

BULLETIN D'INFORMATION DES GEOLOGUES DU
P BASSIN DE
P A R I S S



TRIMESTRIEL
Volume 58 - N° 4



DÉCEMBRE 2021

NOUVELLES INSTRUCTIONS AUX AUTEURS (mises à jour en septembre 2020)

Le *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris* publié en français (ou éventuellement en anglais pour les auteurs non-francophones) :

- des *articles originaux* de référence, d'intérêt général ou régional traitant de la géologie du Bassin parisien et/ou de ses marges, ou de tout autre bassin sédimentaire susceptible d'intéresser nos lecteurs ;
- de *courtes notes* accompagnant souvent des comptes rendus d'excursion ;
- des *comptes rendus d'excursions* ;
- des *notices nécrologiques* ;
- des *analyses d'ouvrages* ;
- des *informations générales* pouvant intéresser les lecteurs ;
- des *comptes rendus de réunions* de l'AGBP (sous la rubrique « *vie associative* »).

Chaque manuscrit soumis est examiné par les rédacteurs, ainsi que par un des / ou plusieurs conseillers éditoriaux qui en font eux-mêmes la lecture critique ou en confient ce soin à des rapporteurs extérieurs. Ces derniers restent anonymes, sauf s'ils désirent que leur nom soit communiqué à l'auteur.

Les opinions émises par les auteurs dans leurs articles n'engagent que leur propre responsabilité.

Les délais de parution (entre la date d'acceptation du manuscrit et la publication de l'article) sont de l'ordre de 3 à 6 mois.

Présentation des manuscrits

Ils doivent comprendre dans l'ordre suivant (tout en Times New Roman 12):

1. le titre en français, en majuscules, centré, en gras ;
2. le titre en anglais, en majuscules, en italique, centré, en gras ;
3. les noms des auteurs précédés de leur(s) prénom(s) en entier ;
4. un bref résumé informatif, de 200 mots au plus, en français ;
5. la liste de mots-clés (7 au maximum), en français ;
6. un bref résumé informatif, de 200 mots au plus, en anglais, en italique ;
7. la liste de mots-clés (7 au maximum), en anglais, en italique ;
8. en note infrapaginale de la première page, l'organisme d'appartenance des auteurs et/ ou leur adresse et leur courriel ;
9. le texte de l'article non justifié à droite ;

Les sections et sous-sections ne doivent pas être numérotées, mais marquées par des titres **hiérarchisés** en gras, majuscules, italiques etc. suivant le modèle ci-dessous :

DONNÉES NOUVELLES SUR LE FAISCEAU BISONTIN

L'avant-pays et les Avants-Monts

Le pli et la faille d'Auxon

10. les remerciements éventuels ;
11. la liste des références classées par ordre alphabétique des noms des auteurs. Une référence doit citer si possible un ouvrage publié. Éviter les rapports internes ou mémoires de 2^e cycle, sauf si ils sont consultables en ligne ou en bibliothèque (et dans ce cas indiquer où). Dans le cas d'une référence à un site Web ou à une revue en ligne, la date de consultation du site doit être indiquée, ainsi que son adresse URL. Quelques exemples :

HANOT F., BERGERAT F., GÉLY J.-P., PORCHIER J.-C. et VICELLI J. (2015) - La géologie du front occidental de la Grande Guerre des Flandres à la Champagne. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 52, 3, 27-44.

LECOINTRE G. (1947) - La Touraine. In *Géologie de la France*, Herman éd., 250 p.

BYLEDBAL A. (2014) - Un patrimoine caché : l'héritage de la guerre des mines à Arras. *In Situ*, Revue des patrimoines [En ligne], 25 | 2014, mis en ligne le 10 décembre 2014, consulté le 18 décembre 2015. URL : <http://insitu.revues.org/11466> ; doi : 10.4000/insitu.11466.

MINGUELY B. (2007) - Caractérisation géométrique 3-D de la couverture sédimentaire méso-cénozoïque et du substratum varisque dans le Nord de la France : apports des données de sondages et des données géophysiques. Thèse de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, 230 p.

L'appel des références dans le texte se fait de la façon suivante: (Amédéo et Robaszynski, 2003 ; Bignot *et al.*, 1997 ; Lecointre, 1947) ou « d'après Martin (2001) » ou encore « Bignot *et al.* (1997) ont décrit ». Tout appel d'auteur dans le texte doit être référencé dans la bibliographie et tout titre contenu dans la bibliographie doit être appelé dans le texte.

12. La légende des tableaux et des figures, fournie en français et en anglais (en italique pour la partie en anglais).

Quelques autres remarques :

Les capitales sont accentuées. Ne pas abuser des majuscules. Elles sont utilisées avec beaucoup de modération dans la langue française.

Les points cardinaux employés comme adjectif : en toutes lettres et minuscules (la rive sud, pendage nord) ; comme substantif pour désigner une direction en toutes lettres et minuscules (à 1 km au nord de Lille) ; désignant une partie de l'espace (région, pays) avec une majuscule (les habitants du Nord de la France). Pour les directions, on peut écrire N-S, E-W, WNW-ESE etc. ou N110°-120°.

Nombres : un intervalle, sans point, entre les centaines et les milliers : 1 243 m. Écrire 20 cm, 250 m, 3 km (utiliser les normes du système international d'unités : <http://www.metrologie-francaise.fr/fr/si/unites-mesure.asp>).

Sigles : la première fois qu'ils apparaissent, ils sont précédés de leur développement et ensuite seul le sigle est utilisé. Exemple : Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Références des cartes géologiques : adopter « carte à 1/50 000 ».

Écrire XVIII^e et XIX^e siècles. Écrire : 1^{er}, 2^e (pas 2^{ème}), 2nd, 3^e etc.

Les citations seront entre guillemets et les mots étrangers en italique. Les notes infrapaginales devront, dans la mesure du possible, être évitées.

Illustrations

Prévoir un lettrage pouvant supporter une réduction. Indiquer l'orientation et l'échelle. Les tableaux et les figures doivent être fournis avec une bonne définition et ne pas être « collés » dans le texte. Ils doivent être appelés dans l'ordre logique de numérotation dans le texte et de la façon suivante: (fig. 1) ou (figs 2 et 3).

Soumission

Les auteurs doivent envoyer, par voie électronique, leur texte (en format WORD) et leurs figures (en format JPEG ou TIFF - un fichier par figure -) aux adresses suivantes : isabelle.veltz@free.fr et r.wyans@free.fr

Tout manuscrit non conforme aux règles ci-dessus sera retourné aux auteurs pour mise aux normes avant toute lecture.

Toutes les « normes » ne pouvant être indiquées sur cette page, les auteurs peuvent utilement feuilleter les derniers numéros du *Bulletin*, regarder comment les articles se présentent et éventuellement poser des questions aux rédacteurs s'ils n'y trouvent pas de réponse à leur(s) question(s).

Photographie de couverture :

Les falaises du Bessin à l'ouest de Port-en-Bessin : Marnes de Port-en-Bessin
et Calcaires de Saint-Pierre-du-Mont (équivalent latéral du Calcaire de Creully), Bathonien inférieur et moyen.



BULLETIN D'INFORMATION DES GÉOLOGUES DU BASSIN DE PARIS

2021 - Volume 58 - N° 4 - Décembre
Publication trimestrielle

Cotisation et abonnement (2021)

Membres ordinaires

Cotisation seule (gratuit pour étudiants et recherche d'emploi*) :	20 €
Cotisation + abonnement papier :	62 €
Cotisation + abonnement en ligne :	50 €
Bulletin électronique pour étudiants et recherche d'emploi* :	10 €

Personnes morales

Cotisation seule :	40 €
Cotisation + abonnement papier :	124 €
Cotisation + abonnement en ligne :	100 €

**Sur présentation d'un justificatif
Pour tout abonnement au bulletin « papier » le bulletin en ligne est offert
aux membres de l'AGBP*

Non-membres

Abonnement papier seul :	84 €
--------------------------	------

Rédaction et Administration

Tour 56-55, E5 - 4 place Jussieu
F-75252 PARIS Cedex 05
SIRET 328 440 664 00014 Code APE 221 E
IBAN FR41 2004 1000 0107 7174 1E02 092
CCP 07717 41E 020 PARIS
www.agbp.fr
secretariat.agbp@gmail.com

RÉDACTION DU BULLETIN

Rédacteurs	Isabelle VELTZ Robert WYNS
Conseillers éditoriaux	Pascal BARRIER Jean-Paul DEROIN Jean-Pierre GÉLY Daniel OBERT

BUREAU ET CONSEIL DE L'ASSOCIATION

Président	Yann SAMSON
2 ^{er} vice-Président	Didier MERLE
Secrétaires	Laurence LE CALLONNEC Marie-José ROULET
Trésoriers	Jean-Pierre GÉLY Michel LEBLANC
Conseillers	Pascal BARRIER Jean-Paul BAUT Françoise BERGERAT Jean-Pierre COLBEAUX Jean-Paul DEROIN Vincent FARION Patrick GAVIGLIO Franck HANOT Edouard HEISCH Jean LABOURGUIGNE Lise LEROUX Jacqueline LORENZ Elisabeth NICOT Didier PONCET Isabelle VELTZ

DÉFORMATIONS PLICATIVES DANS LES TERRAINS JURASSIQUES DE NORMANDIE (BESSIN, CAMPAGNES DE CAEN ET DE FALAISE)

PLICATIVE DEFORMATIONS IN THE JURASSIC SERIES OF NORMANDY (BESSIN, CAMPAGNES OF CAEN AND FALAISE)

par Loïk POIGNANT¹, Olivier DUGUÉ² et Bernard DELCAILLAU³

Résumé

La révision stratigraphique de plus de 800 forages hydrogéologiques sur la bordure NW du Bassin parisien, en Normandie (Bessin et campagnes de Caen et de Falaise), a permis la réalisation de cartes structurales en isohypses dans les terrains jurassiques (Toarcien au Bathonien supérieur). Elles établissent des plis à grand rayon de courbure de direction N 50°-70° et d'une longueur d'onde entre 5 et 15 km, qui se poursuivent en baie de Seine, dans la couverture sédimentaire jurassique. Cette déformation est polyphasée débutant dès le Crétacé supérieur. Le rejeu de failles varisques conjuguées N 50°-70° et N 110°-140° du bloc cadomo-varisque armoricain a initié des déformations plicatives dans la couverture jurassique en relation avec les compressions subméridiennes pyrénéennes. Ces flexures sont recoupées et déformées par un nouveau rejeu de failles, lors de la poursuite des compressions alpines (*s. l.*) dont les ultimes déformations correspondraient à des flexures orientées SW-NE à E-W qui se surimposent à celles de direction N 50°-70°.

Mots-clefs : Normandie, Cénozoïque, Jurassique, forages, plis, failles, isohypses

Abstract

The stratigraphic revision of more than 800 hydrogeological boreholes on the NW border of the Paris basin in Normandy (Bessin and the Caen and Falaise campaigns), allowed the construction of structural maps with isohypses in the Jurassic series (Toarcian to Upper Bathonian). These maps show folds N 50°-70° orientated with a high amplitude and with a wavelength between 5 and 15 km, which extend onshore in the Jurassic sediments of the Seine Bay. These polyphased deformations were initiated in the Upper Cretaceous. The reactivation of conjugated Variscan faults N 50°-70° and N 110°-140° in the Armorican Cadomo-Variscan block, initiated plicative deformations in the Jurassic series in relation to the Pyrenean submeridian compressional episodes. These flexures are cut and deformed by a reactivation of faults, in the Alpine orogeny. The later deformations correspond to large domes SW-NE to E-W orientated and superimposed on the N 50°-70° antiforms.

Keywords: Normandy, Cenozoic, Jurassic, boreholes, folds, faults, isohypses

(1) loik.poignant@gmail.com

(2) olivier.dugue@unicaen.fr

(3) bernard.delcaillau@unicaen.fr

(1, 2, 3) Université de Caen Normandie, UMR 6143 CNRS M2C, Laboratoire de Morphodynamique continentale et côtière, 24, rue des Tilleuls, 14000 Caen

INTRODUCTION

Dans le Bassin parisien, des déformations plicatives ou des rejeux de failles au Cénozoïque sont depuis longtemps inventoriées sur ses bordures (Berry, Bourgogne, Boulonnais, Perche, ...) ou au centre à partir de la corrélation de forages (Mégnier, 1971 ; Héritier et Villemain, 1971 ; Weber, 1973 ; Debeglia et Weber, 1978 ; Desprez *et al.*, 1980, Lorenz, 1992 ; Hanot et Obert, 1992). De rares profils géophysiques dont le profil « ECORS Nord de la France » ont également établi les relations structurales entre le substratum et la couverture sédimentaire du Bassin parisien (Caze *et al.*, 1985 ; Raoult, 1987 ; Debeglia, 2014). Toutes ces études ont participé à la rédaction de plusieurs synthèses (Cavelier et Pomerol, 1979 ; Mégnier et coll., 1980 ; Guillocheau *et al.*, 2000 ; Gély *et al.*, 2014) intégrant le Bassin parisien dans le contexte géodynamique intraplaque du NW de l'Europe, au Cénozoïque (Ziegler, 1982, 1988 ; Bergerat, 1987 ; Evans *et al.*, 2003 ; Ziegler et Dèzes, 2007 ; Vrielynck, 2014).

En Normandie, la couverture mésozoïque et cénozoïque est recoupée par des failles présentant des rejets modestes et dont les principales directions structurales (N 0°, N 50°-70°, N 90°, N 110° et N 150°-170°) empruntent celles du socle armoricain (figs 1 et 2). Le couvert végétal permanent de la région ne permet pas toujours un tracé précis, mais les levés des cartes géologiques en ont proposé néanmoins un inventaire exhaustif. De plus rares flexures ont été identifiées dans les terrains jurassiques du Calvados (Eudes-Deslongchamps, 1865 ; Pellerin, 1968 ; Bassom-

pierre *et al.*, 1968 ; Gigot *et al.*, 1999 ; Maurizot *et al.*, 2000), mais sont plus fréquentes dans les séries crétacées du pays de Caux et de la basse vallée de la Seine (Bignot 1987 ; Wazi, 1988), à la suite des travaux historiques de Hébert (1875). Des déformations plicatives ont été également décrites dans les bassins cénozoïques du centre-Cotentin (Dollfus, 1875, 1890 ; Vieillard et Dollfus, 1875 ; Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007) et à l'ouest et au sud-ouest du bassin de Paris (Lorenz, 1992 ; Obert *et al.*, 1997 ; Lacombe et Obert, 2000). Enfin, sur la bordure maritime atlantique et de la mer de la Manche, une déformation compressive cénozoïque polyphasée a été démontrée, en lien avec les orogènes pyrénéenne et alpine et l'ouverture de l'océan Atlantique (Larsonneur, 1971 ; Larsonneur *et al.*, 1975 ; Auffret et Colbeaux, 1977 ; Le Roy *et al.*, 2011 ; Benabdellouahed, 2011 ; Benabdellouahed *et al.*, 2013).

L'objectif de cette étude est d'identifier les déformations plicatives fini-mésozoïques à cénozoïques, dans les terrains sédimentaires jurassiques du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise, à partir de la construction de cartes des isohypses du toit ou du mur de formations géologiques repères. Elles nécessitent la révision des nombreux forages qui ont traversé les séries du Lias supérieur et du Dogger (Poignant, 2020). La présence de déformations plicatives et cassantes dans ces terrains permet aussi de discuter leurs relations géométriques et d'esquisser une chronologie de la structuration de la bordure occidentale du Bassin parisien.

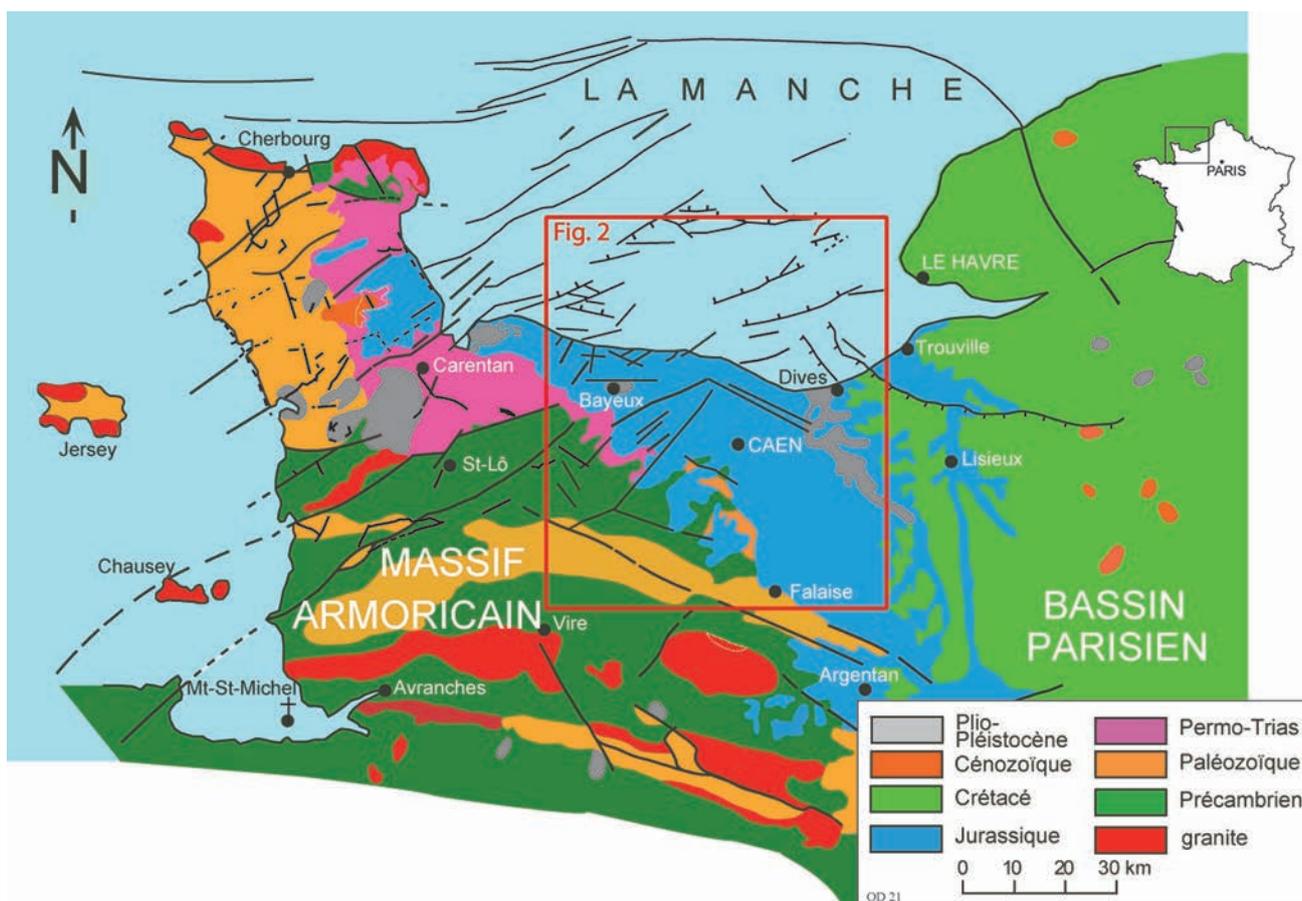


Fig. 1 : Carte géologique simplifiée de la Normandie (d'après Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007 ; Benabdellouahed, 2011). Le cadre rouge correspond au secteur d'étude.

Fig. 1: Simplified geological map of Normandy (after Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007 ; Benabdellouahed, 2011). The red frame corresponds to the study area.

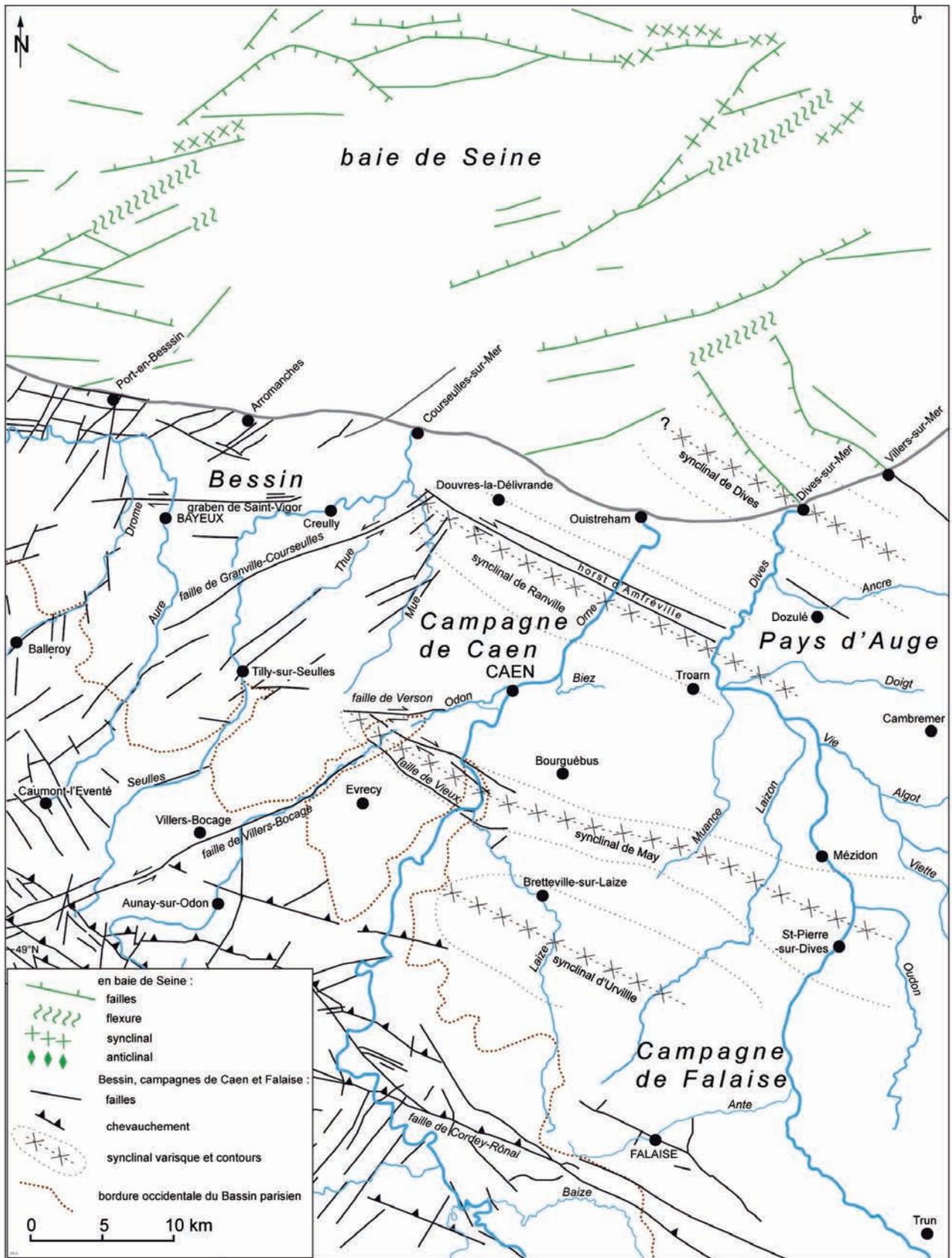


Fig. 2 : Carte structurale de la bordure occidentale du Bassin parisien et de la baie de Seine (d'après Larsonneur *et al.*, 1975 ; Dugué, 1989, 2007 ; Gigot *et al.*, 1999 ; Maurizot *et al.*, 2000 ; Vernhet *et al.*, 1999, 2002 ; Benabdellouahed, 2011).

Fig. 2: Structural map of the NW border of the Paris Basin and the Seine Bay (after Larsonneur *et al.*, 1975; Dugué, 1989, 2007; Gigot *et al.*, 1999; Maurizot *et al.*, 2000; Vernhet *et al.*, 1999, 2002; Benabdellouahed, 2011).

CADRES GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

Les terrains jurassiques affleurent presque en continu sur les littoraux du Calvados ou dans des carrières constituant ainsi une des coupes stratigraphiques de référence (fig. 3) du Bassin parisien (Mégnién et coll. 1980 ; Enay *et al.*, 1980 ; Cariou et Hantzpergue, 1997 ; Gély *et al.*, 2014), avec la définition de nombreuses formations géologiques (Riout, 1980 ; Fily, 1980 ; Riout *et al.*, 1989 ; 1991 ; 1992 ; Dugué, 1989, 2007 ; Dugué *et al.*, 1998). Un tel découpage stratigraphique établi au nord du Calvados a facilité le lever des feuilles géologiques, le long de la bordure occidentale du Bassin parisien là où les conditions d’affleurement des terrains jurassiques deviennent moins favorables. Toutes ces données ont permis de discuter les variations latérales d’épaisseur et de faciès sédimentaires en relation avec les paléogéographies jurassiques et la structuration le long de la bordure occidentale du Bassin parisien (Fily *et al.*, 1979 ; Fily et Riout, 1980 ; Riout, 1968, 1980, 1985 ; Riout *et al.*, 1991 ; Dugué, 1989, 2007 ; Dugué *et al.*, 1998).

Au NW de la Normandie, les terrains géologiques du Lias supérieur et du Dogger affleurent dans le Bessin, autour de Bayeux et dans les campagnes de Caen et de Falaise, leur épaisseur cumulée atteignant environ 150 mètres (fig. 3). Cette série marneuse et calcaire d’origine marine est recouverte par des altérites tertiaires (argiles à silice), lesses quaternaires et autres dépôts superficiels quaternaires. Vers l’est, les terrains calcaires bathoniens des campagnes de Caen et de Falaise sont surmontés par les marnes callovo-oxfordiennes affleurant à la base de la cuesta du pays d’Auge.

Structuration de la couverture mésozoïque au NW du Bassin parisien

Le long de la bordure occidentale du Bassin parisien, cinq principales directions structurales sont reconnues par les levés cartographiques successifs à 1/80 000, puis à 1/50 000 (Bigot, 1916 ; Fily *et al.*, 1989 ; Riout *et al.*, 1989 ; Gigot *et al.*, 1999 ; Maurizot *et al.*, 2000 ; Vernhet *et al.*, 2002) (fig. 1 et 2) :

- direction N 110° ou «armoricaine» correspondant aux axes synclinaux varisques décrits dans les campagnes de Caen et de Falaise, avec du nord vers le sud, les synclinaux de Ranville, May-sur-Orne, Urville et de la zone bocaine, aux failles de Vieux et de Cordey-Rônai, au sud de Caen et le horst d’Amfréville au nord de Caen, la faille des falaises du Bessin et la faille de Villers-sur-Mer dans le pays d’Auge ;

- direction N 50° à N 70° ou «varisque» représentée par des relais de failles dans les terrains briovériens du Sud Cotentin et se poursuivant vers le NE dans les terrains triasiques et liasiques du Bessin. Ce sont les failles de la Drôme, entre Saint-Lô et Balleroy, les failles entre Granville et Courseulles-sur-Mer, les failles entre Coutances et Littry en limite sud du bassin houiller de Carantan (Vernhet *et al.*, 1999) ;

- direction N 150° à N 170°, caractérisée par un linéament passant par Céaucé, Domfront et Vire, au sud du Massif armoricain, et le long duquel des témoins éocènes sont préservés (ex. bassin de Céaucé ; Wyns, 1991 ; Mary & Giordano, 1988). Cette direction est aussi celle des failles parallèles aux côtes orientale (faille du Plain, Pareyn et Royant, 1964 ; Riout, 1968) et occidentale du Cotentin (Gresselin, 1990) et de la vallée du Merderet (Dugué *et al.*, 2005). Enfin, la faille de la Seine de direction N 150° marque la limite orientale du bloc armoricain ;

- direction N 0° à N 20° surtout reconnue sur le plateau rocheux du Bessin, entre la pointe du Hoc à l’ouest et Arromanches à l’est (Fily *et al.*, 1989 ; Maurizot *et al.*, 2000) ;

- direction N 90° représentée par les failles d’Osmanville et des Hachettes, dans le Bessin, le graben de Saint-Vigor limité au nord par la faille de Villers-le-Sec, près de Bayeux (Maurizot *et al.*, 2000), par la faille de Verson à l’ouest de Caen (Bigot, 1885), située sur le flanc nord de l’écueil paléozoïque de May-sur-Orne (Maurizot *et al.*, 2000), et par des failles dans le pays d’Auge (failles de Beaumont-en-Auge, Pont-l’Évêque, Hermival-les-Vaux et Courtonne, Pareyn *et al.*, 1970).

Dans le secteur d’étude couvrant une surface d’environ 2 000 km², deux directions structurales s’opposent (fig. 2), l’une N 70° exprimée dans le Bessin et prolongeant les grands accidents décrits dans le Massif armoricain et l’autre N 110° dans les campagnes de Caen et de Falaise, correspondant aussi à la direction des synclinaux varisques. Ces deux directions structurales se retrouvent en baie de Seine (Larsonneur, 1971 ; Larsonneur *et al.*, 1975 ; Benabdellouahed, 2011 ; Benabdellouahed *et al.*, 2013).

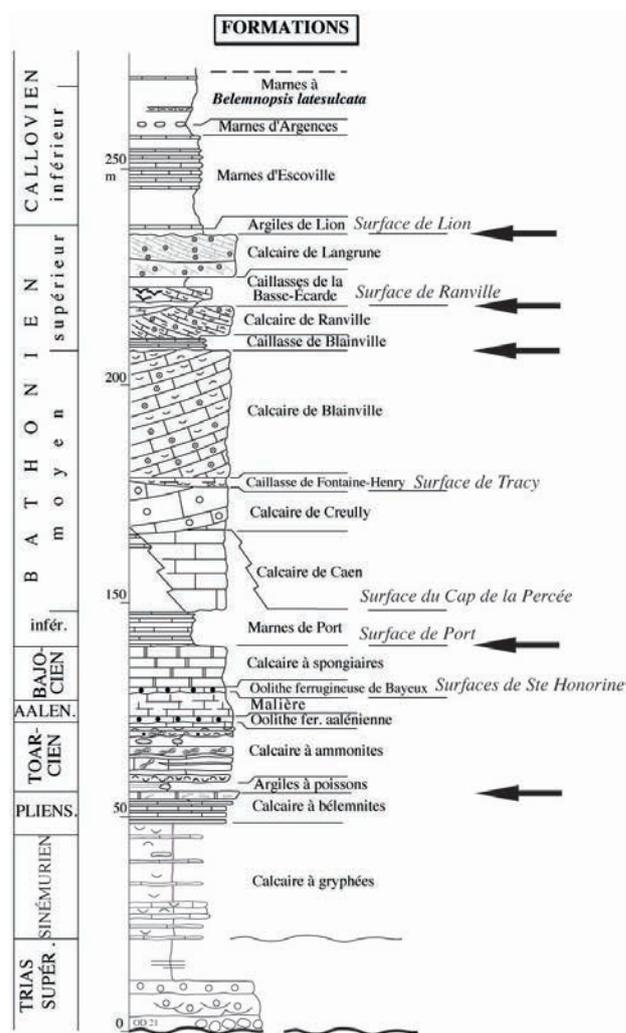


Fig. 3 : Coupe géologique verticale synthétique des formations jurassiques dans le Bessin et la campagne de Caen et principales discontinuités sédimentaires (d’après Dugué *et al.*, 1998 modifié). Les flèches indiquent les niveaux repères utilisés pour la réalisation des cartes structurales en isohypses dans les terrains jurassiques.

Fig. 3: The Middle Jurassic succession of the Bessin and the Caen campaign showing the main sedimentary discontinuities (after Dugué *et al.*, 1998 modified). The arrows indicate the key levels used in the construction of the structural maps, with isohypses in the Jurassic series.

La direction N 50°-70° est prédominante, entre Saint-Vaast-la-Hougue à l'ouest et l'estuaire de la Dives à l'est, avec un regard des failles orienté vers le NW. Au large du Bessin et de la campagne de Caen, plusieurs failles de direction NE-SW s'amortissent vers le NE, sous forme de flexures anticlinales. La direction N 110° est décrite au large du pays d'Auge, avec deux failles à regard vers le SW, l'une dans le prolongement de l'estuaire de la Dives et l'autre de la faille de Villers. À 15 km des côtes, une voûture anticlinale transversale limite ces deux failles (Benabdellouahed, 2011). Enfin la direction W-E (N 90°) moins bien représentée correspond à deux failles à regard nord, dans les terrains bathoniens, à 10 km au large du Bessin et de la campagne de Caen (Benabdellouahed, 2011 ; Benabdellouahed *et al.*, 2013).

Une étroite relation existe donc entre les directions des failles décrites dans le Massif armoricain et celles exprimées dans la couverture mésozoïque, et plusieurs exemples d'un rejeu tertiaire de ces failles anciennes ont été décrits (Gigot *et al.* 1999 ; Maurizot *et al.* 2000). En revanche, de plus rares structures plicatives dans les terrains jurassiques sont représentées dans les falaises du Bessin, entre Sainte-Honorine-des-Pertes et Port-en-Bessin (Eudes-Deslongchamps, 1865 ; Bigot, 1927), dans la vallée de la Gronde (Maurizot *et al.* 2000) et sans doute à Port-en-Bessin (Maurizot *et al.* 2000). Elles sont plus fréquentes en baie de Seine, avec des failles s'amortissant en structures plicatives (Benabdellouahed, 2011 ; Benabdellouahed *et al.*, 2013).

MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE

De très nombreux forages de recherche d'eau ont traversé les formations jurassiques du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise. Leurs coupes de qualité variable permettent de compenser la médiocrité des affleurements pour la construction de cartes en courbes isohypses représentant l'altitude du toit ou du mur d'un niveau géologique repère, calculée après la révision stratigraphique des coupes de forages ou de leurs diagraphies. Ce sont quelques 3 000 forages inventoriés dans la Banque de données du sous-sol du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) ([http : //infoterre.fr](http://infoterre.fr)) dans le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise, mais après révision stratigraphique, seuls 845 forages apportent une réelle information géologique sur l'altitude du toit ou du mur des formations traversées (Poignant, 2020). Les forages retenus, pour la plupart destructifs, ont une profondeur moyenne comprise entre 20 et 100 m et correspondent surtout à des ouvrages d'alimentation en eau potable (A.E.P.). De plus rares forages carottés, réalisés dans les années 1950, pour l'exploration du minerai fer ordovicien, ont traversé la couverture triasique et jurassique des synclinaux varisques et apportent un calage stratigraphique supplémentaire de qualité (Rioul, 1968 ; Doré, 1971 ; Rioul *et al.*, 1989). Enfin, un plus récent forage carotté, réalisé dans les marais de Vimont, au canal de Saint-Oursin, à environ 12 km au SE de Caen, a traversé en 2014, la presque totalité des calcaires bathoniens sur 80 m de profondeur. Son étude sédimentologique a précisé les épaisseurs et les faciès trouvés dans ce secteur éloigné des coupes littorales du Calvados (Poignant, 2020). Là où la densité des forages reste insuffisante, l'altitude des niveaux-repères est estimée à partir de l'épaisseur des formations traversées. Le tracé des courbes isohypses est resté manuel, tenant compte du jeu des failles décrit par les cartes géologiques, tout en sachant qu'elles peuvent masquer l'existence de structures cassantes non connues en surface.

L'intérêt de telles cartes en isohypses est de faire ressortir des ondulations imperceptibles en surface. Elles imposent la sélection

de jalons stratigraphiques à la fois décrits à l'affleurement et repérés dans les forages pour établir les corrélations. Si certaines flexures sont en relation avec la tectonique, d'autres pourraient aussi s'expliquer par des variations d'épaisseur liées aux conditions de dépôt de l'époque. Mais le cadre paléogéographique connu au Jurassique pour le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise permet de lever les doutes.

Choix des unités retenues dans la construction des cartes des isohypses

Les calcaires bathoniens de Normandie épais d'une centaine de mètres (Fily, 1980 ; Dugué *et al.*, 1998) sont subdivisés par trois intervalles calcaires souvent plus fossilifères et plus marneux, mais moins bien stratifiés ou « caillasses bathoniennes » (Fontaine-Henry, Blainville et Basse-Écarde) (fig. 3). Leur reconnaissance reste essentielle dans la révision stratigraphique des forages. Mais en l'absence d'échantillons conservés, ces caillasses bathoniennes sont rarement identifiées dans les coupes des forages, et leur signature diagraphique au gamma-ray, marquée par un « pic d'argilosité », peut être confondue avec d'autres niveaux marneux intercalés dans les formations calcaires bathoniennes comme dans le Calcaire de Ranville (Poignant, 2020). Enfin, la caillasse bathonienne la plus récente (Caillasses de la Basse-Écarde, Bathonien supérieur) qui présente la plus importante extension latérale le long de la bordure (Fily *et al.*, 1979) se caractérise aussi par de fréquentes variations d'épaisseur et de faciès (Fily, 1980). Par conséquent toutes les formations géologiques régionales décrites entre le Toarcien inférieur et le Bathonien supérieur (Fily, 1980 ; Rioul, 1980) ne peuvent pas être identifiées dans les coupes des forages. Cinq unités regroupant plusieurs formations jurassiques ont été retenues dans cette étude, pour être décrites dans le plus grand nombre de forages, et reconnues par une lithologie caractéristique ou par une extension latérale importante (fig. 3).

Argiles à poissons (Toarcien inférieur)

La reconnaissance de cette formation d'argiles noires pyriteuses est aisée dans les coupes des forages, en raison de son contraste lithologique avec le Calcaire à bélemnites (Pliensbachien) sous-jacent et du Calcaire à ammonites (Toarcien) sus-jacent (fig. 3). Le choix du mur plutôt que du toit des Argiles à poissons a été imposé par un contact lithologique plus net avec les calcaires pliensbachiens qu'avec un niveau marneux présent à la base du Calcaire à ammonites sus-jacent. Cette unité est reconnue dans le Bessin et jusqu'au sud de Caen (Dugué *et al.*, 1998 ; Maurizot *et al.*, 2000, Weis *et al.*, 2018), puis se biseaute vers le SE de Caen (Deroin *et al.*, 1999) ; la connaissance du mur des Argiles à poissons reste fragmentaire entre le littoral et Bayeux, et mieux renseignée grâce à de nombreux forages au sud de Caen (fig. 4). La formation toarcienne affleure dans les vallées de l'Aure, de la Drôme, et de la Seulles du Bessin, autour de Evrecy (Maurizot *et al.*, 2000 ; Vernhet *et al.*, 2002). Au NE de Caen, le forage carotté de Ranville (BSS n°01202X0062) qui a traversé la base des Argiles à poissons à - 107 m NGF permet d'étendre les isohypses, dans la vallée de l'Orne aval.

Malière, Oolithe ferrugineuse de Bayeux et Calcaire à spongiaires (Aalénien à Bajocien)

Ces trois formations géologiques du Dogger (fig. 3) sont regroupées dans une même unité, pour dessiner la carte des isohypses du toit du Calcaire à spongiaires, formation carbonatée bajocienne de grande extension régionale (Fily *et al.*, 1975) (fig.

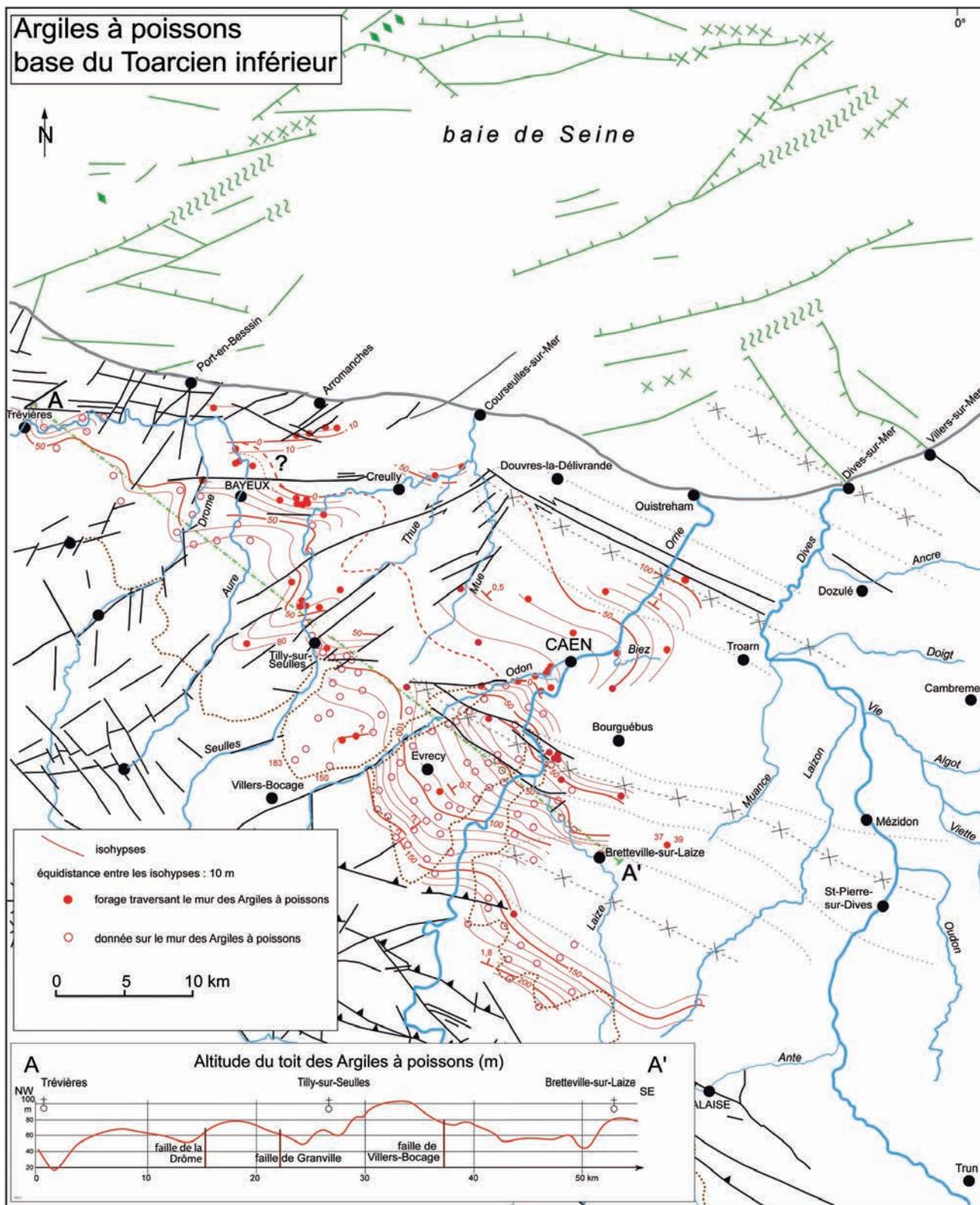


Fig. 4 : Carte structurale des isohypses du mur des séries du Toarcien dans le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise et coupe transversale NW-SE du mur des séries du Toarcien (d'après Poignant, 2020, modifié). Pour le figuré des failles, voir la fig. 2.

Fig. 4: Structural map of the isohypses on the base of the Toarcian series in the Bessin and the Caen and Falaise campaigns and a NW-SE orientated cross section of the base of the Toarcian series (modified after Poignant, 2020). See fig. 2 for faults.

5). La formation de la Malière (Aalénien-Bajocien, 6-7 m) précise l'altitude du mur du Calcaire à spongiaires dans les secteurs de Bayeux et de Tilly-sur-Seulles et au sud de Caen. L'Oolithe ferrugineuse de Bayeux (Bajocien inférieur et supérieur), d'épaisseur décimétrique (0-0,5 m) avec son faciès ferrugineux caractéristique est identifiée dans 110 coupes et diagraphies de forages. Le Calcaire à spongiaires (Bajocien supérieur, 10-12 m) est à la fois décrit dans les profils sismiques de la baie de Seine (Benabdellouahed, 2011), et dans de nombreux affleurements et forages à terre, du Bessin (Maurizot *et al.*, 2000) et de la campagne de Caen (Fily *et al.*, 1979 ; Rioult *et al.*, 1989 ; Gigot *et al.*, 1999). Son toit est caractérisé par un brutal changement lithologique avec les Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien inférieur et moyen) dans le Bessin ou les Bancs bleus (base du Calcaire de Caen) de la campagne de Caen (Dugué *et al.*, 1998). Les données relatives à l'altitude du toit du Calcaire à spongiaires sont donc à la fois nombreuses et bien réparties entre le platier rocheux de Port-en-Bessin et la campagne de Caen. Vers le sud de la campagne de Caen, les calcaires bajociens sont souvent confondus avec les premiers niveaux calcaires bathoniens, dans les coupes des foreurs et vers l'est, en direction de la cuesta cénomaniennne, les rares données ne permettent plus de prolonger les isohypses.

Calcaire de Blainville (Bathonien moyen)

La carte des isohypses du Bathonien moyen (fig. 6) est construite à partir des forages traversant le toit du Calcaire de Blainville (66 forages) ou des affleurements de la Caillasse de Blainville sus-jacente (base du Bathonien supérieur), entre Courseulles-sur-Mer et Saint-Pierre-sur-Dives. Les isohypses sont prolongées en mer, au large d'Arromanches, sur 20 kilomètres. Au nord de Caen, le Calcaire de Blainville (10-15 m) est un calcaire bioclastique et oolithique grossier, peu cimenté, à litages obliques, pouvant présenter des niveaux lumachelliques à bryozoaires, échinodermes et gastéropodes et quelques constructions récifales à polypiers (Bigot, 1927 ; Fily, 1980). Au sud de Caen, la base de la formation est un faciès calcaire micritique fin à pelétoïdes et oncoïdes, avec des accidents siliceux gris (faciès d'Olendon), avant d'être recouvert sous des sables oolithiques (Fily, 1980 ; Gigot *et al.*, 1999 ; Deroin *et al.* 1999).

La Caillasse de Blainville sus-jacente (Bathonien supérieur) (fig. 3) est une alternance de marnes et de calcaires bioclastiques riches en brachiopodes décrite au nord de Caen (Bigot, 1928 ; Fily, 1980 ; Rioult *et al.*, 1989) passant vers le sud, à un calcaire marneux bioturbé à brachiopodes et plus difficile à distinguer du toit du Calcaire de Blainville, comme dans le forage carotté de Saint Oursin (Poignant, 2020). Son épaisseur moyenne établie sur 54 forages, est estimée à 2 mètres.

Calcaire de Ranville (base du Bathonien supérieur)

Le Calcaire de Ranville (Bathonien supérieur, 10-20 m) est décrit par 152 données géologiques établissant le toit ou le mur de cette formation, selon une bande de 10 km de largeur, entre Courseulles-sur-Mer et Saint-Pierre-sur-Dives (fig. 7). Les isohypses sont prolongées sur une trentaine de kilomètres, en baie de Seine. C'est un calcaire bioclastique grossier et cimenté, très riche en crinoïdes, à litages obliques, et présentant des lits de silex au sud de Caen. Son sommet est une surface d'érosion (« Surface de Ranville » ; Rioult & Fily, 1975) dont les dépressions sont en partie comblées par une Caillasse à céphalopodes, peu épaisse et lenticulaire, mais surtout par les Caillasses de la

Basse-Écarde sus-jacente (Bathonien supérieur, 2-10 m) dans la coupe du littoral du Calvados.

Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur)

Le Calcaire de Langrune est la dernière formation carbonatée bathonienne décrite en Normandie, avant le retour à une sédimentation terrigène fine (Argiles de Lion du Bathonien terminal et marnes callovo-oxfordiennes) (Rioult, 1980 ; Dugué, 1989) (fig. 3). Son toit est une surface d'érosion, perforée et encroûtée d'extension provinciale (« Surface de Lion » ; Rioult et Fily, 1975). Cette formation est identifiée dans 145 forages répartis au nord de Caen et dans la vallée de la Dives, permettant un tracé continu des isohypses du toit du Calcaire de Langrune (fig. 8). En baie de Seine, les isohypses estimées sont prolongées au large de Dives-sur-Mer, sur une trentaine de kilomètres (Benabdellouahed, 2011) en se basant sur l'épaisseur des dépôts du Callovo-Oxfordien inférieur traversés dans le forage carotté ancien de Dives-sur-Mer (n° 01203X0005 ; 1891 ; Lippmann et Dollfus, 1892 ; Dugué, 1989, 2007). C'est un calcaire bioclastique, pelétoïdal et oolithique grossier à la base, avec des accumulations de brachiopodes et de bryozoaires, mais mieux classé et plus riche en oolithes calcaires au sommet, organisé en litages obliques. Vers le sud, son faciès calcaire devient plus bioclastique (Gigot *et al.*, 1999). À terre, comme en baie de Seine, son épaisseur moyenne est estimée à 10 m (Fily, 1980 ; Rioult *et al.*, 1991 ; Dugué *et al.*, 1998).

Formations marneuses et calcaires du Bathonien inférieur et moyen

Bien que quelques 381 forages traversent les marnes et calcaires du Bathonien inférieur et moyen dans le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise, leur description est souvent trop succincte pour réussir à subdiviser cet intervalle (fig. 3). Dans le Bessin, les Marnes de Port-en-Bessin (35-40 m, Bathonien inférieur et moyen) sont une puissante formation d'alternances de marnes et de calcaires argileux, surmontée par le Calcaire de Saint-Pierre-du-Mont ou ses équivalents latéraux comme le Calcaire de Creully (Bathonien moyen ; 12-15 m). Cette série terrigène bathonienne du Bessin évolue latéralement dans la campagne de Caen, vers des calcaires argileux (Bancs bleus, Bathonien inférieur, 5-10 m) définis à la base du Calcaire de Caen (Bathonien moyen, 20-25 m) (Rioult, 1962 ; Rioult *et al.*, 1989). Mais dans les coupes des forages, les Bancs bleus sont souvent confondus avec les Marnes de Port-en-Bessin, le passage latéral entre les deux unités étant difficile à localiser (Rioult, 1980). De même, il est difficile de séparer le Calcaire de Caen du Calcaire de Creully sus-jacent, en l'absence d'échantillons conservés, leur épaisseur moyenne cumulée atteignant environ 40 mètres (Dugué *et al.*, 1998). La Caillasse de Creully sus-jacente (Bathonien moyen) et ses équivalents latéraux (Caillasse de Fontaine-Henry, de Longues...) (Fily *et al.*, 1979 ; Fily, 1980 ; Rioult *et al.*, 1991) affleurent dans les coupes littorales du Bessin et sont retrouvées dans les forages jusqu'à Saint-Pierre-sur-Dives, mais seuls 24 forages précisent son épaisseur. Il n'est donc pas possible de construire une carte des isohypses pour les dépôts du Bathonien inférieur et moyen.

CARTES DES ISOHYPSSES DES UNITÉS GÉOLOGIQUES JURASSIQUES DANS LE BESSIN ET LA CAMPAGNE DE CAEN

En fonction des niveaux repères géologiques précédemment retenus, cinq cartes des isohypses (fig. 4 à 8) sont proposées pour

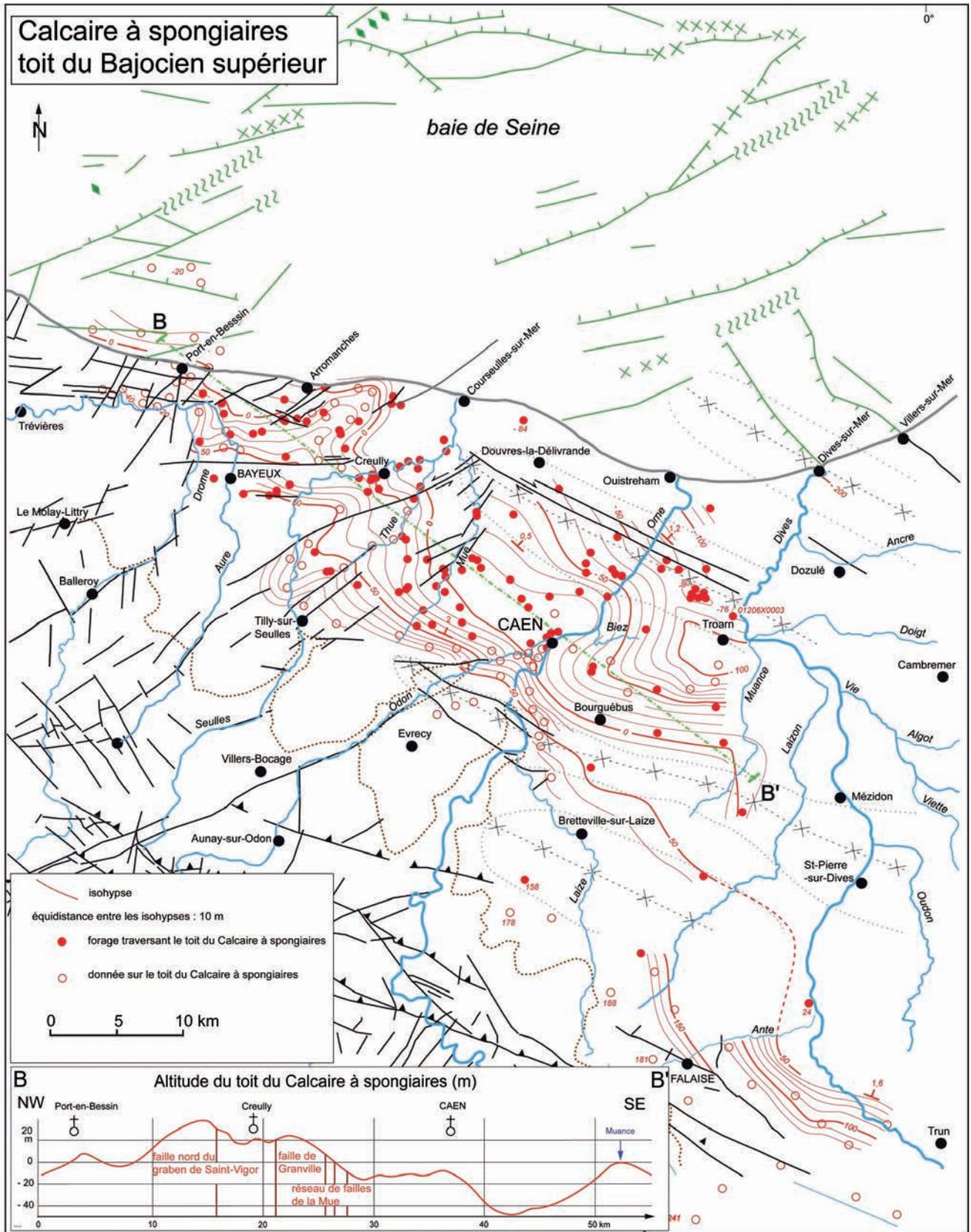


Fig. 5 : Carte structurale des isohypses du toit des séries du Bajocien dans le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise et coupe transversale NW-SE du toit des séries du Bajocien (d'après Poignant, 2020, modifié).

Fig. 5: Structural map of the isohypses of the top of the Bajocian series in the Bessin and the Caen and Falaise campaigns and a NW-SE orientated cross section of the top of the Bajocian series (modified after Poignant, 2020).

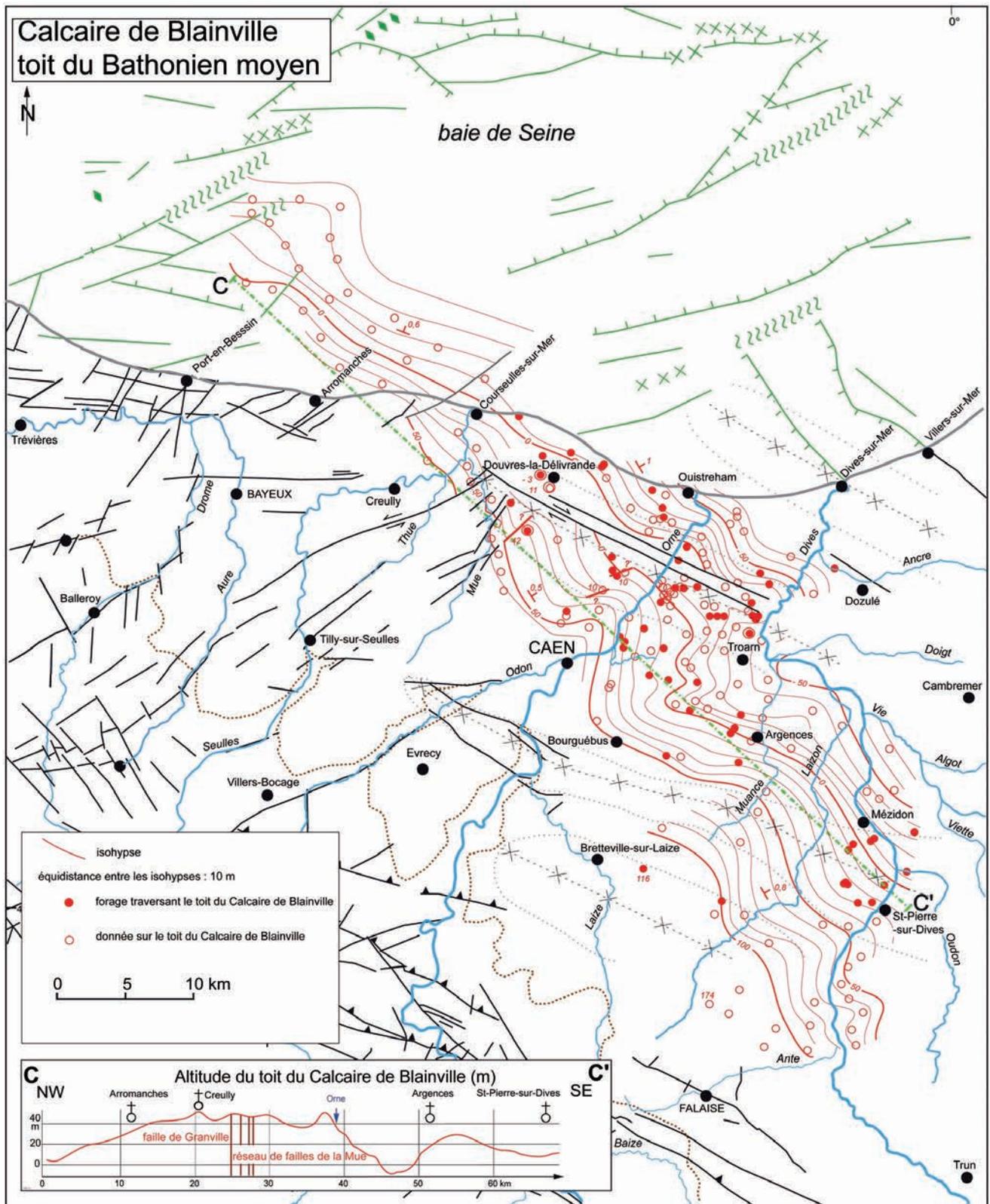


Fig. 6 : Carte structurale des isohypses du toit des séries du Bathonien moyen en baie de Seine et dans les campagnes de Caen et de Falaise et coupe transversale NW-SE du toit des séries du Bathonien moyen (d'après Poignant, 2020, modifié).

Fig. 6: Structural map of isohypses of the top of the Middle Bathonian series in the Seine Bay and in the Caen and Falaise campaigns and a NW-SE orientated cross section of the top of the Middle Bathonian series (modified after Poignant, 2020).

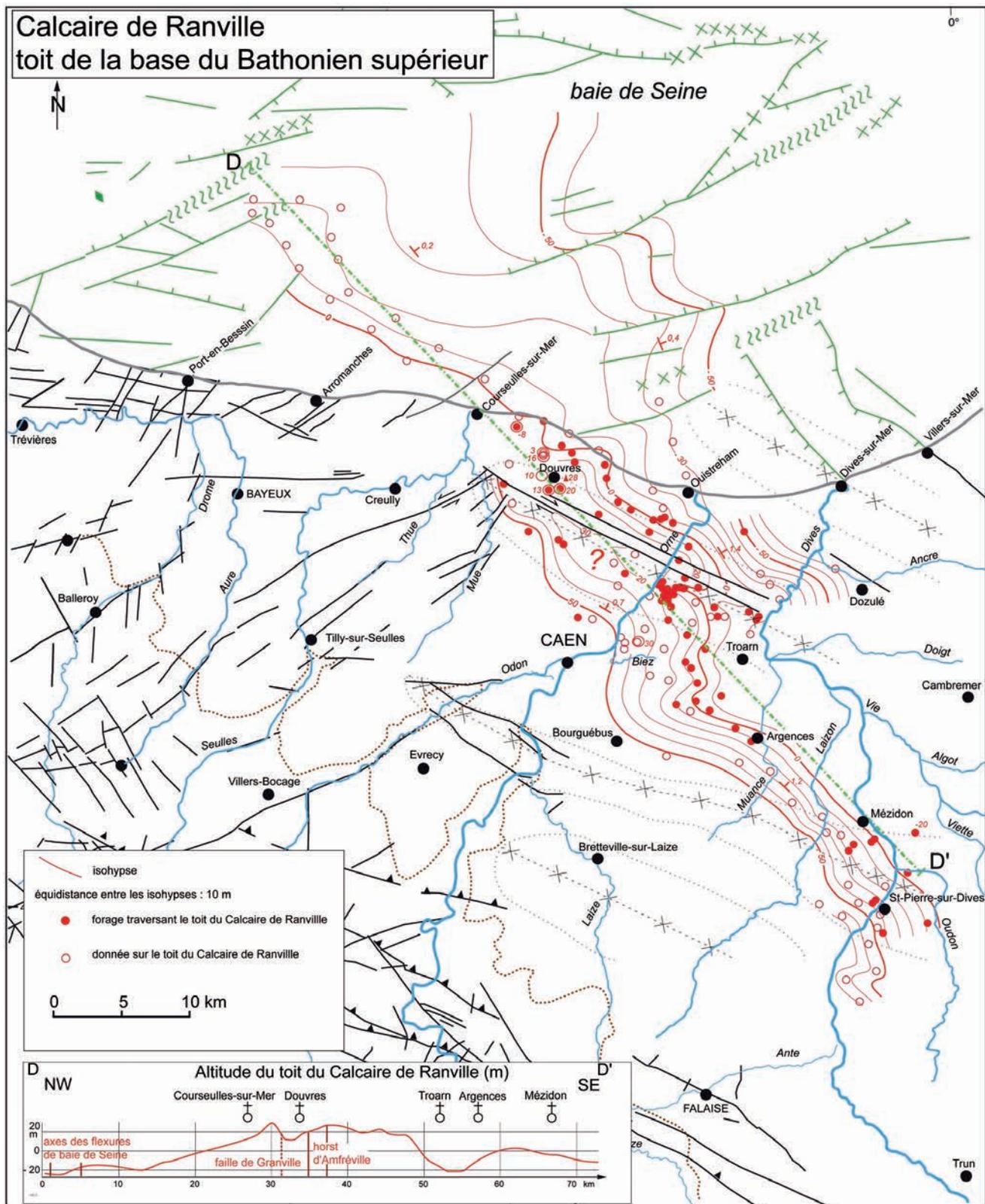


Fig. 7 : Carte structurale des isohypses du toit des séries à la base du Bathonien supérieur en baie de Seine et dans les campagnes de Caen et de Falaise et coupe transversale NW-SE du toit des séries à la base du Bathonien supérieur (d'après Poignant, 2020, modifié).

Fig. 7: Structural map of the isohypses of the top of the series at the base of the Upper Bathonian in the Seine Bay and in the Caen and Falaise campaigns and a NW-SE orientated cross section of the top of the series at the base of the Upper Bathonian (modified after Poignant, 2020).

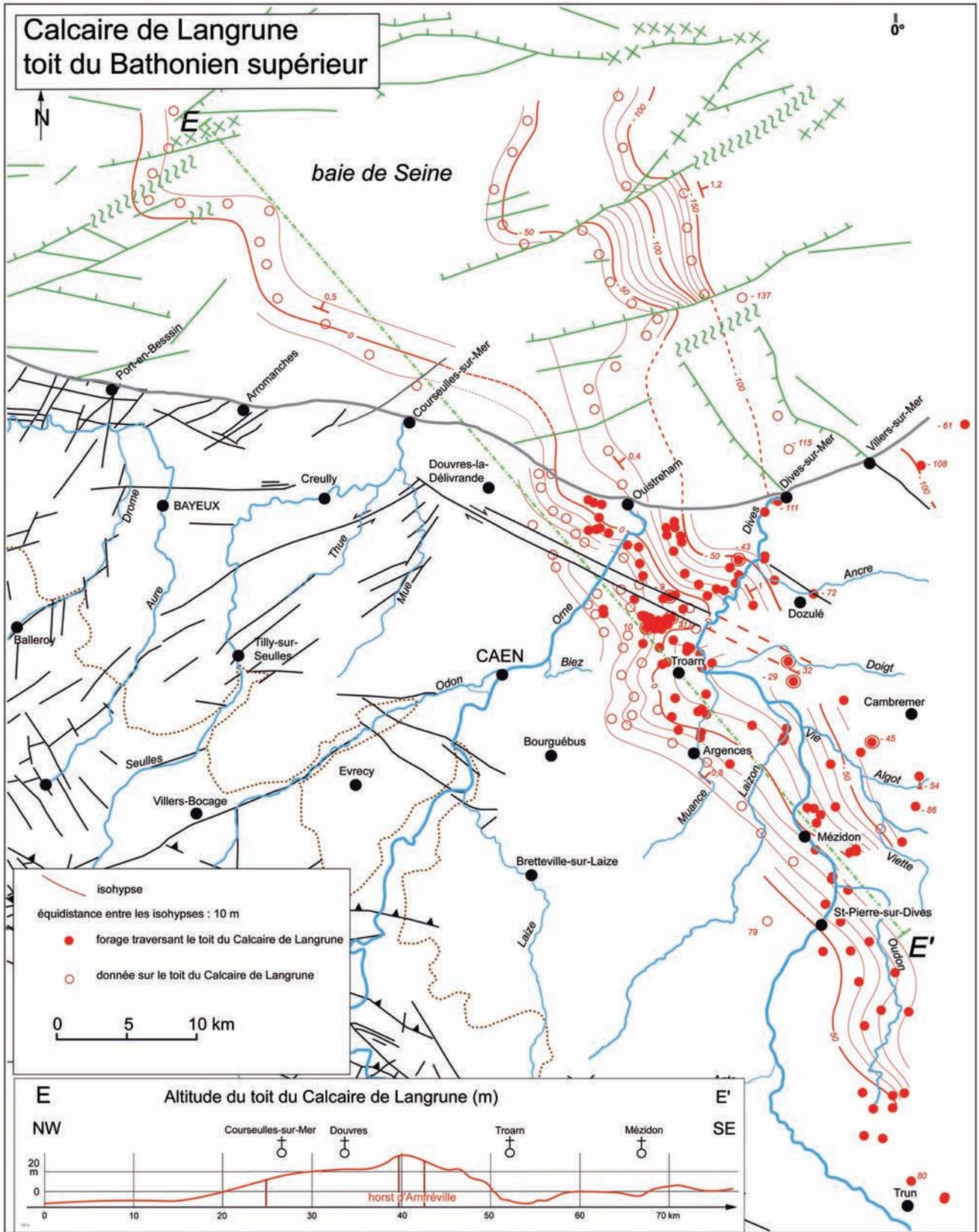


Fig. 8 : Carte structurale des isohypses du toit des séries du Bathonien supérieur en baie de Seine et dans les campagnes de Caen et de Falaise et coupe transversale NW-SE du toit des séries du Bathonien supérieur (d'après Poignant, 2020, modifié).

Fig. 8: Structural map of the isohypses of the top of the Upper Bathonian series in the Seine Bay and in the Caen and Falaise campaigns and a NW-SE orientated cross section of the top of the Upper Bathonian series (modified after Poignant, 2020).

le mur des dépôts du Toarcien inférieur (Argiles à poissons) et les toits des dépôts respectifs du Bajocien supérieur (Calcaire à spongiaires), sommet du Bathonien moyen (Calcaire de Blainville), base du Bathonien supérieur (Calcaire de Ranville) et sommet du Bathonien supérieur (Calcaire de Langrune), décrits dans le Bessin et les campagnes de Caen et Falaise et prolongés en baie de Seine (Bajocien et Bathonien). Ces cartes sont complétées par des profils transversaux présentant l'altitude de chaque niveau repère afin de déceler des flexures de plus grande longueur d'onde.

Carte des isohypses du mur des dépôts du Toarcien inférieur (Argiles à poissons, fig. 4)

Dans le Bessin, entre Bayeux et Tilly-sur-Seulles, la carte des isohypses du mur des dépôts du Toarcien inférieur présente des déformations régulières de direction N 60° et d'amplitude pluridécimétrique qui sont recoupées par les nombreuses failles de direction N 70° qui délimitent des compartiments de largeur maximale plurikilométrique. Le jeu décrochant dextre de la faille N 70° de Granville-Courseulles décale d'environ 500 m l'isohypse + 50 m dans la vallée de la Seulles. Ces isohypses ne peuvent pas être prolongées vers le littoral, faute de données disponibles. Près de Bayeux, cette déformation s'exprime également dans le graben W-E de Saint-Vigor, et sa faille limite nord (faille de Villers-le-Sec) interrompt l'isohypse 0 mètre. Vers le SE et à l'approche des synclinaux varisques de May et d'Urville, les flexures s'amortissent, tandis que dans le secteur de Caen, les isohypses entre 0 m et -100 m dessinent une large voussure d'axe N 50° à N 70°, dans la vallée de l'Orne aval. Au sud du synclinal de May, les isohypses entre + 150 m et + 50 m forment une succession de larges synformes et antiformes qui s'amortissent vers la vallée de la Laize.

Le profil transversal de l'altitude du mur des Argiles à poissons, entre Trévières au NW et Bretteville-sur-Laize au SE, sur une distance d'environ 50 km, présente quatre voussures irrégulières dont la plus élevée atteint + 80 m NGF ; chacune séparée de 10 à 20 km atteint une amplitude estimée entre 25 et 40 mètres. Elles séparent quatre dépressions localisées au SE de Trévières (vallée de l'Aure), au NW de la faille de la Drôme, au SE de la faille de Granville et au NW de Bretteville-sur-Laize.

Carte des isohypses du toit des dépôts du Bajocien supérieur (fig. 5)

Les données relatives à l'altitude du toit du Calcaire à spongiaires sont plus nombreuses et mieux réparties entre le littoral du Bessin et la campagne de Falaise. Sur la façade littorale du Bessin, entre les vallées de la Drome et de la Thue, les flexures de largeur plurikilométrique sont de nouveau recoupées par un réseau dense de failles N 50°-70° et N 90° délimitant des blocs affaissés ou surélevés de largeur plurikilométrique. Le jeu décrochant dextre de la faille N 50° de Port-en-Bessin décale l'isohypse 0 m, puis entre Arromanches et Courseulles, cette dernière dessine une dépression et une voussure de direction N 40°, d'une largeur d'environ 4 km, et d'une amplitude de 30 à 40 m qui sont compartimentées par des failles de direction N 70°. Vers le sud, à l'approche du graben de Saint-Vigor, les flexures s'orientent selon une direction N 60°. Sa faille limite nord de Villiers-le-Sec affaisse les calcaires bajociens de plus de 30 m dans le graben, par rapport au compartiment septentrional. Dans le graben, une voussure est également apparente dans les calcaires bajociens.

À l'ouest de la campagne de Caen, entre Creully et Caen, la faille N 70° de Granville-Courseulles et les relais de failles N

50°-70° dans les vallées de la Thue et de la Mue décalent aussi les isohypses du toit du Bajocien supérieur. Une dépression profonde de 10 à 30 m et large d'environ 4 km a une direction N 70° ; elle est limitée à l'ouest par la faille de Granville-Courseulles et s'amortit vers le NE jusqu'au sud de Caen. La vallée de l'Orne est située sur une voussure de direction N 30° au sud de Caen et s'orientant N 60° dans sa partie aval. Cette voussure ainsi que celle d'Argences espacée de 15 km et de 40 m d'amplitude enserrment une dépression orientée N 70° à Bourguébus qui se referme vers le NE, à Troarn.

Le profil transversal de l'altitude du toit des calcaires bajociens (fig. 5), entre Port-en-Bessin au NW et la vallée de la Muance au SE, sur environ 50 km, passe à travers le graben de Saint-Vigor et la faille de Granville-Courseulles. Il présente cinq voussures d'inégale altitude qui se surimposent à un plus vaste dôme long de 20 km, entre + 20 et + 30 m NGF. En contrebas de ce dôme, le toit des calcaires bajociens redevient plan, vers -15 m NGF, entre la vallée de la Mue et Caen, avant de dessiner la large dépression de 10 km, atteignant - 45 m NGF, au droit de Bourguébus.

Carte des isohypses du toit du Bathonien moyen (Calcaire de Blainville, fig. 6)

Les calcaires du Bathonien moyen sont décrits entre Courseulles-sur-Mer et Saint-Pierre-sur-Dives. Les isohypses de leur toit peuvent être prolongées en mer, au large d'Arromanches, sur 20 kilomètres. Entre les vallées de la Thue et de l'Orne, les déformations du toit du Bathonien moyen correspondent à de larges ondulations orientées N 50° - 70°, d'une longueur d'onde comprise entre 5 et 15 km et d'amplitude entre 10 et 40 mètres. Elles sont recoupées par les failles N 70° jouant en décrochements senestres.

Le horst d'Amfréville (localisation sur fig. 2) de direction N 110° délimite deux secteurs dans la campagne de Caen. Au nord, les déformations de direction N 30°-50° sont régulières, avec une longueur d'onde de 5 km et une amplitude décimétrique. Au sud du horst d'Amfréville, les ondulations des isohypses s'élargissent avec une longueur d'onde entre 10 et 15 km et une amplitude pluridécimétrique. Leur direction dominante est N 50° (Caen) à N 70° (Saint-Pierre-sur-Dives). La voussure déjà décrite dans les terrains bajociens au droit de la vallée de l'Orne aval est retrouvée ainsi que la dépression de Bourguébus de direction N 70°, son amplitude est estimée à plus de 40 mètres. Les déformations s'amortissent ensuite en direction de Saint-Pierre-sur-Dives.

Le profil transversal du toit du Calcaire de Blainville, entre Arromanches au NW et Saint-Pierre-sur-Dives au SE, se caractérise de nouveau par une large voussure de plus de 30 km, dépassant + 40 m NGF, sur laquelle se surimposent de plus petites déformations d'amplitude inférieure à 10 mètres (fig. 6).

Carte des isohypses du toit des dépôts du Bathonien supérieur (Calcaire de Ranville, fig. 7)

La répartition des données sur le Calcaire de Ranville est proche de celle des calcaires du Bathonien moyen, entre Courseulles-sur-Mer et Saint-Pierre-sur-Dives. Néanmoins, le tracé des isohypses reste délicat autour de Douvres-la-Délivrande, en raison d'une incertitude dans la reconnaissance des Caillasses de la Basse-Écarde dans les coupes, entraînant une marge d'erreur de l'ordre de 10 m dans les épaisseurs, ou d'un possible prolongement.

gement vers le nord des failles N 70° qui expliquerait de rapides variations d'altitude. Dans la campagne de Caen, les deux secteurs identifiés de part et d'autre du horst d'Amfréville sont retrouvés. Au nord du horst, entre Douvres et la vallée de la Dives, le toit du Calcaire de Ranville est déformé par de molles ondulations de directions N 50° à N 70° et selon une amplitude décimétrique. Au sud du horst, la dépression de Bourguébus dont l'amplitude maximale atteint environ 35 m est de nouveau bordée par les antifformes de Caen et d'Argences moins marquées que précédemment. Au-delà d'Argences, les isohypses redeviennent rectilignes vers le SE, jusqu'à Saint-Pierre-sur-Dives.

Le profil transversal topographique du toit du Calcaire de Ranville (fig. 7), entre Courseulles-sur-Mer au NW et Mézidon au SE retrouve celui décrit pour le toit du Bathonien moyen (Calcaire de Blainville), avec une large voussure de 40 m d'amplitude, entre Courseulles-sur-Mer et le NNE de Caen, suivie par une dépression de 35 m de profondeur, entre Troarn et Argences. Entre Courseulles-sur-Mer et Douvres-la-Délivrande, une plus petite ondulation de 20 m d'amplitude se surimpose à cette voussure.

Carte des isohypses du toit des dépôts carbonatés du Bathonien supérieur (Calcaire de Langrune, fig. 8)

Les calcaires du Bathonien supérieur se répartissent entre Courseulles-sur-Mer et Saint-Pierre-sur-Dives. Au large de Ouireham, les flexures orientées N 70° dans les calcaires du Bathonien supérieur sont recoupées par des failles de même direction et jouant selon des décrochements senestres ou dextres (Benabdellouahed, 2011).

Au nord du horst d'Amfréville, entre Ouireham et la vallée de la Dives, les ondulations orientées N 50° ont une longueur d'onde de 5 km et une amplitude décimétrique, isolant des flexures au droit de la vallée de l'Orne aval et de la Dives. Au sud du horst d'Amfréville, la dépression de Bourguébus large de 5 km et selon une direction N 70° est conservée. Les isohypses deviennent plus mollement ondulées vers le SE, entre Argences et Saint-Pierre-sur-Dives, avant de former une nouvelle voussure orientée N 70°, au SSE de Saint-Pierre-sur-Dives.

Entre la baie de Seine au large d'Arromanches et Mézidon, le profil longitudinal NW-SE du toit des calcaires du Bathonien supérieur (Calcaire de Langrune) retrouve la vaste voussure qui débute au large de Courseulles-sur-Mer et s'étend jusqu'au NE de Caen (fig. 8). L'altitude du toit du Bathonien supérieur devient maximale (+ 28 m NGF) au droit du horst d'Amfréville. Elle est suivie par la dépression de Troarn, d'une dizaine de mètres de profondeur, mais moins marquée que dans les précédents profils des différents toits des calcaires bathoniens sous-jacents.

DÉFORMATIONS DE LA COUVERTURE JURASSIQUE DU BESSIN ET DES CAMPAGNES DE CAEN ET DE FALAISE (Fig. 9)

Les cinq cartes structurales en courbes isohypses mettent en évidence des flexures de direction N 50° - N 70° retrouvées à la fois dans les terrains du Lias, du Bajocien et du Bathonien du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise. Elles correspondent à des déformations plicatives à grand rayon de courbure, d'une longueur d'onde variable entre 2 et 15 km et d'amplitude comprise entre 10 à 50 mètres. Leur direction est sécante à celle des synclinaux varisques de direction N 110°, et les flexures sont recoupées par le horst d'Amfréville de direction N 110° au nord

de Caen et par le graben de Saint-Vigor de direction N 90°, près de Bayeux (fig. 2). Dans le Bessin et la baie de Seine, les relais de failles N 70° recoupent ces flexures dans les terrains jurassiques en plusieurs compartiments. En mer, chaque bloc d'environ 4-5 km de largeur est abaissé d'une dizaine de mètres, vers le nord, formant un jeu de marches d'escalier (Benabdellouahed, 2011) et dans chaque compartiment, les terrains jurassiques sont déformés selon des flexures d'axe N 70°, et avec une amplitude de 10 à 20 mètres. À terre, dans la vallée de la Seules, entre Tilly-sur-Seules et Creully, le même dispositif structural est retrouvé, les failles N 50° - N 70° découpent les terrains liasiques et bajociens préalablement déformés selon des flexures d'axe également N 50° - N 70°, dans des compartiments de largeur kilométrique. Dans le Bessin, la principale synforme trouvée dans les calcaires bajociens a une amplitude de 30 m ; elle est limitée par la faille de Granville de même direction et s'amortit vers le NE, à l'approche du horst d'Amfréville. Dans les campagnes de Caen et de Falaise, la principale synforme apparaît à Bourguébus ; sa largeur atteint environ 5 km et son amplitude maximale 50 m par rapport à l'extrados des antifformes voisines de Caen au nord et d'Argences au sud, puis diminue vers le NE, en direction de la vallée de la Dives. L'antiforme voisine d'Argences est surtout bien exprimée dans les calcaires bajociens, selon une amplitude voisine (50 m), mais s'amortit à la fois vers le NE et dans les calcaires bathoniens.

Horst d'Amfréville (localisation sur fig. 2)

Au nord de Caen, l'étroit horst d'Amfréville de 1 km de largeur et de direction N 110° se prolonge sur plus de 20 km, traversant la vallée de l'Orne et se poursuit vers l'est, sous les marais de la Dives. Dans le paysage actuel, il est marqué par une modeste élévation de la topographie d'environ 15 mètres. Sa faille limite sud est reconnue entre les vallées de la Seules à l'ouest et de la Dives à l'est, tandis que sa faille limite nord est en partie cachée par les lœss (Rioutl *et al.*, 1989 ; Maurizot *et al.*, 2000). Ce horst est situé au droit du synclinal varisque de Ranville entièrement caché sous une couverture triasique et jurassique (Doré, 1971 ; Rioutl *et al.*, 1989). Sa faille limite sud est sécante aux failles N 70° et aux flexures N 70° dans les terrains jurassiques du Bessin. La cartographie de la Caillasse de Blainville (base du Bathonien supérieur) et des Caillasses de la Basse-Écarde (sommets du Bathonien supérieur) affleurant dans la vallée de l'Orne et autour du horst d'Amfréville démontre le jeu en décrochement dextre de la faille Sud, alors que la faille Nord présente un jeu apparent décrochant senestre. Les contours cartographiques de la Caillasse de Blainville attestent aussi la présence de deux structures plicatives dans le horst (Rioutl *et al.*, 1989 ; Maurizot *et al.*, 2000). Enfin, vers l'est, le Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur) soulevé affleure sur le revers de la cuesta callovienne, dans la vallée de la Dives.

Le horst d'Amfréville est présent sur les cartes structurales en isohypses dès le Bajocien (fig. 5), les données de forages étant insuffisantes pour le Toarcien (fig. 4). Toutefois, les flexures sont difficiles à poursuivre de part et d'autre du horst. L'antiforme N 50° de Caen se prolonge sans doute au-delà du horst d'Amfréville, en direction de la baie de Seine, mais décalée d'environ 2,5 km vers l'est. Le jeu de failles-limites de direction N 110° du horst est donc postérieure aux déformations plicatives dans les terrains jurassiques.

Sa terminaison orientale sous les marais de la Dives a été traversée par de nombreux forages, l'altitude des affleurements calcaires bathoniens (Calcaire de Langrune) et marneux calloviens

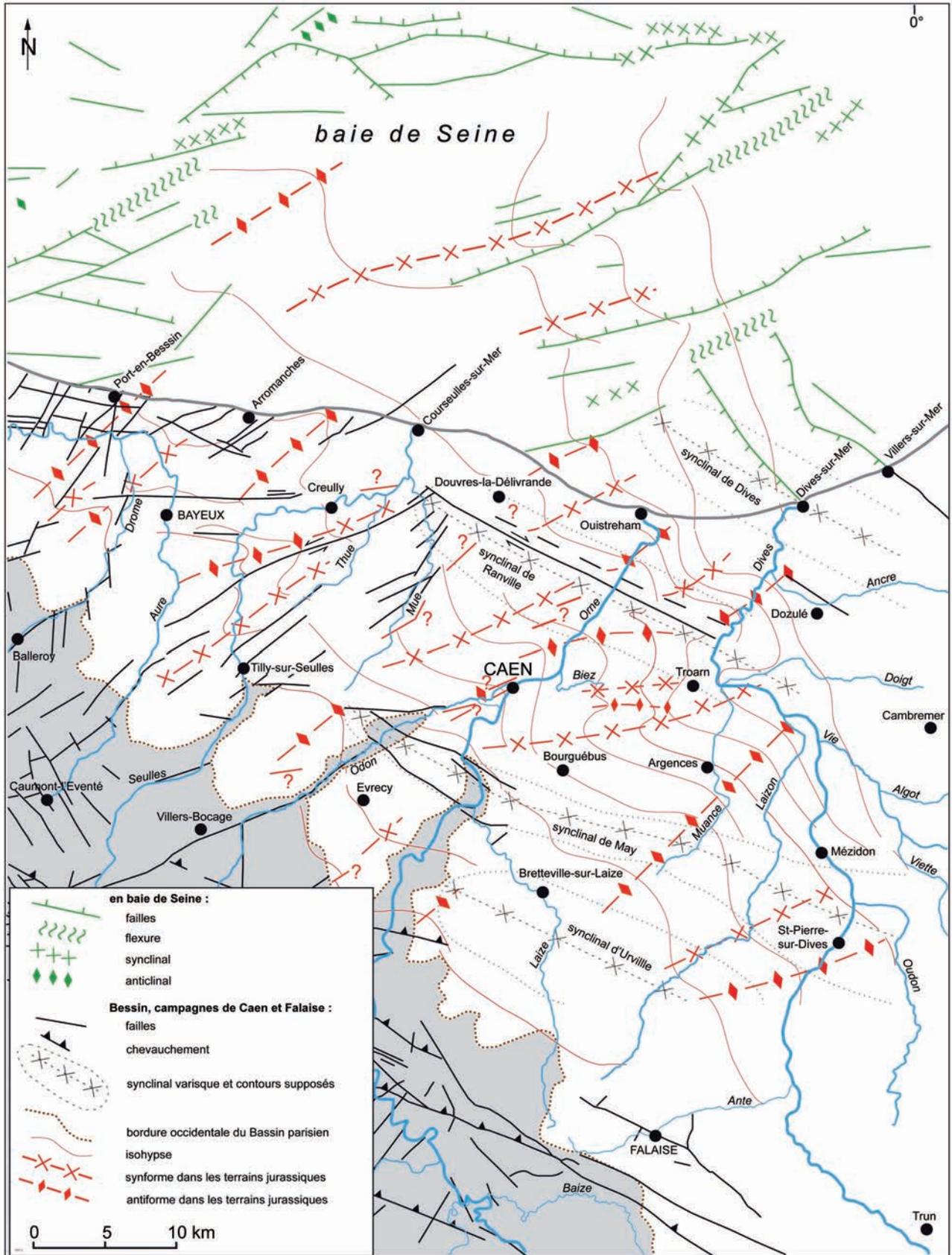


Fig. 9 : Carte structurale synthétique des déformations plicatives cénozoïques dans la couverture jurassique de la baie de Seine (d'après Benabdellouahed, 2011, modifié), du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise (d'après Poignant, 2020, modifié).

Fig. 9 : Synthetic structural map of the Cenozoic plicative deformations in the Jurassic sediments of the Seine Bay (modified after Benabdellouahed, 2011), Bessin and the Caen and Falaise campaigns (modified after Poignant, 2020).

(Marnes d'Escoville) démontre leur soulèvement au sud de Bavent (Rioult *et al.*, 1989). Toutefois, dans la vallée de la Dives, la corrélation des forages ne permet pas d'établir si les failles se prolongent vers l'est ou si le horst se termine en un bombement de 6 km de largeur et de direction N 110° (Poignant, 2020).

Graben de Saint Vigor (localisation sur fig. 2)

Dans le Bessin, l'étroit graben N 90° de Saint-Vigor de 2 km de largeur a préservé 20 m de sables quartzeux marins attribués au Pléistocène inférieur, par comparaison à ceux étudiés dans le centre-Cotentin (Baize, 1998 ; Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007). Sa faille limite nord (faille de Villiers-le-Sec) reconnue entre Bayeux et Villiers-le-Sec, sur environ 10 km, abaisse la limite entre les Marnes de Port-en-Bessin et les calcaires bathoniens d'une dizaine de mètres dans le graben et délimite un horst littoral septentrional (Maurizot *et al.*, 2000). La faille limite sud correspond à un relai de failles normales (Maurizot *et al.*, 2000).

Les flexures de direction N 50°-70° dans les terrains jurassiques du Bessin sont perturbées à l'approche du graben et de la faille de Granville-Courseulles, le rejeu de la faille-limite Nord du graben étant postérieur aux déformations plicatives dans les terrains jurassiques.

L'origine du graben de Saint-Vigor serait antérieure au dépôt des sables quartzeux pléistocènes (Baize, 1998 ; Maurizot *et al.*, 2000), avec un probable rejeu postérieur fini-Pléistocène (Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007). Les sables marins pléistocènes sont érodés par les épandages fluviaux d'une proto-Seulles bloquée par le horst littoral septentrional qui l'a contraint à s'écouler vers l'ouest, en direction du bassin de Carentan (Pellerin, 1968), alors que la Seulles actuelle s'écoule vers l'ENE, dans l'axe du graben de Saint-Vigor. Le soulèvement du horst littoral aurait contrôlé le cours de la proto-Seulles qui a incisé les sables pléistocènes.

En résumé, les déformations plicatives N 50°-N 70° décrites dans les terrains jurassiques sont antérieures au rejeu des failles N 110° du horst d'Amfréville et N 90° du graben de Saint-Vigor, dans le Bessin et la campagne de Caen.

CHRONOLOGIE DES DÉFORMATIONS FINI-MÉSOZOÏQUES À CÉNOZOÏQUES DANS LE BESSIN ET LES CAMPAGNES DE CAEN ET DE FALAISE

Les déformations inventoriées dans la couverture jurassique sont des plis N 50°-70° et des failles dont les directions prédominantes sont N 50°-70° dans le Bessin, N 110° dans les campagnes de Caen et de Falaise ou le pays d'Auge et plus rarement N 90°. La direction N 50°-70° des plis est aussi celle trouvée dans les séries cénozoïques du centre-Cotentin (Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007) et en baie de Seine (Benabdellouahed, 2011 ; Benabdellouahed *et al.*, 2013) ; elle est également parallèle aux décrochements senestres N 70° qui ont structuré le bloc nord armoricain, avec les failles entre Coutances et le Molay-Littry, de la Drôme, entre Saint-Lô et Balleroy, de Granville à Courseulles-sur-Mer et de l'Odon. Cette direction N 70° ne s'exprime plus à l'est de la vallée de la Seine, et dans les pays de Bray et de Caux où les plis dans la craie prennent une direction privilégiée N 120°-150° (Bignot, 1987 ; Wazi, 1998).

Toutes ces déformations compressives fini-mésozoïques à cénozoïques révèlent un caractère polyphasé, d'abord de nature plicative puis cassante, empruntant d'anciennes directions struc-

turales du socle cadomo-varisque nord armoricain. Mais leur chronologie dans la couverture jurassique du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise souffre d'éléments de datation, comme bien souvent lorsqu'il s'agit d'envisager l'âge des déformations dans le Bassin parisien. Ils nous sont d'abord fournis par de rares dépôts cénozoïques comme les altérites à silex et son faciès Thimerais attribué au Paléogène dans le bocage armoricain et les campagnes de Caen et de Falaise (Quesnel, 1997) et par les sables marins conservés dans le graben de Saint-Vigor et attribués au Pléistocène inférieur.

Dans les campagnes de Caen et de Falaise, le rejeu des failles est antérieur au dépôt des Argiles à silex comme dans l'exemple de la faille N 110° de Vieux située sur le flanc sud du synclinal de May (Vernhet *et al.*, 2002). En revanche, la faille N 120° de Cordey-Rônai décrite au sud du synclinal de la zone bocaine présente un rejeu à la fois antérieur et postérieur aux altérites paléogènes, confirmant l'hypothèse d'un rejeu polyphasé (Gigot *et al.*, 1999).

Analyse microstructurale

À défaut de jalons stratigraphiques plus précis ou plus nombreux, cette chronologie relative des déformations peut être complétée par l'analyse microstructurale des affleurements calcaires pliensbachiens et bajo-bathoniens à proximité des failles rejoignant au Cénozoïque. Deux phases compressives y sont reconnues (Gigot *et al.*, 1999 ; Vernhet *et al.*, 2002). Une première compression subméridienne se traduit par le rejeu conjugué des failles N 110°-140° selon des décrochements dextres et des failles N 50°-70° en décrochements senestres. Une seconde phase compressive dont la contrainte maximale horizontale a une direction N 140° explique le rejeu conjugué des failles N 155°-170° selon des décrochements senestres et des failles N 120° rejoignant en décrochements dextres (Vernhet *et al.*, 2002). Cette chronologie confirme les conclusions microstructurales sur l'analyse des calcaires bajo-bathoniens de la bordure occidentale du Bassin parisien (Suzzoni, 1985, 1988) établissant une première compression subméridienne subdivisée en trois épisodes successifs (N 45°, N 10° et N 170°), puis une seconde compression en deux épisodes (N 80° et N 120°-130°). Le rejeu des failles postérieur au dépôt des Argiles à silex serait à rattacher à cette dernière compression NW-SE.

Conclusions structurales sur les déformations de la couverture jurassique de la Normandie occidentale

Les interprétations microstructurales et la reconstitution des contraintes maximales horizontales expliquent les relations géométriques des directions de failles N 50°-70° prédominantes dans le Bessin et celles N 110°-140° dans les campagnes de Caen et de Falaise qui auraient joué avant la formation paléogène des Argiles à silex.

Le rejeu du décrochement senestre N 70° de Granville-Courseulles-sur-Mer est ainsi conjugué au décrochement dextre N 110° du horst d'Amfréville. Les plis en échelon N 50°-70°, à grand rayon de courbure et espacés entre 5 et 15 km décrits dans la couverture jurassique du Bessin et des campagnes de Caen et de Falaise sont associés à ce système conjugué de décrochements N110°-140° dextres et N 50°-70° senestres. Ces plis sont à la fois recoupés et déformés par les décrochements dextro-inverses N 110° et par les décrochements dextres N 90° du graben de Saint-Vigor, confirmant leur antériorité par rapport à un rejeu paléo-

gène présumé des failles (fig. 5). L'analyse microstructurale des affleurements calcaires propose une contrainte maximale submérienne en relation avec les phases tectoniques pyrénéennes (Suzzoni, 1985 ; 1988 ; Gigot *et al.*, 1999 ; Vernhet *et al.*, 2002). Dans cette hypothèse, la phase plicative de la couverture jurassique de la Normandie occidentale interviendrait entre la fin du Mésozoïque et le début du Paléogène.

Le rejeu des failles de direction N 70° a créé plusieurs compartiments qui ont recoupé ces structures plicatives dans le Bessin (Maurizot *et al.*, 2000 ; Poignant, 2020) et dans la baie de Seine où cette géométrie en marches d'escalier contrôlera l'écoulement pléistocène de la paléo Seine, en direction du fleuve « Manche » (Benabdellouahed, 2011).

Les déformations compressives alpines (*s. st.*) enregistrées dans les calcaires pliensbachiens et bajo-bathoniens au sud de Caen correspondent aux rejeux de failles conjuguées N 120° en décrochements dextres et N 155°-170° en décrochements senestres. Elles reprennent les anciennes directions varisques qui ont déjà fonctionné sous les compressions pyrénéennes et déforment les plis à grand rayon de courbure dans la couverture jurassique. Les deux larges voissures orientées SW-NE à E-W, d'une longueur d'onde supérieure à 20 km, et soulevant les terrains de plus de 20 m, décrites au nord de la campagne de Caen et à Argences-Mézidon sont sans doute à rapporter aux ultimes déformations cénozoïques, dans ce secteur d'étude, se surimposant aux antiformes N 50°-70° de Caen et d'Argences. Leur soulèvement postérieur aux déformations plicatives et cassantes serait aussi à rapprocher du soulèvement régional, de la formation d'un horst littoral dans le Bessin et des épandages détritiques continentaux pléistocènes remaniant partiellement les sables marins préservés dans le graben de Saint-Vigor (Maurizot *et al.*, 2000). Il s'ensuit l'enfoncement du réseau hydrographique normand au début du Pléistocène moyen et un étagement concomitant des terrasses fluviales, dans le bassin versant côtier de la baie de Seine (Lautridou *et al.*, 1999 ; Jamet, 2015).

Colbeaux *et al.* (1980) ont interprété le NW du Bassin parisien et son prolongement en mer de la Manche comme un système de blocs et sous-blocs structuraux délimités par des failles ou des zones faillées. Le bloc armoricain séparé du bloc ardennais par les accidents de la Seine est subdivisé par les sous-blocs du Bray, Caux, Normandie, Manche centrale et Wight, certains présentant une tendance à une surrection comme le Bray et d'autres au contraire à une subsidence permanente du Mésozoïque au Cénozoïque (Mégnyen et coll., 1980). Cette structuration a contrôlé les paléogéographies mésozoïques et cénozoïques ; elle expliquerait aussi l'expression différente des déformations plicatives fini-mésozoïques à cénozoïques en Normandie occidentale, Bray et Caux.

À l'est de la vallée de la Seine, des plis coniques en échelon de direction E-W déforment les craies, et se sont formés entre la fin du Crétacé et l'Éocène, sous un régime compressif submérien d'origine pyrénéenne (Wazi, 1988). Dans les falaises du pays de Caux et de la vallée de la Seine, l'analyse microstructurale des craies reconnaît des décrochements conjugués N 30°-40° senestres et N 110°-150° et N 140°-150° dextres (Wazi, 1988). Une seconde compression horizontale de direction NE-SW serait à l'origine de plis NW-SE et d'un rejeu des décrochements conjugués N 30°-40° senestres, N 110° dextres et N 140°-150° dextres (Wazi, 1988), sans doute à la fin du Miocène, en envisageant les champs des contraintes du front alpin (Bergerat, 1985 ; 1987). Enfin une phase de distension NE-SW serait à

l'origine de l'ouverture de petits grabens de direction N 110° piégeant des sables quartzeux du Pliocène supérieur à Pléistocène inférieur (Wazi, 1998).

DÉFORMATIONS FINI-MÉSOZOÏQUES À CÉNOZOÏQUES DANS LE CONTEXTE GÉODYNAMIQUE DU NW DE L'EUROPE

Les déformations polyphasées fini-mésozoïques à cénozoïques décrites en Normandie s'inscrivent dans les évolutions géodynamiques des bassins de la mer de la Manche (Evans, 1990 ; Evans *et al.*, 2003), du Bassin parisien (Guillocheau *et al.*, 2000 ; Gély *et al.*, 2014) et du NW de l'Europe (Bergerat, 1985, 1987 ; Ziegler, 1988, 1990 ; Evans *et al.*, 2003 ; Dèzes *et al.*, 2004 ; Ziegler et Dèzes, 2007). Ce domaine européen intraplaque est à la fois soumis à la poursuite de l'ouverture océanique atlantique et aux compressions pyrénéennes puis alpines. Il s'ensuit des inversions structurales dans les bassins sédimentaires mésozoïques d'Europe centrale (Pologne) du nord (bassins à l'extrémité sud de mer du nord) et du NW (Hampshire, mer de la Manche, entrée de la Manche et mer celtique) qui bloquent la subsidence entre le Crétacé supérieur et le Cénozoïque. Ziegler (1988, 1990) reconnaît deux principales phases d'inversion structurale en Europe. La première, au Crétacé supérieur, avec la « phase sub-hercynienne » (selon Ziegler 1990) intéresse essentiellement les bassins d'Europe centrale et du Nord. La seconde ou phase laramienne intervient entre le Paléocène moyen et l'Éocène inférieur ; elle se caractérise par une intensification des conséquences de l'inversion structurale dans les bassins d'Europe centrale et du nord tout en affectant désormais ceux d'Europe du NW. L'une des principales conséquences régionales est l'émergence du bloc armoricain et d'une partie du Bassin parisien (Mégnyen et coll., 1980 ; Ziegler, 1988, 1990 ; Wyns, 1991), l'érosion d'une partie de la couverture crétacée et de ses altérites sur les terres émergées, tout en guidant les transgressions et régressions tertiaires dans la cuvette parisienne (Cavelier et Pomerol, 1979 ; Bignot, 1987).

Déformations paléogènes d'origine pyrénéenne (Crétacé supérieur - Oligocène)

Une déformation de grande longueur d'onde et de faible amplitude a soulevé le Massif armoricain à la limite Crétacé/Tertiaire (Wyns, 1977, 1991, 2002), tout en épargnant le secteur septentrional breton (Brault, 2002). Le bassin du centre-Cotentin demeure émergé entre le début du Paléogène et la fin de l'Éocène moyen, avant une transgression d'origine atlantique au Lutétien supérieur, mais sans atteindre le sud de l'Angleterre. Au large du Cotentin, le régime compressif entre l'Éocène moyen et le début de l'Oligocène se traduit par des plis de direction SW-NE, à grand rayon de courbure de plus de 5 km et d'amplitude décimétrique ; ils sont recoupés par des failles N 70° et N 90°. Une déformation plicative polyphasée est également reconnue entre l'Éocène et l'Oligocène, dans le bassin cénozoïque du centre-Cotentin, selon des plis de direction N 60°-N 70°, à grand rayon de courbure, initiés par le rejeu d'un relai de décrochements dextres de direction N 150° (Dugué, 2007 ; Dugué *et al.*, 2018). Dans le centre-Cotentin et à sa périphérie, le paroxysme des déformations interviendrait donc à partir de l'Éocène supérieur pour se prolonger à l'Oligocène inférieur, voire au Miocène inférieur (Curry et Smith, 1975), caractérisant l'épisode d'inversion structurale des accidents de la Manche, à travers l'Europe du NW (Hoom, 1987 ; Ziegler, 1990). En revanche, cette inversion structurale s'atténue en Europe du Nord (Ziegler, 1988, 1990). Les conséquences en

sont l'émergence d'un vaste domaine armoricain entre le golfe de Gascogne et le Nord de la Cornouailles, et la substitution d'environnements carbonatés marins par des environnements terrigènes lacustres à palustres (Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007). Elle correspondrait aussi à l'inversion de la faille d'Ouessant-Aurigny N 60° et à l'ouverture de la Fosse centrale parallèle aux failles majeures de la Manche (Evans, 1990 ; Lericolais *et al.*, 1996), bien que l'âge de son remplissage sédimentaire (80-140 m) demeure encore inconnu. La préservation d'étroits bassins armoricains le long des décrochements N 130°-150°, à Ceaucé (Orne), Laval (Mayenne), Landéan (Bretagne), Thévalles (Mayenne) est également à mettre en relation avec cette déformation fini-Éocène (Kuntz et Ménillet, 1988 ; Mary et Giordano, 1999 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1988).

Dans le même temps, à l'est du Bassin parisien, entre la fin de l'Éocène supérieur et à l'Oligocène, une distension E-W réactivant d'anciennes failles varisques ouvre des fossés subsidents qui appartiennent au plus vaste réseau du rift ouest-européen (Ziegler, 1988, 1990, Dèzes *et al.*, 2004 ; Ziegler et Dèzes, 2007). Ce régime distensif est compatible avec la compression N-S affectant l'Europe de l'ouest (Bergerat, 1985, 1987).

Déformations néogènes d'origine alpine

En mer de la Manche occidentale, les calcaires argileux et sables quartzeux à globigérines datées de l'Aquitainien (*Globigerine silts*) sont discordants sur les séries paléogènes. Au Miocène moyen, la transgression des sables et graviers calcaires à bryozoaires sur la bordure atlantique armoricaine envahit le couloir ligérien (Mégny *et al.*, 1980) et le bassin du centre-Cotentin où ces dépôts atteignent une épaisseur préservée de 78 m (forage de Raffoville, Dugué *et al.*, 2005). Ces faluns miocènes sont ensuite déformés en plis à grand rayon de courbure (Vittecoq, 2016), puis recoupés par le rejeu de failles N 60°-70° qui est à l'origine de leur préservation dans d'étroits grabens de la vallée du Merderet (Dugué *et al.*, 2005). Plus aucune transgression ne recouvre ensuite le centre-Cotentin jusqu'au Pliocène supérieur (Baize, 1998 ; Dugué *et al.*, 2005 ; Dugué, 2007). Le retour de la sédimentation terrigène au Plio-Pléistocène ne s'accompagne pas d'un changement des aires de dépôt toujours ouvertes sur l'Atlantique et les sables quartzeux pléistocènes recouvrent en discordance les séries paléogènes et néogènes sous-jacentes.

Sur la plate-forme européenne et au front des Alpes occidentales, un changement de régime tectonique intervient dès la fin de l'Oligocène, avec une compression horizontale maximale orientée NE-SW (N 45°-60°), se marquant par des rejeux de failles inverses et par des décrochements conjugués (Bergerat, 1985, 1987). Ces compressions plus intenses à l'est du rift ouest-européen qu'à l'ouest (Lorraine, Bourgogne et Limagnes) interviennent après la distension oligocène et avant les compressions fini-miocènes. À la fin du Miocène, un raccourcissement NW-SE est enregistré dans l'avant pays alpin et en Bourgogne tandis que la contrainte horizontale principale maximale est orientée E-W en Bavière et Bohême, attestant une dispersion des contraintes en éventail, autour de l'arc alpin (Bergerat, 1985, 1987 ; Ziegler et Dèzes, 2007). La compression des derniers dépôts miocènes se poursuit probablement jusqu'au Pliocène supérieur voire à l'Actuel (Bergerat, 1987).

CONCLUSION

Dans le Bassin parisien, l'analyse des déformations compressives dans la couverture mésozoïque et cénozoïque reste un exer-

cice délicat. Les profils sismiques y sont rares, la corrélation des forages profonds plus nombreux au centre du bassin a longtemps été privilégiée, et les études microstructurales concernent les affleurements sur les bordures du bassin. La couverture cartographique géologique a pu inventorier différentes familles de failles et établir leur rôle dans le contrôle des paléogéographies mésozoïques et cénozoïques. Dans la couverture jurassique du bloc cadomo-varisque armoricain, la révision des nombreux forages moins profonds de recherche hydrogéologique apporte une information stratigraphique complémentaire et précieuse dans la recherche de lignes de corrélation détaillées, pour élaborer des cartes structurales d'isohypses. Le Bessin et les campagnes de Caen et de Falaise ont été progressivement décapées de leur couverture crétacée et de ses altérites qui ont fourni le matériel alluvial des terrasses fluviales étagées de l'Orne, de la Dives et de la Touques au Pléistocène (Jamet, 2015). Dans le sous-bloc structural du Caux, cette couverture crétacée a été en grande partie conservée ; des plis en échelon de direction E-W déforment les craies sénoniennes, au début des déformations pyrénéennes. En Normandie occidentale, ces déformations compressives subméridiennes pyrénéennes s'expriment selon des plis à grand rayon de courbure de direction N 50°-70°, empruntant d'anciennes directions structurales varisques. Leur âge serait Sénonien à Éocène supérieur en les comparant aux plis du Caux, fini-Mésozoïque à Paléogène en privilégiant les Argiles à silex qui scellent le rejeu de failles recoupant ces plis ou Éocène supérieur à Oligocène inférieur, en les comparant aux déformations plicatives enregistrées dans le centre-Cotentin.

La poursuite des épisodes compressifs durant tout le Cénozoïque explique que ces flexures sont ensuite recoupées et déformées par le rejeu conjugué d'anciennes failles varisques N 110°-140° en décrochements dextres et des failles N 50°-70° en décrochements senestres. Un dispositif structural proche est retrouvé dans le Caux (Wazi, 1988). Le rejeu du décrochement senestre N 70° de Granville-Courseulles est ainsi conjugué au décrochement dextre N 110° du horst d'Amfréville. Dans le Bessin, le rejeu des failles de direction N 70° a créé plusieurs compartiments qui contrôleront en baie de Seine, l'écoulement pléistocène de la paléo Seine, en direction du fleuve « Manche ». Au cours d'une nouvelle phase compressive avec une contrainte maximale horizontale de direction N 140° à rattacher aux compressions alpines (*s. st.*), il y a un nouveau rejeu conjugué des failles N 155°-170° en décrochements senestres et de failles N 120° jouant en décrochements dextres qui déforment les flexures. D'ultimes déformations cénozoïques sont à rapporter aux deux amples voissures orientées SW-NE à E-W décrites dans la campagne de Caen, et reprenant les antiformes N 50°-70° plus modestes de Caen et d'Argences. Dans le Bessin, le rejeu des failles N 90° postérieur aux déformations plicatives a aussi déterminé une mosaïque de horsts et grabens en domaine littoral, comme celui de Saint-Vigor qui contrôlent le façonnement quaternaire des reliefs, l'enfoncement du réseau hydrographique normand au début du Pléistocène moyen et un étagement concomitant des terrasses fluviales du bassin versant côtier de la baie de Seine.

Les conséquences sédimentaires et diagénétiques de toutes ces déformations polyphasées cénozoïques dans les calcaires et marnes jurassiques restent à évaluer. Elles ont eu un rôle dans la circulation préférentielle des eaux souterraines et expliquent de nombreux principaux caractères de la carte piézométrique du Calvados. Au Quaternaire, la synforme de Bourguébus formée dans les calcaires bajociens et bathoniens, et située en amont de

l'estuaire de la Dives, a été progressivement comblée par des argiles, silts et tourbes holocènes, formant les marais de Vimont. Cette couverture organique participe aujourd'hui à des processus de dénitrification naturelle dans les aquifères bathoniens (Poignant, 2020).

Remerciements

Ce travail effectué dans le cadre d'une thèse d'université soutenue à l'université de Caen Normandie a bénéficié d'un contrat doctoral du ministère de l'Enseignement supérieur, de la re-

cherche et de l'innovation et du soutien financier de l'Agence de l'Eau Seine Normandie que nous remercions.

Pour l'interprétation des références aux couleurs dans les légendes des figures ou dans le texte, le lecteur est renvoyé à la version pdf de cet article.

For the interpretation of references to colors in the figure captions or in the text, the reader is referred to the pdf version of this article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUFFRET J.-P. et COLBEAUX J.-P. (1977) - Étude structurale du Boulonnais et de son prolongement sous-marin en Manche orientale. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, 19, 1047-1055.
- BAIZE S. (1998) - Tectonique, eustatisme et climat dans un système géomorphologique côtier. Le nord-ouest de la France au Plio-Pléistocène. Thèse Université de Caen, *Document BRGM 289* (1999), 366 p.
- BASSOMPIERRE P. GRAINDOR M.-J. et MARTIN P. (1968) - Observations tectoniques dans la région d'Arromanches, *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 9, 15-20.
- BENABDELLOUAHED M. (2011) - La Seine fluviatile plio-quadernaire en baie de Seine : évolution morphologique et sédimentaire (rôle du substratum géologique et des cycles climato-eustatiques). Thèse Université de Caen Normandie, 299 p.
- BENABDELLOUAHED M., DUGUÉ O., TESSIER B., THINON I. et GUENNOG P. (2013) - Évolution pléistocène de la Seine fluviatile préservée en Baie de Seine. *Quaternaire*, 24, 3, 267-277.
- BERGERAT F. (1985) - Déformations cassantes et champs de contrainte tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse Doctorat ès-Sciences, Paris VI, 315 p.
- BERGERAT F. (1987) - Paléo-champs de contraintes tertiaires dans la plateforme européenne au front de l'orogène alpin. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, 8, 3, 611-620.
- BIGNOT G. (1987) - La Haute-Normandie. In : CAVELIER C. & LORENZ J. (Coord), Aspect et évolution géologiques du Bassin parisien. Mém. h. s. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 203-224.
- BIGOT A. (1885) - Études géologiques des tranchées de la ligne de Caen à Saint-Lô, par Vire. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 3^e s., t. 9, 252-260.
- BIGOT A. (1916) - Carte géologique de France au 1/80 000, feuille de Falaise (2^e édition) n° 45, Service de la carte géologique de la France. Notice explicative de la feuille de Falaise du Service de la carte géologique de la France et *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 6^e s., t. 9, 157-178.
- BIGOT A. (1927) - Failles et plis dans les terrains secondaires du Calvados. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 7, 10, 33-42.
- BIGOT A. (1928) - Réunion extraordinaire de la Société géologique et minéralogique de Bretagne en Basse-Normandie (8-13 septembre 1928). Compte rendu. *Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, 7, 61-116.
- BRAULT N. (2002) - Ressources du sous-sol et environnements en Bretagne. Genèse, géométrie et propriétés de différents types d'aquifères. Thèse Université de Rennes 1, 190 p.
- CARIOU E. et HANZTPERGUE P. (coord.) (1997) - Biostratigraphie du Jurassique Ouest-européen et méditerranéen. Zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod. Mém.* 17, 422 p.
- CAVELIER C. et POMEROL C. (1979) - Chronologie et interprétation des événements tectoniques cénozoïques dans le Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, 21, 1, 33-48.
- CAZES M. et TORREILLES G., BOIS C., DAMOTTE B., GALDÉANO A., HIRN A., MASCLÉ A., MATTE P., VAN NGOC P. et RAOULT J.-F. (1985) - Structure de la croûte hercynienne du nord de la France : premiers résultats du profil Ecors. *Bull. Soc. Géol. France*, 8, 1, 925-941.
- COLBEAUX J.-P., DUPUIS C., ROBASZYNSKI F., AUFFRET J.-P., HAESAERTS P. et SOMMÉ J. (1980) - Le détroit du Pas-de-Calais : un élément dans la tectonique de blocs de l'Europe Nord-occidentale. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 17, 4, 41-54.
- DEBEGLIA N. (2014) - Le socle du Bassin parisien d'après les données gravimétriques, magnétiques et les sondages profonds. In GÉLY J.-P. et al. Le Bassin parisien. Un nouveau regard sur la géologie. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, mém. h. s. n° 9, 38-41.
- DEBEGLIA N. et WEBER C. (1978) - Apport des corrélations géophysiques à la connaissance du socle du bassin de Paris. *Mém. BRGM* n° 91, 63-70.
- DEROIN J.-P., LEROUGE G., BARBIER G., VERNHET Y., COURTARD J.-P., OZOUF J.-C. et LANGEVIN C. (1999) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Mézidon (146) Orléans, *BRGM*. Notice explicative par J.-P. DEROIN et al. (1999), 150 p.
- DESPREZ N., LABOURGUIGNE J. et MANIVIT J. (1980) - Évolution des principales structures du Bassin de Paris de la fin du Dogger au début du Tertiaire. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 17, 4, 61-67.
- DÈZES P., SCHMID S.M. et ZIEGLER P. A. (2004) - Evolution of the European Cenozoic rift system; interaction of the Alpine and Pyrenean orogens with their foreland lithosphere. *Tectonophysics*, 389, 1-33.
- DOLLFUS G. (1890) - Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le terrain de Paris. *Bull. Serv. Carte géol. détail. France*, Paris, C. R. collab., campagne 1889, 14, 1-69.
- DOLLFUS G. (1875) - Note géologique sur les terrains crétacés et tertiaires du Cotentin. *Bull. Soc. Géol. France*, 3, 3, 60-479.
- DORÉ F. (1971) - Prolongement du Paléozoïque sous le Jurassique du Nord de Caen : le Synclinal de Ranville. *Bull. BRGM*, 77-96.
- DUGUÉ O. (1989) - Géodynamique d'une bordure de massifs anciens. La bordure occidentale du Bassin anglo-parisien au Callovo-Oxfordien. Pulsations épirogéniques et cycles eustatiques. Thèse Université de Caen, 593 p.
- DUGUÉ O. (2007) - Le Massif armoricain dans l'évolution mésozoïque et cénozoïque du Nord-Ouest de l'Europe : contrôles tectonique, eustatique et climatique d'un bassin intracratonique (Normandie, mer de la Manche, France). Mém. Habil. Dir. Rech., université de Caen, Mém. Géosciences Rennes, 309 p.

- DUGUÉ O., FILY G. et RIOULT M. (1998) - Le Jurassique des Côtes du Calvados. Biostratigraphie, sédimentologie, paléoécologie, paléogéographie et stratigraphie séquentielle. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 85, 2, 132 p.
- DUGUÉ O., LAUTRIDOU J.-P., QUESNEL F., POUPINET N., CLET M., CAMUZARD J.-P., COUTARD S., BOURDILLON C., FRESLON M., AUFFRET J.-P., LAVILLE E. et GAIN O. (2005) - Le Cotentin du Mésozoïque au Cénozoïque. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 42, 2, 6-68.
- ENAY R., MANGOLD C., CARIOU E., CONTINI D., DEBRAND-PASSARD S., DONZE P., GABILLY J., LEFAVRAIS-RAYMOND A., MOUTERDE R. et THIERRY J. (1980) - Synthèse paléographique du Jurassique français. *Doc. Lab. géol. Lyon*, H. S. 5, 210 p.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1865) - Études sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie. Thèse doct., Univ. Paris (1864) et *Mém. Soc. Linn. Normandie*, XV, 1864 (1865), 296 p.
- EVANS C. D. R. (1990) - United Kingdom offshore regional report: the geology of the western English Channel and its western approaches. *British Geological Survey*, 93 p.
- EVANS D., GRAHAM C. ARMOUR A. et BATHURST P. (2003) - Petroleum geology of the central and northern North Sea. *Geol. Soc. London*, 989 p.
- FILY G. (1980) - Bathonien de Normandie. In : MÉGNIEN C. (éd.), Synthèse géologique du Bassin de Paris, T. III, Lexique de noms de formations. - *Mém. BRGM n°103*, 102, 103, 105, 108-110, 113-114, 120, 126, 136-137, 145, 164, 166, 172, 173, 176.
- FILY G., LEBERT A. et RIOULT M. (1979) - Un exemple de plate-forme carbonatée composite : la marge armoricaine du bassin anglo-parisien au Bathonien. In : Symposium sur la sédimentation jurassique W européen. *Ass. Sédimentologistes Français*, vol. sp. 1, 33-46.
- FILY G. et RIOULT M. (1980) - Normandie et Maine. In : THIERRY J. (Coord.), Chapitre Jurassique moyen, Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mém. BRGM. n° 101*, 145-150.
- FILY G., COUTARD J.-P., RIOULT M., AUFFRET J.-P., LARSONNEUR C. et QUÉRIÈRE P. de la (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Grandcamp-Maisy (95). *BRGM*, 55 p.
- GÉLY J.-P., HANOT F. (DIR.), AMÉDRO F., BERGERAT F., DEBELGLIA N., DELMAS J., DEROIN J.-P., DOLIGEZ B., DUGUÉ O., DURAND M., EDEL J.-B., GAUDANT J., HANZO M., HOUËL P., LORENZ J., ROBASZYNSKI F., ROBÉLIN C., THIERRY J., VICELLI J., VIOLETTE S., VRIELYNCK B., WYNS R. et coll. (2014) - Le Bassin parisien. Un nouveau regard sur la géologie. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, mém. h. s. n° 9, 278 p.
- GIGOT P., DUPRET L., LE GALL J., COUTARD J.-P., OZOUF J.-C., PAY T., LECOINTE A., DESLOGES J. et DEROIN J.-P. (1999) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Falaise (176), *BRGM*, 154 p. Carte géologique par P. GIGOT, L. DUPRET et J. LE GALL (1999).
- GRESSELIN F. (1990) - Évolution varisque du Massif armoricain oriental. Insertion dans une transversale Ouest-européenne. Thèse Université de Caen, 335 p.
- GUILLOCHEAU F., ROBIN C., ALLEMAND P., BOURQUIN S., BRAULT N., DROMART G., FRIEDENBERG R., GARCIA J.-P., GAULIER J.-M., GAUMET F., GROSDOY B., HANOT F., LE STRAT P., METTRAUX M., NALPAS T., PRIJAC T., RIGOLLET C., SERRANO O. et GRANDJEAN G. (2000) - Évolution géodynamique du Bassin de Paris : apport d'une base de données stratigraphiques 3D. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 36, 4, 3-35.
- HANOT F. et OBERT D. (1992) - Tectonique du Bassin parisien par les déformations du toit de la craie. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 29, 4, 47-55.
- HÉBERT E. (1875) - Ondulations de la craie dans le Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. France*, 3, 512-546.
- HÉRITIER F. et VILLEMEN J. (1971) - Mise en évidence de la tectonique profonde du Bassin de Paris. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, I, 2, 11-30.
- HOORN B. van (1987) - The South Celtic Sea/Bristol Channel basin: origin, deformation and inversion history. *Tectonophysics*, 137, 3, 309-334.
- JAMET G. (2015) - Réponses sédimentaires d'un bassin versant côtier aux variations glacio-eustatiques et au soulèvement plio-quaternaire : l'exemple du bassin versant côtier de la baie de Seine (Seine, Touques et Dives). Thèse Université de Caen Normandie, 420 p.
- KUNTZ G. et MÉNILLET F. (1988) - Tectonique cassante affectant le mésozoïque sur la bordure orientale du Massif armoricain : région d'Argentan (Orne). *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 25, 2, 31-33.
- LACOMBE O. et OBERT D. (2000) - Héritage structural et déformation de couverture : plissement et fracturation tertiaires dans l'Ouest du bassin de Paris. *C. R. Acad. Sci. Paris Sciences de la Terre et des planètes*, 330, 793-798.
- LARSONNEUR C. (1971) - Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse Doct. État, Université de Caen, 394 p.
- LARSONNEUR C., HORN R., AUFFRET J.-P., HOMMERIL P. et MOAL A. (1975) - Géologie de la partie méridionale de la Manche centrale. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A, 279, 145-153.
- LAUTRIDOU J.-P., AUFFRET J.-P., BALTZER A., CLET M., LÉCOLLE F., LEFEBVRE D., LERICOLAIS G., ROBLIN-JOUVE A., BALESCU S., CARPENTIER G., DESCOMBES S. et ROUSSEAU D.-D. (1999) - Le fleuve Seine, le fleuve Manche. *Bull. Soc. Géol. France*, 170, 545-558.
- LERICOLAIS G., GUENNOG P., AUFFRET J.-P., BOURILLET J.-F. et BERNÉ S. (1996) - Detailed survey of the western end of the Hurd Deep (English Channel): new facts for a tectonic origin. In: de BATIST M. et JACOBS P. (eds). *Geology of siliciclastic shelf seas. Geol. Soc. spec. pub.* 117, 203-215.
- LE ROY P., GRACIA-GARAY C., GUENNOG P., BOURILLET J.-F., REYNAUD J.-Y., THINON I., KERVENAN P., PAQUET F., MENIER D. et BULOIS, C. (2011) - Cenozoic tectonics of the Western Approaches Channel basins and its control of local drainage systems. *Bull. Soc. Géol. France*, 182, 5, 451-464.
- LIPPMAN E. et DOLLFUS G. (1893) - Un forage à Dives (Calvados). *Bull. Soc. Géol. France*, 3, 20, 356-392.
- LORENZ C. (1992) - Les grandes déformations de la couverture sédimentaires de l'ouest et du sud-ouest du Bassin parisien : apport à la connaissance de la structure du socle du bassin, *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 29, 4, 5-17.
- MARY G. et GIORDANO R. (1988) - Relation des bassins laguno-lacustres de l'Éocène supérieur sarthois avec la fracturation : exemple du couloir décrochant du Jalais. *Géologie de la France*, 1, 61-70.
- MAURIZOT P., AUFFRET J.-P., BAIZE S., DEROIN J.-P., DUGUÉ O., FILY G., LE GALL J., LELIEPAUKT F., MAZENC B. et PELLERIN J. (2000) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bayeux-Courseulles-sur-Mer (119), *BRGM*, 151 p. Carte géologique par P. MAURIZOT *et al.*, (2000).
- MÉGNIEN M. (1971) - Observations sur les ondulations tectoniques du bassin de Paris et hypothèse sur une dislocation majeure du socle. *Bull. BRGM*, sect. I, n° 2, 31-40.
- MÉGNIEN C. (Coord.) (1980) - Synthèse géologique du Bassin de Paris. Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. BRGM n° 101*, 466 p.

- OBERT D., DEFFONTAINES B., GÉLY J.-P., JOLY M., LACOMBE O., LORENZ J. et POMEROL C. (1997) - Tectonique plicative de couverture dans le Lutétien supérieur de la vallée de l'Eure : indice d'un accident profond. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 34, 2, 13-18.
- OLLIVIER-PIERRE M. F., RIVELINE J., LAUTRIDOU J.-P. et CAVELIER (1988) - Le fossé de Ceaucé (Orne) et les bassins ludiens (Éocène supérieur) de la partie orientale du Massif armoricain : sédimentologie, paléontologie, intérêt stratigraphique, paléogéographique et tectonique. *Géologie de la France*, 51-60.
- PAREYN C. et ROYANT G. (1964) - Géologie des rochers littoraux de la côte orientale du Cotentin entre Saint-Vaast-la-Hougue et Quinéville. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 10^e s., t. V, 86-93.
- PAREYN C., AMBONGUILAT A., PERRIMON M. et PANETIER J. (1970) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Lisieux n°121. *BRGM*.
- PASCAUD P. et MAUGER D. (1991) - Carte hydrogéologique du département du Calvados à 1/100 000. Conseil général du Calvados, Agence financière de bassin Seine-Normandie, Ministère de l'industrie et de l'aménagement du territoire, *BRGM* éd.
- PELLERIN J. (1968) - La Campagne de Caen : plateaux jurassiques et bordure du massif ancien. Étude géomorphologique. Thèse 3^e cycle, Université de Caen, 343 p.
- POIGNANT L. (2020) - Héritages morphostructural et climatique du drainage cénozoïque d'un bassin versant côtier : exemple de la Dives et des marais de Vimont, implications hydrogéologiques sur la nappe aquifère du Dogger (Normandie, France) Thèse Université de Caen Normandie, 464 p.
- QUESNEL F. (1997) - Cartographie numérique en géologie de surface. Application aux altérites à silex de l'ouest du Bassin de Paris. Thèse Université de Rouen, *Document du BRGM*, 263, 268 p.
- RAOULT J.-F. (1987) - Données récentes sur quelques grands traits structuraux du Bassin parisien et son soubassement hercynien à partir du profil E.C.O.R.S. Nord de la France In : CAVELIER C. et LORENZ J. (Coord.). Aspect et évolution géologiques du Bassin parisien. Mém. h. s. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 39-60.
- RIOULT M. (1962) - Sur l'âge du «Calcaire de Caen» et la stratigraphie du Bathonien de Normandie. - *Bull. Soc. Linn. Normandie*, Caen, 10, 2, 1961 (1962), 51-61.
- RIOULT M. (1968) - Contribution à l'étude du Lias de la bordure occidentale du Bassin de Paris. 1^{ère} Thèse Doct. État Université de Caen, 585 p.
- RIOULT M. (1980) - Maine, Perche, Normandie. In : DEBRAND-PASSARD S., ENAY R. et RIOULT M. (Coord.) Chapitre Jurassique supérieur, Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mém. BRGM* n° 101, 214-216.
- RIOULT M. (1985) - Écueils paléozoïques armoricains dans les mers jurassiques sur la bordure occidentale du Bassin parisien. Sédimentation et peuplements d'écueils. *Com. Trav. Hist. & Scientif.*, Poitiers. *Bull. Section des Sciences*, 9, 177-183.
- RIOULT M. et FILY G. (1975) - Discontinuités de sédimentation et unités lithostratigraphiques dans le Jurassique de Normandie. IX Cong. Int. Séd. Nice, thème 5, 2, 343-358.
- RIOULT M., COUTARD J.-P., QUÉRIÈRE P. de la, HELLUIN M., LARSONNEUR C., PELLERIN J. et PROVOST M.-P. (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000) feuille Caen (120). *BRGM*, 104 p.
- RIOULT M., DUGUÉ O., JAN DU CHÊNE R., PONSOT C., FILY G., MORON J.-M. et VAIL. P. R. (1991) - Outcrop sequence stratigraphy of the Anglo-Paris Basin, Middle to Upper Jurassic (Normandy, Maine, Dorset). *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine*, 15, 1, 101-194.
- RIOULT M., CONTINI D., ELMI S. et GABILLY S. (1992) - Bajocien. In : CARIOU E. et HANZTBERGUE P. (coord.), Biostratigraphie du Jurassique Ouest-européen et méditerranéen. Zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf. Explor. Prod.*, Mém. 17, Chap. 6, 41-53.
- SUZZONI J.-M. (1985) - Microfacturation et tectonique linéaire de la marge orientale du Massif armoricain. Thèse 3^e cycle Université du Maine, Le Mans, 159 p.
- SUZZONI J.-M. (1988) - Tectonique cassante cénozoïque polyphasée sur la marge armoricaine du bassin de Paris (France). *Bull. Soc. Géol. France*, 8, 4, 6, 995-1002.
- VERNHET Y., PAREYN C., VILLEY M., AUBRY J., ZWINGELBERG F., COUTARD F., BAIZE S. et COUTARD J.-P. (1999) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Balleroy n° 118. *BRGM*.
- VERNHET Y., MAURIZOT P., LE GALL J., GIGOT P., DUPRET L., BARBIER G., LEROUGE G., BESOMBES J. C. et PELLERIN J. (2002) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Villers-Bocage n° 145. *BRGM*.
- VEILLARD E. et DOLLFUS G. (1875) - Étude géologique sur les terrains crétacés et tertiaires du Cotentin. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 2, IX, 182 p.
- VITTECOQ B. (2016). Résultats de la campagne de forages de reconnaissance, diagraphies et pompes d'essais sur le sous-bassin de Marchésieux (50). Rapport final. *BRGM/RP-65224-FR*, 154 p.
- VRIELYNCK B. (2014) - Géodynamique du Bassin parisien dans le contexte de la plaque eurasiennne. In GÉLY J.-P. et al. Le Bassin parisien. Un nouveau regard sur la géologie. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, mém. h. s. n° 9, 44-47.
- WAZI N. (1988) - Le Crétacé du Roumois (vallée de l'Oïson) et le Tertiaire-Quaternaire des régions voisines de la basse vallée de la Seine : stratigraphie et tectonique. Thèse, Université de Rouen, 552 p.
- WEBER C. (1973) - Le socle antétriasique sous la partie sud du bassin de Paris d'après les données géophysiques. *Bull. BRGM*, sect. 2, 3-4, 219-343.
- WEIS R., NEIGE P., DUGUÉ O., DI CENCIO A., THUY B., NUMBERGER-THUY L. et MARIOTTI N. (2018) - Lower Jurassic (Pliensbachian-Toarcian) belemnites from Fresney-le-Puceux (Calvados, France): taxonomy, chronostratigraphy and diversity. *Geodiversitas*, 40, 4, 87-113.
- WYNS R. (1977) - Tectonique récente dans l'ouest du bassin de Paris : méthodes d'étude et bilan des déformations plio-quaternaires. *Bull. Soc. Géol. France*, 7^e s., 14, 5, 1093-1101.
- WYNS R. (1991) - Évolution tectonique du bâti armoricain oriental au Cénozoïque d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des formations géologiques associées. *Géologie de la France*, 3, 11-42.
- WYNS R. (2002) - Climat, eustatisme, tectonique : quels contrôles pour l'altération continentale ? Exemple des séquences d'altération cénozoïques en France. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 39, 2, 5-16.
- ZIEGLER P. A. (1982) - Geological atlas of Western and Central Europe: Shell Intern. Petrol. Maatschappij B. V., 130 p. ; 1990, 2nd edit., 239 p.
- ZIEGLER P. A. (1988) - Post-hercynian plate reorganization in the Tethys and Arctic-North Atlantic domains. In: Manspeizer W. Eds., Triassic-Jurassic rifting. Developments in Geotectonics, 22, *Elsevier*, 711-755.
- ZIEGLER P. A. (1990) - Geological atlas of Western and Central Europe (2nd ed.): Shell International Petroleum Maatschappij B.V. *Geol. Soc. London, Elsevier*, 56, 23
- ZIEGLER P. A. et DÈZES P. (2007) - Cenozoic uplift of Variscan massifs in the Alpine foreland: Timing and controlling mechanisms. *Global and Planetary Change*, 58, 237-269.

14-18 : La Terre et le Feu

Géologie et géologues sur le front occidental

BON DE COMMANDE

L'ouvrage, de 480 pages, richement illustré en quadrichromie (cartes, dessins, photographies), paru en décembre 2018, est vendu au prix de 38 € (plus frais d'emballage et de port). Renseignements et commandes par courriel (secretariat.agbp@gmail.com) ou par courrier postal (Association des Géologues du Bassin de Paris, Tour 56-55, E5, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05). Le bon de commande est également téléchargeable sur le site de l'AGBP : <http://www.agbp.fr/blog>

Mme/M.....
Adresse pour envoi postal

Courriel..... Téléphone.....

..... exemplaire(s) à 38 € + 9 € (par exemplaire) pour frais d'emballage et d'expédition soit..... €

..... exemplaire(s) à 38 € du volume à retirer (à Paris, à Lille) sur RV. Cette possibilité n'est offerte que dans les 3 premiers mois après parution (c. à d. jusqu'à mi-avril 2019) soit..... €

Réglement par chèque à l'ordre de AGBP CCP PARIS 07 717 41 E020 PARIS
 par virement fait à IBAN : FR41 2004 1000 0107 7174 E02 092

En cas de retrait sur place, merci de cocher la ville de retrait choisie Paris
 Lille

Le lieu précis de retrait vous sera communiqué lors de la prise de RV [à Paris : SGF ou Campus Jussieu ; à Lille : Université de Lille (Villeneuve d'Ascq)]

Date de la commande

Signature



Association des Géologues du Bassin de Paris

Rédaction et Administration
Tour 56-55, E5 - 4 place Jussieu
F-75252 PARIS Cedex 05
SIRET 328 440 664 00014 Code APE 221 E
IBAN FR41 2004 1000 0107 7174 1E02 092
CCP 07717 41E 020 PARIS
secretariat.agbp@gmail.com
www.agbp.fr



Nom : _____

Prénom : _____

Date de naissance : _____

Points d'intérêts : _____

Adresse personnelle : _____

Courriel/téléphone : _____

Adresse professionnelle : _____

Courriel/téléphone : _____

Fonction _____

Cotisation 2021 :

Membres ordinaires	20€	<input type="checkbox"/>
Personnes morales	40€	<input type="checkbox"/>
Étudiants** + recherche d'emploi**	0€	<input type="checkbox"/>

Cotisation + abonnement 2021 :

Membres ordinaires	Bulletin électronique	50€	<input type="checkbox"/>
	Bulletin papier	62€	<input type="checkbox"/>
Personnes morales	Bulletin électronique	100€	<input type="checkbox"/>
	Bulletin papier	124€	<input type="checkbox"/>
Étudiants** + recherche d'emploi**	Bulletin électronique	10€	<input type="checkbox"/>

Non membres + abonnement 2021 :

Bulletin papier seul 84€

Le Bulletin devra être envoyé à l'adresse personnelle

à l'adresse professionnelle

Pour les journées de terrain au printemps et en automne, les tarifs seront donnés au préalable de chacune d'elle

* Pour les membres à jour de leur cotisation et abonnement

** fournir un justificatif

SOMMAIRE

Loïc POIGNANT, Olivier DUGUÉ, Bernard CAILLAU. – Déformations plicatives dans les terrains jurassiques de Normandie (Bessin, campagnes de Caen et de Falaise)	3
---	---

Prix du fascicule : 18 €
CPPAP 05 22 G 85462
Dépôt légal : 4^e trimestre 2021

Directeur de la publication : M. J. ROULET
Achevé d'imprimer sur les presses
de l'imprimerie LAUNAY