

Actualité: 20.03.2017, V. 1

Projet scientifique FluviMag: transport fluvial des minéraux magnétiques

Michael Pirrung

Institut für Geowissenschaften/Institute des Sciences de la Terre, Friedrich-Schiller
Universität Jena/Université de Jéna,
Burgweg 11, D-07749 Jena, E-Mail: michael.pirrung@uni-jena.de

Martina Kunz-Pirrung

Helmholtz Zentrum für Umweltforschung/Helmholtz Centre d'Études de l'Environnement,
UFZ, Permoser Straße 15, D-04318 Leipzig, E-Mail: martina.kunz-pirrung@ufz.de

avec un modèle de terrain de Jörn Engelhardt, Friedrich-Schiller Universität Jena.

Pour Marie et Bruno

5.11. France – Massif Armoricaïn

Dans une carte topographique de la France la montagne moyenne indique des orogènes formés dans le pré-Mésozoïque: le Massif Central au centre, le Massif Armoricaïn au nord-ouest, les Vosges à l'est, et les Ardennes au nord-est, de l'autre partie la haute montagne résultant des orogènes mésozoïques des Alpes et des Pyrénées à la marge sud-ouest et sud-est, avec des noyaux de roches pré-mésozoïques (ANONYMUS 1980b). En suivant, quelques résultats des investigations sédimentologiques, essentiellement des observations sur terrain, et magnétiques, avec l'étude de 27 échantillons de la Bretagne et d'un de la Normandie – voir **figure 5.11-1** -, sont présentées.

[5.11.1. Géologie dans le Massif Armoricaïn](#)

[5.11.2. Résultats dans le Massif Armoricaïn – Côte Atlantique](#)

[5.11.3. Littérature](#)

5.11.1. Géologie dans le Massif Armoricaïn

Le **Massif Armoricaïn**, en suivant **MA**, est situé pour la plus grande partie dans la Bretagne. Le MA fait partie du Massif Varisque, qui se formait au Carbonifère par la collision de plusieurs plates continentales, Baltica et Armorica et Gondwana, et océaniques, Rheic et sud-Armoricaïn, (MOYEN 2005): p. 20. Dans le MA, des structures tectoniques dominantes sont alignées en direction est-sud-est au bord de La Manche et sud-est au bord de l'Atlantique (ANONYMUS 1980b), voir **fig. 5.11-1**. Des sédiments du Protérozoïque inférieur et supérieur, non ou peu métamorphisés, couvrent la plus grande partie du MA, suivi par des sédiments du Cambrien au Carbonifère, peu métamorphisés. Approximatif un quart de la surface du MA est formé de granites. Sédiments mésozoïques se trouvent au près de grandes failles. Des

sédiments migmatitisés sont localisable autour de plusieurs granites ou à des régions fortement tectonisées, par exemple à Pornichet au sud-ouest de Challans, et au nord-est de l'Île de Noirmoutier. Au cours de l'orogénèse calédonienne, pendant l'Ordovicien et le Silurien, à la marge du Craton Armoricaire des dépôts siliciclastiques terrestres se formaient. Au Dévonien inf. à sup. des calcaires et des argiles marins, et au sud des grès marins et des conglomérats terrestres étaient déposés dans le Bassin Centre-Armoricain. Au cours de l'orogénèse varisque, au Carbonifère inf., plusieurs plutons s'installaient et des sables terrestres à marins et des argiles marins étaient formés, au Carbonifère sup. des intrusions continuaient, et simultanément dans la zone Centre-Armoricaine plusieurs bassins siliciclastiques terrestres existaient. Cependant au Permien et au Mésozoïque c'était une région élevée et érodée (ZIEGLER 1990b). Points d'intérêt géologique sont décrits par (LARDEUX 2005).

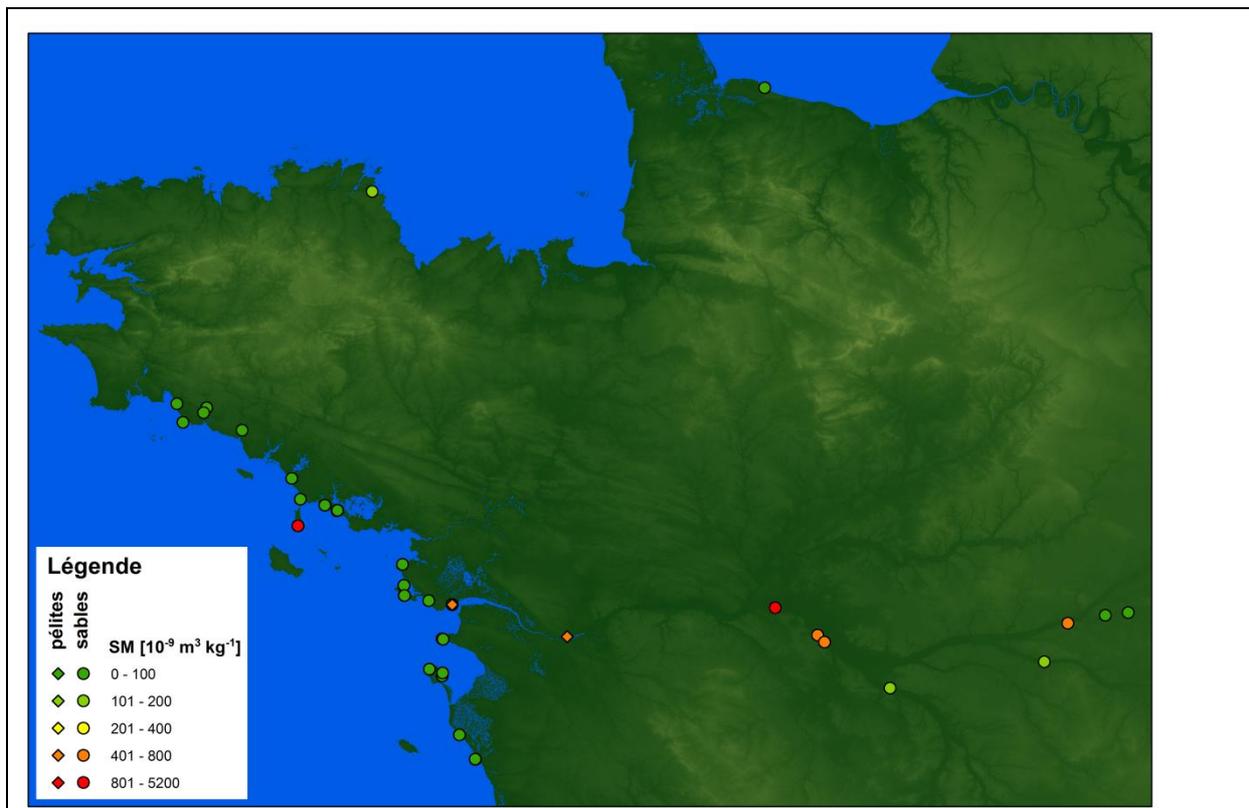


Fig. 5.11-1: Location des échantillons dans la Bretagne, avec leur susceptibilité magnétique, SM, masse-spécifique en $10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Des échantillons sableux sont marqués par un cercle, des échantillons pélitiques avec un losange. Le sable avec couleur rouge à la Presqu'Île de Quiberon est l'échantillon Atlantique2015-10, plus à l'est, est des sables avec couleur verte, se trouve le Golfe de Morbihan. L'estuaire de la Loire est visible au sud-ouest, plus au sud se trouvent des marais cotières au sud-est de l'Île de Noirmoutier, et au nord de l'estuaire les marais de Guérande. Le modèle de terrain était composé par Jörn Engelhardt avec des données de la mission SRTM, voir <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>.

La couleur sombre des schistes et de quelques granites, souvent colonisés par des lichens, donne un caractère lugubre aux bâtiments, par exemple les châteaux de Ranrouët, près de Herbignac au nord-est de Guérande, et de Clisson, au sud-est de Nantes. Une spécialité architectonique est le contraste entre des couches de calcaires lucides alternant avec des schistes noirs dans les murs des tours du Château d'Angers.

Dans les "marais", à l'Île de Baune au nord-ouest de Challans, à l'Île de Noirmoutier et entre Le Croisic et Guérande, la production du sel, historiquement importante pour la richesse des

villes médiévals comme par exemple Guerande, profite du niveau variable de la marée et de la salinité moyenne de l'Atlantique. Une spécialité bretonne et provençale est le fameux "Fleur de sel", qui donne une note extraordinaire aux repas, par exemple la galette et la tarte bretonne.

Comparé à la situation en Allemagne ou aux Pays-Bas avec des ouvrages énormes, la protection de la côte contre des inondations, un aspect certainement de plus en plus important dans la future, est – à l'opinion des auteurs – moins développé dans le Vendée et le sud-ouest de la Bretagne. Dans cette région on a utilisé dès longtemps un system passif pour drainer, avec ouvrage et fermeture des portes par le courant tidal. À Port de Bec, vis-à-vis de l'Île de Noirmoutier, par exemple, une écluse relativement simple protège deux chenals, voir sous <http://www.panoramio.com/photo/89449556#>. Un effort publique pour modernizer les digues et les portes de barrage cerait probablement un bon investissement pour les enjeux à l'avenir.

[menu principal](#)

5.11.2. Résultats dans le Massif Armoricain – Côte Atlantique

En suivant, quelque résultats de mesures de susceptibilité magnétique, **SM**, des roches en Bretagne sont résumés dans le **tableau 5.11-1**. Les plus hautes valeurs de SM sont normalement observable dans les roches magmatiques de composition intermédiaire ou basique, parce-qu'ils contiennent un considerable teneur en magnetite ou titano-magnétite (EVANS & HELLER 2003). Ainsi on peut estimer la variabilité de sables naturels résultant par l'érosion ou abrasion des roches. Pour la SM des sédiments littoraux récents françaises un abstrait est publié de (BOULVAIN, et al. 2016).

Tab. 5.11-1: Susceptibilité magnétique, SM, de quelques roches en Bretagne, en la suite: sédiment, métasediment, magmatites acides/intermédiaires et méta-acidites, magmatites basiques et ultrabasiques et méta-basites. Densité supposé d'après (HUNT, et al. 1995) et autres sources.

Roche	SM vol.- spec. [10 ⁻⁶ SI]	Densité [g/ccm] supposée	SM masse- spéc. calc. [10 ⁻⁹ kg ⁻¹ m ⁻³]	Citation
Holocène: silt, argile, Baie de Vilaine, plateau continental	350-500	2	200	(SORREL, et al. 2010)
Holocène: sable, silt sableux, Baie de Vilaine, plateau continental	100-300	2	100	(SORREL, et al. 2010)
Ordovicien 'Redbeds': Grès, siltite, Presqu'île de Crozon	136	2.24	60	(COGNÉ, et al. 1991)
Paléozoïque: schiste silteux, Monts d'Arrée	389	2.64	150	(HAERINK, et al. 2015)
Méta-grès et schistes pélitiques, Binic Formation, Précambrien sup., ouest de la Baie St. Briec, entre Binic, St. Quai et Squiffiec	270	2.62	100	(CAUVIN-CAYET, et al. 2001)
Schistes verts, Carbonifère sup., Ploemeur, près de Lorient	600	2.64	230	(RUELLEU, et al. 2010)
Schistes verts porphyriques, Précambrien, Piriac	180	2.64	70	(COTTAZ, et al. 1989)

Schistes graphitiques, Précambrien, Piriac	105	2.64	40	(COTTAZ, et al. 1989)
Micaschiste, Carbonifère sup., Ploemeur, près de Lorient	300	2.76	110	(RUELLEU, et al. 2010)
Micaschiste, Précambrien, Piriac	375	2.76	135	(COTTAZ, et al. 1989)
Métasédiments de haute pression, Précambrien-Silurien, Île de Groix	4000	2.85	1400	(LEFORT, et al. 2001)
Leucogranite, Carbonifère sup., Ploemeur, près de Lorient	70	2.64	25	(RUELLEU, et al. 2010)
Granite, varisque, S de Piriac	30	2.64	10	(COTTAZ, et al. 1989)
Métavulcanites acides, Lanvolland Formation, Précambrien-Cambrien, entre Binic, St. Quai et Squiffiec	63700	2.64	24000	(CAUVIN-CAYET, et al. 2001)
Dolérite, Paléozoïque, St. Malo	16125	2.85	5700	(AÏFA, et al. 1999)
Métavulcanites basiques, Lanvolland Formation, Précambrien-Cambrien, entre Binic, St. Quai et Squiffiec	5600	2.85	2000	(CAUVIN-CAYET, et al. 2001)
Gabbro et diorite, Précambrien-Cambrien, St. Quai intrusion	17700	2.95	6000	(CAUVIN-CAYET, et al. 2001)
Meta-Gabbro, Précambrien-Cambrien, Squiffiec	10300	3.03	3400	(CAUVIN-CAYET, et al. 2001)
Métabasites et –ultrabasites de haute pression, Précambrien-Silurien, Île de Groix	24500	3.1	7900	(LEFORT, et al. 2001)

La Côte de l'Atlantique autour du MA était visitée entre Concarneau et Pornichet, au sud-ouest de Challans, en 2014, 2015 et 2016. Sauf le plupart du Finistère, la côte de la Bretagne occidentale est représenté en 19 échantillons pris dans le littoral; de plus, un échantillon de l'Abbaye de Beauport au sud-est de Paimpol, 2004, et un de Omaha Beach, 2013, étaient à la disposition, donnés par Dirk Merten et Doreen Gerst, de la côte nord de la Bretagne et de la Normandie. Des échantillons des rivières étaient pris: deux de l'Aven près de Pont Aven, un de la Laïta près de Saint-Maurice au nord-ouest de Guidel, un d'Étel chez Étel. Trois échantillons de la Loire situés dans le MA sont discutés avec d'autres dans la **contribution FM-5-10 France – Grands bassins sédimentaires et régions volcaniques**. Dans la **fig. 5.11-2** des impressions de gisements sont présentés, avec informations stratigraphiques selon ¹: (ANONYMUS 1980b), ²: (ALCAYDÉ, et al. 1976).



Les joints dans le granite à grains moyens, Cambrien au Silurien¹, sont élaborés de l'altération et du brisant. La couleur grise originale du sel, on voit la couleur rouge-brun originale dans la partie directement au bord de la mer. Sentier côtier à l'ouest du Phare de Port Manech, 17.09.2015.



Dans une terrasse de brisant, le granite fin, probablement du Dévonien sup. au Viséen inf.¹, est poli par les ondes, avec un degré d'abrasion un peu plus fort autour des crevasses. Pointe de Kerpenhir, Golfe du Morbihan, 14.09.2015. [FM_Golfe_du_Morbihan2015-1, 2]



À côté du promontoir Beg er Lan avec le Château Turpault, le granite, Viséen sup.-Stephanien¹, est exposé au brisant. Le port de commerce et de pêche est situé quelque cents de mètres plus à gauche. D'ici vient l'échantillon, sableux avec fragments de fer, avec la plus haute SM analysée dans ce projet. Port Maria, Presqu'Île de Quiberon, 14.09.2015. [FM_Atlantik2015-10, échantillon pris dans une petite anse à gauche du château]



Migmatites, Briovérien sup. au Silurien¹, avec lichen. Les bandes sombres sont plus riche en minéraux ferrugineux, les bandes claires plus riche en quartz, feldspath et muscovite .
Plage de Luzéronde, au sud de L'Herbaudière, Île de Noirmoutier, 10.09.2015.
[FM_Atlantik2016-9]



Dans les murs des châteaux et des remparts, des roches de la région proche étaient utilisés, comme le schiste de mica blanc et de chlorite avec plaines de schistosité en crénulation d'une seconde déformation, Briovérien sup. au Silurien¹.
Château d'Aprémont, 11.09.2015.



Le brisant produit un sable grossier du schiste de mica blanc, Briovérien sup. au Silurien¹, avec des bandes blancs du sel cristallisé.
Entre Sion-sur-Mer et Croix-de-Vie, Corniche Vendéenne, enface du Restaurant La Houle, 10.09.2015. [FM_Atlantik2015-5, 6]



Dans la terrasse de brisant des migmatites, roche originelle: des vulcanites acides du Cambrien au Silurien¹, sont exposés. La foliation avec pendage vers l'est est bien visible.
Pointe de Saint Gildas, ouest du sémaphore, 21.09.2016.
[FM_Atlantik2016-7]



Les roches épimétamorphiques du Dévonien moyen², roche originelle: minces bandes d'argile alternant avec des couches de grès plus épaisses étaient pliées pendant l'orogénèse varisque. Le mur fait partie des remparts.
Chemin de la Cathédrale vers le nord, Angers, 11.09.2016.



L'alternance de calcaires blancs du Devonien inf.² et de schistes bleu-noirs fins, Schistes d'Angers d'Ordovicien², dans les murs des tours souligne la signification de la fortification.
Château d'Angers, Tour ouest de la Porte du Champs, 11.09.2016.



La dune allongée, parallèle à la côte, protège l'intérieur contre des inondations. Les arbres poussent sur des dunes holocènes, plus anciennes. À marée basse l'intertidal fournit des grains transportés par le vent s'il est dirigé vers l'intérieur.
 Plateforme du Phare de la Coubre, vue nord-est vers le Forêt de la Coubre avec la Plage de la Bouverie, 5.09.2015.
 [FM_Atlantik2015-1]



Dans la lagune, protégée par une dune côtière au nord de l'estuaire de La Garonne, le sable blanc domine à l'entrée des marées; derrière à gauche, dans l'intertidal gris, silt et argile forment une girlande concentrique, et le supratidal vert est couvert des prés de sel jusqu'au bord des dunes.
 Plateforme du Phare de la Coubre, vue vers Bonne Anse, 5.09.2015.



Au niveau actuel de la mer une terrasse de brisant s'est développée sur les calcaires éocènes¹ de l'estuaire de la Gironde. Le sable est déposé dans l'estuaire au temps de marée haute déroulant.
 Plateforme sup. du Phare de Corduan, vue vers l'est, 16.09.2014. [FM_Gironde2014-3]



Environ 5 m au-dessus du niveau de la marée haute actuelle une terrasse de brisant, sur laquelle se trouve le village, marque un niveau marin antérieur plus haut. Une situation similaire peut être observée fréquemment à la côte de la Bretagne et du Vendée, par ex. entre Sion-sur-Mer et Croix-de-Vie, Corniche Vendéenne.
Pointe de Saint Gildas, Anse du sud, est du sémaphore,
21.09.2016. [FM_Atlantik2016-6]



L'effet de la cristallisation du sel produit des destructions énormes dans des monuments construits de calcaires, ?craie du Tuffeau blanc de Saumur du Crétacé sup.².
Phare de Corduan, plateforme inf., 16.09.2014.



L'arrondissement des grains littoraux se poursuit par les ondes qui s'écoulent, comme se voit par la couleur brune de l'eau par devant, riche en grains en suspension temporaire, comparé à l'eau claire plus loin.
Plage de Mane Gwen, Presqu'île de Quiberon, 14.09.2015.
[FM_Atlantik2015-9]



Des activités bioabrasives sur une terrasse de brisant peuvent reniveler la surface d'un granite pour quelques millimètres en moins de 1000 ans.
Plat sur le chemin de débarquement, Phare de Corduan, 16.09.2014.



Sur la plateforme de brisant, au niveau 0.5 m sous le niveau de la marée haute, des traces de bioérosion, inactif à présent, dans les migmatites, roche originelle: des vulcanites acides du Cambrien au Silurien¹, indiquent un élevage subrécent du littoral. Des explications alternatives seraient: orage ou contamination de pétrole quelques années en avant.
Pointe Saint-Gildas, ouest du sémaphore, 21.09.2016.
[FM_Atlantik2016-7]



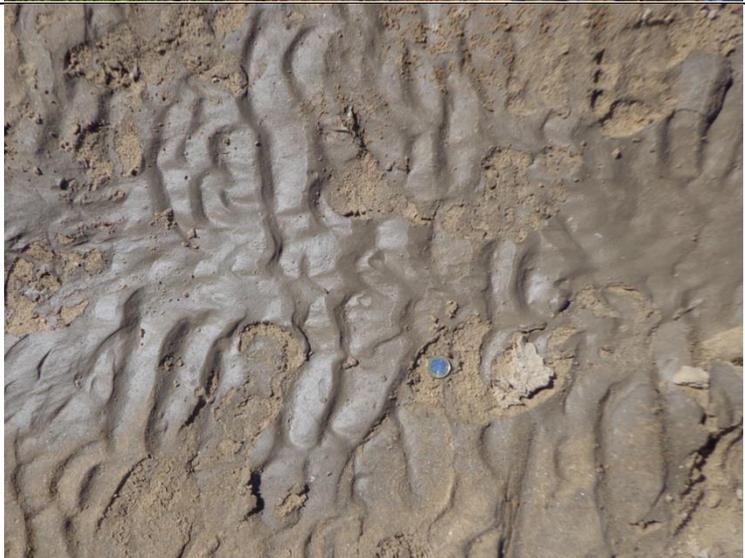
Les bords des rivières sont parfois stabilisés par des racines d'arbres. Le manque de troncs avec feuilles montre le niveau de la marée haute.
Laïta, bord gauche, ca. 100 m est du Pont de Saint-Maurice à l'ouest de Guidel, 15.11.2015.
[FM_Laita2015-1]



Des grands galêts de granite, Viséen sup. au Stéphanien¹, sont produit dans un régime fortement dynamique pendant une inondation, avec des collisions fréquentes des blocs.
Aven, Bois des Amours, nord-est de Pont-Aven, 17.09.2015.
[FM_Aven2015-1]



Le brisant produit des galêts similaires à ceux de la rivière dans le granite, Cambrien au Silurien¹, mais plus rapidement.
Sentier côtier à l'ouest du Phare de Port Manech, 17.09.2015.



Dans une marée haute précédente une couche de sable fin avec du silt, d'une épaisseur d'environ 4 mm, était déposée au-dessus du sable moyen dans l'estuaire de la Loire. La variabilité de la taille des grains reflète les différentes conditions hydrologiques.
Royan, sud-ouest du mur sud du port, environ 200 m du bord actuel, 15.09.2014.
[FM_Gironde2014-1]

	<p>Sous la couche de sable fin et de silt d'une épaisseur d'environ 5 cm, des ondulations de ripples, 'ripple marks', se transposent. Sans venue de la mer cette couche, par dessiccation et compaction, deviendrait similaire à celle de l'image précédente. Royan, sud-ouest du mur sud du port, environ 10 m du bord actuel, 15.09.2014. [FM_Gironde2014-2]</p>
	<p>Sur un cliff d'une hauteur de environ 2 m, un sol initial est développé sur le granite à grain moyen, Dévonien sup. au Viséen inf.¹. Le granite montre une désintégration superficielle qui résulte de la cristallisation du sel, de la destruction du froid, et de l'alternance biologique. Fort de Cabellou, au sud de Concarneau, 18.09.2015. [FM_Atlantik2015-11, plus à l'est à la Plage de Cabellou]</p>

Fig. 5.11.-2: Impressions de la région côtière de la Bretagne.

Au nord de l'estuaire de la Gironde, les courants côtiers dans le Golfe de Gascogne sont principalement orientés vers le nord en automne et hiver et vers le sud à l'été, voir http://sextant.ifremer.fr/image/journal/article?img_id=311747&t=1389172586064. Ainsi le chargement de particules de la Gironde et de la Loire influence la sédimentation littorale de la Bretagne occidentale.

Les sédiments sableux du littoral de l'Atlantique autour de la Bretagne ont en général des valeurs basses de la SM: 0 au 153, médian $13 * 10^{-9} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ pour 20 échantillons. L'échantillon avec la plus haute SM était pris à la Baie de l'Abbaie de Beauport, entouré de vulcanites basiques paléozoïques, ce qui peut expliquer ce valeur. Une raison pour les valeurs relativement basses peut être que 1. les minéraux sont quelquefois dilués avec des coquilles, qui ont une SM négative à cause de leur caractère diamagnétique, et 2. que le transport littoral enrichit le quartz qui est plus stable que beaucoup d'autre minéraux et qui est aussi diamagnétique, 3. que les petits minéraux magnétiques restent en suspension dans les turbulences littorales et sont transportés par les courants jusqu'à la déposition sur le plateau continental extérieur dans une profondeur plus grande avec des courants moins rapides. À quelques locations littorales une relativement grande différence de la SM d'échantillons pris à seulement plusieurs mètres de distance horizontale était observée, par exemple au sable grossier à Batz-sur-Mer, avec 14 et $71 * 10^{-9} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, et au Vidange, 'tidal inlet', du Golfe de Morbihan, avec 3 pour sable grossier et $72 * 10^{-9} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ pour sable fin. On peut interpréter ça

comme conséquence d'un enrichissement de minéraux lourds, en Allemande: 'Seife', en Anglais 'placer', par des ondes s'écoulants et des courants sous une faible colonne d'eau, qui mène à une concentration plus haute de minéraux magnétiques à quelques endroits.

Une minéralisation de pechblende au contact tectonique de schistes graphitiques avec porphyroïdes, 1 km au sud de Piriac (COTTAZ, et al. 1989), n'est pas visible dans les valeurs de SM mesurés dans ce projet: deux échantillons de sable moyen à grossier ont une SM presque identique au médian des sédiments littoraux, le premier localisé 3 km au nord-est de Piriac-sur-Mer dans une petite anse avec mica schiste, le deuxième à la Presqu'Île de Pen Bron plus au sud. Une analyse plus détaillée serait nécessaire pour évaluer cet aspect.

Cependant, il existe un échantillon avec une SM anomal: localisé à Port Maria, Presqu'Île de Quiberon, dans une petite anse dans le granite, à la limite nord-ouest du promontoire Beg er Lan, 47.474719°N, 3,12982°W. La valeur de $5127 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ indique d'après (THOMPSON & OLDFIELD 1986) la présence de magnétite ou titano-magnétite ou de matériel ferreux. La fréquence-dépendance de la SM est <1 %, ainsi on peut exclure des particules magnétiques très fins, dits superparamagnétique ou 'single domaine' (EVANS & HELLER 2003). Si on regarde les valeurs de SM des roches dans tableau 5.11-1, une telle haute SM pourrait résulter seulement de roches basiques ou ultra-basiques. Mais le granite présent dans cette partie de la presqu'île n'est pas de source probable d'une haute concentration de minéraux magnétiques: selon (CAGNARD 2009), p. 29, 111, il s'agit de leucogranite avec albite, oligoclase, biotite, muscovite, quartz, recoupé de filons pegmatitiques. C'est un granite acide du Carbonifère, pauvre en minéraux ferriques. Vers le sud de la presqu'île, des dunes du Holocène couvrent le granite. Beaucoup plus semblable est une source anthropogène. Le port de pêche et de commerce se trouve à une distance de ca. 200 m à l'est, avec un môle de béton, prolongé par un brise-lames de protection, voir <http://nautisme.meteoconsult.fr/bloc-marine/fiche-port/informations-port-port-maria-8278.php>, construit en 1970, voir <http://quiberonnews.over-blog.com/page-5389461.html>. Pour proposer encore une autre possibilité: Des tubes céramiques s'élèvent à une partie de pente étroite ca. 50 m à l'ouest de la location de l'échantillon, peut-être l'anomalie est une indication d'un bâtiment érodé par la mer, peut-être construit de béton armé. http://www.atlantikwall-frankreich.de/b05_bretagne/s12_vannes/inhalt_s12_vannes.htm montre un abri béton, un 'Bunker' de la guerre mondiale II, au-dessous du Château Turpault à Port Maria au même promontoire, et éventuellement, autrefois il y'avait plus de constructions de béton.

Pour savoir plus de la composition des sédiments de Port Maria, une inspection du sable sous un binoculaire et l'extraction de la fraction magnétique avec un aimant permanent de Sm-Nd se proposait. Une description est rapporté ci-après, des particularités sont souligné et les composantes sont énumérées par ordre de teneur diminuant dans la fraction 1. non magnétique resp. dia- et paramagnétique et 2. magnétique resp. ferrimagnétique. En fait, l'inspection de la fraction extraite de plusieurs échantillons, de toutes les régions visitées, montre qu'il s'agit de minéraux isolés et de lithoclastes, ainsi l'interprétation comme fraction ferrimagnétique est un rapprochement.

- Littoral atlantique, la plus haute SM, roche-mère granit, avec contamination anthropogène: Atlantik2015-10, Port Maria, Presqu'Île de Quiberon: sable moyen avec beaucoup de sable grossier, bien assorti, grains bien arrondis pur la plupart, ca. 20 % de minéraux sombres, fraction non magnétique: 30 % de fragments de coquilles bleues et jaunes bien arrondis <5 mm, autre grains <2 mm, quartz incolore bien arrondi et rarement angulaire, muscovite partiellement brun, lithoclastes de schistes verts avec muscovite et chlorite, grenat rouge turbide ou rosé transparent bien arrondi et partiellement avec plaines des cristal, amphibole ou pyroxène arrondi et brillant; fraction magnétique: magnétite <1.8 mm bien arrondi brillant ou mat, beaucoup de

particules plats de fer gris granuleux avec lustre métallique, fer souvent avec croûte brun-rouge, un particle de fer laqué blanc et rouge 1.2 mm, un particle de fer avec des bulles 1.5 mm en diamètre, plusieurs presque-sphères de fer dont une avec un bout qui ressemble une goutte noire brillante 0.2 mm en diamètre [voir **fig. 5.11-3a**].

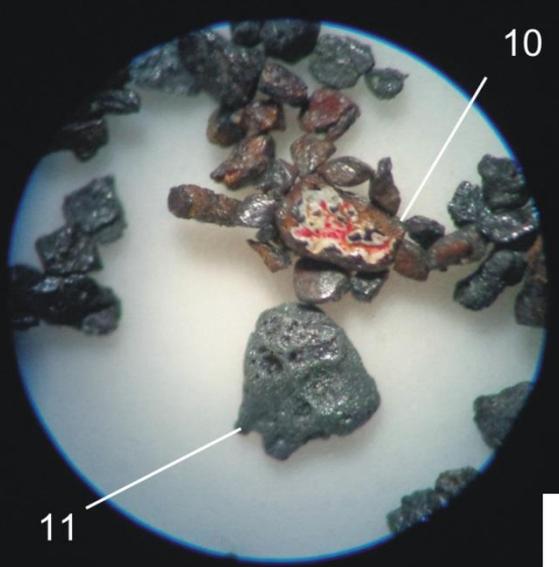
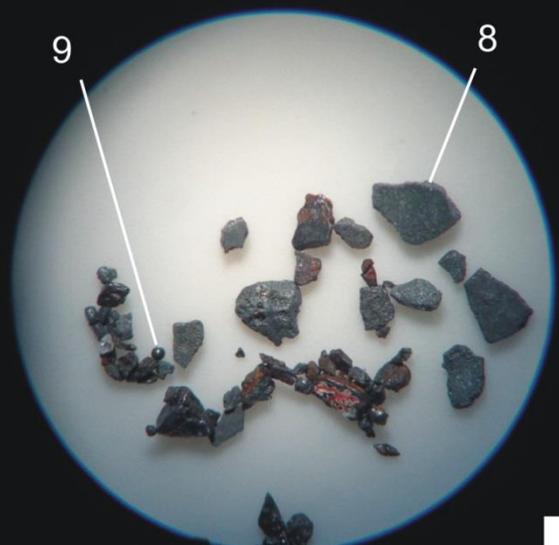
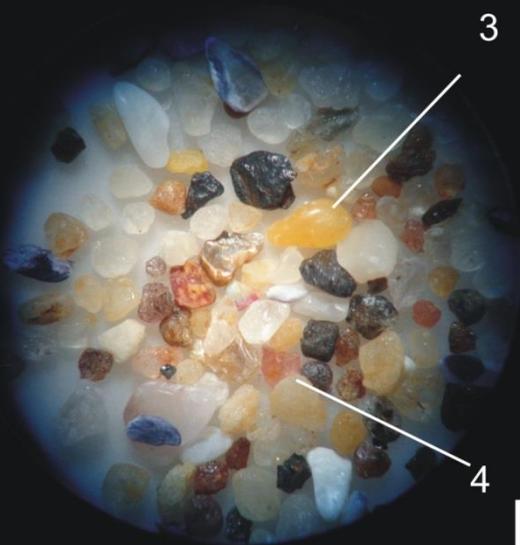
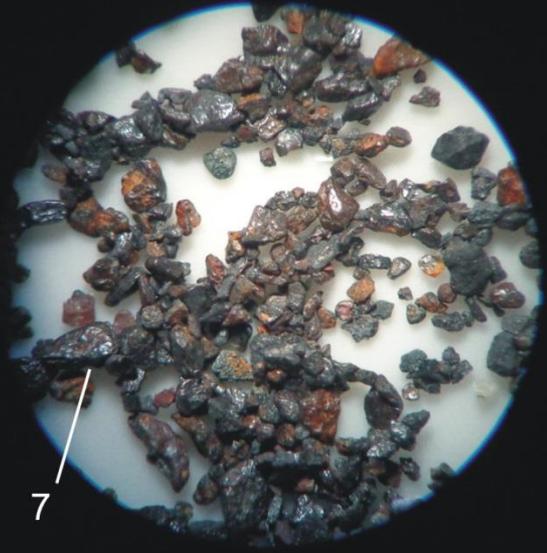
- Littoral atlantique, concentration de minéraux lourds par les ondes, roche-mère sédiment littoral holocène: Atlantik2016-10, Saint-Jean-de-Monts, fraction non magnétique: sable fin avec sable moyen et gravier fin, fragments de coquilles, quartz angulaire et arrondi en bordure translucide, muscovite <2 mm, foraminifères; fraction magnétique: magnétite angulaire satiné mat quelques fois avec plaines de cristal, plusieurs lithoclastes de siltite transparent gris avec minuscules cristaux de magnétite. [voir **fig. 5.11-3b**].
- Estuaire, roche-mère granit: Laita2015-1, nord-ouest de Guidel, fraction non magnétique: sable fin avec peu de sable moyen, beaucoup de muscovite, quartz translucide, branchettes ou racines fines <7 mm, beaucoup de fragments de coquilles, rare foraminifères, un lithoclaste de grès silifié gris 6 mm éliminé de l'échantillon, rare feldspath angulaire; fraction magnétique: magnétite angulaire mat, fragments lamellés bruns sont probablement des précipitations d'oxydes de fer autour des racines [voir **fig. 5.11-3b**].

D'après les observations des sables sous le binoculaire, le littoral de l'Atlantique à Port Maria contient du grenat, ce qui montre que le matériel ne vient pas seulement de l'abrasion locale du granite de la Presqu'Île de Quiberon, mais aussi de l'abrasion de roches métamorphiques d'une location plus éloigné. (AUDREN & PLAINE 1986) décrivent du grenat de l'Île d'Houat, 7 km au sud-est de Port Maria, dans des micaschistes et pegmatites et secondairement comme mineral dominant dans la fraction des minéraux lourds de ces plages sableuses. Deplus, de l'Île de Groix, située 26 km au nord-nord-ouest de Port Maria, (AUDREN 1990) décrit du grenat dans des roches métamorphiques de haute pression: micaschistes et roches basiques, des gneiss et des schistes bleus. D'après les courants de surface, discutés en-haut, les deux locations sont possible dans différents saisons.

Atlantik2015-10



Atlantik2015-10



Atlantik2016-10

Laita2015-1

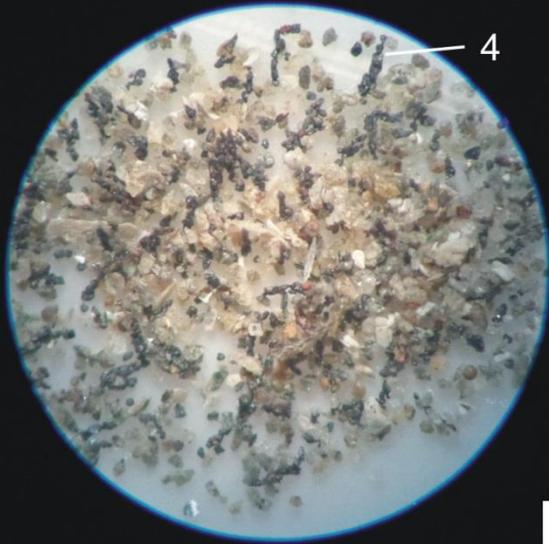
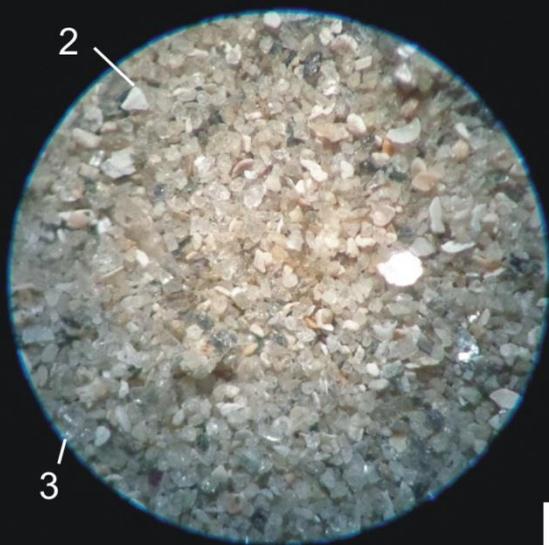
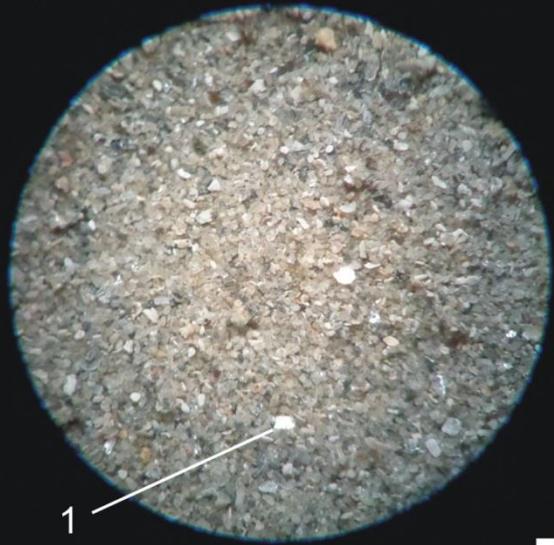


Fig. 5.11-3a: Échantillon sableux Atlantik2015-10 de Port Maria sous le binoculaire, l'échelle blanche représente environ un millimètre. À gauche en haut et moyen est visible la totalité du matériel, le reste montre un extrait de minéraux et de lithoclastes tiré par un aimant permanent. Fraction entière: 1= quartz transparent, 2 = quartz translucide, 3 = coquille bien arrondie, 4 = grenat, fraction ferrimagnétique: 5 = magnétite, 6 = fer partiellement avec surface de hématite, 7 = fer noir, 8 = fer gris avec lucide métallique, 9 = presque-sphère de fer, 10 = fer avec laque blanc et rouge, 11 = fer gris avec lucide métallique avec bulles.

Fig. 5.11-3b: Échantillons sableux de la côte atlantique et d'une rivière de la Bretagne sous le binoculaire, l'échelle blanche représente environ un millimètre. Atlantik2016-10, Saint Jean-des-Monts, Plage Saint Jean, sable fin avec sable moyen, fraction entière: 1= coquille bien arrondie, 2 = fragment d'une moule, 3 = partie d'un aiguillon d'oursin, 4 = quartz translucide bien arrondi, fraction ferrimagnétique: 5 = magnétite. Laita2015-1, Pont de Saint-Maurice au nord ouest de Guidel, sable fin avec sable moyen, fraction entière: 1= mica blanc, 2 = fragment d'une coquille, 3 = quartz translucide bien arrondi, fraction ferrimagnétique: 4 = magnétite aligné selon les lignes de champ du aimant permanent avant de l'éloigner.

La SM des échantillons des rivières Aven, Étel et Laita range entre 5 et $85 * 10^{-9} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, pareil à ceux de la côte atlantique. Pour une interprétation plus profonde il n'y a pas encore assez d'échantillons. Mais on peut indiquer que les sables fluviatiles dans les régions granitiques semblent d'avoir des valeurs de la SM environ 1-2x ceux de la côte atlantique tout près.

Pour la discussion des résultats dans un cadre plus vaste, voir la contribution **FM-5.10 France – Grands bassins sédimentaires et régions volcaniques**, chapitres 5.10-4 et 5.10-5.

[menu principal](#)

5.11.3. Littérature

AÏFA, T., LEFORT, J.-P. & GUENOC, P. (1999): Anisotropy of magnetic susceptibility investigations of the St Malo dyke swarm (Brittany, France): emplacement mechanism of doleritic intrusions. – *Geophys. J. Intern.*, 139: 573–582.

ALCAYDÉ, G., CADET, J.-P., GIGOUT, M., LORENZ, J., BROSSÉ, R., DEBRAND-PASSARD, S., LORENZ, C., RAMPNOUX, J.-P. & RASPLUS, L. (1976): Val de Loire - Anjou, Touraine, Orléanais, Berry. - 1. Ed.; 192 pp.; Paris, Milan, Barcelone, Mexico (Masson).

ANONYMUS (1980b): Carte géologique de la France et de la marge continentale à l'échelle de 1/1 500 000, Notice explicative. 1. Ed. - Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM); Orléans.

AUDREN, C. (1990): Evolution tectonique et métamorphique de la chaîne varisque en Bretagne méridionale. – *Schweiz. mineralog. petrograph. Mitt.*, 70: 17-34.

AUDREN, C. & PLAINE, J. (1986): Carte géologique de la France à 1/50 000, Belle-Île-en-Mer – Îles Houat et Hœdic 1. Ed. - Bureau de Recherche Géologique et Minière; Orléans.

BOULVAIN, F., JADOT, H. & NEUFCOURT, G. (2016): Sedimentology and magnetic susceptibility of recent littoral sediments from New Caledonia, France and Belgium. - In: DA SILVA, A.C., WHALEN, M.T., HLADIL, J., CHADIMOVA, L., CHEN, D., SPASSOV, S., BOULVAIN, F. & DEVLEESCHOUWER, X. (Hrsg.): *Magnetic susceptibility application: A window onto ancient environments and climatic variations*. pp. 191; Ed.; London (Geological Society of London).

- CAGNARD, F. (2009): Carte géologique harmonisée du département du Morbihan notice technique -1. Ed.; 297 pp.; Orléans (Bureau de Recherche Géologique et Minière).
- CAUVIN-CAYET, C., GALDEANO, A., EGAL, E., POZZI, J.P. & TRUFFERT, C. (2001): Magnetic modelling in the French Cadomian belt (northern Armorican Massif). – *Tectonophysics*, 331: 123-144.
- COGNÉ, J.P., BONHOMMET, N., KROPACEK, V., ZELINKA, T. & PETROVSKI, E. (1991): Paleomagnetism and magnetic fabric of the deformed redbeds of the Cap de la Chèvre formation, Brittany, France. – *Physics Earth Planet. Inter.*, 67: 374-388.
- COTTAZ, Y., BARTHES, Y., BERNE, S., CROCHON, P., LERICOLAS, G. & ROBACH, F. (1989): Acoustic, magnetic and seismic investigation of the sea floor off the uraniferous district of Piriac, France. – *Mar. Geology*, 86: 201-220.
- EVANS, M.E. & HELLER, F. (2003): Environmental magnetism - principles and applications of enviromagnetics. - 1. Ed.; 299 pp.; Amsterdam, Boston etc. (Academic Press).
- HAERINK, T., WENK, H.-R., DEBACKER, T.N. & SINTUBIN, M. (2015): Preferred mineral orientation of a chloritoid-bearing slate in relation to its magnetic fabric. – *J. Struct. Geol.*, 71: 125-135.
- HUNT, C.P., MOSKOVITZ, B.M. & BANERJEE, S.K. (1995): Magnetic properties of rocks and minerals. - In: AHRENS, T.J. (Hrsg.): *Rock physics & phase relations: a handbook of physical constants*. pp. 189-204; 1. Ed.; Washington, D.C. (American Geophysical Union).
- LARDEUX, H. (2005): *Guide géologique de la Bretagne*. - 3. Ed.; 221 pp.; Paris, Milan, Barcelone, Mexico (Masson).
- LEFORT, J.-M., AÏFA, T., JELENSKA, M., KADZIALKO-HOFMOKL, M. & MAX, M.D. (2001): Paleomagnetic and AMS evidence for a Variscan ductile clockwise rotation of the île de Groix blueschists (South Brittany, France): consequence on the Late Hercynian structural pattern of westernmost Europe. – *Tectonophysics* 337: 223-235.
- MOYEN, J.F. (2005): *Les grands traits de l'histoire géologique de la France (métropolitaine)*. - 3.1. Ed.; 84 pp.;
- RUELLEU, S., MOREAU, F., BOUR, O., GAPAIS, D. & MARTELET, G. (2010): Impact of gently dipping discontinuities on basement aquifer recharge: An example from Ploemeur (Brittany, France). – *Journal of Applied Geophysics*, 70: 161-168.
- SORREL, P., TESSIER, B., DEMORY, F., BALTZER, A., BOUAOUINA, F., PROUST, J.-N., MENIER, D. & TRAINI, C. (2010): Sedimentary archives of the French Atlantic coast (inner Bay of Vilaine, south Brittany): Depositional history and late Holocene climatic and environmental signals. – *Continental Shelf Research*, 30: 1250-1266.
- THOMPSON, R. & OLDFIELD, F. (1986): *Environmental magnetism*. - 1. Ed.; 227 pp.; London (Allen & Unwin).
- ZIEGLER, P.A. (1990b): *Geological atlas of western and central Europe, Enclosures*. - 2. Ed.; 56 pp.; Den Haag (Shell Koninklijke Nederlandsche Petroleum Maatschappij).