

Un nouvel affleurement de Tuffeau de Saumur à Saint-Rémy-sur-Creuse (Vienne) : témoin de la vaste extension géographique d'une formation du Turonien moyen le long de la bordure sud-ouest du Bassin parisien

A new outcrop of Tuffeau de Saumur at Saint-Rémy-sur-Creuse (Vienne): evidence of the large geographical extension of a Middle Turonian formation along the southwest edge of the Paris Basin

Francis AMÉDRO¹
Franck LENOVEL²
Fabien GRAVELEAU³

Géologie de la France, n° 1, 2024, p. 1-12, 10 fig.

Mots-clés : Tuffeau de Saumur, Bassin parisien, Turonien moyen, *Hardgrounds*, *Firmgrounds*, Correlation.

Keywords: *Tuffeau de Saumur*, *Paris basin*, *Middle Turonian*, *Hardgrounds*, *Firmgrounds*, *Correlation*.

Résumé

Un nouvel affleurement de Tuffeau de Saumur (Turonien moyen basal) est décrit à Saint-Rémy-sur-Creuse, dans le département de la Vienne. La coupe montre un ensemble de trois niveaux durcis, pluridécimétriques, échelonnés sur 4 m de haut. Les deux premiers niveaux, semi-indurés, sont superposés et correspondent à des *firmgrounds*, le second contenant en outre de très nombreuses petites exogyres appartenant à l'espèce *Rhynchostreon suborbiculatum*. Le troisième niveau durci, situé 2 m au-dessus des précédents, est un véritable *hardground*. Les ammonites récoltées (*Neptychites cephalotus*, *Collignoniceras woollgari woollgari* et *Romaniceras ornatissimum*) justifient l'attribution de cet affleurement de tuffeau à la Formation du Tuffeau de Saumur surmontée de la Formation du Tuffeau de Bourré.

Ce nouvel affleurement de Tuffeau de Saumur, situé à 70 km au sud-est de la localité type, conduit, avec d'autres coupes décrites récemment entre Loudun et Châtellerault, à agrandir considérablement l'aire de distribution géographique de la formation. Longtemps cantonnée au Saumurois, la Formation du Tuffeau de Saumur s'étend en réalité sur une grande partie de la Touraine méridionale et atteint les abords du Seuil du Poitou. Dans les environs de Saumur, la partie moyenne de la formation inclut un horizon riche en exogyres associé à une ou deux surfaces d'omission plus ou moins indurées évoluant latéralement en *firmgrounds*, voire en *hardgrounds*. Cet intervalle particulier (unité D du Tuffeau de Saumur) est situé à la limite entre les zones d'ammonites successives à *Kamerunoceras turoniense* et à *Romaniceras kalesi*. C'est à celui-ci que sont rapportés les deux *firmgrounds* superposés décrits à Saint-Rémy-sur-Creuse, le second contenant également de très nombreuses exogyres.

La comparaison d'une douzaine de coupes échelonnées sur une centaine de kilomètres à travers le Saumurois et la Touraine méridionale permet de suivre l'évolution latérale de l'unité D du Tuffeau de Saumur le long de la bordure sud-ouest du Bassin parisien. En se dirigeant vers le centre du bassin, les surfaces d'omission disparaissent et seuls les lits d'exo-

gyres permettent d'identifier le niveau repère. En revanche vers la bordure du Massif armoricain et le Seuil du Poitou, la succession lithologique devient de plus en plus contractée, puis condensée et parfois glauconieuse avec apparition de *firmgrounds* (comme à Saint-Rémy-sur-Creuse, mais également au Puy-Notre-Dame, à Loudun et Usseau) et ensuite de *hardgrounds* (à Tourtenay et à Sossay). On se trouve en marge du bassin, sur des zones à faible profondeur soumises à des courants marins entraînant des phases de ralentissement ou d'arrêt de sédimentation, voire d'érosion.

Abridged English version

*A new outcrop of Tuffeau de Saumur (basal Middle Turonian) is described at Saint-Rémy-sur-Creuse, in the Vienne department. The section shows a set of three hardened, multi-decimetric levels, spread over 4 m high. The first two hardened levels are superimposed and correspond to firmgrounds, the second also containing very numerous small exogyres belonging to the species *Rhynchostreon suborbiculatum*. The third hardened level, located 2 m above the previous ones, is a real hardground. The ammonites collected (*Neptychites cephalotus*, *Collignoniceras woollgari woollgari* and *Romaniceras ornatissimum*) justify the attribution of this outcrop to the Tuffeau de Saumur Formation surmounted of the Tuffeau de Bourré Formation.*

This new outcrop of Tuffeau de Saumur, located 70 km southeast of the type locality, leads, with other sections recently described between Loudun and Châtellerault, to considerably enlarge the geographical distribution area of the formation. Usually confined to Saumur, the Tuffeau de Saumur Formation

¹ Francis AMÉDRO
26 rue de Nottingham, 62100 Calais et Université de Bourgogne – Franche-Comté, UMR CNRS 6282, Biogéosciences, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon. francis.amedro@free.fr

² Franck LENOVEL
9 impasse de la Verdonnerie, 37160 Descartes. cflenouvel@yahoo.fr

³ Fabien GRAVELEAU
Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, IRD, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F 59000 Lille, France. fabien.graveleau@univ-lille.fr

actually extends over a large part of southern Touraine and reaches the edges of the *Seuil du Poitou*. In the Saumur area, the middle part of the formation includes a exogyres-enriched horizon associated with one or two more or less indurated omission surfaces evolving laterally into firmgrounds, or even hardgrounds. This particular interval (unit D of the Tuffeau de Saumur) is located at the limit between the successive ammonite zones of *Kamerunoceras turoniense* and *Romaniceras kallesi*. The two superimposed firmgrounds described at Saint-Rémy-sur-Creuse are related to this interval.

The comparison of a dozen of sections spread over a hundred kilometers across Saumur and southern Touraine makes it possible to follow the lateral evolution of unit D of the Tuffeau de Saumur along the southwest edge of the Paris Basin. Moving towards the center of the basin, the omission surfaces disappear and only the exogyre beds allow to identify the benchmark level. On the other hand, towards the edge of the Armorican Massif and the *Seuil du Poitou*, the lithological succession becomes more and more contracted, then condensed and sometimes glauconitic with the appearance of firmgrounds (as at Puy-Notre-Dame, but also at Loudun, Usseau and Saint-Rémy-sur-Creuse) and then hardgrounds (in Tourtenay and Sossay). We are on the edge of the basin, in shallow areas subject to marine currents leading to phases of slowing down or stopping of sedimentation, or even erosion.

1. Introduction

C'est probablement à la base du Turonien moyen que le niveau marin eustatique a atteint l'un de ses maximums dans l'histoire de la Terre, s'élevant 200 à 300 m au-dessus du niveau actuel (Haq *et al.*, 1988 ; Gale, 1996 ; Hardenbol *et al.*, 1998 ; Haq, 2014). Déjà très actif au Cénomaniens, le volcanisme observé au niveau des dorsales océaniques, responsable principal de l'élévation du niveau marin (Vrielynck, 2018), crée parallèlement un effet de serre qui perturbe le climat. Les indices géochimiques indiquent des températures élevées (eaux de surface pouvant atteindre 30-35 °C dans l'Atlantique central) et des teneurs atmosphériques en CO2 fortes (peut-être 4 fois plus qu'aujourd'hui) (Jenkyns *et al.*, 1994 ; Hubert *et al.*, 2018). Les reconstitutions paléogéographiques montrent que les formations marines s'étendaient alors largement sur le domaine continental (Vrielynck, 2018).

En France, les limites d'extension actuelles des dépôts du Crétacé supérieur au sein du Bassin parisien et du Bassin aquitain correspondent aux limites d'érosion post-crétacées (fig. 1). Plusieurs études récentes suggèrent qu'une grande partie des massifs anciens (Massif armoricain et Massif central) était probablement submergée au Crétacé supérieur (Bruxelles & Simon-Coinçon, 2003 ; Wattine *et al.*, 2010 ; Barbarand *et al.*, 2013) (fig. 2). Des communications existaient également entre le sud-ouest du Bassin parisien, la Vendée et la bordure nord du Bassin aquitain *via* le *Seuil du Poitou* (Robaszynski coord., 1983). L'absence actuelle de dépôts crétacés sur les bordures des Massifs armoricain et central ainsi qu'au niveau du *Seuil du Poitou* ne signifie donc pas que ces aires étaient totalement émergées. De façon plus précise, durant la période de dépôt des deux premières zones d'ammonites du Turonien moyen (qui en compte quatre ; cf. fig. 3), c'est-à-dire durant les zones successives à *Kamerunoceras turoniense* et à *Romaniceras kallesi*, le Bassin parisien

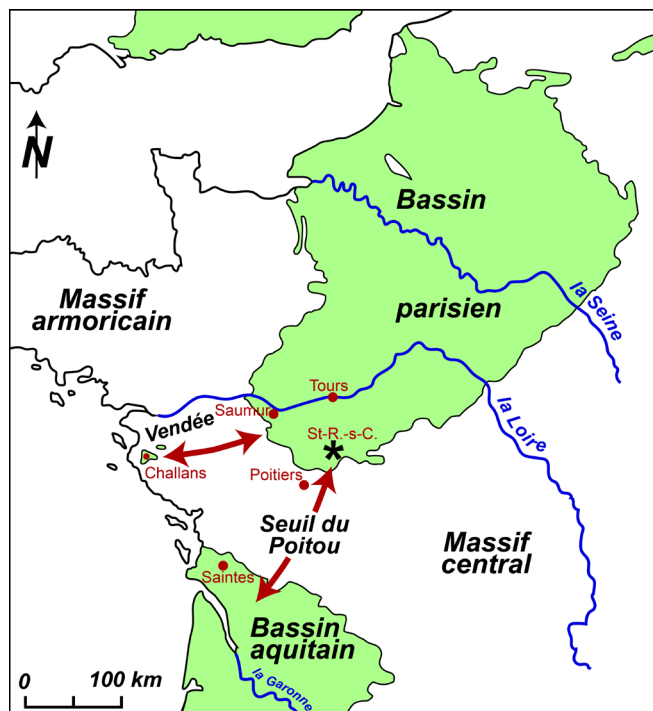


Fig. 1 : Limites d'extension actuelles des dépôts du Crétacé supérieur au sein du bassin parisien et du bassin aquitain et localisation géographique de la région étudiée dans la partie sud-ouest du bassin parisien. L'astérisque correspond au gisement de Tuffeau de Saumur décrit à Saint-Rémy-sur-Creuse. Les flèches montrent les connexions existant au Turonien moyen entre le sud-ouest du bassin parisien et, d'une part la Vendée (Bassin de Challans-Commequiers) et d'autre part le bassin aquitain (Charentes) (Louail & Viaud, 1977 ; Robaszynski coord., 1983).

Fig. 1: Current extension limits of Upper Cretaceous deposits within the Paris Basin and the Aquitaine Basin and geographical location of the studied region in the southwestern part of the Paris Basin. The asterisk corresponds to the Tuffeau de Saumur outcrop described in Saint-Rémy-sur-Creuse. The arrows show the connections existing in the Middle Turonian between the south-west of the Paris Basin and the Vendée (Challans-Commequiers basin) and, on the other hand, the Aquitaine Basin (Charentes) (Louail & Viaud, 1977 ; Robaszynski coord., 1983).

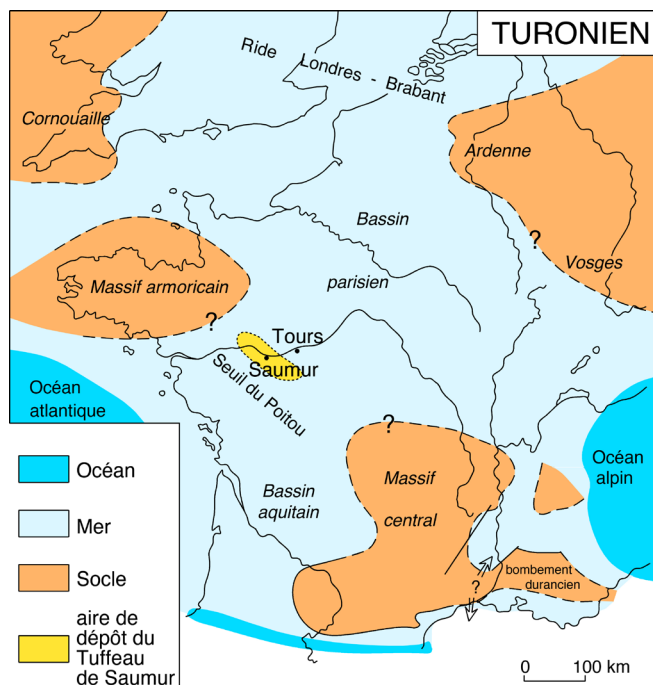


Fig. 2 : Reconstitution paléogéographique de la France au Turonien (d'après Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018, modifiée).

Fig. 2: Paleogeographic reconstruction of France during Turonian times. (modified after Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018).

appartenait à la mer de la Craie qui couvrait toute l'Europe du Nord. Dans le Saumurois, il existait cependant une aire de sédimentation particulière où se déposaient des sables calcaires consolidés (plus précisément une calcarénite finement micacée, jaune-pâle) constituant aujourd'hui la Formation du « Tuffeau de Saumur ».

Le terme de Tuffeau de Saumur a été créé par de Grossouvre en 1901 en tenant compte de la nature lithologique de la formation et surtout de son exceptionnelle richesse paléontologique révélée quelques décennies plus tôt par d'Orbigny (1840-1842, 1850) et surtout par Courtyllier (1860, 1867) qui y a récolté « en très grande quantité » huit espèces d'ammonites : les « *Ammonites Cephalotus*, *A. Reveliereanus*, *A. Salmuriensis*, *A. Woolgarii*, *A. Peramplus*, *A. Lewesiensis*, *A. Fleuriausianus* et *A. Deverianus* ». Ces espèces sont concentrées au milieu du tuffeau : « là se trouve une épaisseur d'un mètre environ où les corps organisés entassés, pressés les uns contre les autres, forment un banc où l'on rencontre toutes les espèces qui caractérisent cet étage » (Courtyllier, 1868).

D'Orbigny ayant choisi en 1852 la région « allant depuis Saumur jusqu'à Montrichard comme plus beau type » de son étage Turonien créé quelques années auparavant (d'Orbigny, 1843, 1847), le Tuffeau de Saumur fait partie des formations stratotypiques. Il s'agit de la seule unité lithologique de cette nature connue à la base du Turonien moyen au sein du Bassin parisien. D'autres tuffeaux, comme les Tuffeaux de

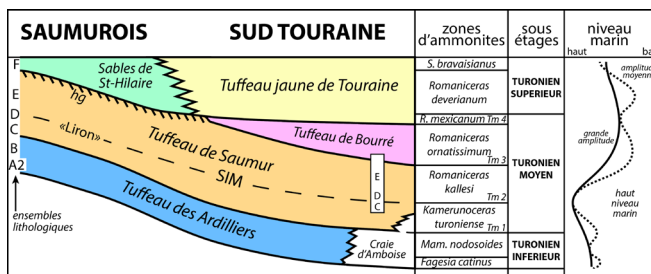


Fig. 3 : Du Saumurois au sud de la Touraine : relations géométriques entre les formations du Turonien (d'après Amédéo et al., 2020, modifié). L'échelle des hauteurs n'est pas totalement respectée car l'accent est mis sur l'attribution stratigraphique des formations. La courbe de variation du niveau marin est celle tracée par Gale (1996) dans les craies du sud de l'Angleterre, dont on retrouve les grandes lignes au sein des dépôts plus détritiques (tuffeaux) du Saumurois et de la Touraine. SIM : Surface d'Inondation Maximale (pic de second ordre superposé à un pic de 3^e ordre suivant les avis convergents de Gale, 1996 et Hardenbol et al., 1998).

Fig. 3: From Saumur to the south of Touraine: geometric relationships between the Turonian formations (modified after Amédéo et al., 2020). The vertical scale is not completely respected because the stratigraphic attribution of the formations is emphasized. The sea level variation curve is traced after Gale (1996) in the chalks of southern England. Main lines are found within the more detrital deposits (tuffeaux) of Saumurois and Touraine. SIM: Maximum Flooding Surface (second order peak superimposed on a 3rd order peak following the converging opinions of Gale, 1996 and Hardenbol et al., 1998).

Bourré en Touraine et de Poncé dans la Sarthe, sont plus récents car datés de la 3^e zone d'ammonites du Turonien moyen à *Romaniceras ornatissimum*. Durant plus d'un siècle, le Tuffeau de Saumur a semblé limité au Saumurois, formant sur la rive gauche de la Loire une bande continue d'une dizaine de kilomètres de large entre Montsoreau au sud-est et Gennes au nord-ouest et affleurant sur la rive droite autour de Baugé (fig. 4) (Courtyllier, 1868 ; Couffon, 1936 ; Hancock et al., 1977 ;

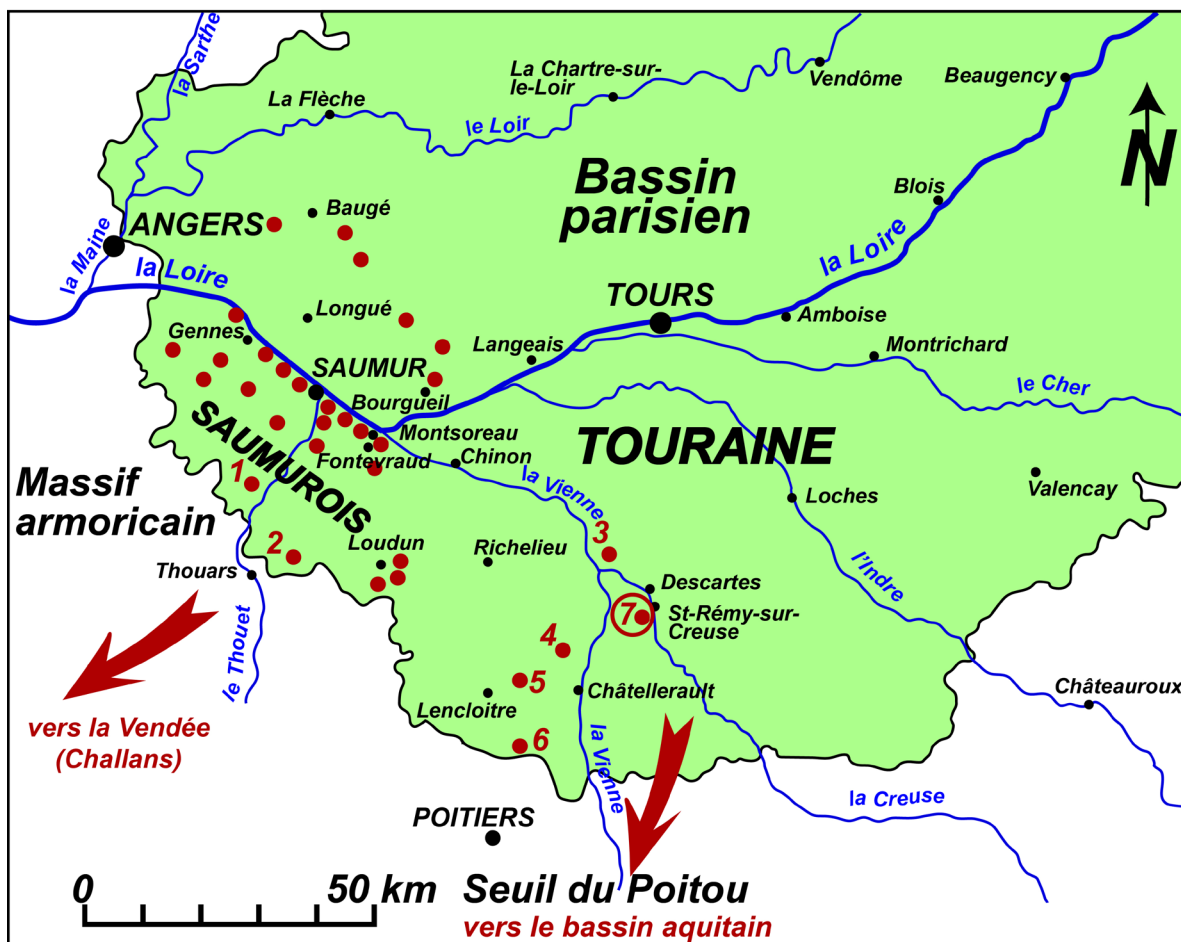


Fig. 4 : Extension géographique du Tuffeau de Saumur dans la partie sud-ouest du bassin parisien. Les points rouges correspondent aux localités où affleure la formation et en particulier dans les coupes suivantes : 1 : Puy-Notre-Dame, 2 : Tourtenay, 3 : Maillé, 4 : Usseau, 5 : Sossay, 6 : Marigny-Brizay, 7 : Saint-Rémy-sur-Creuse.

Fig. 4: Geographical extension of the Tuffeau de Saumur in the southwestern part of the Paris Basin. The red dots correspond to localities where the formation outcrops. 1: Puy-Notre-Dame, 2: Tourtenay, 3: Maillé, 4: Usseau, 5: Sossay, 6: Marigny-Brizay, 7: Saint-Rémy-sur-Creuse.

Amédéo & Badillet, 1978 ; Robaszynski coord. *et al.*, 1982). Des prospections réalisées dans un cadre plus large ont révélé que la Formation du Tuffeau de Saumur est également présente dans deux buttes témoins situées respectivement à 19 km et 28 km au sud de Saumur : au Puy-Notre-Dame et à Tourtenay (Amédéo *et al.*, 1988). Plus récemment, la Formation du Tuffeau de Saumur a été suivie à travers la Touraine méridionale, au-delà de la région stratotypique, jusqu'aux abords de Châtellerault et même de Marigny-Brizay, un village situé près du Seuil du Poitou, à 17 km au nord de Poitiers (Amédéo *et al.*, 2020). L'affleurement décrit ici à Saint-Rémy-sur-Creuse, à 3 km au sud de Descartes (Indre-et-Loire), augmente encore d'une quinzaine de kilomètres vers l'est l'aire où le Tuffeau de Saumur est identifié.

2. Le Tuffeau de Saumur dans sa localité type

2.1. Le coteau du château de Saumur

La nomenclature stratigraphique utilisée est celle définie par Robaszynski coord. *et al.* (1982). La localité type de la Formation du Tuffeau de Saumur est le coteau du château de Saumur. La succession a été décrite une première fois de façon détaillée par Amédéo *et al.* (2003), puis réactualisée par Amédéo, Matrimon & Robaszynski, coord. (2018) suite à de nouvelles observations lithologiques et des récoltes paléontologiques complémentaires. Trois unités lithologiques sont identifiées au sein du Tuffeau de Saumur dans la localité type, soit, de façon résumée et du bas vers le haut (fig. 5) les :

- unité C ou « tuffeau exploitable » (7,50 m) : tuffeau finement micacé, jaune pâle. Les 0,30 m supérieurs sont constitués d'un tuffeau plus grossier, friable, apparaissant en creux et riche en fragments de bryozoaires. La plupart des carrières souterraines du Saumurois sont creusées dans cette couche de « tuffeau exploitable » ;
- unité D ou « Liron » suivant l'appellation locale des anciens ouvriers des carrières souterraines (0,70 m) : tuffeau jaunâtre, caractérisé par le développement d'un niveau durci qui correspond à un *hardground* (unité lithologique D i), surmonté d'un horizon double (unités D ii et D iii), riche en huîtres appartenant à l'espèce *Rhynchostreon suborbiculatum* (Lamarck, 1801) [= *Exogyra columba* Lamarck, 1819]. Dans l'horizon inférieur (unité D ii), les huîtres sont de petite taille (3 à 5 cm), à la différence de l'horizon supérieur (unité D iii) où les coquilles sont deux fois plus grandes ;
- unité E ou « tuffeau à chenards » (16,30 m) : tuffeau fin, micacé, entrecoupé de nombreux lits de concrétions incomplètement silicifiées, branchues, nommées « chenards » dans le Saumurois et en Touraine. Les 5,60 m supérieurs sont riches en glauconie, de teinte gris-verdâtre et très bioturbés. La limite supérieure de l'unité est soulignée par la présence d'un *hardground* fossilifère, riche en bivalves, épais de 0,20 m et constitué de nodules grésifiés, indurés, de 3 à 5 cm.

De façon plus précise, l'unité D i du « Liron » est épaisse de 0,30 m dans la coupe du coteau du château de Saumur. L'unité lithologique est constituée ici par un tuffeau finement micacé, jaune pâle, abondamment bioturbé, parcouru de nombreux terriers de type *Thalassinoides*, ce qui lui confère

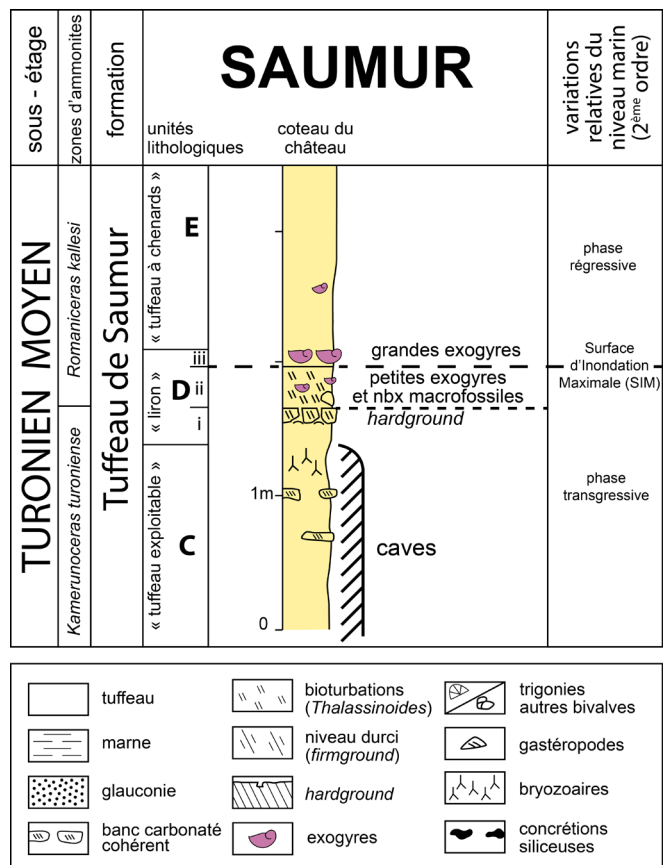


Fig. 5 : Lithologie de la partie moyenne de la Formation du Tuffeau de Saumur (unité lithologique D ou « Liron ») dans le coteau du château de Saumur. Les figurés lithologiques sont communs à l'ensemble des figures.

Fig.5: Lithology of the middle part of the Tuffeau de Saumur Formation (lithological unit D or "Liron") in the hillside of the Château de Saumur. The lithological figures are common to all the figures.

un aspect noduleux. Les 0,15 m inférieurs sont semi-indurés tandis que les 0,15 m supérieurs sont franchement indurés en un *hardground* limité au sommet par une surface perforée qui correspond en même temps à une surface de discontinuité bien marquée. L'unité D i constitue le plafond de la plupart des caves du Saumurois et en particulier de celle située sous le château de Saumur. Quatre galeries d'anciennes carrières souterraines ont été recoupées par les travaux routiers réalisés à flanc de coteau en 1998.

Dans l'unité D ii, épaisse comme la précédente de 0,30 m dans le coteau de Saumur, le tuffeau n'est pas durci, mais en revanche très bioturbé, tarudé de nombreuses perforations de type *Thalassinoides*. La limite supérieure de l'unité D ii est également une surface perforée. Les *Rhynchostreon suborbiculatum* de petite taille abondent (il s'agit de l'horizon inférieur riche en huîtres), associées à de nombreux autres macrofossiles, en particulier des bivalves [*Pterotrigonia scabra* (Lamarck, 1812)], gastéropodes [*Pleurotomaria galliennei* d'Orbigny, 1842], ammonites [*Neoptychites cephalotus* (Courtyllier, 1860), *Kamerunoceras turoniense* (d'Orbigny, 1850), *Collignoniceras woollgari woollgari* (Mantell, 1822)], polypiers simples, crustacés [callianasses], etc.

Le lit d'huîtres supérieur (unité D iii 0,10 m) est enfin inclus dans un tuffeau homogène et tendre.

2.2. Le « Liron » : expression sédimentaire d'un événement eustatique de grande amplitude

Si l'on se réfère à la description donnée ci-dessus, l'ensemble D du Tuffeau de Saumur, ou « Liron », est un horizon condensé pluridécimétrique riche en macrofossiles, spécialement en exogyres, associé à une ou deux surfaces d'omission plus ou moins indurées, développé dans la partie moyenne du Tuffeau de Saumur. Latéralement, ces surfaces évoluent en *firmgrounds*, voire en *hardgrounds* (Amédéo *et al.*, 1988, 2003; Amédéo, 2009; Amédéo, Matrimon & Robaszynski, 2018). Le « Liron » est un excellent niveau repère à l'échelle régionale. Comment peut-on expliquer sa genèse ? À la phase d'observation fondée sur une description la plus fidèle possible de la succession sédimentaire, succède maintenant une phase d'interprétation, beaucoup plus subjective. Les arrêts de sédimentation et le caractère condensé du « Liron » suggèrent qu'il s'agit de l'expression sédimentaire d'un événement eustatique de grande amplitude, c'est-à-dire d'une importante variation du niveau marin. Mais s'agit-il d'une élévation ou au contraire d'une baisse relative de ce niveau ?

Les éléments de réponse dépendent de la manière dont on interprète les *hardgrounds* et *firmgrounds*. Ces niveaux indurés et semi-indurés résultent d'une cimentation diagénétique précoce du fond marin et sont le plus souvent associés à des taux de sédimentation réduits et à des hiatus soulignés par le développement de surfaces d'omission, voire d'érosion. Ils sont surtout développés sur la bordure des bassins sédimentaires, là où l'enregistrement sédimentaire est plus réduit, ainsi que sur les hauts fonds. Ceci a conduit de nombreux auteurs depuis Hawkins (1942) jusqu'à Hancock (1989) et plus récemment Lasseur (2007) à interpréter la genèse des surfaces durcies comme le résultat d'un abaissement du niveau marin relatif entraînant un manque d'espace disponible pour l'accumulation de sédiments. La formation des *hardgrounds* et *firmgrounds* se ferait, selon cette interprétation, dans un contexte régressif relatif, à l'occasion de bas niveaux marins relatifs ; par exemple sous l'effet de mouvements de surrection tectonique du substratum.

Un certain nombre de niveaux indurés trouvent probablement leur origine dans ce type d'environnement. Mais, comme Gale (1996) a été le premier à le signaler, la difficulté avec ce modèle est que certains *hardgrounds* passent latéralement à des couches transgressives. C'est ce que l'on observe par exemple au Turonien inférieur sur la bordure du Massif armoricain (Juignet, 1974; Robaszynski *et al.*, 1996). À cet aspect géométrique s'ajoute un autre argument d'ordre paléontologique. Lors d'un bas niveau marin, on observe fréquemment au sein des bassins sédimentaires intracratoniques un endémisme des faunes, en particulier chez les ammonites (Kennedy & Cobban, 1976). À l'inverse, les hauts niveaux marins coïncident avec des incursions momentanées d'espèces cosmopolites ou originaires d'autres provinces fauniques. Si l'on prend l'exemple du Bassin anglo-parisien, au moins trois *hardgrounds* pluridécimétriques sont développés dans la moitié inférieure de la zone d'ammonites à *Subpriorocyclus bravaisianus* du Turonien supérieur à travers l'ensemble des faciès crayeux du bassin (Gale, 1996; Amédéo *et al.*, 1997; Amédéo & Robaszynski, 2006; Kennedy & Gale, 2015). Il s'agit des *Lighthouse Down Hardgrounds* de Robinson (1986). À la différence des niveaux encadrants,

ces *hardgrounds* sont très fossilifères et contiennent de nombreuses ammonites, pour certaines cosmopolites, pour d'autres issues d'Europe du Nord et pour les dernières du domaine téthysien (Wright, 1979). Selon Gale (1996), il s'agit clairement de « *hardgrounds transgressifs* ». Latéralement, dans la région de Lille qui était à l'époque une zone haute située en bordure du bassin, où la mer était pelliculaire et où la succession est ultra condensée, les *Lighthouse Down Hardgrounds* sont franchement glauconieux (Amédéo *et al.*, 2023). Ce minéral se forme dans un environnement marin à faible taux de sédimentation, le plus souvent en contexte transgressif (Odin, 1975). En termes de stratigraphie séquentielle, les surfaces durcies définissant ces *hardgrounds* sont interprétées comme autant de Surfaces d'Inondation (SI ou FS : *Flooding Surfaces* suivant la terminologie britannique), la première étant la Surface de Transgression (ST ou TS : *Transgressive Surface*) et la dernière la Surface d'Inondation Maximale (SIM ou MFS : *Maximum Flooding Surface*).

Un niveau durci comparable à ceux décrits ci-dessus est connu dans l'Albien moyen le long de la bordure sud-est du Bassin parisien. Il s'agit d'un *hardground* très fossilifère que l'on peut suivre sur une distance de plus de 200 km. Ce banc induré coiffe un intervalle décimétrique très riche en ammonites au sein des argiles à faciès Gault. Les récoltes effectuées banc par banc au sein de cet intervalle montrent la présence de nombreuses ammonites cosmopolites ou issues du domaine téthysien, avec un pourcentage qui augmente progressivement du bas vers le haut au sein des populations successives, passant de 20 % à la base de l'intervalle à 94 % au sommet. Cette évolution suggère un élargissement des communications en relation avec une élévation du niveau marin. Le *hardground* situé au sommet de l'intervalle contient toujours des ammonites cosmopolites et téthysiennes. En revanche, juste au-dessus de la surface durcie, toutes les formes « exotiques » disparaissent brutalement et seule subsiste une population quasi exclusive d'ammonites dont la distribution géographique est limitée à la province nord-européenne du domaine boréal (Amédéo *et al.*, 2014; 2021). De façon comparable à ce qui est décrit dans la zone à *S. bravaisianus* du Turonien supérieur, il s'agit d'un *hardground* transgressif qui correspond à une Surface d'Inondation Maximale.

Même dans les bassins sédimentaires de mer ouverte à forte subsidence comme le Sillon tunisien où les formations cénomano-turonien, à dominante argileuse, ont une épaisseur considérable (près de 1 500 m), les Surfaces d'Inondation Maximale des séquences eustatiques successives sont fréquemment soulignées par un niveau condensé surmontant un Intervalle Transgressif très fossilifère, riche en ammonites et foraminifères planctoniques (Robaszynski *et al.*, 1994).

En tenant compte de ces informations, comment peut-on interpréter la genèse du « Liron » en terme de stratigraphie séquentielle ? Ce niveau condensé particulier est situé stratigraphiquement au quart inférieur du Turonien moyen, à la limite entre les zones d'ammonites successives à *Kameruniceras turoniense* et à *Romaniceras kallesi*. Latéralement, il se charge en glauconie en se dirigeant vers le Massif armoricain (Amédéo *et al.*, 1988). Les 1 300 ammonites récoltées dans les différentes unités lithologiques situées sous le « Liron », dans celui-ci et au-dessus permettent d'apprécier la composition des associations successives (Amédéo, Matrimon &

Robaszynski, 2018). Le fait le plus marquant est que la proportion des formes cosmopolites ou à caractère téthysien augmente progressivement du Turonien inférieur (44 % des récoltes) jusqu'au quart inférieur du Turonien moyen (71 % des récoltes dans l'unité D ii du « Liron »). La rareté des récoltes d'ammonites dans l'unité D iii (sept exemplaires) ne fournit aucune information. En revanche, le pourcentage en ammonites cosmopolites tombe à seulement 14 % au-dessus du « Liron », dans la zone à *R. kallesi* qui n'a par ailleurs fourni aucun spécimen issu du domaine téthysien. D'un contexte globalement transgressif jusqu'à l'unité D ii incluse, on passe à partir de l'unité D iii à une tendance régressive. La raréfaction des ostracodes, des foraminifères benthiques et la quasi disparition des foraminifères planctoniques au-dessus de l'unité D ii confortent cette idée.

Selon notre interprétation, le « Liron » ne s'est pas formé à l'occasion d'un bas niveau marin. Il est au contraire l'expression sédimentaire sur la bordure sud-ouest du Bassin anglo-parisien d'un pic de transgression d'un cycle eustatique de grande amplitude avec une Surface d'Inondation Maximale (SIM), ou *Maximum Flooding Surface (MFS)*, placée à la limite supérieure de l'unité D ii (fig. 5). La comparaison avec les courbes de variations du niveau marin construites dans les craies du sud de l'Angleterre (Gale, 1996), dans l'ensemble des bassins européens (Hardenbol *et al.*, 1998) et à l'échelle mondiale (Haq, 2014) suggère que le « Liron » correspond probablement au niveau marin le plus haut atteint au cours de l'étage Turonien et peut-être même de la période Crétacée.

3. Le Tuffeau de Saumur à Saint-Rémy-sur-Creuse (Touraine méridionale)

3.1. La coupe de la Baraudière

Le nouvel affleurement décrit dans cet article est situé sur la rive gauche de la Creuse, à 4 km au sud de la ville de Descartes et à 1,5 km au sud du village de Saint-Rémy-sur-Creuse, dans le département de la Vienne, au lieu-dit la Baraudière (coordonnées géographiques : Latitude = 49.939271° ; Longitude = 0.69213° , Altitude = 56 m). Il s'agit d'une petite excavation entaillant la base du coteau à 250 m au sud du château de la Chaise, au pied de l'escarpement bordant la vallée (fig. 6). La Formation du Tuffeau de Saumur est recoupée sur une dizaine de mètres de longueur et une hauteur de trois mètres.

Du bas vers le haut, l'affleurement étudié en mai 2023 nous a fourni la coupe suivante (fig. 7) :

– Tuffeau de Saumur

- Unité C
- 0 à 0,70 m : tuffeau, ou plus précisément calcarénite finement micacée, jaune pâle, tendre, paraissant homogène, avec à 0,10 m un moule interne de gastéropode rapporté à l'espèce *Pleurotomaria gallienae* d'Orbigny, 1850 ;
- Unité D, ou « Liron »
- 0,70 m à 1,08 m (unité D i) : tuffeau jaune pâle finement micacé, durci, intensément bioturbé, limité au sommet par une surface d'omission. Ce banc présente un aspect noduleux en raison du réseau très dense de traces fossiles de type

Thalassinoides qui le traversent. Les nodules, pluricentimétriques, sont indurés, tandis que les terriers sont remplis d'un tuffeau qui reste friable. La morphologie de ce banc est typiquement celle d'un *firmground*. Un moule interne de bivalve (*Arca*) a été observé à 0,80 m et une ammonite appartenant à l'espèce *Neoptychites cephalotus* (Courty, 1860) recueillie vers 1 m,

- 1,08 m à 1,30 m (unité D ii) : lumachelle de petites exogyres de 2 à 3 cm appartenant à l'espèce *Rhynchostreon suborbiculatum*, quelques-unes atteignant néanmoins 6 cm, associées à quelques autres bivalves (*Pterotrigonia*, *Arca* et *Cardita* en particulier). Tous ces fossiles sont préservés dans un tuffeau très bioturbé, cohérent, limité au sommet par une surface d'omission partiellement durcie en une ébauche de *firmground* ;
- Unité E
- 1,30 m à 2,50 m : tuffeau fin, micacé, tendre, jaune pâle, paraissant homogène, incluant au sommet un lit continu de grandes exogyres (*Rhynchostreon suborbiculatum* de 8 à 10 cm) (fig. 7.C). L'ensemble du banc contient quelques fossiles épars,

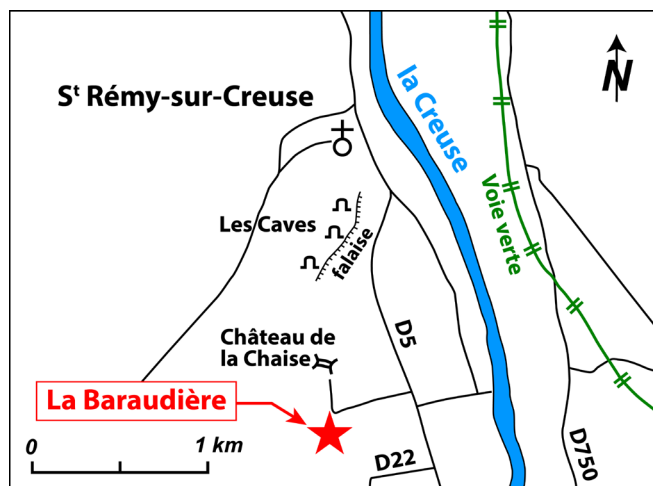


Fig. 6 : Localisation géographique de l'affleurement de la Baraudière à Saint-Rémy-sur-Creuse.

Fig.6: Geographical location of the "Baraudière" outcrop in Saint-Rémy-sur-Creuse.

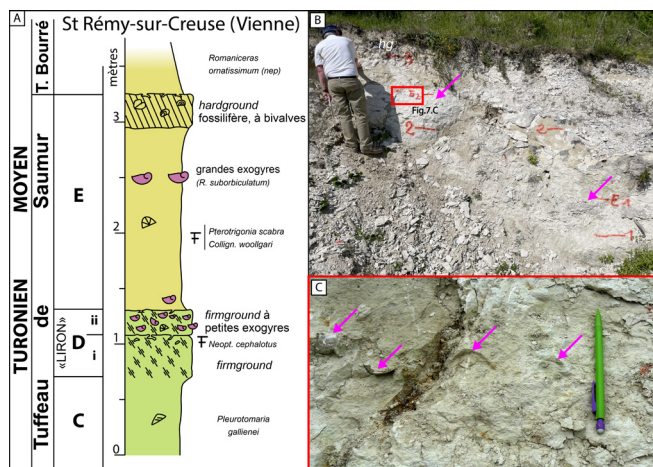


Fig. 7 : Le Tuffeau de Saumur à Saint-Rémy-sur-Creuse. A) Log stratigraphique. B) Photographie de l'affleurement. C) Le niveau supérieur à grandes exogyres.

Fig.7: The Tuffeau de Saumur at Saint-Rémy-sur-Creuse. A) Stratigraphic log. B) Photograph of the outcrop. C) The upper large exogyras level

principalement des bivalves : *R. suborbiculatum* de petite taille (4 cm) à 1,40 m et à 1,90 m, *Pterotrignia scabra* (Lamarck, 1812) à 2,05 m et *Granocardium productum* (J. de C. Sowerby, 1832) à 2,35 m,

- 2,50 m à 2,95 m : tuffeau fin, tendre, micacé, jaune pâle, identique au précédent, mais apparemment dépourvu de macrofaune,
- 2,95 m à 3,25 m : *hardground* noduleux, fossilifère, constitué de nodules de tuffeau jaunâtre, centimétriques à pluricentimétriques, indurés et ferruginisés (probablement de la glauconie altérée). Les macrofossiles abondent dans ce *hardground* et en particulier les bivalves : *Pterotrignia scabra*, *Granocardium productum*, *Arca (Cucullaea) ligeriensis* d'Orbigny, 1844, etc. ;

– Tuffeau de Bourré

- 3,25 m à 3,70 m (sommet de la coupe) : tuffeau mica-cé blanc, tendre, altéré en raison de la proximité de la surface topographique.

3.2. Critères d'attribution stratigraphique des unités décrites

En plus des bivalves mentionnés ci-dessus, trois moules internes d'ammonites illustrés dans les figures 8 et 9 confirment l'attribution de l'affleurement à un intervalle allant de la partie moyenne du Tuffeau de Saumur à la base du Tuffeau de Bourré. Les espèces caractéristiques du Tuffeau de Saumur sont *Neoptychites cephalotus* (Courty, 1860), recueilli vers 1 m et *Collignoniceras woollgari woollgari* (Mantell, 1822), malheureusement non en place, tandis que le taxon représentatif du Tuffeau de Bourré est *Romaniceras (Yubariceras) ornatissimum* (Stoliczka, 1865).

L'attribution du lit de grandes exogyres situé au niveau 2,50 m à l'unité E de la Formation du Tuffeau de Saumur mérite une courte discussion. Il pourrait en effet être tentant de rapporter ce niveau à l'unité D iii du « Liron ». Les arguments qui nous ont conduit à proposer une interprétation différente sont les suivants. Premièrement, les unités D i et D ii sont fortement condensées à Saint-Rémy-sur-Creuse (superposition de deux *firmgrounds*), tandis que le lit de grandes exogyres est inclus dans un tuffeau homogène et situé sensiblement plus haut. Deuxièmement, le lit de grandes exogyres définissant l'unité D iii de la Formation du Tuffeau de Saumur est identifié uniquement dans la partie occidentale du Saumurois, entre Baugé, Gennes, Saumur et le Puy-Notre-Dame (fig. 4)

et son extension géographique semble limitée à cette aire (Amédéo *et al.*, 1988, 2003, 2020). Ce lit de grandes exogyres n'est donc pas en soit un argument d'attribution au « Liron ». Pour ces deux raisons, nous pensons qu'il s'agit d'un lit d'exogyres développé localement dans un niveau plus élevé de la succession stratigraphique.

Une autre remarque concerne l'attribution du sommet de la coupe de la Baraudière au Tuffeau de Bourré dans la mesure où le tuffeau semble, a priori, être de même nature qu'en dessous. Notre interprétation repose sur deux arguments. Le premier argument est que le *hardground* présent entre les niveaux 2,95 m et 3,25 m à Saint-Rémy-sur-Creuse est vraisemblablement le prolongement de celui décrit à la limite supérieure du Tuffeau de Saumur à Usseau dans la Vienne, à 17 km au sud-ouest (Amédéo *et al.*, 2020). Cette tentative de corrélation est fondée : (i) sur la composition lithologique similaire des bancs [dans les deux cas, il s'agit de *hardgrounds* noduleux, fossilifères, constitués de nodules de tuffeau jaunâtre, centimétriques à pluricentimétriques, indurés et ferruginisés], (ii) sur leur richesse en macrofossiles et, (iii) sur l'identité de leur contenu paléontologique [abondance de bivalves, en particulier de *Pterotrignia scabra*, *Granocardium productum* et *Arca (Cucullaea) ligeriensis*].

Le second argument, convergent avec le premier, est la récolte de l'ammonite *Romaniceras (Yubariceras) ornatissimum* à Saint-Rémy-sur-Creuse. Même si le spécimen n'a pas été trouvé en place, il s'agit d'une espèce typique du Tuffeau

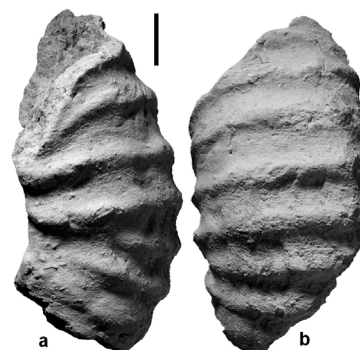


Fig. 9 : *Romaniceras (Yubariceras) ornatissimum* (Stoliczka, 1865), du Tuffeau de Bourré à Saint-Rémy-sur-Creuse. Non en place, mais venant probablement du sommet de l'affleurement, dans l'intervalle 3,25 m-3,70 m. Coll. F. Lenouvel, spécimen déposé à l'Université de Bourgogne – Franche-Comté à Dijon (Côte d'Or). Barre d'échelle = 2 cm.

Fig. 9: *Romaniceras (Romaniceras) ornatissimum* (Stoliczka, 1865), from the Tuffeau de Bourré in Saint-Rémy-sur-Creuse. Not in place, but probably from the top of the outcrop, between the levels 3,25 m and 3,70 m. Coll. F. Lenouvel, specimen preserved at the University of Burgundy – Franche-Comté in Dijon (Côte d'Or). Scale bar = 2 cm.

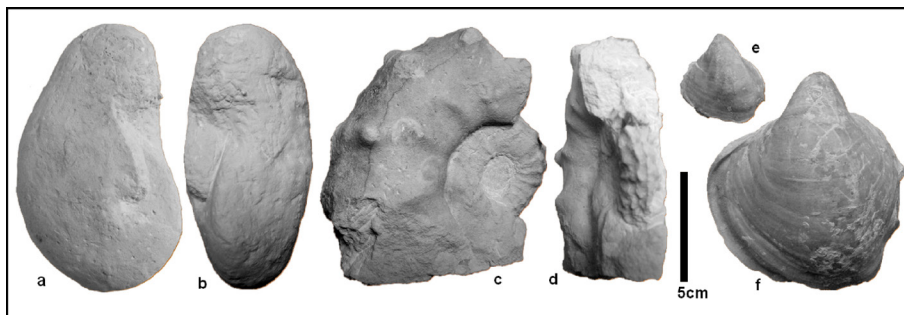


Fig. 8 : Quelques fossiles significatifs trouvés dans le Tuffeau de Saumur à Saint-Rémy-sur-Creuse. a-b : *Neoptychites cephalotus* (Courty, 1860) recueilli en place vers 1 m et c-d : *Collignoniceras woollgari woollgari* (Mantell, 1822), non en place ; e-f : *Rhynchostreon suborbiculatum* (Lamarck, 1801), le petit spécimen provenant du niveau 1,20 m (unité D ii du « Liron »), le grand du niveau 2,50 m. Tous les spécimens proviennent de la collection Franck Lenouvel et sont déposés à l'Université de Bourgogne – Franche-Comté à Dijon (Côte d'Or).

Fig. 8: Some significant fossils found in the Tuffeau de Saumur in Saint-Rémy-sur-Creuse. a-b : *Neoptychites cephalotus* (Courty, 1860) collected in place around 1 m ; c-d : *Collignoniceras woollgari woollgari* (Mantell, 1822), not in place ; e-f : *Rhynchostreon suborbiculatum* (Lamarck, 1801), the small specimen from the lower oyster bed (D ii), the large one from the upper bed. All the specimens come from the Frank Lenouvel collection and are preserved at the University of Burgundy – Franche-Comté in Dijon (Côte d'Or).

de Bourré (Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord. (2018). À Usseau, *R. (Y.) ornatissimum* apparaît immédiatement au-dessus du *hardground* situé au sommet du Tuffeau de Saumur.

3.3. Intérêt de l'affleurement

Malgré sa taille réduite, l'affleurement de tuffeau décrit ci-dessus présente un grand intérêt pour quatre raisons :

- il étend d'une quinzaine de kilomètres vers l'est l'aire d'extension de la Formation du Tuffeau de Saumur dans la partie méridionale du Bassin parisien. Jusqu'à la fin des années 1970, la formation était connue uniquement dans le Saumurois, principalement sur la rive gauche de la Loire, sur une surface d'environ 250 km² (Couffon, 1936 ; Amédéo & Badillet, 1978). Les recherches réalisées depuis cette période dans le cadre de la révision du stratotype de l'étage Turonien (Robaszynski coord. *et al.*, 1982 ; Amédéo *et al.*, 1988, 2020 ; Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018) et l'étude actuelle permettent d'identifier la formation, non seulement de part et d'autre de la vallée de la Loire entre Gennes et Bourgueil, mais également au sud de la vallée de la Vienne jusqu'aux abords de Châtellerault et maintenant le long de la vallée de la Creuse jusqu'à Saint-Rémy-sur-Creuse, soit sur une aire d'environ 4 500 km² (fig. 4) ;
- en incluant l'affleurement décrit ici, la corrélation d'une douzaine de coupes situées dans la partie moyenne du Tuffeau de Saumur permet de suivre l'évolution latérale du « Liron » (unité lithologique D) sur une centaine de kilomètres depuis Baugé au nord-ouest jusqu'à Saint-Rémy-sur-Creuse au sud-est en longeant la bordure méridionale du Bassin parisien. Cet aspect est développé dans le chapitre suivant ;
- de façon comparable à ce qui a été décrit à Usseau dans la Vienne (Amédéo *et al.*, 2020), le sommet du Tuffeau de Saumur est caractérisé à Saint-Rémy-sur-Creuse par la présence d'un important *hardground* fossilifère qui, dans le cas présent, tronque également la partie supérieure de la formation, l'unité E ayant seulement 1,95 m d'épaisseur ;
- enfin, grâce à la différence d'altitude entre le sommet de l'affleurement de la Baraudière, où l'on observe la limite Tuffeau de Saumur-Tuffeau de Bourré à 59 m, et la base de la falaise située au sommet du coteau de St-Rémy-sur-Creuse qui expose vers 68 m les tempestites caractéristiques de la base du Tuffeau Jaune de Touraine dans toute la région (Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018 ; Amédéo *et al.*, 2020), il devient possible d'apprécier l'épaisseur du Tuffeau de Bourré à l'échelle locale. Celle-ci serait au maximum d'une dizaine de mètres, une valeur faible par rapport à ce qui est connu dans la vallée du Cher (environ 40 m), mais en accord avec les 15 m observés à quelques kilomètres au nord vers la confluence Vienne-Creuse (Amédéo *et al.*, 2020). De façon comparable à ce que l'on observe pour le Tuffeau de Saumur, le Tuffeau de Bourré s'amincit en se rapprochant du seuil du Poitou.

4. La partie moyenne du Tuffeau de Saumur (unité D ou « Liron ») : un niveau de plus en plus condensé en allant vers la Vendée et le Seuil du Poitou

Dans tout le Saumurois, jusqu'aux environs de Loudun et dans de nombreuses localités de Touraine méridionale comme à Sossay, le niveau très résistant du « Liron » constitue le plafond des caves. Des corrélations au sein de l'unité lithologique ont déjà été réalisées à l'échelle du Saumurois et de ses abords, sur une distance d'une soixantaine de kilomètres (Amédéo *et al.*, 1988, 2003 ; Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018). L'affleurement étudié ici et les coupes décrites récemment dans le sud de la Touraine par Amédéo *et al.* (2020) permettent d'étendre ces corrélations à la plus grande partie de la bordure méridionale du Bassin parisien, depuis Baugé au nord-ouest jusqu'à Saint-Rémy-sur-Creuse au sud-est, soit sur un peu plus d'une centaine de kilomètres en suivant un tracé parallèle à la limite d'érosion actuelle des dépôts. Mais des lambeaux crétacés sont également préservés sur la bordure du Massif armoricain, en Vendée dans les « bassins » de Touvois (de Grossouvre, 1912) et de Challans-Commequiers (Louail & Viaud, 1977). De plus, la bordure septentrionale du Bassin aquitain met aussi à l'affleurement des calcaires turoniens, notamment aux environs de Saintes. C'est la raison pour laquelle trois transects sont présentés dans la figure 10.

4.1. Les coupes situées le long de la bordure méridionale du Bassin parisien entre Baugé (Maine-et-Loire) et Saint-Rémy-sur-Creuse (Vienne)

Le point de départ de cette ligne de corrélation est la coupe du coteau de Saumur, prise comme référence à l'échelle régionale. Les trois lits constituant l'unité D sont ici parfaitement individualisés avec, du bas vers le haut, un *hardground* (unité D i), puis un banc de tuffeau bioturbé riche en *Pterotrionia scabra*, *Pleurotomaria* et *Rhynchostreon suborbiculatum* de petite taille, limité au sommet par une surface perforée (unité D ii) et enfin un lit riche en *R. suborbiculatum* de grande taille (unité D iii). Cette succession lithologique reste à peu près constante dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour de Saumur, avec toutefois une tendance à l'induration de l'unité D ii au sud de la ville (Amédéo *et al.*, 1988, 2003 ; Amédéo, Matrimon & Robaszynski coord., 2018).

En se dirigeant vers le nord-ouest dans le secteur de Gennes, on retrouve la superposition des trois unités décrites dans le coteau de Saumur. Les unités D i et D iii n'appellent aucun commentaire. En revanche, l'unité D ii se présente sous l'aspect d'un tuffeau homogène tendre, apparemment dépourvu de bioturbations et deux fois plus épais. Plus au nord, sur la rive droite de la Loire dans le secteur de Baugé, l'unité D i n'est plus individualisée. Seule la présence des huîtres permet une corrélation avec les unités D ii et D iii du Saumurois. Les épaisseurs y sont sensiblement plus élevées qu'à Gennes et les niveaux de condensation disparaissent, ce qui semble logique dans la mesure où l'on se rapproche de la partie centrale du bassin.

Si l'on se déplace maintenant vers le sud-est en direction de Saint-Rémy-sur-Creuse en longeant la bordure du bassin parisien, on observe le phénomène inverse. L'épaisseur du « Liron » se réduit sensiblement, tandis que le tuffeau devient

de plus en plus bioturbé. Le lit de grandes exogyres (unité D iii) disparaît à Fontevraud et n'est plus observé au-delà. Une vingtaine de kilomètres plus loin, à Loudun, les unités D i et D ii, dont l'épaisseur cumulée ne dépasse pas 0,40 m, sont constituées de tuffeau cohérent, mais non durci. À Usseau, il n'est plus possible de séparer les deux unités D i et D ii qui apparaissent sous l'aspect d'un *firmground* riche en exogyres. Sans que l'on puisse parler véritablement de niveaux très condensés, il est clair que la succession stratigraphique est plus contractée sur la rive gauche de la Loire (Saumur, Chacé, Fontevraud, Loudun, Usseau) que sur la rive droite (Baugé). L'enregistrement sédimentaire s'y est effectué sous une tranche d'eau plus faible.

4.2. De Saumur (Maine-et-Loire) à Tourtenay (Deux-Sèvres) et, au-delà, jusqu'à la Vendée en bordure du Massif armoricain

En partant de nouveau du coteau de Saumur et en se dirigeant vers le sud en longeant le cours du Thouet, de nombreuses entrées de caves situées sur la rive droite de la rivière exposent le « Liron » à leur plafond, en particulier vers Chacé, à 5 km au sud de Saumur. La coupe de l'unité D est ici assez comparable à celle observée au château de Saumur, mais le tuffeau bioturbé de l'unité D ii est maintenant durci en un *hardground* reposant directement sur celui de l'unité D i. La condensation des unités i et ii entraîne également une diminution d'épaisseur de l'unité D.

Les buttes témoins du Puy-Notre-Dame et de Tourtenay, situées respectivement à 19 km et 28 km au sud de Saumur, sont les dernières localités où affleure le Tuffeau de Saumur et les plus proches du Massif armoricain (Amédéo *et al.*, 1988). Au Puy-Notre-Dame, le tuffeau devient franchement glauco-

nieux et verdâtre. L'unité D i s'épaissit et apparaît sous l'aspect d'une calcarénite cohérente, parcourue sur une profondeur de plus d'un mètre de terriers de crustacés décapodes à l'origine de l'ichnogène *Thalassinoides*, terriers remplis d'une calcarénite glauconieuse verdâtre meuble. Il s'agit typiquement d'un *firmground*. L'unité D ii, totalement indurée et sillonnée, présente quant à elle une morphologie de *hardground*. Seule l'unité D iii avec son horizon riche en grandes exogyres préservées dans un tuffeau tendre est comparable à ce que l'on observe dans le Saumurois. À Tourtenay où le tuffeau est également très glauconieux et verdâtre, l'impossibilité d'établir une division au sein du *hardground* épais de 0,70 m et l'absence d'exogyres ne permettent plus la délimitation des trois unités. Tout au plus peut-on supposer, par comparaison avec la suite lithologique observée au Puy-Notre-Dame, que les limites inférieure et supérieure du *hardground* coïncident avec la base de l'unité i et le sommet de l'unité ii. On se trouve ici en présence d'un *hardground* dont la limite supérieure, riche en serpules et petites huîtres encroûtantes, représente clairement un ancien fond marin sous une faible tranche d'eau.

La corrélation de ces quelques coupes échelonnées sur une trentaine de kilomètres entre Saumur et Tourtenay montre l'induration progressive de plusieurs surfaces perforées, aboutissant à la genèse d'un *hardground* complexe. En se dirigeant vers le Massif armoricain, les lacunes sédimentaires et les *hardgrounds* se développent en même temps que la tranche d'eau se réduit et que le fond marin est soumis à des phases de ralentissement ou d'arrêt de sédimentation, voire d'érosion par les courants, le tout dans un contexte transgressif comme le suggère la présence de glauconie abondante au Puy-Notre-Dame et à Tourtenay.

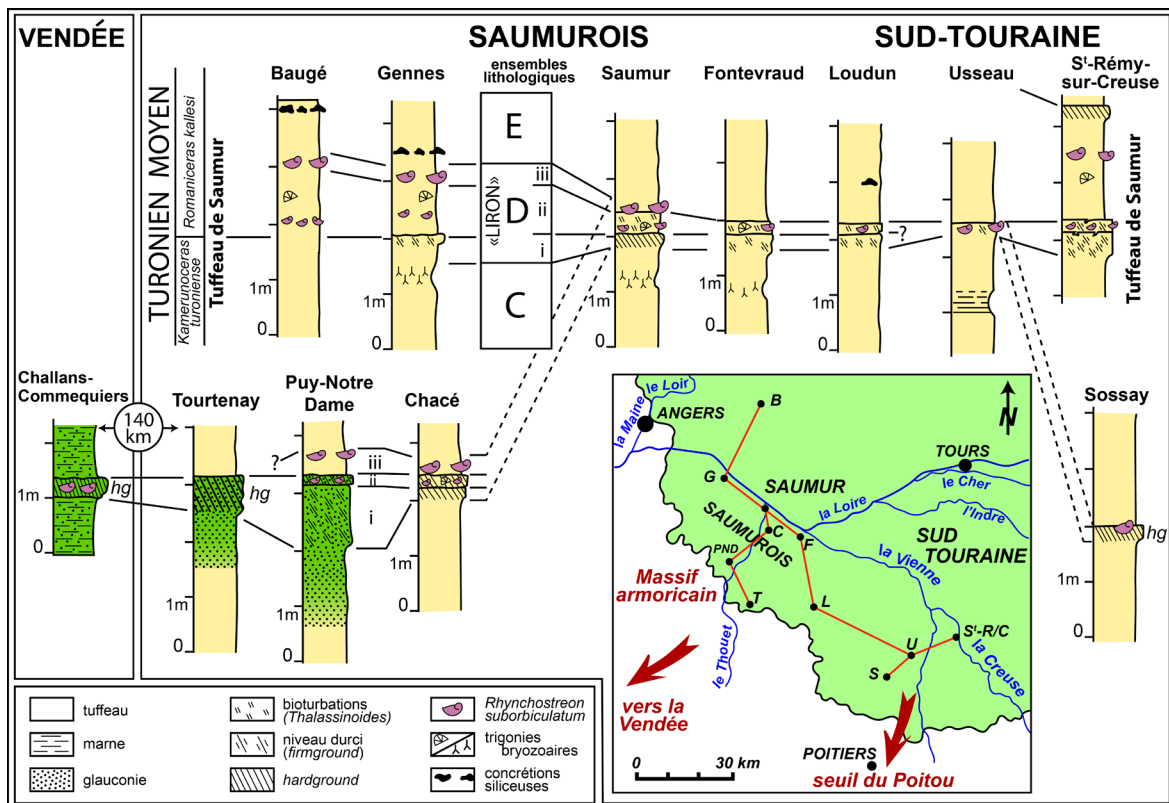


Fig.10 : Corrélation dans la partie moyenne de Tuffeau de Saumur (unité D = « Liron ») depuis le Saumurois jusqu'aux abords du seuil du Poitou. La couleur verte sur les colonnes lithostratigraphiques signale les niveaux riches en glauconie. B : Baugé, G : Gennes, C : Chacé, PND : Puy-Notre-Dame, T : Tourtenay, F : Fontevraud, L : Loudun, U : Usseau, St-R/C : Saint-Rémy-sur-Creuse, S : Sossay.

Fig.10 : Correlation in the middle part of the Tuffeau de Saumur (unit D = "Liron") from the Saumur region to the edge of the Poitou threshold. The green color on the lithostratigraphic columns points glauconitic beds. B: Baugé, G: Gennes, C: Chacé, PND: Puy-Notre-Dame, T: Tourtenay, F: Fontevraud, L: Loudun, U: Usseau, St-R/C: Saint-Rémy-sur-Creuse, S: Sossay.

Si l'on se déplace maintenant de 140 km vers le sud-ouest, jusqu'en Vendée, on atteint le « bassin crétacé » de Challans-Commequiers (Louail & Viaud, 1977) (fig. 1). Ce « bassin » a préservé de l'érosion des dépôts résiduels qui s'échelonnent du Cénomaniens au Santonien, avec des faciès rappelant souvent ceux du Saumurois. Le Turonien est représenté par les Marnes glauconieuses de Commequiers, épaisses d'environ 8 m, dans lesquelles sont intercalés plusieurs petits bancs calcaires et des niveaux de lumachelles à huîtres. Au tiers supérieur de la formation, un *hardground* noduleux, pluridécimétrique, qui correspond à un important horizon de condensation, contient de nombreuses ammonites incluant *Kamerunoceras turoniense* (d'Orbigny, 1850), *Spathites (Jeanrogericeras) reveliereanus*, *Collignoniceras woollgari woollgari* et *Lecointricerus fleuriausianum*. Cette association d'ammonites est typique du « Liron » et ce *hardground* peut être corrélé avec celui décrit à Tourtenay.

La présence de glauconie abondante à Challans-Commequiers, comme dans le « Liron » au Puy-Notre-Dame et à Tourtenay, mérite d'être soulignée. La glauconie se forme en effet dans des environnements marins à faible taux de sédimentation, dans un milieu réducteur et le plus souvent en contexte transgressif, ce qui est le cas ici.

4.3. Vers le seuil du Poitou et au-delà vers le Bassin aquitain

En se déplaçant vers le sud-est, aux abords du Seuil du Poitou, les unités inférieures du « Liron » (D i et D ii) s'aminçissent et se condensent, fusionnant d'abord en un *firmground* à Usseau, puis en un véritable *hardground* à Sossay (fig. 10). On peut comprendre la genèse de ces niveaux condensés comme la conséquence du manque d'espace disponible pour l'accumulation du sédiment et aussi le résultat de courants marins à faible profondeur, le Seuil du Poitou faisant office au Turonien de zone haute séparant les Bassins parisien et aquitain.

Dans le Bassin aquitain, au sud du Seuil du Poitou, un « Calcaire à Céphalopodes » est connu depuis le XIX^e siècle dans la partie moyenne du Turonien des Charentes dans un rayon d'une quarantaine de kilomètres autour de Saintes (d'Orbigny, 1852 ; Arnaud, 1877 ; de Grossouvre, 1901 ; Cassoudebat & Platel, 1976) (fig. 1). Selon Moreau (1983), il s'agit de calcaires blancs, en bancs minces ou noduleux, épais de 3 à 4 m, qui sont intercalés entre des calcaires silteux à *Mammites nodosoides* du Turonien inférieur en dessous et des calcaires à *Ostrea arnaudi* attribués au sommet du Turonien moyen au-dessus. Ces niveaux ont été recoupés à la fin des années 1970 dans plusieurs tranchées de l'autoroute d'Aquitaine de part et d'autre de Saintes (Amédéo & Hancock, 1985). Le quart inférieur du Calcaire à Céphalopodes contient *Lewesiceras peramplum* (Mantell, 1822), *Spathites (Jeanrogericeras) reveliereanus* (Courty, 1860), *Kamerunoceras turoniense* (d'Orbigny, 1850), *Collignonicerus woollgari woollgari* et *Neoptychites cephalotus*, une association typique de la zone à *Kamerunoceras turoniense*, tandis que le reste de l'unité lithologique a fourni *Lewesiceras peramplum*, *Romaniceras (R.) kallesi*, *C. woollgari woollgari*, *C. carolinum* (d'Orbigny, 1841) et *Lecointricerus fleuriausianum* (d'Orbigny, 1841), des ammonites présentes dans la zone à *Romaniceras kallesi* (Amédéo & Hancock, 1985). La faune d'ammonites

contenue au sein du Calcaire à Céphalopodes des Charentes est identique à celle du Tuffeau de Saumur indiquant que les deux formations ont le même âge. Moreau (1983) ne signale aucun niveau particulier pouvant correspondre au « Liron » du Saumurois. La présence de « bancs noduleux » suggère cependant que des surfaces plus ou moins durcies (*firmgrounds* et *hardgrounds*) pourraient exister ici, de façon comparable à ce qui est connu dans le Saumurois. Une nouvelle description lithologique détaillée du Calcaire à Céphalopodes mériterait d'être réalisée.

5. Conclusion

La Formation du Tuffeau de Saumur est définie au sud-ouest de l'aureole crétacée du Bassin parisien. Elle est datée de la base du Turonien moyen et caractérisée, en dehors de ses particularités pétrographiques, par une richesse exceptionnelle en macrofossiles, spécialement en bivalves et ammonites. Durant plus d'un siècle, le Tuffeau de Saumur a semblé limité au Saumurois, mais les études récentes montrent que son extension géographique est beaucoup plus vaste qu'on ne le pensait. Aujourd'hui, la formation est identifiée dans une grande partie de la Touraine méridionale et atteint les environs de Châtellerauld. L'affleurement décrit ici le long de la vallée de la Creuse accroît encore d'une quinzaine de kilomètres vers l'est l'aire où le Tuffeau de Saumur est présent.

La comparaison d'une douzaine de coupes, dont celle de Saint-Rémy-sur-Creuse, échelonnées sur une centaine de kilomètres à travers le Saumurois et la Touraine méridionale permet de suivre l'évolution lithologique du « Liron » le long de la bordure sud-ouest du Bassin parisien. En se dirigeant vers le centre du bassin, l'enregistrement sédimentaire est relativement continu dans la partie moyenne du Tuffeau de Saumur et seuls deux lits superposés d'exogyres inclus dans un tuffeau homogène permettent d'identifier le « Liron » sur la rive droite de la Loire. La situation est en revanche différente au sud-ouest des cours de la Loire, de la Vienne et de la Creuse. D'une sédimentation quasi continue on passe progressivement à des enregistrements sédimentaires incomplets. La succession lithologique devient d'abord de plus en plus contractée, puis condensée avec apparition de fonds semi-indurés ou *firmgrounds*. Cette tendance s'accroît encore lorsqu'on se rapproche du Massif armoricain et du Seuil du Poitou où le « Liron » se transforme en un véritable fond durci, c'est-à-dire en un *hardground* complexe. Ces arrêts de sédimentation accompagnés d'une apparition de glauconie, d'une cimentation précoce du sédiment et même, dans certains cas, d'une érosion partielle des dépôts, sont à mettre en relation avec l'existence de courants marins circulant sur des zones à faible profondeur, qui vannent les sédiments et favorisent leur cimentation secondaire. On se trouve d'un côté sur la bordure vendéenne du Bassin parisien et de l'autre aux abords du Seuil du Poitou.

Remerciements

Messieurs Jean-Gabriel Bréhéret (Université de Tours), Francis Robaszynski (Saintes) et Denis Thiéblemont (BRGM, Orléans) ont accepté de relire ce manuscrit en y apportant de nombreuses remarques constructives. Le professeur Jean-François Deconinck (CNRS Biogéosciences, Université de Bourgogne à Dijon) a assuré le financement d'une grande partie de la mission de Francis Amédéo à Saint-Rémy-sur-Creuse. Monsieur Bertrand Matrimon (Troyes) a composé la figure illustrant quelques fossiles significatifs recueillis à Saint-Rémy-sur-Creuse et nous a aidé à déterminer le *Romaniceras* trouvé à Saint-Rémy-sur-Creuse. Monsieur Lucas Lambert, propriétaire de l'affleurement de la Baraudière, nous a autorisé l'accès à son terrain. Que tous en soient chaleureusement remerciés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amédéo F.** (2009) – Deux ammonites turoniennes rares du Tuffeau de Saumur (Maine-et-Loire) : *Romaniceras (Romaniceras) kallesi badilleti* subsp. nov. et *Romaniceras (Yubariceras) aff. ornatissimum* (Stoliczka, 1864). *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 46 (3), 23-32.
- Amédéo F. & Badillet G.** (1978) – Répartition des ammonites dans quelques coupes du Turonien des environs de Saumur (Maine-et-Loire). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris)*, 286, 323-325.
- Amédéo F., Badillet G. & Robaszynski F.** (1988) – Le Turonien de l'Anjou : corrélations dans le Saumurois et le Baugeois. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 25 (2) 5-14.
- Amédéo F., Graveleau F., Hofmann A., Trenteseaux A. & Tribovillard N.** (2023) – La Craie glauconieuse de Lezennes et ses « tuns » dans le forage de la Cité scientifique de Villeneuve d'Ascq (Nord) : interprétation d'une succession ultra condensée à la limite Turonien-Coniacien. *Annales de la Société Géologique du Nord*, Lille, 30 (2e série), 49-78.
- Amédéo F. & Hancock J.M.** (1985) – Les Ammonites de l'Autoroute « L'Aquitaine », France (Turonien et Santonien). *Cretaceous Research*, London, 6, 15-32.
- Amédéo F., Matrimon B. & Robaszynski F. coord.** (2018) – *Stratotype Turonien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotopé, Mèze, 1-416.
- Amédéo F. & Robaszynski F.** (2006) – Les craies à niveaux durcis du Turonien supérieur-Coniacien inférieur du Nord de la France (Boulonnais, Artois, environs de Lille) : un essai de corrélation à l'aide de la stratigraphie événementielle. *Annales de la Société Géologique du Nord*, Lille, 13 (2e série), 123-135.
- Amédéo F., Robaszynski F. & Badillet G.** (2003) – Le coteau de Saumur : une coupe de référence pour le Turonien du Saumurois. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 40, (2), 19-32.
- Amédéo F., Robaszynski F., Châtelier H., Ferchaud P., Matrimon B. & Bréhéret J.-G.** (2020) – Des nouveautés sur les tuffeaux du Turonien moyen et sur leurs faunes d'ammonites en Touraine méridionale. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 57, (2), 3-33.
- Amédéo F., Robaszynski F., Colleté C. & Fricot C.** (1997) – Les craies du Cénomaniens-Turonien de l'Aube et du Boulonnais : des événements litho- et biosédimentaires communs. *Annales de la Société Géologique du Nord*, Lille, 5, 189-197.
- Arnaud H.** (1877) – Mémoire sur le Terrain Crétacé du Sud-Ouest de la France. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 10, 1-106.
- Barbarand J., Quesnel F. & Pacel M.** (2013) – Lower Paleogene denudation of Upper Cretaceous cover of Morvan Massif and southeastern Paris Basin (France) revealed by AFT thermochronology and constrained by stratigraphy and paleosurfaces. *Tectonophysics*. Elsevier, Amsterdam, London, 608, 1310-1327.
- Bruxelles L. & Simon-Coinçon R.** (2003) – Nouvelles données sur la transgression crétacée dans les grands Causses et en Aquitaine orientale. In **Guillocheau F. & Mégnien C.** (édit.), Bassins crétacés de France et d'Europe occidentale. Séance spécialisée de la Société Géologique de France. Volume des résumés, 3 p.
- Cassoudebat M. & Platel J.-P.** (1976) – Sédimentologie et paléogéographie du Turonien de la bordure septentrionale du bassin aquitain. *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, Orléans, 2, section 1, (2), 85-102.
- Couffon O.** (1936) – La Période Crétacée en Anjou. *Revue d'Hydrogéologie angevine*, 5e année, 1-128.
- Courtillet A.** (1860) – Description de trois nouvelles espèces d'ammonites du terrain crétacé des environs de Saumur. *Mémoires de la Société d'agriculture, des sciences et des arts d'Angers*, Angers, 3, 246-252.
- Courtillet A.** (1867) – Les ammonites du Tuffeau. *Annales de la Société linnéenne du Maine-et-Loire*, 9, 1-8.
- Courtillet A.** (1868) – Les terrains crétacés des environs de Saumur. *Annales de la Société linnéenne du Maine-et-Loire*, 10, 88-94.
- Gale A.S.** (1996) – Turonian correlation and sequence stratigraphy of the Chalk in southern England, in **Hesselbo S.P. & Parkinson D.N.** (edit.). Sequence Stratigraphy in British Geology, *Geological Society, London*, special publication 103, 177-195.
- Grossouvre A. de** (1901) – Recherches sur la Craie supérieure, 1 : Stratigraphie générale. *Mémoires du Service de la carte géologique détaillée de la France*, Paris, 1-1013.
- Grossouvre A. de** (1912) – Le Crétacé de la Loire inférieure et de la Vendée. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest*, Nantes, 3 (2), 1-38.
- Hancock J.M., Kennedy W.J. & Wright C.W.** (1977) – Towards a correlation of the Turonian sequences of Japan with those of North-West Europe. *Palaeontological Society of Japan*, Fukuoka, special papers, 21, 151-168.

- Haq B.U.** (2014) – Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary Change*, 113, 44-58.
- Haq B.U., Hardenbol J. & Vail P.R.** (1988) – Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cycles, in **Wilgusl C.K., Hastings B.S., Kendall C.G., Posamentier H.W., Ross C.A. & Van Wagoner** (edit.). Sea-level changes: an integrated approach. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Tulsa, special publication 42, 71-108.
- Hancock J.M.** (1989) – Sea-level changes in the British region during the Cretaceous. *Proceedings of the Geologists' Association*, London, 100, 565-594.
- Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B., Jacquin Th., Graciansky P.-C. de & Vail P.** (1998) – Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In **Graciansky P.-C. de, Hardenbol J. Jacquin Th. & Vail P.** (edit.), Mesozoic and Cenozoic sequence stratigraphy of European basins. SEPM (*Society for Sedimentary Geology*), *Special Publication*, 60, 5-11.
- Hawkins H.L.** (1942) – Some episodes in the geological history of the south of England. *Quarterly Journal of the Geological Society*, London, 98, 49-70.
- Hubert B.T., MacLeod K.G., Watkins D.K. & Coffin M.F.** (2018) – The rise and fall of the Hot Greenhouse Climate. *Global and Planetary Change*, 167, 1-23.
- Jenkyns H.C., Gale A.S. & Corfield R.M.** (1994) – Carbon and oxygen-isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance. *Geological Magazine*, Cambridge University Press, 131 (1), 1-34.
- Juignet P.** (1974) – La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif armoricain. Aptien, Albien, Cénomaniens de Normandie et du Maine. Le stratotype du Cénomaniens. Thèse, Université de Caen, 1-810.
- Kennedy W.J. & Cobban W.A.** (1976) – Aspects of ammonite biology, biogeography, and biostratigraphy. *Palaeontological Association*, London, Special Paper 17, 1-94.
- Kennedy W.J. & Gale A.S.** (2015) – Late Turonian ammonites from Haute-Normandie, France. *Acta Geologica Polonica*, 65 (4), 1-18.
- Lasseur É.** (2007) – La Craie du Bassin de Paris (Cénomaniens-Campaniens, Crétacé supérieur). Sédimentologie de faciès, stratigraphie séquentielle et géométrie 3D. Thèse, Université de Rennes 1, 423 p.
- Louail J. & Viaud J.-M.** (1977) – Révision stratigraphique du Crétacé vendéen. *Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne*, 9, (2), 103-112.
- Moreau P.** (1983) – Biostratigraphie du Turonien Nord-Aquitain (Charentes) sans rudistes et passage Cénomano-Turonien. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, nouvelle série*, Série C, Sciences de la Terre, 49, 81-89.
- Odin G.S.** (1975) – Les glauconies : constitution, formation, âge. Thèse Université Paris, 1-250.
- Orbigny A.** d'(1840-1842) – *Paléontologie française. Terrains Crétacé*. Tome I : *Céphalopodes*. Masson, Paris, 1-120 (1840) ; 121-430 (1841) ; 431-662 (1842).
- Orbigny A.** d'(1843) – *Paléontologie française. Terrains Crétacé*. Tome II : *Gastéropodes*. Masson, Paris, 225-456.
- Orbigny A.** d'(1847) – *Paléontologie française. Terrains Crétacé*. Tome IV : *Brachiopodes*. Masson, Paris, 1-32.
- Orbigny A.** d'(1852) – *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique*. Masson, Paris, tome 2, fascicule 2, 464 p.
- Orbigny A.** d'(1850) – *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés*. Masson, Paris, tome II, 1-428.
- Robaszynski F. coord., Alcaydé G., Amédéo F., Badillet G., Damotte R., Foucher J.-C., Jardiné S., Legoux O., Manivit H., Monciardini C.h. & Sornay J.** (1982) – Le Turonien de la région-type : Saumurois et Touraine. Stratigraphie, biozonations, sédimentologie. *Bulletin des Centres de Recherche, Exploration-Production d'Elf-Aquitaine*, 6, (1), 119-225.
- Robaszynski F. coord.** (1983) – Conclusions au colloque sur le Turonien. Échelles biostratigraphiques intégrées et cartes de faciès (France et contrées limitrophes). *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, Série C, Sciences de la Terre, 49, 209-230.
- Robaszynski F., Caron M. & Hardenbol J.** (1994) – Les séquences de dépôt. In **Robaszynski F., Caron M., Amédéo F., Dupuis C., Hardenbol J., Gonzalez Donoso J.M., Linares D. & Gartner S.** Le Cénomaniens de la région de Kallat Senan (Tunisie centrale) : litho-biostratigraphie et interprétation séquentielle. *Revue de Paléobiologie*, Genève, 12 (2), 367-386.
- Robaszynski F., Juignet P., Gale A.S., Amédéo F. & Hardenbol J.** (1996) – Sequence stratigraphy in the Cretaceous of the Anglo-Paris Basin, exemplified by the Cenomanian stage. In **De Graciansky P.C., Hardenbol J., Jacquin T., Vail P.R. & Farley M.B.** (edit.). Cenozoic and Mesozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. *Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists*. Tulsa, Special Publication 60, 363-386.
- Robinson R.D.** (1986) – Lithostratigraphy of the Chalk Group of the North Downs, southeast England. *Proceedings of the Geologists' Association*, London, 97 (2), 141-170.
- Vrielynck B.** (2018) – Le monde et le bassin méditerranéen au Turonien, in **Amédéo F., Matrimon B. & Robaszynski F. coord.** (2018). – *Stratotype Turonien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 155-159.
- Wattine A., Quesnel F., Mélières F., Bourdillon Ch., Barbarand J., Baele J.-M. & Yans J.** (2010) – Upper Cretaceous feldspars in the Cenozoic Limagne Basin: a key argument in reconstructing the palaeocover of the Massif central (France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Elsevier, Amsterdam, London, 298, 175-188.
- Wright C.W.** (1979) – The ammonites of the English Chalk Rock (Upper Turonian). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, Geology series, 31 (4), 281-332.