

Géologues

Géosciences et Société

Dossier

La région Nouvelle-Aquitaine

Une coédition



**« L'Homme et la Pierre » :
Un réseau pour porter un autre regard
sur le territoire des Deux-Sèvres 38**

Stéphanie Tézière

La programmation de l'association L'Homme et la Pierre est présentée. Celle-ci s'appuie sur un réseau de cinq géosites (anciennes carrières réhabilitées) et de six belvédères surplombant des sites industriels d'exploitation de carrières, auxquels s'ajoutent des sites en partenariat. À partir d'exemples diversifiés, les missions au service du territoire des Deux-Sèvres sont déclinées grâce à diverses actions de médiation scientifique : sensibilisation du public au patrimoine géologique en lien avec les paysages ; introduction aux richesses naturelles et à la biodiversité ; présentation et promotion des métiers liés aux activités d'extraction.

**Une expertise associative
pour la reconnaissance d'une Indication
géographique (IG) : Pierre d'Arudy 42**

Raymond Cussey

L'histoire géologique de la pierre d'Arudy débute à l'Albocapitien dans un contexte tectonique d'ouverture de l'Atlantique Nord et de déplacement de la plaque ibérique qui crée les bassins rhombiques de l'Adour et de Parentis, sous climat tropical. Arudy se trouve alors en bordure de la plateforme moyenne dont le basculement entraîne la formation d'une pente sur laquelle s'installent, sous une tranche d'eau de 150 à 200 m, des monticules de boue, les « mud mounds », visibles dans le paysage. Ce sont des constructions biogéniques formées de coraux microsolénidés et de structures bactériennes de type stromatactis. Il en résulte la formation d'une roche très esthétique dans les tons de gris, dont le grain très fin permet un travail dans les trois directions de l'espace. Ce calcaire n'est pas un marbre puisqu'il n'a pas subi de métamorphisme. La Pierre d'Arudy est exploitée dans différentes carrières de la région et ses caractéristiques ont permis d'obtenir l'Indication Géographique (IG).

**GéolVal, une association...
toujours en mouvement 47**

Membres du groupe d'animation de GéolVal

GéolVal, association loi 1901 créée en 1997, compte selon les années 100 à 150 adhérents, de profils variés, professionnels et amateurs. L'association a récemment réalisé une fusion avec l'association « Géopatrimoine Pyrénéen ». Géologues et enseignants assurent la complémentarité des activités : actualisation des connaissances en géologie et médiation de ces connaissances en direction des divers publics : scolaires, randonneurs, touristes, mais aussi habitants, aménageurs et élus du territoire. Principalement autour des Pyrénées, l'association Géolval propose une géologie accessible à un large public en s'appuyant sur les équipements de la RGTP et du Géotrain. Les sorties sur le terrain et d'importantes ressources documentaires en accès libre sont des outils de médiation scientifique dans le domaine des géosciences.

**L'inventaire du patrimoine géologique
en Nouvelle-Aquitaine 53**

Jean-Christophe Audru, Bertrand Chevalier
et Valérie Boirel

L'inventaire national du patrimoine géologique a été lancé en Nouvelle-Aquitaine il y a 16 ans sous le pilotage de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement qui s'appuie sur une commission régionale du patrimoine géologique. À ce jour, près de 600 sites ont déjà été répertoriés dont un grand nombre à haute valeur patrimoniale. Une action multiforme de valorisation auprès du grand public est menée. Mais environ 30 % des géotopes sont considérés comme étant menacés de disparaître et ce, de manière irréversible.

LES RISQUES LITTORAUX 57

**La gestion des risques littoraux et la préservation
du littoral, de l'aléa à la culture du risque :
un exemple de rôle pour des associations
d'éducation populaire 57**

Alistair Brockbank

Le recul du trait de côte n'est plus à démontrer dans la plupart des régions, les risques littoraux qui en découlent non plus. Ce recul est attribué aux évolutions naturelles du climat et au niveau relatif de la mer pendant des millénaires, mais les actions humaines sont aussi un facteur. Si l'objectif de la gestion des risques est « l'adaptation » à ces changements et la « résilience » des territoires, l'heure n'est plus seulement aux études géomorphologiques où même à la construction des protections « dures » (sauf pour des cas très précis que l'on connaît bien). Nous sommes obligés aussi de prendre en compte la nature psycho-sociale de la perception des risques. À partir de l'exemple du CPIE Littoral basque, cet article veut suggérer que c'est là que les associations d'éducation populaire, notamment de l'éducation à l'environnement, ont un rôle primordial de par leur expérience avec des publics différents et des approches participatives et sensorielles.

**Karsts littoraux de Charente-Maritime :
genèse et configuration actuelle 68**

Emeric Vedie, Thierry Le Roux, Cyril Respaud et
Jérôme Revel

Les falaises littorales de la rive nord de l'estuaire de la Gironde se développent au sein d'un massif calcaire karstifié parcouru de cavités naturelles, dites karstiques. Ce contexte a contribué à la genèse d'un paysage littoral atypique et pittoresque. Malgré une connaissance encore à consolider, il est proposé ici une synthèse des différentes phases de karstification à l'origine de la configuration actuelle du territoire saintongeais, et notamment de son littoral. Les grottes de la Saintonge habillent aujourd'hui le trait de côte de formes typiques des environnements karstiques, mais fragilisent également localement les falaises en réactivant des processus d'instabilité, comme le déboufrage des conduits

colmatés et le soutirage des matériaux de surface, à l'origine de mouvements de terrain en surface (affaissements et effondrements) et d'un recul du trait de côte (éboulements).

État de la qualité des eaux dans l'estuaire de la Gironde : le cas du cadmium 82

Frédérique Pougnet, Teba Gil-Díaz, Alexandra Coynel, Cécile Bossy, Jörg Schäfer et Gérard Blanc

Les estuaires et la zone côtière représentent les interfaces (continent/océan) les plus sensibles à surveiller, de par leurs propriétés à la fois de réceptacle des polluants continentaux/fluviaux et de fenêtre principale de rejet de ces contaminants vers l'océan, en particulier pour les Éléments Traces Métalliques (ETM). Le suivi hydrogéochimique (qualitatif et quantitatif) des ETM le long du continuum Terre-Mer permet d'identifier leur origine (naturelle ou anthropique), de mieux comprendre leur comportement dans les gradients (salinité, turbidité) estuariens et de mesurer leur impact potentiel sur l'environnement. Cette démarche a l'avantage de proposer des recommandations aux gestionnaires des systèmes aquatiques. Elle est aussi susceptible d'améliorer l'anticipation des perturbations du biotope face au changement climatique.

L'estuaire de la Gironde est affecté par une pollution polymétallique historique, dont la contamination persistante en cadmium (Cd) empêche une reprise complète et le développement de la conchyliculture girondine, avec un risque potentiel pour le premier site ostréicole français (Marennes-Oléron). Les travaux actualisés (Pougnet, 2018 ; Pougnet et al., 2022, 2021) représentent l'analyse la plus complète de l'évolution temporelle sur 30 ans de la contamination en Cd dans ce système.

Les solutions fondées sur la nature appliquées aux littoraux : retour d'expérience en Nouvelle-Aquitaine 87

Eric Chaumillon

Les solutions fondées sur la nature (SFN) trouvent des applications dans la prévention et la gestion des risques littoraux. Les zones humides littorales permettent de limiter les effets des submersions marines, mais leurs services écosystémiques vont au-delà : séquestration du carbone, réservoir de biodiversité, amélioration de la qualité de l'eau, augmentation de l'attractivité des territoires... Par ailleurs, les barrières sédimentaires sont souvent des défenses plus efficaces que les digues et autres constructions. Des exemples d'application concernant le littoral néo-aquitain sont présentés.

LES TRANSITIONS ENVIRONNEMENTALES ET ÉNERGÉTIQUES 93

AcclimaTerra, sensibiliser sur les impacts du changement climatique en Nouvelle-Aquitaine avec une vision scientifique 93

Yohana Cabaret et Alain Dupuy

L'histoire d'AcclimaTerra remonte à l'année 2011, sous l'impulsion de la région Aquitaine, avec la création d'un comité scientifique régional dont l'objectif était de développer, en s'inspirant du modèle du GIEC, une approche thématique, collective et pluridisciplinaire pour l'étude des problématiques liées au changement climatique. En 2015, la dynamique a été renouvelée à la création de la région Nouvelle-Aquitaine sur un domaine géographique élargi. Depuis 2020, AcclimaTerra est une association loi de 1901 qui publie des cahiers thématiques sur les sujets de l'environnement, de la biodiversité et de la transition énergétique. Elle mène également des actions de médiation et sensibilisation scientifique, en particulier auprès d'un public jeune. Son fonctionnement en réseau lui permet d'intervenir de façon transversale à l'échelle régionale, inter-régionale et transfrontalière.

La Grande Dune du Pilat : Gestion environnementale publique d'un objet géologique remarquable 97

François Leparamentier

La gestion publique de la Grande Dune du Pilat est guidée par la politique nationale des Grands Sites de France. Depuis 2007, les collectivités territoriales ont confié à un syndicat mixte la mission d'assurer la préservation d'un ensemble d'espaces naturels représentés par la dune, le massif forestier et le domaine littoral, ceci dans un contexte de tourisme de masse. Aujourd'hui, les fondamentaux sont en place : maîtrise foncière, cadre réglementaire, partenariats, actions de sensibilisation et amélioration en cours des conditions d'accueil du public. La Grande Dune du Pilat est un exemple de démarche environnementale multi-acteur, avec appel à un réseau d'experts pour l'étude de l'évolution de la dune, le maintien de la cohérence paysagère et la préservation des écosystèmes.

TRENT (Transitions Énergétiques Territoriales) : La Chaire d'enseignement et de recherche de Sciences Po Bordeaux 103

Le Comité de rédaction sur la base d'une interview de Sylvain Roche

La chaire TRENT, créée en 2019 au sein de Sciences Po Bordeaux, explore les champs d'investigations à la fois politiques, économiques, juridiques, sociétaux et environnementaux de la transition énergétique. Son approche, axée sur les sciences de la société, aborde les enjeux de territoire de façon pluridisciplinaire, en liaison avec les sciences de l'ingénieur. Elle prône ainsi auprès des acteurs de la Nouvelle-Aquitaine le dialogue science / société et un changement culturel dans nos rapports à l'énergie.

Le réseau Régional de Recherche Naïades, ou comment structurer la recherche et la société pour faire face aux problématiques liées à l'eau en Nouvelle-Aquitaine 105

Lucas Garzon et Alain Dupuy

Le Réseau Régional de Recherche Naïades, actuellement en phase d'amorçage, a pour objectif de structurer la recherche

Karsts littoraux de Charente-Maritime : genèse et configuration actuelle

Emeric Vedie¹, Thierry Le Roux², Cyril Respaud³ et Jérôme Revel⁴.

Introduction

Les falaises littorales de la rive nord de l'estuaire de la Gironde se développent au sein d'un massif calcaire d'âge crétacé (84-65 Ma), karstifié depuis le Paléocène (65 Ma). L'histoire géologique locale a en effet contribué à la genèse de cavités naturelles, dites karstiques, aujourd'hui littorales et donc exposées aux assauts des eaux estuariennes de la Gironde. Cette particularité géomorphologique participe pleinement à la constitution d'un paysage atypique et pittoresque désormais connu sous le nom de « Côte de Beauté ». Certains sites constituent ainsi des curiosités géologiques marquées par de petits réseaux karstiques interceptant les falaises et contrôlés par le réseau de fractures hérité des différentes phases tectoniques régionales. Aujourd'hui partiellement évidés, essentiellement par l'action marine, ces réseaux souterrains fragilisent les falaises et peuvent être à l'origine de mouvements de terrain tels que des affaissements et des effondrements, mais également des écroulements et éboulements depuis la façade rocheuse.

Naissance du réseau karstique de la Saintonge

Pays calcaire en rive nord de l'estuaire de la Gironde

Situé dans la partie septentrionale du Bassin aquitain, le pays de Saintonge s'étend de la bordure nord de l'estuaire de la Gironde à la vallée de la Charente, située environ 40 km plus au nord. Ce territoire occupe principalement le département de la Charente-Maritime (Fig. 1).

Presque exclusivement constituée de calcaires d'âge crétacé, la Saintonge présente majoritairement, sur sa frange littorale estuarienne, des paysages de falaises, néanmoins entrecoupées de plages sableuses (conches) et de marais littoraux ou arrière-littoraux. Ces paysages résultent d'une longue histoire géologique initiée au Permien (300 Ma) lors de la formation des bassins sédimentaires (étirement de la croûte terrestre et premiers remplissages continentaux (Guillermin, 1970 ; Corlieux, 1972 ; Platel, 1978 ; Charles, 2012, 2021).

Les formations sédimentaires carbonatées de la Saintonge sont attribuées à une transgression marine survenue au cours du Crétacé supérieur (100 - 65 Ma), dans le cadre d'un mécanisme global d'alternance de transgressions et de régressions. Cette configuration débute au Jurassique (200 Ma), avec une première transgression qui apporte des dépôts marneux et calcaro-argileux (observables plus au nord, au niveau du Pays d'Aunis), jusqu'à ce qu'une régression lui succède (fin du Jurassique) et laisse place à une période d'érosion tout au long du Crétacé inférieur (lacune sédimentaire, à l'exception de la « Formation de Cadeuil »).

Et c'est au Crétacé supérieur (du Cénomanien au Maastrichtien, entre 100 et 65 Ma) que se déposent les différentes séries de calcaires, localement crayeux, du pays de Saintonge dont celle constituant aujourd'hui les falaises de la bordure nord de l'estuaire de la Gironde (Guillermin, 1970 ; Corlieux, 1972 ; Charles, 2012 et 2021) : les calcaires du Maastrichtien, d'une puissance de 50 à 60 m.

À la faveur d'une nouvelle régression au début du Tertiaire (à partir de 65 Ma), combinée à la formation des Pyrénées au cours du Tertiaire (tectonique en compression), les séries calcaires de Saintonge s'érodent et se plissent, formant l'anticlinal de Jonzac et le synclinal de Saintes (orientation NW-SE). Les falaises littorales de l'estuaire se situent sur le flanc sud de l'anticlinal de Jonzac (Fig. 2).

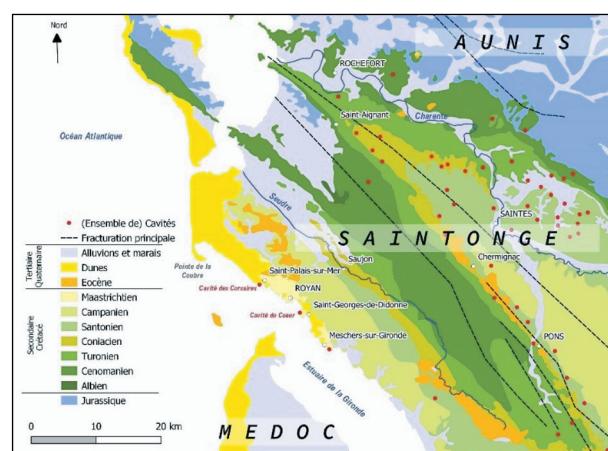


Figure 1. Cartographie de la Saintonge – géologie régionale et cavités recensées. Cerema (d'après T. Le Roux 2008).

1. Cerema Sud-Ouest - Département Infrastructures - Bordeaux. Courriel : emeric.vedie@cerema.fr

2. Spéléologue spécialiste des cavités karstiques saintongeaises. Courriel : le-roux.thierry@orange.fr ; Cavernes en Saintonge (<http://www.cavernes-saintonge.info>).

3. Cerema Sud-Ouest - Département Infrastructures - Bordeaux.

4. Cerema Sud-Ouest - Département Infrastructures - Bordeaux.

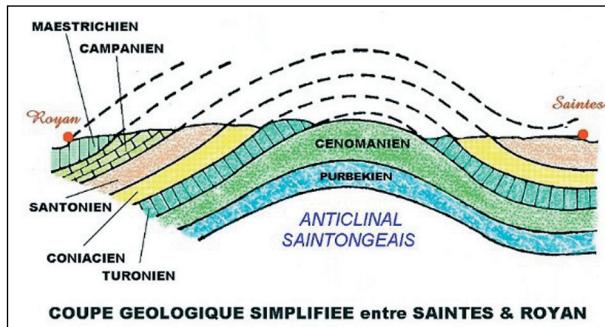


Figure 2. Anticlinal de Jonzac (Corlieux, 1972).

Cette régression est importante, mais la mer subsiste néanmoins et une nouvelle transgression affecte la frange occidentale du bassin, permettant notamment le dépôt de quelques sédiments marins au cours du Lutétien (48-41 Ma, Éocène), comblant les dépressions formées au sein du Maastrichtien au début du Tertiaire (Fig. 3). Ces formations gréso-sableuses ont été localement préservées et marquent encore aujourd’hui des variations de faciès dans les falaises littorales.

Les paysages estuariens et les falaises littorales sont aussi le résultat de nombreux processus d’erosion et de modelage survenus au cours du Quaternaire (2,6 Ma à aujourd’hui) et de l’alternance de phases de glaciation/déglaciation impactant fortement le niveau marin et donc la capacité érosive des cours d’eau (notamment de la Gironde).

Formations géologiques et accidents structurant la Côte de Beauté

Le littoral qui s'étend entre la Pointe de la Coubre et la commune de Meschers-sur-Gironde est appelé « Côte de Beauté », en raison de son paysage pittoresque et surtout de ses falaises découpées. Celles-ci sont constituées pour majorité des calcaires du Maastrichtien (71-65 Ma), déposés sur de puissantes épaisseurs, mais aussi à l'extrême sud de cette côte, des calcaires plus crayeux du Campanien (84-71 Ma). Le calcaire maastrichtien présente des variations verticales mais on retiendra son aspect massif, en bancs d'épaisseurs métriques, sa richesse en huîtres, bryozoaires et orboïdes, et sa sensibilité à la dissolution (au niveau des zones de faiblesse liées à la fracturation) à l'origine de la formation de réseaux karstiques, à l'instar des étages coniacien et santonien entre autres.

Sur ces calcaires, reposent les formations tertiaires calcaro-gréso-sableuses du Lutétien, faisant suite à une période de lacune sédimentaire et de contraintes tectoniques. Ces formations du Lutétien reposent donc en discordance sur les calcaires maastrichtiens. Il ne reste



Figure 3. Discordance du Lutétien sur les calcaires du Maastrichtien (St Palais sur Mer, Cerema).

aujourd’hui que quelques poches locales de ce Lutétien, piégées dans des paléo-dépressions topographiques ayant affecté le Maastrichtien lors du Paléocène. D’un point de vue structural, deux profondes failles principales parallèles, de direction NW-SE, héritées de l’orogenèse hercynienne, se développent de part et d’autre de l’anticlinal de Jonzac. Sollicitées à nouveau au Tertiaire lors de la compression pyrénéenne, ces fractures s’étirent sur un axe N130° à N140° E (Tabl. 1).

C'est aussi cette direction qui conditionne l'orientation de la côte royannaise et celle des galeries karstiques majoritaires et les plus spacieuses dans les cavités explorées. Un autre axe important de fissuration est relevé autour de N 0° à 20° E ; il correspond à une direction (conjuguée) de conduits rencontrés en falaise sur le littoral ou dans les grottes continentales saintongeaises. Enfin, une autre famille de cassures, de N 45 à 60° E, plus discrète, est vraisemblablement en cause dans la formation des conches (petites baies locales) et des vallées latérales à la Gironde. Elle s’exprime de façon plus modérée dans les grottes continentales.

Il est très intéressant de constater que la genèse de la plupart des grottes connues du continent saintongeais s'est opérée sur un canevas d'accidents structuraux

LES RISQUES LITTORAUX

Situation	Nom de la cavité	Axe 1	Axe 2 / 3	Notes
St-Porchaire	Grotte du Bouil Bleu	N 135° E (galeries majeures)	N 10° à 20° E + autour N 60° E	Config. Labyrinthe
St-Porchaire	Grotte de la Vauzelle	N 125° E (galeries/diaclases)	N 15° E (laminaires transvers.)	Suite de diaclases
St-Porchaire	Grotte du Triangle	N 135° E	N 0° E (laminaires)	Préhistoire / Pierre gravée
Près Saintes	Grotte de St-Césaire	N 140° E (très grande salle)	N 20° E (départs latéraux)	Détruite par carrière
Près Saintes	Riv. Sout. Du Douhet	N 130° E	N 0° E (étroiture d'accès)	Collecteur rectiligne
Près Saintes	Grotte de Beaumaine	N 110° E	N 25° E & N 50° E	Galerie tortueuse
Près St-Hilaire	Grotte de Chez Richard	N 130° E	N 20° E	Recoupée par carrières
Près Pons	Grotte de Bois Bertaud	N 110 à 130 ° E	N 15 à 30° E	Semi-labyrinthe
Près Pons	Souci de Chadennes	N 130° E	N 0° E (affluent colmaté)	Perte active - Rivière sout.
Près Jonzac	Grotte de la Bodinerie	N 130° à 140° E	N 0° à 20° E	Complexe de conduits
Près St-Agnant	Creux des Renards	N 140° E	N 65° E	Collecteur actif
Près St-Agnant	Puits de la Bouteille	N 135° E	*	Lac souterrain sur diaclase
Environs Royan	Trou de Pampin	N 110° à 130° E	N 0° à 10° E	Salle - Accès nappe profonde
Environs Royan	Grotte de Corme-Ecluse	N 130° E	*	Galerie ébouleuse - Nappe
St-Georges	Grotte du Carrelet	N 145° E	N 10° à 15° E	Complexe démantelé

Tableau 1. Axes de fracturation impliqués dans le développement de quelques cavités caractéristiques de Saintonge.

approximativement identique à celui vérifié sur le littoral à Saint-Georges-de-Didonne (Vallières) ou à Saint-Palais-sur-Mer. Nous ne citons que divers exemples en soulignant que la majorité des cas obéit à la règle (Tabl. 1).

Karstification du littoral

À l'échelle du Pays saintongeais, les terrains créatés consistent en des roches de cohésion moyenne, assez tendres et peu cassantes, intégrant un degré appréciable d'impuretés, facteur de porosité d'interstices. Ces caractéristiques, conjuguées à l'incidence limitée de la tectonique locale, expliquent certainement l'absence relative de cassures franches largement ouvertes. Le relief et la fissuration très modérées ont ainsi contribué à limiter (i) le débit et la capacité érosive des circulations aquifères souterraines, et donc (ii) le volume des cavités karstiques. Le transfert vertical des eaux d'infiltration s'est donc principalement opéré à la faveur de la porosité efficace et des microfissurations, au détriment des drainages classiquement rencontrés s'articulant autour d'ensembles très organisés de puits et conduits susceptibles d'atteindre de gros gabarits et de se projeter sur de grandes distances. De même, les pendages faibles des flancs de l'anticlinal (2 à 3° sur le flanc SW et 3 à 5° sur le flanc NW) ne sont pas favorables au développement des réseaux souterrains de grande ampleur ; des petites grottes sont néanmoins constatées dès que les pendages sont plus marqués (avoisinant par exemple 10° entre Chermignac et Thénac et 15° dans les environs de Saint-Agnant, malgré une très faible altitude).

Sur la frange littorale, où le pendage moyen est d'environ 3 à 4° SW, les assises stratigraphiques du Campanien et du Maastrichtien apparaissent fracturées de

manière plus dense, du fait (i) des assauts marins favorisant le nettoyage et l'élargissement des fractures existantes (évidemment et dissolution) et (ii) de la décompression du massif au voisinage de la Gironde (phénomène d'« appel au vide »). Des conduits libres de sédiments sont également entrevus sous le platier, sous la forme de fragments de diaclases évidés et aujourd'hui ennoyés. Sur le littoral, cette abondance de diaclases ou d'entrées rapprochées ne doit pas faire illusion et reste manifestement assez équivalente à celle rencontrée sur le continent (falaises, carrières à ciel ouvert ou souterraines, grottes), bien que les cassures ne soient pas évasées et nettoyées mais brutes et irrégulièrement comblées par les sables argileux tertiaires (exemple : carrières du Fief de Belauze à Saint-Porchaire, carrières de Saint-Césaire, etc.). À noter que les calcaires du Campanien et du Maastrichtien ne renferment que 7 % environ des grottes de Charente-Maritime (Le Roux, 2010).

Concernant la genèse de la karstification, elle peut être divisée en trois phases :

- Une phase de prékarstification, avant même l'émergence de la plate-forme carbonatée, est d'abord probablement intervenue au cours du Crétacé supérieur. Marquée par un processus spécifique, appelé « fantômisation » (Quinif, 2014), cette phase se traduit par une dissolution selective et partielle des calcaires au niveau des zones fragiles, horizontales ou verticales, principalement axées sur la fracturation. L'évacuation des altérites résiduelles poreuses est différée à un stade plus lointain de la spéléogenèse, après l'émergence, suite à l'apparition d'un nouveau potentiel hydrodynamique (deuxième et troisième phases). En pays de plaine comme la Saintonge, cela se produit à la faveur d'un méca-

nisme de vidange, de tassement et de soutirage lié au battement de la nappe karstique dans la zone épinoisée. Cette phase préalable de fantômatisation des calcaires crétacés apporte une première explication plausible à la structure semi-labyrinthique « irrationnelle », sans amont, ni aval évidents de certaines cavités naturelles saintongeaises.

- Une deuxième phase débute ensuite au début de l'ère tertiaire (Paléocène) ; sous climat tropical humide, les calcaires crétacés, alors émergés, sont l'objet d'une intense altération aérienne et d'une très importante karstification dans leur masse. On estime à plus de 350 m l'épaisseur des terrains érodés et disparus. Les conditions paléoclimatiques de l'époque favorisent par ailleurs le démantèlement des sols latéritiques développés sur le Massif central au cours du Mésozoïque, ce qui provoque des épandages détritiques, sidérolithiques importants (sableux, argilo-sableux, argileux), souvent remaniés et entaillés par des formations postérieures (par exemple : dépôts de pente des « doucins »). Ces épandages recouvrent le substratum crétacé (alors nu) et colmatent les vides du réseau karstique en partie libérés de leurs fantômes de roche initiaux.
- Enfin, une troisième phase intervient au cours du Quaternaire lors de l'abaissement considérable du niveau marin (estimé à plus de 120 m, particulièrement au Würm, vers -15 à -20 000 ans), lequel se solde par un encaissement important des vallées. Dans les zones où les pendages sont les plus accentués (flancs NE et SW de l'anticlinal), une reprise locale et partielle du creusement karstique est à l'œuvre. Le paléokarst d'âge paléocène et éocène est ainsi réactivé, les écoulements réinvestissant les conduits préexistants. Drainés par de nouvelles exsurgences, les secteurs de galeries proches des versants sont (i) partiellement débordés des col-

matages sablo-argileux tertiaires qui les comblaient parfois jusqu'à la voûte et, (ii) légèrement agrandis. Il y a une dizaine de milliers d'années, ce karst quaternaire collectait des eaux de fonte du plateau saintongeais dominant d'une centaine de mètres l'impressionnant canyon de la Gironde. Il alimentait de profondes exsurgences pérennes, vraisemblablement vauclusiennes, ainsi que de classiques trop-pleins temporaires perchés à mi-corniche.

Des réseaux karstiques exposés aux assauts marins

Entre Saint-Palais-Sur-Mer et Meschers-Sur-Gironde, les falaises maastrichtiennes sont livrées aux assauts des vagues qui ont dégagé les extrémités de multiples conduits initialement scellés par les argiles sableuses tertiaires. La répartition des réseaux n'est cependant pas homogène car dépendante (i) des variations locales du faciès du Maastrichtien et (ii) des circulations hydrologiques tertiaires et quaternaires, elles-mêmes en lien avec la fracturation et les paléogeographies. Les sites les plus densément karstiques (Fig. 4) sont (1) le site des Pierrières à Saint-Palais-sur-Mer, (2) la Pointe du Chay à Royan, (3) la Pointe de Pointe de Vallières à Saint-Georges-de-Didonne et (4) la Pointe de Meschers à Meschers-sur-Gironde. Les secteurs de Saint-Palais-sur-Mer et de Saint-Georges-de-Didonne sont certainement les plus emblématiques du littoral en raison des formes et des paysages laissés par l'endokarst, aujourd'hui mis en surface par l'érosion des terrains sus-jacents.

Contexte karstique de Saint-Palais-sur-Mer

À Saint-Palais-sur-Mer, le karst est assez confidentiel car peu aisément accessible depuis la plate-forme d'érosion marine périodiquement ennoyée. Néanmoins, il offre un des plus grands réseaux visitables de la Saintonge : la grotte des Corsaires, découverte, explorée et topographiée sur plus de 300 m de développement par l'A.R.S.C.M. (Association de Recherches Spéléologiques de la Charente-Maritime) en 1986 (Le Roux, 1988). Depuis, des études complémentaires (Cerema 2019, 2022 et 2023 ; pour le compte de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer – DDTM – de Charente-Maritime) ont permis d'associer à ce relevé quelques réseaux connexes en limite du platier rocheux (en collaboration avec le Comité Départemental de Spéléologie de Charente-Maritime) et de faire figurer l'ensemble sur des fonds cartographiques et topographiques actualisés.

La grotte des Corsaires exploite, dans les calcaires

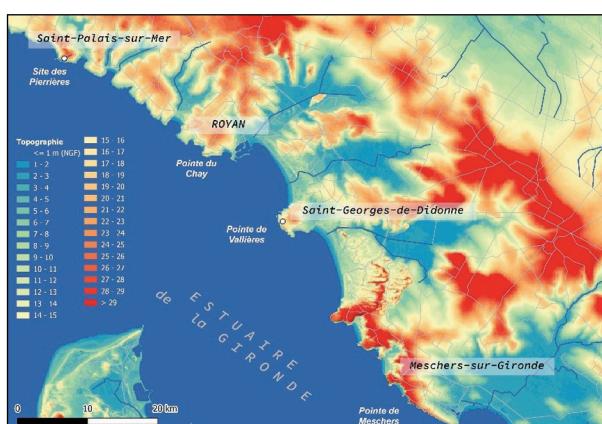


Figure 4. Localisation des sites karstiques de la Côte de Beauté (Source IGN BdTopo 2021).

LES RISQUES LITTORAUX

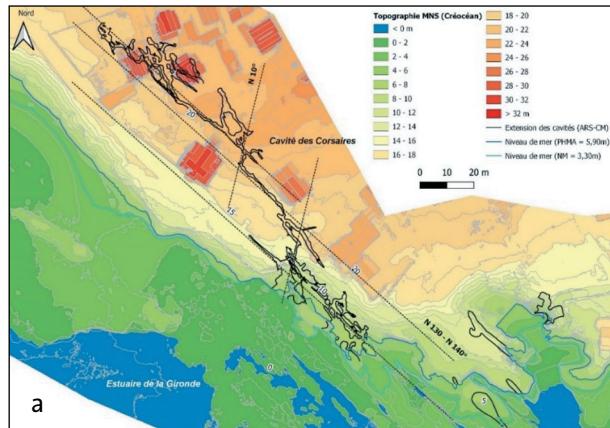


Figure 5. a - Topographie de la cavité des Corsaires (source : Cerema, CDS 16, Creocéan, DDTM 17); b - Vue 3D de la falaise établie à partir d'un nuage de points photogrammétrique acquis par drone (source : Cerema, Creocéan, DDTM 17).

du Maastrichtien, deux axes de fissuration (Fig. 5a) : un axe, N 130° - 140° E, relatif à un enchaînement de diaclases subparallèles (direction armoricaine, ère paléozoïque), et un axe transversal de N 10° à 20° E ayant généré d'étroites conduites forcées (orogénèse pyrénéenne, Tertiaire) qui, toujours au sein du Maastrichtien, relient les diaclases

principales. Subhorizontale, la cavité se développe au toit du Maastrichtien (vers 4 m NGF) jusqu'à atteindre à son extrémité nord-ouest la base des grès sableux du Lutétien, manifestement plus bas localement. Cette configuration rend la zone d'entrée de la grotte exposée aux marées les plus importantes (Fig. 5b).

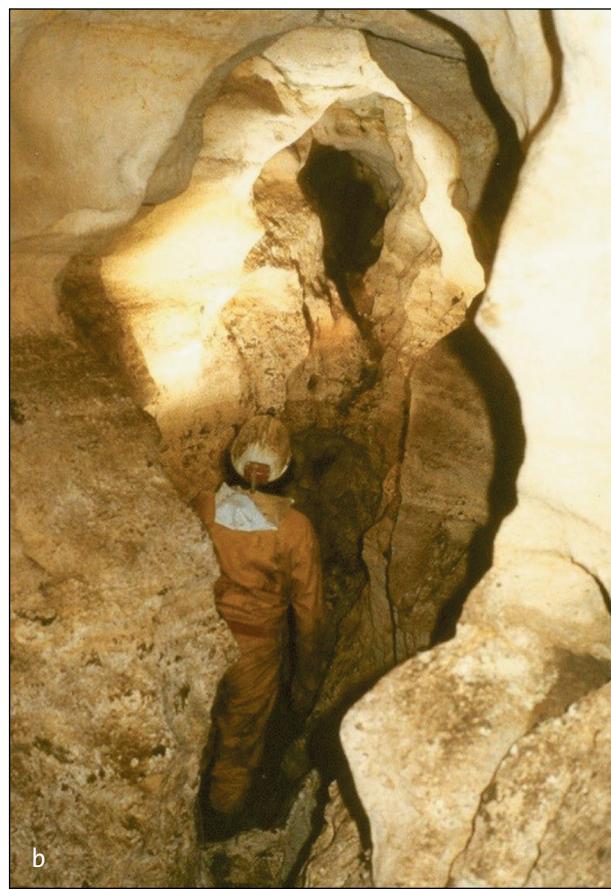
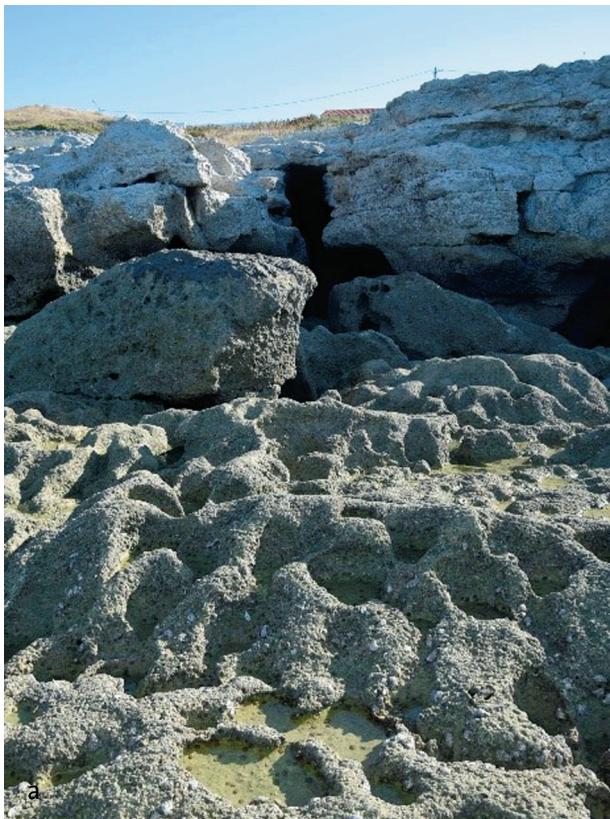


Figure 6. a - Entrée de la cavité des Corsaires au sein de la falaise littorale (Cerema); b - Diaclase principale empruntant une fracture N 130°E (ARSCM); c - Galerie principale avec chenal de voûte et conduite forcée perchée à droite (Cerema).



En immersion dans la cavité des Corsaires (Fig. 6) :

Derrière le porche d'entrée dominant une salle sous-jacente, on accède, à la faveur d'un laminoir sinueux, dans un premier couloir bas jonché d'objets hétéroclites. On débouche dix mètres plus loin dans la « Galerie des Pirates », aux parois blanches taraudées par la corrosion, avec un important chenal de voûte et deux surcreusements latéraux superposés au niveau de deux joints de stratification. Une intrusion sableuse massive clôt l'exploration vers le SE. Au NW, c'est à nouveau un goulet à hauteur de voûte qui va permettre de ramper jusqu'à la « Galerie des Corsaires », profilée en trou de serrure, au plancher argileux compact, et d'une linéarité ponctuée d'évasements et d'étranglements dont l'un fut humoristiquement baptisé « la Passe aux Oeufs ». On bute bientôt sur un comblement argileux remontant jusqu'à l'orifice perpendiculaire d'un nouveau laminoir tubulaire surplombant. Celui-ci débouche sur une nouvelle diaclase parallèle de beau calibre (largeur 1,50 m / hauteur 4 m), baptisée le « Hall Ithérium ». Les parois rubanées de roux (sable) et de vert (inclusions de grès glauconieux), sont découpées, taraudées, abrasées par une ancienne circulation aquifère. Toutes les formes de corrosion propres aux réseaux creusés en régime noyé ou épinoisé coexistent : larges vagues d'érosion, très discrètes cupules de corrosion,

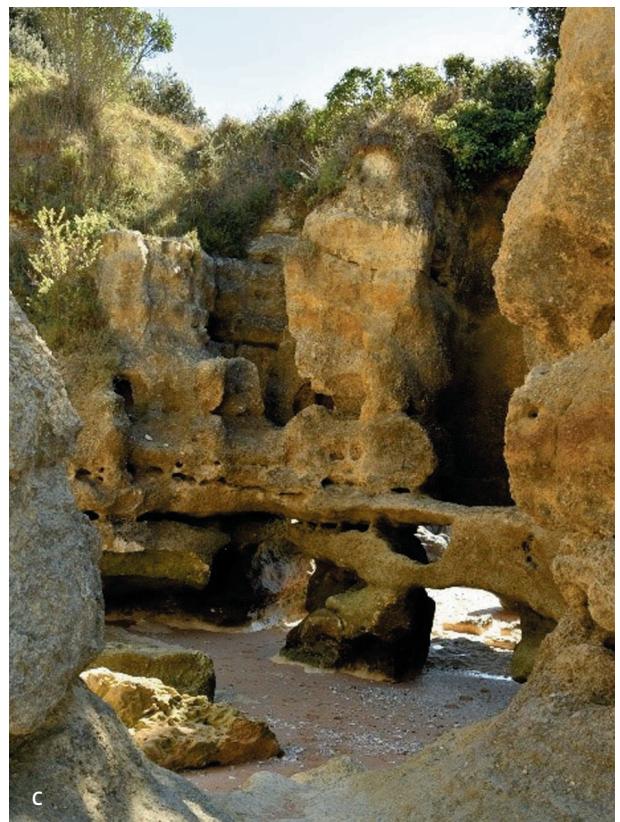


Figure 7. Photographies des reliefs karstiques à Saint-Georges-de-Didonne (a - Lapiez sur le platier rocheux et cavités en arrière-plan ; b - Réseau karstique évidé ; c - Karst ruiniforme partiellement colmaté. (Photos Cerema).

LES RISQUES LITTORAUX

lapiez de voûte, marmites inverses emboîtées ou juxtaposées, surcreusements latéraux, banquettes limites, petites cheminées d'équilibre, etc. Quelques recoins sont ornés de modestes spéléothèmes : fistuleuses, draperies, ordinaires coulées stalagmitiques. Plusieurs départs latéraux (en direction du continent) jalonnent ce parcours dans les calcaires maastrichtiens et sont le sésame d'un étage supérieur exploitant un joint de stratification partiellement remblayé par des intrusions sablouses. Le long et spacieux « Hall Ithérium » s'éteint enfin sur une salle d'effondrement dans les formations sablo-gréseuses du Lutétien, vaste carrefour d'un système anastomosé et digité de conduits horizontaux encombrés par les argiles sablouses éocènes, des sables lutétiens, et des éboulis rocheux. Cette

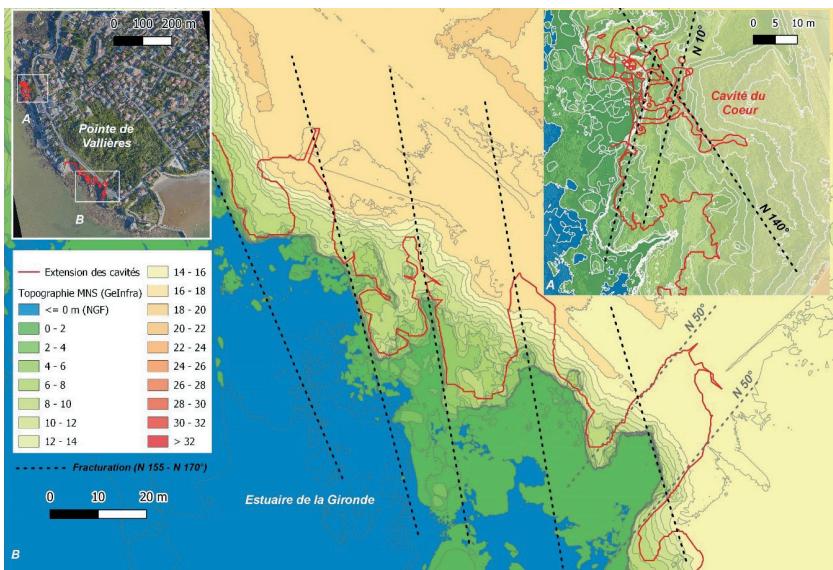
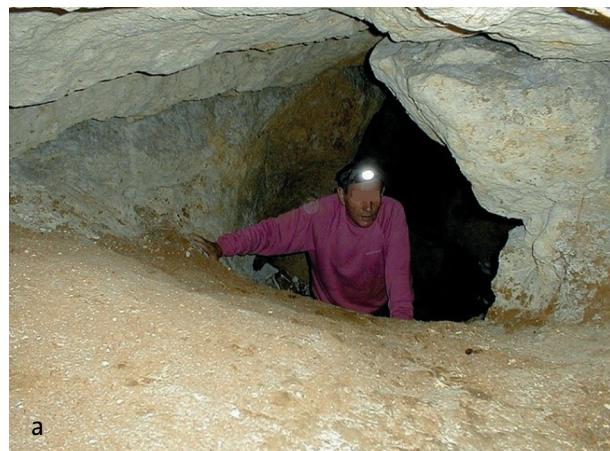
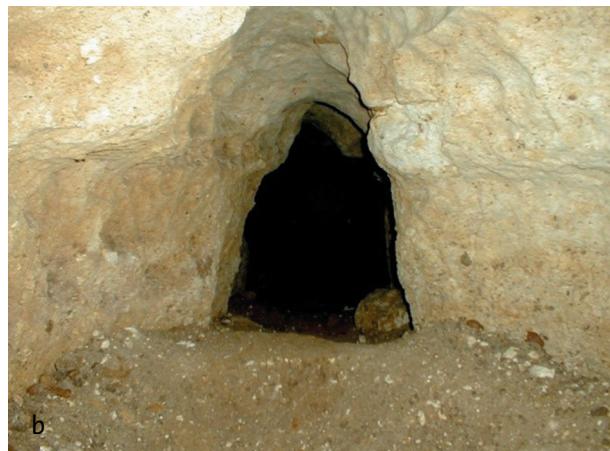


Figure 8. Topographie des cavités de Vallières dont la cavité du Cœur (Source Cerema, ARSCM, Gelnfra, DDTM 17.)



a



b

partie terminale recèle une variété de fossiles éocènes dont les débris roulés d'ossements d'un mammifère marin : l'*Halitherium*. Il faut souligner que la grotte, ses diaclases directrices et conduites forcées de raccordement, se développent uniquement dans le Maastrichtien et que la base du Lutétien n'est atteinte qu'au niveau de « salles » (ou plutôt « inter-strates ») d'effondrement dans la partie terminale.

Contexte karstique de Saint-Georges-de-Didonne

À Saint-Georges-de-Didonne, les paysages de la pointe de Vallières sont sûrement les plus spectaculaires car la couverture, de plus faible épaisseur, voire absente, laisse apparaître un karst nu largement altéré et affecté

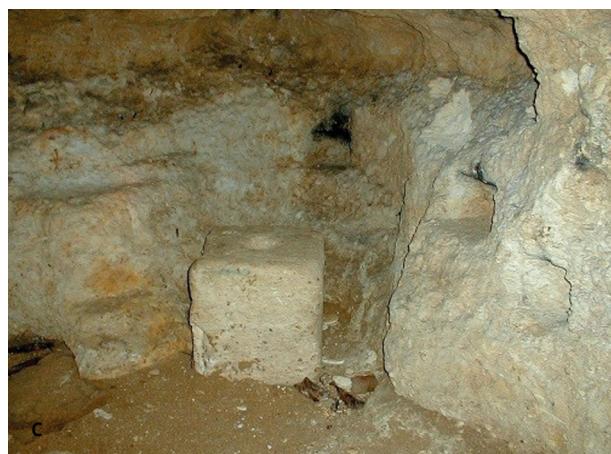


Figure 9. Grotte du Cœur à Saint-Georges-de-Didonne (a - Volume du remplissage argilo-sableux ; b - Chenal de voûte et vagues d'érosion ; c - Aménagements troglodytiques (Photos T. Le Roux).

de dissolution. Sur près de 1,5 km de côte, les modèles karstiques se succèdent. On y observe notamment un karst ruiniforme assez spectaculaire, des lapiez sur le platier rocheux et des petits réseaux pour partie exploités par l'homme (fig. 7).

La grotte du Cœur, dont les orientations sont similaires à celle des Corsaires (ici N 140° E et N 15° E), se développe sur environ 145 m (Fig. 8). La zone d'entrée a fait l'objet d'un intense déblayage maritime mais la cavité se prolonge à l'abri de l'assaut des vagues (mais non des très fortes marées) en rappelant toutes les particularités des grottes du continent, notamment par son imposant comblement argilo-sableux tertiaire (Fig. 9a). Un chenal de voûte très marqué, où la corrosion a mis en relief une diversité de fossiles, atteste de phases de creusement en régime noyé (Fig. 9b). Chenal de voûte et parois sont tapisrés de vagues d'érosion, larges, profondes et de dimensions décimétriques, trahissant une lente circulation aquifère. Les lieux ont par ailleurs fait l'objet d'aménagements pour poser ou suspendre des objets : replats taillés dans la paroi et gros clous plantés au faîte du chenal de voûte. Plusieurs encoches rectangulaires au sommet noirci par la suie suggèrent un éclairage adapté à un séjour prolongé (Fig. 9c). La galerie, apparemment retaillée, prend la direction du continent mais est interrompue par un mur artificiel qui interdit toute progression sous le plateau.

Morphologie, organisation et genèse des modèles karstiques

Plusieurs modèles (épi)karstiques sont ainsi observables sur une frange littorale et rétro-littorale de quelques dizaines de mètres de largeur (Fig. 10) : (i) des réseaux visitables de boyaux sur plusieurs dizaines de mètres de développement, (ii) des petits réseaux connectés mais d'organisation anarchique affectant le front de falaise, (iii) des surfaces ruiniformes en tête de falaise (partiellement évidées), (iv) des interfaces structurales et lithologiques karstifiées, témoins de la dissolution des calcaires le long respectivement de fractures et d'interbancs et (v) des lapiez affectant le platier rocheux marin dans le Maastrichtien.

Grotte du Coeur, du Carrelet, des Corsaires... toutes ces cavités sont héritées du paléo-karst infra-éocène et ont été recoupées par l'incision du canyon de la Gironde, alors profond de plus de 100 m il y a environ 20 000 ans (Würm). Il ne s'agit pas d'un phénomène exceptionnel en Charente-Maritime : d'autres vallées, encaissées sous climat péri-glaciaire, ont tronçonné une multitude de galeries juxtaposées en falaise (Fig. 11), galeries dont on retrouve parfois les prolongements sur la rive opposée (exemple : vallée du



Figure 10. a - Pointe de Vallières à Saint-Georges-de-Didonne (Cerema) ; b - Site des Pierrières à Saint-Palais-sur-Mer (Cerema).

Bruant : grottes du Bouil Bleu et de la Vauzelle (Saint-Porchaire) ; grottes de Gros Roc de part et d'autre du ruisseau Le Rochefollet (Le Douhet), etc.).

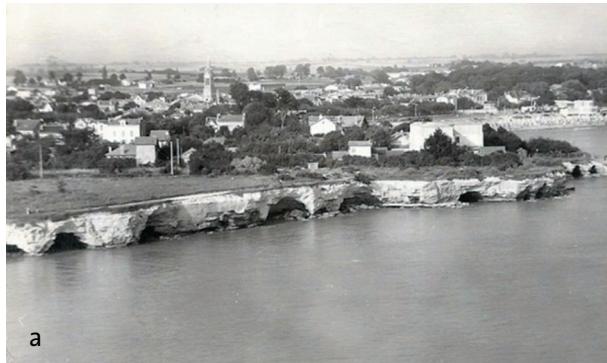
Au Flandrien, il y a environ 6 000 ans, la remontée du niveau marin a provoqué une sédimentation fluviomarine qui a colmaté le fond des vallées et enseveli nombre de porches et d'exsurgences : en Saintonge, on nomme « bouils » ces sources turquoises ascendantes qui filtrent désormais au travers des épaisseurs de bri⁵ et de tourbe.

Ce qui retient l'attention, en bordure de Gironde à Vallières ou aux Groies, comme à l'intérieur des terres dans de nombreuses petites vallées saintongeaises, c'est l'interconnexion des galeries qui se traduit par une multiplicité et une coalescence des porches naturels ou des entrées interceptées. Toutes ces grottes ne sont plus actives sur le plan hydrogéologique et toutes achoppent, au terme de quelques dizaines de mètres de progression, sur un remplissage argilo-sableux épousant toute la section rétrécie des galeries.

Comme évoqué précédemment, l'organisation spa-

⁵. Bri (ou bry) : En Charente-Maritime, nom de l'argile gris bleuâtre, très compacte, utilisée pour la construction des digues.

LES RISQUES LITTORAUX



a



b

Figure 11. Référence des porches du paléo-karst aux Groies (Saint-Georges-de-Didonne) et, par exemple, à la Roche-Courbon (Saint-Porchaire) : ici une vingtaine d'entrées ! (Sources : carte postale ancienne et photo T. Le Roux).

tiale des ouvertures et réseaux pourrait être en partie rattachée au processus originel de fantômerisation, programmant, par dissolution biochimique un précaneva semi-labyrinthe de joints, diaclases, vides interconnectables avant l'émergence même de la plate-forme carbonatée.

Une seconde explication à ces structures enchevêtrées réside plausiblement dans les conditions de la spéléogénèse au Paléocène et à l'Éocène. Le faible gradient hydraulique de l'époque engendre, en profondeur, des réseaux horizontaux de conduits et galeries dits « paragénétiques », pluridirectionnels (en fonction des axes de fissuration) et potentiellement anastomosés. En effet, la lenteur des écoulements exclut la sélection d'un collecteur préférentiel : il n'existe qu'un sens d'écoulement global dans l'ensemble d'un treillis de discontinuités. L'eau afflue au niveau des voûtes à la faveur de multiples fentes et chenaux verticaux, repérables au faîte de coupoles de corrosion souvent disposées en chapelets au long de la microfissuration. Cette dispersion des émissaires, variablement acides, génère (par rééquilibrage avec la saturation du bain d'arrivée), une intense corrosion par

mélange des eaux, façonnant en plafond et parois de typiques spéléo-formes (marmites inverses, chenaux et pendants, banquettes de niveau, etc.). Le creusement s'opère sous pression en régime noyé, de bas en haut (le remplissage sablo-argileux formant écran au plancher). Les mises en charge de ces anciennes nappes karstiques engendrent des cheminées d'équilibre et des salles en cloches surplombantes, zones capacitives et dissipatives de l'intensité corrosive, qui participent à la régulation du débit aux exutoires et sont assimilables à un système annexe au drainage.

Au-delà des microformes spéléologiques, la morphologie globale des galeries du littoral, tant à la Pointe de Vallières qu'à Saint-Palais-sur-Mer, est comparable à celles explorées sous l'anticlinal saintongeais. Toutes attestent un même héritage du paléokarst infra-éocène : conduites forcées tubulaires, laminoirs semi-elliptiques, galeries en plein cintre, en ogive ou en diaclase sont similaires. Aux Groies de Saint-Georges-de-Didonne, l'image d'une petite salle aujourd'hui obstruée par la « promenade Charles Martel » constitue un surprenant « copié-



a



b

Figure 12. Forte similarité d'une galerie paragénétique du paléokarst « continental » (a - Grotte de Bois Bertaud à Saint-Léger) et d'une galerie de l'une des grottes des Groies en rive droite de Gironde (b - St-Georges-de Didonne). (Source : photo T. Le Roux et site « Saint-Georges-de-Didonne et son passé »).

collé » d'une autre salle photographiée sur le continent dans le dédale de la grotte de Bois-Bertaud près de Pons (Fig. 12) : même profil en plein cintre sommital obliquement tronqué du fait du surcreusement des joints de stratification latéraux, l'arc inférieur plongeant obliquement dans le remplissage. Seule différence : le remplissage argileux débité en fentes de retrait à Bois-Bertaud se trouve, aux Groies de Saint-Georges, remplacé ou recouvert par du sable marin.

Sur le plan de l'organisation des réseaux au Quaternaire, plus précisément dans le contexte d'une réactivation du paléokarst au Würm, les conduites forcées perchées mettant en communication les sommets de diaclases jumelles de la grotte des Corsaires pourraient classiquement être expliquées par une fonction de transmission des écoulements, des trop-pleins d'une galerie à l'autre, assurant ainsi la continuité du flux aquifère jusqu'à d'hypothétiques exutoires localisés en bordure du canyon de la Gironde. On se plaît à imaginer les turbulentes mises en charge de circulations aquifères drainant les dolines du plateau sus-jacent, au-dessus d'un niveau de base établi bien plus bas. Il ne s'agit que d'une hypothèse : la genèse des boyaux raccordant les diaclases subparallèles ne s'inscrit peut-être en effet que dans le cadre du processus originel de fantômerisation au Crétacé (altération / dissolution d'un axe mineur de fissuration), et leur évasement ne procéderait que de l'action, en mode « réservoir », d'une corrosion par mélange des eaux accrue par la proximité des diaclases, et ceci dès le début du Tertiaire.

Du point de vue de l'hydrodynamisme actuel, on ne constate sur le front des falaises maastrichtiennes que quelques sources intermittentes de type microkarstique tributaires d'interstrates et de la remontée présumée de nappes sous-jacentes. Toutes les galeries explorables sectionnées par l'ex-canyon de la Gironde sont hydrologiquement inactives, fossiles. À la fin du Pléistocène, la

remontée de 120 m du niveau marin et du plan d'eau de la Gironde a entraîné le colmatage (sédiments et vases) des émergences sous-fluviales et des trop-pleins supérieurs. Ainsi, à l'époque actuelle, l'aquifère karstique santonien-coniacien doit-il remonter de 30 à 60 m à la faveur de diaclases et microfractures à travers la couverture campanienne calcaro-marneuse compacte pour alimenter des sources captées à gros débit : Chauvignac (à l'est de Barzan), Font-de-Garnier (au sud-est de Chenac), Font-de-Vine (à l'est de Mortagne). Ces émergences vauclusiennes en bordure de Gironde sont la résurgence de pertes comme celle qui, entre Saint-Germain et Virollet, capture les eaux du fond de la Seudre, et de nombre d'autres « soucis⁶ » et « fosses » saintongeaises impénétrables.

Une curiosité géologique largement exploitée

Des « grottes » aménagées au cours du temps

Les cavités naturelles recensées sur le littoral charentais ont largement attiré les convoitises et ont été exploitées et utilisées par l'Homme à plusieurs reprises. Les multiples et successifs usages ont modifié leur extension, leur accès et pour certaines leur stabilité.

Sur la commune de Meschers-sur-Gironde par exemple (Fig. 13), les cavités naturelles développées dans les calcaires diaclasés du Maastrichtien sont connues pour avoir été aménagées et converties successivement en refuges, abris et désormais en habitats troglodytiques dont certains sont visitables (musée, hôtel). Une carrière d'exploitation de matériau y est aussi recensée, témoignant de l'utilité locale du calcaire maastrichtien, probablement pour la construction.

Plus au nord, à Saint-Georges-de-Didonne, les cavités naturelles ont été occupées par l'Homme de



Figure 13. Cavités troglodytiques de Meschers-sur-Gironde (Cerema).



⁶. On nomme « souci », en Saintonge, une doline, dépression circulaire d'origine karstique qui draine et absorbe les eaux de pluie. Par exemple, le gouffre du Souci de Chadennes (Tesson) constitue un piège aquifère remarquable.

LES RISQUES LITTORAUX

toute évidence comme abris et refuges. Les traces d'aménagement telles que des puits d'accès (vers la surface) et des parois creusées et taillées pour l'éclairage attestent d'une utilisation historique.

Quantité de cavités sont aujourd'hui assez difficiles d'accès en raison d'actions historiques de confortement ayant pour vocation de sécuriser les falaises et les enjeux qu'elles soutiennent. Les grottes sous-cavées et les départs de boyaux dans les diaclases ouvertes sont donc pour partie murés, ne laissant que peu d'indices sur leur développement et leur état de stabilité.

Rôle et comportement des aménagements historiques

Selon ses besoins ou ses contraintes, l'Homme est amené, dans certains cas, à aménager, et dans d'autres cas, à dissimuler les cavités naturelles du littoral saintongeais. Aujourd'hui, ces modifications de la configuration originelle des cavités contraignent les aménageurs des territoires (i) à « remonter le temps » afin de retrouver ces configurations initiales, (ii) à caractériser les aména-



gements et donc (iii) à qualifier le rôle des éventuelles cavités « aveugles » et/ou des aménagements sur la stabilité des terrains, que ce soit en falaise ou en retrait, sur le continent.

Cette vigilance doit être grande au regard de la densité et de la diversité de ces cavités. La connaissance n'est encore que partiellement synthétisée. Plusieurs galeries et cavités murées (donc pour partie aménagées) laissent supposer des développements dont la nature, l'extension et l'état de stabilité sont inconnus.

De même, les actions historiques de comblement, de remblaiement et de terrassement, principalement en vue d'aménager les routes et sentiers littoraux, sont à l'origine (i) d'un colmatage artificiel partiel des vides et (ii) d'un effacement visuel et temporaire du risque de mouvements de terrain liés aux cavités. Les matériaux apportés en surface, au contact du toit du substratum calcaire, dissimulent en effet les vides préexistants mais restent aujourd'hui des matériaux (dits « de couverture ») largement exposés au processus de soutirage (absorption des matériaux dans les vides sous-jacents).

Une fragilité affectant le littoral

Les processus à l'origine des mouvements de terrain d'origine karstique

La configuration hydro-géomorphologique des systèmes karstiques met naturellement à terme en relation les vides et cavités souterraines avec la surface et ses éventuels enjeux (études du Cerema pour le compte de la DDTM de Charente-Maritime). Ce lien physique vertical prend la forme d'un réseau de fissures, de boyaux, de cheminées interconnectés... qui sont le siège d'infiltrations et de circulations d'eau à l'origine d'instabilités, car affectant et mobilisant à la fois les matériaux de rem-



Figure 14. Effondrements liés au débourrage des conduits karstiques et au soutirage des matériaux de couverture (Saint-Georges-de-Didonne - Cerema).

plissement des vides et les matériaux meubles de recouvrement (que cette couverture soit naturelle ou anthropique) (Fig. 14). Le comportement des cavités karstiques et des terrains de couverture est actuellement étudié par le Cerema et le BRGM dans le cadre d'une action nationale de définition et de qualification de l'aléa mouvement de terrain d'origine karstique (Védie & Clément, 2018 ; Noury, 2020 ; Cerema et BRGM, 2023).

Deux types de mouvements de terrain sont classiquement associés au karst : les effondrements et les affaissements. Dans les deux cas, les déformations engendrées à la surface du sol sont habituellement pseudo-circulaires. Leur diamètre varie de quelques décimètres à quelques mètres. Un effondrement aboutit à une dépression marquée aux bords francs (cratère, fontis, perte), avec une rupture des terrains. Alors que leur maturation peut être longue, leur apparition en surface est souvent soudaine et donc potentiellement dangereuse.

Les effondrements et affaissements peuvent ici prendre naissance via trois processus différents (Fig. 15) : (i) le soutirage (combiné à de la suffosion) des matériaux de couverture, (ii) le débourrage des conduits karstiques colmatés et (iii) la rupture mécanique du toit des cavités.

Les processus les plus fréquemment rencontrés le long du littoral saintongeais sont le soutirage et le débourrage qui se déclenchent de manière relativement combinée, voire concomitante (Fig. 16). En effet, l'évidement des matériaux de colmatage – le débourrage – s'initie géné-

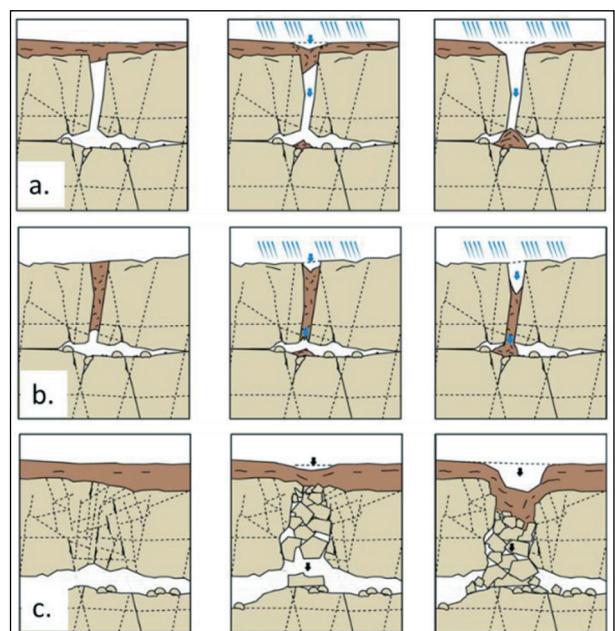
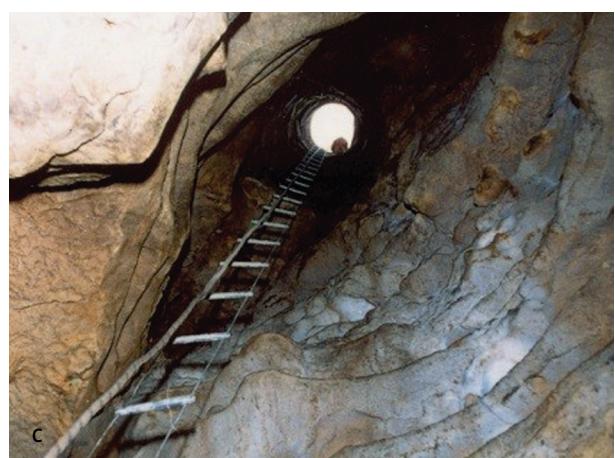
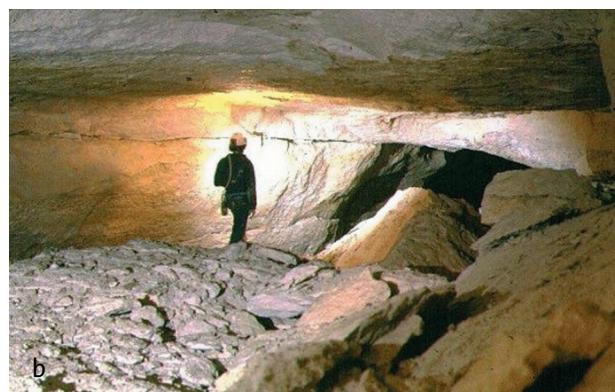
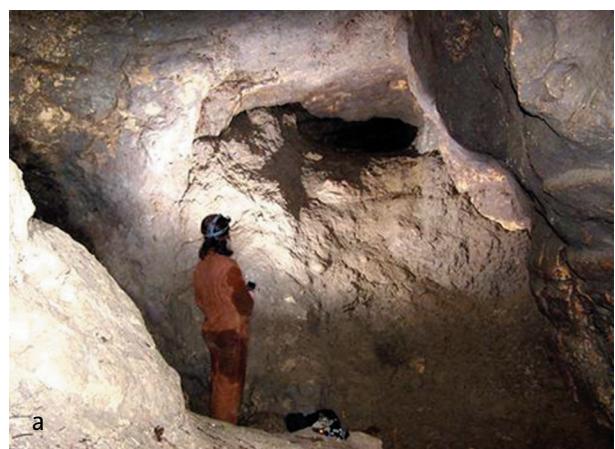


Figure 15. Schémas des processus karstiques à l'origine des mouvements de terrain (JNGG 2021 (a : soutirage ; b : débourrage ; c : rupture mécanique).

Figure 16. a - Galerie débourrée réactivée et galerie latérale colmatée au souci de Chadennes (Tesson) ; b - Galerie karstique en cours d'effondrement à Corme-Ecluse en pays royannais ; c - Débouché fortuit d'une cheminée d'équilibre à Champagne. Photos T. Le Roux.

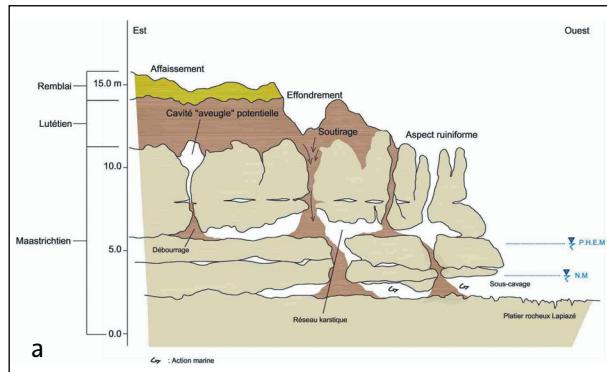
ralement en premier, spécialement par l'action de l'eau marine s'insérant dans les conduits subhorizontaux surmontant le platier rocheux lors des hauts niveaux marins. Cette action marine, qui peut être ici considérée comme équivalente au rôle que joue le battement d'une nappe aquifère en contexte plus continental, concourt (i) à mobiliser la base des matériaux de remplissage, (ii) à éviter

LES RISQUES LITTORAUX

les conduits colmatés – débourrage – et (iii) à favoriser le déclenchement du processus de soutirage au sein des matériaux de couverture (Fig. 17). Le colmatage est pour sa part constitué de matériaux endogènes (fantômes de roche / altérites) et/ou exogènes : remplissages par les sables argileux du Tertiaire, voire par des apports anthropiques lors de l'aménagement historique de la frange littorale.

L'action marine se traduit également par une érosion mécanique du pied de falaise liée à la fois à la houle et à l'impact des éléments mis en mouvement sur le platier (galets, pierres et blocs, voire embâcles transportés par l'estuaire).

Sur le continent, les cas de rupture mécanique brutale du toit de cavités karstiques, sans ouvertures antérieurement connues, ne sont pas exceptionnels. Ces événements peuvent résulter de l'évolution d'un fontis à la faveur des battements de la nappe qui démantèlent et éboulent les parois et le sommet d'une salle en cloche dans un processus naturel de régularisation en plein cintre. La grotte du Maine Bernard à Nieul-les-Saintes, désormais accessible par un imposant cône d'éboulis, illustre de façon éloquente ce mécanisme. Au gouffre des Sables et à la grotte du Bois Muré, proches de Plassay, les fontis ont progressé au détriment de coupole de corrosion fissurées entamant, voire poinçonnant l'épaisseur de la voûte et captant des infiltrations. En Saintonge, de telles coupole peuvent directement percer sans délabrement progressif de leur environnement souterrain comme à la grotte des Marsais (Saint-Georges-des-Coteaux). Les anciennes cheminées d'équilibre du paléokarst tertiaire peuvent également déboucher à l'extérieur et permettre d'accéder à une providentielle ressource en eau (exemple : puits de la Bouteille à Champagne). L'exploitation des carrières à ciel ouvert ou souterraines réserve également des surprises. La grotte de Corme-Écluse consiste en une galerie souterraine de beau



calibre dont un tronçon s'est effondré sous le poids d'un engin. Elle donne un regard sur la nappe dont on relève les oscillations de niveau sur un à deux mètres d'amplitude. La grotte de La Roche (La Clisse), sondée puis perforée lors de l'exploitation de carrières, se compose d'une grande salle occupée par un lac faisant l'objet d'un captage, en équilibre avec la rivière Arnoult voisine. Le Trou de Pampin (Nieul-les-Saintes), fortuitement mis à jour par d'anciennes carrières, est aussi directement en prise avec la nappe et nécessiterait des mesures de protection de la ressource en eau (à la suite d'essais de pompage très productifs). Les exemples d'accès accidentel au paléokarst tertiaire sont nombreux en Saintonge et en pays royannais, où le ciel des



Figure 17. a - Coupe schématique des falaises de Vallières avec faciès karstiques et processus en jeu (Cerema) ; b - Grande Crevasse de Vallières partiellement comblée (Cerema).

cavités n'est séparé de la surface que par quelques mètres de roche de médiocre cohésion, et où la nappe karstique actuelle, rencontrée à faible profondeur, fluctue de plusieurs décimètres à mètres entre les crues et l'étiage, et peut jouer un efficace rôle de sape.

Sur le littoral, les mouvements de terrain sont en partie conditionnés par l'action marine qui vient créer des lacunes, pertes de résistance, démantèlements et écroulements dans les cavités et galeries (exemple : le fontis de la Grande Crevasse situé à Vallières). Le phénomène d'appel au vide (décompression des cassures en bordure de falaise) joue aussi à l'évidence un rôle essentiel. Les mouvements de terrain sont principalement observés sur une frange côtière d'une largeur de l'ordre de 10 à 20 m seulement. Néanmoins, l'inéluctable continuité du diaclavage et des interstrates, bases d'une architecture semi-labyrinthique induite par la spéléogénèse au Tertiaire, implique que le réseau karstique se déploie plus amplement sous les terres, sans que son extension ni son degré de colmatage (sables argileux tertiaires et intrusions probables de sables dunaires quaternaires) ne soient systématiquement connus. Des instabilités en surface restent tout à fait possibles, particulièrement sous l'action des eaux continentales (remontées souterraines et/ou absorptions de surface : pertes, anciennes dolines, visibles ou masquées...) qui peuvent favoriser le transfert de matériaux à travers le réseau.

Plus largement, il est à retenir que la sensibilité des territoires karstiques aux mouvements de terrain est liée à trois composantes (cf. le Guide national « Aléa mouvements de terrain d'origine karstique », Cerema-BRGM à paraître) : (1) la sensibilité du substratum calcaire (karstification), (2) le comportement de la couverture (nature et épaisseur) et (3) le rôle de l'hydrodynamisme (eaux souterraines - ici les eaux marines – et de surface).

Fragilité ponctuelle vs recul du trait de côte

Dans le contexte national actuel de surveillance et de détermination de l'évolution du trait de côte, en lien notamment avec les évolutions climatiques, l'impact des mouvements de terrain littoraux d'origine karstique contribue très ponctuellement à une accentuation de la fragilité et donc du recul des falaises mais apporte aussi une dangerosité locale qui doit être appréhendée par les aménageurs pour réduire la vulnérabilité des sites, notamment des sentiers et routes littorales. La configuration karstique du littoral est à l'origine de mouvements de terrain d'origine typiquement karstique (affaissements et effondrements), mais aussi d'instabilités rocheuses affectant les falaises et contribuant au recul du trait de côte par des éboulements et écroulements de pans rocheux.

Conclusion

Sans représenter le territoire karstique le plus significatif de la Nouvelle-Aquitaine, la Saintonge constitue néanmoins une vaste région carbonatée au sein de laquelle les épisodes tectoniques combinés aux circulations hydrologiques ont engendré au cours des 65 derniers millions d'années la construction progressive de réseaux karstiques souvent anastomosés et semi-labyrinthiques pour partie aujourd'hui comblés et colmatés.

Inscrites dans cet environnement karstique, les falaises calcaires de la Côte de Beauté proposent un paysage relativement unique en Nouvelle-Aquitaine. Bien que leur hauteur soit limitée et pour la plupart inférieure à 10 m, ces falaises exposent de surprenant modèles karstiques littoraux et des cavités naturelles débouchant désormais directement en surplomb de l'ancien canyon de la Gironde. Issues d'un processus de karstification en trois étapes (depuis la fin du Crétacé supérieur), les grottes littorales de la Saintonge habillent le trait de côte de formes typiques des environnements carbonatés (à la fois de l'épikarst et de l'endokarst) exposés à l'agressivité de l'eau, spécifiquement exprimée ici par les assauts des eaux estuariennes. Partiellement évidées par l'action marine, les cavités fragilisent localement les falaises en réactivant des processus d'instabilité classiques de ces milieux, notamment le débourrage des conduits colmatés et le soutirage des matériaux de surface, à l'origine de mouvement de terrain en surface (affaissements et effondrements) et d'un recul potentiel du trait de côte (éboulements et écroulements).

La présence des karsts littoraux en Charente-Maritime est assez remarquable car relativement limitée à l'échelle nationale. Leur étude est encore assez confidentielle ce qui se traduit par une connaissance toujours fragile de leur chronologie et de leur dynamique passée. Une valorisation des études historiquement menées par l'A.R.S.C.M. et de nouveaux travaux concernant notamment la fracturation, la nature des remplissages, la topographie et les circulations hydrogéologiques au cœur du substratum calcaire, permettraient de confirmer et d'enrichir les étapes de la karstification en Saintonge, mais aussi de mieux identifier et prendre en compte les risques de mouvements de terrain.

Bibliographie

- La bibliographie de cet article se trouve sur le site de la SGF : www.geosoc.fr

Géologues

Géosciences et Société

Complément

Complément de bibliographie

*Article complet : 100 années d'exploration
pétrolière du bassin d'Aquitaine*

Une coédition



Karsts littoraux de Charente-Maritime : genèse et configuration actuelle

Emeric Vedie, Thierry Le Roux, Cyril Respaud et Jérôme Revel.

Bibliographie élargie en lien avec les karsts charentais

Spéléologie, karstologie, hydrogéologie en Saintonge (Charente-Maritime)

- DDAF 17, 1980. Synthèse des recherches hydrogéologiques en Charente-Maritime. DDA 17 & Univ. Bordeaux I. 228 p.
- LE ROUX T., 1977. « Inventaire spéléologique de la Charente-Maritime ». C.D.S. 17. 2 p.
- LE ROUX T., 1977. Monographie de 5 cavités. In « Spéléologie 17 », bulletin du C.D.S. 17. 47 p.
- LE ROUX T. et CHABERT C., 1981. Les Grandes Cavités Françaises / Charente-Maritime. FFS. P.36.
- LE ROUX T., 1983. Grottes et gouffres en Charente-Maritime, n°1. 70 p. (35 photos, 26 plans, 9 croquis).
- LE ROUX T., 1988. Grottes et gouffres en Charente-Maritime, n°2. 56 p. (13 photos, 30 plans, 9 croquis).
- LE ROUX T. et ARSCM, 1994. « La face cachée de la Charente-Maritime ». Annuaire France Télécom. P. 59 à 61 (13 photos & 4 plans).
- LE ROUX T., 1998. 36 itinéraires souterrains Saintongeais. 64 p. (100 photos, 50 plans, 10 croquis).
- LE ROUX T., 2002-2009. Charente « Inférieure » : cavernes en Charente-Maritime. DVDrrom. 3500 fichiers.
- LE ROUX T. et BIGOT J.-Y., 2004. Spéléométrie de la France / Charente-Maritime. Fédération Française Spéléologie. P. 32 à 33.
- LE ROUX T., dès 2002. « Cavernes en Saintonge » (www.cavernes-saintonge.info) : site internet.
- LE ROUX T., 2008. Nouvelles découvertes préhistoriques à la Roche Courbon. ASSNCM - juin 2008, V. IX - fasc. 8. P. 841 à 883.
- LE ROUX T., 2010. Les cavernes de Charente-Maritime. ASSNCM - juin 2010, V. X - fasc. 1. P. 77 à 106.
- VACHER J.-P., 2002. Situations hydrogéologiques en zones côtières ou de faible altitude. Rapt. Assises de l'Eau de Poitou-Charentes. 3 p.

Géologie, géomorphologie de la Saintonge (Charente-Maritime)

- BRGM, 1968. Carte géologique de la France au 1/50 000 / Royan-Tour de Cordouan XIII-XIV-32. 12 p.
- BRGM, 1969. Carte géologique de la France au 1/50 000 / Saintes XV-31. 19 p.
- BRGM, 1977. Carte géologique de la France au 1/50 000 / Pons XV-32. 43 p.
- BRGM, 1978. Carte géologique de la France au 1/50 000 / St-Agnant XIV-31. 52 p.
- BRGM, 1967. Carte géologique de la France au 1/50 000 / St-Vivien-de-Médoc / Soulac s / Mer. 45 p.
- BRGM, 1975. Carte géologique de la France au 1/50 000 / Jonzac. 32 p.
- CEREMA, 2019. Étude de la sensibilité aux instabilités des falaises de Gironde en Charente-Maritime – Linéaire côtiers entre St Palais sur Mer et Barzan. Rapport d'étude n°14.17.G519. DDTM 17. 50 p. + annexes cartographiques.
- CEREMA, 2022. Étude de la stabilité des falaises calcaires à Saint-Palais-sur-Mer – Site des Pierrières. Rapport d'étude n°14.17.G520. DDTM 17. 138 p.
- CEREMA, 2023 – en cours. Étude de la stabilité des falaises de Saint-Georges-de-Didonne – Pointe de Vallières. Rapport d'étude. DDTM 17.
- CHARLES N., 2012. Curiosités géologiques de l'Aunis et de la Saintonge. Ed. Apogée BRGM. 112 p.
- CHARLES N. et DECOBECQ D., 2021. Guide géologique de la Charente-Maritime. Ed. Omnisience. 256 p.
- CORLIEUX M., 1972. Étude géologique abrégée de la Charente-Maritime. ASSNCM. 126 p.
- ESTEVE G., 2004. Histoire presque naturelle de la presqu'île d'Arvert. N°1 : géologie / géomorphologie. Imprimerie Lagarde. 75p.
- GUILLERMIN P., 1970. Géologie de la Charente-Maritime. CNDP Poitiers. 78 p.
- PAWLOWSKI A., 1998. Géographie historique des côtes charentaises. Le Croît vif. Collection Documentaires. 236 p.

Spéléologie, karstologie en Charente

- Association Spéléo Charentaise, 1973. « Pellows » / Spéléologie du département de la Charente ; le réseau de la Touvre. ASC. 47 p.
- Association Spéléo Charentaise, 1977. « Pellows » spécial Charente (inventaire topographique). ASC. 224 p.
- CDS 16 et A.R.S. La Rochefoucauld, (non daté). La Charente souterraine. 84 p.
- DANDURAND G., 2011. Cavités et remplissages de la nappe karstique de Charente (bassin de la Touvre). Thèse. Université de Bordeaux.
- DANDURAND G. et MAIRE R. 2011. Essai de typologie des cavités du karst de la Rochefoucauld (Charente). LGPA Éditions. 28 p.

Géologie en Charente

- GABILLY J., CARIOU E. et coll., 1997. Guides géologiques régionaux : Poitou - Vendée - Charentes. Masson. 200 p.
- PONCET D., SARDIN J.-P. et MINIER J.-P., 2008. Guide du patrimoine géologique en Poitou-Charentes. Geste éditions. 156 p.
- TOURNEPICHE J.-F., 1998. Géologie de la Charente. Germa. 141 p.

Spéléologie, karstologie

- CASTANY G. et MARGAT J., 1977. Dictionnaire Français d'hydrogéologie. BRGM. 249 p.
- CHOPPY J., 1985. Dictionnaire de spéléologie physique et karstologie. Club Alpin Français. 148 p.
- CHOPPY J., 2003. Les formes spéléologiques et karstiques. Club Alpin Français. 112 p.
- CHOPPY J., 2008. Pourquoi se creusent les grottes ? Karstologia Mémoires n°16. 200 p.
- COLLIGNON B., 1988. Spéléologie : approches scientifiques. Edisud. 237 p.
- JEANNIN P.-Y. et coll., 1990. Remplissages karstiques et paléoclimats. Karstologia mémoires n°2. 66 p.
- QUINIF Y., 2014. La fantômisation. Une nouvelle manière de concevoir la formation des cavernes. Regards n°79. 30p.

- SALOMON J.N., 2006. Précis de karstologie. Presses Universitaires de Bordeaux. 250 p.
- VIALA C., 2000. Dictionnaire de la spéléologie. Spelunca Librairie Editions. 263 p.

Risques associés aux environnements karstiques

- CEREMA et BRGM, 2023, à paraître. Évaluation de l'aléa mouvement de terrain d'origine karstique en contexte carbonaté - Guide méthodologique national. MTES/DGPR.
- NOURY G., VEDIE E., CLEMENT F., HUSSON E. et RESPAUD C. et al., 2020. Aléa mouvements de terrain liés au karst : contextes, méthode et cas type traités en vue d'un guide. Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur, Nov. 2020, Lyon, France. hal-02944842.
- VALDEYRON G., CLEMENT F., RESPAUD C. et VEDIE E., 2023. On the practical use of geosynthetics for karsts reinforcement. 12th International Conference on Geosynthetics. Roma.
- VEDIE E. et CLEMENT F., 2018. Karst et aménagement : comment estimer puis réduire la vulnérabilité des territoires exposés aux mouvements de terrain d'origine karstique ? Karst 2018. Association Française de Karstologie. Poster.
- WALTHAM T., BELL F. et CULSHAW M., 2005. Sinkholes and subsidence: Karst and cavernous rocks in engineering and construction.