

Identification et diagnostic du patrimoine géologique en Pays de la Loire

Inventaire des sites géologiques remarquables

Rapport final

BRGM/RP-60129-FR

Mai 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 09GEOD18

G. Aertgeerts, F. Béchenec, P. Conil

En collaboration avec
**S. Régnault, G. Mary, M. Papillard
B. Pivette, F. Redois et J.M. Viaud**

Vérificateur :

Nom : Graviou P.

Date : le 12/09/2011

Signature :

(Ou Original signé par)



Approbateur :

Nom : CONIL P.

Date :

Signature :

(Ou Original signé par)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : géologie, patrimoine géologique, Pays-de-la-Loire, Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Vendée, Sarthe, Mayenne, inventaire, fiches argumentaires, évaluation, fiches explicatives, géotope, géosites.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

G. Aertgeerts, F. Béchenec, P. Conil (2011) en collaboration avec S. Régault, G. Mary, M. Papillard, B. Pivette, F. Redois et J.M. Viaud - Identification et diagnostic du patrimoine géologique en Pays-de-la-Loire - Inventaire des sites géologiques remarquables - Rapport final. BRGM/RP-60129-FR.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les Pays de la Loire montrent une géologie complexe : en effet ils sont constitués, en majeure partie, d'un socle ancien, protérozoïque et paléozoïque (600 Ma à 300 Ma), fortement tectonisé, appartenant au Massif armoricain. De plus, ce socle, sur ses bordures orientale et méridionale est coiffé par une couverture sédimentaire mésozoïque (200 Ma à 60 Ma) et localement cénozoïque qui constitue les marges, respectivement, du Bassin parisien et du Bassin aquitain. Enfin, cette région géologiquement très riche, est traversée par la Loire dont elle intègre l'estuaire.

De ce fait, il est apparu nécessaire, voir primordial, d'entamer une politique visant à identifier ce patrimoine. Pour ce faire, un inventaire, fondé sur les directives nationales du « *vade mecum* » pour le Patrimoine Géologique, a été réalisé par le BRGM, dans le cadre de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique. La collecte des données a permis de recenser 396 sites présentant, *a minima*, un intérêt pour la compréhension scientifique de la géologie régionale. Parmi eux, 48 sites ont été sélectionnés par la CRPG pour être renseignés de façon complète lors de leur instruction dans la base de données nationale : Géotope. L'objectif final est d'initier, pour ces sites élus, une politique de préservation et de valorisation à l'échelle nationale.

Néanmoins, pour les autres sites répertoriés, mais non instruits dans la base nationale, le présent inventaire s'attache aussi, en s'appuyant sur une connaissance précise des sites et de leurs enjeux, à mettre en place un outil d'aide à la décision à l'intention des différents acteurs de l'aménagement du territoire régional. Pour ce faire, ces sites géologiques patrimoniaux ont été géoréférencés et mis à disposition sous forme de fichiers numériques qui peuvent ainsi être intégrés à un SIG.

Enfin, la réalisation de cet inventaire devrait permettre d'engager des actions, définies par l'ensemble des partenaires concernés, afin notamment de pérenniser l'actualisation et la considération des données ainsi collectées.

Sommaire

1	Introduction	10
1.1	CADRE DU PROJET	10
1.2	IMPLICATION DU BRGM DANS LA THÉMATIQUE	10
1.2.1	Échelle nationale	10
1.2.2	Échelle régionale	11
1.3	OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE	12
1.3.1	Objectifs de la démarche engagée	12
1.3.2	Principales étapes de la méthodologie	13
1.4	ESQUISSE GÉOLOGIQUE DES PAYS DE LA LOIRE	14
2	Réalisation du projet en Pays de la Loire	25
2.1	RECENSEMENT PRÉLIMINAIRE DES SITES GÉOLOGIQUES REMARQUABLES	25
2.2	EVALUATION DES SITES GEOLOGIQUES SELECTIONNES	33
2.3	SÉLECTION DES SITES GÉOLOGIQUES MAJEURS DE LA RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE	39
2.4	ÉVALUATION DES SITES GÉOLOGIQUES D'INTÉRÊTS MAJEURS SELON LES CRITÈRES DE LA BASE GÉOTOPE	42
3	Conclusion	45

Liste des illustrations

Figure 1 - Ecran d'accueil de la base de données nationale GEOTOPE.....	11
Figure 2 : Cartographie des 396 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Région Pays de la Loire.....	26
Figure 3 : Cartographie des 88 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Loire-Atlantique.....	28
Figure 4 : Cartographie des 68 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Mayenne.....	29
Figure 5 : Cartographie des 85 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Vendée.....	30
Figure 6 : Cartographie des 56 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Sarthe.....	31
Figure 7 : Cartographie des 107 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Maine-et-Loire.....	32
Figure 8 : Cartographie des 97 sites géologiques issus de l'évaluation de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique des Pays de la Loire.....	34
Figure 9 : Cartographie des contours des sites géologiques d'intérêts géologiques majeurs en Pays de la Loire.....	44

Listes des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des sites géologiques remarquables en Pays de la Loire.....	34
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des sites géologiques d'intérêts majeurs en Pays de la Loire.....	40

Liste des annexes

Annexe 1 : présentation succincte des sites géologiques majeurs de la région des Pays-de-la-Loire

Annexe 2 : les fiches argumentaires

Annexe 3 : comptes rendus de réunion de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG)

Annexe 4 : atlas cartographique des sites géologiques majeurs en Pays de la Loire (hors sites à accès réservé)

Annexe 5 : tableau récapitulatif du nombre de sites géologiques remarquables par intérêt principal

Annexe 6 : tableau récapitulatif des 396 sites géologiques présélectionnés pour l'inventaire du Patrimoine Géologique de la région des Pays de la Loire

Annexe 7 : fiches d'extraction de la base géotope (hors sites à accès réservé)

Annexe 8 : données complémentaires - accès réservé

Annexe 9 - données complémentaires - accès confidentiel

1 Introduction

1.1 CADRE DU PROJET

La prise en compte du patrimoine naturel est à présent généralisée ; cependant, sa gestion et sa valorisation reposent sur sa bonne connaissance ; aussi, des actions portant sur l'inventaire, la protection et la valorisation du patrimoine régional faunistique et floristique ont été réalisées. Ainsi, les ZNIEFF, Natura 2000, ou les inventaires thématiques (tourbières, zones humides, pelouses sèches, etc) permettent-ils de cibler des espaces naturels remarquables.

Mais force est de constater que la dimension minérale de notre environnement naturel a été, d'une manière générale, négligée en comparaison, par exemple, de la faune et la flore.

Contrairement aux notions de patrimoine biologique ou historique, le patrimoine géologique ne bénéficie pas d'un statut permettant une protection et/ou une mise en valeur en rapport avec sa valeur intrinsèque. Seul le classement en "Réserve Naturelle d'Etat" permettait jusqu'à présent une réelle protection. Le classement en "Réserve Naturelle Volontaire" a parfois été utilisé sans pour autant être adapté à tous les types de sites d'intérêt géologique.

La prise de conscience qui entoure la question du patrimoine géologique est récente. Des actions spécifiques ont été initiées aux niveaux européen (ProGeo) et international (IUGS et UNESCO). Sur le plan national, il a fallu attendre 1991 pour que la notion de patrimoine géologique fasse l'objet d'une reconnaissance des acteurs de protection de la nature. En 1998, une importante partie des professionnels de la géologie ont rejoint leur rang, à l'occasion des "Premières Journées du Patrimoine Géologique à Paris".

La phase initiale de connaissance du patrimoine géologique, qui constitue le préalable indispensable à toute mesure de protection et toute démarche de conservation ou de mise en valeur, correspond à un inventaire, selon un découpage à définir, administratif (département par département) ou géologique (prise en compte des grandes entités géologiques, des massifs, ...).

1.2 IMPLICATION DU BRGM DANS LA THÉMATIQUE

1.2.1 Échelle nationale

La connaissance et la diffusion de l'information géologique, mise à jour, structurée, harmonisée et validée, sous des formes adaptées aux attentes des différents utilisateurs, constituent une des compétences de base et une des missions fondamentales du BRGM, clairement réaffirmées dans le contrat signé entre l'Etat et le BRGM. La connaissance du patrimoine géologique, qui relève de cette thématique, est abordée au plus près des besoins locaux par les Services Géologiques Régionaux (SGR) du BRGM. De plus, au niveau national, elle fait l'objet d'un partenariat d'objectifs avec les "Parcs Naturels", les "Réserves Naturelles" et le MEDDTL, pour la réalisation d'actions de protection et de valorisation patrimoniales, touristiques, économiques, pédagogiques et culturelles de la géologie.

Le BRGM a été et est actuellement impliqué dans cette thématique à travers différentes actions concrètes. Ainsi, il participe, aux côtés de la "Direction de la Nature et des Paysages" (DNP) du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), de l'association Réserves Naturelles de France (RNF), de la Fédération Française des Amateurs

de Minéralogie et de Paléontologie (FFAMP), du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), de la Société Géologique de France (SGF), des Musées de province et d'experts, à la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique (CPPG). Cette structure, créée sous l'égide de la DNP du MEDDTL et présidée par cette dernière, a pour objectif de définir la politique nationale de protection et de valorisation du patrimoine géologique. Le BRGM y est responsable de la commission "Banque de données, inventaire et édition".

A ce titre, il a été chargé de l'élaboration d'une base de données du Patrimoine Géologique National, c'est-à-dire d'un outil permettant une exploitation et une valorisation des données géologiques géoréférencées de valeur patrimoniale. Sous le contrôle d'un comité de pilotage présidé par la DNP et avec l'aide des différents partenaires représentés au sein du comité de pilotage, cette base de données (fig. 1) a été conçue en s'inspirant de la méthode utilisée en France pour l'inventaire faune-flore et de celle suivie en Allemagne pour l'identification des géotopes (sites présentant un intérêt pour la compréhension géoscientifique de l'environnement). Elle a été réalisée puis testée sur deux entités géographiques pilotes : la région Bretagne et le département de l'Hérault. Dans ce dernier département, elle a, de plus, débouché sur la conception et la réalisation d'une plaquette illustrée présentant les géosites remarquables.

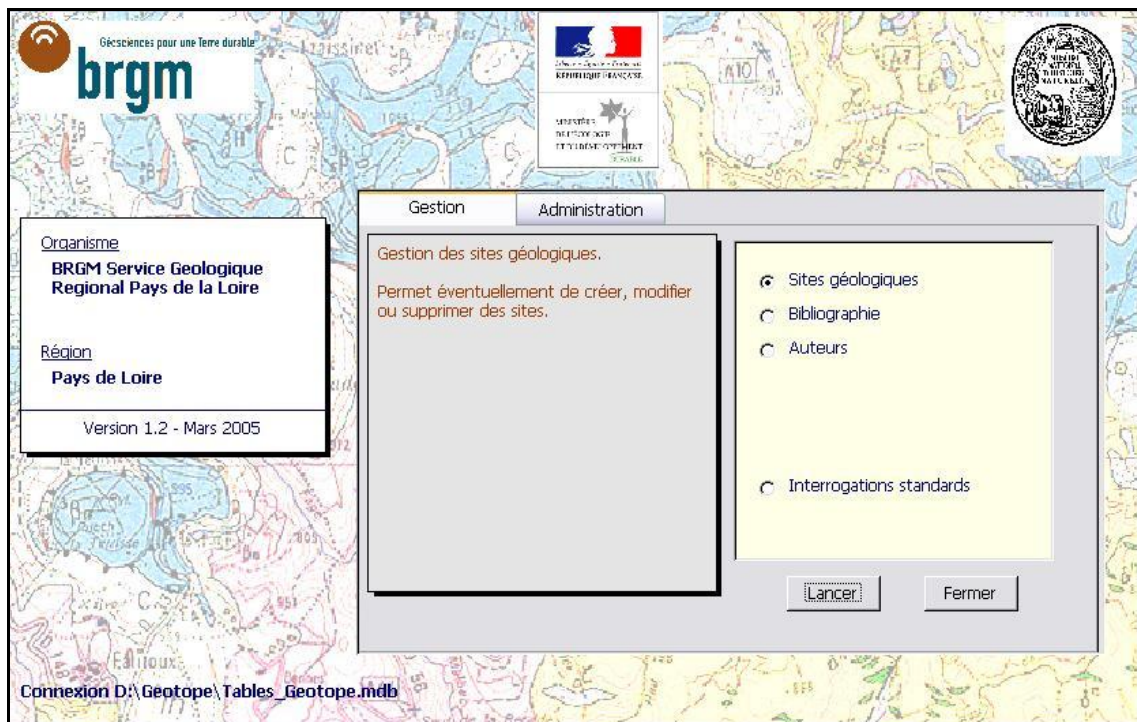


Figure 1 - Ecran d'accueil de la base de données nationale GEOTOPE.

1.2.2 Échelle régionale

Dans le même temps, la DREAL a initié une proposition d'action régionale pour les Pays de la Loire, qui s'intègre à la démarche nationale de l'Inventaire National du Patrimoine Géologique. Pour ce faire, un coordinateur scientifique régional, Mr S. Régnault, a été désigné lors du CSRPN

du 17/12/07 et une Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG), comprenant 5 correspondants référents départementaux, a été constituée.

Dans le cadre de cette démarche régionale, le Service Géologique Régional du BRGM à Nantes, a été chargé, d'une part, de réaliser l'inventaire pour la région Pays de la Loire et, d'autre part d'en assurer le secrétariat et la mise en forme des données, avec le soutien du FEDER et du MEDDTL.

1.3 OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

1.3.1 Objectifs de la démarche engagée

Le présent projet répond à plusieurs objectifs distincts :

- réaliser un inventaire aussi exhaustif et objectif que possible, des sites géologiques remarquables des Pays de la Loire, en utilisant le plus grand nombre de données existantes ;
- contribuer à définir une politique de préservation et de valorisation des sites géologiques de la région avec l'ensemble des partenaires concernés ;
- initier une dynamique régionale de préservation et de valorisation du patrimoine géologique à travers la mise en réseau de l'ensemble des acteurs concernés ;
- permettre un "porter à connaissance" auprès des différents acteurs en charge de l'aménagement du territoire (services de l'Etat, collectivités locales et territoriales, associations, ...) et du grand public.

Fondé sur une liste de sites ainsi que sur l'acquisition et la structuration de données selon le canevas défini dans la cadre de l'Inventaire du Patrimoine Géologique National, cet inventaire constitue la première étape d'une démarche générale en faveur de la connaissance, de la préservation et de la valorisation du Patrimoine Géologique Régional.

Dans une seconde étape, ce projet est susceptible de déboucher sur un certain nombre de réalisations concrètes utiles aux acteurs de l'aménagement :

- un outil d'aide à la décision performant, sous forme d'une base de données associée à un système d'information géographique (SIG) ;
- des mesures et actions de protection ou de valorisation spécifiques à chaque site, présentées sous forme de propositions et de recommandations ;
- des supports et produits de communication qui peuvent prendre des formes très diversifiées (cartes, posters, plaquettes, brochures, panneaux explicatifs, CD Roms, bornes de consultation, sites internet), à adapter à l'échelle des espaces géographiques concernés et aux besoins spécifiques des acteurs impliqués dont les collectivités locales et territoriales ;
- un réseau d'acteurs permettant de travailler en cohérence, d'échanger les expériences, d'identifier les compétences, d'amplifier les actions de communication, d'assister les collectivités locales et territoriales...

1.3.2 Principales étapes de la méthodologie

- **Constitution du comité de pilotage**

L'ensemble du projet est mené par le BRGM et le déroulement de l'étude se fait, à chacune de ses étapes, sous le contrôle d'un comité de pilotage. Ce dernier a donc pour mission de suivre et de valider l'organisation générale du travail, les objectifs, la présélection des sites ainsi que l'inventaire des sites retenus. La Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) présidée par Mr Serge Régnault, coordonnateur scientifique régional nommé par le CSRPN, est le comité de pilotage. Sa constitution a été validée lors de la réunion du 24 avril 2009, présidée par Mr. X. Hindermeyer de la DREAL. Ses membres comprennent les correspondants départementaux, Mrs. G. Mary (72), M. Papillard (44), B. Pivette (53), F. Redois (49) et J.M. Viaud (85), un représentant de la DREAL, Mr. JP. Lebossé, un représentant du Conseil régional Mr. C. Bellouard, et les correspondants du BRGM, Mrs. P. Conil, F. Béchenec, J. Toutain puis G. Aertgeerts (BRGM),

- **Présélection des sites géologiques remarquables**

Cette étape a, dans un premier temps, été initiée par le recensement de tous les détenteurs potentiels de données concernant des sites géologiques remarquables. Puis, dans un second temps, une liste de références bibliographiques a été conçue dans le but d'effectuer une recherche complémentaire de sites géologiques remarquables. Suite à cela, le département de la Loire-Atlantique, a servi de modèle méthodologique pour la réalisation de l'inventaire global des sites géologiques de la région Pays de la Loire. En effet le Conseil général de ce département a initié dès 2008, en partenariat avec la DREAL et le BRGM, le projet d'inventaire des sites géologiques remarquables du département. De plus, les résultats de cet inventaire aussi exhaustif que possible, ont été utilisés par la suite dans le cadre de l'inventaire régional. Compte tenu de cette expérience, et du fait que l'appréciation de la valeur patrimoniale des sites géologiques est, pour partie, subjective, il a été décidé, avant de débiter l'inventaire proprement dit, d'obtenir l'accord du comité de pilotage sur la liste des sites à retenir en fonction de leur intérêt. Afin de parvenir à cet objectif, la phase de présélection a été structurée en 5 tâches :

- Elaboration du modèle de la fiche « argumentaire » justifiant de l'intérêt géologique de chaque site au plan scientifique.
- Diffusion des fiches « argumentaires » auprès de tous les détenteurs de données (comité de pilotage, structures, associations, personnes-ressources, ...) et renseignement complet de ces fiches.
- Dépouillement des fiches « argumentaires », apport éventuel de compléments, validation des fiches.
- Validation de la liste des sites présélectionnés par le comité de pilotage.
- Sélection, à partir de cette liste, des sites qui feront l'objet de l'inventaire.

- **Evaluation des sites géologiques**

Cette étape se décline en plusieurs phases :

- la phase 1 concerne l'évaluation des sites « inscrits » sur la liste préliminaire et pour lesquels des fiches dites « argumentaires » sont rédigées. Ce travail a pour objectif de réaliser, département par département, une présélection de sites considérés comme remarquables pour la région ;
- la phase 2 concerne l'évaluation des sites remarquables des Pays de la Loire. Celle-ci, en revanche, s'effectue sur l'ensemble de la région et son objectif consiste à sélectionner, sur la base des résultats de la phase précédente, les sites considérés comme majeurs pour la région ;
- la phase 3 concerne l'évaluation des sites majeurs sélectionnés au plan régional selon les critères d'instruction nationaux de la base de données Géotope afin d'assurer son renseignement.

1.4 ESQUISSE GÉOLOGIQUE DES PAYS DE LA LOIRE

Les Pays de la Loire montrent une géologie complexe ; ils sont en effet constitués, en majeure partie, d'un socle ancien protérozoïque et paléozoïque (600 Ma à 300 Ma) fortement tectonisé, appartenant au Massif armoricain ; cependant, ils comportent aussi, dans une moindre mesure, une couverture sédimentaire mésozoïque (200 Ma à 60 Ma) et localement cénozoïque qui recouvre le socle sur sa bordure nord-est et sud et appartient respectivement aux bassins parisien et aquitain.

LE SOCLE DU MASSIF ARMORICAIN

Le Massif armoricain est l'un des deux principaux massifs cristallins (composé de granites, gneiss, schistes, méta-sédiments divers) de France dont la structure complexe résulte principalement de la tectonique, du métamorphisme et de la granitisation associés à l'orogénèse varisque ; celle-ci aboutit à l'individualisation de la Chaîne varisque, érigée il y a 300 millions d'années puis érodée. Cependant, cette dernière contient de plus, des reliques d'une chaîne plus ancienne, la Chaîne cadomienne, elle-même érigée il y a 600 Ma, puis érodée, disloquée et intégrée, au moins en partie, à la Chaîne varisque.

Suite à cette longue et ancienne évolution, le Massif armoricain est organisé en deux blocs structuraux majeurs, les blocs médio-nord et sud-armoricain. Ces blocs sont séparés par une discontinuité tectonique fondamentale, le Cisaillement sud-armoricain (CSA), qui prend en écharpe les Pays de la Loire. Ce « CSA » est organisé en deux branches principales, dont l'une, septentrionale, se suit de la Pointe du Raz à Angers et l'autre, méridionale, de Quimper à Pouzauges en passant par Nantes. Chacun de ces blocs majeurs est lui-même organisé en domaines distincts qui se différencient par leurs caractéristiques paléogéographiques (héritage de leur évolution géodynamique) et/ou géostructuraux (héritage de leur évolution orogénique). Ces domaines qui apparaissent aujourd'hui juxtaposés, sont limités aussi par des failles intracrustales

majeures, grossièrement parallèles au CSA, qui occultent leurs relations originelles. Ainsi l'organisation structurale du territoire des Pays de la Loire, montre du Sud au Nord, successivement :

- Le Bloc sud-armoricain qui comprend :
 - Le Domaine varisque sud-armoricain ;
 - Le Domaine varisque nantais ;
 - Le Domaine varisque ligéro-sénaise ;
- Le Bloc médio-nord-armoricain qui comprend :
 - Le Domaine varisque de Bretagne centrale ;
 - Le Domaine varisque médio-armoricain oriental ;
 - Le Domaine cadomien normano-breton.

LE BLOC SUD-ARMORICAIN

LE DOMAINE VARISQUE SUD-ARMORICAIN

Il s'étend au sud du Cisaillement sud-armoricain (CSA), grand accident transcurrent dextre qui se suit depuis la Pointe-du-Raz à l'extrême Ouest du Massif armoricain jusqu'à ses confins sud-orientaux en Pays de la Loire. Ce vaste domaine est constitué de treize unités principales juxtaposées en des bandes orientées NW-SE et recoupées par d'importants plutons granitiques (Granite de Guérande, Massif de Carnac, Massif de Saint-Père-en-Retz, Massifs de l'Ortay et du Bignon, Massif de Bazoges-en-Pareds, Massif de Breuil-Baret, Complexe granitique du Bas-Bocage vendéen) et quelques orthogneiss au protolithe probablement ordovicien (Formation du Pellerin-Montaigu, Orthogneiss de Pénestin, Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent) ou protérozoïque (Orthogneiss de l'île d'Yeu).

L'Unité de Saint-Nazaire/Saint-Brévin occupe la partie nord-occidentale du domaine et s'étend de part et d'autre de l'embouchure de la Loire. Elle est caractérisée par une anatexie crustale développée et, de ce fait, est essentiellement constituée de migmatites (Fm. de Muzillac). Au sein de ces dernières sont localement identifiés des gneiss leptynitiques à sillimanite, des paragneiss migmatitiques silico-alumineux, des paragneiss siliceux, des orthogneiss ocellés, ainsi que, ponctuellement, des enclaves de calcaires métamorphiques, de pyroxénites et d'amphibolites. Enfin, des paragneiss migmatitiques à sillimanite et cordiérite (Fm. du Morbihan) sont aussi cartographiés dans cette unité.

L'Unité de Paimboeuf-Montaigu est, sur son flanc nord, limitée par le CSA et la Faille de Secondigny ; sur son flanc sud, elle est en contact tectonique avec l'Unité de Chantonay. Encaissant les granites des massifs de l'Ortay et du Bignon et d'importants filons de pegmatite-granitoïde, elle est principalement constituée de micaschistes et méta-grauwackes à muscovite, biotite, grenat (Fm. de Saint-Paul-en-Pareds) associés à des intercalations d'amphibolites (métavolcanites basiques) et de leptynites (métavolcanites acide de La Faguelinière). De plus, entre Pont-Léger et le nord de Boufféré, en passant par Saint-Georges-de-Montaigu, elle comporte un complexe amphibolitique (Fm. de Saint-Georges-de-Montaigu) limité, localement,

sur son flanc nord, par une bande de serpentinites et de birbirites. Enfin, aux environs de Montaigu affleure un orthogneiss à biotite (Fm. du Pellerin-Montaigu) d'âge indéterminé.

L'Unité de Chantonay bordée sur son flanc nord par l'unité précédente et sur son flanc sud par l'Unité du Sillon Houiller vendéen, constitue une vaste synforme dont l'axe, oblique par rapport aux accidents bordiers de l'unité, souligne le caractère décrochant dextre, de ces derniers. En effet, cette unité est impliquée dans une déformation polyphasée qui résulte d'un épisode de tectonique tangentielle suivi par un épisode de tectonique décrochante entre le CSA et le Sillon Houiller vendéen. Enfin, sur son flanc méridional, cette unité est localement surmontée en discordance stratigraphique par une relique de la couverture sédimentaire jurassique préservée de l'érosion, probablement en raison de rejeux de la faille du Sillon Houiller. L'Unité de Chantonay est constituée d'une puissante série épimétamorphique à dominante détritique et volcanoclastique, couronnée par un ensemble volcanique basique. Elle débute par un ensemble (300-400m) de métapélites gris sombre associées à des siltites gréseuses et localement à des conglomérats tufacés (Fm. des Gerbaudières) ; cette dernière est surmontée par une très puissante (1000 m ?) formation gréso-schisteuse (Fm. du Bourgneuf) à caractère turbiditique, dans laquelle les grauwackes, qui constituent le faciès dominant, sont associées à des passées lenticulaires, assez fréquentes, de conglomérats et microconglomérats. De plus, cette série terrigène, riche en élément volcaniques remaniés, encaisse de nombreux filons doléritiques et rhyolitiques. Localement, la partie supérieure de cette formation évolue latéralement vers une série (Fm. de Sigournais) dans laquelle les niveaux de conglomérats polygéniques (Poudingues de Sigournais et du Fougeroux) sont particulièrement fréquents et puissants. L'ensemble de ces trois formations est attribué au Cambrien et très probablement, la dernière citée est-elle d'âge Cambrien supérieur. Cet ensemble est surmonté par une puissante assise volcanoclastique (Fm. de La Châtaigneraie), association d'ignimbrites, de rhyolites et de tuffites, datée en U-Pb sur zircons, à 470+/-11 Ma et 485+/-14 Ma soit rapportée à l'Ordovicien inférieur. Elle est elle-même coiffée par une série très homogène de quartzarénites blanches (les quartzites de La Châtaigneraie) qui forment un niveau repère (30-80 m) au sein de l'unité. Le Groupe de Réaumur constitue la partie supérieure de la succession stratigraphique de l'Unité de Chantonay ; il comprend une puissante (800 m) série de schistes (métapélites) gris sombre à noir, au sein desquels est interstratifié un niveau repère (10-20 m), relativement continu, de phtanites et schistes, paléontologiquement datés du Caradoc au Silurien. De plus, localement, sont aussi interstratifiées dans cet ensemble, des passées de grès pyriteux, de microquartzites graphiteux et de calcaires à entroques datés du Dévonien ; enfin, il est recoupé par des filons doléritiques et rhyolitiques. Le toit de la succession stratigraphique est occupé par un puissant (500-1000 m) complexe volcanique basique (Fm. des Basaltes de La Meilleraie et de La Gobinière) montrant des pillow-lavas, des coulées bréchiqes, des tufs et des sills, dont la géochimie est comparable à celle des séries actuelles de bassin arrière-arc. Par ailleurs, toutes ces formations, bien que non individualisées du fait de dilacération tectonique, sont présentes dans le Complexe écaillé du Beugnon dont l'extrémité affleure en bordure orientale du département de Vendée. Enfin, l'Unité de Marillet, bordée par des accidents, est identifiée aussi en bordure orientale du département entre le Sillon Houiller vendéen et l'Unité de Chantonay ss ; elle est assimilée à cette dernière du fait d'une convergence de faciès et de sa position structurale.

L'Unité de Puyhardy n'affleure que très ponctuellement en bordure orientale du département de Vendée ; elle est constituée de siltites gréseuses vertes et de grès datés du Cambrien supérieur grâce à de nombreuses empreintes de brachiopodes. Ces faciès, bien que d'âges comparables à ceux de l'Unité de Chantonay, montrent néanmoins de fortes dissemblances quant à la composition, la maturité et le milieu de dépôt du matériel remanié.

L'Unité du Sillon Houiller vendéen forme une étroite lanière bordée de failles, qui se suit depuis les abords de Saint-Philbert-de-Bouaine au NW, jusqu'à Faymoreau au SE et qui sépare ainsi les unités de Chantonay et du Marillet au Nord, de celle des Essarts, au Sud. Cette unité est essentiellement composée de séries détritiques terrigènes, très grossières, à passées charbonneuses. Dans la région de Vouvant où elle est le mieux exprimée, elle comprend ainsi, à la base une épaisse (700 m) formation d'âge namurien (Fm. de Saint-Laurs) et au toit une puissante (1300 m) formation d'âge stéphanien (Fm. de La Verrerie).

L'Unité des Essarts, limitée sur son flanc nord par le Sillon Houiller vendéen et sur son flanc méridional par un décro-chevauchement, est principalement caractérisée par des reliques de faciès métamorphique de type haute pression/moyenne température datés à 436+/-15Ma (faciès écloogitiques, $14 < P < 20$ kb et $650 < T < 750^\circ$). Les écloogites caractérisées notamment par un clinopyroxène sodique, de l'omphacite et par du grenat de type almandin-pyrope, sont intimement associées à des amphibolites au sein de lentilles d'extension souvent plurikilométrique, étirées et plus ou moins boudinées selon une direction NW-SE. Ces roches dérivent de roches gabbroïques et basaltiques appartenant à une ancienne croûte océanique. Des gneiss feuilletés, très riches en mica blanc et d'aspect micaschisteux, constituent l'encaissant habituel des écloogites et amphibolites. Bien que la rétro-morphose y soit particulièrement marquée, des reliques de métamorphisme de faciès écloogite y ont été observées aussi ; leurs protholithes apparaissent fort divers, métasédiments (paragneiss, migmatites), métagranites à biotite (orthogneiss). Cet ensemble représenterait les reliques d'une ancienne croûte océanique subductée à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur, mélangées tectoniquement à une portion de croûte continentale au début de l'Orogénèse varisque, puis rééquilibrées dans les conditions du métamorphisme régional hercynien et exhumées au Carbonifère.

Cette unité comprend aussi deux massifs d'orthogneiss plus ou moins dilacérés : l'orthogneiss de Mervent riche en biotite et daté à 486 +15/-11 Ma (U-Pb sur zircon) (Ordovicien inférieur) et l'orthogneiss de Chavagné à muscovite et biotite. Enfin, à son extrémité sud-orientale, l'Unité des Essarts comprend une série métasédimentaire épimétamorphique, la formation de Roc-Cervelle, constituée d'alternances monotones de métagrauwackes tufacées et de métapélites, recoupée localement par quelques filons de dolérites. De par sa lithologie cette formation semble plutôt se rapprocher de la Formation du Bourgneuf de l'Unité de Chantonay et il est possible qu'en dépit de sa position structurale au Sud du Sillon Houiller vendéen elle appartienne à cette unité.

L'Unité de Saint-Martin-des-Noyers forme une étroite lanière tectonique axée NW-SE le long et sous le décro-chevauchement des Essarts. Cette unité montre l'association d'amphibolites mélanocrates ou mésocrates, de gneiss leucocrates à grenat et amphibole et plus rarement, de micaschistes. Les roches basiques, d'après leur composition géochimique, pourraient représenter un paléo-arc insulaire. Néanmoins son âge demeure inconnu et de ce fait, il est difficile de l'intégrer dans un schéma d'évolution varisque.

L'Unité du Bois-de-Céné n'apparaît que très localement et chevauche l'Unité de Saint-Gilles/La Vilaine. Elle est constituée de micaschistes albitiques à chloritoïde et grenat, montrant des intercalations d'amphibolites, de prasinites et ponctuellement de glaucophanites et de serpentinites. Elle se singularise, principalement, par son faciès métamorphique de type "schistes bleus" (à glaucophane) témoin d'un métamorphisme de type HP-BT caractéristique d'une subduction océanique suivi d'une évolution rétrograde dans le faciès "schistes verts". Cette unité est considérée comme un équivalent sud oriental de l'Unité de Groix.

L'Unité de Saint-Gilles/ La Vilaine a une extension remarquable tant au Sud qu'au Nord de la Loire. En Vendée, elle chevauche l'Unité de La Roche-sur-Yon. En effet, cette unité, considérée comme allochtone, est impliquée dans une tectonique tangentielle qui se manifeste par une foliation subhorizontale et une intense linéation d'étirement, sauf sur son flanc nord où toutes les

structures tendent à se verticaliser à l'approche du décro-chevauchement des Essarts. Elle est principalement caractérisée par une série de micaschistes et gneiss micacés porphyroclastiques qui correspondent à des méta-rhyolites, des méta-ignimbrites et des méta-tufs (Fm. des porphyroïdes de La Sauzaie) datées à 477+/-7 Ma (U-Pb sur zircons) et donc rapportées à l'Ordovicien inférieur. Ces faciès acides volcanoclastiques passent latéralement à des méta-tuffites, des gneiss feldspathiques micacés et des micaschistes (Fm. de Saint-Gilles). Cette dernière montre aussi, localement, des amphibolites (Formation de l'Aiguillon et du Fenouiller).

L'Unité de La Roche-sur-Yon constitue le parautochtone de l'unité précédente. Sur son flanc nord, soit elle est recoupée par l'orthogneiss de l'Angle (intrusion magmatique), soit elle est limitée par le décro-chevauchement des Essarts. Sur son flanc sud, soit elle est limitée par les Unités des Sables-d'Olonnes et de Brétignolles, soit elle est surmontée par les formations sédimentaires jurassiques du Bassin d'Aquitaine. Enfin, en son cœur, elle est largement recoupée par les granites du Complexe du Bas-Bocage vendéen. L'Unité de La Roche-sur-Yon est principalement constituée par le groupe de Nieul-le-Dolent, ensemble de métasédiments comprenant des micaschistes plus ou moins quartzeux et des paragneiss micacés avec interstratifications de métaphtanites, des métagrauwackes, des métagrès (localement paléontologiquement datés de l'Ordovicien) et des schistes gris. Ces séries métasédimentaires sont localement recoupées par des métarhyolites (métarhyolite mélanocrate de Coëx.....) et des méta-microgranites (méta-microgranite de La Maçonnière.....) attribués, géochronologiquement, à l'Ordovicien inférieur. Dans sa partie sud-orientale cette unité comprend aussi des micaschistes et des porphyroïdes datés de l'Ordovicien inférieur et rapportés respectivement à celles de Saint-Gilles et de La Sauzaie. Cependant dans cette Unité de La Roche-sur-Yon, ces deux formations sont en position structurale autochtone et non plus allochtone comme dans la précédente. Elles sont associées d'une part aux métarhyolites potassiques de la formation de La Chapelle-Hermier, elle-même datées de l'Ordovicien inférieur et d'autre part, aux méta-tuffites de la formation des Roches.

L'Unité de Brétignolles affleure uniquement sur l'estran de Brétignolles entre Marais-Girard et La Sauzaie. Les relations de cette unité avec l'unité adjacente de La Roche-sur-Yon ne sont pas connues. Elle est constituée d'une série sédimentaire épimétamorphique comprenant des méta-arkoses, des schistes rouges, des schistes ampélitiques à nodules phosphatés paléontologiquement datés du Silurien, des métaphtanites à radiolaires, des métacalcaires dolomitiques et des schistes bariolés à nodules phosphatés, datés, paléontologiquement, du Tournaisien moyen-supérieur, âge par ailleurs inconnu dans la région. Elle a été interprétée comme une succession d'imbrications tectoniques chevauchant les unités avoisinantes ou comme un méga-olistostrome au sein de l'Unité de La Roche-sur-Yon.

L'Unité des Sables-d'Olonne est cantonnée à la bordure littorale sud-occidentale du département de Vendée. Sur son flanc nord elle semble passer progressivement aux séries épimétamorphiques de l'Unité de La Roche-sur-Yon par une intensification du métamorphisme qui rapidement atteint le faciès amphibolites et localement l'anatexie. Cette unité comprend des termes paradérivés, micaschistes, paragneiss, marbres, au sein desquels, le long de l'estran de Sauveterre, s'observe une zonéographie métamorphique, avec du NE au SW des paragénèses progrades successives : faciès épizonaux à muscovite-chlorite ; faciès mésozonaux à chlorite-chloritoïde, puis biotite-chloritoïde-staurotide, puis biotite-grenat-staurotide et enfin, faciès mésozonaux profonds à biotite-grenat-disthène, puis biotite-grenat-sillimanite et biotite-sillimanite-feldspath potassique. Les termes orthodérivés de cette unité sont constitués par un orthogneiss à biotite qui évolue localement vers un granite d'anatexie.

L'Unité de l'île d'Yeu montre des séries comparables à celles des Sables-d'Olonne. Elle comprend d'une part une formation de paragneiss et d'autre part différents types d'orthogneiss

dont l'un, une orthogranosyérite, a été géochronologiquement daté du Protérozoïque supérieur. De même, dans ces deux unités ont été identifiées des structures compatibles avec une tectonique ductile extensive, à vergence ouest, probablement associée à l'exhumation du dôme gneissique.

LE DOMAINE VARISQUE NANTAIS

Il est limité au Nord par le décro-chevauchement de Nort-sur-Erdre relayé vers l'Est par les failles du Sillon Houiller de Basse-Loire et au Sud par le Cisaillement sud-armoricain (CSA). Recoupé par d'importants plutons granitiques varisques (Massif d'Orvault-Mortagne, Massif de Châteaumur, Granite de Pouzauges, Granite Moulins, Massif de Château-Thébaud, granites de Mésanger et de La Pommeraie), par des massifs de roches basiques (Massifs des Quatre Etalons et du Châtillonnais, Diorite et diorite quartzique de Moncoutant, Gabbro du Pallet et de Montfaucon, Gabbro coronitique de l'Inlière) et par différents filons de granite et de microgranite, ce domaine est constitué de huit unités principales elles-mêmes juxtaposées par des contacts tectoniques. En effet, toutes ces unités sont impliquées dans la collision continentale associée à l'Orogénèse varisque.

L'Unité du Haut-Bocage forme une étroite bande qui s'élargit vers le Sud-Est et qui est limitée sur son flanc nord par le Massif d'Orvault-Mortagne et la Faille des Epesses et sur son flanc sud par le CSA et la Faille de Secondigny. Elle comprend (1) les métagrauwackes, métapélites et métaquartzites de la Formation des Epesses, (2) les schistes de la Formation de La Burnière et (3) les métagrès quartzeux de la Formation de Saint-Mars-Ardelais, (4) les métagrauwackes et les micaschistes de la Formation de Montourmais qui semblent passer en continu aux (5) micaschistes de la Formation de Saint-Armand-sur-Sèvre. Cette unité paradérivée est recoupée, notamment, par le monzogranite de Pouzauges, daté en U-Th-Pb sur monazites à 350 Ma (Carbonifère inférieur), qui y induit un métamorphisme de contact générant des cornéennes.

L'Unité de La Tessouale est constituée de paragneiss à biotite, muscovite, grenat, plus ou moins migmatitiques et, localement, d'anatexites à sillimanite et cordiérite. Ni la nature ni l'âge du protolithe ne sont identifiés ; cependant, une datation U-Th-Pb sur monazites a donné un âge 380+/-9 Ma (Dévonien supérieur), interprété comme l'âge de l'anatexie crustale aboutissant à la migmatisation.

L'Unité de Mauves-sur-Loire se situe au cœur d'une antiforme tardive qui implique l'ensemble du domaine et constitue l'autochtone relatif de l'Unité de Champtoceaux. Elle est essentiellement constituée de micaschistes albitiques associés à quelques niveaux de quartzites, de para-gneiss et d'amphibolites.

L'Unité de Champtoceaux constitue une unité tectonique crustale d'origine profonde ; elle a, en effet, la particularité de présenter des lentilles à faciès éclogitiques et granulitiques qui témoignent d'un épisode précoce de métamorphisme haute pression compatible avec des conditions P/T de 700° et 20kb ; cependant, l'exhumation rapide de cet ensemble a entraîné une rétro-morphose de ces faciès HP/HT tout en permettant la conservation de reliques. Elle est composée de deux sous-unités : la sous-unité inférieure comprend des leptynites et des gneiss plagioclasiques à lentilles d'éclogites (Fm. du Cellier), un orthogneiss au protolithe daté de l'Ordovicien inférieur, à lentilles d'éclogites, (Fm. de Saint-Mars-du-Désert) et des amphibolites associées à des micaschistes à grenat (Fm. des Folies-Siffait). La sous-unité supérieure est composée d'orthogneiss plus ou moins anatectiques et de leptynites (Fm. de Champtoceaux) fortement déformées.

L'Unité des Mauges comprend deux sous-unités, séparées par une faille ductile de type détachement, mais elle ne présente jamais de reliques éclogitiques. La sous-unité inférieure qui

enveloppe l'Unité de Champtoceaux, est composée de méta-gabbros et d'amphibolites associés à des leptynites (Fm. de Drain), de micaschistes recoupés par des orthogneiss (Fm. du Landreau) et de micaschistes à passées graphiteuses (Fm. du Hâvre). La sous-unité supérieure forme la majeure partie de l'unité et comprend essentiellement des micaschistes et des schistes d'âge protérozoïque (Fm. des Mauges) localement associés à des amphibolites et des schistes verts (Fm. de Beaupréau).

L'Unité de Cholet-Thouars repose en discordance sur l'Unité des Mauges. Elle débute par une série détritique à conglomérats (Formation de Cléré-sur-layon) datée du Cambrien moyen, mais elle est principalement constituée par le complexe acide de Cholet-Thouars. Ce dernier est composé de rhyolites, de tufs, d'ignimbrites, du microgranite de Thouars daté à 519+/-10 Ma (Cambrien moyen), faciès acides qui encaissent aussi des corps basiques (massif de Massais et de Bateviande).

L'Unité du Bassin d'Ancenis comprend une série détritique basale peu épaisse, constituée de schistes et de grès (Fms. de Châteaupanne et du Château-de-Montaigu) qui emballent localement des olistolites calcaires datés du Dévonien inférieur à moyen (Fm. du Tombeau-Leclerc). Cependant, elle est principalement formée par un puissant ensemble molassique d'âge dévonien supérieur-carbonifère inférieur (Fm. du Culm du Bassin d'Ancenis) associant des grès, des wackes, des siltites et d'importants niveaux de conglomérats.

Le Sillon Houiller de Basse-Loire correspond à un étroit fossé tectonique contrôlé par le décrochevauchement de Nord-sur-Erdre et comblé par des séries terrigènes (grauwackes, grès, schistes) namuriennes et stéphaniennes ; au sein de ces dernières sont inter-stratifiés des niveaux de houille (Fm. de Montjean-sur-Loire) et localement des volcanites acides (Fm. de la Pierre-Carrée).

LE DOMAINE VARISQUE LIGERO-SEMAN

Il est limité sur son flanc sud par le décrochevauchement majeur de Nord-sur-Erdre, particulièrement bien identifié en imagerie sismique, relayé vers l'Est par le Sillon Houiller de Basse-Loire, et sur son flanc nord par la branche septentrionale du Cisaillement sud-armoricain. Le Domaine varisque ligéro-séman est recoupé d'une part par le vaste massif de l'orthogneiss de Lanvaux d'âge Ordovicien inférieur et d'autre part par quelques plutons granitiques varisques dans la région de Nozay. Ce domaine comprend cinq unités litho-structurales principales, délimitées et juxtaposées par des accidents chevauchants et/ou décrochant associés à la tectonique varisque.

L'Unité de Saint-Georges-sur-Loire constitue le sud du Domaine ligéro-séman et sur son flanc nord elle chevauche l'Unité de Saint-Mars-la-Jaille. Elle correspond à un puissant complexe volcano-sédimentaire d'âge imprécis, Ordovicien supérieur-Dévonien inférieur, comprenant une série détritique schisto-gréseuse (Fm. de Fégréac) au sein de laquelle sont inter-stratifiées des volcanites acides et basiques (Fm. de La Romme). Les caractères géochimiques de ces roches sont comparables à ceux des tholéïtes océaniques et d'arc insulaire.

L'Unité de Péaule apparaît à l'extrême ouest du département de Loire-Atlantique et ses relations avec l'Unité de Saint-Georges-sur-Loire demeurent hypothétiques ; elle pourrait en constituer le soubassement. Elle est composée de schistes, phanites, grès, siltites d'âge indéterminé, plus ou moins métamorphisés (Fm. de Béganne) et de micaschistes (Fm. de Saint-Dolay).

L'Unité de Saint-Mars-la-Jaille séparée et juxtaposée à celle de Saint-Georges-sur-Loire par les Failles de Nozay, est essentiellement constituée de sédiments détritiques. Elle comprend des grès, des siltites et des schistes d'âge ordovicien (Groupe de Saint-Perreux), localement

métamorphisés au contact du Granite de Nozay, surmontés par des grès et grès-quartzites attribués à l'Ordovicien terminal-Silurien (Fm. de Redon).

L'Unité des Landes-de-Lanvaux débute par un vaste ensemble détritique, plus ou moins métamorphisé, à grès-quartzites, siltites, wackes, conglomérats (Groupe de Bains-sur-Oust) dont l'âge protérozoïque supérieur-ordovicien demeure hypothétique. Il est surmonté par une formation à dominante schisteuse (Fm. du Grand-Auverné), localement métamorphisée, et datée de l'Ordovicien moyen. Enfin, la succession se termine par des schistes ampélitiques siluriens (Fm. des Ampélites du Houx) qui servent souvent de niveaux préférentiels de décollement et de chevauchement.

L'Unité de Saint-Julien-de-Vouvantes forme une étroite lanière de terrains paléozoïques, encadrée et biseauté vers l'Ouest par la branche nord du Cisaillement sud-armoricain. Elle débute par des séries détritiques (grès, schistes) ordoviciennes (Fm. de La Pile et La Boserie) à intercalations volcaniques, surmontées par des schistes et ampélites à phtanites (Fm. de Renac et Bois-Neuf) d'âge silurien. Au toit de l'unité apparaissent des lambeaux de formations dévoniennes gréseuses et calcaires (Fms. des Grès à *Platyorthis monnieri*, des Calcaires à *Nowakia acuaria*...) écaillées et dilacérées.

LE BLOC MEDIO-NORD-ARMORICAIN

LE DOMAINE VARISQUE DE BRETAGNE CENTRALE

Il est limité sur son flanc sud par la branche nord du Cisaillement sud-armoricain, grand accident transcurrent encore appelé localement "Failles des Landes-de-Lanvaux". Il correspond à la partie méridionale du bloc cadomien qui affleure largement plus au nord et qui ici est masqué par une couverture d'âge protérozoïque supérieur et paléozoïque inférieur. Il est localement recoupé par le massif granitique du Pertre et de Craon et par des microgranites formant des champs filoniens de Segré, d'Argentré et d'Origné ainsi que par les microdiorites et microtonalites de Cesson et de Bais.

L'Unité briovérienne de Bretagne centrale forme la majeure partie du domaine ; ce puissant ensemble (Formation de la Mayenne) monotone est composé d'associations rythmiques terrigènes immatures de wackes, schistes et grès, plus ou moins métamorphisés. Les caractères sédimentologiques de ces séries sont assez comparables à ceux de séries turbiditiques et elles pourraient ainsi correspondre au remplissage d'un bassin intracontinental par les produits de démantèlement de la Chaîne cadomienne située plus au Nord.

L'Unité du sud de Rennes recouvre en discordance ce soubassement briovérien et débute par des conglomérats (Fm. du conglomérat de Montfort) et des dépôts terrigènes, grès, siltites (Fm. de Pont-Réan), coiffés par un ensemble de laves et tufs acides (Fm. de Réminiac) daté de l'Ordovicien inférieur et témoignant d'une distension. Par la suite, les dépôts détritiques ordoviciens d'abord quartzeux (Fm. du Grès armoricain) puis essentiellement schisteux (Fm. de Traveusot) se terminent par une série schisto-gréseuse (Fms. du Châtellier et de Riadan-Renazé). Au Silurien, la sédimentation se caractérise par une proportion non négligeable d'ampélites et de phtanites associées à des séries de grès-quartzites, siltites et schistes (Fms. de La Chesnaie, de Poligné et des Schistes à sphéroïdes).

LE DOMAINE VARISQUE MEDIO-ARMORICAIN ORIENTAL

Il est bordé sur son flanc sud par le Cisaillement nord-armoricain et est constitué d'un soubassement protérozoïque (Unité de Fougères) généralement masqué sous une couverture paléozoïque. Cette dernière comprend une partie orientale, l'Unité de Laval dont les formations d'âge ordovicien-carbonifère s'envoient sous le Bassin de Paris et une partie occidentale, l'Unité du Menez Belair qui fait transition avec les terrains du Domaine varisque médio-armoricain occidental. Ces deux entités se sont individualisées, au cours d'un épisode d'extension cambro-ordovicien, sur une ligne structurale majeure héritée du socle cadomien.

L'Unité de Laval présente des successions sédimentaires anté-carbonifères dissemblables sur ses flancs nord et sud : au nord, la succession débute par les Grès armoricains qui reposent en discordance sur les terrains du Domaine cadomien normano-breton, soit les séries cambriennes de l'Unité du Maine, soit les séries protérozoïques de l'Unité de Fougères. Cette succession se poursuit par les schistes de la Fm. d'Andouillé coiffés par les schistes et grès de la Fm. de Saint-Germain-sur-Ille. Sur le flanc sud la succession débute directement par la formation schistogréseuse de Saint-Germain-sur-Ille.

Ces séries ordoviciennes sont surmontées, au nord comme au sud, par un ensemble siluro-dévonien de schistes et de quartzites à niveaux d'ampélites (Fms. de la Lande-Murée et du Val). A cet ensemble succèdent des dépôts aréno-carbonatés d'âge dévonien inférieur (Fms. de Gahard, de St Cénére et de Montguyon). Puis, après une lacune du Dévonien moyen-supérieur, la sédimentation reprend avec des faciès turbiditiques (faciès Culm = Fm. de l'Huisserie) associés à des volcanites acides et basiques datées du Tournaisien. Enfin au Viséen s'installe une plate-forme carbonatée (Fms. des calcaires de Sablé et de Laval) et la série se termine par un retour à des sédiments terrigènes (Fm. des schistes de Laval) incluant des niveaux de charbon datés du Namurien.

L'Unité du Menez-Belair est nettement plus tectonisée voir métamorphisée que la précédente mais on y reconnaît néanmoins les mêmes ensembles ordovicien et siluro-dévonien bien que leurs puissances y soient relativement réduites. Cependant, dans cette unité la sédimentation se poursuit au-delà du Dévonien inférieur et de ce fait la lacune anté-carbonifère est bien plus réduite. En effet aux formations du Dévonien inférieur succèdent plusieurs séries aréno-carbonatées et carbonées d'âge dévonien moyen-supérieur (Fms. de Boix-Roux, de la Foulerie, des Marettes...) coiffés par les dépôts carbonifères (Gp. d'Eréac).

LE DOMAINE CADOMIEN NORMANO-BRETON

Il est limité sur son flanc méridional par le Cisaillement nord-armoricain (CNA) et s'envoie vers l'Est sous la couverture mésozoïque du Bassin de Paris. Il comprend l'Unité de Fougères, ensemble briovérien déformé et métamorphisé lors de l'Orogénèse cadomienne et recoupé par les granites protérozoïques du Batholite mancellien. Ce socle cadomien est souvent coiffé par une couverture paléozoïque qui scelle l'épisode cadomien et qui appartient à l'Unité du Maine.

L'Unité de Fougères enveloppe les différents massifs du Batholite mancellien, aussi une partie des terrains qui la constituent étant situé dans l'auréole thermique de ces massifs, ont été transformés en cornéennes et schistes tachetés. Néanmoins, là où elle n'est pas affectée par ce métamorphisme, elle apparaît constituée de grès, de schistes et de wackes qui montrent des caractères sédimentologiques comparables à ceux des faciès turbiditiques.

L'Unité du Maine affleure dans plusieurs structures en synforme (Charnie, Coevrons, Villaines-la-Juhel) sises dans la partie méridionale du Domaine où elle repose en discordance sur les terrains de l'Unité de Fougères. Cette unité est constituée de puissantes séries (p = 1000 à 3000m) qui s'étalent du Cambrien au Siluro-dévonien et se caractérise par un important épisode volcanique. La série cambrienne débute généralement par des faciès détritiques grossiers (Fm.

des Conglomérats et arkoses) auxquels succèdent une formation carbonatée (Fm. des Schistes et calcaires) datée du Cambrien inférieur et une formation arénacée (Fm. des Grès de Sainte-Suzanne). Sur cette même période se développe un important volcanisme acide dont le principal épisode est synchrone de la partie sommitale de la Fm. des Grès de Ste-Suzanne. Celui-ci comprend principalement des pyroclastites et des ignimbrites (Fm. de Voutré) associées à quelques rhyolites et andésites nettement subordonnées. Ce magmatisme est interprété comme le témoin d'un processus d'extension crustale post-cadomien induisant l'individualisation d'un fossé tectonique, le graben du Maine. La sédimentation cambrienne se poursuit ensuite par le dépôt de faciès terrigènes (Fms. des Grès feldspathiques et des Psammites de Sillé) localement encore associés à des manifestations volcaniques (Fm. des Rhyolites porphyriques de Sillé) et elle s'achève au Cambrien supérieur-Trémadocien avec la Fm. des Grès de Blandouët. Par la suite l'Unité du Maine perd sa spécificité évolutive ; en effet, elle est coiffée en discordance, par les séries détritiques associées à la transgression de l'Ordovicien inférieur (Fm. des Grès armoricain), séries qui s'observent aussi dans l'ensemble des autres unités du domaine. La sédimentation se poursuit tout au long de l'Ordovicien moyen et supérieur par des séries terrigènes (Fms des Schistes du Pissot, des Grès de Saint-Germain-sur-Ille, des Schistes du Pont-de-Caen). Les successions siluro-dévonniennes se caractérisent aussi par des séries terrigènes (Fms. du Grès culminant) avec néanmoins de remarquables épisodes carbonés (Fms. des schistes ampélitiques des Tuileries, des siltites et grès sombres du Val).

LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE MESOZOÏQUE ET CENOZOÏQUE

En Pays de la Loire, la première reprise de sédimentation sur le socle varisque date du Trias, le massif étant alors soumis à une puissante érosion alimentant des bassins continentaux en position plus aval (Sologne, Touraine) ; cependant, les premiers dépôts marins reconnus sont datés du Lias. A partir de cette époque, durant le Jurassique et le Crétacé, les dépôts se succèdent sur la bordure du Massif armoricain (partie ouest du Bassin de Paris et nord du Bassin d'Aquitaine) au gré des variations relatives du niveau de la mer. Ces cycles de transgression/régression enregistrent les événements géodynamiques affectant la lithosphère : extension téthysienne, ouverture de l'Atlantique. Cependant, il semble que jamais le massif n'ait été complètement inondé (sauf peut-être au Crétacé supérieur), aucun dépôt de cet âge n'étant connu dans les bassins internes.

Au Jurassique inférieur, dans le Maine, les dépôts sont très peu épais (une dizaine de mètres) ; ils débutent par des calcaires gréseux à intercalations conglomératiques, passant à des calcaires marneux puis à des marnes. En Vendée, ils couvrent des surfaces plus étendues ; le début de la sédimentation est marqué par des dépôts argilo-sableux lagunaires discontinus, passant très vite à des dépôts marins littoraux carbonatés, épais de quelques dizaines de mètres : calcaires dolomitiques et calcaires gréseux à passées graveleuses et oolitiques ; ils sont recouverts par des calcaires argileux et des marnes très peu épaisses.

Au Jurassique Moyen une plate-forme carbonatée s'installe, appuyée contre le continent armoricain. En Vendée et dans le Maine se dépose alors une formation de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, qui débute par des calcaires argileux passant à des dépôts moins profonds, calcaires graveleux à intercalations bioclastiques et oolitiques et à silex diagénétiques.

Au Jurassique supérieur cette plate-forme est brusquement ennoyée. Se forment alors d'épais dépôts marins (atteignant une centaine de mètres d'épaisseur), de marnes, de calcaires argileux et de calcaires sableux, à intercalations argilo-sableuses et niveaux bioclastiques et oolitiques. En Vendée, ce type de dépôts se poursuit jusqu'au sommet de la série mais, dans le Maine, les

marnes passent, à la limite Callovien-Oxfordien, à des dépôts terrigènes sableux de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, entrecoupés de niveaux marneux.

Après la déformation et l'émersion du Bassin de Paris à la limite Jurassique-Crétacé, la sédimentation reprend à l'Albien de manière diachrone. Elle est transgressive jusque sur le socle varisque dans le Maine et dans l'Anjou et en discordance angulaire ("onlap") sur les formations mésozoïques sous-jacentes. Les dépôts débutent par des sables glauconieux et des argiles souvent à graviers et minerais de fer. Ils passent, vers le domaine marin oriental, à des argiles à lignite puis à des marnes. Au dessus se développe un ensemble de faciès littoraux terrigènes à l'Ouest, passant à des sédiments carbonatés à l'Est, selon plusieurs cycles transgression/régression, conférant une relative complexité à l'ensemble. En outre, plusieurs corps sableux, dont les principaux atteignent plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur (Fms. des Sables du Maine et des Sables du Perche), représentent des aquifères régionaux importants.

Au Cénomanién terminal-Turonien, il y a une rupture dans la nature et la géométrie des dépôts : ceux-ci reposent en discordance angulaire sur les sédiments cénomaniens. La sédimentation carbonatée s'uniformise et s'installe au-dessus d'un niveau repère peu épais mais très typé, connu sur presque toute la bordure du Massif armoricain : les "Marnes à huîtres", localement surmonté par un dernier niveau détritique sableux (Fm. des Sables de Bousse). Au-dessus, la craie, calcaire blanc, tendre et poreux, constitue un horizon continu d'une dizaine à quelques dizaines de mètres d'épaisseur. En Vendée côtière, les sédiments crétacés du bassin de Challans sont localement directement transgressifs sur le socle varisque. Ils débutent par un niveau basal détritique, sables et argiles et passent ensuite à des dépôts marno-calcaires ; ces sédiments cénomaniens puis turoniens sont très peu épais.

Au Turonien terminal et Sénonien, la sédimentation autour du massif redevient détritique avec le dépôt de faciès à caractère régressif : sables et argiles à spongiaires, sables à silex et argiles à silex à caractère résiduel. Ces dépôts, qui marquent l'émersion des bordures du bassin, ne sont bien préservés, sous la transgression tertiaire, qu'en Anjou, de part et d'autre de la Loire. Dans le centre du bassin la sédimentation carbonatée perdure. En Vendée côtière, les dépôts s'achèvent par des sables et des argiles, à caractère résiduel et à intercalations marno-calcaires. L'épaisseur résiduelle de ces sédiments n'excède pas quelques dizaines de mètres.

Au cours du Tertiaire le Bassin de Paris et le Massif armoricain continuent de se déformer en réponse à la collision alpine. Cette déformation se manifeste en majeure partie par le rejeu de failles du socle varisque dans la couverture sédimentaire. Ainsi, au sein même du massif, de nombreux petits bassins tertiaires restent piégés après décapage de la couverture mésozoïque qui s'étendait probablement bien plus largement. Les plus connus sont les bassins de Campbon, Nort-sur-Erdre et Saffré dans le Pays Nantais, ceux de Chéméré, Challans et Machecoul en Vendée et ceux du Lac de Grand-Lieu et du Pays de Retz. De même, au Miocène, les Pays de la Loire sont ennoyés par plusieurs transgressions eustatiques dont les dépôts subsistent à l'état de petits placages résiduels en Basse-Loire et de lambeaux plus importants en Anjou et en Touraine (régions de Doué-la-Fontaine et de Baugé-Noyant). Ce sont des sables coquilliers calcaires (faluns), déposés sur un niveau basal marneux ou argilo-sableux. Ils sont riches en débris coquilliers divers, en dents de poisson et en ossements de mammifères. Leur épaisseur est très variable, de l'ordre de quelques mètres à plus d'une dizaine de mètres.

A la fin du Miocène, le Massif armoricain est affecté par d'importants basculements consécutifs à la collision alpine, s'accompagnant du rejeu de nombreuses failles. Au cours du Pliocène, la sédimentation régressive est associée à une succession d'ondulations tectoniques, entraînant une fluctuation des aires de dépôt. De nombreux placages sédimentaires résiduels, attribués classiquement au Pliocène, parsèment le Massif armoricain. L'âge et le milieu de dépôt de ces sédiments ont fait l'objet de bien des controverses. Ce n'est qu'en Basse-Loire et dans certains

bassins tertiaires que les incursions marines sont franches et que les sédiments sont fossilifères et bien datés (Redonien). Ailleurs, les études récentes tendent à montrer que ce sont des dépôts fluviatiles et estuariens d'âge miocène supérieur à pliocène. Ces sédiments sont, en majeure partie, des sables, connus sous le nom de « Sables de Bretagne ». Leur épaisseur varie de quelques mètres (placages résiduels) à quelques dizaines de mètres (paléovallées). Ces sables peuvent être mêlés à des cailloutis, des graviers, à matrice argileuse ; ces nappes d'interfluves sont alors difficiles à distinguer des alluvions anciennes attachées au réseau fluviatile actuel.

2 Réalisation du projet en Pays de la Loire

2.1 RECENSEMENT PRÉLIMINAIRE DES SITES GÉOLOGIQUES REMARQUABLES

A ce stade de l'étude, chacun des départements a été traité individuellement suivant le protocole établi lors de l'inventaire des sites géologiques remarquables de la Loire-Atlantique, étude ayant précédé de très peu le présent inventaire et s'intégrant parfaitement dans ses objectifs. En effet, une étude très complète a été menée sur le patrimoine géologique du département de la Loire-Atlantique (BRGM-RP- 59168). De ce fait, ce dernier n'a pas fait l'objet d'investigations complémentaires et les données issues de ce précédent inventaire ont été directement intégrées. Toutefois, les fiches dites « argumentaires » tirées de cette étude ont pu, le cas échéant, être harmonisées. Au total, 88 sites ont été présélectionnés pour ce département (fig. 3).

Pour les quatre autres départements (Maine-et-Loire, Mayenne, Sarthe et Vendée) la première étape a consisté à effectuer une enquête sur personnes et/ou structures susceptibles de détenir des informations. Pour ce faire, les fiches dites argumentaires ont été diffusées à 75 contacts. Le résultat de cette enquête a permis de comptabiliser 28 réponses dont 19 jointes de fiches argumentaires renseignées ; soit environ un taux de réponse de 37 %. En complément de cette enquête, plus de 200 références bibliographiques ont été consultées afin d'en extraire les informations majeures. Ainsi, ont été consultés :

- divers documents issus des rapports et bases de données du BRGM ;
- l'intégralité des cartes géologiques à 1 : 50 000 disponibles couvrant la zone d'étude et leurs notices associées ;
- les guides géologiques régionaux de Bretagne, Normandie, Val de Loire, Poitou-Charente ;
- les bulletins de la SSNOF¹, de la SGMB² et de la SGF lorsqu'ils traitaient de la géologie régionale ;
- des articles scientifiques issus de divers supports ;
- les thèses concernant la région ;
- des revues spécialisées (géosciences, géochronique...) ;
- des sites Internet.

¹ Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France

² Société Géologique et Minéralogique de Bretagne

In fine, la majorité des sites recensés vient, soit des correspondants départementaux, soit du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes, soit du BRGM par le biais de la consultation bibliographique. De plus, concernant les départements de la Loire-Atlantique et de la Vendée, il convient de préciser l'importance de l'existence d'inventaires précédents, de grande qualité, qui ont très largement contribué au présent inventaire (Vendée : 32 sites, Loire-Atlantique : 88 sites).

A l'issue de ces investigations, tant par le biais de la recherche bibliographique que par la consultation de « personnes sources », et après élimination des doublons, 308 sites ont été recensés ; ils se répartissent de la façon suivante :

- Mayenne : 68 sites (fig. 4) ;
- Vendée : 77 sites (fig. 5) ;
- Sarthe : 56 sites (fig. 6) ;
- Maine-et-Loire : 107 sites (fig. 7).

Cette étape de l'inventaire a donc conduit au recensement de 396 sites géologiques remarquables sur l'ensemble du territoire des Pays de la Loire (fig. 2 – annexe 6) répartis selon 20 intérêts géologiques principaux (annexe 5).

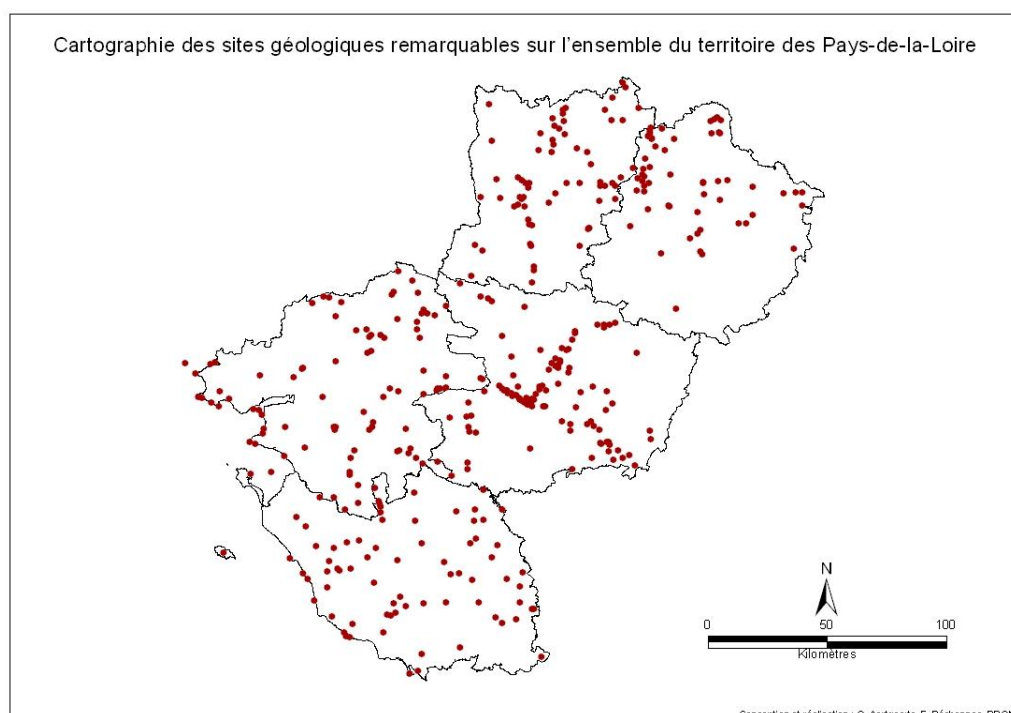


Figure 2 : Cartographie des 396 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Région Pays de la Loire.

Pour chacun de ces sites, une fiche dite « argumentaire » a été rédigée afin d'explicitier au mieux l'intérêt géologique du site. Cette étape a été menée dans un objectif d'homogénéité en termes de renseignement entre les fiches. Pour ce faire, un travail en étroite collaboration avec chacun des correspondants départementaux a été réalisé ; ceci a permis, d'une part de communiquer sur la précision des renseignements fournis et, d'autre part, de compléter ces renseignements. De plus afin d'optimiser l'évaluation de chacun des sites recensés, la nécessité d'insérer des photographies dans les « fiches argumentaires » s'est vite imposée. De ce fait, de très nombreuses missions sur le terrain, initialement non prévues dans la méthode, ont été menées, soit par les correspondants départementaux, soit par le MHNN, soit par le BRGM et enfin, le cas échéant, soit par des collaborateurs extérieurs à la CRPG.

Grâce à cet effort d'investigation, les fiches argumentaires constituent, à elles-seules, un outil précieux pour la connaissance du patrimoine régional, indépendamment de toute hiérarchisation. Il pourra faire l'objet de valorisation ultérieure (valorisation pédagogique, touristique etc.).

L'ensemble de ces fiches argumentaires est présenté en annexe 2.

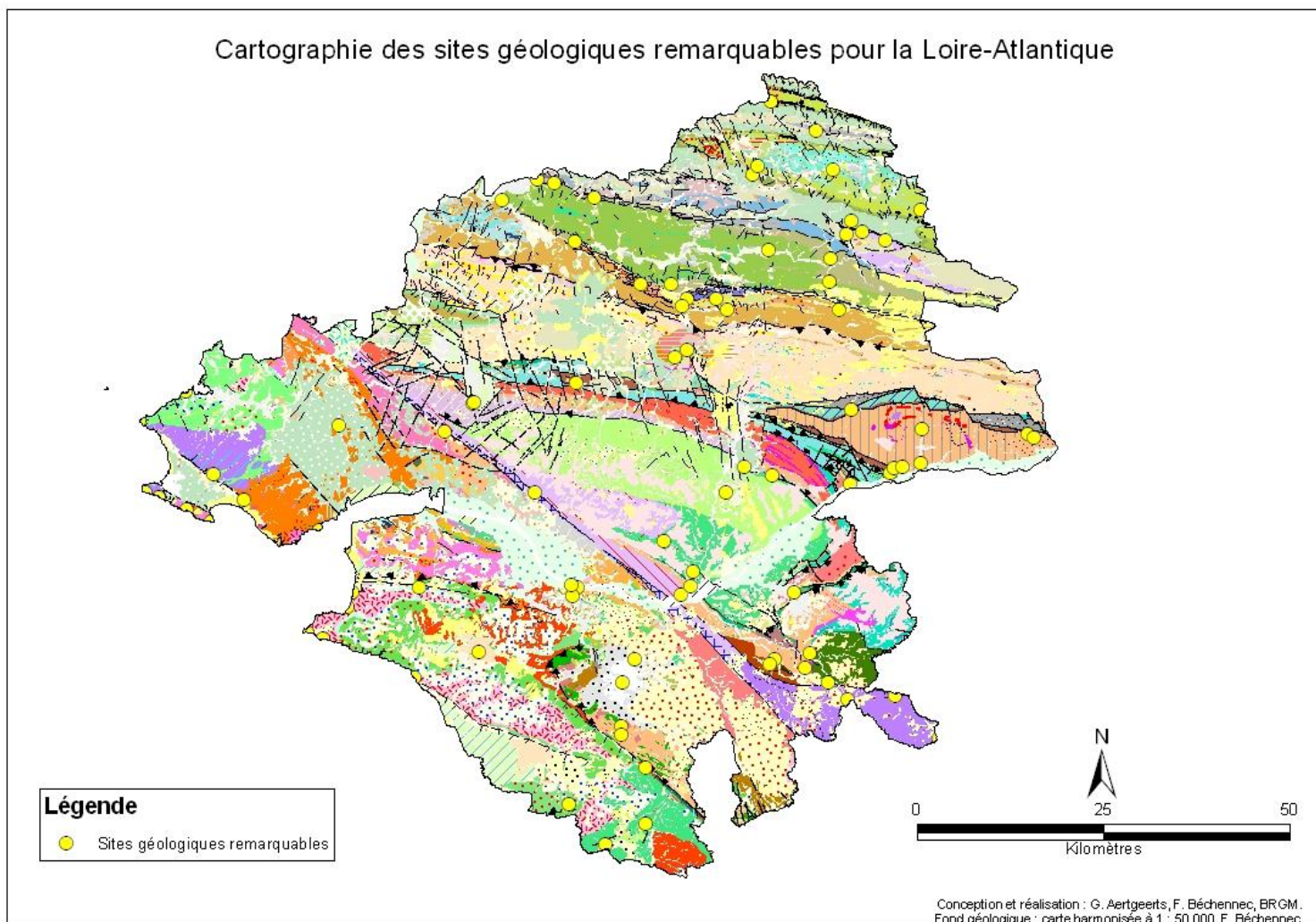


Figure 3 : Cartographie des 88 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Loire-Atlantique.

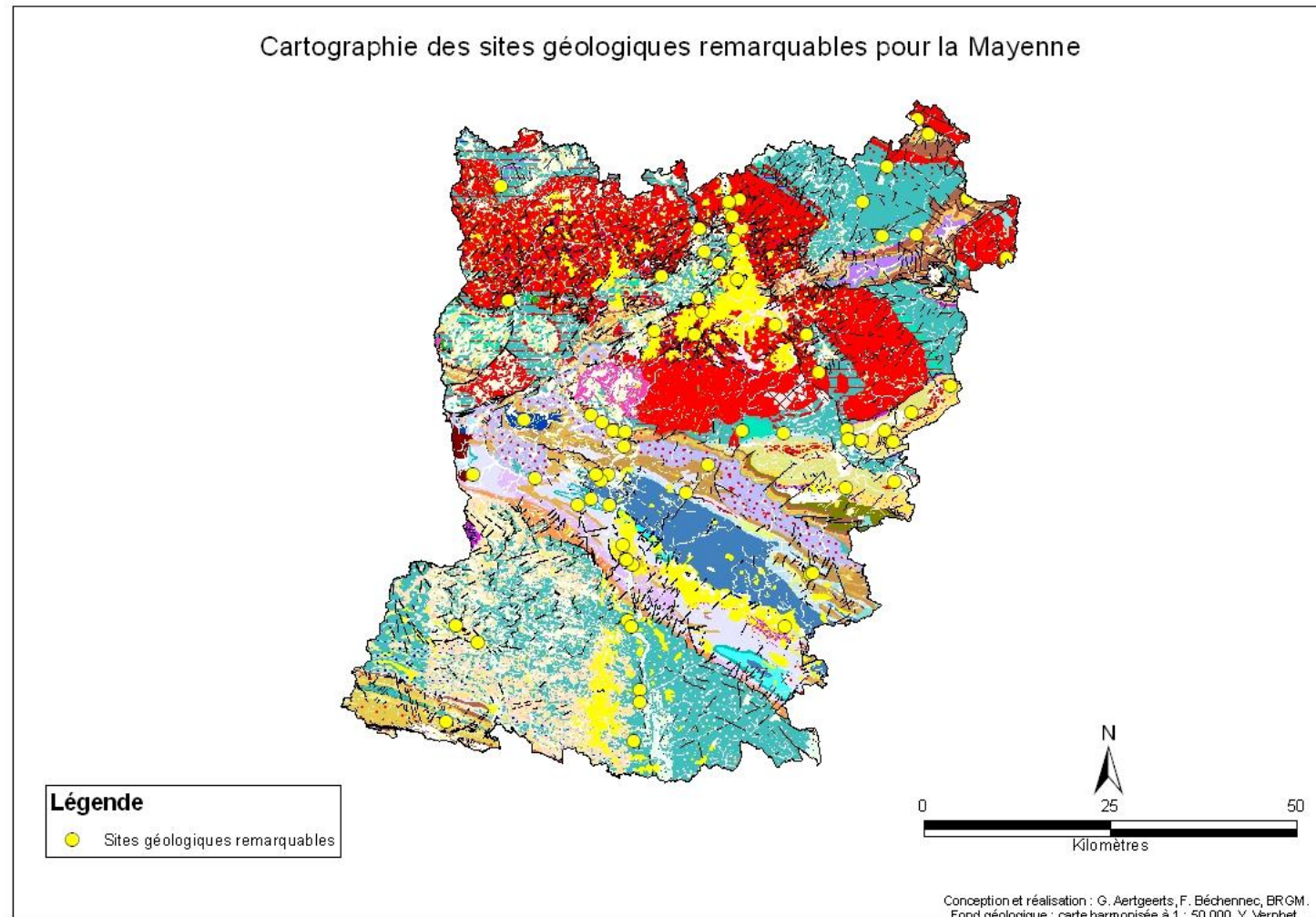


Figure 4 : Cartographie des 68 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Mayenne

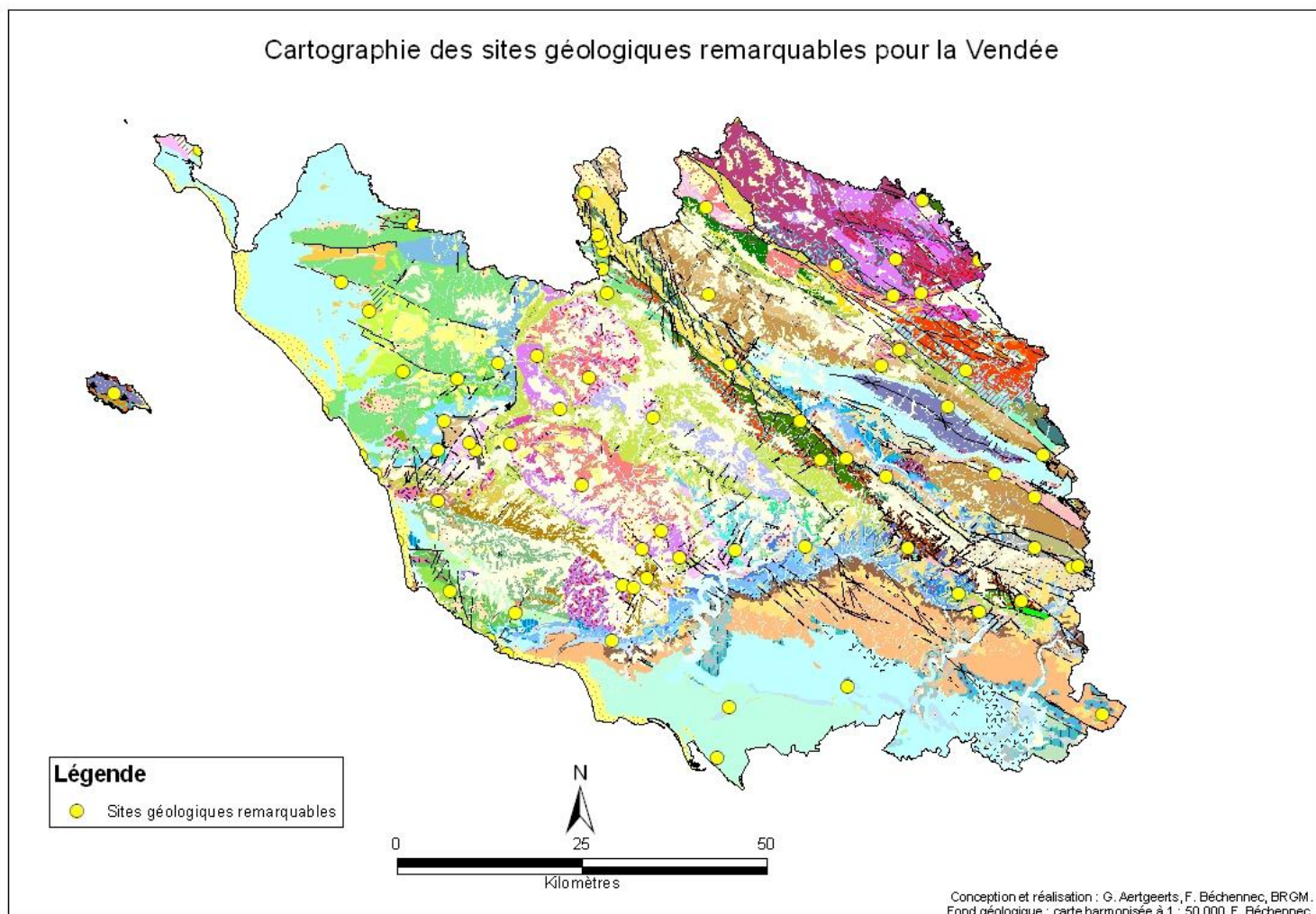


Figure 5 : Cartographie des 85 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Vendée.

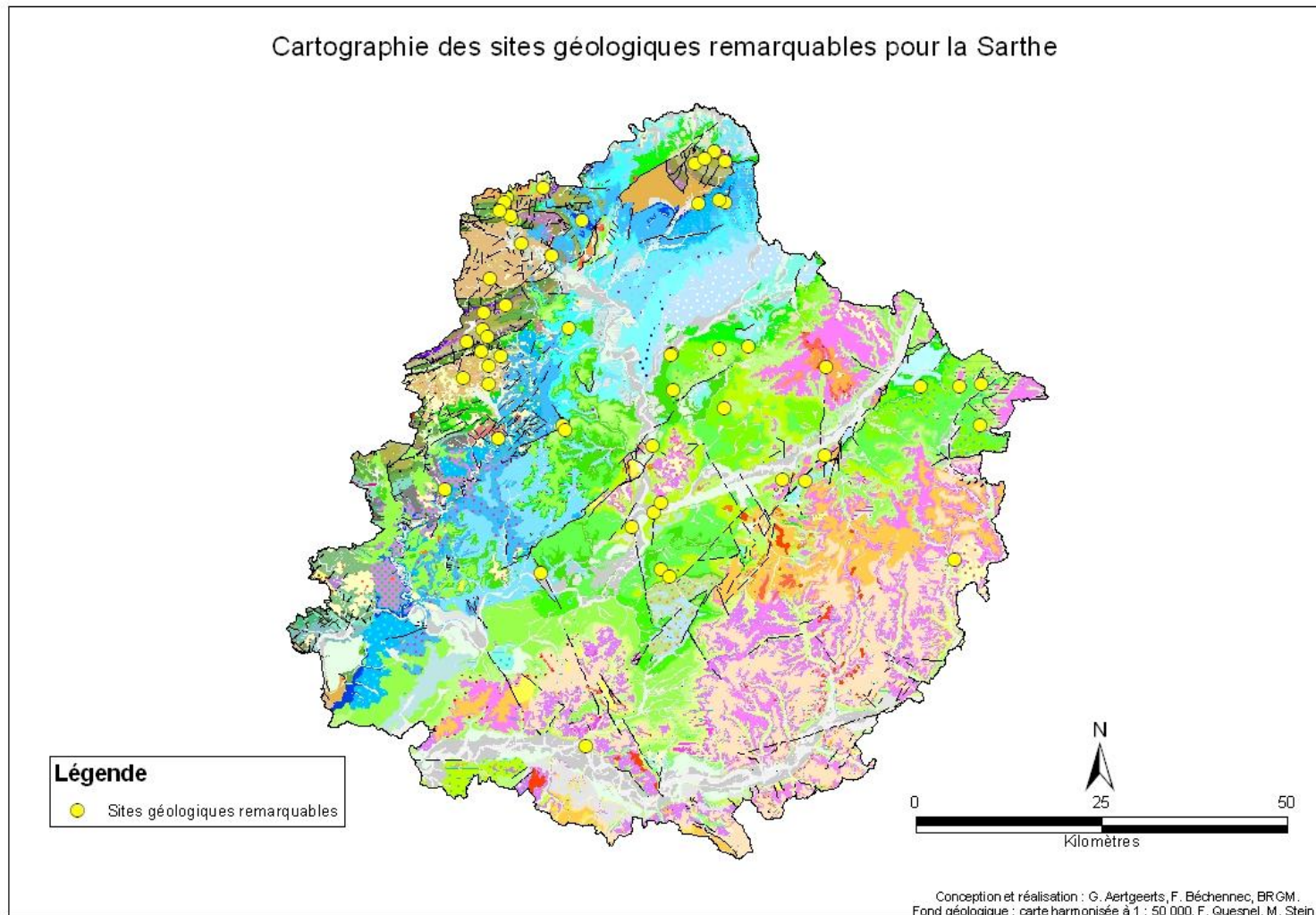


Figure 6 : Cartographie des 56 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Sarthe.

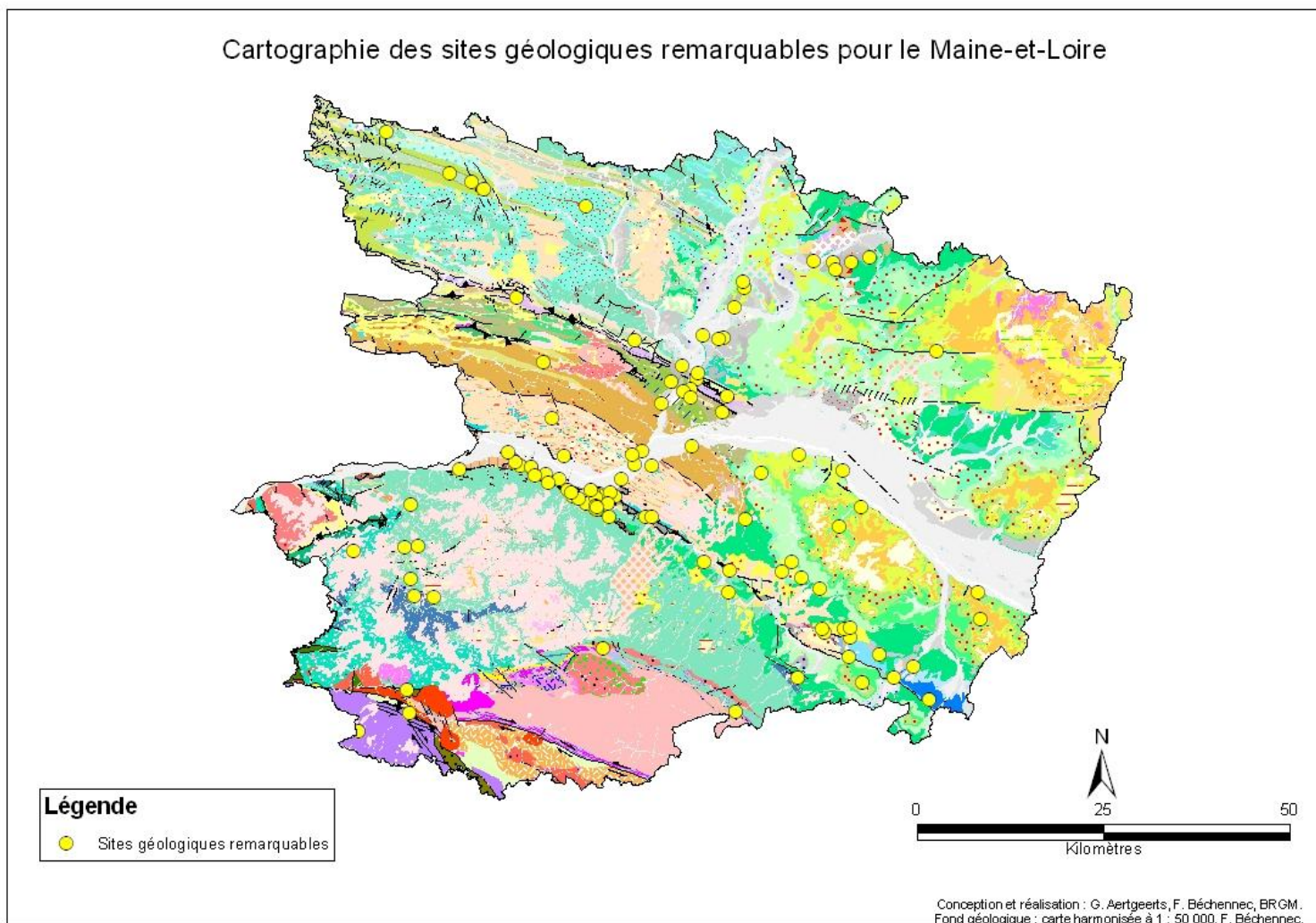


Figure 7 : Cartographie des 107 sites géologiques remarquables sélectionnés et pourvus de fiches argumentaires en Maine-et-Loire

2.2 EVALUATION DES SITES GEOLOGIQUES SELECTIONNES

L'ensemble de cette phase du projet a été réalisé lors des 5 réunions d'évaluation de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) ; leurs comptes rendus sont présentés en annexe 3. Lors de ces réunions, tous les sites ont été évalués et hiérarchisés par les membres de la commission. De plus, parmi les sites listés par des fiches argumentaires, tous n'ont pas fait l'objet d'une évaluation directe. En effet, certains sites, de par leur intérêt scientifique commun ou complémentaire et/ou leur proximité, ont pu être regroupés en une même entité ; dans ce cas l'évaluation a porté sur l'ensemble du regroupement. Ainsi, ont été évalués 26 regroupements correspondant à 74 sites individuels.

Pour procéder à cette première hiérarchisation des sites sélectionnés par les "fiches argumentaires", il a été proposé un système de notes classant l'intérêt du site de 0 à 3 :

- 0 : intérêts patrimoniaux faibles
- 1 : intérêts patrimoniaux moyens
- 2 : intérêts patrimoniaux forts
- 3 : intérêts patrimoniaux très forts

Les réflexions et débats relatifs à chacun des sites ont conduit à la notation de 348 sites. Ces derniers se répartissent de la façon suivante :

- 82 pour le département de la Loire-Atlantique ;
- 93 pour le département du Maine-et-Loire ;
- 56 pour le département de la Mayenne ;
- 49 pour le département de la Sarthe ;
- 68 pour le département de la Vendée.

Au final, parmi les 348 sites évalués, 322 sont issus des sites sélectionnés à partir des fiches argumentaires et 26 correspondent à des regroupements de fiches argumentaires.

A l'issue de cette évaluation, ont été considérés comme sites géologiques remarquables, ceux qui ont obtenu une note entre 15³ et 21⁴. Sur l'ensemble des Pays de la Loire, cette sélection totalise 97 sites (fig. 8) répartis pour chacun des 5 départements comme suit :

- 22 pour le département de la Loire-Atlantique ;

³ Note choisie par la CRPG limitant les sites d'intérêt géologique des sites géologiques remarquables

⁴ Note maximale possible lors de l'évaluation des sites géologiques : (intérêts patrimoniaux très forts : 3)*(Nombre de membre de la CRPG : 7)

- 12 pour le département du Maine-et-Loire ;
- 19 pour le département de la Mayenne ;
- 24 pour le département de la Sarthe ;
- 20 pour le département de la Vendée.

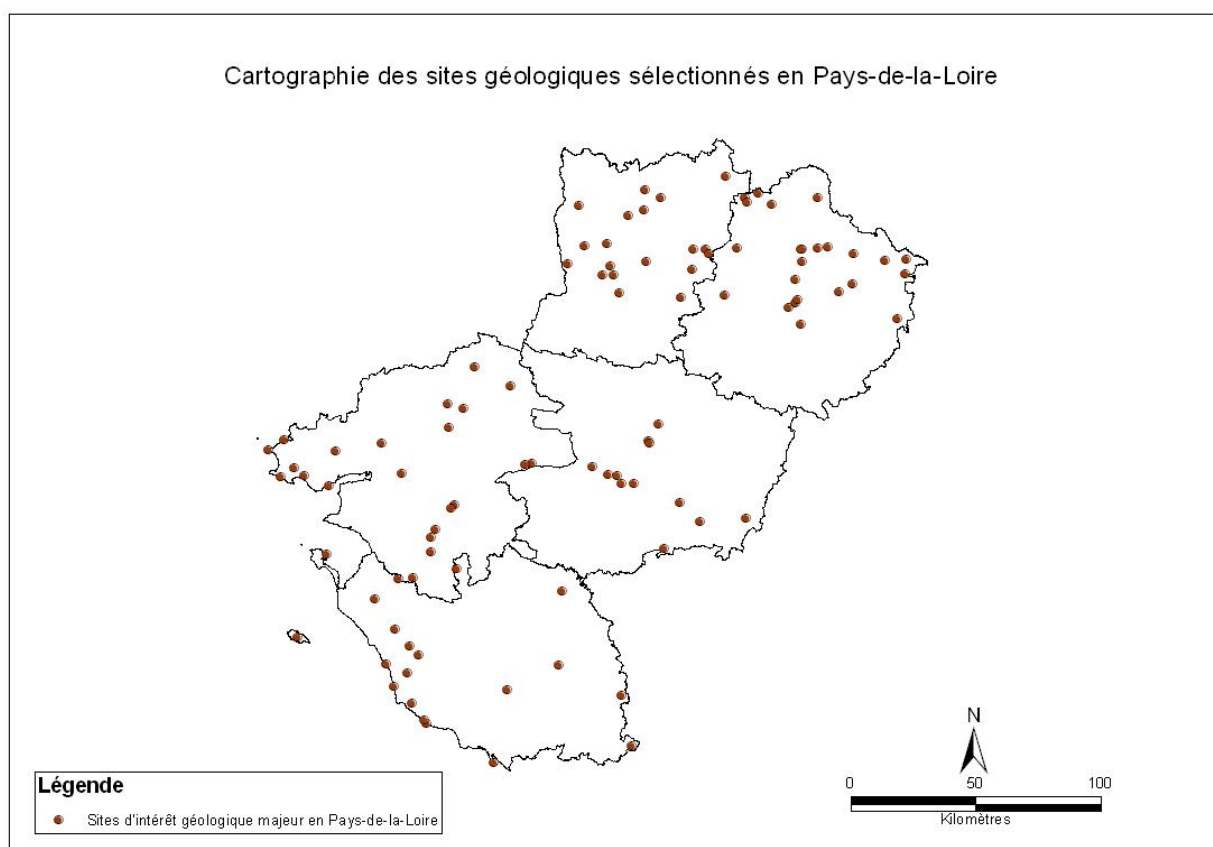


Figure 8 : Cartographie des 97 sites géologiques issus de l'évaluation de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique des Pays de la Loire.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des sites géologiques remarquables en Pays de la Loire

Identifiant de pré-sélection	Site	Intérêt géologique principal	Intérêt(s) géologique(s) secondaire(s)
IPG44_FA001	La mine d'étain d'Abbaretz	Ressources naturelles	Métallogénie
IPG44_FA004	Les élogites à grenat et disthène de la Compointrie	Métamorphisme	Minéralogie
IPG44_FA006	La carrière du Bois de la Roche	Minéralogie	

IPG44_FA011	Le Culm du Planty	Sédimentologie	
IPG44_FA013	L'ancienne carrière de Gotha	Volcanisme	
IPG44_FA030	La Grande Brière	Géomorphologie	Tectonique, sédimentologie
IPG44_FA031	Le côteau de Guérande	Géomorphologie	Tectonique
IPG44_FA032	La Pointe du Castelli	Métamorphisme	Tectonique, pétrologie, ressources naturelles
IPG44_FA035	Le Bois Gouet	Paléontologie	
IPG44_FA042	La carrière de la Pierre Bleue	Ressources naturelles	Métamorphisme
IPG44_FA044	La dune de La Baule	Géomorphologie	
IPG44_FA058	Le Sillon de Bretagne au Mont-Tiéber	Géomorphologie	Sédimentologie
IPG44_FA059	La plage du Cabonnais	Métamorphisme	Plutonisme, tectonique, sédimentologie
IPG44_FA062	La carrière de Miseri	Plutonisme	Tectonique, minéralogie, géomorphologie, ressources naturelles
IPG44_FA069	Les affleurements de roches métamorphiques de Ville-ès-Martin	Métamorphisme	Géologie structurale
IPG44_FA080	Le Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes	Paléontologie	Minéralogie, pétrologie, pétrographie
IPG44_FA081	Les serpentinites de la carrière de la Brosse	Métamorphisme	Pétrologie, ressources naturelles
IPG44_FA086	Le Lac de Grandlieu	Géomorphologie	Hydrogéologie, sédimentologie
IPG44_FA089	Site non divulgué – accès confidentiel		
IPG44_FA090	La Grande Côte	Métamorphisme	Métamorphisme
IPG44_FA092	Calcaires dévoniens et schistes de l'Unité de Saint-Julien-de-Vouvantes	Paléontologie	Stratigraphie, tectonique, ressources naturelles
IPG44_FA093	Le Bassin de Campbon	Sédimentologie	Stratigraphie, métamorphisme
IPG49_FA005	Discordance de la carrière de l'Orchère	Sédimentologie	Pétrologie, tectonique, hydrogéologie
IPG49_FA017	Site non divulgué – accès réservé		
IPG49_FA023	Le Muséum des Sciences Naturelles d'Angers	Histoire des sciences	Minéralogie, ressources naturelles, (Zoologie, Faune, Flore, Préhistoire, archéologie)
IPG49_FA024	Site non divulgué – accès réservé		
IPG49_FA026	La Réserve naturelle régionale du Pont-Barré	Géomorphologie	Tectonique, géomorphologie, volcanisme
IPG49_FA040	Le gisement fossilifère cambrien	Stratigraphie	Géochronologie,

	de Cléré-sur-layon		paléontologie
IPG49_FA085	La collection de l'Université Catholique de l'Ouest, à Angers	Pétrologie	Minéralogie
IPG49_FA093	Les calcaires de la carrière Hardouin	Sédimentologie	Paléontologie, ressources naturelles
IPG49_FA100	Olistolithes de calcaires dévoniens (Fm. du Tombeau-Leclerc) et dépôts discordants de faluns miocènes de la région de Châteaupanne	Stratigraphie	Paléontologie
IPG49_FA101	Les faluns miocènes de Doué-la-Fontaine	Sédimentologie	Paléontologie
IPG49_FA103	Sillon houiller de Basse-Loire : cinérites fossilifères et anciennes exploitations houillères des Malécots à Ardenay	Volcanisme	Ressources naturelles, paléontologie
IPG49_FA107	Site non divulgué – accès réservé		
IPG53_FA003	Site non divulgué – accès réservé		
IPG53_FA004	La coupe géologique de la Formation de Saint-Cénére	Stratigraphie	Tectonique
IPG53_FA005	La grotte du Rey	Géomorphologie	Hydrogéologie, paléontologie
IPG53_FA006	Les Carrières de la Kabylie et de la Massoterie	Volcanisme	Sédimentologie, magmatisme, pétrologie, tectonique, ressources naturelles
IPG53_FA008	Le soubassement gréseux de la cité médiévale de Sainte-Suzanne	Stratigraphie	
IPG53_FA009	Le contact entre le Cambrien et le Briovérien de la Mare Noire	Stratigraphie	Géomorphologie
IPG53_FA018	La coupe géologique de la Châtaigneraie	Stratigraphie	Paléontologie
IPG53_FA030	Le complexe basique d'Ernée	Magmatisme	
IPG53_FA041	Le Rocher Coupeau : affleurement de conglomérat de la Formation de l'Huisserie	Sédimentologie	Stratigraphie, pétrologie
IPG53_FA042	Le Musée des Sciences de Laval	Paléontologie	Minéralogie, pétrologie
IPG53_FA050	Les cornéennes briovériennes et granite tardi-cadomien de la carrière de la Haie-Traversaine	Métamorphisme	
IPG53_FA052	Les falaises ignimbritiques de Port-Ringard	Volcanisme	Pétrologie
IPG53_FA055	Le soubassement de granite mylonitisé du château de Mayenne	Tectonique	Histoire (Monument historique)
IPG53_FA060	Le filon de quartz pluri-	Plutonisme	Pétrologie, minéralogie

	kilométrique de Saint-Georges-Buttavent		
IPG53_FA064	Le terril d'exploitation de charbon de la Chaunière	Ressources naturelles	tectonique
IPG53_FA065	Le bois des Effretais	Stratigraphie	Paléontologie
IPG53_FA069	Cavités karstiques et canyon de Saulges	Réseau karstique	Géomorphologie, hydrogéologie, archéologie
IPG53_FA070	Hémi-graben de la Mayenne et bassins d'effondrements	Tectonique	Sédimentologie, géomorphologie, plutonisme, ressources naturelles
IPG53_FA071	Belvédère du Mont des Avaloirs et Corniche de Pail	Géomorphologie	
IPG72_FA001	Le Musée Vert	Paléontologie	Minéralogie
IPG72_FA002	Le moulin de Jupilles	Paléontologie	Paléogéographie
IPG72_FA003	La butte d'Oigny	Stratigraphie	Géomorphologie, sédimentologie, tectonique
IPG72_FA012	La carrière aux moines	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA015	Le bassin lacustre éocène de la Bosse	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA016	Le hard-ground du parc du Rocher : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	
IPG72_FA017	Formation des Sables et Grès de la Trugalle à la Petite Touche : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA034	Niveaux stratigraphiques du chemin de la Crêle : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Géomorphologie
IPG72_FA035	Les marnes de Ballon du Château de Ballon : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Géomorphologie
IPG72_FA036	Un dépôt transgressif remarquable : les Sables et Conglomérats de Tessé	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA037	Passage du Cénomanién inférieur au Cénomanién moyen de la Croix Malingre : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	
IPG72_FA038	Passage des Marnes de Ballon aux Sables et Grès de la Trugalle aux Sables : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Paléontologie, géomorphologie
IPG72_FA039	Marnes de Ballon à <i>Orbitolina concava</i> de la rue du Vieux Tertre : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Paléontologie, sédimentologie
IPG72_FA040	La Formation des Sables du	Stratigraphie	Sédimentologie

	Perche aux Thuaudières : parastratotype du Cénomaniens		
IPG72_FA043	La carrière du Tramway	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA044	Niveaux stratigraphiques de la carrière de la Butte : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Sédimentologie, paléontologie
IPG72_FA045	Niveaux stratigraphiques de la carrière du Sablon : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA046	Les Fosses blanches	Stratigraphie	Sédimentologie, paléontologie
IPG72_FA047	Niveaux stratigraphiques de la carrière des Frépinières : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA048	Niveaux stratigraphiques la carrière de la Pigalière : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA050	Craie glauconieuse du Cénomaniens inférieur au Cormier : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA052	Argiles glauconieuses à minerai de fer de la butte de la Pouplinière : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA057	Volcanisme cambrien	Volcanisme	
IPG72_FA058	Géomorphologie des Alpes mancelles à Saint-Léonard-des- Bois	Géomorphologie	Tectonique, sédimentologie, paléontologie
IPG85_FA001	La carrière du Jardin de Vaulieu	Stratigraphie	Sédimentologie, paléontologie, géomorphologie
IPG85_FA002	Site non divulgué – accès réservé		
IPG85_FA004	Le Bois de la Chaise	Stratigraphie	Sédimentologie, géomorphologie
IPG85_FA005	La carrière d'éclogite de La Gerbaudière	Métamorphisme	Ressources naturelles, minéralogie, pétrologie
IPG85_FA010	Site non divulgué – accès réservé		
IPG85_FA012	La carrière de Richebonne	Stratigraphie	Sédimentologie, tectonique, ressources naturelles, hydrogéologie
IPG85_FA014	Les orgues volcaniques de Vairé	Volcanisme	Géologie structurale, stratigraphie, ressources naturelles
IPG85_FA018	La série métamorphique des Sables d'Olonne	Métamorphisme	Tectonique
IPG85_FA020	Les orthogneiss et témoins	Métamorphisme	Tectonique, magmatisme,

	quaternaires de l'île d'Yeu		géomorphologie
IPG85_FA021	Le Crétacé supérieur de Commequiers	Stratigraphie	Paléontologie
IPG85_FA029	Perte et source de Saint-Philbert-du-Pont-Charrault	Hydrogéologie	Tectonique, géomorphologie
IPG85_FA031	La Pointe d'Arcay	Géomorphologie	Faune et flore
IPG85_FA032	Faciès schistes bleus de l'Unité de Bois-de-Céné	Métamorphisme	Tectonique
IPG85_FA036	Les métarhyolites mélanocrates potassiques de Coëx.	Géochronologie	Métamorphisme, pétrologie
IPG85_FA053	La coupe géologique du barrage du Marillet.	Pétrologie	Sédimentologie, géochronologie
IPG85_FA065	La collection de sables de l'association du Musée du Sable	Sédimentologie	Minéralogie, micropaléontologie, (zoologie)
IPG85_FA068	Site non divulgué – accès réservé		
IPG85_FA079	Coupe géologique du Carbonifère de la Verrerie, à la Cité et anciennes mines de charbon d'Épagne et de Faymoreau	Ressources naturelles	Paléontologie, ressources naturelles, tectonique
IPG85_FA081	Havre, pointe du Payré et galène argentifère de la plage de la Mine	Géomorphologie	Sédimentologie, géomorphologie, minéralogie
IPG85_FA082	Méta-microgranite de la Maçonnière intrusif dans les méta-phthanites du gp. de Nieul-le-Dolent	Géochronologie	Sédimentologie, métamorphisme, magmatisme

2.3 SÉLECTION DES SITES GÉOLOGIQUES MAJEURS DE LA RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE

A l'issue de l'évaluation et de la sélection des sites géologiques remarquables de la région Pays de la Loire (97 pour l'ensemble de la région), deux autres réunions ont été organisées pour permettre à la CRPG de réévaluer ces 97 sites et de choisir, suivant le même protocole d'évaluation que l'étape précédente, les sites géologiques majeurs susceptibles de présenter un intérêt national pouvant justifier de les instruire dans la base de données nationale de l'inventaire du patrimoine géologique (Géotope). Cette nouvelle évaluation a permis au final, de sélectionner 49 sites considérés par la CRPG comme les sites géologiques d'intérêts majeurs de la région des Pays de la Loire.

Le cas particulier du Cénomaniens :

La région Pays de la Loire possède non seulement de nombreux sites géologiques à caractère patrimonial *sensu stricto*, mais aussi les sites d'un patrimoine géologique historique : le stratotype du Cénomaniens. De ce fait, il est apparu nécessaire, lors des réunions d'évaluation des sites, d'apporter une attention particulière aux sites représentatifs de cet étage stratigraphique. Ainsi

leur évaluation a-t-elle été effectuée, d'une part dans l'objectif de couvrir l'ensemble du stratotype et, d'autre part, avec la volonté, lorsqu'il y a redondance (i.e. lorsque des sites permettent d'observer des parties similaires du stratotype), de privilégier alors les sites les mieux conservés : sur les 20 sites initialement présélectionnés et se rapportant au susdit stratotype, 14 ont été sélectionnés pour être instruits dans la base de données Géotope.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des sites géologiques d'intérêts majeurs en Pays de la Loire

Identifiant de pré-sélection	Site	Intérêt géologique principal	Intérêt(s) géologique(s) secondaire(s)
IPG44_FA032	La Pointe du Castelli	Métamorphisme	Tectonique, pétrologie, ressources naturelles
IPG44_FA058	Le Sillon de Bretagne au Mont-Tiéber	Tectonique	Géomorphologie, sédimentologie
IPG44_FA062	La carrière de Miseri	Plutonisme	Tectonique, minéralogie, géomorphologie, ressources naturelles
IPG44_FA080	Le Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes	Paléontologie	Minéralogie, pétrologie
IPG44_FA090	La Grande Côte	Magmatisme	Métamorphisme
IPG44_FA092	Calcaires dévoniens et schistes de l'Unité de Saint-Julien-de-Vouvantes	Paléontologie	Stratigraphie, tectonique, ressources naturelles
IPG49_FA017	Site non divulgué – accès réservé		
IPG49_FA023	Le Muséum des Sciences Naturelles d'Angers	Paléontologie	Minéralogie, ressources naturelles, (Zoologie, Faune, Flore, Préhistoire, archéologie)
IPG49_FA026	La Réserve naturelle régionale du Pont-Barré	Sédimentologie	Tectonique, géomorphologie, volcanisme
IPG49_FA085	La collection de l'Université Catholique de l'Ouest, à Angers	Paléontologie	Minéralogie
IPG49_FA093	Les calcaires de la carrière Hardouin	Sédimentologie	Paléontologie, ressources naturelles
IPG49_FA100	Calcaires dévoniens et dépôts de faluns miocènes de Châteaupanne	Stratigraphie	Paléontologie
IPG49_FA101	Les faluns miocènes de Doué-la-Fontaine	Sédimentologie	Paléontologie
IPG49_FA103	Cinérites fossilifères et anciennes exploitations houillères des Malécots	Volcanisme	Ressources naturelles, paléontologie
IPG49_FA107	Site non divulgué – accès réservé		
IPG53_FA003	Site non divulgué – accès réservé		
IPG53_FA004	La coupe géologique de la Formation de Saint-Cénére	Stratigraphie	Tectonique

IPG53_FA005	La grotte du Rey	Réseau karstique	Hydrogéologie, paléontologie
IPG53_FA006	Les Carrières de la Kabylie et de la Massoterie	Volcanisme	Sédimentologie, magmatisme, pétrologie, tectonique, ressources naturelles
IPG53_FA042	Le Musée des Sciences de Laval	Paléontologie	Minéralogie, pétrologie
IPG53_FA052	Les falaises ignimbritiques de Port-Ringard	Volcanisme	Pétrologie
IPG53_FA069	Cavités karstiques et canyon de Saulges	Réseau karstique	Géomorphologie, hydrogéologie, archéologie
IPG53_FA070	Hémi-graben de la Mayenne et bassins d'effondrements	Tectonique	sédimentologie, géomorphologie, plutonisme, ressources naturelles
IPG72_FA001	Le Musée Vert	Paléontologie	Minéralogie
IPG72_FA012	La carrière aux moines	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA015	Coupe géologique du bassin lacustre éocène de la Bosse	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA016	Le hardground du parc du Rocher : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	
IPG72_FA017	Formation des Sables et Grès de la Trugalle à la Petite Touche : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA034	Niveaux stratigraphiques du chemin de la Crêle : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Géomorphologie
IPG72_FA035	Les Marnes de Ballon du Château de Ballon : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Géomorphologie
IPG72_FA037	Passage du Cénomanién inférieur au Cénomanién moyen de la Croix Malingre : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	
IPG72_FA038	Passage des Marnes de Ballon aux Sables et Grès de la Trugalle aux Sables : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Paléontologie, Géomorphologie
IPG72_FA039	Marnes de Ballon à <i>Orbitolina concava</i> de la rue du Vieux Tertre : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Paléontologie, Sédimentologie
IPG72_FA040	La Formation des Sables du Perche aux Thuaudières : parastratotype du Cénomanién	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA044	Niveaux stratigraphiques de la carrière de la Butte :	Stratigraphie	Sédimentologie, paléontologie

	parastratotype du Cénomaniens		
IPG72_FA045	Niveaux stratigraphiques de la carrière du Sablon : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA047	Niveaux stratigraphiques de la carrière des Frépinières : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Sédimentologie
IPG72_FA048	Niveaux stratigraphiques de la carrière de la Pigalière : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA050	Craie glauconieuse du Cénomaniens inférieur au Cormier : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	Paléontologie
IPG72_FA052	Argiles glauconieuses à minerai de fer de la butte de la Pouplinière : parastratotype du Cénomaniens	Stratigraphie	paléontologie
IPG72_FA058	Les Alpes mancelles à Saint-Léonard-des-Bois	Géomorphologie	Tectonique, sédimentologie, paléontologie
IPG85_FA002	Site non divulgué – accès réservé		
IPG85_FA005	La carrière d'éclogite de La Gerbaudière	Métamorphisme	Ressources naturelles, minéralogie, pétrologie
IPG85_FA010	Site non divulgué – accès réservé		
IPG85_FA018	La série métamorphique des Sables d'Olonne	Métamorphisme	Tectonique
IPG85_FA031	La Pointe d'Arcay	Sédimentologie	Géomorphologie, (faune et flore)
IPG85_FA065	La collection de sables de l'association du Musée du Sable	Pétrologie	minéralogie, micropaléontologie, (zoologie)
IPG85_FA079	Coupe géologique du Carbonifère de la Verrerie et à la Cité	Stratigraphie	Paléontologie, ressources naturelles, tectonique
IPG85_FA081	Havre, pointe du Payré et galène argentifère de la plage de la Mine	Stratigraphie	Sédimentologie, géomorphologie, minéralogie

2.4 ÉVALUATION DES SITES GÉOLOGIQUES D'INTÉRÊTS MAJEURS SELON LES CRITÈRES DE LA BASE GÉOTOPE

Les 49 sites géologiques d'intérêts majeurs en Pays de la Loire, sélectionnés à l'issue de l'ultime évaluation réalisée par les membres de la CRPG ont fait l'objet, lors d'une dernière réunion, d'une analyse rigoureuse permettant d'assurer leur inscription dans la base de données nationale de l'inventaire. Pour ce faire, un certain nombre de critères, concernant soit l'intérêt du site, soit sa

vulnérabilité, a été extrait du « *vade mecum* » pour le patrimoine géologique ; ces derniers ont été soumis au jugement de l'ensemble des membres de la Commission. Ils sont les suivants :

➔Intérêt du site

<u>Critère évalué</u>	<u>Note : 0 - 1 - 2 ou 3</u>
Géologie principale	<i>de pas d'intérêt à remarquable</i>
Géologie secondaire	<i>de pas d'intérêt à remarquable</i>
Pédagogie	<i>de pas d'intérêt à remarquable</i>
Histoire de la géologie	<i>de pas d'intérêt à remarquable</i>
Rareté dans la région	<i>de commun à rare</i>
Etat de conservation	<i>de mal conservé à bon état</i>
Intérêts annexes	<i>de pas d'intérêt à remarquable</i>

➔Vulnérabilité du site

<u>Critère évalué</u>	<u>Note : 0 - 1 - 2 ou 3</u>
Vulnérabilité naturelle	<i>d'aucune menace à extrême</i>
Vulnérabilité anthropique	<i>d'aucune menace à extrême</i>
Protection effective	<i>de protection maximale à aucune</i>

A l'issue de cette analyse, 48 sites ont été renseignés selon les critères précédemment mentionnés et ont été instruits dans la base de données Géotope (annexe 7). Cette instruction a été réalisée en combinant aux susdites évaluations de la commission, les renseignements fournis par les fiches argumentaires et d'éventuels compléments issus de différents ouvrages bibliographiques. De plus, afin d'initier les étapes ultérieures de l'inventaire (créer un outil d'aide à la décision performant, sous forme d'une base de données associée à un système d'information géographique - SIG), le contour de ces 48 sites a été tracé puis numérisé sous forme d'un fichier géoréférencé intégré, par la suite, à la base de données Géotope (fig. 9). Cette étape a aussi permis la réalisation d'un atlas cartographique présentant de façon plus précise l'emprise de ces sites et de leurs zones d'intérêt majeur (annexe 4).

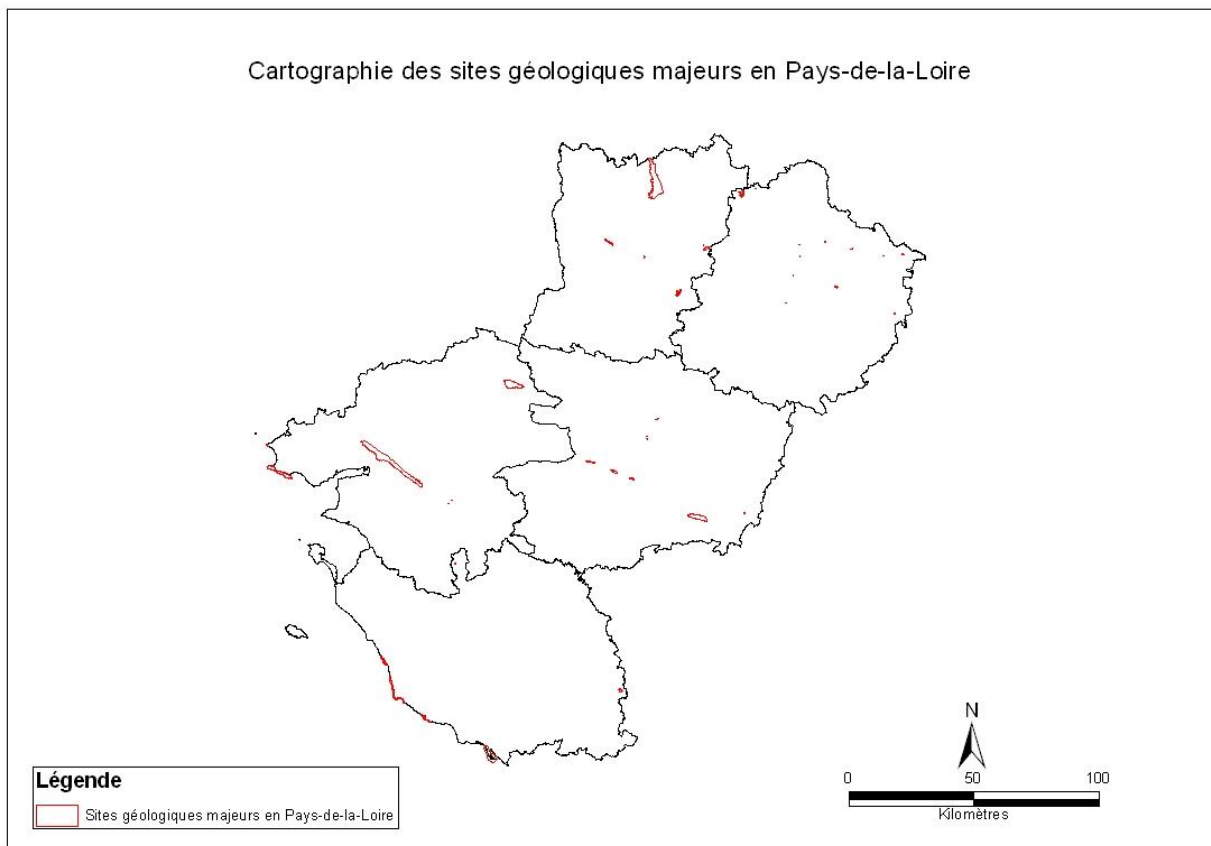


Figure 9 : Cartographie des contours des sites géologiques d'intérêts géologiques majeurs en Pays de la Loire.

3 Conclusion

L'inventaire du Patrimoine Géologique de la région des Pays de la Loire s'intègre dans la continuité des inventaires régionaux déjà réalisés (Bretagne, Auvergne, Limousin, Nord-Pas de Calais, etc.) et constitue la base d'une politique de gestion et de préservation de la composante « minérale » de notre patrimoine naturel ; composante trop souvent inconsidérée et ne faisant l'objet que très exceptionnellement de protection. En Pays de la Loire, bien que déjà initié par des inventaires départementaux à visée pédagogique (Vendée et Loire-Atlantique), la réalisation de cet inventaire a permis de lancer cette politique. De plus, elle constitue un outil de vulgarisation et de portée à connaissance à destination de l'ensemble de la communauté scientifique) et permet une sensibilisation du Public. Cet inventaire a permis de lister 396 sites potentiellement remarquables, parmi lesquels, 97 ont un intérêt au moins régional et 48 sont susceptibles d'avoir un intérêt national.

A l'heure actuelle, et compte tenu de l'état des connaissances, cet inventaire est « achevé », mais il n'est pas finalisé. En effet, la géologie étant une science en constante évolution, il est très fortement probable que de nouveaux sites majeurs seront, un jour ou l'autre, découverts. L'existence de cet inventaire permettra alors une instruction quasi-immédiate de ces éventuels sites mais, néanmoins, il est primordial qu'à l'issue de cette étude, un certain nombre d'actions pérennes de gestion et d'actualisation de ce patrimoine naissant soit mis en place. Associés à ces dernières, il est aussi important de mettre en place des processus de valorisation des données issues de l'inventaire ; celles-ci pouvant se faire sous différentes formes :

- mise en œuvre d'opérations de gestion et de valorisation des sites ;
- création de produits pédagogiques à l'usage des établissements scolaires mais aussi des passionnés de géologie, à l'image des fiches réalisées pour les départements de Vendée et de Loire-Atlantique ;
- la définition de circuits de découvertes ;
- l'élaboration de supports tels que des schémas géologiques thématiques, des ouvrages mais aussi des supports multimédias.

L'ensemble de ces actions seront à définir en concertation avec l'ensemble des acteurs et partenaires régionaux concernés par cette thématique.

Bibliographie

Aertgeerts G. 2010 - Cartographie de "l'amiante environnementale" en Loire-Atlantique (Mémoire Master 2 - BRGM, Université de Nantes).

Anthonioz P.M., Brillanceau A. 1969 - Introduction à la géologie de Bois-de-Céné (Vendée) : un nouveau jalon du métamorphisme de haute pression dans le Massif armoricain. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 269, 1050-1052.

Audren C., Cogné J. 1972 - Tectonique tangentielle et écaillages hercyniens dans les schistes cristallins de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne méridionale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 274, 1629-1632.

Audren C. 1974 - Les schistes cristallins de la Vilaine (Bretagne méridionale). *Bull. Soc. Géol. Miner. Bretagne*, 6, 1, 1-41.

Audren C. 1987 - Evolution structurale de la Bretagne méridionale au Paléozoïque. *Mém. Soc. Géol. Miner. Bretagne*, 31, 1-361.

Audren C., Jégouzo P., Barbaroux L., Bouysse P. 1975 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille La Roche-Bernard (449) - BRGM, Orléans. Carte géologique par C. Audren, P. Jégouzo, L. Barbaroux, P. Bouysse (1975).

Audren C., Triboulet C. 1984 - Métamorphisme et déformation dans la ceinture de haute pression de l'île de Groix (Bretagne méridionale) *Bull. Soc. Géol. Minér. Bretagne*, 16, 61-70.

Audren C., Triboulet C. 1989 - Pressure-temperature-time-déformation paths in metamorphic rocks and tectonic processes, as exemplified by the Variscan orogeny in South Brittany, France. In: Evolution of Metamorphic Belt, Daly, Cliff, Yardley (eds). *Geological Society Special Publication*, 43, 441-446.

Babin C., Racheboeuf R. 1975 – Réflexion sur le benthos dévonien du Massif armoricain replacé dans le cadre de l'Europe occidentale. *Géobio*, n° 8, fasc. 4, p. 241-257, 10 fig., août 1975.

Ballèvre M., Kiénast J.R., Paquette J.L. 1987 - Le métamorphisme écolitique dans la nappe hercynienne de Champtoceaux (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 305, 127-131.

Ballèvre M., Pinardon J.L., Kiénast J.R., Vuichard J.P. 1989 - Reversal of Fe-Mg partitioning between garnet and staurolite in eclogite-facies metapelites from the Champtoceaux nappe (Brittany, France). *Jl. Petrol.*, 30, 1321-1349.

Ballèvre M., Marchand J. 1991 - Zonation du métamorphisme écolitique dans la nappe de Champtoceaux (Massif armoricain, France). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 312, 705-711.

Ballèvre M., Marchand J., Godard G., Goujou J.C., Wyns R. 1994 - Eo-hercynian Events in the Armorican Massif. In : Pre-Mesozoic Geology in France and related area, Keppie (ed). Springer-Verlag, Berlin, 183-194.

Ballèvre M., Capdevila R., Guerrot C., Peucat J.J. 2002 - Discovery of an alkaline orthogneiss in the eclogite-bearing Cellier Unit (Champtoceaux Complex, Armorican Massif) : a new witness of the Ordovician rifting. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 334, 303-311.

Ballèvre M., Pitra P., Bohn M. 2003 - Lawsonite growth in the epidote blueschists from the Ile de Groix (Armorican Massif, France): a potential geobarometer. *J. Metam. Geol.*, 21, 723-735.

Ballèvre M., Lardeux H. 2004 – Signification paléoécologique et paléogéographique des bivalves du Carbonifère du Bassin d'Ancenis. *C.R. Palevol*, volume 4, numéro 1-2, p. 109-121.

Ballèvre M., Bosse V., Ducassou C., Pitra P. 2009 – Palaeozoic history of the Armorican Massif: Models for the tectonic evolution of the suture zones. *C.R. Geoscience*, 341, 253-261.

Bambier A., Flageollet J.C., Forestier F.H., Viaud J.M. 1982 – Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Clisson (509) - BRGM, Orléans. Carte géologique par F.H. Forestier, B. Lasnier, J.P. Burg, J.C. Flageollet, L. Poncet, J.M. Viaud (1982).

Barbaroux L. 1972 - Géologie de la Grande Brière et des régions circumvoisines. *Penn Ar Bed*, 68, 2, p. 230-258.

Barbaroux L., Cavet P. 1983 – Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Nort-sur-Erdre (451) - BRGM, France. Carte géologique par L. Barbaroux, P. Cavet, J. Marchand, B. Lasnier, G. Godard, J.P. Margerel, B. Bousquet, D. Sellier, G. Carlier (1983).

Bécaud M. 2002 – Le Toarcien de la bordure sud et sud-est du Massif armoricain. (Deux-Sèvres et Vendée). *Le naturaliste Vendéen*, n° 2, 2002, pp. 3-33.

Béchenec F. 2007 – Carte géologique harmonisée à 1 : 50 000 du département de Loire-Atlantique. BRGM/RP-55703-FR, 69 p., 2 fig., 2 tab, 3 pl. hors-texte.

Béziat P., Bornuat M. avec la collaboration de Gentilhomme Ph., Huijbregts Ch. Thibaut P.M. 1994 – Notice explicative, carte minière de la France métropolitaine, situation 1994.

Bernard-Griffiths J., Cornichet J. 1985 - Origin of eclogites from South Brittany, France: a Sm-Nd isotopic and REE study. *Chem. Geol.*, 52, 185-201.

Bernard-Griffiths J., Peucat J.J., Sheppard S., Vidal P. 1985 - Petrogenesis of Hercynian leucogranites from the southern Armorican Massif : contribution of REE and isotopic (Sr, Nd, Pb and O) geochemical data to the study of source rock characteristics and ages. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 74, 235-250.

Bernard-Griffiths J., Carpenter M.S.N., Peucat J.J., Jahn B.M. 1986 - Geochemical and isotopic characteristics of blueschist facies rocks from the Ile de Groix, Armorican Massif (northwest France). *Lithos*, 19, 235-253.

Berthé D., Choukroune P., Jégouzo P. 1979 - Orthogneiss, mylonite and non-coaxial deformation of granites: the example of the South Armorican Shear Zone. *Jl. Struct. Geol.*, 1, 1, 31-42.

Blondeau A., Brebion P., Buge E., Chevalier J.-P., Damotte R., Lauriat-Rage A., Le Calvez Y., Roman J., Ters M., Viaud J.-M. 1982– Le Lutétien supérieur de la Pierre Aigüe près de Saint-Aignan-de-Grand-Lieu (Loire-Atlantique). Bull. BRGM. Deuxième série, n°1-2, section 1.

Bitri A., Ballèvre M., Brun J.P., Chantraine J., Gapais D., Guennoc P., Gumiaux C., Truffert C. 2003 - Imagerie sismique de la zone de collision hercynienne dans le sud-est du Massif armoricain (projet Armor 2/programme GéoFrance 3D). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 335, 969-979.

Bosse V., Feraud G., Ruffet G., Ballèvre M., Peucat JJ., Koen de Jong. 2000 - Late Devonian subduction and early-orogenic exhumation of eclogite-facies rocks from the Champtoceaux Complex (Variscan belt, France). *Geol. Jl.*, 35, 297-325.

Bosse V., Féraud G., Ballèvre M., Peucat JJ. 2000 - Petrological and geochronological constraints in the Ile de Groix blueschists (Armorican Massif, France). *Basement Tectonics*, 15, 63-66.

Bosse V., Ballèvre M., Vidal O. 2002 - Ductile thrusting recorded by the garnet isograd from blueschist facies metapelites of the Ile de Groix. *Jl. Petrol.*, 43, 485-510.

Bouchez J.L., Blaise J. 1976 - Une structure hercynienne liée à un accident ductile : l'anticlinal de Lanvaux–les-Ponts-de-Cé aux environs d'Angers (Massif Armoricain). *Bull. Soc. Géol. France*, 18, 1, 145-157.

BRGM, SGF, ANDRA 2001 – Géologie de la France. Spécial Vendée, n°1-2.

Cagnard F., Gapais D., Brun J.P., Gumiaux C., Van den Driessche J. 2004 - Late pervasive crustal-scale extension in the south Armorican Hercynian belt (Vendée, France). *Jl. Struct. Geol.*, 26, 435-449.

Carpenter M.S.N., Peucat JJ., Pivette B. 1982 - Geochemical and geochronological characteristics of Palaeozoic volcanism in the St Georges-sur-Loire synclinorium (South Armorican Massif). Evidence for Pre-hercynian tectonic evolution. *Bull. B.R.G.M.*, 1, 1-2, 63-79.

Cartier C., Faure M., Lardeux H. 2001 - The Hercynian orogeny in the South Armorican Massif (St Georges-sur-Loire Unit, Ligerian Domain, France) : rifting and welding of continental stripes. *Terra Nova*, 13, 143-149.

Cavet P., Pillet J. 1963 – Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du synclinal d'Ancenis (Massif Armoricain). Bulletin SGF, 7ème série, tome 5, N°3, p. 253-406.

Cavet P., Arnaud A., Blaise J., Gruet M., Lardeux H., Rivière L.M., Chauris L., Guigues J. 1970 – Notice explicative carte géol. France (1 /50 000), feuille Chalonnnes-sur-loire (453) - BRGM, France. Carte géologique par P. Cavet, J. Blaise, M. Gruet, H. Lardeux, L.M. Rivière, A. Arnaud, L. Barbaroux, R. Brossé, H. Jourdainne, L. Chauris (1970).

Cavet P., Arnaud A., Blaise J., Gruet M., Lardeux H., Marchand J., Nicolas A., Rivière L.M., Rossignol J.C. 1978 – Notice explicative carte géol. France (1 /50 000), feuille Ancenis (452) - BRGM, France. Carte géologique par P. Cavet, J. Marchand, M. Gruet, H. Lardeux, L.M. Rivière, A. Arnaud (1978).

Cavet P., Dubreuil M., Blaise J., Willefert S. 1986 - Les Ampélites du Houx (Silurien) : leurs relations avec les unités paléozoïques de Lanvaux–les-Ponts-de-Cé et de St Georges-sur-Loire (Massif armoricain). *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest, France*, 8, 3, 136-143.

Cavet P., Gruet M., Pillet J. 1966 – Sur la présence du cambrien à Paradoxides à Cléré-sur-Layon (M.-et-L.), dans le Nord-Est du bocage vendéen (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 263, p.1685-1688.

Chantraine J., Béchenec F., Rabu D. 2005 – Notice explicative de la carte géologique à 1/250 000 du Massif armoricain. Carte géologique par J. Chantraine, D. Rabu, F. Béchenec (2005).

Chantraine J., Chauvel J.-J., Bale P., Denis E., Rabu D. 1988 – Le Briovérien (Protérozoïque supérieur à terminal) et l'orogénèse cadomienne en Bretagne (France). *Bull. Soc. Géol. France*, 1988, (8), t. IV, n°5, pp.815-829.

Chauris L. 1989 - Exploitations et recherches minières abandonnées de Bretagne. *Penn Ar Bed*, Vol. 20, Fascicule 1, N° 132.

Chauris L. 2001 - Etat des connaissances sur le gisement d'étain de Piriac (Loire-Atlantique). *Bull. SSNOF*, nouvelle série, tome 23, (2), p. 67-92.

Chauris L. 2006 - Sur l'extension présumée du district stannifère de Nozay-Abbaretz. *Bulletin SSNOF*, nouvelle série, tome 25 (3).

Chauvel J.-J., Robardet M. 1980 – France. Introduction à la géologie de l'Ouest. Publication du 26^e congrès géologique international. Paris 7-17 juillet 1980. 191 p.

Cocherie A., Be Mezeme E., Legendre O., Fanning C.M., Faure M., Rossi P. 2004 - Electron-microprobe dating as a tool for determining the closure of Th-U-Pb systems in migmatitic monazites. *American Mineralogist*, 90, 607-618.

Cogné J. 1966 - Une nappe cadomienne de style pennique : la série cristallophyllienne de Champtoceaux en bordure méridionale du synclinal d'Ancenis (Bretagne-Anjou). *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, 19, 107-136.

Cogné J., Hassendorfer B., Barbaroux L. 1973 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Nazaire (479) - BRGM, Orléans. Carte géologique par B. Hassendorfer, L. Barbaroux, L. Berthois (1973).

Corbier P., Rouxel E. 2005 - Etude du bassin versant du lac de Grand Lieu (44) en vue d'une gestion des ressources en période d'étiage. BRGM-RP-53680-FR, 79 p., 27 ill., 1ann.

Dadet P., Herrouin Y., Bardy P., Lebret P., Trautmann F., Carn A. 1995 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Pipriac (387) - BRGM, Orléans. Carte géologique par P. Dadet, Y. Herrouin, C. Blanchet, P. Bardy , A. Colleau (1995).

Diot H., Bouchez J.L., Blaise J. 1983 - La bande ductile Lanvaux–les-Ponts-de-Cé entre Redon et Angers. Une composante du cisaillement hercynien du Massif Armoricaire (France). *Bull. Soc. Géol. France*, 25, 2, 155-167.

Diot H. 1980 - Recherches structurales sur la partie orientale du domaine ligérien (Massif armoricaire). Thèse, Univ. Nantes. Inédit.

Doré F. 1969 – Les formations cambriennes de Normandie. Thèse de doctorat d'Etat ès en Sciences Naturelles. Faculté des Sciences et Techniques de Caen. 5 tomes.

Dubreuil M. 1975 – Données nouvelles sur le Calcaire d'Erbray (Dévonien inférieur, Sud-Est du Massif armoricaire). *Bull. Soc. Geol. Mineral. Bretagne*, (C), VII, 1, 21-32.

Dubreuil M. 1980 - Hypothèse sur la mise en place au Dinantien du Complexe du Tombeau-Leclerc (bassin d'Ancenis, SE du Massif armoricaire) sous forme d'un olistostrome. Conséquences géodynamiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 290, 1455-1458.

Dubreuil M. 1987 - Le bassin en décrochement de St Julien-de-Vouvantes-Angers (Carbonifère inférieur du Sud-Est du Massif armoricaire). *Bull. Soc. Géol. France*, 3, 2, 215-221.

Dubreuil M., Cavet P., Blaise J., Estéoule-Choux J., Gruet M., Lardeux H. 1989 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Mars-la-Jaille - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Dubreuil, J. Blaise, P. Cavet, H. Diot, M. Gruet (1988).

Durand S. et al., 1977 – Guide géologique régional de la Bretagne. Paris, Masson ed, 1ère édition.

Faure M., Leloix C., Roig J.Y. 1997 - L'évolution polycyclique de la chaîne hercynienne. *Bull. Soc. Géol. France*, 168, 6, 695-705.

Fourniguet J., Trautmann F. 1985 - Notice explicative, carte géol. France (1/50 000), feuille Redon (419) – BRGM, France. Carte géologique par F. Trautmann, J. Delfour, J. Fourniguet, J.Y. Scanvic, G. Dubreuil, B. Pivette, J.P. Prian, C. Milton, B. Manigault (1984).

Godard G., Kiénast J.R., Lasnier B. 1981 - Retromorphic development of glaucophane in some eclogites, East of Nantes (Massif armoricaire, France). *Contr. Mineral. Petrol.*, 78, 126-135.

Godard G. 1981 - Lambeaux probables d'une croûte océanique subductée : les eclogites de Vendée. Thèse, Univ. Nantes. Inédit.

Godard G. 1983 - Dispersion tectonique des eclogites de Vendée lors d'une collision continent/continent. *Bull. Miner.*, 106, 719-722.

Godard G. 1988 - Petrology of some eclogites in the Hercynides : the eclogites from the southern Armorican massif, France. In: Eclogites and eclogite-facies rocks. Smith (ed). Elsevier, Amsterdam. 451-519.

Godard G., Smith D.C. 1999 - Preiswerkite and Na-(Mg, Fe)-margarite in eclogites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 136, 20-32.

Godard G. 2001 - The Les Essarts eclogite-bearing metamorphic Complex (Vendée, southern Armorican Massif, France): pre-varican terrains in the hercynian belt ? *Géologie de la France*, 1-2, 19-51.

Godard G., Bouton P., Poncet D., Roy C. 2010 – Notice explicative carte géol. France (1/50 000) feuille Montaigu (536) – BRGM, Orléans. Carte géologique par G. Godard, D. Poncet, M. Chevalier, P. Bouton, G. Carlier (2005).

Herrouin Y., Dadet P., Guigues J., Laville P., Talbo H. 1989 - Notice explicative, carte géol. France (1/50 000), feuille Bain-de-Bretagne (388) - BRGM, Orléans. Carte géologique par P. Dadet, Y. Herrouin, P. Laville, F. Paris (1987).

Herrouin Y., Rabu D., Chantraine J., Chauvel J.J., Etienne H. 1990 - Notice explicative, carte géol. France (1/50 000), feuille Châteaubriant (389) - BRGM, France. Carte géologique par Y. Herrouin, D. Rabu, J. Fourniguet (1988).

Janjou D., Lardeux H., Chantraine J., Callier L., Etienne H. 1998 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Segré (422) - BRGM, Orléans. Carte géologique par D. Janjou, M. Gruet, C. Penecki (1998).

Jégouzo P. 1980 - The South Armorican Shear Zone. *Jl. Struct. Geol.*, 2, 1-2, 39-47.

Lardeux H., Cavet P. 1994 - Paleozoic of the Ligerian Domain. In : Pre-Mesozoic Geology in France and related area, Keppie (ed). Springer-Verlag, Berlin, 152-171.

Lacroix M.A. 1895 – Etude pétrographique des éclogites de la Loire-Inférieure. Bulletin SSNOF, tome 17, (3).

Lasnier B. 1970 – Le métamorphisme régional des gabbros d'après la littérature internationale. Etude préliminaire des gabbros coronitiques du Massif armoricain et du Massif des Maures (France). Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Nantes, 297 p.

Lahondère D., Chèvremont P., Béchenec F. et al. (2009) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Palluau (535), Orléans, BRGM 173p. Carte géologique par Lahondère D., Chèvremont P., Godard G., Bouton P., Béchenec F. et al., (2009).

Lardeux H. 1969 – Le Dévonien du synclinal de Saint-Julien-de-Vouvantes (Sud-Est du Massif armoricain), Etat des recherches et précisions nouvelles. Bull. SESA, VII, p. 3-40.

Lardeux H. et al., 2005 – Guide géologique régional de la Bretagne. Paris, Dunod ed, 3^{ème} édition.

Ledru P., Marot A., Herrouin Y. 1986 - Le synclinorium de St Georges-sur-Loire: une unité ligérienne charriée sur le domaine centre armoricain. Découverte de metabasites à glaucophane sur la bordure sud de cette unité. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 303, 963-968.

Le Gall J. 1993 – Reconstitution des dynamismes éruptifs d'une province paléovolcanique : l'exemple du graben cambrien du Maine (Est du Massif armoricain). Pétrogénèse des magmas andésitiques et ignimbritiques et leur signification dans l'évolution géodynamique cadomienne. Thèse de doctorat d'Etat. 370 P., 30 pl. photo, dont 1 pl. coul.

Le Hébel F., Vidal O., Kiénast JR., Gapais B. 2002 - Les "Porphyroïdes" de Bretagne méridionale : une unité de HP-BT dans la chaîne hercynienne. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 334, 205-211.

Limasset O., Chevallier M. 1987 - Les bassins cénozoïques dans le domaine de Grand-Lieu (Loire-Atlantique). Synthèse géologique sur documents à des fins de recherche en eau souterraine - BRGM.

Marchand J., Perrin J., Weecksteen G. 1969 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Vallet (482) - BRGM, Orléans. Carte géologique par J. Marchand, J. Perrin, G. Weecksteen, F. H. Forestier, B. Lasnier (1969).

Marchand J., Bossière G., Sellier D. 1989 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Savenay (450) - BRGM, Orléans. Carte géologique par J. Marchand, D. Sellier, G. Bossière, G. Carlier, C. Deniel, B. Lasnier (1988).

Marchand J. 1981 - Ecaillage d'un « mélange tectonique » profond : le complexe cristallophyllien de Champtoceaux (Bretagne méridionale). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 293, 223-228.

Mulot B. 1981 – Les minerais graphitiques dans le Massif armoricain.

Paquette J.L. 1987 - Comportement des systèmes isotopiques U-Pb et Sm-Nd dans le métamorphisme écolitique. Chaîne hercynienne et chaîne alpine. *Mém. Doc. CAESS, Rennes*, 14, 1-190.

Paquette J.L., Marchand J., Peucat J.L. 1984 - Absence de tectonique cadomienne dans le complexe de Champtoceaux (Bretagne méridionale) ? Comparaison des systèmes Rb-Sr et U-Pb d'un métagranite. *Bull. Soc. Géol. France*, 26, 5, 907-912.

Paquette J.L., Peucat J.J., Bernard-Griffiths J., Marchand J. 1985 - Evidence for old Precambrian relics shown by U-Pb zircon dating of eclogites and associated rocks in the Hercynian belt of south Brittany, France. *Chemical Geology*, 52, 203-216.

Pelhate – Perron A. 1967 – Le Carbonifère inférieur du Bassin de Laval, Massif armoricain. Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles. 305p.

Piçarra J.-M., Robardet M., Bourahrouh A., Paris F., Pereira Z., Le Menn J., Gourvenec R., Oliveira T., Lardeux H. 2002 – Le passage Ordovicien-Silurien et la partie inférieure du Silurien (Sud-Est du Massif armoricain, France). *C.R. Géoscience* 334, p. 1177-1183.

Piçarra J.-M., Robardet M., Oliveira T., Paris F., Lardeux H. – 2009. Graptolite faunas of Llandoverly « phtanites » at Les Fresnaies (Chalonnnes-sur-Loire, southeastern Armorican Massif) : Paleontology and biostratigraphy. *Bulletin of géosciences*. Vol. 84, 1, 2009.

Pivette B. 1978 - Le synclinorium de St Georges-sur-Loire (Massif armoricain) : sa place dans l'évolution géodynamique de la Bretagne méridionale au Paléozoïque. Thèse, Univ. Rennes. Inédit.

Plaine J., Noblet C. 2003 – Compte-rendu de la sortie du dimanche 22 juin 2003. Géologie des coteaux du Layon, <http://sgmb.univ-rennes1.fr>.

Rivière L.M. 1977 - Le culm frasnien-dinantien du synclinal d'Ancenis (SE du massif armoricain) au Nord de la Loire. *Bull. Soc. Géol. Miner. Bretagne*, 9, 1, 19-57.

Robardet M., Verniers J., Feist R., Paris F. 1994 - Le Paléozoïque anté-varisque de France, contexte paléogéographique et géodynamique. *Géologie de la France*, 3, 3-31.

Rolet J., Gresselin F., Jégouzo P., Ledru P., Wyns R. 1994 - Intracontinental Hercynian Events in the Armorican Massif. In : Pre-Mesozoic Geology in France and related area, Keppie (ed). Springer-Verlag, Berlin, 195-219.

Schnyder J. Susini J.-M. 1997 – Rapport de stage. BRGM.

Sellier D. 1985 – Les versants du Pays nantais. Etude géomorphologique. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université de Nantes, 506 p.

Sellier D. 2007 - Relief et patrimoine géomorphologique du Pays de Guérande. *Les Cahiers du Pays de Guérande*, 46, p. 39-61.

Sellier D. 2008 - Géomorphologie de la Grande Brière, dépliant triptyque illustré. IGARUN.

Serment R. 1978 – La mine d'antimoine et or de la Lucette, Historique – Etat des connaissances sur les travaux d'exploitation (1900 – 1934), *Chronique de la recherche minière* – n° 442, p. 35-52.

SGF, BRGM – Pierres du patrimoine. *Géochronique*, n°89.

Shelley D., Bossière G. 2000 - A new model for the Hercynian Orogen of Gondwanan France and Iberia. *Jl. Struct. Geol.*, 22, 757-776.

Strullu-Derrein C., Ducassou C., Ballèvre M., Dabard M.-P., Guerrienne P., Lardeux H., Le Hérisse A., Robin C., Steemans P., Strullu D.-G. 2010 – The early land plants from Armorican Massif : sédimentological and palynological consideration on age and environment. *Geol. Mag* 146 (6), 2010, pp 1-14. © Cambridge University Press 2010.

Ters M., Marchand J., Weecksteen G. 1969 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Nantes (481) - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters, B. Barthélémy, J. Marchand, R. Richard, G. Weecksteen, F.H. Forestier, B. Lasnier (1969).

Ters M., Marchand J., Ottmann F., Biteau F., Talbo H., Limasset O., Guigues J., Bambier A. 1978 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Paimbœuf (480) - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters, J. Marchand, F. Ottmann (1978).

Ters M., Viaud J.M., Châteauneuf J.J., Ollivier-Pierre M.F., Vaudois N., Gautier M. 1978 – Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Ile-de-NoirMoutier/Pointe de Saint-Gildas (506/533) - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters, D. Gouleau, J.R. Vanney (1978).

Ters M., Bambier A., Chantraine J., Châteauneuf J.J., Godard G., Greber C., Limasset O., Viaud J.M., Visset L. 1982 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Philbert-de-Grand-Lieu (508) - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters (1979).

Ters M., Viaud J.M. 1983 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Challans (534) - BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters, J.M. Viaud, F. Verger, D. Gouleau (1983).

- Ters M., Ollivier-Pierre M.F., Châteauneuf J.J., Féraud J.** 1979 – Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Machecoul (507) – BRGM, Orléans. Carte géologique par M. Ters, J. Mounès, D. Gouleau (1978)
- Thiéblemont D., Cabanis B.** 1994 - Magmatic Record of the geodynamic Evolution of Brittany and Vendée during Paleozoic Times: Trace Element Constraints. In : Pre-Mesozoic Geology in France and related area, Keppie (ed). Springer-Verlag, Berlin, 220-230.
- Thiéblemont D., Guerrot C., Le Métour J., Jézéquel P.** 2001 - Le Complexe de Cholet-Thouars : un ensemble volcano-plutonique cambrien moyen au sein du bloc précambrien des Mauges. *Géologie de la France*, 1-2, 7-16.
- Thiéblemont D., Cabanis B., Wyns R., Treuil M.** 1987 - Etude géochimique (majeurs et traces) de la formation amphibolitique de St Martin-des-Noyers (complexe cristallophyllien des Essarts, Vendée). Mise en évidence d'un paléo-arc insulaire dans la partie interne de l'orogène varisque. *Bul. Soc. Géol. France*, 3, 2, 371-378.
- Thinon I. et al.**, (2009) - Lorient, carte géologique de la France à 1 : 250 000 de la marge continentale, (BRGM, France).
- Trautmann F.** 1988 - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Nozay (420) - BRGM, Orléans. Carte géologique par F. Trautmann, M. Donnot, D. Lemaire, M.P. Cagnet-Mawhin (1987)
- Triboulet C.** 1991 - Etude géothermo-barométrique comparée des schistes bleus de l'Ouest de la France (Ile de Groix, Bretagne méridionale et Bois de Céné, Vendée). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 312, 1163-1168.
- Triboulet C., Audren C.** 1985a - Les métabasites de l'estuaire de la Vilaine (Bretagne méridionale, France) : une série volcano-détritique issue d'une marge continentale active au Paléozoïque inférieur. *Hercynica*, 1, 55-63.
- Triboulet C., Audren C.** 1985b - Continuous reactions between biotite, garnet, staurolite, kyanite-sillimanite-andalusite and P-T-time-deformation path in micaschists from the estuary of the river Vilaine, South Brittany, France. *Jl. Metam. Geol.*, 3, 91-105.
- UFG.** 1999 - *Géologues*, Special Grand Ouest. N°121.
- Velde B.** 1970 - Les éclogites de la région nantaise (de Campbon au Cellier, Loire-Atlantique). *Bull. Soc. Fr. Mineral. Cristal.*, 93, 370-385.
- Vinet F.** 1988 – Le Pays de Guérande. Etude géomorphologique. Mémoire de Maîtrise, Université de Nantes, Institut de Géographie et d'Aménagement, 133 p.
- Vidal P.** 1980 - L'évolution polyorogénique du Massif armoricain : apport de la géochronologie et de la géochimie isotopique du strontium. *Mém. Soc. Géol. Miner. Bretagne*, 21, 1-162.
- Vidal P., Peucat J.J., Lasnier B.** 1980 - Dating of Granulites involved in the Hercynian fold-belt of Europe : an example taken from the granulite-facies Orthogneisses at La Picherais, southern Armorican Massif, France. *Contr. Mineral. Petrol.*, 72, 283-289.
- Vignerresse J.L.** 1983 - Enracinement des granites armoricains estimé d'après la gravimétrie. *Bull. Soc. Géol. Miner. Bretagne*, 15, 1, 1-15.
- Visset L.** 1980 - 8000 ans en Brière. Edition Ouest-France, 57p.

Wyns R. 1980 – Contribution à l'étude du haut-bocage vendéen : le précambrien et le paléozoïque dans la région de Chantonnay (Vendée). Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Université de Pierre et Marie Curie. 134 p.

Wyns R. 1984 – Etude du champ filonien de la Bellière dans le périmètre du PER de Gesté (Maine-et-Loire). BRGM/ 84 SGN 221 GEO, 30 p., 9 fig.

Annexe 1 : Présentation succincte des sites géologiques majeurs de la région des Pays-de-la-Loire

Annexe 2 : les fiches argumentaires

**Annexe 3 : comptes rendus de réunion
de la Commission Régionale du
Patrimoine Géologique (CRPG)**

Annexe 4 : atlas cartographique des sites géologiques majeurs en Pays de la Loire (hors sites à accès réservé)

**Annexe 5 : tableau récapitulatif du
nombre de sites géologiques
remarquables par intérêt principal**

Intérêt géologique principal	Nombre de sites géologiques
Autres	3
Géochimie	1
Géochronologie	8
Géomorphologie	48
Histoire des sciences	2
Hydrogéologie	6
Hydrothermalisme	3
Magmatisme	6
Métamorphisme	27
Minéralogie	12
Paléontologie	36
Pétrographie	5
Pétrologie	28
Plutonisme	11
Réseau karstique	5
Ressources naturelles	46
Sédimentologie	63
Stratigraphie	64
Tectonique	25
Volcanisme	23

Annexe 6 : tableau récapitulatif des 396 sites géologiques présélectionnés pour l'inventaire du Patrimoine Géologique de la région des Pays-de-la-Loire

**Annexe 7 : fiches d'extraction de la
base géotope (hors sites à accès
réservé)**

Document réservé

Annexe 8 : données complémentaires - accès réservé

Document confidentiel

Annexe 9 : données complémentaires – accès confidentiel

