

# La Formation de Rouffignac, témoin d'une paléoaltérite cuirassée intra-éocène en Périgord-Quercy\*

Nicole GOURDON-PLATEL (1)  
Jean-Pierre PLATEL (2)  
Jean Guy ASTRUC (3)

*The Rouffignac Formation, evidence of an Eocene weathered profile with duricrust in the Périgord-Quercy region (SW France)*

Géologie de la France, n° 1, 2000, pp. 65-74, 6 fig., 1 tabl.

Mots-clés : Altérite, Ferrallitisation, Cuirasse ferrugineuse, Eocène, Périgord, Quercy, Bassin d'Aquitaine.

Key words: Alterite, Ferralitization, Ferruginous duricrust, Eocene, Périgord, Quercy, Aquitaine basin.

## Résumé

Une paléoaltérite, caractérisée par une accumulation de gravillons ferrugineux formant une carapace rouge sang de plusieurs mètres d'épaisseur, existe en plusieurs secteurs du Périgord Noir et du Quercy. Elle est décrite ici sous le nom de Formation de Rouffignac. Sa teneur moyenne en oxy-hydroxydes de fer est de 33 % et celle en alumine de 11 %. Elle évolue localement en cuirasse enrichie en hématite. La reconstitution de la paléo-surface de ce manteau d'une ancienne latérite datant de la fin Bartonien / début Priabonien, qui recoupe en discordance toutes les formations antérieures, tant éocènes que crétacées ou jurassiques, est affectée de dépressions festonnant une pente générale vers l'ouest en bordure d'un plateau ondulé, héritage probable des effets de l'orogénèse pyrénéenne.

## Abridged English version

The Eocene ferrallitic duricrust, here described as the Rouffignac Formation, is widespread throughout several areas of the Périgord and Quercy regions and is particularly developed around Rouffignac in the

Dordogne department. It belongs to the so-called "Siderolithic" facies of former authors.

Formation thickness, which varies according to bedrock lithology, ranges from 5 m at Rouffignac to 10 m at Gavaudun. The ferruginous Rouffignac Formation unconformably overlies a variety of older formations including Middle Eocene fluvial sands, Early Eocene kaolinitic clays, Palaeocene alterites, Santonian or Campanian chalky limestones, Cenomanian sandstones and Late Jurassic marly limestones.

Reference sections have enabled the ferruginous process to be dated as between Late Bartonian and earliest Priabonian; it ended with sedimentation of the oldest molassic deposits (Palaeotherium-bearing clays). The Rouffignac Formation is a weathered profile particularly characterized by the blood-red colour of its clayey-silty matrix and the presence of a ferrallitic gravelly duricrust. The gravelly nodules display iron hydroxide contents ranging from 28 to 38% and a rather constant aluminium oxide content of about 11%. The nodules

are locally bound by a ferruginous duricrust of absolute accumulation, in which the  $Fe_2O_3$  content can reach 45% and the  $Al_2O_3$  content nowhere exceeds 16%. The ferruginous cement is composed particularly of hematite, which gives the duricrust its bright red colour. The evolution of this paleoweathering process is consistent with the evolution of the Eocene climate from contrasted tropical warm and humid to more arid conditions.

Several type sections measured and described between Rouffignac and Floressas, to the south of Fumel, display the relationships between the ferrallitic weathered profiles, iron gravels and gravelly duricrusts. Only some truncated in situ profiles remain of the intense lateritic pedogenesis at the end Bartonian – earliest Priabonian; these contain gravelly accumulations and ferrallitic duricrusts that could serve as marker beds. The topography of this weathered paleo-surface has been reconstructed by mapping the altitudes of the truncated profiles, and those of the base of the unconformably overlying Oligocene fluvial deposits.

\* Manuscrit reçu le 6 mars 2000, accepté le 20 mars 2000.

(1) CRPAA / CNRS UMR 5060, Université Michel de Montaigne-Bordeaux III, 33607 Pessac Cedex.

(2) BRGM, Service géologique régional Aquitaine, 24 Avenue Léonard de Vinci, 33600 Pessac.

(3) BRGM, Service géologique régional Midi-Pyrénées, 12 Rue Michel Labrousse, BP 1342, 31106 Toulouse Cedex 1.

The paleosurface, reaching +300 m NGF at Rouffignac, corresponds to a westward-dipping undulating plateau of Campanian to Eocene bedrock. Along 90 km to the southwest of Rouffignac, the surface forms a steep slope that drops sharply down to +130 m NGF and on which the molassic deposits pinch out. Some troughs forming a regular festoon pattern at the top of this slope could be interpreted as tectonic downthrown areas related to the Pyrenean orogenic phase.

## Introduction

Sur la bordure nord-aquitaine, plusieurs niveaux de concrétionnement ferrugineux d'origine pédologique se sont formés au sein des épandages de sables plus ou moins grossiers ou de silts argileux appartenant aux dépôts fluviaux tertiaires, affleurant le plus souvent au sommet des interfloves. Dans les Charentes, dans la base du Tertiaire, ce sont des accumulations de pisolites à structure concentrique qui se développent dans des niveaux d'argiles vertes (Gourdon-Platel, 1980). En Périgord, l'étude de différentes altérites ferruginisées dans les terrains éocènes a permis de différencier des indurations ferrugineuses latéritiques plus ou moins cuirassées, de celles plus scoriacées donnant des cuirasses d'origine diagénétique, très localisées dans la base des formations tertiaires, liées au modelé karstique des calcaires crétacés et souvent associées à des argiles blanches à kaolinite-halloysite dominantes (Gourdon-Platel, Dubreuilh, 1992).

En effet dans les dépôts fluviaux supérieurs du Tertiaire, existe une altérite caractérisée par le développement des gravillons ferrugineux dus à un enrichissement en oxy-hydroxydes de fer et oxydes d'alumine, notamment dans la région de Fumel et de Gavaudun (Gourdon, 1973, 1980 ; Astruc 1981 ; Archanjo, 1982 ; Platel, 1983 ; Trauth et al., 1985). C'est dans cette altérite que se situent localement des cuirasses latéritiques gravillonnaires. Reposant indifféremment sur des terrains cénozoïques ou mésozoïques du Périgord Noir et du Quercy, entre Périgueux et Cahors (fig. 1), elles forment un niveau discontinu ayant été bien repéré sur les cartes géologiques à 1/50 000 Terrasson, Fumel, Thenon (Platel et Roger, 1979 ; Platel,

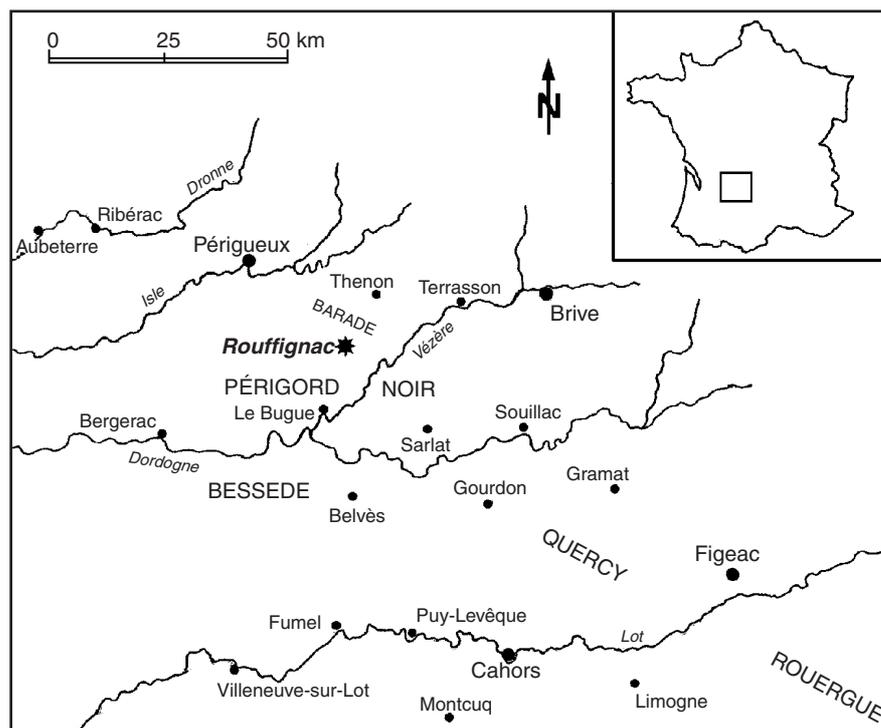


Fig. 1.- Situation du secteur étudié en Périgord-Quercy.

Fig. 1.- Location of the study area within the Périgord-Quercy region.

1983 ; Platel et Faugeras, 1999), Montcuq, Puy-Levêque, Gourdon (Astruc, 1981, 1985, 1990) ; Belvès (Dubreuilh, 1983).

Comme cette latérite gravillonnaire est particulièrement développée, étendue et souvent cuirassée autour de Rouffignac sur la feuille Thenon, les observations de terrain et les analyses de ce secteur complètent l'ensemble des données de base de cette étude, la cartographie géologique de cette feuille terminant la couverture régionale à 1/50 000. Nous nous proposons donc de synthétiser les caractéristiques de la paléoaltérite cuirassée intra-éocène définie ici comme *Formation de Rouffignac* et d'apprécier son extension en reconstituant la paléosurface de ce niveau à la fin de l'Eocène moyen-début de l'Eocène supérieur.

## Caractérisation de la Formation de Rouffignac

### Définition de la formation

De nombreux petits profils pédologiques ont permis de définir la Formation de Rouffignac qui se caractérise autant par la couleur de ses paléosols rouge sang

que par l'horizon d'accumulation gravillonnaire. Cette unité lithostratigraphique est particulièrement étendue sur une dizaine de kilomètres autour de Rouffignac en Dordogne.

### Synonymie

- *Sidérolithique* pro parte des anciens auteurs.

- L'altérite et les cuirasses associées de la Formation de Rouffignac ont été initialement étudiées sous le nom de *cuirasse latéritique de Rouffignac* (Gourdon, 1973).

- Dans la région de Fumel, elle correspond à l'*altérite sidérolithique* du sommet de la Formation du Brétou (Platel, 1983).

- Le profil d'altération ferrallitique de la colline de Floressas (Lot) a été initialement décrit sous le nom *Eocène à faciès sidérolithique* (Astruc, 1981, 1988) puis dénommé *Grès du Boulevé* (Archanjo, 1982 ; Trauth et al., 1985).

### Localité-type

L'abondance de blocs de cuirasses et de nombreux profils d'altérite à gravillons

ainsi que leur variété sur toute la commune de Rouffignac - Saint-Cernin de Reilhac (Dordogne) au sud-est de Périgueux et les communes alentour (Ladouze, Fossemagne et Cendrieux), justifiant du choix du nom de la formation.

**Coupes-types**

La variété des faciès conduit à proposer cinq profils de référence, ceux de Balou, de La Prade, de Tallet, de Roc de Bille / Lac des Joncs et de Ginsac.

**Epaisseur**

Elle est variable en fonction du substrat : de 3 à 5 m à Rouffignac, 10 m à Gavaudun ou au Brétou et de 8 m à Floressas dans le synclinal du Boulvé.

**Coupes de références stratigraphiques**

La coupe de la grande carrière du Brétou, au nord de Fumel (Lot-et-Garonne) apporte des éléments stratigraphiques permettant de contraindre l'âge de la base de la formation dans le Lutétien et de caler son sommet par la découverte de vertébrés datés du Stampien dans la base des Molasses de l'Agenais (Muratet, 1983).

Cependant à l'ouest de la Lémance, dans le secteur de Paulhiac sur la Lède et jusque dans la vallée du Laussou, à 15 km à l'ouest du Brétou, ce sont les premières molasses du Priabonien qui surmontent le sommet de la formation (Platel, 1983).

**Age**

Le phénomène de ferruginisation s'est produit dès le Bartonien supérieur (Marinésien *auct.*, Eocène moyen) et s'est poursuivi jusqu'à la base du Priabonien (Dubreuilh, 1989).

**Limites**

La limite inférieure correspond au contact entre la base de l'altérite ferrugineuse et la formation sous-jacente non altérée. Il faut préciser que l'âge et la nature de son substratum sont très variables car on a découvert la Formation de Rouffignac sur des terrains aussi divers que les sables fluviatiles de l'Eocène moyen, les argiles kaoliniques

%	ROUFFIGNAC			LA PRADE		GAVAUDUN	
	altérite sans gravillon	gravillons (carapace)	cuirasse gravillonnaire	altérite sans gravillon	gravillons (carapace)	altérite avec gravillons	cuirasse gravillonnaire
SiO2	76,60	54,20	51,67	90,80	46,00	59,98	44,60
Al2O3	10,85	10,35	10,50	1,50	8,30	21,60	15,30
Fe2O3	7,00	28,30	30,40	6,10	37,90	9,80	32,70
TiO2	0,87	0,75	0,71	0,10	0,45	1,19	1,02
MnO	<0,10	0,02	0,19	0,06	0,04	<0,10	0,06
CaO	0,14	<0,10	0,26	0,06	<0,10	0,21	0,28
MgO	0,10	<0,02	<0,02	<0,10	<0,20	0,20	<0,02
Na2O	0,03	<0,02	0,04	<0,20	<0,02	0,04	0,02
K2O	0,17	0,20	0,05	<0,05	<0,05	0,55	0,01
perte au feu	4,05	6,53	6,96	1,8	7,05	6,84	6,69
TOTAL	99,81	100,35	100,78	100,36	99,74	100,41	100,68

%	ARCHIGNAC	MASCLAT	NADAILLAC	ST-LAURENT	CHARTRIER	ORLIAGUET	FLORESSAS
	gravillons (carapace)	cuirasse gravillonnaire	altérite avec gravillons	altérite sans gravillon	altérite sans gravillon	altérite sans gravillon	gravillons (carapace)
SiO2	45,70	43,00	70,70	69,90	64,30	51,30	52,75
Al2O3	12,60	3,80	12,50	12,40	17,90	25,10	12,25
Fe2O3	32,10	44,30	9,60	9,40	7,25	7,50	27,55
TiO2	0,93	0,16	0,75	0,59	0,94	1,25	0,95
MnO	0,03	0,07	<0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
CaO	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
MgO	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Na2O	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
K2O	0,20	0,15	0,11	0,48	0,14	0,20	0,02
perte au feu	7,00	6,95	4,80	6,50	8,80	13,55	6,25
TOTAL	98,56	98,43	98,47	99,30	99,36	98,92	99,80

Tabl. 1.- Analyses chimiques de 10 paléosols de la Formation de Rouffignac couvrant l'extension du secteur étudié.

Table 1.- Chemical analyses of 10 paleo-pedogenic profiles of the Rouffignac Formation over the entire study area.

de l'Eocène inférieur, des altérites du Paléocène, les calcaires crayeux du Santonien et du Campanien, les grès du Cénomaniens et enfin les calcaires du Jurassique.

A sa limite supérieure, la Formation de Rouffignac est surmontée par les Molasses inférieures ou par les argiles à *Palaeotherium* de la base de l'Eocène supérieur ou par toute autre formation postérieure discordante.

**Description et analyses**

C'est une altérite à matrice argilo-silteuse rouge sang au sein de laquelle se sont développés des gravillons ferrugineux, constituant une carapace noduleuse évoluant localement en une cuirasse cimentée par des oxy-hydroxydes de fer.

La matrice de l'altérite se caractérise par des pourcentages en alumine libre de l'ordre de 10 à 25 % selon les faciès du substratum avec exceptionnellement un taux voisin de 2 % quand elle est très sableuse et par de faibles teneurs en fer de 6 à 10 %, à goethite dominante (tabl. 1).

La matrice squelettique de ces gravillons est la même que celle du fond matriciel argilo-silteux au sein duquel les

nodules ont pris forme, évoluant sur place en gravillons émoussés.

Les petits nodules gravillonnaires d'accumulation relative en fer sont centimétriques, sub-arrondis et présentent une genèse bien spécifique : ils sont formés de très nombreux grains de quartz ténus disposés en enveloppes concentriques, alternant avec des auréoles enrichies en goethite. Ces enveloppes se sont accrues de manière centrifuge à partir d'un nucléus gréseux ou ferrifère (Gourdon, 1973). La répartition granulométrique de ces gravillons correspond à une courbe de Gauss étalée entre 1,6 et 20 mm, avec des modes principaux entre 3,15 et 10 mm selon les endroits (Gourdon-Platel, 1980). Ils présentent une micro-structuration bien particulière sans cortex ou avec un cortex peu épais hématitique, écailleux et lisse (Gourdon-Platel et Lambert, 1987).

Emballés dans l'altérite à Rouffignac, à La Prade ou à Archignac, ces gravillons s'accumulent sur 2 à 3 m d'épaisseur et constituent une carapace telle qu'elle est décrite dans les profils pédologiques tropicaux (Meyer, 1987). Alors que le taux en alumine est relativement constant autour de 11 %, dont 4 % de gibbsite - Al(OH<sub>3</sub>), les concentrations en oxy-hydroxydes de fer sont de 28 à 38 % pour

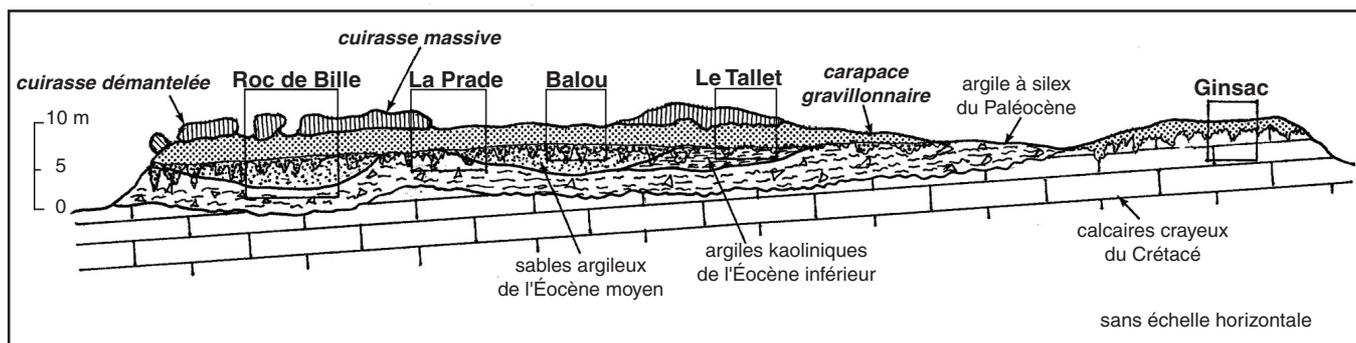


Fig. 2.- Séquence-paysage de la Formation de Rouffignac présentant les rapports de l'altérite ferrallitique avec ses différents substrats.

Fig. 2.- Geological landscape of the Rouffignac Formation showing the relationships of the ferrallitic duricrust with different bedrock types.

45 à 55 % de silice (silts quartzeux) confirmant leur texture finement gréseuse.

Les gravillons sont parfois cimentés en une cuirasse de fer d'accumulation absolue dont la concentration en  $Fe_2O_3$  peut atteindre 45 % et une teneur en alumine ne dépassant pas 16 %. Le ciment ferrugineux est constitué par de la goéthite mais surtout de l'hématite (15 % environ) donnant une couleur plus rouge à la cuirasse.

### Profils-types

Plusieurs points d'affleurements au sommet des interfluves illustrent des profils-types autour de Rouffignac (fig. 2) :

- autour du lieu-dit *Balou*, près du château d'eau de Rouffignac s'est formée, sur 3 m d'épaisseur environ, une importante accumulation de gravillons dans une altérite rouge brique, à fond matriciel argilo-silteux, recouvrant des sables lutétiens. Ces gravillons forment une carapace ferrallitique ;

- à *La Prade* près de Ladouze, ce même type de carapace à gravillons se développe sur 2 à 3 m d'épaisseur au-dessus des altérites à silex du Paléocène ou des sables argileux éocènes. Les gravillons sont parfois agglomérés entre eux en une cuirasse à ciment de fer et d'alumine. Sur la pente qui descend vers l'étang, se sont accumulés sur plus de 3 m d'épaisseur les éléments nodulaires de l'altérite démantelée ;

- au *Tallet*, au nord-ouest de Rouffignac, affleurent au sommet d'argiles versicolores de l'Eocène inférieur de nombreux gravillons sur une puissante

ce de plus de 3 m. Ils sont localement cimentés en une cuirasse sombre ferrallitique perforée de tubules remplis de matrice sablo-argileuse ocre-jaune formant un réseau. Le contact inférieur du niveau cuirassé est largement festonné à l'intérieur de l'altérite ;

- au *Roc de Bille et au Lac des Joncs*, plus à l'ouest de Rouffignac, au sein de l'altérite ocre reposant sur les sables du Lutétien, s'est développée une cuirasse gravillonnaire à nodules assemblés entre eux et séparés par des vides à remplissage sableux rose à jaune; la cuirasse riche en fer (40 %  $Fe_2O_3$ ) est démantelée en gros blocs métriques de couleur brun-noir. Un sondage (783-7-16) effectué par le BRGM à Roc de Bille permet d'apprécier à 5 m l'épaisseur de l'assise d'altérite ferrallitique ;

- à *Ginsac*, quelques kilomètres au nord-est de Rouffignac la situation de l'altérite est très particulière car seule son extrême base atteignant le substratum crétacé a été épargnée par l'érosion. La pédogenèse ferrallitique a pénétré profondément dans les calcaires crayeux du Santonien en les « digérant », créant ainsi des gravillons ferrugineux.

### Autres affleurements remarquables autour de Rouffignac

Près de la Grotte des 100 Mammouths au sud de Rouffignac, l'altérite avec de gros blocs de cuirasse se situe également en position sommitale mais il n'y a pas de coupe bien nette par suite d'une lacune de visibilité et des nombreux bouleversements anthropiques du paysage. De très gros blocs plurimétriques ont été aussi

utilisés pour édifier le mégalithe de la Cayre à l'ouest de Rouffignac.

Au sud-ouest, à Saint-Cernin de Reilhac, les gravillons sont peu nombreux et seule subsiste sur 1 m d'épaisseur la carapace gravillonnaire présentant çà et là des nodules cimentés par des oxyhydroxydes de fer de couleur brune, séparés par des tubules indurés, à remplissage silto-argileux. Parfois cette matrice a été évacuée et la surface des tubules de couleur ocre-jaune est lisse.

## Paléoaltérites ferrugineuses autour de Fumel

Un autre secteur particulièrement riche en altérite ferrugineuse se trouve de part et d'autre de la vallée du Lot. Trois profils d'intérêt stratigraphique ou pédogénétique seront décrits ici.

### L'altérite silteuse du Brétou

Les premiers dépôts de comblement des formes karstiques des calcaires du Crétacé sont des terrains de l'Eocène inférieur, eux-mêmes recouverts par des épandages détritiques discordants de l'Eocène moyen. C'est dans la grande carrière du Brétou au nord de Fumel, que sur plus de 60 m, peut s'observer la succession lithologique de la plus belle coupe de tout le Tertiaire fluvial du sud du Périgord (Archanjo, 1982 ; Platel, 1983 ; Dubreuilh, 1989).

A la base, les argiles kaoliniques compactes gris à rose à passées argileuses organiques noires sont surmontées de

sables grossiers devenant de plus en plus fins au sommet attribués à l'Yprésien. Ces derniers comprennent des lentilles d'argiles blanches kaoliniques où les marmorisations rougeâtres sont fréquentes.

Au-dessus, sur 40 m d'épaisseur, se sont déposés des sables grossiers argileux, feldspathiques et micacés, à stratifications obliques, affectés par des précipitations d'oxydes de fer colorant ainsi les sables en teintes variées allant du gris foncé au jaune orangé tendant même vers le rouge violacé. Dans le tiers supérieur de la formation, existe un niveau de grès siliceux plus ou moins cimenté gris à beige puissant de près de 7 m. Le sommet de cette Formation du Brétou lutétienne est complètement altéré par un paléosol ferruginisé qui recoupe en biseau les sables et les grès (fig. 3) ; il se présente à la base en bandes parallèles et au sommet comme une carapace constituée de gravillons comparables à ceux de la Formation de Rouffignac. Epaisse de 10 m environ, cette altérite essentiellement kaolinique ne contient seulement que 4,3 % d'hydroxydes de fer. Le sommet de la carapace est découpé en blocs par un quadrillage vertical/horizontal de glosses calcaréo-argileuses, blanc-vert, profondes de 4 m environ. Les smectites et l'attapulgite prédominent dans ces langues, alors que la kaolinite est majoritaire dans les blocs d'altérite, indiquant leur pénétration post-altérite à partir des faciès molassiques sus-jacents. Cette pédogenèse caractéristique du sommet de la Formation du Brétou est attribuée à la période Lutétien-Eocène supérieur. Elle est ici surmontée par les argiles oligocènes de la base de la Formation de Castillon (Dubreuilh, 1989), plus largement discordantes que sur l'ensemble de la région de Fumel (Platel, 1983).

### L'altérite argileuse de Gavaudun

Au nord-ouest de Fumel, la paléoaltérite affleure dans la carrière de la Terre Rouge entre Gavaudun et Salles ; la série détritique débute par des sables fins blancs à jaunâtres ; elle se poursuit par une assise indurée à argile kaolinique dominante, parcourue par des marmorisations ferrugineuses rouge vif sur 4 mètres de haut. Il s'agit là de la base de l'altérite qui, épaisse de 10 m environ comme au Brétou, pénètre jusqu'aux argiles du

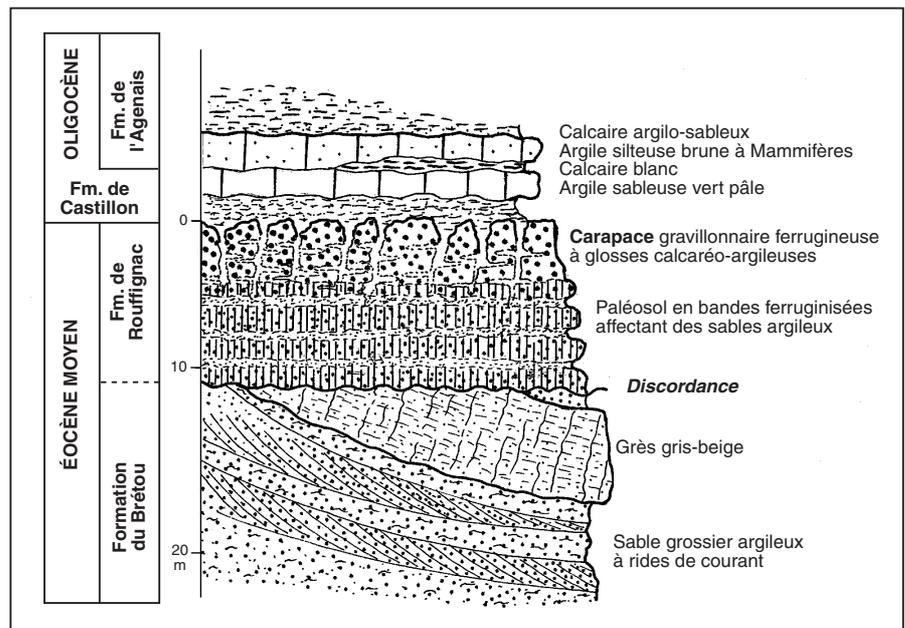


Fig. 3.- La Formation de Rouffignac au sommet de la carrière du Brétou à Fumel.

Fig. 3.- The Rouffignac Formation at the top of the Brétou quarry at Fumel.

Cuisien. Cette altérite renfermant de petits gravillons possède un taux exceptionnel en  $Al_2O_3$  de 21,6 %, liée à la forte proportion (55 %) de kaolinite du substrat, alors que la teneur en  $Fe_2O_3$  n'est que de 9,8 % ; cependant il n'a pas été décelé ni trace de gibbsite, ni de boehmite. Par endroits ces gravillons sont cimentés en cuirasse de couleur rouge sang à veines blanchâtres ou rosâtres isolant des vacuoles remplies d'argiles sableuses plus jaunes. Celle-ci montre une grande analogie de faciès avec la cuirasse de Rouffignac mais la concentration en alumine atteint 15 %. C'est pour cette raison qu'elle avait été qualifiée de latéritique (Gourdon, 1973) en comparaison avec la pédogenèse des cuirasses tropicales décrites par Maignien (1966).

### L'altérite cuirassée de Floressas

Entre Puy-Levêque et Montcuq dans le synclinal du Boulvé, sur les calcaires marneux du Kimméridgien ou des reliques altérées de terrains cenomano-turonien, s'observe une altérite ferrallitique éocène étendue. Localement, comme au milieu de la colline du Moulin de Floressas, celle-ci s'indure sous forme de grès à ciment ferrugineux, appelé *grès du Boulvé* (Astruc, 1981 ; Archanjo, 1982 ; Trauth *et al.*, 1985), se présentant soit en débit colonnaire soit en débit prismatique sur 5 à 8 m ; il n'y a pas de faciès silicifié dans cette

coupe. L'altérite renferme des nodules ferrugineux qui, dégagés par le ruissellement, donnent un aspect conglomératique (fig. 4). Au-dessous des grès ferrugineux, les sables ocre jaune sont friables alors qu'au-dessus, l'altérite rouge sombre renferme de nombreuses concrétions ferrugineuses et des fragments ferrugineux recimentés provenant d'une cuirasse démantelée située plus en amont, signe de remaniement. L'altérite est surmontée par des faciès molassiques argilo-calcaires et le sommet de la colline est couronné par une table de calcaire oligocène.

Cette coupe donne un bel exemple de pédogenèse au sein de l'altérite. L'observation des microfaciès révèle surtout un fond matriciel à squelette essentiellement quartzueux et un plasma parcouru par des indices de porosité avec accumulation secondaire ; dans le réseau plasmatisque, la forme et la taille des vides ont joué un rôle déterminant dans la circulation des ferri-argilanes illuviales indurant en blocs l'altérite et dans son découpage en faciès noduleux. Le fer mis en solution précipite ultérieurement sur place et par accumulation relative, donne naissance à des nodules rouges avec très peu de fer (7 %), brun-rouge ou noirs en fonction du faciès plus ou moins silteux ; tous ces nodules sont soudés par une argile rouge indurée qui localement évolue en carapace gravillonnaire ferrallitique avec près de 28 % de  $Fe_2O_3$ , indice d'un vieux

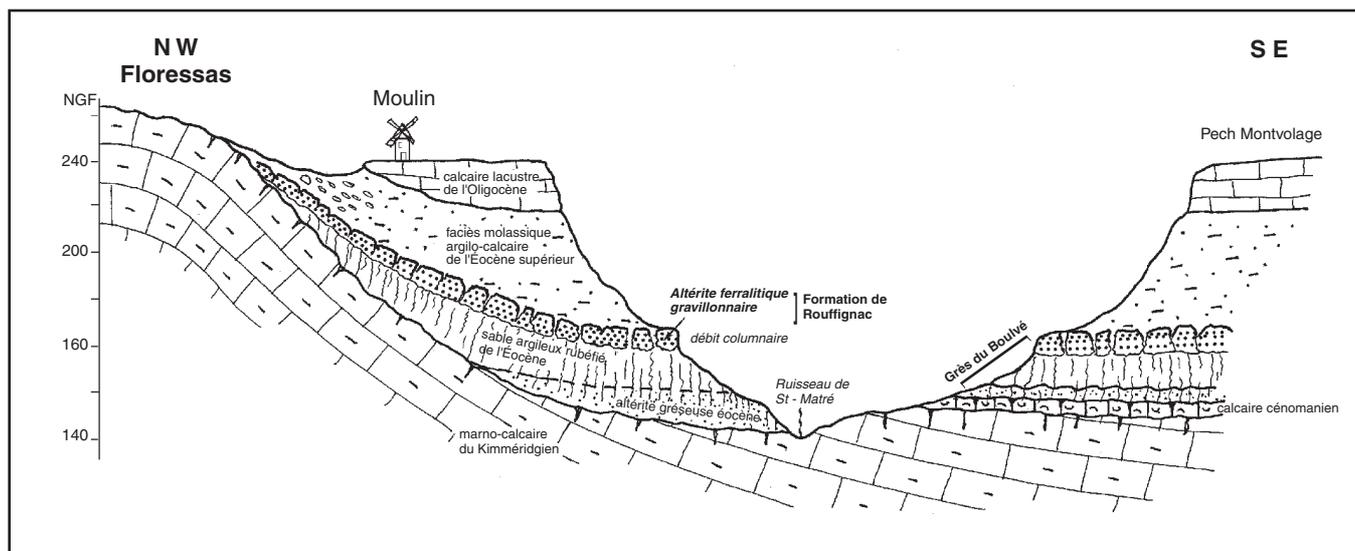


Fig. 4.- Séquence-paysage positionnant la Formation de Rouffignac au sud-est de Floressas.

Fig. 4.- Geological landscape showing the Rouffignac Formation southeast of Floressas.

profil d'altération. Après cette phase d'altération, les niveaux supérieurs ont subi une calcitisation qui a débuté à la fin de l'Eocène moyen et qui s'est continuée jusqu'à l'Oligocène.

### Interprétation pédogénétique

Ce n'est que sous des climats chauds et humides permettant le développement d'une intense pédogenèse latéritisante qu'a pu se former la paléoaltérite de la Formation de Rouffignac. On sait qu'au Priabonien inférieur, il y a 37 Ma environ, le climat est devenu plus aride à saison sèche marquée favorisant le dépôt de gypse et d'évaporites dans le secteur de Sainte-Sabine près de Monpazier (Dubreuilh, 1983, 1989). La datation de cette paléoaltérite est donc contrainte à la base du Priabonien.

A l'Eocène supérieur et à l'Oligocène, le climat plus aride a induit les processus géochimiques de calcitisation à attapulgite (Cavelier, 1979) tronquant ainsi l'altérite ferrallitique dans les secteurs de sédimentation molassique. Ainsi au nord du Massif central, dans le bassin de Montluçon-Domérat, il existe des grès ferrugineux noduleux qui masquent le contact entre le socle cristallin et les terrains tertiaires. Ils ont été étudiés par Thiry et Turland (1985) qui ont attribué ces sols rouges à des témoins d'une

paléotopographie élaborée pendant les climats tropicaux contrastés de l'Eocène inférieur et moyen, avant la phase aride de l'Eocène supérieur.

En Périgord Noir, la pédogenèse a affecté en particulier les dépôts détritiques argilo-sableux du Tertiaire qui ont subi une profonde ferruginisation par pénétration des oxy-hydroxydes de fer, le long du réseau des fentes de dessiccation des argiles. Dans un premier temps, ces dernières se marmorisent en prenant un faciès noduleux ; parfois comme à Ginsac, c'est le calcaire créacé qui s'imprègne le long des micro-fissures et par substitution du calcium par le fer, se latéritise ; une nodulation primaire se façonne en gravillons qui s'accroissent de manière centrifuge. C'est à partir d'un petit nucléus ferrifère que s'organise une matrice gravillonnaire argilo-silteuse, composée de fines couches rouilles de ferri-argilanes, plus ou moins indurées par les oxydes de fer, isolant ainsi des auréoles concentriques de petits quartz (Gourdon-Platel, 1980).

Dans un deuxième temps, le fer dont la mobilisation s'accroît avec la présence de bactéries s'accumule relativement autour des silts alors que les concentrations en alumine restent faibles. Il se forme sur place un horizon d'accumulation (B) qui se présente comme une carapace gravillonnaire de plusieurs mètres d'épaisseur, comparable à celle de cer-

tains profils latéritiques sous climat tropical chaud et humide (Meyer, 1987).

Dans un troisième temps, des eaux d'infiltration chargées en fer cimentent cette carapace en une cuirasse de nappe ferrallitique d'accumulation absolue selon le mécanisme classique décrit par Maignien (1966).

Cependant la Formation de Rouffignac correspond à un profil résiduel qui est le résultat de l'érosion d'un paléosol : les horizons lessivés (A) surmontant la carapace ou la cuirasse ont été évacués par l'érosion au début de l'Eocène supérieur et la cuirasse en situation d'instabilité a été démantelée. Ce sont ces blocs de cuirasse qui sont parsemés dans les altérites sableuses du Périgord occidental. Quant aux matériaux sablo-argileux des horizons supérieurs, ils se sont sédimentés plus à l'ouest dans les Charentes, au sein de sables argileux bruns, puis d'argiles sableuses grises à marbrures ocre (base de la Formation de Boisbretau).

De cette paléoaltérite, il ne reste plus en place qu'un profil tronqué où seules les accumulations gravillonnaires et les cuirasses ferrallitiques servent de niveau-repère.

En reportant sur un diagramme ternaire les concentrations en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (fig. 5), il est possible d'observer deux regroupements portant sur les alté-

rites avec ou sans gravillons d'une part et les carapaces et les cuirasses gravillonnaires ferrallitiques d'autre part. Les pourcentages des trois éléments dominants Si, Al, Fe sont exprimés en oxydes et leur total a été ramené à 100 %.

Le centroïde de chaque groupe présente des valeurs surtout discriminantes en  $Fe_2O_3$ . Dans le groupe I des altérites, la teneur de  $Fe_2O_3$  est toujours de l'ordre de 10 % ; par contre la concentration en alumine varie en fonction du faciès plus ou moins argileux de la matrice qui dérive de la roche-mère, mais elle n'atteint pas 20 % en moyenne.

Dans les gravillons des carapaces et les cuirasses gravillonnaires représentant le groupe II, les teneurs en  $Fe_2O_3$  fluctuent entre 30 % pour les gravillons de Floressas et 50 % pour les débris de cuirasses gravillonnaires de Masclat. Il y a peu de variation entre les gravillons silteux et leurs cuirasses ; comme pour le groupe I, la concentration en  $Al_2O_3$  n'atteint pas 20 %.

La comparaison de ces groupes avec celui des pisolites à structures concentriques formés dans les argiles vertes de la base du Tertiaire des Charentes, révèle de nettes différences dans les concentrations en fer (Gourdon-Platel, 1980 ; Gourdon-Platel et Lambert, 1987) : en effet les pisolites argilomorphes pauvres en silts (15 % de  $SiO_2$ ) renferment en moyenne 69 % de  $Fe_2O_3$  pour seulement 16 % d' $Al_2O_3$  (pisolites de Montchoix et de Villars).

Groupe I - altérite avec ou sans gravillons	Groupe II - gravillons carapace, cuirasse
$SiO_2 = 74 \%$	$SiO_2 = 56 \%$
$Al_2O_3 = 16 \%$	$Al_2O_3 = 11 \%$
$Fe_2O_3 = 10 \%$	$Fe_2O_3 = 33 \%$

### Extension du manteau d'altérite en Périgord Noir et en Quercy

Bien que 60 km séparent les secteurs de Rouffignac et ceux de Fumel / Le Boulvé et malgré la diversité des substrats, les caractères communs aux différentes carapaces et cuirasses permettent de dire

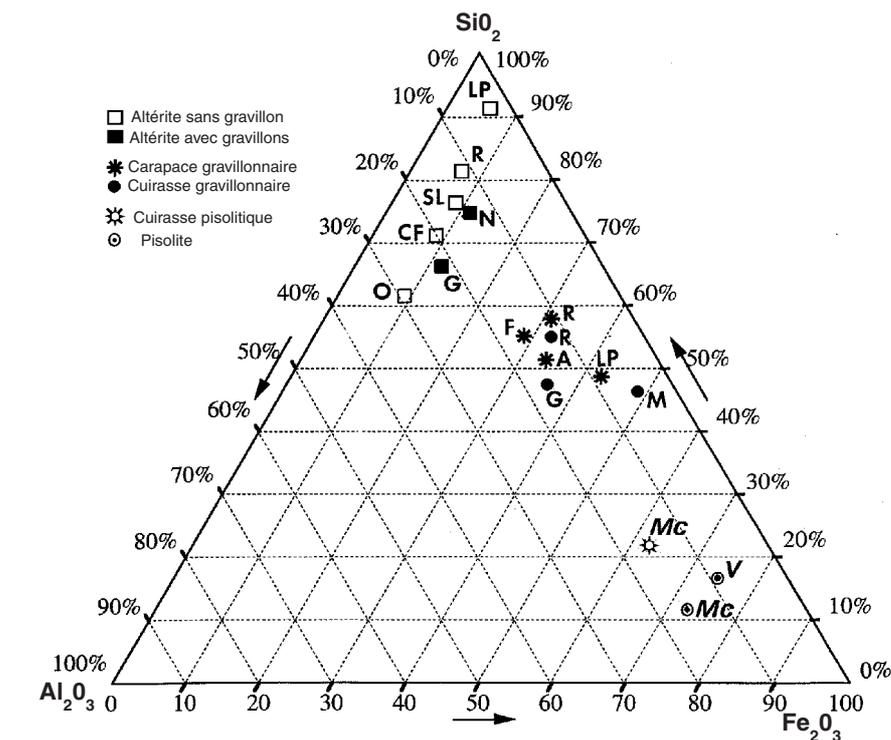


Fig. 5.- Diagramme ternaire (Si / Al / Fe) des analyses chimiques de la Formation de Rouffignac comparées à celles des cuirasses de la base du Tertiaire des Charentes.

Les concentrations des trois éléments dominants Si, Al, Fe sont exprimées en oxydes, leur total étant ramené à 100 %, puis positionnées dans le diagramme ternaire. A titre de comparaison ont été reportées les analyses chimiques des pisolites tertiaires des Charentes (Montchoix et Villars).

A : Archignac ; CF : Chartier-Ferrières ; F : Floressas ; G : Gavaudun ; LP : La Prade ; M : Masclat ; N : Nadaillac ; O : Orliaguet ; R : Rouffignac ; SL : St-Laurent-La-Vallée ; Mc : Montchoix ; V : Villars.

Fig. 5.- Ternary Si-Al-Fe diagram of the chemical analyses of the Rouffignac Formation compared to those of the basal Tertiary duricrusts in the Charentes area.

Concentrations of the three major elements (Si, Al, Fe) are expressed as oxides (totalling 100%) and plotted on the ternary diagram. The chemical analyses of the Tertiary pisolitic duricrust in the Charentes area (Montchoix and Villars) are plotted for comparison.

que c'est le même manteau d'altérite qui a recouvert l'ensemble de cette région au début de l'Eocène supérieur. La cartographie géologique récente de tout le Périgord Noir et le Quercy, entre Brive, Cahors, Monflanquin et Périgueux, a également mis en évidence de nombreux témoins de paléoaltérite ferrugineuse que l'on peut raccorder à cette même paléosurface au relief assez tourmenté, qui recoupe en discordance des terrains d'âges Eocène à Jurassique. Cette surface est représentée sur la carte (fig. 6) qui a été dressée à l'aide des altitudes de ces témoins et, en leur absence, des cotes de base des terrains de l'Oligocène.

Dans la moitié nord-est du secteur étudié, les altitudes du manteau d'altérite se tiennent autour de +300 m. C'est le cas à Rouffignac qui semble se trouver à la terminaison occidentale d'un plateau ondulé à substrat campanien à éocène, qui se pro-

longe vers l'est dans le secteur entre Terrasson et Souillac avec des témoins de carapace gravillonnaire à Archignac (+295 NGF) sur terrain santonien. A Chartier-Ferrières, à Nadaillac et à Estivals la surface des calcaires du Bathonien est perforée par de nombreuses dolines : elles sont remplies d'argile silteuse à sableuse rouge sang atteignant une épaisseur de 4 m et renfermant parfois de petits gravillons ferrugineux.

Cinquante kilomètres plus au sud, c'est également sur des terrains jurassiques, dans le secteur de Thédillac-Lavercaillère vers +300 m d'altitude (Les Cabèques), que s'observe la base d'un paléosol qui se caractérise par de grandes marmorisations rouges pénétrant un substrat sablo-argileux rapporté à un lambeau de terrain du Crétacé supérieur (Astruc, 1985). Altimétriquement cette paléosurface se prolonge vers l'est de

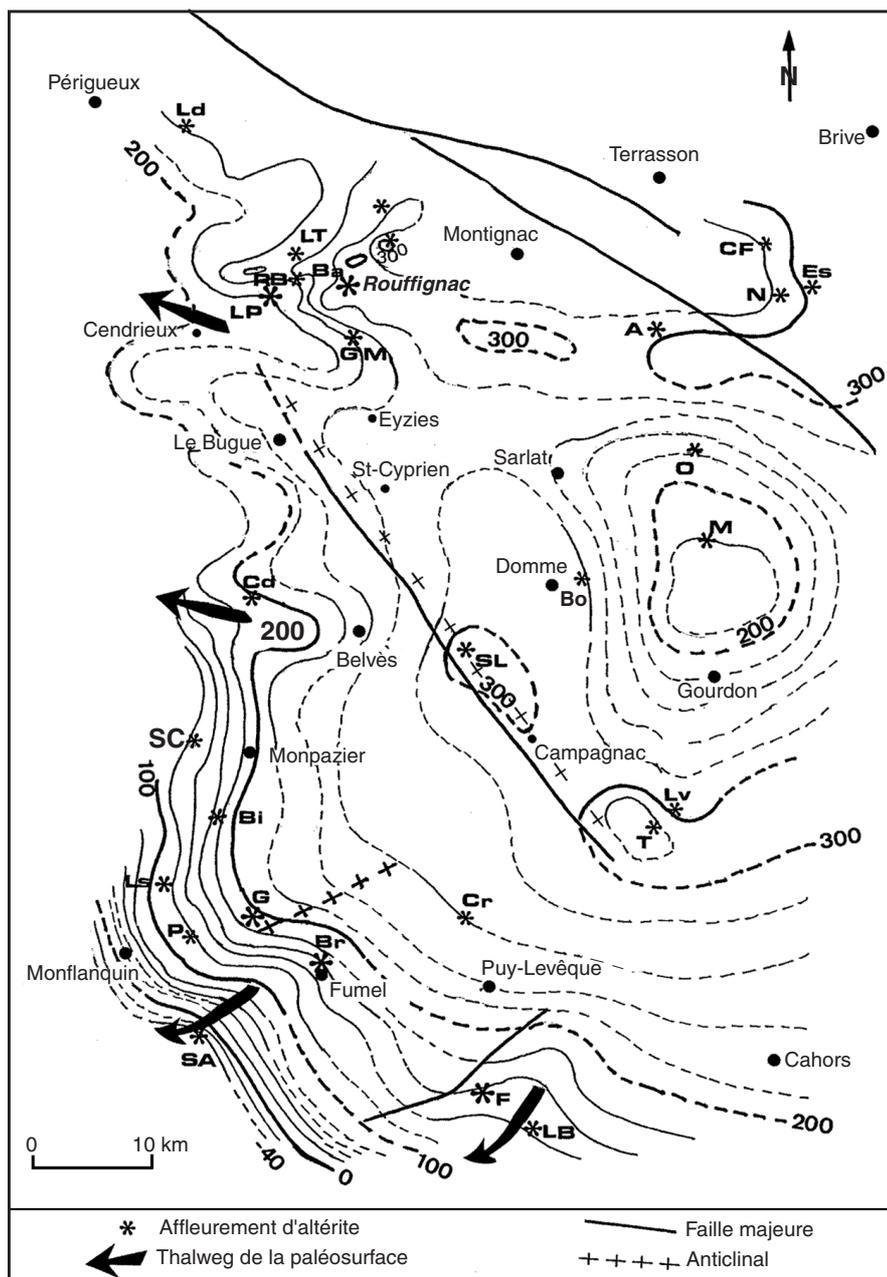


Fig. 6.- Reconstruction de la paléosurface de la Formation de Rouffignac avec ses principaux affleurements d'altérite.

A : Archignac ; Ba : Balou ; Bi : Biron ; Bo : Bord ; Br : Brétois ; Cd : Cadouin ; Cr : Cayrol ; CF : Chartier-Ferrières ; Es : Estivals ; F : Floressas ; G : Gavaudun ; GM : Grotte des 100 Mammouths ; Ld : Lardimalie ; Ls : Laussou ; Lv : Lavercaillère ; LP : La Prade ; LB : Le Boulvé ; LT : Le Tallet ; LE : Les Eyzies ; M : Maslat ; N : Nadaillac ; O : Orliaguet ; P : Paulhiac ; R : Rouffignac ; RB : Roc de Bille/Lac des Jones ; SA : St-Aubin ; SC : St-Cassien ; SL : St-Laurent-La-Vallée ; T : Thédillac.

Fig. 6.- Reconstruction of the Rouffignac Formation paleosurface showing the main outcrops of ferralitic alteration profiles.

Belvès (Saint-Laurent-La-Vallée) et Domme où des sables argileux de l'Eocène moyen sont ferruginisés sur plus de 3 m contenant de petits nodules d'hématite sous les couches oligocènes du plateau de Bord.

A mi-distance entre les deux secteurs orientaux s'imprime une vaste dépression

arrondie sur une vingtaine de kilomètres dont le centre est attesté entre Gourdon et Sarlat par la cuirasse gravillonnaire de Maslat avec une forte concentration en oxy-hydroxydes de fer (44 %) qui lui donne une couleur rouge-brun.

A l'ouest d'une ligne Cahors - Puy-Lévêque - Belvès - Le Bugue - Rouffignac,

correspondant approximativement à la cote +260 de la paléosurface, la pente de celle-ci devient forte vers l'ouest (1,6 % en moyenne) pour atteindre des altitudes de +130 m entre Monpazier et Biron, +80 à +100 m à l'est de Montflanquin et -40 m à Saint-Aubin (niveau repéré en sondage). Du nord au sud, cette surface est jalonnée par les témoins de la paléaltérite de Lardimalie près de Périgueux, du sud de Cadouin, de Saint-Cassien près de Monpazier et surtout par un manteau continu d'altérite particulièrement bien visible dans la vallée du Laussou et de La Lède ; sous les premières molasses de l'Eocène supérieur, la carapace de gravillons rouge sang forme sur 4 à 5 m de puissance une altérite au toit des sables de l'Eocène moyen. Les sites du Brétois et de Floressas se trouvent sur cette surface pentée à une altitude voisine de +150 m.

On remarque que le versant penté est régulièrement festonné par des gouttières divergentes, du sud au nord celles du Boulvé, de l'axe Fumel/Saint-Aubin, de la Bessède et de l'axe Les Eyzies/Cendrieux. Cette paléaltérite étant datée d'une période immédiatement postérieure à la phase de structuration majeure de l'orogénèse pyrénéenne, ces gouttières peuvent être interprétées comme autant de zones tectoniques déprimées ou flexures pendant cette phase : c'est le cas du synclinal du Boulvé bordé par la flexure de Floressas, de la flexure longeant La Lède qui se poursuit jusqu'au Brétois, du synclinal de la Bessède et de la retombée méridionale de l'anticlinal de Vergt. C'est sur cette pente festonnée que sont venus se biseauter en onlap les terrains molassiques de l'Eocène supérieur. Ce biseau apparaît bien dans la vallée de La Lède entre Gavaudun et Paulhiac.

Quant à la vaste dépression au nord de Gourdon, elle se calque approximativement sur le synclinal de Sarlat. Si l'axe de l'anticlinal de Sauveterre est très discret, celui de la grande structure de Campagnac-Quercy/Saint-Cyprien correspond à des paléoreliefs autour de + 300 NGF.

### Témoins de l'altérite éocène et sédiments dérivés sur la bordure sud-ouest du Massif central

Le secteur étudié en Périgord Noir et à l'ouest du Quercy a la particularité d'être la

seule zone où l'altérite a été bien conservée. Par contre, sur la bordure orientale du Bassin d'Aquitaine et notamment sur les Causses du Quercy (Limogne, Gramat) et sur les massifs anciens du Rouergue l'enfoncement du manteau ferrallitique s'est poursuivi au sein de reliefs rajeunis dont les altitudes étaient beaucoup plus élevées, vers 400-500 m en Quercy et 700-800 m en Rouergue (Astruc, 1988 ; Simon-Coinçon, 1989 ; Simon-Coinçon et Astruc, 1991). Des témoins de gravillons ferrugineux existent notamment un peu partout dans le fond des dolines des Causses du Quercy et de la Grésigne, mais la profondeur de la karstification et l'intensité du soutirage dans les conduits ne permettent pas de connaître les altitudes de la paléosurface initiale ; on ne voit alors que des gravillons accumulés et piégés au fond de dolines profondes ou à la base d'un réseau karstique arasé.

Il faut toutefois signaler la présence dans cette région de plusieurs générations d'altérites cuirassées ayant appartenu à des surfaces dont il est impossible de reconstituer l'extension géographique. Les plus anciens sont connus à la base des formations du Crétacé supérieur, aux environs de Gourdon. La coupe de Marcillac (Astruc, 1996), montre des blocs de grès ferrugineux dans des conglomérats scellés par des calcaires cénomaniens à *Simplalveolina*. Au sud-est des Causses, en Grésigne, la cuirasse ferrugineuse de Puycelci paraît avoir été recouverte par des conglomérats à *Microcodium* actuellement attribués au Paléocène ou au tout début de l'Eocène (Astruc *et al.*, à paraître). A la surface des causses quercynois et dans des pièges karstiques ou structuraux, on trouve des grès ferrugineux assez grossiers, identiques à ceux de la cuirasse « bartonienne » de Floressas.

Au nord de Cahors, le remplissage karstique est essentiellement formé d'argiles sableuses rouges emballant des cailloutis et des blocs calcaires. Sur la Causse de Limogne, ces sédiments détritiques sont associés à des phosphorites (Vianey-Liaud, 1980), et les dépôts argileux rouges renferment souvent des pisolites à structures concentriques à goethite dominante.

Vers le sud-ouest sous les séries molassiques, l'altitude de la surface était trop basse et la sédimentation était quasiment continue dans le bassin empêchant toute évolution pédogénétique intense.

Ainsi plus à l'ouest, les produits de l'érosion se sont sédimentés sur l'ensemble des Charentes et l'ouest du Périgord, sous forme de sables argileux bruns enrichis en goethite passant insensiblement à des argiles sableuses grisâtres à marbrures ocre correspondant à la partie inférieure de la formation de Boisbretreau ; cette dernière a été attribuée chronologiquement par Dubreuilh et Platel (1982) à la période Eocène supérieur - Oligocène.

Localement, de très rares témoins d'altérite gravillonnaire séparent les sables argileux bruns de la Formation de Boisbretreau des sables plus grossiers de celle de Guizengeard : par exemple au nord d'Aubeterre, sur 30 à 60 cm d'épaisseur existe une concentration gravillonnaire dans une altérite argilo-sableuse rouge brique ; elle surmonte un paléosol à marmorisations épais d'une dizaine de mètres (Platel, 1999). Elle est en tout point comparable à la Formation de Rouffignac.

## Conclusions

A la limite Eocène moyen / Eocène supérieur, les terrains cénozoïques et mésozoïques de la région orientale du bassin d'Aquitaine (Périgord Noir et Quercy) ont été recouverts par un manteau d'altérite gravillonnaire ferruginisée puissant de 3 à 10 m et probablement continu, résultant d'une intense pédogenèse latéritisante. De nombreux témoins en sont connus dans les modelés karstiques des causses du Quercy, sur les calcaires crayeux du Crétacé supérieur et sur les sables plus ou moins argileux de l'Eocène du Périgord Noir, dans lesquels la paléoaltérite s'enracine plus profondément.

Les secteurs où elle est le mieux conservée sont ceux des environs de Fumel en Lot-et-Garonne (affleurements de la vallée de Laussou, de Gavaudun, du Brétou, de Floressas et du Boulvé) et ceux du secteur de Rouffignac, Saint-Cernin de Reilhac, Forêt de Barade dont la diversité des profils est la plus grande ; ce secteur présente en effet des faciès allant de l'altérite sans gravillons, à la carapace gravillonnaire et jusqu'à la cuirasse massive d'accumulation absolue, dont les gros blocs démantelés parsèment la forêt de Barade. C'est pour cette diversité de faciès et à cause de l'antériorité de son étude que

le type de cette formation a été pris à Rouffignac.

L'épaisseur de l'accumulation sur place sous forme d'une carapace reste remarquable à l'échelle régionale. Les gravillons ont toujours des formes émoussées et une mince enveloppe corticale d'hématite entoure un ou plusieurs nodules ferrugineux argilo-silteux (33 % de  $Fe_2O_3$  en moyenne). Ces gravillons ferrallitiques sont très différents des concrétions ferrugineuses de la base des terrains tertiaires des Charentes ; autour de Montmoreau, ces dernières sont des accumulations de pisolites argilomorphes à écailles concentriques dont la teneur moyenne en  $Fe_2O_3$  peut atteindre 69 %.

Les concrétions ferrugineuses formant des carapaces dérivent d'anciens profils d'altération développés à la fin de l'Eocène moyen sur des terrains d'âges différents, portés suffisamment hauts par les effets de l'orogénèse pyrénéenne pour pouvoir être altérés. Une période de stabilité tectonique assez longue a été également nécessaire pour avoir permis la poursuite de la pédogenèse latéritisante sans érosion. Dans ces profils latéritiques, le cuirassement secondaire est souvent localisé et son démantèlement a fourni des blocs métriques repérables autour de Rouffignac. Les horizons supérieurs ont ensuite été érodés et les matériaux évacués se sont resédimentés vers l'ouest du Périgord et dans les Charentes.

Entre Périgueux, Brive et Cahors, les témoins de la paléoaltérite gravillonnaire ont permis de reconstruire la paléosurface topographique du début de l'Eocène supérieur, formant un plateau ondulé à substrat mésozoïque à éocène, situé vers +300 NGF, structuré par une dépression centrée sur Gourdon-Sarlat et penté vers l'ouest. Sur le sud de cette pente festonnée, sont venus se pincer en transgression les dépôts molassiques priaboniens.

L'ampleur régionale de ce manteau d'altérite a eu une telle extension qu'il s'en retrouve des témoins vers +400-500 sur les Causses du Quercy et +700-800 en Rouergue. Le faciès caractéristique de ces concrétionnements ferrugineux en fait, sur l'ensemble de la bordure orientale du Bassin d'Aquitaine, un très bon indice de la phase climatique latéritisante de la fin du Bartonien / début Priabonien.

## Références

- Archanjo J. (1982) - Le Sidérolithique du Quercy Blanc (France). Altérations polyphasées paléogènes sur roches sédimentaires. Essai de datations. Thèse de Docteur-Ingénieur, ULP. Université de Strasbourg, 148 p.
- Astruc J.G. (1981) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Montcuq (880). Orléans : BRGM ; notice explicative par Astruc J.G. et Cosson J., 29 p.
- Astruc J.G. (1985) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Puy-Lévêque (856). Orléans : BRGM ; notice explicative par Astruc J.G., Galharague J., Vautrelle C., Soulé J.C., 38 p.
- Astruc J.G. (1988) - Le paléokarst quercynois au Paléogène ; altérations et sédimentations associées. Documents BRGM, n° 133, 135 p. (Doc. d'Université, Toulouse, 1987).
- Astruc J.G. (1990) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Gourdon (832). Orléans : BRGM ; notice explicative par Astruc J.G., Capdeville J.P., Galharague J. et Lorblanchet M., 45 p.
- Astruc J.G. (1996) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Souillac (809). Orléans : BRGM ; notice explicative par Astruc J.G., Cubaynes R., Fabre J.P., Galharague J., Lefavrais-Raymond A., Marcouly R., Péliissié T., Rey J., Simon-Coinçon R. (1995), 76 p.
- Astruc J.G., Fabre J.P., Muratet B. (à paraître) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Négrepelisse (931). Orléans : BRGM ; notice explicative par Astruc J.G., Cubaynes R., Durand-Delga M., Fabre J.P., Legendre S., Muratet B., Pajot B., Péliissié T., Rey J., Sigé B., 80 p.
- Cavelier C. (1979) - La limite Eocène-Oligocène. *Mém. Sci. géol.*, n°54, 280 p.
- Dubreuilh J. (1983) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Belvès (831). Orléans : BRGM ; notice explicative par Dubreuilh J., Kervazo B., Turq A., Ruhard J.P., Bambier A., 49 p.
- Dubreuilh J. (1989) - Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviatiles tertiaires du nord du bassin d'Aquitaine. Passage aux formations palustres, lacustres et marines. Document BRGM, n°172, 461p. (Doc. d'Etat, Univ. Bordeaux III, 1987).
- Dubreuilh J., Platel J.P. (1982) - Stratigraphie et sédimentologie des formations continentales tertiaires à faciès « sidérolithiques » des Charentes. *Bull. BRGM Fr.*, (2), Section I, n°4, 269-280.
- Gourdon N. (1973) - Etude de quelques concentrations en oxydes de fer dans diverses formations continentales du Bassin Aquitain. Essai de classification. Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Bordeaux III, 2 t., 189 p.
- Gourdon-Platel N. (1980) - Les cuirasses de fer pisolithique du Tertiaire continental de la bordure nord-aquitaine. Typologie des pisolithes et hypothèses sur leur formation. *Rev. Géomorph. Dynam.* n°4, 129-142.
- Gourdon-Platel N., Dubreuilh J. (1992) - Les ferruginisations et les argiles associées au paléokarst tertiaire du Périgord. *In: Karst et évolution climatique*, 449-460. Presses Universitaires de Bordeaux.
- Gourdon-Platel N., Lambert P. (1987) - Microstructures et répartition de trois éléments majeurs (Fe, Al, Si) au sein des pisolites de fer nord-aquitains. Travaux Lab. Géogr. Phys. Appl., Bordeaux III, 1986-1987, n° 10, 1-20.
- Maignien R. (1966) - Compte-rendu de recherches sur les latérites. UNESCO n°4, Edit. Vaillant-Carmanne, Liège ; 155 p.
- Meyer R. (1987) - Paléoaltérites et paléosols. L'empreinte du continent dans les séries sédimentaires. *Manuels et méthodes*, éditions BRGM, n°13, 164 p.
- Muratet B. (1983) - Géodynamique du Paléogène continental du Quercy-Rouergue. Analyse de la sédimentation polycyclique des bassins d'Asprières (Aveyron), Maurs (Cantal) et Varen (Tarn-et-Garonne). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Paul Sabatier ; Toulouse, 188 p.
- Platel J.P. (1983) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Fumel (855). Orléans : BRGM ; notice explicative par Platel J.P., Tessier J.L., Le Tensorer J.M., 43 p.
- Platel J.P. (1999) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Ribérac (757). Orléans : BRGM ; notice explicative par Platel J.P., Céliérier G., Duchadeau-Kervazo C., Chevillot C., Charnet F., 43 p.
- Platel J.P., Faugeras P. (1999) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Thenon (783). Orléans : BRGM ; notice explicative par Platel J.P., Faugeras P., Mauroux B., Spencer C., Charnet F., Céliérier G., Harielle B. et Jacquement P., 129 p.
- Platel J.P., Roger P. (1979) - Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Terrasson (784), terrains crétacés. Orléans : BRGM ; notice explicative de la partie crétacée par Platel J.P.
- Simon-Coinçon R. (1989) - Le rôle des paléoaltérations et des paléoformes dans les socles : l'exemple du Rouergue (Massif central français). Thèse Doctorat d'Etat, Paris I (1987). Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, *Mém. Sci. Terre*, 290 p.
- Simon-Coinçon R., Astruc J.G. (1991) - Les pièges karstiques en Quercy : rôle et signification dans l'évolution des paysages. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **162**, n°3, 595-605.
- Thiry M., Turland M. (1985) - Paléotoposéquences de sols ferrugineux et de cuirassements siliceux dans le Sidérolithique du nord du Massif central (bassin de Montluçon-Domérat). *Géologie de la France*, n°2, 175-192.
- Trauth N., Astruc G., Archanjo J., Dubreuilh J., Martin P., Cauliez N., Fauconnier D. (1985) - Géodynamique des altérations ferralithiques sur roches sédimentaires, en bordure sud-ouest crétacée du Massif central : paysages sidérolithiques en Quercy Blanc, Haut-Agenais, Bouriane et Périgord Noir. *Géologie de la France*, n°2, 151-160.
- Vianey-Liaud M. (1980) - La paléontologie du Quercy : les phosphorites. *Quercy-Recherches*, **34**, 24-42.

le texte de l'article. Cette œuvre devra être retournée à la rédaction sous deux semaines. La rédaction se réserve le droit de procéder elle-même aux corrections, sans que cela engage sa responsabilité, au cas où une réponse trop tardive de l'auteur risquerait de compromettre la sortie de la revue dans les délais. Les corrections doivent être limitées aux seules fautes typographiques.

#### Tirés à part

Vingt-cinq tirés à part seront fournis gratuitement. D'autres pourront être obtenus à titre onéreux. Le bon de commande et les tarifs seront envoyés avec les œuvres.

*Geology of France* is a journal aiming at researchers, teachers, those to whom the knowledge of geology is essential to their work and the general interested public in France and elsewhere. It is devoted to the publication of results of projects related to all disciplines of the Earth Sciences, both in France and in the surrounding regions.

Papers may cover fundamental geological knowledge, or be related to specific research or applied geology programmes.

The aim is to cover all aspects of both subsurface and surface geology. By taking into account surrounding regions, studies need not be restricted by national boundaries, but can take into account entire geological entities.

The journal welcomes publications from both French and other authors, both full-length papers and short notes.

#### MANUSCRIPTS

Three copies of typed manuscript (accompanied by a 3.5" diskette [PC or Macintosh] in Microsoft Word or revisable format such as RTF) and of the illustrations should be addressed to the Chief Editor. These will be sent to two referees for review. On acceptance, authors will be invited to return the final corrected manuscript (accompanied by a 3.5" diskette) and the original of the figures.

#### LANGUAGES

Both French and English are accepted languages for *Geology of France*.

#### PAPERS

##### Length

Articles should not exceed 15 printed pages, including illustrations and references.

As an indication, 80 typed lines of 80 characters of spaces correspond approximately to one printed page.

##### Layout

The layout of the article should be as follows:

##### Title

Running title: maximum of 60 characters, including spaces, when the full title exceeds this length.

Author(s): provide the name, given name (in full), and address (in full) of each author.

##### List of contents

Abstract in the language of the text (maximum 2,000 characters, including spaces).

Extended Abstract of between one and two printed pages (about 6,000 to 12,000 characters, including spaces). The Extended Abstract, which will be published in the second language of *Geology of France* (i.e. French or English) should be accompanied, if possible, by a translation into this second language. The Chief Editor will arrange for the translation to be verified or for the original to be translated.

##### Text of the article

##### Acknowledgements

References for all authors cited in the text and figure/table captions.

##### List of illustrations (figures, tables and

photo plates) with their titles and captions (if possible in both French and English)

The illustrations, each on a separate page.

#### Technical data

Manuscripts should be typed double-spaced in 12 pt characters on one side only of size A4 paper (21 X 29.7 cm), with approximately 3 cm margins to either side.

The text, including title and author names should be in lowercase letters, with uppercase being used only where required by normal practice, such as for the first letter of sentences and of proper names.

Standard abbreviations should be used (cm, m, Ma, t, IC, NW-SE, E, etc.), and units of measurement should comply with international standards.

#### Citations

References in the text to other articles should merely indicate the name of the author (or both authors when there are two) followed in parenthesis by the publication date of the article; if the article in question has more than two authors, the expression *et al.* should be used (in italics) after the first author; if the citation does not form an integral part of the sentence than the whole reference should be in parenthesis (e.g. (according to Kappel (1983), Robert and Kelly (1987a) and Bastos Neto *et al.* (1991) this approach is perfectly valid) or such an approach has been used successfully in other fields (Kappel, 1983; Robert and Kelly, 1987a; Bastos Neto *et al.*, 1991)).

#### List of References

The References should include all the citations quoted in the text and only those citations. It should list the authors alphabetically and then chronologically when several references by a same author are given. If references are made to different articles by a same author for a given year, these should be distinguished by appending a, b, c etc., to the year (e.g. 1990a). References with more than two authors beginning with the same author (the rest may be different) in the course of a single year, should also be distinguished by adding a, b, c, and so on, to that year.

Citations should be listed as follows and as shown in the examples below: the name(s) of the author(s), (each) followed by the author's initial(s) or name; the date of publication (in parentheses); then:

for articles in a journal: the full title of the article; the full name of the journal (in italics); the volume number (in bold), and the first and last page numbers.

for books: the full title of the book; the name of the publisher; the number of pages in the book.

for articles in a book or volume of collected papers: the name(s) of the editor(s); the title of the book or volume; the name of the publisher; the first and last page numbers of the article in question.

References should be typed complete with accents in lower case, and should follow the punctuation given in the examples below:

Bastos Neto A., Charvet J., Touray J.-C., Dardenne M. (1991) Evolution tectonique du district fluoriné de Santa Catarina (Brésil) en relation avec l'ouverture de l'Atlantique. *Bull.*

*Soc. géol. Fr.*, **162**, 503-513.

Deroin J.P., Girault F., Rouzeau O., Scarvic J.Y. (1993) □ Cartographie géologique en Velay : aspects méthodologiques de l'étude par télédétection et présentation des résultats *Géologie de la France*, n° 1, 3-13.

Twenty five of fprints will be provided free of charge. If additional of fprints are required, these, these will be charged at the rates quoted on the order form send with the proofs.

#### **Illustrations (figures, tables, photographic plates)**

The original illustrations should only be submitted with the final manuscript. They should each be on a separate sheet and numbered according to the order in which they are cited in the text.

Authors must ensure that all the place names mentioned in the text are shown on the corresponding figures, or that they are cited with reference to another location shown on one of the figures (e.g. 110 km northeast of Paris).

All figures must be submitted on a medium that allows quality reproduction (tracings or black and white prints). Lines, patterns and lettering must be of a suitable weight and size that they can (if necessary) be reduced to fit one or more columns of a *Geology of France* page; for this reason only graphic scales are acceptable on maps and diagrams.

Tables should, where possible, be prepared so that they can be reproduced directly onto one or more columns of a *Geology of France* page.

Photo plates, in black and white, should be of high quality and no larger than the *Geology of France* effective page size (18 X 25 cm).

Colour reproductions of figures and photo plates are possible at the specific request (and also at the expense) of the author(s).

#### **Copyright**

It is entirely the author's responsibility to obtain permission to use previously published material and the *Geology of France* will request a relevant release form from the author that this has been done.

#### **SHORT NOTES**

Scientific and technical communications should not exceed 5 printed pages in length including the text, references and illustrations. The presentation should be outlined above for scientific articles, except that the *abstracts* in French and English should be of the same length and should not exceed 1500 characters (including spaces). The text will be reviewed by a single referee.

#### **CORRECTION OF PROOFS**

Only one set of proofs will be sent to authors for proof-reading. If a paper has several authors, the proofs will be sent to the author who originally submitted the paper.

Corrected proofs should be returned to the editor within two weeks.

The editor reserves the right to make any necessary corrections, without incurring liability, should the author fail to return proofs within the specified time, thereby jeopardising the publication deadline. Corrections must be limited to typographical errors only.

#### **Offprints**