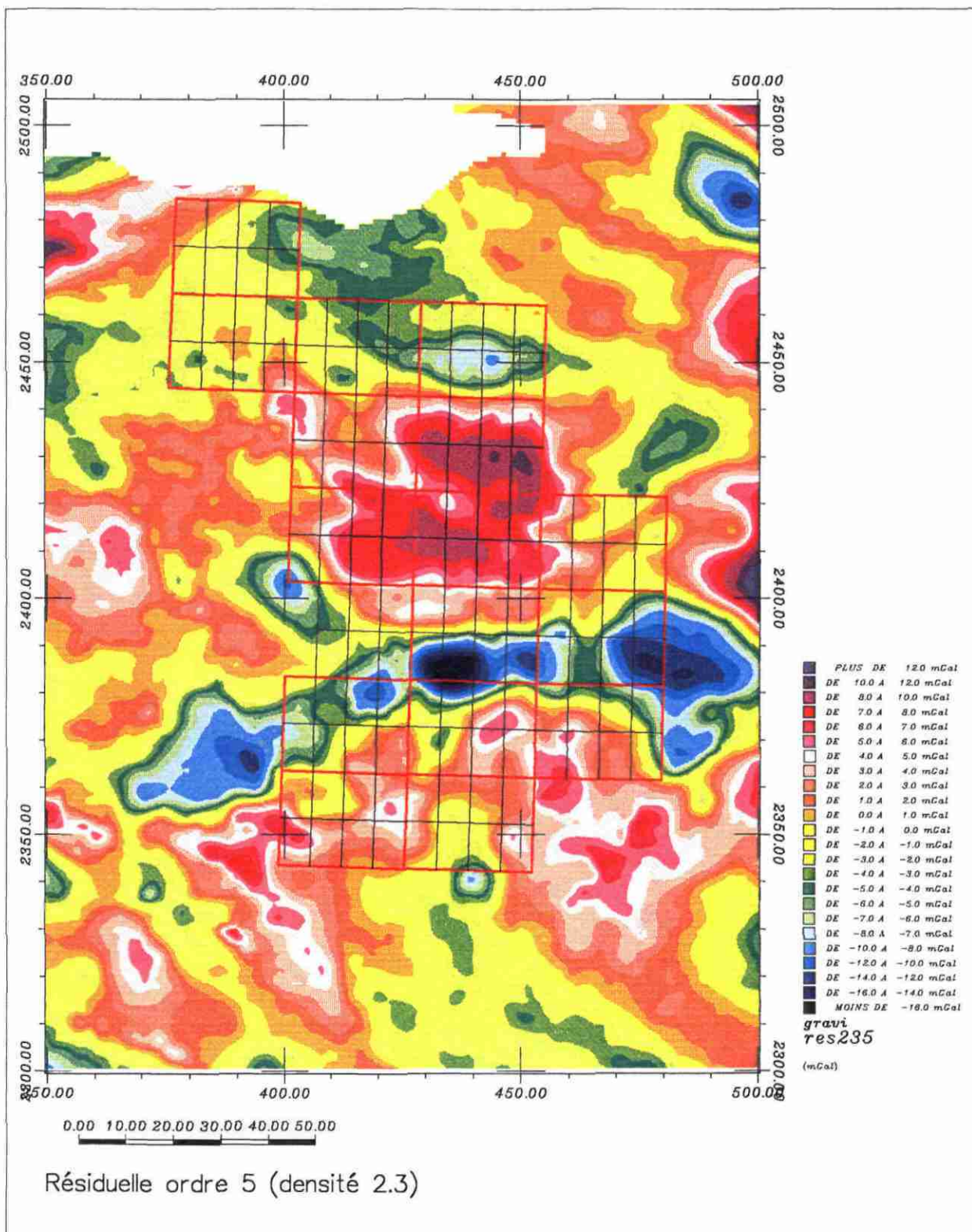


Figure 12 : Carte de la résiduelle



dans le tableau 5 ci-après et se retrouvent dans la légende de l'esquisse structurale. Dans chaque catégorie, les anomalies les plus fortes, correspondant aux structures les plus marquées (proches de la surface, épaisses ou présentant un fort contraste de densité) sont renforcées par un figuré en croisillons. Si les caractéristiques géophysiques ainsi décrites sont objectives, l'attribution d'une nature géologique pour chaque structure gravimétrique relève de l'interprétation et est fonction des informations disponibles à ce stade de l'étude. Cette interprétation préliminaire sera reconsidérée au fur et à mesure de l'avancement des travaux. A ces structures s'ajoutent des discontinuités correspondant, le plus souvent à des interruptions d'axes.

	Type de structure	Couleur (esquisse)	Signature en résiduelle	Signature en gradient	Attribution géologique préliminaire
I	Légère, superficielle ⁸ et fortement enracinée : granites probables	Mauve	Forte anomalie négative	Forte anomalie négative	Massifs granitiques
II	Légère, superficielle et peu épaisse : quartzites potentiels et synclinaux paléozoïques	Bleue	Anomalie négative, faible ou indistincte	Anomalie négative forte ou moyenne	Quartzites et grès dans les synclinaux paléozoïques : Cambrien, Ordovicien, Houiller, Permien
III	Légère, superficielle et peu épaisse : intrasédimentaire probable	Verte	Anomalie négative, faible ou indistincte	Anomalie négative forte ou moyenne	Structure légère intrasédimentaire : surépaississement de la craie, synclinaux.
IV	Légère, superficielle et peu épaisse, orientation N150° E : fossés tertiaires probables	Jaune	Anomalie négative faible ou indistincte	Anomalie négative faible ou moyenne	Fossés d'effondrement tertiaires
V	Lourde, superficielle et fortement enracinée : roches basiques probables	Rouge sombre	Forte anomalie positive	Forte anomalie positive	Massifs de roches basiques
VI	Lourde, superficielle et peu épaisse : Volcanisme ou cornéennes probables	Rouge clair	Anomalie positive moyenne	Anomalie positive forte ou moyenne	Volcanisme, métamorphisme de contact
VII	Lourde, superficielle et peu épaisse : schistes paléozoïques probables	Orange	Anomalie positive faible	Anomalie positive forte ou moyenne	Schistes dans les synclinaux paléozoïques : Silurien, Dévonien
VIII	Lourde, superficielle et peu épaisse : intrasédimentaire probable	Vert kaki	Anomalie positive faible ou indistincte	Anomalie positive faible à moyenne	Structure lourde intrasédimentaire : Calcaires jurassiques, anticlinaux
IX	Lourde, profonde et enracinée : probablement intrasocle	Rose	Forte anomalie positive	Anomalie positive atténuée	Formations denses intrasocle

Tableau 5. Caractéristiques des structures mises en évidence par l'interprétation

⁸ Compte tenu du pas de la grille de traitement, on considère comme superficielles des structures dont la profondeur du toit est inférieure ou égale à 1 km.

Sur l'esquisse structurale, les structures les plus caractéristiques sont identifiées par un numéro de structure. Elles sont décrites, du Nord au Sud de la zone, dans le tableau 6 ci-après, en s'appuyant, si possible, sur leurs relations avec des unités géologiques affleurantes ou connues en sondage.

Numéro	Type	Corrélation avec la géologie	Interprétation préliminaire
1	V	Diorite de Coutances - St Lô	Massif de roches basiques
2	II	Bassin permo-triasique de Littry-Carentan	Synclinal permo-triasique
3 ⁹	II	Autunien au sondage de Villequier situé au Nord-Ouest	Anticlinal à cœur permien
4	I	Granite au sondage de Courgent situé au Sud-Est	Batholite granitique dit "de Rouen"
5a et b	VIII		Anticlinaux jurassiques
6	VIII	Affleurement : anticlinal de Pont l'Evêque	Anticlinal jurassique
7a et b	III		Synclinaux crétacés
8 a, b et c	VIII		Anticlinaux jurassiques
9a et b	II	Grès paléozoïques au forage de Dives	Synclinal de Dives (9a) et son prolongement vers l'est (9b)
10a, b et c	II	Grès cambrien aux sondages de Ranville et Blainville	Synclinal de Ranville
11a, b,c et d	II + I (?)	Affleurement du synclinal cambro-ordovicien de May-sur-Orne (11a), Granulite (?) au sondage de Livarot	Quartzites du synclinal de May (11a, b et d) + granite (11d, sondage de Livarot)
12	II	Affleurements du synclinal cambro-ordovicien de la Ferrière-aux-Etangs	Quartzites armoricains du synclinal de la Ferrière-aux-Etangs
13	II	Affleurements du synclinal cambro-ordovicien de Falaise	Quartzites armoricains du synclinal de Falaise
14	I	Granite affleurant de Putanges	Granite
15	I	Granite affleurant de la Ferté-Macé	Granite
16	II	Schistes rencontrés en sondage. Briovérien affleurant dans le prolongement oriental du massif d'Athis.	Structure non reconnue sur le terrain
17 a à h	II	Synclinaux paléozoïques affleurants (17 a, b, c, d et f) dans la région de Sées	Quartzites armoricains
18a et b	II		Synclinaux ordoviciens possibles dans le prolongement des structures 17
19	I		Granite possible
20a et b	VI	Formations volcaniques paléozoïques affleurantes	Roches volcaniques (20a) et cornéennes (20b ?)
21	I	Granite affleurant de Fougères	Granite
22	I	Granite affleurant de Mayenne	Granite
23 a à d	I	Granite affleurant d'Alençon	Axe granitique Alençon-Mortagne (en partie sous la couverture)
24 a à d	IV	Alignement d'affleurements tertiaires et quaternaires	Fossé tertiaire Domfront - Evron
25	II	Paléozoïque affleurant de Villaines-la-Juhel	Synclinal du Pail

⁹Les anomalies 3, 4 et 5a concernent la Haute-Normandie. Pour des raisons techniques, elles ne figurent pas sur la planche A.

26	II	Paléozoïque affleurant de Sillé-le-Guillaume	Synclinal des Coëvrons
27 a et b	II		Synclinaux paléozoïques dans le prolongement des deux précédents
28	VI	Horst paléozoïque de St Rémy-du-Plain	Briovérien + volcanisme en horst
29 a et b	VI		Volcanisme et schistes paléozoïques
30	II	Bordure cambro-ordovicienne du synclinal de Laval	Quartzites paléozoïques
31 a à c	II		Prolongements possibles de la structure 30 : quartzites. Attention, 31b et 31 c : orientation des fossés tertiaires
32	VIII	Affleurements jurassiques et faille	Anticlinal jurassique
33 ¹⁰	I		Granite possible
34	IV	Affleurements tertiaires de Nogent-le-Rotrou	Fossé tertiaire

Tableau 6. Principales structures

4.4. CONTROLE DES HYPOTHESES D'INTERPRETATION PAR MODELISATION QUANTITATIVE SUR PROFIL

Afin de contrôler quantitativement les hypothèses d'interprétation géologiques formulées pour les principales structures décrites ci-dessus, 6 profils ont été extraits de la carte d'anomalie résiduelle et modélisés grâce au logiciel GMI-PACK (figures 13 à 18). La géométrie des structures géologiques respecte en surface les données d'affleurement et les sondages. La densité des unités géologiques a été fixée en fonction des informations de densités disponibles (tableaux 1 à 4). Les structures ainsi schématisées sont les suivantes :

- formations tertiaires et quaternaires, densité moyenne : 2.1, couleur jaune ;
- craie, densité moyenne : 2.1, couleur verte ;
- formations jurassiques, densité moyenne : 2.4, couleur bleu foncé ;
- synclinaux de grès et arkoses paléozoïques, densité moyenne : 2.5, couleur bleu clair ;
- socle indifférencié (encaissant briovérien), densité moyenne : 2.7, couleur blanche ;
- structure dense intrasocle, densité moyenne : 2.8, couleur mauve ;
- intrusion granitique, densité 2.6, couleur rouge.

¹⁰Les anomalies 33 et 34, situées dans le Perche oriental, sont en dehors de la planche B.

Figure 13 : Profil gravimétrique n° 1

2D Model : P1 Profil : Profil_1 Variable : residuelle Type : Gravimetric

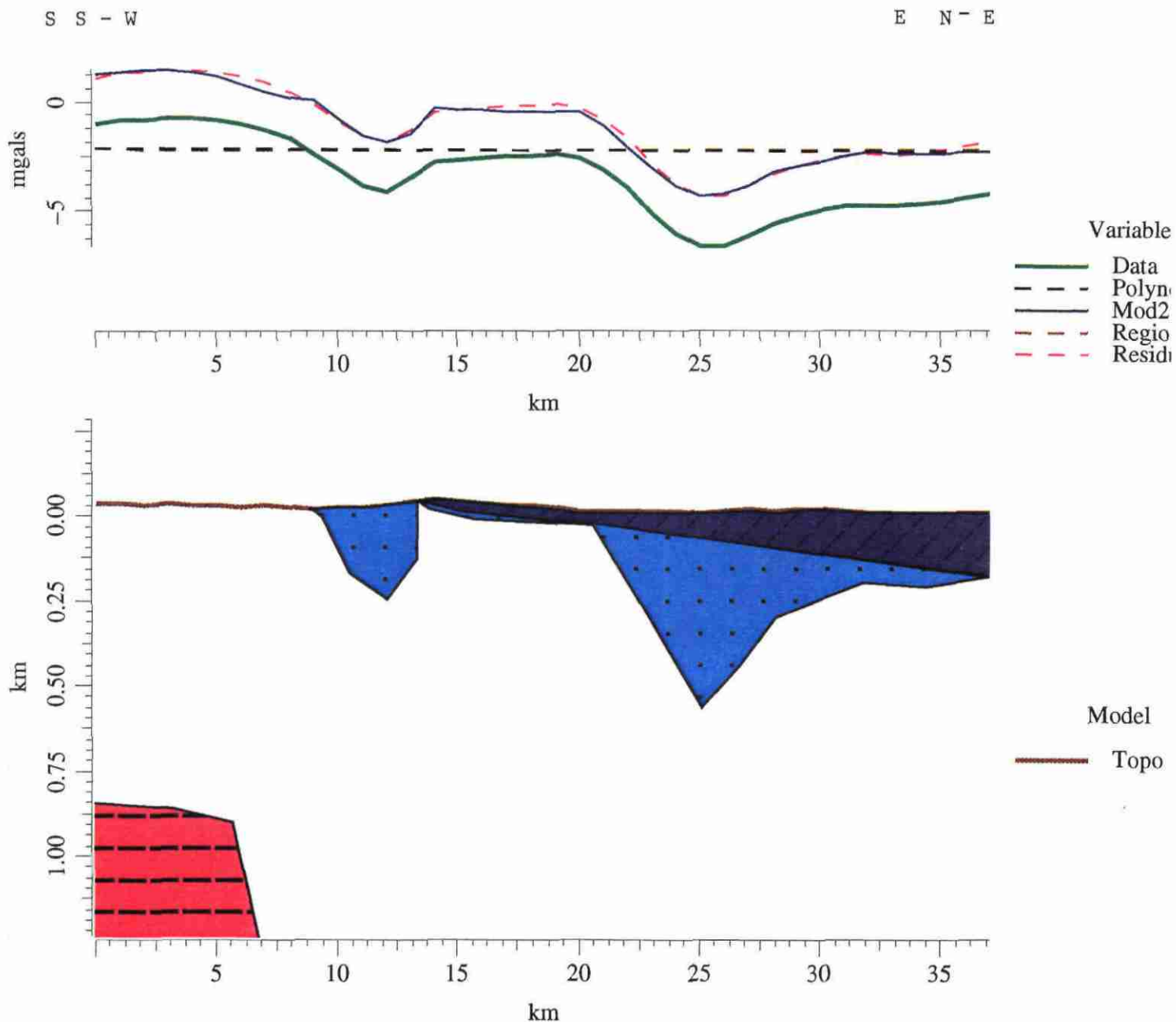


Figure 14 : Profil gravimétrique n° 2

2D Model : P2 Profil : Profil_2 Variable : residuelle Type : Gravimetric

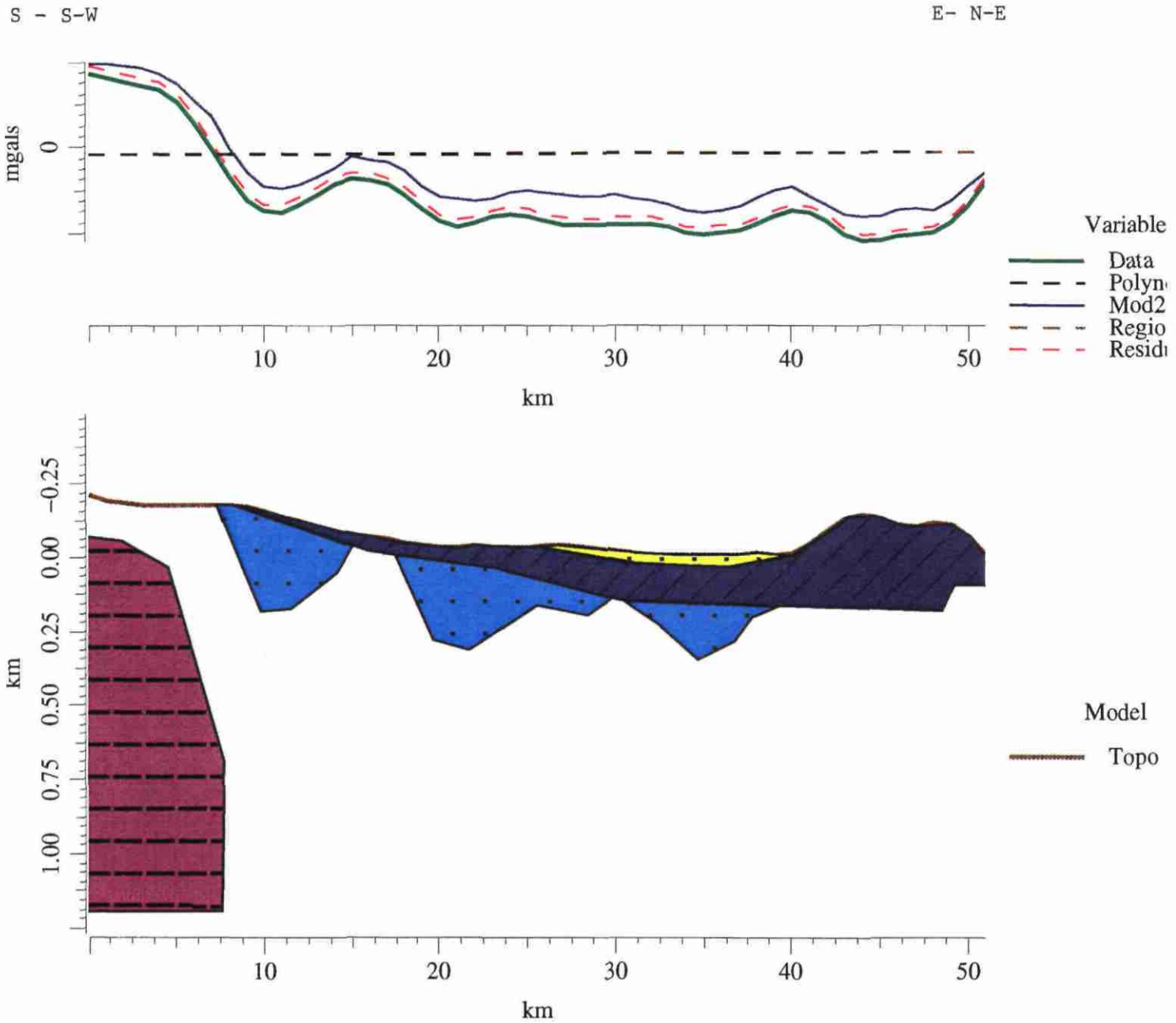


Figure 15 : Profil gravimétrique n° 3

2D Model : p3 Profil : Profil_3 Variable : residuelle Type : Gravimetric

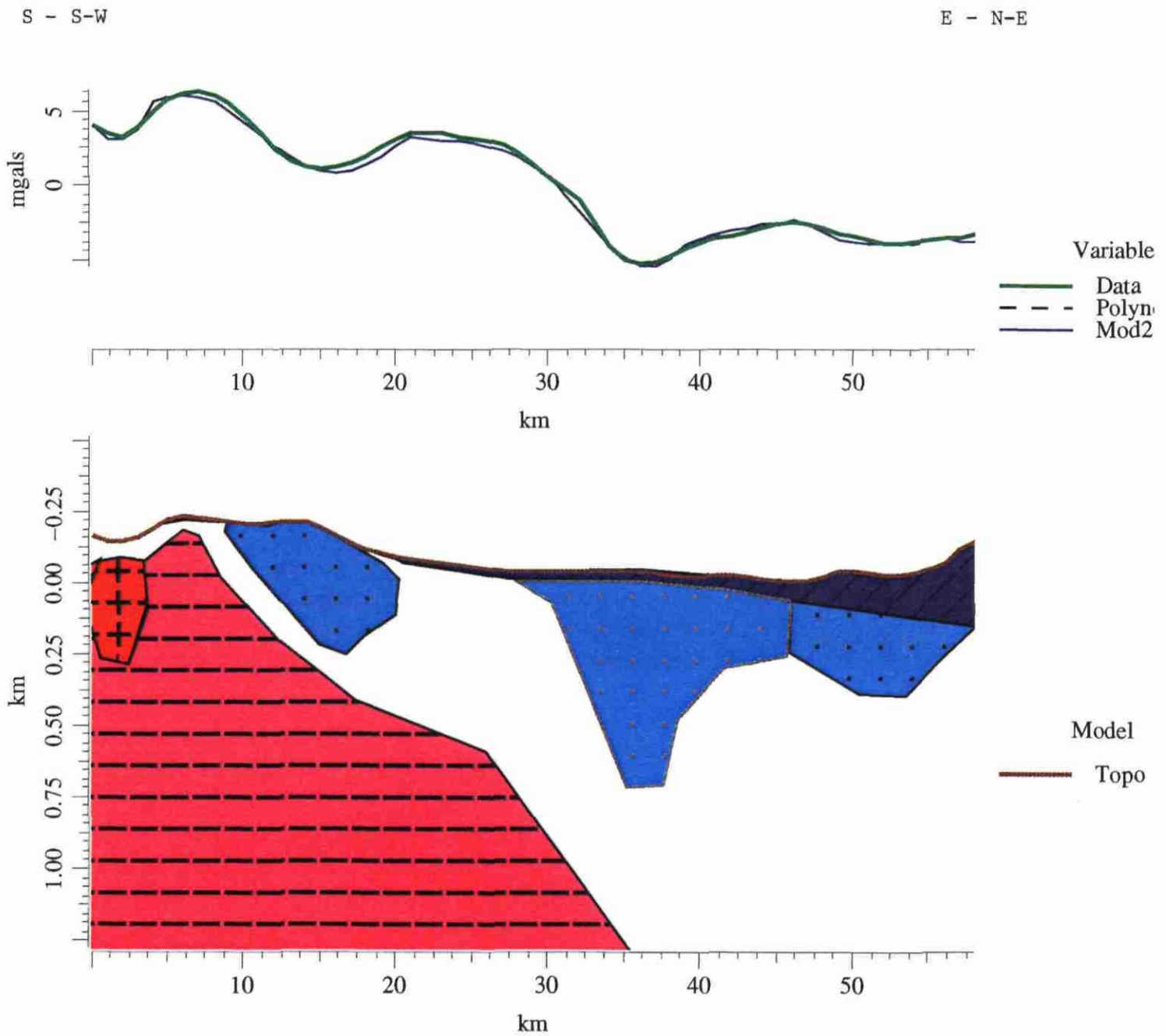


Figure 16 : Profil gravimétrique n° 4

2D Model : P4 Profil : Profil_4 Variable : residuelle Type : Gravimetric

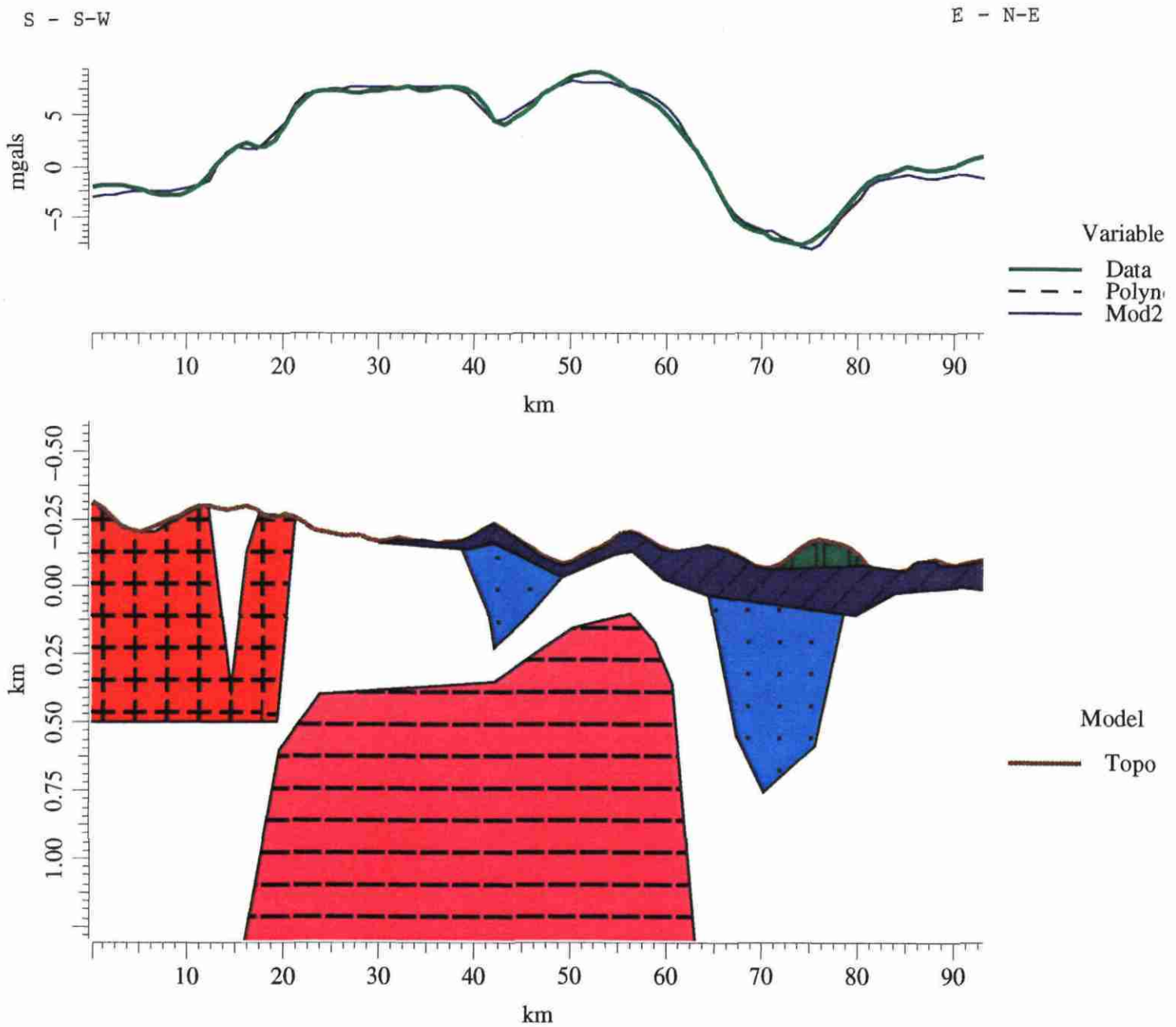


Figure 17 : Profil gravimétrique n° 5

2D Model : P5 Profil : Profil_5 Variable : residuelle Type : Gravimetric

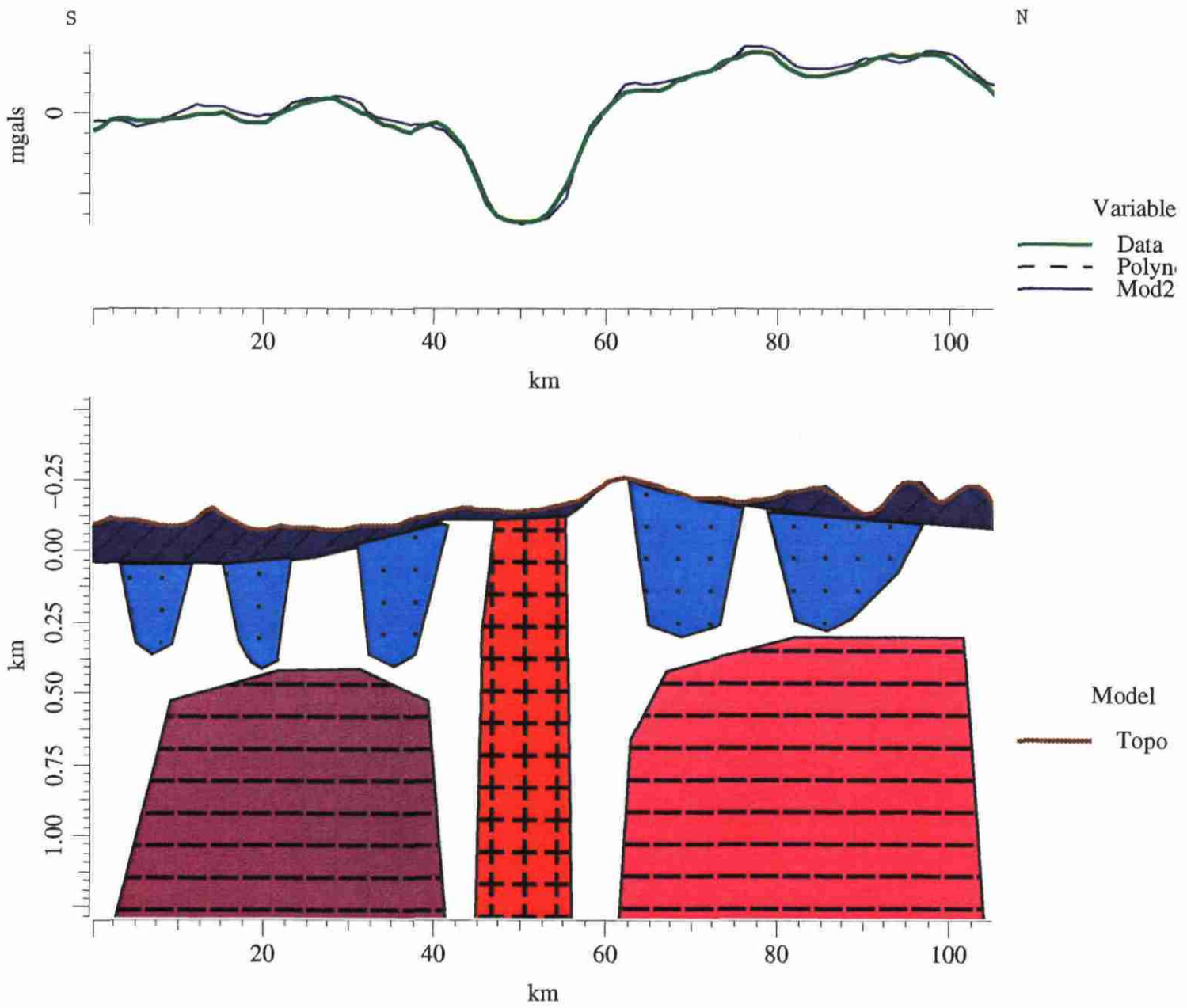
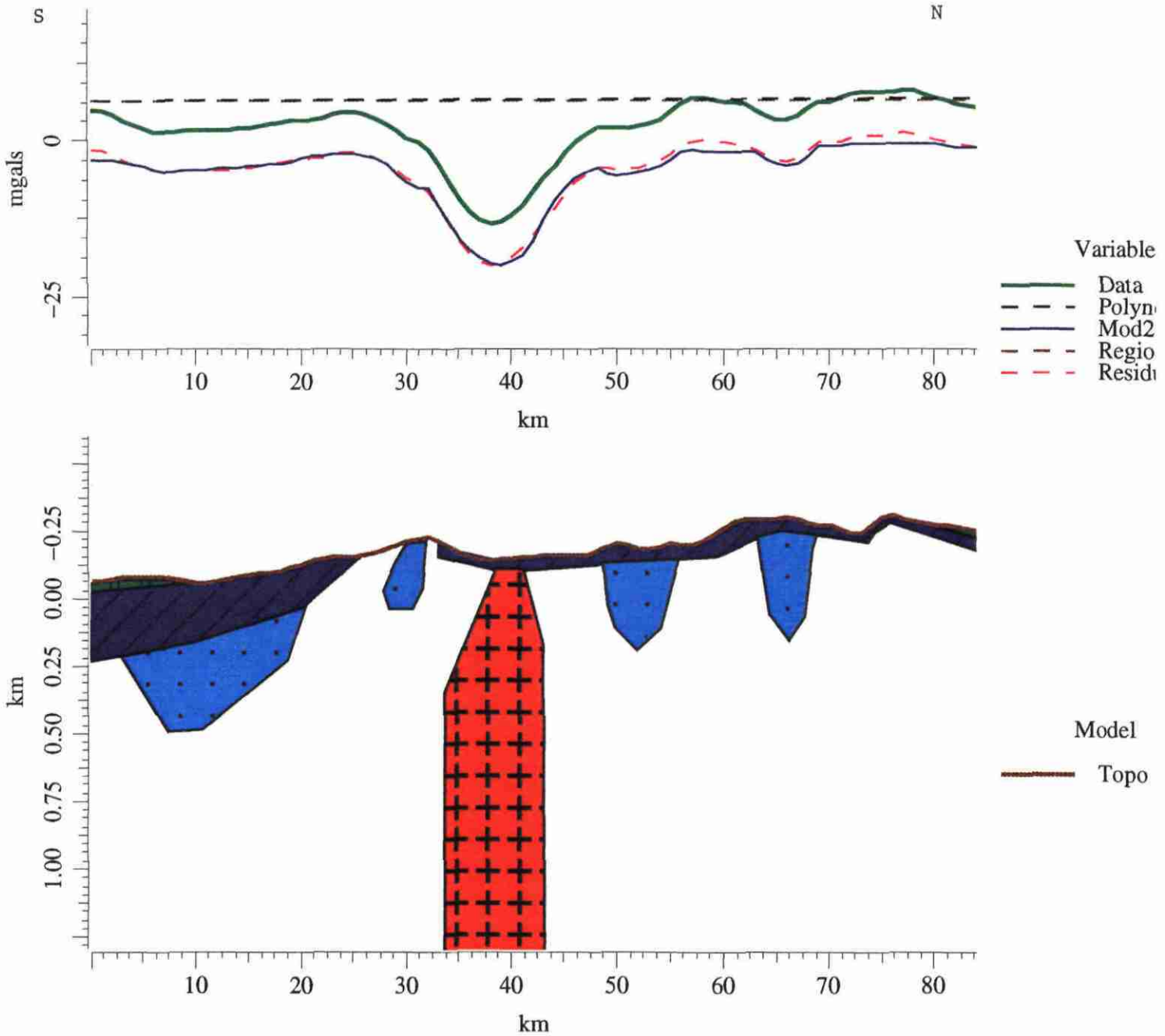


Figure 18 : Profil gravimétrique n° 6

2D Model : p6d Profil : Profil_6 Variable : residuelle Type : Gravimetric



La géométrie en profondeur des structures géologiques a été interactivement modifiée jusqu'à ce que l'effet du modèle calculé par le programme (courbe bleue) soit identique – à l'erreur sur les données près – à l'anomalie mesurée (courbe verte). Sur certains profils, cette correspondance n'est obtenue qu'à une constante près (ligne noire en tirets) ; dans ce cas, l'anomalie calculée (courbe bleue) doit être superposée à l'anomalie résiduelle (courbe rose). La constante correspond à l'effet de structures lourdes intrasocles dont la modélisation ne présente pas d'intérêt pour le problème posé.

Les modèles proposés ne sont qu'une image relativement imprécise des structures du socle paléozoïque. En effet, le maillage gravimétrique existant est trop espacé pour permettre une définition exacte des contours des structures géologiques. Il est à l'origine de phénomènes de coalescences entre anomalies proches qui ont pour conséquence le regroupement probable de structures de faibles dimensions en unités plus larges. Par ailleurs, le choix du contraste de densité influe sur les épaisseurs des structures et les géométries proposées ne sont pas des solutions uniques. Cependant, les formes et les épaisseurs obtenues pour les synclinaux paléozoïques sont très cohérents d'une coupe à l'autre et on n'a pas rencontré, lors de cette modélisation, de difficulté à intégrer les données géologiques dans ce schéma interprétatif. Cette vérification quantitative conforte donc les hypothèses d'interprétation qui sont à la base de l'établissement du schéma structural gravimétrique.

5. Synthèse des données acquises

5.1. DEFINITION DU POTENTIEL " ROCHES DURES " DES SECTEURS

5.1.1. Hiérarchisation des critères de sélection.

La synthèse précédente permet de définir des secteurs potentiellement favorables, mais aussi d'éliminer d'autres secteurs pour lesquels les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas d'envisager la découverte de roches dures sous couverture. Les critères guidant la définition des zones potentiellement favorables sont, par ordre d'importance :

- la présence d'exploitation
- l'existence de sondages ayant recoupé des grès ou des quartzites ;
- l'épaisseur de la couverture sédimentaire, critère rédhibitoire s'il excède 50 m ;
- la présence d'une anomalie géophysique compatible avec l'existence de roches légères et formant un axe cohérent avec un synclinal sous couverture ;
- sur image satellitaire, le tracé de linéaments dans l'axe des structures connues à l'affleurement.

Il est également tenu compte de :

- l'existence de carrières en exploitation ;
- la distance séparant les sites de l'agglomération parisienne.

Les contraintes de sites autres que les données à caractère réglementaire (topographie, habitat, etc.) seront considérées dans la phase 2.

5.1.2. Information des sondages B.S.S.

Les données fournies par les sondages de la B.S.S. concernent principalement : la position des ouvrages, la profondeur atteinte, la cote du toit du socle, la présence de niveaux aquifères.

Les informations concernant la lithologie doivent être exploitées de manière prudente car les dénominations varient énormément en fonction du temps et de la nature du forage. La cible " Grès armoricain " peut ainsi être dénommée : quartzite, grès quartzite, grès très (extrêmement) dur, quartzite armoricain, grès armoricain, grès silurien, etc. De même, la nature de la série sédimentaire n'est pas toujours clairement identifiable ; les coupes de sondages de reconnaissance pour le fer ne sont généralement détaillées qu'à partir du socle.

Les problèmes de densité des points B.S.S., déjà mentionnés au chapitre 2.1.2., ne permettent pas de conclure clairement sur certains secteurs. Sur la feuille de Sées, par exemple, la zone des affleurements de quartzites et de la carrière de Chailloué est mal couverte par la B.S.S.

L'épaisseur de la couverture sédimentaire est un facteur important. Les secteurs potentiellement intéressants (couverture inférieure à 50 m) sont :

- les zones situées à proximité immédiate du socle affleurant ;
- la zone de Livarot (dôme de socle).

Dans tous les autres secteurs couverts par les sondages B.S.S., le recouvrement sédimentaire est très important. Ceci est particulièrement vrai au sud-est de la zone de prospection où des sondages recoupent plusieurs centaines de mètres de couverture sans atteindre le socle. Sur la feuille Beaumont-sur-Sarthe, les ouvrages retenus au sud de la feuille recoupent entre 174 et 248 m de couverture post-paléozoïque.

5.1.3. Information de la Banque gravimétrique.

Les données géophysiques retraitées et réinterprétées suivant les méthodologies modernes apportent de nouvelles précisions sur le prolongement des synclinaux paléozoïques sous la couverture.

Au nord (synclinaux de May, d'Urville et de Falaise), l'extension cartographique de ces synclinaux sous couverture suggérée par la gravimétrie est confirmée par les données de sondages B.S.S. (cas du secteur de Livarot par exemple). Au sud, la géophysique seule ne parvient pas à dresser une esquisse aussi précise des terrains paléozoïques ; ceci est dû en grande partie au contexte structural complexe (rencontre de plusieurs familles de fractures majeures, etc.).

5.1.4. Information des images de télédétection.

Les données du satellite Spot interprétées en terme de linéaments apportent des indications précises dans l'ensemble du secteur de la plate-forme carbonatée (Bajocien-Bathonien). Ce secteur offre un comportement cassant qui se retrouve en photographies aériennes.

Dès les premières formations marneuses (cuesta du Callovien en pays d'Auge), l'intérêt des informations structurales apportées par les images satellitales diminue considérablement. Les formations marneuses et argileuses sont beaucoup moins cassantes (incompétentes à la fracturation). Les directions principales des linéaments sont plus difficilement attribuables au jeu du substratum paléozoïque.

5.1.5. Un guide cartographique : les faciès d'écueil.

L'agencement des formations carbonatées peut être affecté au voisinage des pointements de quartzites. Ces derniers ont toujours représenté des zones de haut fond. Dans ces secteurs, les faciès rencontrés (appelés *faciès d'écueil*) sont constitués de calcaires bioclastiques grossiers, à oncolites et oolites.

Les creux de la surface d'abrasion des quartzites peuvent être remplis par une accumulation décimétrique de débris de gastéropodes et de brachiopodes. Au-dessus peut exister un calcaire bioclastique grossier à polypiers et grands lamellibranches (0 à 2 m), dans lequel on retrouve de rares galets de quartzites. Le sommet de ce faciès est représenté par des niveaux plus fins à débris oolitisés (2 à 3 m). L'ensemble des trois niveaux n'excède pas 5 m de puissance.

Leur extension cartographique paraît limiter au nord du secteur d'étude : feuilles à 1/50 000 de Mézidon, Vimoutiers, Falaise. Le type-même de ces terrains est rencontré au Breuil (Perrières). Il faut insister sur la faible extension cartographique de ces faciès (quelques centaines de mètres au plus de part et d'autre des écueils).

L'âge de ces faciès d'écueil est souvent difficile à préciser (faunes brisées et non reconnaissables). La plupart des auteurs avance un âge stratigraphique s'étendant du Bajocien au Bathonien moyen. Cependant, Rioult (1959) a attribué un âge liasique à ces faciès dans le secteur de Feuguerolles-sur-Orne.

5.2. SELECTION DE ZONES FAVORABLES (Fig. 19).

5.2.1. Secteurs de carrières exploitées ou anciennement exploitées.

Il convient de mettre en exergue le cas des secteurs correspondant à des carrières de roches dures en activité. Ces zones sont par définition favorables. La plupart présente un recouvrement sédimentaire non négligeable : Villedieu (Tournai-sur-Dives), Perrières, etc. On notera toutefois que la qualité des matériaux extraits des carrières en activité est très variable : bonne à très bonne qualité à Perrières et aux Vignats en Basse-Normandie (Grès armoricain), qualité moyenne aux Noés dans la Sarthe (Grès de May).

5.2.2. Secteurs non favorables.

Les secteurs des feuilles Sillé-le-Guillaume, Vimoutiers, Bayeux (huitièmes 7 et 8), Mézidon (huitièmes 2, 3 et 4), Argentan, Sées (sauf huitième n°7), Falaise (sauf huitième n°2, n°3 et n°8) et Alençon sont rejetés car il n'existe ni quartzites ni grès dans les sondages ayant atteint le socle. Dans ces secteurs, on ne repère donc aucune structure synclinale paléozoïque.

Les secteurs correspondant aux feuilles de Mortagne, L'Aigle, Beaumont-sur-Sarthe et Mamers (sauf huitième n°1) sont rejetés car l'épaisseur de couverture y est toujours trop importante (de 50 à 200 m).

Les secteurs Falaise (huitième n°8), Vimoutiers (n°5) et Sées (huitième n°7) sont rejetés car les seuls indices correspondent aux exploitations actuelles : respectivement les Vignats, Villedieu et Sées. Les indices sur Villers-Bocage correspondent aussi à des secteurs connus (synclinal de May et d'Urville). La télédétection suggère l'existence d'un linéament dans l'axe des structures paléozoïques pour Sées.

Le secteur Bayeux (huitième n°6) est mal caractérisé du point de vue de la géophysique.

5.2.3. Secteurs favorables.

Les secteurs *a priori* favorables apparaissant à l'issue de l'étude multicritère sont :

- le secteur sud-ouest Mézidon et sud-ouest Livarot, que l'on peut regrouper comme une zone d'intérêt nord ;
- les secteurs sud-ouest et nord-est Fresnay-sur-Sarthe, qui donnent une zone d'intérêt sud.

La zone d'intérêt nord est clairement séparée en deux sous-zones qui correspondent au prolongement du synclinal de May (sud-ouest de la feuille Livarot) et du synclinal d'Urville (sud-ouest de la feuille Mézidon, dans un secteur où les quartzites affleurent par endroits) :

- le sous-secteur situé sur la feuille Livarot (en limite de la feuille Mézidon), révèle l'existence de quartzites à une profondeur qui pourrait être inférieure à 35 m puisqu'un ouvrage les touche précisément à cette profondeur. L'ensemble du secteur montre (carte du toit du socle) une remontée locale du socle traduite par un gradient de l'épaisseur de couverture de 100 à 35 m. La géophysique révèle dans ce secteur l'existence d'une anomalie gravimétrique légère ; il faut noter l'existence à proximité d'une faille géophysique dont le rôle devra être précisée si le secteur est retenu en phase 2. La télédétection ne donne pas d'indications directes dans le secteur d'intérêt ; seuls des linéaments ENE-WSW semble obéir à une logique régionale puisqu'ils se suivent sur les feuilles Falaise et Vimoutiers.

- le sous-secteur situé sur la feuille Mézidon est plus " classique ", c'est-à-dire qu'il est dans le prolongement immédiat des structures connues dans la vallée de la Laize (synclinal d'Urville) ; ainsi, plusieurs sondages touchent le Grès de May. Il faut noter que, pour ce secteur, l'anomalie géophysique négative est légèrement oblique sur l'axe d'allongement probable des

structures paléozoïques. Ce fait pourrait laisser présager une certaine complication structurale sous la couverture. Il faut aussi noter que la télédétection montre nettement le passage " par transparence " des structures paléozoïques sous un recouvrement souvent inférieur à 20 m. Il est nécessaire d'insister sur le fait que la présence des quartzites du Grès armoricain ne paraît pas générale dans ce secteur du synclinal ; il s'agit toutefois d'une zone où la cartographie de terrain semble révéler l'existence de hauts-fonds (quartzites?).

La zone d'intérêt sud est située principalement sur la feuille Fresnay-sur-Sarthe, ainsi qu'en bordure de la feuille Mamers.

- un sous-secteur situé au sud-ouest de la feuille Fresnay-sur-Sarthe est clairement en liaison avec les synclinaux du Maine (Gesnes-le-Gandelin/Saint-Ouen-de-Mimbré). Il existe du reste une ancienne exploitation à la limite méridionale du socle affleurant sur la commune même de Saint-Ouen-de-Mimbré. La géophysique indique une anomalie négative sécante sur l'axe d'allongement des structures probables du Paléozoïque ; ceci pourrait traduire soit le passage d'un accident important, soit un changement rapide de nature lithologique des terrains.

- un sous-secteur situé au nord-est de la feuille Fresnay-sur-Sarthe et à l'extrémité sud-ouest de la feuille Mamers (région de Contilly), en relation avec les structures du bloc de Perseigne (Ordovicien affleurant d'Aillères-Beauvoir). Dans ce secteur la télédétection indique que le contexte structural est probablement complexe ; la géophysique traduit l'existence de roches à relativement faible densité. Le recouvrement semble fréquemment inférieur à 20 m.

5.3. DONNEES ENVIRONNEMENTALES ET REGLEMENTAIRES

La zone d'intérêt nord comprend une grande ZNIEFF 2 à l'ouest et quelques petites ZNIEFF 2 dispersées. Il n'y a pas de PNR. Quelques monuments historiques sont dispersés dans la zone. Il existe également 3 sites classés/inscrits de surface réduite, *a priori* peu gênants, ainsi que quelques AEP dispersées.

La zone d'intérêt sud comprend 3 grandes ZNIEFF 2 à l'est et quelques petites ZNIEFF 2 dispersées. Elle comprend également 3 Parcs naturels : un à l'extrême ouest du secteur, peu gênant ; un au centre du secteur, mais *a priori* en dehors des zones favorables pour la recherche de gisements de grès-quartzite sous faible recouvrement ; un à l'extrême est du secteur, peu gênant. Il existe aussi quelques monuments historiques, sites classés/inscrits de surface réduite (à la périphérie du secteur) peu gênants *a priori*, et AEP dispersées.

La zone d'intérêt sud est donc un peu pénalisée par rapport à la zone d'intérêt nord, mais la prospection de sites, en dehors de données environnementales restrictives, reste tout à fait possible.

5.4. CONCLUSION ET SUITE DE L'ÉTUDE

Les deux zones d'intérêt pour la recherche potentielle des sites de roches dures sont situées principalement sur les feuilles de Mézidon et de Fresnay-sur-Sarthe.

Ces secteurs sont proposés au comité de suivi afin d'y effectuer les travaux prévus en phase 2 conformément au cahier des charges. Les secteurs sélectionnés feront l'objet de sondages et de travaux géologiques complémentaires. Un des sites sera l'objet du test méthodologique de géophysique.

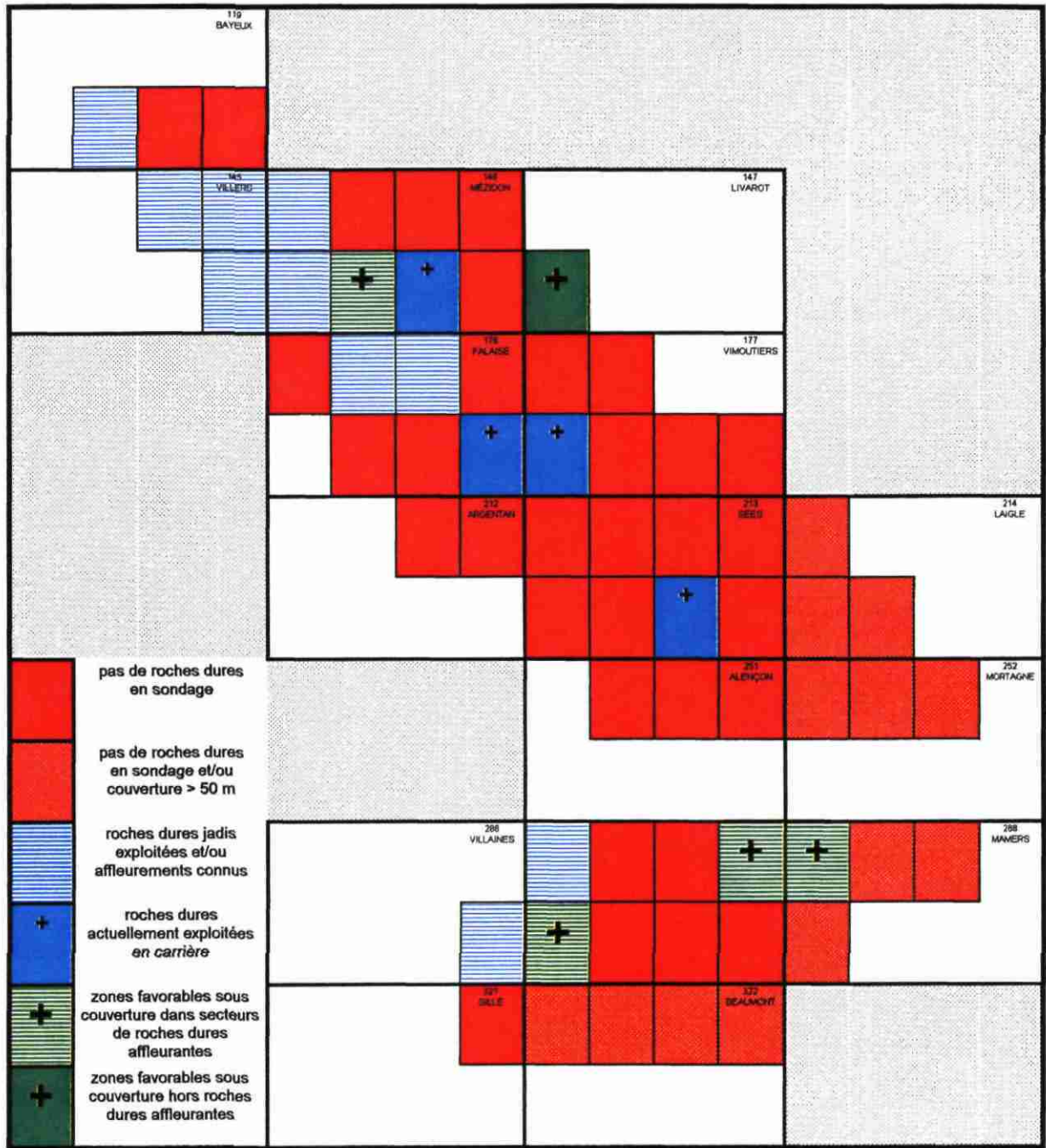


Figure 19. Synthèse du potentiel " roches dures sous couverture ".

Bibliographie

- Bassompierre P. (1955). Observations diverses sur la prospection gravimétrique de la bordure ouest du bassin parisien. Rapport BRGG A 731.
- Bigot A. (1942). La Basse-Normandie. Esquisse géologique et morphologique. Caen, Impr. Le Tendre, 123 p.
- Corpel J., Debeglia N., Perragallo J. & Perrin J. (1985). Région de Fougères. Réinterprétation des données géophysiques. Rapport 85 DT 018 GPH.
- Dangeard L. (1951). La Normandie. Coll. "Géologie régionale de la France". Hermann et C^o Edit., Paris, 241 p.
- Debeglia N. (1980) Constitution géologique et structure du socle. In Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. BRGM* n°101.
- Doré Fr. (1971a). Prolongement du Paléozoïque sous le Jurassique du Nord de Caen : le synclinal de Ranville. *Bull. BRGM*, 2e série, 1, p.77-96.
- Doré Fr. (1971b). À propos du détritisme ordovicien en Normandie. Réflexions basées sur la composition du cortège de minéraux lourds. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 102, p.42-50.
- Doré F., Juignet P., Larssonneur C., Pareyn C., Rioult M. (1987). Normandie. Coll. "Guides géologiques régionaux". Masson Edit, Paris, 2e édit., 207 p.
- Durand J. (1985). Le Grès armoricain. Sédimentologie, traces fossiles, milieux de dépôt. *Mém. Doc. CAESS*, Rennes, 3, 119 p., annexes.
- Elhaï H. (1963). La Normandie occidentale entre la Seine et le golfe normand-breton. Etude morphologique. Imprimerie Bière, Bordeaux, 624 p.
- Felice R. de (1907). La Basse-Normandie. Etude de géographie régionale. Thèse doct. Etat, Paris, éditée par Hachette éd., Paris, 590 p.
- Goguel J. (1954). Levé gravimétrique détaillé du bassin de Paris. Publication BRGGM N°15.
- Jaeger J.L. (1967). Un alignement d'anomalies légères coïncidant avec des bassins tertiaires en Bretagne. In Contribution de la gravimétrie à la géologie du Massif armoricain. *Mém. BRGM* n° 52.
- Jaeger J.L. & Corpel J. (1967). Etude de l'anomalie gravimétrique légère en relation avec le bassin tertiaire de Rennes. In Contribution de la gravimétrie à la géologie du Massif armoricain. *Mem. BRGM* n° 52.
- Lafoy C. & Weber C. (1970). Comparaison entre les propriétés magnétiques et les caractères pétrographiques des granites du massif armoricain. 70 SGN 331 GPH.
- Le Gall J. (1993). Pétrogenèse des magmas andésitiques et ignimbritiques et leur signification dans l'évolution géodynamique cadomienne. *Mém. Géosciences Rennes*, 52, 361 p.
- Le Tellier I. (1984). Contribution du socle aux anomalies thermiques du bassin de Paris. 84 SGN 339 IRG.
- Lippmann E & Dollfuss G.-F. (1892). Un forage à Dives (Calvados). *Bull. Soc. géol. France*, (7), 8, p.884-890.

- Mégniën Cl. et collaborateurs (1980). Synthèse géologique du Bassin de Paris. Vol. 1, Stratigraphie et paléogéographie, *Mém. BRGM*, 101, 469 p., Vol. II, Atlas, *Mém. BRGM*, 102, Vol. III, Lexiques des noms de formations, *Mém. BRGM*, 103, 469 p.
- Pareyn Cl. (1959). La série jurassique dans l'enceinte des écueils de Perrières (terminaison orientale du synclinal de Bretteville - la Brèche au Diable, Calvados). *Bull Soc. linn. Normandie*, 9e série, 10, p.25-31.
- Pareyn Cl. & Dangeard L. (1959). Forage de Berville (Calvados). Prolongement du synclinal de May et découverte du Grès armoricain sous la couverture secondaire. Faciès spéciaux du Bathonien moyen. *Bull Soc. linn. Normandie*, 9e série, 10, p.13-17.
- Rioul M. (1959). Faciès d'écueils du Lias à Feugerolles-sur-Orne. Faculté de Caen, 6 p (inédit).
- Rioul M. (1985). Ecueils paléozoïques armoricains dans les mers jurassiques sur la bordure occidentale du Bassin parisien. Sédimentation et peuplements d'écueils. Com. trav. hist. et scient., Poitiers, Sciences, 9, p.177-183.
- Robardet M. (1969). Tectonique de la partie orientale de la zone bocaine (feuille Falaise). *Bull. BRGM*, 2e série, I, 2, p.21-44.
- Robardet M. (1981). Évolution géodynamique du nord-est du Massif armoricain au Paléozoïque. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 20, 342 p.
- Vigneressse J. L. (1988). La fracturation post-hercynienne du massif armoricain d'après les données géophysiques. *Géologie de la France*, n°4, p 3-10.
- Weber C. (1972). Le socle antétriasique sous la partie sud du bassin de Paris d'après les données géophysiques. *Bull. BRGM*, Section II, n°3 et 4, p.219-343.

Cartographie¹¹

- Cartes géologiques à 1/50 000 publiées par le BRGM au 30 avril 1997

Alençon (1982), par C. Dassibat, Fr. Doré, G. Kuntz, J. Le Gall, M. Rioult et G. Verron.

Argentan (1989), par G. Kuntz, Fr. Ménillet, J. Le Gall et M. Rioult.

Beaumont-sur-Sarthe (1989), par P. Juignet, A. Lebert, J. Le Gall et G. Mary.

Condé-sur-Noireau (1993), par Fr. Doré et L. Dupret.

Ferté-Macé (la) (1977), par Fr. Doré, L. Dupret, J. Le Gall et Fr. Chalot-Prat.

Flers-de-l'Orne (1983), par A. Bambier, M. Beurrier, Fr. Doré, C. Énouf, G. Kuntz, Cl. Langevin, J.-P. Lautridou, M. Rioult, G. Verron et M. Villey.

Fresnay-sur-Sarthe (1984), par P. Juignet, A. Lebert et J. Le Gall.

Mamers (1986), par P. Juignet et A. Lebert.

Mortain (1987), par Fr. Ménillet et Fr. Trautmann.

Villaines-la-Juhel (1987), par Fr. Doré, L. Dupret, J. Le Gall et A. Lebert.

- Cartes à 1/50 000 acceptées par le Comité de la Carte Géologique et dans le circuit de fabrication (à paraître en 1998 ou 1999).

Laigle, Mortagne et Sées.

- Cartographie en cours. *Les dates indiquées sont celles de la soumission des minutes au Comité de la Carte Géologique et non celles de leur parution.*

Bayeux-Courseulles, par P. Maurizot coordinateur, prévue pour 1998

Falaise, par P. Gigot coordinateur, prévue pour 1997

Livarot, par Fr. Ménillet coordinateur, prévue pour 1997

¹¹Voir aussi Figure 1.

Mézidon, par J.-P. Deroin coordinateur, prévue pour 1998

- Carte géologique à 1/50 000 au moins en partie non documentée (l'équipe scientifique de coordination reste à définir).

Villers-Bocage

- Cartes géologiques à 1/80 000 (utilisées dans les secteurs où la cartographie à 1/50 000 fait défaut).

Alençon, Bernay, Caen, Falaise, Mayenne, Mortagne.

ANNEXES

ANNEXE 1

DETAIL DU CAHIER DES CHARGES DE LA PHASE 1

Le programme des travaux a été décomposé en deux phases :

- phase 1 : essai de modélisation de la structure géologique de la bordure ouest du Bassin de Paris,
- phase 2 : étude détaillée des secteurs favorables susceptibles de receler des gisements de roches dures économiquement exploitables.

Phase 1 : Essai de modélisation de la structure géologique de la bordure ouest du bassin de Paris. Délimitation des secteurs favorables

*** *Recueil des données géologiques***

- Etude bibliographique préliminaire. Etude des cartes géologiques et notices à 1/50 000 et 1/80 000, des publications, rapports, thèses, travaux universitaires divers, etc.
- Contacts avec les géologues chargés du levé des cartes géologiques à 1/50 000 (Universités, IGAL, BRGM, etc.).
- recensement des forages (forages d'eau et géotechniques) stockés dans la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du BRGM ; détermination de l'épaisseur de recouvrement jurassique et de la nature des terrains primaires sous-jacents aux points de sondage.
- Visite sur le terrain pour observations de surface et prélèvements d'échantillons de calcaire jurassique et roches dures primaires (quartzites) ; essais préliminaires en laboratoire.

*** *Téledétection, photo-interprétation.***

L'information aérospatiale, images de satellite et photographies aériennes, sera utilisée pour extrapoler vers les zones couvertes l'information géologique observée au niveau du socle primaire :

- à l'échelle du 1/100 000, sera effectuée une recherche de structures (fracturation, structures circulaires) ou de morphologies (lignes de crêtes, réseau hydrographique), pouvant suggérer la présence de formations quartzitiques plissées sous-jacentes. La vision synoptique fournie par cette échelle devrait permettre une meilleure perception des éventuelles grandes structures enfouies ;
- à l'échelle du 1/50 000, sera réalisée une étude plus détaillée sur les secteurs retenus en phase 1.

Les photographies aériennes disponibles pourront être utilisées au cas par cas pour compléter l'information extraite des images. Aucun achat spécifique n'est toutefois prévu à ce stade.

*** Etude des données géophysiques**

Les données gravimétriques utilisées seront celles de la Banque Gravimétrique Française (BGF) réunies et stockées dans la banque des données du sous-sol (BSS) du BRGM. La densité moyenne des stations gravimétriques sur la zone considérée est de 1 station pour 2 à 3 km². Ne pourront donc être identifiés par cette méthode que des objets géologiques de dimension supérieure à la maille de mesure, soit de l'ordre de 1 à 2 km, taille supérieure à celle des cibles finales de l'étude (niveaux d'une centaine de mètres d'épaisseur).

On peut cependant espérer mettre en évidence dans le socle des unités géologiques favorables telles que synclinaux paléozoïques, briovérien métamorphique, les principales intrusions granitiques, etc. Dans la couverture, la gravimétrie peut aider à détecter et à caractériser les bassins d'effondrements tertiaires qui constituent des zones défavorables pour le projet.

D'autres données, non confidentielles, mais non déclarées dans la BGF seront recherchées auprès des différents laboratoires universitaires susceptibles d'en détenir.

L'étude gravimétrique comportera les étapes suivantes :

- *synthèse des informations disponibles* concernant la densité du socle et des formations sédimentaires (à partir d'études BRGM antérieures, de données bibliographiques, etc.) ;
- *réalisation d'une esquisse structurale d'après la gravimétrie* : après extraction des données disponibles en banque et traitement par le logiciel GMI-PACK (BRGM-TOTAL), une interprétation qualitative s'appuyant sur les informations géologiques et les données de densité sera réalisée. Les résultats de cette étude seront cartographiés à l'échelle du 1/100 000 ;
- *contrôle des hypothèses d'interprétation par modélisation quantitative sur profils* : 4 coupes seront réalisées, afin de valider les conclusions de l'interprétation qualitative. Ces modélisations comporteront l'établissement de coupes des principales unités géologiques et gravimétriques supposées, le calcul de l'effet gravimétrique correspondant, la comparaison avec les données gravimétriques mesurées et l'affinement du modèle initial. Plusieurs hypothèses pourront être proposées.
- *réalisation et édition d'un rapport d'interprétation.*

*** Report et traitement des données par voie informatique.**

Une synthèse cartographique à l'échelle du 1/100 000 sera effectuée (découpage en trois cartes). Le fond topographique et géologique utilisé sera celui déjà réalisé dans le cadre

des schémas départementaux de carrière. Sur ce fond, nous reporterons les données des sondages BSS, de la télédétection et de l'interprétation gravimétrique.

Les principales données environnementales à caractère réglementaire ou autre (périmètre de protection des captages d'eau, sites et monuments historiques classés et inscrits, parcs naturels régionaux, ZNIEFF, etc.) seront superposées aux données géologiques.

Ceci doit permettre de définir des secteurs susceptibles de contenir des sites de roches dures selon leur sensibilité environnementale, de l'ordre de 50 à 100 km² de superficie sur lesquels nous procéderons à des études plus détaillées.

Ce travail sera réalisé à l'aide d'un outil de type SIG (Système d'Information Géographique) dont l'usage est imposé par la complexité des données à croiser et par ses multiples avantages (rapidité des actualisations, traitements multivariés, combinaison avec la télédétection, etc.).

**** Rédaction d'un rapport de fin de phase 1.***

Un rapport de synthèse décrivant l'ensemble des travaux effectués et présentant les résultats de l'interprétation sera rédigé à la fin de la phase 1. Ce rapport sera édité en 10 exemplaires et remis au Maître d'Ouvrage qui en assurera la diffusion.

ANNEXE 2

LISTE DES SONDAGES DE LA ZONE D'ETUDE AYANT ATTEINT LE SOCLE

Explication des colonnes :

code_minier : n° de référence dans la Banque de Données du Sous-Sol.

commune : localité sur laquelle se situe le sondage.

X, Y : coordonnées Lambert I en mètres.

Z : altitude en mètres (NGF).

P : profondeur atteinte par le sondage (en mètres).

C : Epaisseur de la couverture (en mètres).

T : Cote du toit du socle (en mètres NGF).

nat_cv : nature lithologique de la couverture (lithologies principales).

code_cv : code utilisé pour le type de couverture. A : argiles ; C : calcaire ; D : roches détritiques [sables, grès, etc.] ; F : alluvions ; L : limons ; M : mélanges de plusieurs lithologies ; X : indéterminé. S'il y a présence de calcaire dans la série de couverture, le code " C " est généralement utilisé car il recouvre la lithologie dominante.

nat_so : nature du socle immédiatement sous la couverture.

code_so : code utilisé pour le type de socle. Composé de deux lettres : la première donne la lithologie, la seconde l'âge. Deux exceptions à cette règle : (1) pour le Grès armoricain (GA) s'il est indiqué comme tel, afin de ne pas le confondre avec les autres grès ordoviciens (GO) ; (2) pour les minerais de fer (F), l'âge stratigraphique n'étant généralement pas indiqué.

1ère lettre : A : argiles ; C : calcaire ; F : minerai de fer ; G : grès ; P : poudingue ; Q : quartzites ; S : schistes ; V : roches volcaniques ; X : lithologie non précisée.

2ème lettre : B : Briovérien ; C : Cambrien ; O : Ordovicien ; S : Silurien ; X : âge non précisé.

code_minier	commune	X	Y	Z	P	C	T	nat_cv	code_cv	nat_so	code_so
119-6-004	Audrieu	386450	1172530	65	93	80	-15	calcaires, argiles, sables, graviers	C	schistes et grès Briovérien	GB
119-6-021	Fontenay-le-Pesnel	385350	1167080	77	11,23	1	77	non décrite	X	Briovérien	XB
119-6-077	Audrieu	386760	1172540	65	81,25	71,9	-7	limons, calcaires, marnes	C	schistes briovériens	SB
119-6-094	Audrieu	385950	1171060	97	57,9	57	40	oolithe blanche, calcaires	C	schistes briovériens (?)	SB
119-6-174	Tilly-sur-Seulles	384560	1166590	79	11,54	11	68	Trias	D	briovérien	XB
119-6-176	Tilly-sur-Seulles	384570	1167130	77	15,15	15	62	Trias	D	briovérien	XB
119-6-178	Tilly-sur-Seulles	384430	1167430	75	24,22	24	51	Trias	D	briovérien	XB
119-6-179	Tilly-sur-Seulles	384330	1167530	67	18,4	18	49	Trias	D	briovérien	XB
119-6-218	Mesnil-Patry (le)	390040	1169580	84	102	64	20	calcaires, sables	C	schistes	SB
119-7-006	Carpiquet	396270	1168760	65	81,36	80	-15	calcaires, argile	C	brioverien probable	XB
119-7-127	Cheux	391210	1165440	105	37,5	8	97	solifluxion, calcaires	C	schistes briov.	SB
119-7-135	Cheux	391200	1165430	105	80	7	98	limons, calcaires	C	schistes briov.	SB
119-8-028	Caen	401560	1166500	6	34	28,5	-23	galets, graviers, calcaires, argile	C	argile, schistes briov.	SB
119-8-047	Caen	401770	1166860	10	40	36	-26	alluvions, calcaire, argile	C	schistes briov.	SB
119-8-029	Louvigny	401500	1166020	6	25	24	-18	limons, calcaires graviers, argile	C	schistes briov.	SB
119-8-044	Louvigny	401170	1116521	5	15	14	-9	alluvions, calcaire dominant, argile	C	schistes briov.	SB
119-8-045	Louvigny	400060	1166370	8	19	18	-10	alluvions, calcaire, argile	C	schistes briov.	SB
119-8-046	Louvigny	400760	1166310	7	24	23	-17	alluvions, calcaire, argile	C	schistes briov.	SB
119-8-084	Fleury-sur-Orne	401100	1163670	6	9,35	9	-3	alluvions	F	briovérien probable	XB
119-8-095	Bretteville-sur-Odon	399210	1166320	12	5,4	1	11	terre végétale limoneuse	L	briovérien probable	XB
119-8-199	Verson	396680	1165170	29,5	26,14	8	21	non précisé	X	schistes briov.	SB
119-8-269	Fleury-sur-Orne	401650	1163570	28	33	30	-2	calcaires, argile	C	schistes briov. altérés	SB
119-8-293	Louvigny	401220	1165220	5	16	15	-10	alluvions (argile, sable), calcaires	C	schistes briov.	SB
119-8-297	Louvigny	400920	1166350	8	25	23,4	-15	alluvions, graviers, calcaires	C	schistes briov. altérés	SB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

145-3-010	Baron-sur-Odon	394200	1162330	92,5	10,77	10	82	Calcaires	C	non précisé	XX
145-3-030	Evrecy	392220	1158440	85	19	11,7	73	limons, sables, graviers, galets	D	schistes et grès briovériens	GB
145-3-031	Evrecy	392540	1157950	96	13	11,3	69	limons, galets, argile	M	schistes briovériens	SB
145-3-053	Evrecy	393840	1157770	120	60	46	74	sables, argiles, calcaires, graviers	C	schistes et grès briov.	GB
145-3-055	Evrecy	391240	1158770	107	20,2	17	90	argiles, calcaires, sables et graviers argileux	C	schistes altérés briov.	SB
145-3-056	Evrecy	393810	1157760	120	53,5	43	77	argile, calcaires, sables, galets	C	cambrien non différencié, schistes et grès briov.?	GB
145-3-057	Fontaine-Etoupefour	395950	1163530	78	57,5	23	55	inconnu	X	argile (altération) sur schistes briov.	SB
145-3-058	Evrecy	392230	1158440	87	18	14	73	argile (solifluxion), argile, sables	A	grès rouges et schistes gréseux cambriens	GC
145-3-062	Baron-sur-Odon	393700	1163160	39	100,5	9,5	29,5	alluvions, argile	A	grès rouges et schistes gréseux cambriens	GC
145-3-063	Baron-sur-Odon	393450	1163150	36	100,5	9,5	26	alluvions, argile	A	grès rouges et schistes gréseux cambriens	GC
145-4-001	Fontaine-Etoupefour	397500	1162750	80	88,71	36,2	44	calcaires, argile, argile à galets	C	schistes noirs, à calymènes	SO
145-4-003	Vieux	397520	1159730	52	6,2	4,3	48	altération ou solifluxion	L	schistes	SX
145-4-004	Fontaine-Etoupefour	397070	1163130	78	30	12	66	calcaires, argile	C	argiles, psammites, grès, argile	GX
145-4-005	Fontaine-Etoupefour	397220	1163150	79	19,5	16,75	62	calcaires, argile	C	socle (non précisé)	XX
145-4-007	Fontaine-Etoupefour	397150	1163200	80	27	25	55	calcaires, argile	C	grès de May probables	GO
145-4-034	Vieux	397930	1160450	60	5,72	5	55	imprécis	X	socle (non précisé)	XX
145-4-050	Feuguerolles-sur-Orne	400030	1160620	80	126	6,5	73	imprécis	X	grès micacés, schistes à calymènes, fer, grès arm.(à -45.70)	GO
145-4-051	Feuguerolles-sur-Orne	399720	1161040	80	33,5	7,8	72	imprécis	X	grès feld., schistes /grès cambriens, schistes/grès briov.	GB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

145-4-052	Feuguerolles-sur-Orne	398670	1161980	80	93,75	17,3	63	imprecis	X	grès feld., grès et schistes calcaireux	GC
145-4-059	Saint-André-sur-Orne	401270	1160950	6,5	17,25	12,25	-7	sables, graviers, argile	M	grès de May	GO
145-4-068	Fontaine-Etoupefour	397420	1163170	66	19,3	16,3	50	calcaires, marnes	C	schistes verts cambriens	SC
145-4-069	Fontaine-Etoupefour	397350	1163140	66,5	20	18	48	argile, calcaires, marnes	C	argile rouge, cambrien probable	SC
145-4-070	Fontaine-Etoupefour	397340	1163220	66	20,1	19,7	47	limons, calcaires, marnes	C	grès feld. roses cambrien	GC
145-4-071	Fontaine-Etoupefour	397340	1163240	66,5	20,1	17,8	49	argile, calcaires, marnes	C	argile (alt.), grès fins roses cambrien	GC
145-4-072	Saint-Martin-de-Fontenay	402240	1160260	43	50	18,25	25	calcaires, marnes	C	schistes à calym., schistes noirâtres	SO
145-4-073	Saint-Martin-de-Fontenay	402370	1160320	46	35	14	32	calcaires	C	grès feldspathiques	GC
145-4-074	May-sur-Orne	402110	1159040	58,5	30,3	7,5	51	calcaires	C	grès, schistes (Pz)	GX
145-4-075	May-sur-Orne	402130	1158760	61,5	37,5	18,3	43	calcaires	C	grès, schistes (Pz)	GX
145-4-076	Saint-André-sur-Orne	401350	1160910	12	30	4,5	7	calcaires	C	grès, schistes (Pz)	GX
145-4-077	Saint-André-sur-Orne	401800	1160680	33	21,3	2,5	30	calcaires	C	grès, argile	GX
145-4-079	Saint-Martin-de-Fontenay	402910	1159740	73,5	70,5	48	25	calcaires	C	argile, schistes noirs (Pz)	SO
145-8-009	Moutiers-en-Cinglais (les)	402180	1150100	156,5	106,07	29	128	argile à silex	A	schistes à calymènes	SO
145-8-010	Moutiers-en-Cinglais (les)	402050	1150600	153	78,6	20,92	132	argile à silex	A	schistes à calymènes	SO
145-8-011	Moutiers-en-Cinglais (les)	401950	1149700	157	52,9	24	133	argile à silex, calcaires, galets, sable argileux	M	schistes à calymènes	SO
145-8-012	Moutiers-en-Cinglais (les)	401850	1150050	159	50,6	24,25	135	non précisé	X	schistes, grès, sch. gréseux cambr.	GC
145-8-013	Moutiers-en-Cinglais (les)	402520	1149900	152	39,4	19,56	132	argile à silex	A	schistes, grès arm. à 113,56	GA
145-8-014	Moutiers-en-Cinglais (les)	402400	1149800	153	24,04	19,8	133	argile à silex, calcaires	C	schistes à calymènes, grès arm; à 129,58	GA
145-8-015	Moutiers-en-Cinglais (les)	402850	1149520	154,5	22	19,5	135	argile à silex	A	Grès armoricains	GA
145-8-016	Moutiers-en-Cinglais (les)	401950	1149700	155,5	33,5	20,5	135	argile à silex, calcaires, marnes	C	schistes cambrien	SC
145-8-017	Moutiers-en-Cinglais (les)	402170	1149900	157	43,11	25,5	131	imprécisé	X	minerai de fer, grès, schistes	GO

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

145-8-018	Moutiers-en-Cinglais (les)	402400	1150150	155	188,68	27,92	127	argile à silex, arg., calcaires, argile, sables, galets	C	schistes noirs	SO
145-8-019	Moutiers-en-Cinglais (les)	401550	1151350	138	72,74	29,2	109	imprécisé	X	schistes noirs, grès schisteux (Pz)	SO
145-8-020	Moutiers-en-Cinglais (les)	401680	1151270	139	57,73	29,5	110	argile à silex + imprécisé	A	schistes noirs à calymènes	SO
145-8-021	Moutiers-en-Cinglais (les)	401470	1151250	147,5	107,4	26,58	111	imprécisé	X	sch. à calymènes, hématite, passées gréseuses	SO
145-8-022	Moutiers-en-Cinglais (les)	401250	1151200	136,5	32,07	19	117	argile à silex, calcaires	C	schistes cambrien	SC
145-8-023	Moutiers-en-Cinglais (les)	402500	1151500	132	32,89	19	113	argile à silex, calcaires, sables	C	grès de May	GO
145-8-032	Boulon	400610	1153260	113	34,5	6	107	limons argileux, marnes	A	schistes cambrien	SC
145-8-033	Espins	399300	1148780	153	23,5	20,8	132	alluvions, calc., marnes, graviers	C	schistes et grès briov.	GB
146-1-11	Rocquancourt	406630	1157885	80	154,50	47,75	32	calcaire, argiles	C	schistes noirs	SO
146-1-14	Garcelles-Secqueville	408225	1158310	80	70,20	53,48	27	calcaire	C	grès	GX
146-1-18	Saint-Aignan-de-Cramesnil	407165	1157630	80	69	60	20	x	X	schistes	SX
146-1-19	Rocquancourt	405795	1158670	74	65	58	16	calcaire	C	grès feldspathiques	GC
146-1-26	Saint-Aignan-de-Cramesnil	407185	1157580	80	67	57	23	x	X	hématite, grès	GX
146-1-36	Fontenay-le-Marmion	404000	1158250	50	18	11	39	Quaternaire, Lias, PT	M	Cambrien	XC
146-1-42	Saint-Aignan-de-Cramesnil	408960	1157000	112	115,93	83,09	29	calcaire, argiles	C	schistes noirs	SO
146-1-43	Saint-Aignan-de-Cramesnil	407755	1152420	94	173,04	82,66	11	calcaire, argiles	C	schistes bigarrés, grès	GX
146-1-45	Fontenay-le-Marmion	404420	1158300	54,5	26,50	15,13	40	calcaire et oolithe	C	Ordovicien	XO
146-1-46	Fontenay-le-Marmion	405700	1157970	80	44,60	39,85	40	x	X	minerai de fer	F
146-1-47	Rocquancourt	406290	1157890	86,5	60,10	46,70	40	calcaire, argiles	C	minerai, argiles, grès	F
146-1-48	Saint-Aignan-de-Cramesnil	407080	1157515	94,5	71,70	52,80	42	calcaire	C	argiles, minerai, grès	F
146-1-51	Saint-Martin-de-Fontenay	403590	1159360	84	85	56,50	27	calcaire	C	argiles, schistes à Calymènes	SO
146-1-54	Saint-Martin-de-Fontenay	403330	1159620	81	71,20	53	26	calcaire	C	grès, argiles	GX
146-1-56	Saint-Martin-de-Fontenay	403940	1159390	84	72,50	54	30	calcaire	C	grès	GX
146-1-57	Saint-Martin-de-Fontenay	404480	1159020	78	85,70	53	33	calcaire	C	grès quartzitiques, argiles	GC
146-1-59	Fontenay-le-Marmion	403060	1158450	64	34	16	48	calcaire	C	grès, argiles	GX

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

146-1-61	Fontenay-le-Marmion	403820	1158600	62	33,40	12,50	49	calcaire	C	grès, argiles	GX
146-1-63	Fontenay-le-Marmion	404250	1158470	53	35	12	41	calcaire	C	grès	GX
146-1-65	Fontenay-le-Marmion	404660	1158460	55	52,60	19,70	35	calcaire	C	quartzite noir	QX
146-1-66	Fontenay-le-Marmion	405420	1158170	75	74	42	33	calcaire	C	argiles, schistes noirs	SO
146-1-68	Rocquancourt	405950	1157920	78,5	60,25	43	36	calcaire	C	argiles, grès	GX
146-1-69	Rocquancourt	406320	1158060	84	43,20	34	50	calcaire	C	grès	GX
146-1-71	Saint-Aignan-de-Cramesnil	408020	1157640	92	148	53	39	calcaire	C	argiles, schistes à Calymènes	SO
146-1-73	Saint-Aignan-de-Cramesnil	407080	1157600	93	104	53	40	calcaire	C	argiles, schistes noirs, grès	GX
146-1-75	Fontenay-le-Marmion	404830	1158300	60	43	23	37	calcaire	C	argiles, grès	GX
146-1-77	Fontenay-le-Marmion	404750	1158210	58	40	20	38	calcaire	C	grès	GX
146-1-79	Rocquancourt	405810	1157950	78,5	50,60	42	37	calcaire, marne	C	argiles, grès	GX
146-1-80	Fontenay-le-Marmion	405050	1157920	64	41,50	21	43	calcaire	C	argiles, grès quartzitique	QX
146-1-84	Saint-Aignan-de-Cramesnil	406900	1157660	90,5	117	53	38	calcaire	C	argiles, schistes noirs	SO
146-1-85	Saint-Aignan-de-Cramesnil	406900	1157650	90	102	53	37	calcaire	C	argiles, schistes noirs	SO
146-2-124	Fierville	413900	1155665	55	100,30	41	14	calcaire, sable	C	argiles, sch. ardoisiers, grès fer.	SO
146-2-125	Poussy	413320	1156915	50	113,50	43	7	calcaire	C	argiles, schistes noirs, grès fer.	SO
146-3-115	Bray-la-Campagne	417620	1154645	60	170	85	-25	calcaire	C	schiste	SX
146-4-12	Percy-en-Auge	424950	1153850	23	297,31	70	-47	Secondaire	C	psammites gris-bleuté	SX
146-4-21	Percy-en-Auge	424320	1154420	22,5	78	76	-43	calcaire	C	grès quartzite armoricain	GA
146-4-27	Percy-en-Auge	425850	1154430	18,5	84	80	-62	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-4-28	Percy-en-Auge	424370	1154430	21	80	78	-57	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-5-101	Moulines	403710	1146980	132,	18	7,70	124	argile	A	précambrien	XB
146-5-105	Moulines	403480	1146480	135,5	26	25,50	110	calcaire, galets	C	schistes noirs (pcb)	SB
146-5-107	Moulines	403660	1146715	132	20	17	115	calcaire, galets	C	schistes noirs (pcb)	SB
146-5-108	Moulines	403510	1146950	143	43	23	120	calcaire-argiles	C	grès (poudingues pourprés)	GX
146-5-109	Moulines	403115	1146290	134	29	27	107	calcaire	C	schistes noirs (pcb)	SB
146-5-113	Moulines	403365	1146750	142	36	34,50	108	calcaire-galets-graviers	C	schistes noirs (pcb)	SB
146-5-118	Moulines	403370	1146740	144,5	36	35,30	109	calcaire-galets	C	schistes	SX
146-5-123	Moulines	403420	1146540	139	32	29,30	109	calcaire-galets-argiles	C	schistes pcb	SB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

146-5-61	Urville	408330	1150655	112,5	148,10	27	85	calcaire	C	grès de May	GO
146-5-62	Urville	408435	1150420	105	270,60	22,70	84	calcaire-marnes	C	grès	GX
146-5-63	Urville	408585	1149925	125	601,30	31	94	calcaire	C	Grès armoricains	GA
146-5-64	Urville	406770	1150190	95	741,48	0	93	-	X	grès de May	GO
146-5-65	St-Germain-le-Vasson	405650	1148275	100	565,60	0	100	-	X	grès pélique	GX
146-5-70	Barbery	403400	1149080	151	18,10	25	126	calcaire	C	schistes à calymènes	SO
146-5-73	Barbery	404420	1151550	96	35	0	96	-	X	schistes à calymènes	SO
146-5-74	Moutiers-en-Cinglais (les)	402900	1151400	125	672,50	0	125	-	X	grès de May	GO
146-5-75	Barbery	403500	1149200	149	167,25	25	124	calcaire	C	argile-schistes à calymènes	SO
146-5-76	Barbery	403100	1149000	151	116,47	32,50	118	rs-marnes-calcaire	C	schistes de St-Rémy	SC
146-5-88	Saint-Germain-le-Vasson	407500	1146710	172	32,55	24	148	calcaire	C	argile-schistes	SX
146-6-36	Ouilly-le-Tesson	414375	1146010	110	7,70	7	103	calcaire	C	indifférencié	XX
146-6-4	Soumont-Saint-Quentin	409785	1146570	165	528,50	34,50	131	calcaire	C	Gothlandien	XS
146-6-50	Estrées-la-Campagne	410600	1147960	140	104	33	107	calcaire	C	Gothlandien	XS
146-6-72	Estrées-la-Campagne	410470	1147100	143	856,20	40,60	103	calcaire	C	Gothlandien (ampélites)	XS
146-6-73	Soumont-Saint-Quentin	409920	1145680	170	103	47	123	calcaire	C	schistes à calymènes	SO
146-6-75	Soumont-Saint-Quentin	409120	1146015	190	62,35	51,90	138	calcaire	C	hématite-schistes-grès	GX
146-6-76	Soumont-Saint-Quentin	409235	1145970	190,5	82,50	51,45	139	calcaire	C	hématite-schistes-grès	GX
146-6-78	Estrées-la-Campagne	412420	1148645	111	82,60	29,26	81	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-6-79	Estrées-la-Campagne	410910	1149485	115	56,05	30,30	85	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-6-80	Estrées-la-Campagne	411875	1148675	108	370	18	90	calcaire	C	grès de May	GO
146-6-81	Estrées-la-Campagne	411905	1148465	111	50,09	28	83	calcaire	C	grès de May	GO
146-6-82	Estrées-la-Campagne	411890	1148570	109	195,60	25,85	83	calcaire	C	Gothlandien	XS
146-6-83	Estrées-la-Campagne	411440	1148770	120	66,05	19,50	101	calcaire	C	grès de May	GO
146-6-84	Estrées-la-Campagne	411800	1148865	110	160	21,80	88	calcaire-argile	C	schistes	SX
146-6-85	Estrées-la-Campagne	412820	1148360	114	261,97	40,85	73	calcaire-argiles	C	schistes à calymènes	SO
146-6-86	Ouilly-le-Tesson	413915	1147670	135	180	70,25	65	calcaire-argiles	C	schistes d'Angers	SX
146-6-87	Ouilly-le-Tesson	411950	1148200	120	48,70	35	85	calcaire	C	schistes verts	SC
146-6-88	Soumont-Saint-Quentin	412010	1145615	150	407	14	136	calcaire	C	grès de May	GO
146-6-89	Soumont-Saint-Quentin	410740	1145805	185	330	45,70	139	calcaire	C	grès de May	GO
146-6-92	Soumont-Saint-Quentin	412975	1144615	128	122	10	118	calcaire	C	schistes	SX
146-6-94	Potigny	410130	1143910	184	40,20	36	148	calcaire-argiles-sable	C	schistes verts	SC

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

146-6-95	Potigny	410600	1143900	167	24,50	21	146	argiles-sable	M	grès feldspathiques-schistes	GX
146-6-97	Potigny	411160	1144080	159	20	18,50	140	argiles-calcaire-sable	C	argiles	AX
146-7-54	Perrières	418950	1143280	78	21,60	19,60	58	argiles	A	grès de May	GO
146-7-x	Perrières	419480	1143560	71	27	6	65	calcaire	C	Grès armoricains	GA
146-7-55	Sassy	418850	1145820	75	37,31	35,30	40	calcaire-argiles	C	grès vert	GX
146-8-20	Berville	428500	1147550	73	62	60	13	calcaire-argiles	C	Grès armoricain	GA
146-8-30	Saint-Pierre-sur-Dives	426520	1149650	27	142,15	70	-43				
146-8-36	Bretteville-sur-Dives	428240	115200	22	94,30	90,50	-69	calcaire	C	schistes	SX
146-8-39	Grisy	423500	1147910	42	55	49	-7	calcaire	C	schistes	SX
146-8-40	Magny-la-Campagne	424050	1152150	32	67	61	-29	calcaire	C	grès	GX
146-8-41	Grisy	425010	1148750	50	79	75,50	-26	calcaire	C	indifférencié	XX
146-8-42	Thiéville	426600	1150960	37	85	82,50	-46	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-8-45	Ouville-la-Bien-Tournée	424820	1151080	45	75	74	-29	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-8-46	Magny-la-Campagne	424050	1152100	32	63	62	-26	calcaire-grès	C	schistes noirs	SX
146-8-47	Thiéville	426610	1151000	37	84	83,50	-47	calcaire	C	schistes noirs	SX
146-8-48	Grisy	425000	1148750	50	77	76	-26	calcaire	C	schistes noirs	SX
147-5-030	Vieux-Pont-en-Auge	433450	1152270	47	149,35	146	-99	imprécise	X	grès armor. à -99	GA
147-5-031	Bretteville-sur-Dives		1151320	30	135,8	113	-83	imprécise	X	schistes à calymènes	SO
147-5-032	Lieury	429040	1145400	76	144,06	97,6	-22	argile, calcaires, marnes	C	grès de May, argile	GO
147-5-038	Mittois	430340	1148050	50	40,1	35	15	imprécise	X	grès armor. à +15	GA
147-5-040	Boissey	431480	1149650	47	84,05	67,8	-21	argile, calcaires, marnes	C	grès quartzites (de May), et schistes	GO
147-5-047	Mittois	431660	1147440	95	59	40	55	argile	A	Grès armoricains	GA
176-1-029	Pierrepont	404750	1135630	193	28,5	11	182	limons	L	calcaires, argile, schistes cambriens	SC
176-1-030	Pierrepont	404770	1135600	191	91	12	179	limons	L	grès, schistes, calcaires camb.	GC
176-1-031	Pierrepont	404700	1135670	197	19,5	15	182	limons	L	schiste et calcaire camb.	SC
176-1-032	Pierrepont	404730	1135650	194	88,5	10	184	limons	L	calcaires et schistes/ cambrien	SC
176-1-033	Pierrepont	404740	1135650	194	50,7	10,5	183	limons avec blocs calc. (solifluxion)	L	calcaires(+schistes)/ cambrien	SC
176-2-	Bons-Tassilly	411590	1142700	150	50	31	119	argile, sables, galets, graviers	M	argile, schistes/ briov.	SB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

176-2-	Noron-l'Abbaye	410280	1135880	187,5	25	14	173	calcaires	C	schistes micacés, / cambrien	SC
176-2-	Soulangy	413280	1141250	150	41	31	119	calcaires, graviers, sables	C	argile/ briov. altéré possible	SB
176-2-	Villers-Canivet	412160	1141550	140	35	28,5	111	limons avec graviers, argile à lits de galets	L	argile avec blocs de schistes briov.	SB
176-2-	Villers-Canivet	408980	1141080	180	42	39	141	calcaires, sables, argiles graviers	C	schistes altérés/ cambrien? briov.?	SX
176-2-	Villers-Canivet	410300	1141610	160	30	23,5	136	limons, calcaires, argile, sable, grav.	C	alternances gréseuses/ socle possible	GX
176-2-023	Bons-Tassilly	411160	1142600	169	31,7	28	141	calcaires, argile, sable, arg. sabl.	C	schistes argileux/ briov.	SB
176-2-024	Villers-Canivet	410820	1141920	160,5	42,5	23,2	137	calcaires, marnes arg. sable, graviers	C	argile, schistes/ briov.	SB
176-2-045	Villers-Canivet	409470	1140950	173	38	34	139	limons, calc. argile, graviers, sable	C	schistes/ briov.	SB
176-2-046	Bons-Tassilly	411670	1142660	150	63	11	139	argile, sable, graviers	M	schistes/ briov.	SB
176-3-	Epany	417800	1142350	94	22,5	22,2	72	calcaires, argile	C	schistes à calymènes	SO
176-3-	Versainville	415600	1138820	130	73,7	45,12	85	calcaires, marnes	C	schistes durs/ briov. probable	SB
176-3-016	Falaise	415470	1136280	128	13	6	122	limons, sables, galets	M	schistes altérés, schistes/ briov.	SB
176-3-017	Villy les Falaise	418250	1136450	102	35	24	78	calcaires, sables, argile	C	argile et schistes/ briov.	SB
176-3-024	Damblainville	417930	1139400	152	94,5	55	97	calcaires, argile, "quartzite"?	C	argile/ briov. altéré possible	SB
176-4-032	Bernières d'Ailly	422640	1142170	40	39	33	7	calcaires, sables	C	argile sableuse, blocs de schistes verts/ briov.	SB
176-7-003	Habloville	416310	1123500	228,5	25	20	209	calcaires, sables	C	argile et schistes/ briov.	SB
176-7-004	Habloville	415880	1123390	225	21	21	204	calcaires, sables	C	briov. probable	XB
176-7-010	Ronai	418400	1126450	210	33	30	180	limons, calcaire, calcaire marneux	C	conglomérat, poudingue/ camb.	PC
176-7-011	Ronai	418250	1126660	205	36	31	174	calcaires, calcaires sableux	C	schistes verts, poudingue/ camb.	PC
176-7-012	Necy	418970	1127780	205	28	22	183	limons, calcaires	C	schiste/ordov.	SO
176-8-012	Guépréi	426450	1128090	145	26	15	130	calcaires	C	grès/ socle probable	GX
176-8-015	Ommoy	427230	1132300	82	42	9	73	calcaires, argile	C	schistes verts/ briov.	SB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

177-5-020	Tournai-sur-Dives	430460	1125950	136		2	134	marne et calcaires	C	quartzites, argilite	QX
212-3-002	Sevrai	418100	1115000	150	20,5	4,75	145	alluvions, argile à silex, sables	M	schistes verts/ briov.	SB
212-3-004	Batilly	415200	1119100	145	16	2	143	alluvions	L	cornéenne/ briov.	CB
212-3-005	Ecouché	419720	1115390	162	30	23,6	138	argile à silex, calcaires	C	schistes verts/ briov.	SB
212-3-014	Batilly	415110	1118600	150	15	4,5	145	alluvions argileuses	A	schistes pyriteux métamor./ briov.	SB
212-3-016	Ecouché	419530	1116340	152	20	19	133	argile, calcaires, sables, lignite	C	schistes verts altérés/ briov.	SB
212-3-017	Ecouché	419830	1115830	155	16	14,5	140	argile, calcaires	C	schistes altérés/ briov.	SB
212-3-018	Ecouché	419780	1115800	155	15,6	15,6	139	argile, calcaires	C	schistes/ briov.	SB
212-3-021	Ecouché	410760	1115830	155	15,2	15,2	140	calcaires	C	schistes/ briov. proche	SB
212-3-025	Batilly	414610	1116370	186	13	11	175	argile à silex, sables	M	schistes/ briov.	SB
212-3-026	Batilly	416140	1116730	170	14,5	12,5	157	argile à silex, sables	M	schistes/ briov.	SB
212-3-028	Montgarouit	415730	1121740	242	7,2	6	236	limons argileux, sables	M	schistes altérés/ briov.	SB
212-3-029	Habloville	415110	1122500	232	8,4	6,4	226	limons argileux, sables, galets	M	schistes altérés/ briov.	SB
212-3-031	Montgarouit	417130	1119390	190	8,5	6	184	sables	D	schistes altérés/ briov.	SB
212-3-034	Ecouché	418710	1114140	153	12,5	7,5	145	calcaires	C	schistes altérés/ briov.	SB
212-3-036	Sentilly	418370	1120920	235	5,5	3,6	231	sables	D	schistes altérés/ briov.	SB
212-4-002	Argentan	425870	1117700	159	45	39,2	120	calcaires, sables, calcaires	C	argile (altération)/ briov.	SB
212-4-004	Argentan	426600	1119840	169	83,65	56,4	112	calcaires, sables, poudingue	C	schistes argileux alt., grès fins/ briov.	GB
212-4-010	Argentan	425310	1119460	159,5	38	36	123	calcaires	C	argile blanche/ briov. altéré	SB
212-4-011	Argentan	425220	1119350	163,5	40	38	125	calcaires	C	argile gris-vert/ briov. probable	SB
212-4-014	Sarceaux	426070	1116700	155	33,6	30	125	calcaires, sable oolithique	C	argile verte à pyrite/ briov. altéré	SB
212-4-030	Fontenai-sur-Orne	422230	1115500	187	2,5	1,2	186	calcaires	C	schistes altérés/ briov.	SB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

212-4-032	Argentan	426590	1119850	169	60	54,4	115	limons, calcaires, marnes	C	schistes alt. puis sains/ briov.	SB
212-4-033	Fontenai-sur-Orne	422550	1114750	190	46,25	6,65	183	calcaires	C	schistes alt. puis sains/ briov.	SB
212-4-037	Sarceaux	426900	1115150	158	49	38	120	alluvions, calcaire, conglomérat, argile	C	argile/ briov. altéré	SB
212-4-040	Sarceaux	426200	1116840	151	30	25	126	tourbe, calcaires, conglomérat	C	argile noirâtre/ briov. probable	SB
212-4-042	Sarceaux	426070	1116700	155	33,6	30	125	limons, calcaires, conglomérat	C	argile noirâtre/ briov. altéré	SB
213-5-007	Motrée	432400	1107810	174	28	26	148	calcaires	C	schistes verts/ briov.	SB
213-5-021	Motrée	432450	1106000	193	10,5	7,4	186	limons, alluvions, altérites argileuses	L	schistes ampélitiques	SS
213-5-022	Motrée	431690	1104880	212	10,5	1,2	211	limons argileux ocres	L	schistes du pont de Caen, altérés	SO
213-6-001	Sées	440700	1103560	203,5	41,37	39,9	164	calcaires	C	argile gris-noirâtre/ Pz possible	SX
213-6-003	Sées	439890	1104100	197	39	33,4	164	solifluxion, calcaires, argile	C	ampélites	SS
213-6-004	Sées	439870	1104010	196,5	35	33,4	163	argile, calcaires, sable oolithique, marne	C	argile noirâtre ampélitique	SS
213-6-014	Sées	440010	1104820	199	40	35	164	limons, calcaires, sables, lignite	C	ampélites	SS
213-6-023	Belfonds	434700	1103800	217	10,5	3	214	remblai, argile	A	schistes ampélitiques altérés puis sains	SS
213-7-008	Sées	441320	1103700	192	52	48	144	limons, calcaires, sables, niveaux gréseux	C	grès micacés, schistes ampélitiques	GD
213-7-011	Sées	441530	1103560	198	50	48,5	150	limons, sables, calcaires	C	argile, lignite	AX
213-7-017	Sées	441530	1103560	198	50	48	150	limons, sables argileux, calcaires	C	argile, lignite	AX
251-2-002	Chapelle-près-Sées	439190	1099920	210	20,2	4,5	205	terre, limons	L	Grès armoricain probable	GA
251-6-003	Alençon	433710	1084960	148,5	15	12,6	136	argile, calcaires	C	granite altéré	GR
251-6-026	Valframbert	435450	1088040	146	24,4	22,5	123	colluvions, calcaire (+- gr2seux), "arkose d'Alençon"	C	granite d'Alençon kaolinisé	GR

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

251-6-027	Radon	434650	1090520	176	74,81	40,27	136	calcaires, argile, sables, grès	C	marnes jur. ou schistes briov.	SB
251-6-041	Alençon	436020	1084210	131	20	15	116	calcaires, "arkoses d'Alençon"	C	arène granitique et granite	GR
251-6-042	Alençon	436020	1084230	131	13,7	12,4	118	alluvions, calcaire, argile, sables	C	arène granitique argileuse	GR
251-6-047	Valframbert	434020	1088670	164,5	14	7	157	calcaires et marno-calcaires	C	argile noire/ socle altéré probable	AX
251-6-050	Alençon	433530	1083410	131,5	8	7,5	124	graviers, plaquettes de grès	D	granite altéré puis sain	GR
251-6-057	Alençon	435970	1084240	133	19,5	16,5	116	argile, calcaire sableux, calcaire argileux	C	granite	GR
251-6-058	Alençon	435930	1084560	137,5	22,5	19,5	118	argile, calcaires	C	granite	GR
251-6-059	Alençon	436010	1084500	136,5	22,5	19,5	117	calcaires	C	granite fracturé	GR
251-6-060	Alençon	435940	1084210	131	19,5	17,5	113	alluvions, argile, calcaires	C	granite	GR
251-6-061	Alençon	436120	1084170	130,5	16,5	14,5	116	alluvions, argile, calcaires	C	granite	GR
251-6-062	Alençon	436140	1084290	132	19,5	16,5	116	argile, calcaires	C	granite	GR
251-6-063	Cerisé	436320	1084130	131	28,5	22	109	alluvions, argile, calcaires	C	granite	GR
251-6-069	Alençon	435970	1084150	133	19,5	18	115	argile, calcaires, "arkose"	C	arène granitique argileuse	GR
251-6-070	Alençon	435800	1084600	137,5	22,5	19,5	118	argile, calcaires, "arkose"	C	arène granitique argileuse	GR
251-6-071	Alençon	435980	1084350	136,5	22,5	20,5	116	argile, calcaires, "arkose"	C	granite fracturé	GR
251-6-072	Alençon	435900	1084100	131	19,5	18,5	112	argile, alluvions, calcaires, "arkose"	C	argile "granitique"	GR
251-6-073	Alençon	435960	1084100	130,5	16,5	15,5	115	argile, alluvions, calcaires, "arkose"	C	argile "granitique"	GR
251-6-074	Alençon	436050	1084180	132	19,5	17,5	115	argile, calcaires, "arkoses"	C	argile "granitique"	GR
251-6-075	Cerisé	436380	1084070	131	29	22	109	argile, alluvions, calcaires	C	leucogranite altéré	GR
251-6-076	Cerisé	436370	1084070	131	25	22	109	argile, alluvions, calcaires	C	leucogranite altéré	GR
251-6-077	Cerisé	436360	1084070	131	20,5	18	113	argile, alluvions, calcaire, "arkoses"	C	argile "granitique"	GR

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

251-6-078	Cerisé	435920	1084870	140	30	15	125	argile, calcaires	C	argile, leucogranite altéré	GR
251-7-501	Montigny	440820	1086440	150	100,85	81,10	69	argiles, marnes	A	kaolin, granite	GR
252-1-001	Bures	455840	1097900	182	166	153	29	sables, argile, calcaires, marnes, sables argileux	C	Grès armoricain probable	GA
286-8-8	Assé-le-Boisne	425250	1071130	146	65	>65	-	calcaire	C	briovérien	XB
286-8-9	Montreuil-le-Chétif	424280	1064170	166	92	8	158	limon	L	schistes marneux (cb inf.)	SC
286-8-x	Assé-le-Boisne	426200	1071350	135	14	0,70	134	calcaire	C	quartzite	QX
287-1-501	Gesnes-le-Gandelin	427920	1075370	171,5	9,10	7,80	164	calcaire	C	volcanite, quartz cb	VC
287-1-502	Gesnes-le-Gandelin	427180	1075320	181	15	13,50	168	argile, calcaire	C	volcanite	VC
287-1-504	Gesnes-le-Gandelin	427850	1075350	170	5,20	2,30	168	argile, calcaire	C	schistes b	SB
287-1-505	Gesnes-le-Gandelin	427920	1075370	171,5	6,80	6,30	165	calcaire, sable	C	schistes cb	SC
287-1-506	Gesnes-le-Gandelin	427900	1075300	170	7	6	164	calcaire, sable	C	schistes cb	SC
287-1-507	Gesnes-le-Gandelin	427350	1075730	182	16	3	179	calcaire	C	volcanite	VC
287-1-508	Gesnes-le-Gandelin	427180	1075320	181	27	21	160	calcaire, grès	C	volcanite	VC
287-2-506	Fyé	434700	1072550	104	78	56	48	argiles, marne, calcaire	C	schistes silteux	SX
287-4-10	Contilly	452950	1079940	191	85,20	45	146	calcaire, sable, marne	C	schiste	SX
287-4-13	Louzes	450850	1081850	216	14,50	13,50	213	sable, argile	M	argile d'alt. socl	SX
287-4-9	Contilly	452520	1081180	191	23,05	21	170	calcaire	C	grès (arm. ou de May)	GO ou GA
287-5-2	Saint-Aubin-de-Locquenay	428960	1066340	70	16,75	13	57	calcaire	C	calcaire noir cb	CC
287-5-20	Fresnay-sur-Sarthe	428800	1067200	80	17	4,55	75	argile, marne	A	schiste	SX
287-5-29	Moitron-sur-Sarthe	431100	1063400	70	29,50	29	41	alluvions, calcaire	C	primaire	XX
287-5-33	Fyé	426187	1072270	90	20	10	80	calcaire, sable	C	ampélites	SS
287-5-4	Saint-Ouen-de-Mimbré	430880	1068140	82	16,10	13	69	calcaire, grès, argile	C	Grès armoricain	GA
287-8-1	Marolles-les-Braults	450420	1065500	81,5	185	181,30	-100	calcaire, marne, sable	C	argile d'alt. socle	AX
288-1-1	Marollette	454190	1076200	125	28,75	18,10	107	calcaire, galets, argile	C	rhyolite altérée	VC
288-1-2	Marollette	454340	1076250	124,5	18	12,40	112	calcaire, galets	C	rhyolite altérée	VC
288-1-506	Contilly	453660	1081220	178	23,05	21	157	calcaire	C	grès arm. ou May	GO ou GA
288-1-507	Contilly	453780	1079860	170	85,20	45	125	calcaire, sable, grès, marne	C	schistes	SX

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

288-5-1	Saint-Fulgent-des-Ormes	459081	1069995	97	231	144	-47	calcaire, grès	C	volcanite	VC
321-4-5	Mont-Saint-Jean	421260	1062580	131	1,30	1,30	130	colluvions	L	calcaire cb	CC
321-4-6	Crissé	420000	1054510	126	62	5	121	argile	A	schistes pcb	SB
321-4-8	Ségrie	425270	1060320	133	62	1	132	argile (d'alt.)	A	schistes beiges	SX
321-4-9	Crissé	423500	1056520	127	32	23	104	calcaire	C	schistes gris	SX
321-8-21	Tennie	421650	1050930	125	80	12	113	calcaire	C	schistes	SX
322-1-6	Assé-le-Riboul	430700	1056830	95	92	70	25	marnes, calcaire, marnes	C	calcaires cb	CC
322-2-10	Saint-Jean-d'Assé	433440	1052780	75	310	143,80	-69	marnes, calcaire, argilites	C	tuffs	VC
322-2-9	Sainte-Jamme-sur-Sarthe	436880	1052390	53	75,65	74,50	-22	calcaire, argiles	C	quartzites ordoviens	GA
322-6-1	Saint-Saturnin	437970	1043500	82	175,60	174	-92	marne calloviennne	A	grès	GX
322-8-12	Courcebœufs	448160	1051200	68	387	248	-180	calcaire, marnes	C	grès, pélites briov.	GB
322-8-47	Courcebœufs	448170	1051130	67,5	295,95	217	-151	calcaire, marnes	C	grès, pélites briov.	GB

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

ANNEXE 3.

LISTE DES CARRIERES DE ROCHES DURES EN BASSE-
NORMANDIE

Roches dures en Basse-Normandie et en Sarthe

carrière	commune	X	Y	Z	nature
Département du Calvados					
Les Carrières	Feuquerolles	399890	1161900	18	Grès de May
La Roche Blain	Fresney-le-Puceux	402080	1156360	50	Briovérien (phyllades)
Dialan	Jurques	374970	1148870	271	Grès armoricain
	Le Plessis-Grimoult	383700	1145190	338	Grès de May
	Mouen	394150	1163670	40	Grès cambriens
Le Breuil	Perrières	419480	1143560	44	Grès armoricain
	Proussy	388620	1136410	245	Briovérien (phyllades)
Etavaux	Saint-André-sur-Orne	400600	1162000	12	Grès cambriens
La Salmonière	Saint-Aubin-des-Bois	343720	1130810	148	Cornéennes
Bois de Querquesalles	Vaubadon	368720	1171020	70	Briovérien (grès schisteux)
	Vignats	422200	1130190	150	Grès armoricain
Le Bois-de- Saint-Martin- de-Tallevende	Vire	362300	1132080	175	Cornéennes
Département de l'Orne					
Les Bruyères	Boitron	446600	1097300	163	Grès armoricain
Le Follet	Chailloué	442970	1108000	188	Grès armoricain
Mont Brûlé	La Ferrière-aux-Etangs	389470	1110100	286	Grès armoricain
Le Tertre-Jean	Lonlay-l'Abbaye	374670	1110200	162	Grès armoricain
Le Plessis	Rouperroux	420080	1097800	346	Rhyolites
Fontaine Riant	Sées	436380	1099900	273	Grès armoricain
Garenne de Villedien	Tourmai-sur-Dives	430460	1126000	136	Grès armoricain