

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326255267>

# Les horizons karstogènes de la craie : apport de la stratigraphie aux écoulements de la Pointe de Caux (France)

Conference Paper · May 2018

CITATIONS

2

READS

60

1 author:



Thierry Gaillard

CPGF-HORIZON

14 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



CHLOROKARST [View project](#)

## **Les horizons kartogènes de la craie : apport de la stratigraphie aux écoulements de la Pointe de Caux (France)**

**Thierry GAILLARD <sup>(1)</sup> Emmanuel HAUCHARD <sup>(2)</sup>**

(1) CPGF-HORIZON, tgaillard@cpgf-horizon.fr

(2) Codah / UMR CNRS 6143 M2C Dpt Geosciences et environnement Université de Rouen

**MOTS CLES :** karst, limites de séquence, craie, hardground, inception horizon, unités hydrostratigraphiques

### **RESUME**

Maxey (1964) et Seaber (1988) ont défini le concept d'unités hydrostratigraphiques comme étant des "bodies of rock". Les limites de ces unités sont implicitement négligées jusqu'à la définition proposée par Klimchouk (2007), faisant intervenir les bancs de plus faible perméabilité. Les falaises de craie de la Pointe de Caux (Normandie, France) permettent d'observer des lignes de sources perchées qui amènent à s'interroger sur l'origine de ces écoulements. L'étude du contexte stratigraphique de ces sources et des carottages de l'agglomération du Havre (CODAH) montre le rôle prépondérant de certaines surfaces : les hard-grounds, les marnes bentonitiques et certains niveaux de silex. La relation entre les horizons karstogènes et certaines surfaces stratigraphiques conduit à mettre en avant le rôle de la stratigraphie dans la distribution verticale des écoulements selon le concept d'"inception horizon" de Lowe et Gunn (1997). Ce concept permet de développer une approche originale de la craie, constituée de plusieurs unités hydrostratigraphiques, et d'expliquer la superposition des écoulements dans la craie du Pays de Caux (Normandie, France).

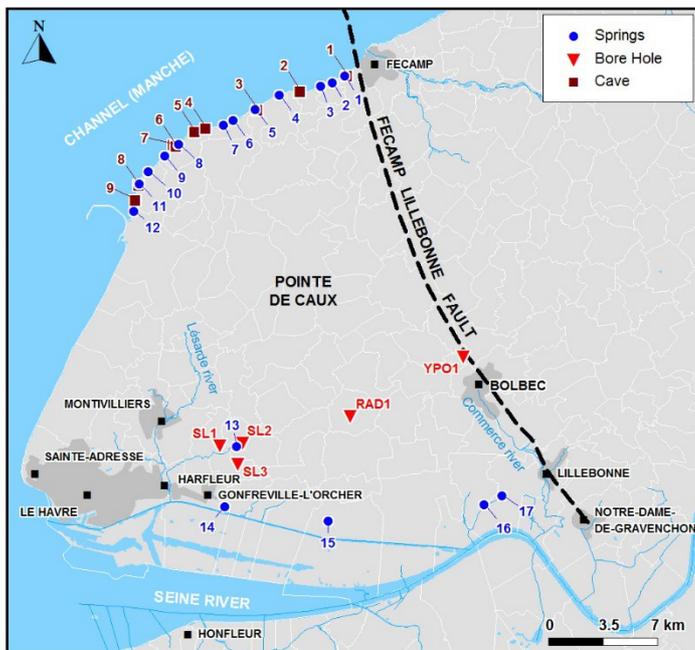
### **INTRODUCTION**

Les recherches en eau dans la craie se fondent couramment sur les méthodes géophysiques (CPGF, 1967 ; Robert et Sourrisseau, 1978 ; Roux et al., 1979). Les zones fissurées sont ainsi recherchées afin d'implanter les forages selon le modèle de la fissuration superficielle de la craie (Belgrand, 1872 ; Foster, 1974 ; Mégnien, 1979). En Haute Normandie, le modèle du karst étagé horizontal a été proposé par Rodet (1992) et repris par Laignel (1997) pour tenir compte d'une part des observations spéléologiques et d'autre part de la karstification de la craie normande. Une recherche en eau menée dans la vallée de la Scie a démontré le bien-fondé de cette approche en mettant en évidence la

corrélation horizontale entre les horizons productifs de trois forages de reconnaissance (Idée et Gaillard, 2011). L'objectif de cet article est d'explorer la distribution de ces horizons productifs sub-horizontaux en lien avec les données stratigraphiques acquises sur la craie du Cénomanién (Juignet, 1974) et du turono-coniacien (Quine, 1988 ; Ragot, 1988).

## AIRE D'ETUDE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE

L'étude s'intéresse à la Pointe de Caux (Fig.1), qui forme un triangle limité par la vallée de la Seine, la faille de Lillebonne-Fécamp et les rivages de la Manche. La craie du Crétacé supérieur forme de hautes falaises exposant les craies du Cénomanién à la base du Santonien.

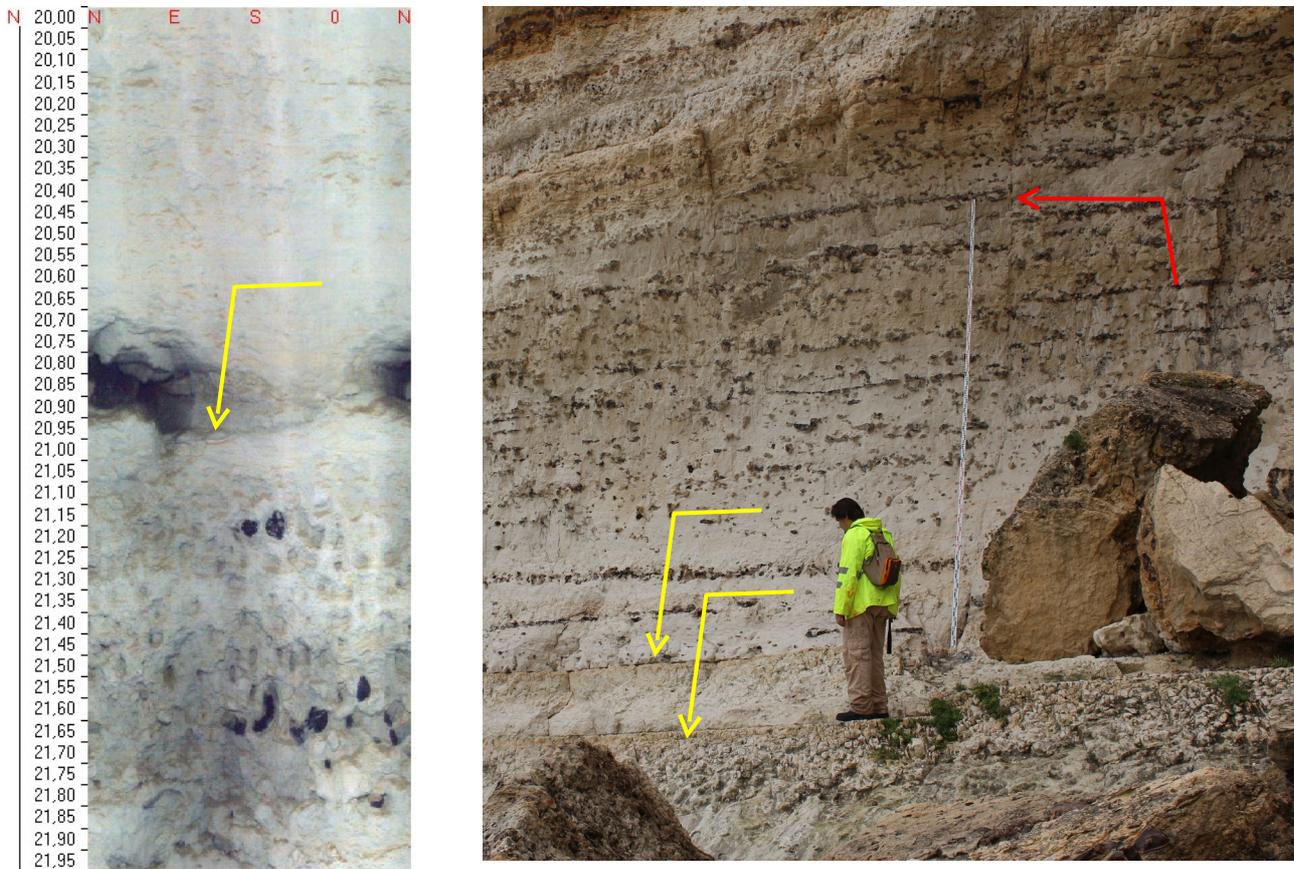


1 : Grainval ; 2 : Yport ; 3 : Vaucottes ; 4 : Etigues ; 5/6/7 : Etretat ; 8 : Fourquet cap ; 9 Antifer cap ; 10 : Bruneval ; 11 : Saint\_Jouin-Bruneval ; 12 : Tancarville ; 13 : Villequier

**Figure 1: Localisation des sites étudiés**

Passy (1832), Lesueur (1843) et Lennier (1870) ont étudié la paléontologie de la craie et définit les principales formations. Juignet (1974) reprend ce découpage en introduisant les discontinuités sédimentaires pour corréliser les coupes de la craie du Cénomanién. Ragot (1988) étudie le Turonien et le Coniacien le long de la faille Lillebonne-Fécamp et fonde lui aussi ses corrélations sur les hardgrounds de la craie, tandis que Quine (1988) concentre son travail sur les falaises entre Antifer et Senneville en prenant en compte d'autres

niveaux repères marneux ou siliceux selon l'approche du Pr Gale. Les deux auteurs français ont ainsi défini 20 séquences de dépôts, limitées par des hardgrounds (Fig. 2).



a : imagerie de paroi

b : hardground Tilleul 1 et 2, remarquer la faille non aquifère

**Figure 2: texture de hardgrounds en forage (a) et à l'affleurement (b)**

La craie du Cénomanién est constituée de 3 formations géologiques (Craie glauconieuse, Craie de Rouen et Craie d'Antifer). Deux limites de séquences sont remarquables: i) la première est constituée par le HG Bruneval 1, souligné par un alignement de silex noirs (silex Bruneval) ; ii) la seconde se compose du HG Antifer 1, au-dessous duquel se trouvent un banc de silex (silex Antifer) et un niveau marneux (marne Antifer).

La craie du Turonien est constituée de deux formations géologiques au-dessus du HG Antifer 3 (craie de Tilleul de Quine, 1988 et craie du complexe d'Etretat de Mortimore, 2011). La craie de Tilleul est une formation subhorizontale tandis que la craie du complexe d'Etretat est une succession de monticules et de cuvettes (mégarides) se terminant par des hardgrounds discontinus selon leur position dans l'agencement sédimentaire. Un hardground d'extension régionale a été identifié à Tancarville (Ragot, 1988) et à Etretat (Quine, 1988). Il s'agit du hardground de Senneville-Gravenchon (Juignet et Breton, 1994 ; Ragot 1988 ; Quine, 1988), qui marque le mur du faciès dolomitique d'Etretat (chalk rock).

La craie du Turonien se termine avec une craie marneuse blanche à silex noirs disséminés, surmontée par un niveau remarquable à l'échelle de la zone étudiée : le hardground de Chicard ici nommé (=Beuzevillette HG3 de Ragot, 1988 et Amont HG de Quine, 1988), souligné localement par une craie dolomitique dure à grains de glauconie et grains de quartz (Quine, 1988).

La craie du Coniacien conserve tout d'abord une sédimentation en monticules et cuvettes : c'est le membre d'Yport de Quine (1988). Trois hardgrounds sont particulièrement développés : i) les HG Bancs à Cuves (Juignet et Breton, 1997), ii) le HG Belval (Hoyez, 2008) et iii) le HG Etigue (Hoyez, 2008). A partir de la marne Yport (Quine, 1988 =marnes Les Loges de Hoyez, 2008), la sédimentation redevient sub-horizontale alternant bancs de craie et banc de silex (post Etrezat complex de Mortimore, 2011 ; série de Grainval de Hoyez, 2008). Les hardgrounds Vatettot, Yport, Criquebeuf et Grainval sont visibles en sommet de falaise entre Yport et Fécamp.

### POSITION STRATIGRAPHIQUE DES ECOULEMENTS

Afin d'étudier le rôle de la stratigraphie sur les écoulements souterrains, une étude des écoulements perchés en falaise (« pisseuses ») a été menée principalement sur le littoral cauchois et la baie de Seine. Les données stratigraphiques acquises sur les sources captées par la CODAH ont elles aussi été valorisées. Un exemple de la méthode est donné sur la figure 3.

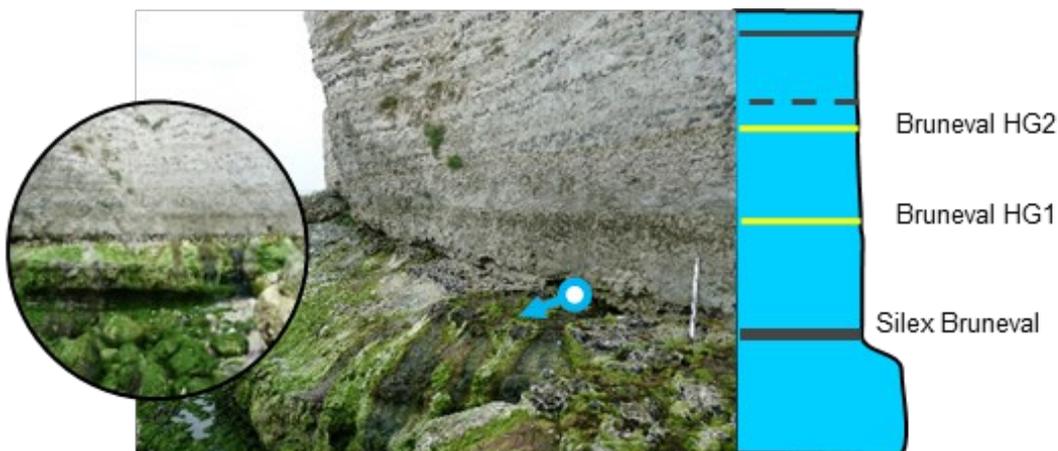


Figure 3: exemple de recalage stratigraphique, source Bruneval (n°12)

Les 17 émergences étudiées figurent dans le tableau 1.

ID	Longitude	Latitude	Longitude	Etage	Surface stratigraphique
----	-----------	----------	-----------	-------	-------------------------

1	Renneville W	49.7504	0.345474	Coniacian	by pass Belletout marl ?
2	La Bonne Pierre	49.7462	0.334625	Coniacian	Yport/Les Loges marl
3	Source Yport C	49.7440	0.324485	Turo-Coniacian	Limite T-C ?
4	Vaucottes	49.7382	0.287326	Coniacian	Fissured cliff
5	Fonds d'Etigue	49.7291	0.266306	Coniacian	undetermined
6	Fontaine aux Mousses	49.7223	0.246394	Coniacian	Belval HG
7	Pisseuses de Bénouville	49.7193	0.238004	Coniacian	Banc à Cuves HG
8	Etretat « river »	49.7076	0.198516	Turonian	Tilleul HG
9	Pisseuse de Valaine	49.7007	0.186615	Turonian	Chalk rock/Senneville HG
10	Pisseuses de La Place	49.6910	0.172123	Cénomannien	Antifer marl/Antifer flint
11	Source du phare Antifer	49.6836	0.164199	Cénomannien	Under Fourquet flint
12	Source de Bruneval	49.6675	0.160015	Cénomannien	Bruneval flint
13	Saint Laurent, Petites Sources	49.5314	0.257417	Cenomanian	Bruneval HG/flint
14	Chateau d'Orcher	49.496	0.248261	Cenomanian	Antifer marl/Antifer flint
15	Sandouville quarry	49.4893	0.340936	Cenomanian	Antifer marl/Antifer flint
16	Bruisseriesse (Radicatel)	49.5011	0.479642	Turo-Coniacian	Limite T-C ?
17	Moulin B (Radicatel)	49.5067	0.495349	Turo-Coniacian	Limite T-C ?

**Tableau 1 : Position stratigraphique des sources étudiées**

Les observations hydrogéologiques obtenues montrent qu'une majorité des écoulements étudiés (88%) se concentrent sur une surface stratigraphique bien déterminée. Les principales surfaces identifiées pour leur rôle hydrogéologique sont :

1. Au Cénomannien : le silex Bruneval et la marne Antifer ;
2. Au Turonien : les HG Tilleul et Senneville ;
3. Le HG Chicard ou la limite Turono-Coniacien qui concentre les sources ayant le plus gros débit (Yport, Radicatel) ;
4. Au Coniacien : les HG Banc-à-Cuves et Belval, les niveaux marneux Yport et Belletout.

## CONCLUSIONS

Les facteurs de contrôle de la formation des conduits karstiques sont largement débattus par les hydrogéologues et les karstologues (Salomon, 2000 ; Ford, 2003). Les deux modèles hydrogéologiques courants (zone fissurée versus conduits étagés) sont primordiaux à identifier pour mener les recherches en eau et comprendre la nature des écoulements dans la craie. Dans la Pointe de Caux, le rôle de la fissuration dans la formation des conduits a été débattu dès Martel (1908) et plus récemment à l'occasion de l'étude de galeries karstiques (Wilhems et al., 2007 ; Rodet et al., 2013). Les sources d'Yport, d'Etretat ainsi que les écoulements en falaises se font le plus souvent en l'absence de toute fissuration de la craie. Leur étagement vertical a été mis en

correspondance avec l'évolution du niveau de base hydraulique : la Seine et la Manche au cours du Quaternaire (Rodet, 1992). Le calage stratigraphique des sources étudiées montre à contrario que leur localisation dans la craie est contraint par la lithologie et la présence de surfaces repères pouvant agir comme un drain sur une surface durcie. Le concept de «inception horizon» (Lowe et Gunn, 1997) paraît mieux adapté au contexte crayeux pour expliquer l'étagement vertical des flux. Les hardgrounds et les niveaux marneux agissent comme des horizons hydrogéologiques favorisant le développement du karst de restitution sub-horizontale. Ces surfaces jouent le rôle d'horizons karstogènes à partir desquels plusieurs unités hydrostratigraphiques peuvent alors être définies (au sens de Maxey, 1988 et Klimchouk, 2007).

Dans cette perspective, plusieurs unités hydrostratigraphiques peuvent être définies sein des craies du Cénomaniens, du Turonien et du Coniacien de la Pointe de Caux (fig. 4). La craie du Coniacien, qui concentre à sa base les écoulements les plus importants est ici nommée grand karst. Elle comprend plusieurs surfaces stratigraphiques qui conditionnent une succession de nappes perchées. La craie du Turonien, bien que très complexe du point de vue stratigraphique, est remarquable par le rôle hydrogéologique des hardgrounds de Tilleul et de Senneville, associés à la craie (dé)dolomitisée d'Etretat. Ces niveaux forment des horizons karstogènes remarquables que Sanarens (1921) avaient ainsi décrit : « *arrivés à la craie turonienne moyenne, plus compacte, plus marneuse, ces petits ruisselets trouvant un obstacle à leur descente, se réunissent entre eux et finissent par former de véritables petits ruisseaux souterrains* ». Enfin, la craie du Cénomaniens est drainée par deux horizons karstogènes majeurs à la base de la craie d'Antifer (marne Antifer) et au sein de la craie glauconitique (Bruneval HG/Bruneval flint).

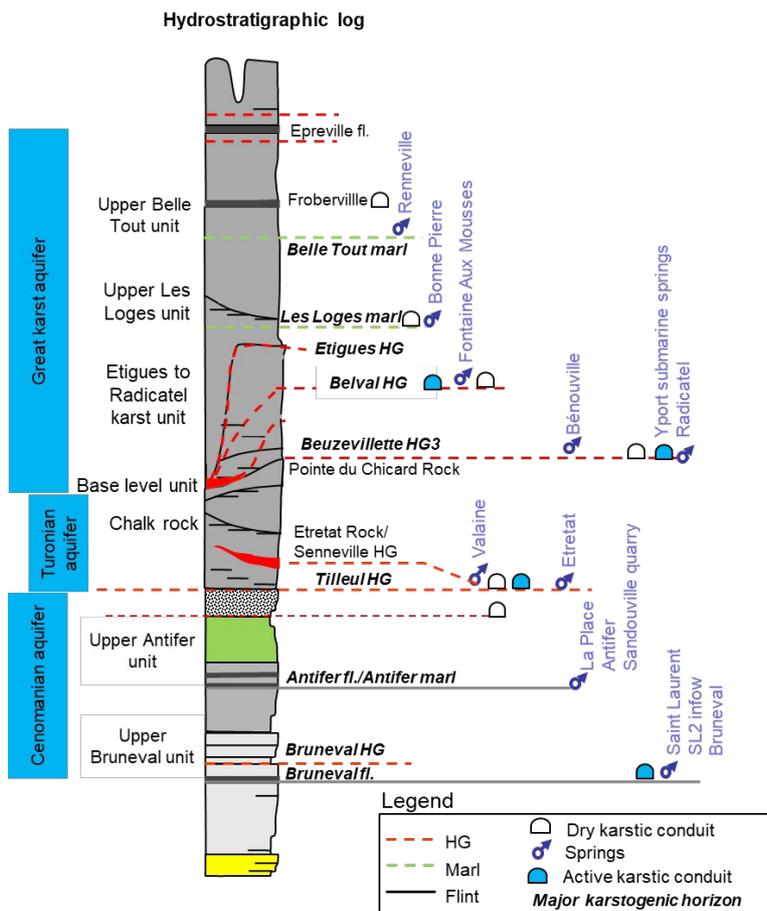


Figure 4 : Unités hydrostratigraphiques de la craie de la Pointe de Caux

## Références bibliographiques :

- CPGF (1967). *Etude hydrogéologique et géophysique sur la vallée du Longsols pour l'AEP de Bouy Luxembourg, Onjon et Longsols (Aube)*. 463 : 23 p
- Ford DC (2003). *Perspectives in karst hydrogeology and cavern genesis. Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, 2003, Vol 1 (1)*. Republished from Palmer, A.N., Palmer, M.V., and Sasowsky, I.D. (eds.), *Karst Modeling: Special Publication 5, The Karst Waters Institute, Charles Town, West Virginia (USA)*, 17-29. Open link, UIS KHS Commission
- Foster SSD, Milton VA (1974). *The permeability and storage of an unconfined chalk aquifer. Hydrogeological sciences, XIX, 4, 12/1974: 485-500*
- Hoyez B (2008). *Falaises du Pays de Caux. Lithostratigraphie des craies turono-campaniennes. Publications des universités de Rouen et du Havre, 350 p*
- Idée E, Gaillard T (2011). *SIAEPA de la vallée de la Sâne : recherche de nouvelles ressources en eau potable, SAFEGE 10NRE011,*
- Juignet P (1974). *La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif Armoricaïn, Aptien, Albien, Cénomaniën de Normandie et du Maine ; Le stratotype du Cénomaniën. Tome 1. Thèse Université de Caen, 807p.*
- Juignet P, Breton G (1997) *Brèches de silex, diagénèse et déformations dans la craie de Haute Normandie (France). Flint breccias, diagenesis and deformation of the Chalk in Haute-Normandie (France). Ann Soc Geol du Nord, 5, (2): 227-240*

- Klimchouk AB (2007). *Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective. Special Paper no. 1, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, NM, 106 p.*
- Laignel B (1997). *Les altérites à silex de l'ouest du bassin de Paris, caractérisation lithologique, genèse et utilisation potentielle comme granulats. Thèse, Université de Rouen, 232 p*
- Lennier G (1870) *Études géologiques et paléontologiques sur l'embouchure de la Seine et les falaises de la Haute-Normandie, 283p*
- Lesueur CA (1843). *Vues et coupes du cap de la Hève. Plan du littoral du cap de la Hève. 1 planche*
- Lowe D, Gunn J (1997). *Carbonate speleogenesis : an inception horizon hypothesis. Acta carsologica, XXCI/2 (38) : 457-488*
- MARTEL EA (1908). *Les abîmes : les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie : explorations souterraines effectuées de 1888 à 1893 en France, Belgique, Autriche et Grèce, Paris, Librairie Ch. Delagrave, 1894, 578 p.*
- Maxey GB (1964). *Hydrostratigraphic units. Journal of Hydrology (2): 124-129*
- Mégnyen C (1979). *Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Thèse soutenue à Paris, tome II, 532p*
- Mortimore RN (2011). *A chalk revolution: what have we done to the Chalk of England? Proc. of the Geologists' Association, 122 (2): 232–297. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2010.09.001>*
- Quine MJ (1988). *Sedimentology of the Chalk of coastal Haute Normandie, France. PhD Thesis, University of London, 520p*
- Passy A (1832). *Description géologique du département de la Seine inférieure. Rouen, 461p*
- Ragot J (1988). *La sédimentation crétacée aux abords de l'accident Fécamp-Lillebonne-Villequier (Seine Maritime, France, Biostratigraphie et contrôle structurale. Thèse, Université de Rouen, 222 p*
- Robert A, Sourisseau B (1978). *Essai d'analyse par géophysique électrique de la perméabilité d'une craie soumise aux battements de la nappe. - Actes du troisième colloque annuel de diagraphies S.A.I.D. - Fifth European logging symposium transactions, Paris, 20, 21 oct. 1977 Thème 3 : 505-512*
- Rodet J (1992). *La craie et ses karsts. Editions CNEK, Elbeuf et Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen, 560 p.*
- Rodet J, Ma K, Viard JP (2013). *Incidences of the tectonics in the karstification of chalk limestones in the western Paris basin: example from the Petites Dales cave (Saint Martin aux Buneaux, France). Karst and Caves in Carbonate Rocks, Salt and Gypsum – oral 2013 ICS Proceedings : 121-125*
- Roux JC, Tremembert J, Valentin J (1979). *Etude par prospection géophysique de la fissuration en milieu crayeux. BRGM 79SGN109, 130p*
- Salomon JN (2000). *Précis de karstologie. Presses Universitaires de Bordeaux, 289p*
- Sanarens J (1921). *Contribution à l'étude de l'étiologie de la fièvre typhoïde au Havre : études hydrologiques sur les eaux potables du Havre, Le Havre, 122 p.*
- Seaber PR (1988). *Hydrostratigraphic units. In : Geological Society of North America : The geology of North America (2) : 9-14.*
- Sloss LL (1963). *Sequences in the cratonic of north America. Geological society of America bulletin, 74: 93-114*
- Willems L, Rodet J, Fournier M, Massei N, Laignel B, Dussart-Baptista L, Schyns JC, Duser M, Lagrou D, Ek C (2003). *Genesis of a karst system in the Lower Meuse chalk district (Belgian-Dutch border). Z. geomorphh. N.E., 51 (3) : 361-376*