



Direction
Régionale
de l'Équipement
Pays de la Loire



Cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol

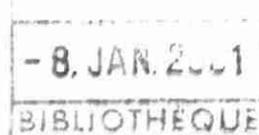
*à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium,
des diagraphies gamma-ray
et des données de la carte géologique à 1/250000
de la région des Pays de la Loire*

Phase 2

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-POL-509

Décembre 2000
RP-50448-FR





***Cartographie prédictive
des concentrations potentielles en radon au sol
à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium,
des diagraphies gamma-ray
et des données de la carte géologique à 1/250000
de la région des Pays de la Loire***

Phase 2

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-POL-509

**F. Béchenec,
avec la collaboration de
B.Tourlière, I. Bouroullec, J. Perrin, P.Maget, P.Conil**

**Décembre 2000
RP-50448-FR**



Mots clés : Radon, uranium, socle, couverture, cartographie, Pays de la Loire

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

Béchenec F., Tourlière B., Bouroullec I., Perrin J., Maget P., Conil P. (2000) - Cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol, à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium, des diagraphies gamma-ray et des données de la carte géologique à 1/250 000 de la région des Pays de la Loire. Phase 2. Rap. BRGM R P-50448-FR

© BRGM, 2000, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM

Synthèse

Cette étude a été réalisée dans le cadre des actions de service public du BRGM, à la demande et avec le cofinancement de la DRASS et de la DRE de la région des Pays de la Loire ; elle constitue la seconde phase du projet "cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol" ; elle aboutit à l'identification des communes dont la nature des roches du sous-sol (leur teneur en équivalent Uranium) est susceptible de provoquer des concentrations en radon au sol et éventuellement dans les bâtiments adjacents.

Pour identifier ces zones, il a été procédé à l'analyse combinée, (1) de la lithologie et des données structurales (d'après les données de la carte géologique numérique à 1/250 000 des Pays de la Loire), (2) des données de la radiométrie spectrale aéroportée (sur la zone de socle et une partie de la couverture sédimentaire) dont le traitement, par rapport à la première phase, a été affiné, (3) des diagraphies gamma-ray (sur la zone de la couverture sédimentaire non traitée en aéroporté).

Lors de la première phase, en fonction de la teneur moyenne en équivalent-U des formations du socle, il a été distingué : (1) des formations fortement anormales avec des teneurs en équivalent-U variant de 4,5 à 6,29 ppm, (2) des formations moyennement anormales à teneurs en équivalent-U comprises entre 3,5 et 4,5 ppm, (3) des formations faiblement anormales à teneurs en équivalent-U comprises entre 3 et 3,5 ppm, (4) des formations non anormales au sein desquelles ont été néanmoins distingués des nuages de points à teneurs en équivalent-U ponctuelles > 3,5 ppm.

Cette seconde phase aboutit : (1) pour les zones de socle, à circonscrire les anomalies U les plus fortes au sein des formations anormales grâce au calcul du U ; (2) pour les zones de couverture sédimentaire traitées en spectrométrie aéroportée, à montrer le caractère non anomal de cette couverture et à y identifier néanmoins, des anomalies U ponctuelles ; (3) pour les zones de couverture sédimentaire non traitée en spectrométrie aéroportée, à sélectionner, grâce à la gammamétrie des diagraphies, les formations ayant la radioactivité naturelle globale (U-K-Th) la plus marquée ; (4) à délimiter les couloirs tectoniques fortement affectés par la fracturation, facteur favorable à l'émanation et l'exhalation du radon. Ces principaux résultats sont répertoriés sur des cartes départementales à 1/250 000 (hors texte) ; ils aboutissent à circonscrire les zones-source qui présentent les potentialités-radon les plus élevées et ils permettent de déterminer les communes concernées ; ces dernières sont individualisées sur des cartes départementales à 1/250000 (hors texte) et sous forme de listes (annexes 2).

Enfin, les mesures ponctuelles de l'activité volumique du radon dans les bâtiments, réalisées par l'IPSN, ont été reportées sur les cartes départementales, pour tenter d'étalonner les zones-source potentielles.

Sommaire

Synthèse	1
1. Cadre du projet	6
1.1. Objectifs	6
1.2. Méthodologie.....	6
2. Cadre géologique	10
2.1. Esquisse géologique de la moitié septentrionale des Pays de la Loire.....	10
2.1.1. Le socle du massif Armoricaïn.....	10
2.1.2. La couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque du Bassin de Paris.....	11
2.2. Esquisse géologique de la moitié méridionale des Pays de la Loire	13
2.2.1. Le socle du Massif armoricaïn.....	13
2.2.2. La couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque du Bassin d'Aquitaine	14
2.3. Données structurales.....	15
3. Cartographie prédictive	16
3.1. Caractérisation des formations géologiques du socle par le calcul du ΔU	16
3.1.1. Le ΔU dans les formations du socle fortement anormales.....	16
3.1.2. Le ΔU dans les formations du socle moyennement anormales.....	17
3.1.3. Le ΔU dans les formations du socle faiblement anormales	17
3.1.4. Le ΔU dans les formations du socle non anormales	19
3.2. Caractérisation des formations géologiques de la couverture sédimentaire.....	20
3.2.1. Les données de la gammamétrie aéroportée.....	20
3.2.2. Les données de la gammamétrie des diagaphies de sondages	21
3.3. Identification des communes présentant le potentiel radon au sol, le plus élevé	22
4. Conclusions sur la cartographie prédictive	23
5. Commentaires sur les teneurs de radons mesurées par l'IPSN	25
6. Perspectives	28
Références bibliographiques	29

Liste des figures et planches

Figure 1 : Caractéristiques du plan de vol

Planche 1 : Carte géologique des formations de la couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque (échelle à 1/1000 000 - région des Pays de la Loire)

Planche 2 : Carte des anomalies des formations et secteurs du socle à teneur U moyenne, anormale (d'après gammamétrie aéroportée) (échelle à 1/1000 000 - région des Pays de la Loire)

Planche 3 : Carte des anomalies ponctuelles (d'après la gammamétrie aéroportée) au sein des formations de la couverture sédimentaire non anormale et des formations à taux de radioactivité naturelle (cps) les plus élevés en gammamétrie de diagraphie. (échelle à 1/1000 000 - région des Pays de la Loire).

Planche 4: Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon au sol. (échelle à 1/1000 000 - région des Pays de la Loire).

CD ROM avec : fichier texte et fichier image au format PDF

HORS TEXTE

Cartes roulées

- Carte 1A** : Carte des anomalies U au sein du socle, à 1/250 000 - département de la Loire-Atlantique.
- Carte 1B** : Carte des anomalies ponctuelles U de la couverture sédimentaire d'après la gammamétrie aéroportée et des formations à gammamétrie élevée d'après les diagraphies de sondage, à 1/250 000 - département de la Loire-Atlantique.
- Carte 2A** : Carte des anomalies U au sein du socle, à 1/250 000 - département du Maine-et-Loire.
- Carte 2B** : Carte des anomalies ponctuelles U de la couverture sédimentaire d'après la gammamétrie aéroportée et des formations à gammamétrie élevée d'après les diagraphies de sondage, à 1/250 000 - département du Maine-et-Loire.
- Carte 3A** : Carte des anomalies U au sein du socle, à 1/250 000 département de la Mayenne.
- Carte 3B** : Carte des anomalies ponctuelles U de la couverture sédimentaire d'après la gammamétrie aéroportée et des formations à gammamétrie élevée d'après les diagraphies de sondage, à 1/250 000 - département de la Mayenne.
- Carte 4A** : Carte des anomalies U au sein du socle, à 1/250 000 - département de la Sarthe.
- Carte 4B** : Carte des anomalies ponctuelles U de la couverture sédimentaire d'après la gammamétrie aéroportée et des formations à gammamétrie élevée d'après les diagraphies de sondage, à 1/250 000 - département de la Sarthe.
- Carte 5A** : Carte des anomalies U au sein du socle, à 1/250 000 - département de la Vendée.
- Carte 5B** : Carte des anomalies ponctuelles U de la couverture sédimentaire d'après la gammamétrie aéroportée et des formations à gammamétrie élevée d'après les diagraphies de sondage, à 1/250 000 - département de la Vendée.
- Carte 6A** : Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon, à 1/250 000 - département de Loire-Atlantique.
- Carte 6B** : Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon, à 1/250 000 - département du Maine-et-Loire.
- Carte 6C** : Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon, à 1/250 000 - département de la Mayenne.
- Carte 6D** : Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon, à 1/250 000 - département de la Sarthe.
- Carte 6E** : Carte des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon, à 1/250 000 - département de la Vendée.

HORS TEXTE

Annexes

Annexe 1 : relevé de gammamétrie (en cps) d'après les diagraphies de sondage dans les départements de Maine-et-Loire, Sarthe et Vendée.

Annexe 2 : listes des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon au sol.

1. Cadre du projet

Les résultats d'études expérimentales et épidémiologiques chez l'homme (mineurs des sites d'extraction d'uranium) ont conduit le Centre International de Recherche sur le Cancer, à classer le radon comme cancérigène ; il est en effet, après le tabagisme, l'un des principaux facteurs de risque du cancer du poumon ; de ce fait, des directives ministérielles ont été données pour évaluer et gérer ce risque, notamment dans les établissements recevant du public.

Dans le cadre de ces directives, à la demande de la DRE et de la DRASS des Pays de la Loire, le BRGM a entrepris une étude de cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol, dans la région des Pays de la Loire. Cette étude a été programmée en 2 phases: la première a été réalisée en 1999 et ses résultats ont été publiés dans le rapport BRGM R 40895 (Béchenec *et al.*, 1999) et la seconde en 2000 ; le présent rapport présente les résultats de cette deuxième phase et du projet.

1.1. OBJECTIFS

La seconde phase de cette étude a pour principaux objectifs: (1) de préciser les contours des anomalies U au sein des formations géologiques anormales du socle (identifiées au cours de la première phase) ; (2) de sélectionner les formations de la couverture sédimentaire qui présentent la radioactivité naturelle globale la plus forte et sont de ce fait potentiellement les plus prédisposées à émettre du radon ; (3) d'identifier les zones affectées par une fracturation importante dont les effets sont susceptibles de favoriser l'émanation et l'exhalation du radon ; (4) d'identifier les communes concernées par les zones à fort potentiel radon au sol du fait de la nature du substratum ; (5) d'intégrer les mesures ponctuelles de concentration de radon dans les bâtiments, réalisées par l'IPSN.

1.2. METHODOLOGIE

Le radon ²²²Rn est un gaz radioactif naturel, à période de vie courte, (3,8 jours) communément généré dans le sous-sol par la désintégration (radioactivité) du radium ²²⁶Ra, lui-même issu de celle de l'uranium ²³⁸U. Ce dernier est présent à l'état de traces dans de nombreux minéraux et il forme ainsi des concentrations plus ou moins importantes (les plus importantes, ponctuelles et exceptionnelles, correspondant aux gisements de minerai d'uranium) dans les roches, tant magmatiques que sédimentaires.

De ce fait, la capacité des formations à produire du radon est en premier lieu, fonction de leur teneur en uranium. Cependant, la faculté qu'aura ce radon à transiter dans le sous-sol

(émanation) et à atteindre la surface du sol (exhalation), suffisamment rapidement (compte tenu de sa période courte) pour y constituer éventuellement des concentrations, est grandement fonction de la perméabilité de la formation, laquelle est grandement accentuée par la fracturation. Enfin la possibilité pour ce gaz de s'accumuler éventuellement dans les bâtiments sus-jacent est contrôlée par des facteurs autres que la qualité intrinsèque de la zone-source ; ces facteurs d'importance primordiale (non abordés dans cette étude), sont notamment les caractéristiques du bâtiment, l'existence d'espaces confinés dans ces bâtiments, etc....

Dans le cadre de ce projet, **seule la source du radon est l'objet de l'étude** : l'approche choisie s'appuie en effet, principalement, sur l'analyse combinée des données de la lithologie, de la géologie structurale, de la radiométrie spectrale aéroportée (pour les zones de socle et une partie de la couverture sédimentaire) et des diagraphies gamma-ray (pour les zones de couverture sédimentaire non traitée en gammamétrie aéroportée). *De ce fait la détermination des formations et/ou des zones qui présentent des anomalies de teneur en équivalent uranium, permet de sélectionner les zones-sources les plus productives en radon, mais elle ne préjuge en rien de la concentration ou non de ce gaz, dans les bâtiments sus-jacents.*

La lithologie et les caractères structuraux sont basés sur les données de la carte géologique numérique à 1/250 000 des Pays de la Loire (Chantraine *et al.*, 1997), qui représente une synthèse des connaissances actuelles sur la géologie régionale.

La radiométrie aéroportée par spectrométrie "gamma" a été réalisée en 1998, sur le Massif armoricain (fig.1), sous la conduite du BRGM (Bonijoly *et al.*, 1999) ; les mesures ont été acquises le long de lignes de vol orientées nord-sud, perpendiculaires aux structures et formations, et espacées, de 500 m sur la partie ouest de la région et dans la zone de Laval et de 1000 m par ailleurs (fig. 1.). Un spectre complet des émissions naturelles du rayonnement "gamma" du ^{214}Bi (lui-même produit de désintégration du radon, ce qui favorise d'autant mieux l'approche du contenu radon des sols) a ainsi été acquis le long de ces lignes, tous les 65 m environ ; cette méthode de mesure aéroportée a, de plus, l'avantage d'être intégrante par rapport à d'éventuelles mesures ponctuelles au sol. Les données brutes validées ont ensuite été préparées et traitées au BRGM.

Les diagraphies gamma-ray ont été étudiées dans les coupes de sondages réalisés (généralement pour la recherche d'eau) dans les terrains de la couverture sédimentaire. Il est cependant important de noter que les données obtenues par cette approche ne sont en rien assimilables à celles de la radiométrie aéroportée et qu'elles n'ont qu'une valeur indicative.

Dans le cadre de cette seconde phase de l'étude de cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol, des traitements spécifiques ont été réalisés en complément de ceux effectués au cours de la première phase :

- (1) Pour chaque formation du socle, identifiée comme anormale ($U > 3$ ppm) lors de la première phase (par le calcul de sa composition moyenne en équivalent-U), le calcul du ΔU entre la teneur moyenne de la formation et la teneur ponctuelle mesurée, a été réalisé ; cette opération aboutit à circonscrire les anomalies les plus fortes et ainsi à cerner au sein de chacune des formations, les zones dont le potentiel radon est le plus élevé.
- (2) Ce même type d'approche appliqué aux formations du socle non anormales, a permis d'y mettre aussi en évidence, quelques anomalies U ponctuelles.
- (3) Pour les formations de la couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque, le même traitement (que pour les zones de socle) a été appliqué dans les zones couvertes par la radiométrie spectrale aéroportée ; dans les zones non survolées (fig. 1), l'analyse des diagraphies gamma-ray réalisées dans les sondages, aboutit à sélectionner les formations dont la radioactivité naturelle globale, en comptage total est la plus élevée. Cependant, cette méthode ne permet pas une évaluation directe des potentialités radon des zones-sources ; en effet, ce type de gammamétrie n'est pas discriminante et elle ne permet pas d'évaluer le rayonnement émis par les différents radio-nucléides naturels (uranium U, potassium K, thorium, Th) ni *a fortiori* la teneur en uranium, par rapport à celles des autres principaux radio-nucléides. De plus, les valeurs obtenues par cette gammamétrie de diagraphie sont fonction entre autres, du diamètre du trou de sondage, de la surface du capteur, de l'éventuel tubage et elles s'expriment en une unité différente de celle de l'aéroportée, les CPS ("chocs par secondes") qui n'est pas directement comparable avec la précédente. De ce fait, les résultats de cette analyse sont limités, relatifs et purement indicatifs : seuls les contrastes entre formations restent identifiables et indiscutables, mais la détermination d'une éventuelle anomalie (telle que définie pour les formations du socle par la radiométrie aéroportée) des formations concernées n'est pas possible par cette méthode.
- (4) Les données de la géologie structurale ont été intégrées : les principaux couloirs de fracturation associés aux accidents d'importance régionale, notamment ceux qui ont rejoué récemment, ont été individualisés ; en effet, la fracturation des roches est l'un des facteurs qui favorise l'émanation (dans le sous-sol) et l'exhalation (à l'extérieur du sol) du gaz radon.
- (5) Les mesures ponctuelles de concentration de radon dans les bâtiments, réalisées par l'IPSN ont été intégrées, afin de tenter "d'étalonner" les zones-sources ; il faut cependant remarquer que ces mesures très partielles et ponctuelles ne permettent pas de qualifier statistiquement une zone-source ; de plus, de nombreux facteurs annexes interfèrent fortement sur les concentrations éventuelles en radon dans les bâtiments (caractères du sol, température, humidité, étanchéité,.....) en dehors du caractère intrinsèque de la zone-source et des potentialités de son stock uranium.
- (6) Les limites des communes ont été surimposées aux contours des zones anormales et les communes concernées par des potentialités élevées en radon au sol, ont été individualisées sur des documents spécifiques départementaux.

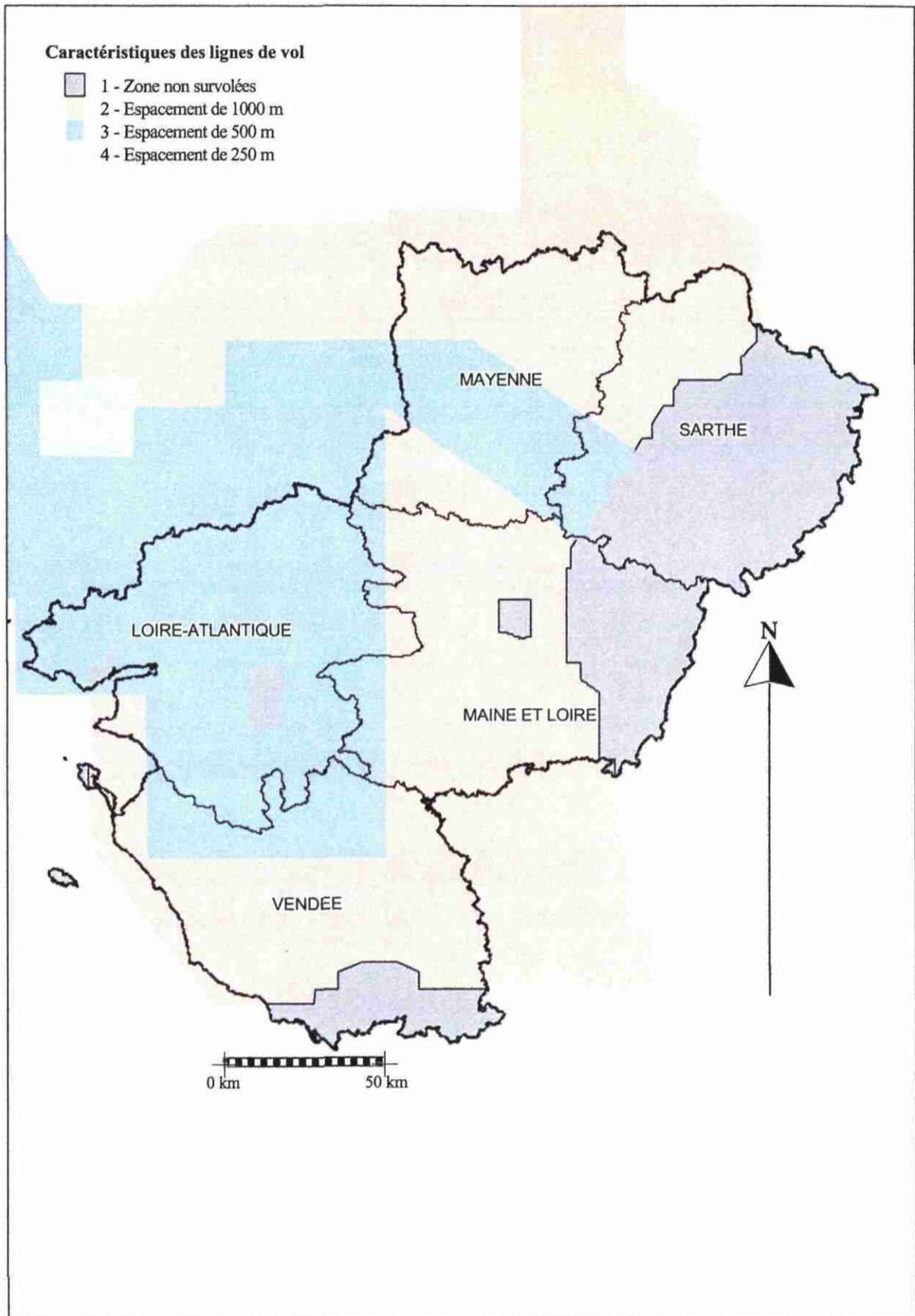


fig 1 : Caractéristiques du plan de vol

2. Cadre géologique

La carte géologique numérique à 1/250 000 des Pays de la Loire (Chantraine *et al.*, 1997), montre que la région est, en majeure partie, constituée d'un socle ancien (Protérozoïque et Paléozoïque, 600 à 300 millions d'années) appartenant au Massif armoricain ; cependant, dans la partie nord-orientale et sur la frange méridionale de la région, ce socle est surmonté, en discordance, par une couverture sédimentaire mésozoïque (ère secondaire, 200-60 Ma) et localement cénozoïque (ère tertiaire, 60-5 Ma et quaternaire), constituant notamment la frange des bassins de Paris et d'Aquitaine.

Le Massif armoricain est un des deux principaux massifs cristallins de France ; il correspond à un tronçon affleurant de la Chaîne varisque, érigée puis érodée il y a 300 millions d'années ; il 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 grands blocs structuraux majeurs, les blocs nord et sud-armoricain ; ces derniers sont séparés par une discontinuité tectonique fondamentale, le Cisaillement Sud-Armoricain (CSA) ; cet accident prend en écharpe les Pays de la Loire depuis la zone de Pontchâteau au NO jusqu'au Haut-Bocage (Pouzauges) au SE, en passant par Nantes. Chacun de ces blocs est lui-même organisé en domaines distincts qui se différencient par leurs caractéristiques paléogéographiques (héritage de leur évolution géodynamique) et/ou géostrucuraux (héritage de l'évolution orogénique) ; de plus, ces domaines aujourd'hui juxtaposés, sont limités aussi par des accidents tectoniques qui occultent leurs interrelations originelles.

2.1. ESQUISSE GEOLOGIQUE DE LA MOITIE SEPTENTRIONALE DES PAYS DE LA LOIRE

2.1.1. Le socle du massif Armoricain

Il est principalement constitué :

- (1) d'alternances de siltites/argilites/grès/grauwackes, le "Briovérien", d'âge protérozoïque supérieur (650-540 Ma) à paléozoïque basal,
- (2) de massifs de granodiorites, d'âge protérozoïque également, qui recourent les séries précédentes et forment le Batholite mancellien.

Le "Briovérien" est fréquemment recouvert, en discordance, par des séries sédimentaires, elles-mêmes déformées, d'âge paléozoïque, cambrien à silurien (540-400 Ma) en bordure du Bocage normand et ordovicien à carbonifère (540-300 Ma) dans le Bassin de Laval et en Bretagne centrale. Ces séries sédimentaires paléozoïques comportent :

1. des grès, souvent quartzitiques, tels les "Grès de Ste Suzanne" d'âge cambrien et les "Grès armoricains" d'âge ordovicien inférieur (470 Ma) ;
2. des argilites et siltites, des schistes plus ou moins gréseux, des schistes ardoisiers, (tels ceux de Traveusot, d'âge ordovicien) et des schistes ampélitiques, généralement d'âge silurien ;
3. des calcaires, notamment les calcaires cambriens de la Charmie et des Coëvrons et les calcaires carbonifères de la zone de Laval ;
4. des volcanites, interstratifiées dans les séries sédimentaires : volcanites acides (ignimbrites, tufs rhyolitiques et rhyolites) tel dans les Coëvrons près de Voutré et dans le bassin de Laval ; volcanites basiques, tufs spillitiques et spillites dans le bassin de Laval.

Ces mêmes types de séries sédimentaires et volcano-sédimentaires paléozoïques apparaissent aussi plus au sud, en deux étroits domaines, d'allongement ouest-est, celui de St Georges-Sur-Loire et celui d'Ancenis. Cependant, dans ces deux zones, le substratum "briovérien" n'affleure pas ; de plus, dans le domaine de St Georges-Sur-Loire, les volcanites tant acides (tufs et rhyolites) que basiques (basaltes et andésites) interstratifiées dans les sédiments, sont très développées ; de même, dans le domaine d'Ancenis, les dépôts carbonifères, conglomérats, grès, grauwackes, siltites, sont particulièrement épais et sont localement recoupés par le granite de Mésanger.

Toutes les formations du socle de cette moitié nord des Pays de la Loire, ne sont que peu ou pas transformées par des recristallisations métamorphiques et les déformations qui les affectent sont relativement modérées ; on peut cependant noter que le batholite mancellien et son encaissant briovérien d'âge ancien (650-550 Ma) paraissent avoir réagi à l'orogénèse varisque (350-300 Ma) en môle rigide qui s'est largement fracturé dans la masse.

2.1.2. La couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque du Bassin de Paris

Le socle du Massif armoricain est recouvert en discordance sur sa bordure orientale par une couverture sédimentaire mésozoïque (planche 1) ; cette dernière témoigne des transgressions marines qui se développent avec l'individualisation du Bassin de Paris, du Jurassique inférieur (200 Ma) au Crétacé supérieur (60 Ma) sur les marges de la chaîne varisque qui, dès cette époque, est déjà fortement érodée.

Cette couverture comprend un ensemble jurassique composé de :

- (1) séries grés-argileuses à intercalations conglomératiques et des séries carbonatées et marneuses d'âge Jurassique inférieur à Jurassique moyen basal : Hettangien à Aalénien-Bajocien inférieur (19) ;
- (2) séries franchement carbonatées (calcaires parfois oolitiques) d'âge Jurassique moyen : Bajocien supérieur-Bathonien (18) ;
- (3) calcaires sableux ou argileux, de marnes et de sables d'âge Jurassique moyen terminal et supérieur : Callovien-Oxfordien (17).

Elle comprend aussi un ensemble crétacé constitué de :

- (1) dépôts terrigènes argilo-sableux et marneux (Marnes du Ballon) puis sableux ("Sables et grès du Maine et Sables du Perche") d'âge albien-cénomaniens (16) ;
- (2) dépôts carbonatés, marnes ("Marnes à huîtres") puis craie ("Craie du Maine et du Perche" "Tuffeau d'Anjou") d'âge Cénomaniens supérieurs-Turonien (15) ;
- (3) sables et argiles, souvent à silex, qui traduisent un retour à une sédimentation détritique au Turonien supérieur-Sénonien (14).

Enfin, à la limite Crétacé-Tertiaire une période d'émersion favorise l'altération des séries précédentes et entraîne la formation d'argiles résiduelles à silex, notamment par un phénomène de décalcification des faciès crayeux (13).

Au cours du Tertiaire, les bordures armoricaines du Bassin de Paris sont beaucoup plus instables et l'extension des influences marines varie très fortement. Dans le Maine et l'Anjou les premiers sédiments tertiaires, Eocène-Oligocène (12-10-9), sont continentaux : argiles bariolées, sables, grès (grès à sabalites) ; mais dès l'Eocène supérieur s'individualisent de petits bassins à caractère lagunaire ou lacustre, où se déposent des marnes, des calcaires et des meulière ; des dépôts tertiaires sont connus aussi, sur le socle du Massif armoricain tel à Saffré (11) et le long de grands accidents NW-SE, tel dans le couloir de Céaucé.

En Anjou, au Miocène, se développent des dépôts marins, les faluns (7), avant le dépôt de sables attribués au Pliocène (6), qui constituent encore actuellement, de nombreux placages résiduels.

Enfin, les alluvions récentes quaternaires sont généralement d'origine fluviale et forment des hautes terrasses anciennes et le lit actuel des cours d'eau (4-3).

2.2. ESQUISSE GEOLOGIQUE DE LA MOITIE MERIDIONALE DES PAYS DE LA LOIRE

2.2.1. Le socle du Massif armoricain

Les unités lithologiques du socle de la moitié sud des Pays de la Loire, appartiennent aux domaines internes de la Chaîne varisque ; de ce fait, contrairement à celles de la moitié nord, elles sont, très généralement, fortement affectées par les déformations et le métamorphisme associés à cette orogénèse :

- les anciennes séries sédimentaires d'âge protérozoïque à paléozoïque, dont la minéralogie et les textures d'origine sont souvent totalement oblitérées, sont ainsi transposées en micaschistes et paragneiss ; ces séries s'observent notamment dans la région de Nantes, dans les Mauges, et en Vendée littorale. Cependant, dans certaines unités, telles celle du Bassin de Chantonnay et localement, celle de la Roche-Sur-Yon, les structures sédimentaires sont préservées, du fait d'un gradient moins intense du métamorphisme : on parle alors de schistes, de méta-ampélites, de métagrès, des métagrauwackes.
- Les anciennes roches magmatiques, granites et volcanites acides d'une part, gabbros et volcanites basiques d'autre part, sont transformées respectivement en orthogneiss/leptynites et en méta-gabbros/amphibolites ; les granites anciens, d'âge ordovicien (470 Ma), forment ainsi les orthogneiss de Mervent, du Pellerin, de l'Ennerie, de St Mars et de Champtoceaux ; les anciennes volcanites acides forment notamment les "Porphyroïdes" de Vendée, mais aussi, en cas de métamorphisme moins intense, des métarhyolites, telles celles du Choletais et de la Chataigneraie ; les anciennes roches basiques forment notamment le métagabbro de Drain, les amphibolites de La Boissière, celles de Beaupréau, celles de St Martin-des-Noyers, celles des Essarts et celles de Montaigu.

Enfin, dans cette moitié méridionale des Pays de la Loire, de nombreuses roches magmatiques, principalement acides et accessoirement basiques, se sont mises en place, au cours ou en fin de l'orogénèse varisque elle-même: elles recoupent alors toutes les séries précédemment décrites. Apparaissent ainsi, notamment :

- (1) le batholithe de La Roche-Sur-Yon dont les différents granites se sont formés entre le Dévonien moyen (360 Ma) et le Carbonifère (310 Ma) ;
- (2) les leucogranites carbonifères (340-305 Ma) bordant le Cisaillement Sud-Armoricain ; ils se suivent depuis Pontchâteau au NO, jusqu'au Haut-Bocage au SE, et forment ainsi les massifs d'Orvault, de St Herblain, de Mortagne, de Châteauumur/les Châtelliers, de Montaigu/Le Bignon et de Bazoges-en-Paillers (ou de l'Ortay) ;
- (3) les migmatites et les granites d'anatexie de St Nazaire –Paimboeuf ;
- (4) les granites en petits massifs isolés, tels ceux de La Renaudière, de Vezins et de

Chemillé dans la zone choletaise, celui de La Pommeraie au nord de Vallet et celui de Guérande près de St Nazaire ;

(5) le gabbro du Pallet.

2.2.2. La couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque du Bassin d'Aquitaine

Comme dans la moitié nord des Pays de la Loire, le socle du Massif Armoricaïn est ici surmonté en discordance par une couverture sédimentaire qui, dès le Jurassique inférieur, vient transgresser la frange méridionale de la chaîne varisque lors de l'individualisation du Bassin d'Aquitaine.

Cette couverture (planche 1) est ici essentiellement constituée par un ensemble Jurassique qui comprend :

- (1) Une série d'âge Jurassique inférieur à Jurassique moyen basal (19), montrant une formation argilo-sableuse (Lias inférieur ou Trias), des calcaires dolomitiques et des calcaires gréseux (Hettangien-Pliensbachien) puis des calcaires argileux et des marnes et des argiles (Toarcien -Aalénien-Bajocien inférieur) ;
- (2) Une série d'âge Jurassique moyen (18) (Bajocien supérieur-Bathonien), essentiellement constituée de calcaires graveleux à intercalations oolitiques et bioclastiques ;
- (3) Une série d'âge Jurassique moyen terminal et supérieur (17) (Callovien-Oxfordien) principalement constituée de calcaires marneux et de marnes.

Elle comprend aussi des séries d'âge crétacé, mais celles-ci n'ont qu'une extension réduite, limitée à la Vendée littorale (bassin de Challans) ; elles se développent du Cénomaniën terminal au Sénonien (15 et 14) et sont principalement constituées d'argiles noires, de marnes et dans une moindre mesure de calcaires et de sables.

Les séries tertiaires montrent elles aussi une extension réduite : les séries éocènes (11) apparaissent dans les petits bassins de Saffré, de Campbon, de Chéméré, de St Gervais, de La Vérie et de Machecoul ; elles apparaissent aussi en "îlots" au sein du Marais breton et près de Noirmoutier ; elles sont constituées principalement de calcaires dolomitiques et de calcaires gréseux à intercalations de sables quartzeux et dans une moindre mesure, d'argiles et de marnes ; de plus, des "faluns" miocènes sont présents aussi près de Challans. Enfin, la moitié méridionale des Pays de la Loire est parsemée de placages de sables azoïques d'âge tertiaire indéterminé, Miocène-Pliocène (8), notamment dans la région du lac de Grand-Lieu.

Les dépôts les plus récents, d'âge quaternaire, ont une origine fluviale (4-3) ou fluvio-marine (2) dans le Marais Breton, le Marais Poitevin et celui de Brière.

2.3. DONNEES STRUCTURALES

La région des Pays de la Loire est fortement tectonisée et l'empreinte de cette tectonique est plus particulièrement marquée dans des couloirs de fracturation qui sont souvent actifs depuis la fin de l'orogénèse varisque.

Le trait structural dominant de la région est le Cisaillement Sud-Armoricain (CSA) qui prend en écharpe la région depuis Pont-Château jusqu'au sud de Cholet ; cet accident majeur lithosphérique qui marque la zone de collision varisque, a joué à plusieurs reprises depuis le Carbonifère (320 Ma) et a particulièrement marqué la structure des roches bordières en leur conférant une texture mylonitique à ultramylonitique.

Des accidents subparallèles à ce dernier se sont développés aussi dès le Carbonifère supérieur (300 Ma) induisant notamment l'individualisation de bassins étroits, "les sillons houillers" tant au nord du CSA, région d'Ancenis, de Chalonnes et Montreuil-Bellay, qu'au sud, le long du flanc méridional du Bassin de Chantonnay.

Enfin, un système de failles conjuguées axées NW-SE et NE-SW, tardi à post-varisque, a affecté l'ensemble du Massif armoricain dès le début du Mésozoïque (200Ma) ; ce système a rejoué ensuite à de nombreuses périodes dont l'Eocène et le Pliocène et a induit l'individualisation de couloirs de fracturation dont les plus importants sont dans les Pays de la Loire du nord au sud : celui de Céaucé/Chantrigné, celui de la Mayenne (entre Laval et Château-Gonthier), celui de Craon/Segré, celui de Chateaubriant/Pannecé qui vers le nord se poursuit jusqu'au bassin de Rennes et celui de Saffré/Nord-sur-Erdre qui se poursuit vers le nord jusqu'à la Baie de St Briec.

3. Cartographie prédictive

3.1. CARACTERISATION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES DU SOCLE PAR LE CALCUL DU ΔU

(cf. planche 2 et Cartes 1A à 5A)

3.1.1. Le ΔU dans les formations du socle fortement anomales

Identifiées au cours de la première phase du projet, les formations du socle fortement anomales, ont des **teneurs moyennes en équivalent-U, supérieures à 4,5 ppm** (Béchenec *et al.* 1999). Ces formations sont bien circonscrites de part et d'autre du Cisaillement Sud-Armoricain (CSA) et sont principalement des leucogranites qui se suivent en continu depuis Pontchâteau au nord-ouest jusqu'au Haut-Bocage au sud-est : le granite d'Orvault, le granite de St Herblain, le granite Montaigu/Le Bignon, le granite de Mortagne avec de plus, sur sa bordure nord, le granite du Puy-St Bonnet, la diorite-quartzique du Chatillonnais et sur son flanc sud et le granite de La Grande Brosse.

Les leucogranites forment aussi quelques petits massifs isolés, de dimensions réduites, en bordure du CSA : les granites de Bazoges-en-Pailleurs (encore appelé de l'Ortay), de la Renaudière, de Trémentines et de Châteaumur/Les Châtelliers.

Le calcul du ΔU permet de circonscrire dans ces formations fortement anomales, les anomalies les plus fortes :

1. *des zones où le ΔU varie de 5 à 10 ppm:*
sur les bordures nord et est du granite de Mortagne respectivement près de St Crespin-sur-Moine (49) et près de Treize-Vents (85) ;
2. *des zones où le ΔU varie de 1,5 à 5 ppm :*
 - *principalement au centre et au sud-est de ce même granite de Mortagne, respectivement près de Boussay, Clisson, Gorges (44) et Tiffauges (85), mais aussi près de La Bernardière, La Boissière-de-Montaigu, La Gaubretière, Chambretaud, La Verrerie, Les Herbiers, et Les Epesses (85);*
 - *au coeur du petit granite de La Renaudière (49);*
3. *des zones où le ΔU varie de 1 à 1,5 ppm :*
au coeur du granite de Mortagne, notamment près de Treize-Septiers (85) et de Gétigné et Boussay (44)

3.1.2. Le ΔU dans les formations du socle moyennement anomales

Les formations du socle moyennement anomales, identifiées au cours de la première phase du projet, ont des **teneurs moyennes en équivalent-U, comprises entre 3,5 et 4,5 ppm** ; elles apparaissent dans les régions de La Roche-sur-Yon, de Paimbœuf, du nord et de l'ouest de St Nazaire et de Cholet.

Dans la région de La Roche-sur-Yon ces formations sont principalement des granites dont l'ensemble forme le batholite de La Roche-sur-Yon : le massif de granite à silicates d'alumine, de Poiré-sur-Vie/Aubigny ; les massifs de granite à biotite, d'Avrillé, d'Aizenay et du Légé ; les massifs de granite à deux micas, de Bournezeau et de Belleville-sur-Vie. De plus, localement en bordure de ce batholite, la série de micaschistes à phanites et quartzites est aussi moyennement anomale.

Dans la région de Paimbœuf ainsi qu'au nord et à l'ouest de St Nazaire, les formations moyennement anomales sont les orthogneiss anatectiques et les granites d'anatexie de l'unité de St Nazaire.

Dans la région de Cholet les formations moyennement anomales sont les paragneiss anatectiques de la Tessouale, qui apparaissent d'une part au sud de Cholet et d'autre part près des Herbiers.

Le calcul du ΔU dans ces différentes unités moyennement anomales a permis d'y souligner les anomalies les plus marquées :

1. des zones où le ΔU varie de 1,5 à 5 ppm :

- au sein du batholite granitique de La Roche-Sur-Yon respectivement près de Dompierre-sur-Yon / La Ferrière et de Rosnay (85);*
- au sein de l'unité de St Nazaire au nord d'Herbignac;*

2. des zones où le ΔU varie de 1 à 1,5 ppm :

- au sein du batholite granitique de La Roche-Sur-Yon, notamment dans les régions de Legé (44), de La Chapelle-Palluau, de Poiré-sur-Vie et Belleville-sur-Vie, de Beaulieu-Sous-La-Roche et Martinet, de Landeronde, de La Ferrière, de La Roche-sur-Yon, de La Chaize-Le-Vicomte, de Les Clouzeaux, de St Flaive-des-Loups, de St Florent-des-Bois, d'Aubigny, de Nieul-Le-Dolent, de La Boissière-des-Landes et de Chaillé-Sous-Les-Ormeaux/Le tablier (85) ;*
- au sein de l'unité de St Nazaire, près de St Père-en-Retz, Corsept, St Viaud, Frossay, au nord d'Herbignac et près de Missillac (44).*

3.1.3. Le ΔU dans les formations du socle faiblement anomales

Les formations du socle faiblement anomales, identifiées lors de la première phase du projet ont des **teneurs moyennes en équivalent-U, comprises entre 3 et 3,5 ppm** ; elles

ont une répartition géographique nettement plus variée que les précédentes et sont principalement des séries sédimentaires et méta-sédimentaires.

Dans la moitié nord des Pays de la Loire, ces formations correspondent aux séries paléozoïques :

- la série silurienne des grès et schistes ampélitiques (riches en matière organique) qui forme le cœur du synclinal de Villaines-la-Juhel ;
- les séries de l'Ordovicien moyen des "Schistes de Traveusot" (encore appelée Schistes à calymènes ou Schistes d'Angers) et des Schistes du Grand Auverné, constituées d'argilites silteuses noires (riches en matières organiques) à débit ardoisier ; ces séries apparaissent dans les synclinaux de Bretagne centrale entre Chateaufort-sur-Sarthe et Renazé, entre Segré et Pouancé, entre Angers et Derval et dans la région de Nozay ;
- la série à schistes grès et quartzites et la série à schistes, ampélites et phtanites d'âge ordovicien/silurien, qui s'étendent d'Angers à Nozay ;
- la série des "Grès de Redon", d'âge ordovicien-silurien, qui apparaît en limite occidentale des Pays de la Loire, près de Guéméné-Penfao.

Dans la moitié sud des Pays de la Loire plusieurs formations, de nature diverse (granites, volcanites, méta-sédiments), sont, aussi, faiblement anormales :

- l'ensemble des volcanites acides (ignimbrites et rhyolites), des granites (Trémentines, St Léger-sous-Cholet, La Limière) et des granodiorites-/tonalites du Choletais ;
- le granite de Chemillé qui recoupe en plusieurs petits pointements, la série des Schistes des Mauges ;
- le granite de Mésanger qui recoupe les sédiments carbonifères du bassin d'Ancenis ;
- l'ensemble des paragneiss du Landreau ;
- le leucogranite de la Pommeraie qui forme un petit massif au nord de Vallet ;
- la granodiorite de Châteauthébaud ;
- la série des micaschistes et quartzites du Haut-Bocage qui bordent le sud du granite de Mortagne ;
- les paragneiss anatectiques et les migmatites de la région de St Nazaire/Paimbœuf ;
- la série des schistes noirs et grès quartzitiques d'âge silurien-dévonien (Groupe de Nieul-le-Dolent) de la région de la Roche-sur-Yon.

Le calcul du ΔU appliqué à ces formations faiblement anormales, a permis d'y circonscrire les anomalies les plus marquées :

1. des zones où le ΔU varie de 1,5 à 5 ppm:

- dans l'unité de St Nazaire au nord d'Herbignac, au sud de Missillac, près de Montoir-de-Bretagne et de Donge (44);
- dans les schistes et argilites noires (schistes du Grand-Auverné) de la région d'Abbaretz (44);

2. *des zones où le ΔU varie de 1 à 1,5 ppm :*

- *dans le Groupe de Nieul-le-Dolent à la périphérie du batholithe granitique de la Roche-Sur-Yon à Martine et près de La Chaize-Le-Vicomte (85);*
- *dans l'unité de St Nazaire tant dans la région de Corsept que dans celles d'Herbignac et de La Baule ;*
- *dans le petit massif de granite de Mésanger (44) ;*
- *dans les schistes et argilites noires (schistes du Grand-Auverné) de la région de La Meilleraye-de-Bretagne (44)*

3.1.4. Le ΔU dans les formations du socle non anomales

Les formations non anomales du socle ont des teneurs moyennes en équivalent-U, inférieures à 3 ppm ; cependant, au sein de ces séries apparaissent localement, des ensembles de valeurs mesurées ponctuelles anomales, supérieures à 3,5 ppm ; elles sont relativement fréquentes dans :

- la série des schistes et calcaires cambriens des Coëvrons et de la Charnie ;
- la série de l'Ordovicien inférieur des "Grès armoricain" et des schistes et quartzites siluriens (Fms. de Renac et de La Chesnaie) qui apparaissent dans les synclinaux de Bretagne centrale au nord et au sud de Châteaubriant ;
- la série des "schistes et grès de St Perreux", d'âge ordovicien/silurien qui s'étendent du sud d'Angers à Guéméné-Penfao ;
- l'orthogneiss anatectique de Champtoceaux et les "micaschistes du Havre" ;
- les "porphyroïdes de Vendée" et les "schistes et micaschistes de St Gilles".

Le calcul du ΔU appliqué à ces nuages de points à U moyen > 3,5 ppm permet aussi d'y cerner :

1. *des anomalies à ΔU de 1,5 à 5 ppm :*

- *dans les "micaschistes de St Gilles" près de Pornic(44) ;*
- *dans l'orthogneiss de l'Ennerie près de Chauvé(44) ;*
- *dans l'orthogneiss leptynitique du Pellerin de part et d'autre de la Loire dans les régions de Bouguenais/la Montagne/St Jean-de-Boisseau/Brains et Couëron/St Herblain (44) ;*

2. *des anomalies à ΔU de 1 à 1,5 ppm :*

- *dans les "porphyroïdes de Vendée" à La Plaine-Sur-Mer (44), près de la Chapelle-Palluau, de Château-Guibert, de Thorigny et de St Florent-des-Bois (85) ;*
- *dans les "micaschistes de St Gilles" au sud de St Hilaire-Le-Vouhis et au nord de Thorigny (85) ;*
- *dans l'orthogneiss de l'Angle/Mervent au sud de St Martin-Des-Noyers (85) et celui de*

l'Ennerie près de Chauvé (44) ;

- *dans les "micaschistes de La Vilaine", à St Lyphard et près d'Herbignac(44) ;*
- *dans le complexe leptyno-amphibolique du Cellier près de Pont-Château (44) ;*
- *dans l'orthogneiss anatectique de Champtoceaux près de Le Loroux-Bottereau (44) ;*
- *dans les "micashistes de Mauve-Sur-loire" près de Sautron, Orvault et Vigneux-de-Bretagne(44) ;*
- *dans les grès, schistes et houille du sillon houiller au sud de la Chapelle-St-Sauveur (44) ;*

3.2. CARACTERISATION DES FORMATIONS GEOLOGIQUES DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE

(cf. planche 3 et cartes 1B à 5B)

3.2.1. Les données de la gammamétrie aéroportée

Le calcul de la teneur moyenne en équivalent-U des formations

La majeure partie de la couverture sédimentaire du quart oriental du département du Maine-et-Loire et de la moitié est de la Sarthe, n'a pas été traitée en radiométrie spectrale aéroportée. Cette couverture a cependant été survolée d'une part dans ces 2 départements, sur la frange ouest du Bassin de Paris où elle repose en contact transgressif sur le socle et d'autre part dans les trois autres départements où elle forme sur ce même socle soit des placages d'extension réduite soit, dans le département de Vendée, une frange continue correspondant à la bordure nord du Bassin d'Aquitaine.

Un traitement des données, similaire à celui effectué pour les formations du socle, montre que **les formations de la couverture sédimentaire ne sont pas anormales : leur teneur en équivalent-U demeure toujours inférieur à 3 ppm.**

Cependant, d'après cette analyse les formations sédimentaires ayant la teneur en équivalent U et donc le potentiel radon le moins faible sont :

- le Jurassique inférieur et moyen basal (Lias-Aalénien-Bajocien inférieur) (19), bien exprimé en Vendée en lisière nord du Bassin d'Aquitaine et ponctuellement en Sarthe et en Maine-et-Loire en bordure ouest du Bassin de Paris ; cette formation montre un équivalent-U moyen compris entre 2,75 et 3 ppm ;
- les autres formations ayant un équivalent-U moyen significatif ($U > 2$) sont : les sables et argiles crétacé (16) (Albo-Cénomaniens), les sables et argiles de l'Oligocène-Eocène (11), les sables du Miocène/Pliocène (6), les sables, argiles et galets fluviatiles de l'Eocène/Pliocène(8), les sables, vases et argiles de l'Holocène fluviomarinal et fluviatile (2-3).

Le calcul du ΔU appliqué aux formations de la couverture sédimentaire

Le calcul du delta U appliqué aux formations de la couverture sédimentaire, permet de circonscrire quelques anomalies ponctuelles U :

- au sein de la formation du Jurassique inférieur et moyen basal (19), bien exprimé notamment en Vendée méridionale, où le ΔU varie ainsi de 1 à 1,5 ppm ; cependant, compte tenu de la teneur moyenne de cette formation (équivalent-U moyenne 2,75-3 ppm), la valeur maximale des anomalies U ne dépasse pas 4,5 ppm ;
- au sein du Jurassique moyen (17) (teneur équivalent U moyenne 2,5-2,75 ppm) un ΔU de 1 à 1,5 ppm souligne, notamment en Vendée, quelques anomalies ; cependant, compte tenu de la teneur moyenne de la formation, ces anomalies ponctuelles demeurent d'un niveau très modéré ;
- au sein des formations sablo-argileuses (Sables du Maine et du Perche) de l'Albien-Cénomaniens (16) (teneur équivalent-U moyenne 2,25-2,5 ppm) du NW de la Sarthe, où le delta U varie de 1 à 1,5 ppm ;
- au sein des formations sablo-graveleuses du Pliocène-Pleistocène (teneur équivalent-U moyenne 2,5-2,75 ppm), notamment dans les placages sableux (8) de la région de Candé et surtout ceux de Savenay et de Clisson/La Bernardière ; dans ces deux derniers, le delta U varie de 1,5 à 5 ppm ; on peut cependant s'interroger sur la nature réelle de ces anomalies ; il semble en effet, qu'elles soient liées, au moins en partie, au substratum de ces sables : ainsi sont-elles bien exprimées lorsque ce substratum est constitué par le leucogranite de Mortagne, lui-même fortement anomal (équivalent-U moyen > 4,5 ppm), alors qu'elles disparaissent vers le nord lorsque ces placages sableux recouvrent les paragneiss du Landreau ;
- au sein de l'Holocène où des anomalies à delta U compris entre 1 et 1,5 ppm, apparaissent notamment dans les alluvions anciennes et récentes (4-3) de la vallée de la Sarthe, dans la région de Beaumont-sur-Sarthe. Ce même type d'anomalies se rencontrent aussi, fréquemment, dans les alluvions de la Loire.

3.2.2. Les données de la gammamétrie des diagraphies de sondages

L'étude systématique des gamma-ray des diagraphies de sondages réalisées dans la couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque des départements de Vendée, Maine-et-Loire et Sarthe et répertoriées dans la Banque des Données du Sous-Sol (BSS) montre que (annexe 1) :

- la formation ayant la plus forte radioactivité naturelle en comptage total (U-K-Th) est le Jurassique inférieur et moyen basal (19). En effet, en dépit des incertitudes concernant les mesures, (type de capteur, diamètre du forage...) il apparaît que cette formation montre une moyenne de 35 à 40 cps (chocs par seconde) avec des pics à 90/110 cps ;

- la formation de l'Albien-Cénomanién (16) a aussi une radioactivité naturelle importante, avec une moyenne proche de 30 cps et des pics à 60/80 et parfois 120 cps ;
- les formations éocènes (12) et des formations superficielles argileuses indéterminées (x) (cf. annexe 1) ont aussi, ponctuellement, des valeurs assez élevées ; cependant les données sur ces formations sont trop ponctuelles pour être interprétées et généralisées.

Les résultats de cette étude des diagraphies apparaît ainsi globalement en accord avec les données de la radiométrie aéroportée qui montre que les formations précédentes sont celles qui ont la teneur équivalent-U moyenne la plus élevée, bien qu'aucune de ces formations de la couverture sédimentaire n'ait une teneur équivalent U moyenne anormale.

3.3. IDENTIFICATION DES COMMUNES PRESENTANT LE POTENTIEL RADON AU SOL, LE PLUS ELEVE

Le croisement des données numériques précédentes avec le fichier "BD carto" des communes, permet, sur des cartes départementales à 1:250 000 (cartes 6A à 6 E et annexe 2), d'identifier (planche 4) :

- les communes qui sont concernées par les formations où les zones anormales, à teneur moyenne équivalent-U forte, moyenne ou faible ;
- celles qui présentent de plus, des périmètres à $U > 1$ ppm ;
- celles qui sont éventuellement recoupées par un couloir de fracturation.

Ainsi sont identifiées les communes où se situent les concentrations-radon potentielles au sol, les plus élevées, sachant que sur ces documents, une commune affiche toujours sa potentialité la plus forte et que cette dernière est d'autant plus élevée pour une commune donnée que les trois critères précédents sont présents sur son territoire.

4. Conclusions sur la cartographie prédictive

Dans le cadre de ce projet, seule la source du radon est l'objet de l'étude. La cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol, dans les Pays de la Loire, réalisée en deux phases, montre que :

- **les formations du socle constituent les principales sources potentielles de radon**
- **les formations de la couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque ne comportent guère de potentialités significatives.**

La première phase du projet a en effet, permis de déterminer les formations du socle qui ont des potentialités élevées de production de radon, compte tenu de leur teneur anormale moyenne en équivalent-U.

La seconde phase du projet aboutit à circonscrire au sein de ces formations anormales du socle, les périmètres les plus sensibles, en prenant en compte le ΔU (différence entre la teneur moyenne U anormale et la valeur ponctuelle mesurée) et les données structurales (facteur important pour l'émanation et l'exhalation du gaz radon) ; il apparaît ainsi que **les zones les plus sensibles sont situées le long du Cisaillement Sud-Armoricain (CSA) où se rencontrent nombre de facteurs favorables à la concentration de radon : formations (leucogranites) à teneur moyenne équivalent-U forte, ΔU élevés et souvent fracturation importante.**

Les orthogneiss et granite d'anatexie de l'Unité de St Nazaire dans les régions de St Père-en-Retz/St Viaud et d'Herbignac/Missillac, présentent aussi des facteurs favorables à la concentration de radon au sol : teneur équivalent-U moyenne assez élevée, ΔU significatifs et, localement dans cette dernière zone, une fracturation importante.

Le batholite granitique de la Roche-sur-Yon constitue aussi une zone à potentiel élevé, compte-tenu de la teneur équivalent-U moyenne et des nombreuses zones à ΔU significatifs ; par contre ce massif est peu affecté, *a priori*, par la fracturation.

Enfin, compte-tenu de leur teneur équivalent-U moyenne $>$ à 3,5 ppm et des niveaux de ΔU relevés, certains périmètres ponctuels (au sein de formations *a priori* non anormales) montrent aussi des potentiels de production de radon non négligeables : notamment dans les "porphyroïdes de Vendée" et les "micaschistes de St Gilles" près de Pornic et de La Plaine-sur-Mer, au sein de l'orthogneiss du Pellerin dans la région de Couéron/La Montagne, au niveau de l'orthogneiss de l'Ennerie près de Chauvé.

La seconde phase du projet aboutit aussi à démontrer que les formations de la couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque, tant d'après les données de la gammamétrie

aéroportée que celles de la gammamétrie des diagraphies de sondage, ne comportent pas, *a priori*, de fortes potentialités comme sources de radon. En effet, la teneur moyenne équivalent-U des formations traitées en radiométrie aéroportée demeure inférieure à 3 ppm (de ce fait ces formations ne sont pas anormales) et de plus, les niveaux de "chocs/seconde" dans les diagraphies de sondage demeurent modérés.

5. Commentaires sur les teneurs de radons mesurées par l'IPSN

Pour l'activité volumique du radon dans les habitations, les pouvoirs publics français ont retenu d'une part la valeur de 400 Bq/m³ comme seuil de précaution, nécessitant un suivi et d'autre part la valeur de 1000 Bq/m³ comme seuil d'alerte, nécessitant des mesures immédiates. La communauté européenne a retenu quant à elle, la valeur de 200 Bq/m³ comme seuil de précaution pour les habitations de construction récente.

Les mesures de concentration de radon réalisées par l'IPSN sur les cinq départements représentent une très faible densité de points: ceci ne permet guère d'étalonner les zones-source en établissant statistiquement une éventuelle liaison directe entre la teneur moyenne équivalent-U des formations du substratum et la concentration en radon dans les habitations sus-jacentes.

Département de Loire-Atlantique

140 mesures de concentration de radon ont été réalisées dans les habitations de Loire-Atlantique et il apparaît que peu de ces mesures ont été effectuées dans les zones *a priori* les plus favorables à la présence de radon.

Une seule de ces mesures dépasse le seuil de 400 Bq/m³ ; réalisée à Boussay, elle atteint 564 Bq/m³ et se situe sur une formation fortement anormale (le leucogranite de Mortagne), avec de plus un ΔU compris entre 1,5 et 5 ppm ; ainsi ce niveau de concentration en radon paraît conforme au contexte géologique et structural.

Quatre autres mesures sont supérieures à 200 Bq/m³ ; deux d'entre elles sont situées sur le leucogranite fortement anormal qui prolonge vers l'ouest celui de Mortagne et ceci dans une zone qui est de plus affectée par un couloir de fracturation ; elles apparaissent donc parfaitement compatibles avec l'environnement géologique.

Par contre, les deux dernières mesures supérieures à 200 Bq/m³ sont situées dans une formation du socle non anormale, les "micaschistes de Mauves-Sur-Loire" ; de ce fait, une explication à ce niveau de concentration est à rechercher dans le contexte local.

Département du Maine-et-Loire

132 mesures de concentrations de radon ont été réalisées dans les habitations du Maine-et-Loire ; une seule valeur supérieure à 400 Bq/m³ et 3 valeurs comprises entre 200 et 400 Bq/m³ ont été relevées ; la valeur la plus forte (435 Bq/m³) est située à Chalonnes-sous-le-

Lude ; cette localité possède comme substratum une formation de la couverture sédimentaire cénozoïque, sans potentialité particulière en tant qu'éventuelle zone-source pour le radon ; cependant il est possible que l'un des niveaux argileux associé à cette unité éocène ait favorisé une certaine concentration de l'uranium.

La mesure supérieure à 200 Bq/m³ située à Montigné-sur-Moine paraît quant à elle très "normale" au vu du contexte géologique : formation à forte teneur moyenne équivalent-U (leucogranite de Mortagne) et fracturation intense.

Les deux autres valeurs supérieures à 200 Bq/m³ ont été relevées dans des contextes *a priori* peu favorables aux concentrations en radon : l'une au Lion-d'Angers, est en effet située sur la formation non anormale du Briovérien de Bretagne centrale et l'autre à La Menitre, est associée aux alluvions de la Loire ; il convient donc en ces deux cas de rechercher l'origine de cette concentration dans le contexte local.

Département de La Mayenne

183 mesures de concentrations de radon ont été réalisées dans les habitations de Mayenne ; elles comportent une valeur à 1292 Bq/m³ à Bais, et 4 valeurs supérieures à 400 Bq/m³, 678 Bq/m³ à Andouillé, 588 Bq/m³ à Livre, 446 Bq/m³ à Ernée et 426 Bq/m³ à Bais ; enfin 10 mesures sont comprises entre 200 et 400 Bq/m³.

Aucune de ces mesures n'est en relation avec les formations ou/et les zones déterminées comme étant, *a priori*, les plus favorables à la production de radon, compte-tenu de leur teneur moyenne en équivalent-U (la teneur moyenne équivalent-U des granites du batholite mancellien est de 2,75 à 3 ppm et celle du Briovérien métamorphique de 2,5 à 2,75 ppm, avec des $\Delta U < 1$ ppm) ; il apparaît cependant, que les trois valeurs situées au sud-ouest du département dans les régions de Ballots et Livré sont situées dans le couloir de fracturation Craon-Segré, caractère favorisant l'émanation et l'exhalation du radon ;

Les autres valeurs sont dispersées soit dans les granites du batholite mancellien soit dans le Briovérien métamorphisé au contact de ce dernier, formations dans lesquelles aucune anomalie de teneur équivalent-U n'a été relevée. De ce fait, la concentration de radon est à relier à des facteurs autres que la composition du substratum ; le principal de ces autres facteurs est très probablement une fracturation locale bien développée, tel à Bais où plusieurs failles axées NE-SW sont connues ; en effet le batholite mancellien constituait lors de l'orogénèse varisque un domaine ancien rigide qui de ce fait, a réagi à ces nouvelles contraintes en se fracturant dans la masse initialisant ainsi des conditions particulièrement favorables pour l'émanation et l'exhalation du radon bien que les qualités intrinsèques de la source ne soient pas optimales pour la production de ce gaz.

Département de la Sarthe

211 mesures de concentrations de radon ont été réalisées dans les habitations de la Sarthe. Une seule est supérieure à 400 Bq/m³, (413 Bq/m³ au Mans) et seulement 3 sont comprises entre 200 et 400 Bq/m³. D'après les teneurs moyennes équivalent-U des formations géologiques présentes dans ce département, il n'y a pas, *a priori*, d'unité à potentialité-radon significative. De ce fait, les facteurs à l'origine des rares concentrations non négligeables relevées, sont à chercher dans des conditions particulières locales indépendantes des qualités intrinsèques de la formation-source.

Département de la Vendée

155 mesures de concentration de radon ont été réalisées dans les habitations du département de Vendée. Une seule valeur, dépasse les 400 Bq/m³ : 791 Bq/m³ à Mortagne-Sur-Sèvre ; elle apparaît conforme au contexte géologique environnant: formation (leucogranite de Mortagne) à teneur moyenne équivalent-U fortement anormale et zone affectée par un couloir de fracturation, deux caractères très favorables à la production, à l'émanation et l'exhalation du radon.

Sur les 12 autres valeurs supérieures à 200 Bq/m³, trois sont situées sur la même formation fortement anormale (leucogranite de Mortagne) que précédemment et deux sur le batholite granitique de la Roche-Sur-Yon, unité moyennement anormale : ces mesures sont donc cohérentes avec le contexte géologique.

Enfin, cinq autres valeurs supérieures à 200 Bq/m³ apparaissent associées aux séries du Jurassique, notamment inférieur et moyen basal ; cette unité de la couverture sédimentaire mésozoïque est *a priori* assez peu favorables aux concentrations en radon, mais l'étude précédente a montré qu'elle peut néanmoins, ponctuellement, contenir des teneurs non négligeables d'uranium.

Enfin les deux dernières valeurs supérieures à 200 Bq/m³ sont associées à des formations du socle non anormales, l'orthogneiss de l'Angle et les "schistes du Haut-Bocage" : la cause de ces concentrations sont donc probablement liées au contexte local.

6. Perspectives

Les études menées au cours des deux phases de ce projet ont permis de sortir la quintessence des données de la radiométrie spectrale aéroportée et de la carte géologique numérique à 1:250 000 des Pays de la Loire : les zones-source potentielles du radon ont été identifiées et caractérisées.

Il apparaît donc que la démarche suivante la plus immédiate soit de procéder aux mesures de concentration de radon dans les bâtiments des communes identifiées comme ayant le substratum qui présentent les plus fortes potentialités de production, d'émanation et d'exhalation de radon. Il est entendu que le choix des bâtiments-test devra aussi prendre en compte les données disponibles sur l'influence des caractéristiques des bâtiments sur les éventuelles concentration en radon. Par la suite, si les mesures de concentration-radon effectuées sont suffisamment nombreuses et suffisamment ciblées, il sera possible d'envisager d'étalonner les zones-source et ainsi d'affiner les sélections.

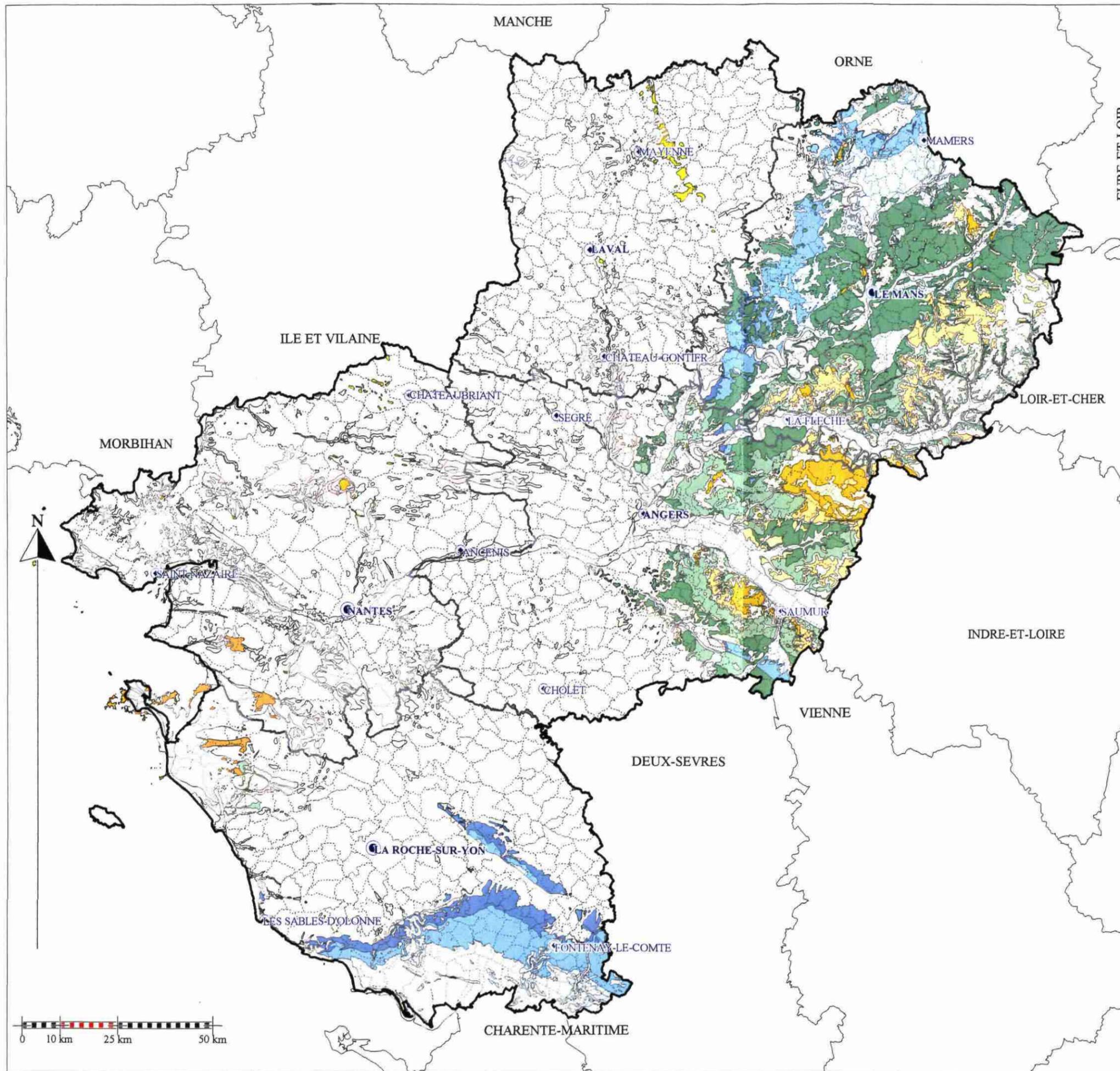
Références bibliographiques

Bonijoly D., Perrin J., Truffert C., Asfirane F. (1999) - Couverture géophysique aéroportée du Massif armoricain- Rapport BRGM R 40471, 75 p., 13 fig., 12 tabl., 2 ann.

Chantraine J., Rabu D., Giot D. (1997) - Carte géologique des Pays de la Loire à 1/250000.

Béchennec F., Tourlière B., Perrin J., Urien P., Rabu D. (1999) - Cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium et des données de la carte géologique à 1:250 000 du socle de la région des Pays de la Loire. Rap. BRGM R 40895.

P L A N C H E S

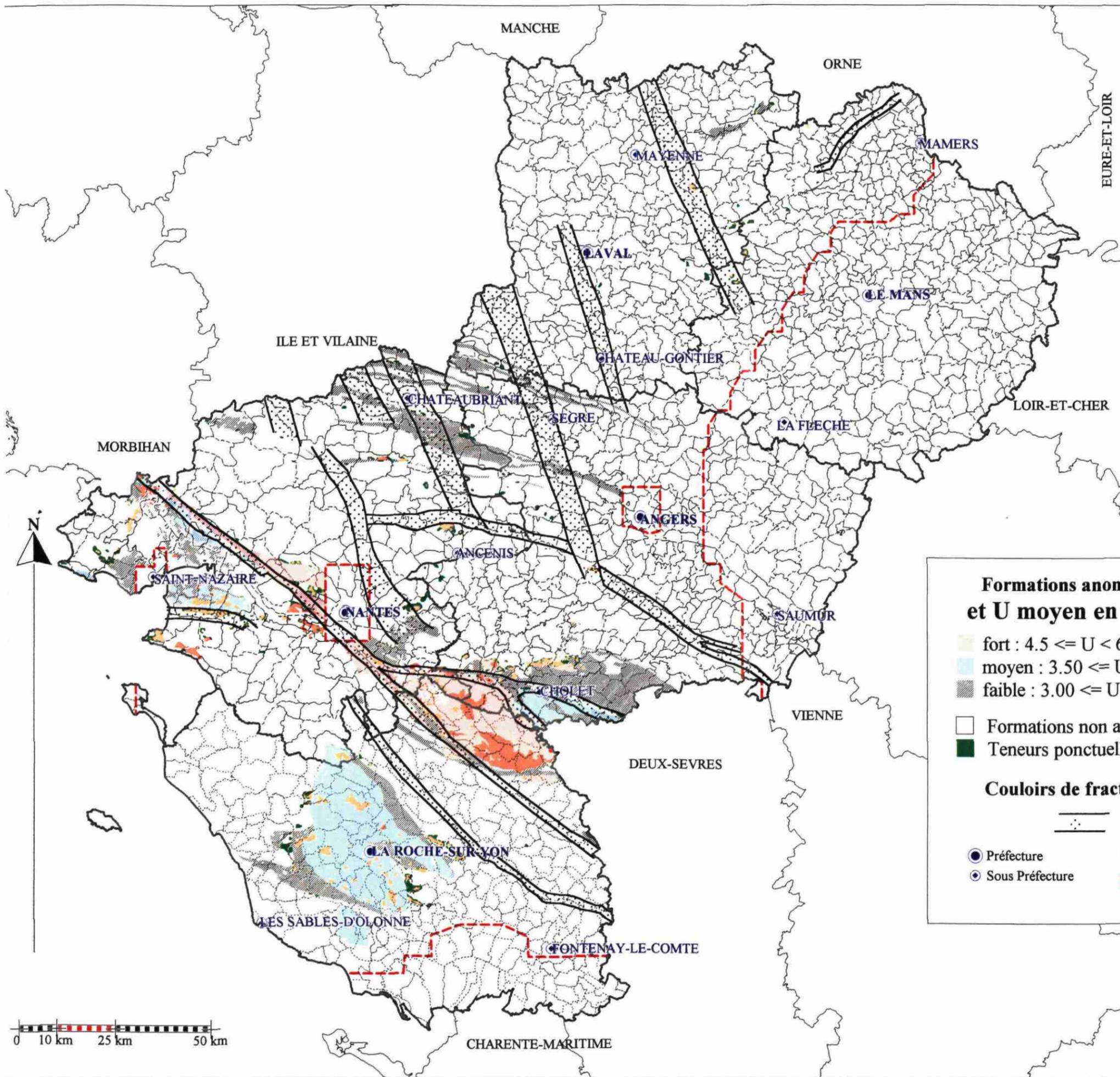


**CARTOGRAPHIE PREDICTIVE
DES CONCENTRATIONS EN RADON**
Région Pays de la Loire
**CARTE GEOLOGIQUE DES FORMATIONS
DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE
MESOZOIQUE ET CENOZOIQUE**
Echelle : 1/ 1 000 000

**LEGENDE DES FORMATIONS DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE
MESOZOIQUE ET CENOZOIQUE**

Holocène		Dunes et cordons littoraux (1)
		Alluvions fluvio-marines récentes (2)
		Alluvions fluviales récentes (3)
		Alluvions fluvio-marines anciennes (201)
Pliocène		Alluvions fluviales anciennes (4)
		Nappes de sables éoliens (5)
Pliocène à Pliocène		Sables, graviers, argiles et cailloutis - Sables rouges de Bretagne (6)
		Sables rouges de Bretagne sur marnes et calcaires éocènes (610)
		Sables rouges de Bretagne sur argiles et sables éocènes (612)
Plio/Miocène		Sables, calcaires et marnes - Faluns d'Anjou et de Touraine (7)
Plio/Eocène		Sables, argiles et cailloutis - Epandage graveleux de Basse-Loire (8)
		Sables, argiles et meulères de la Mayenne (9)
Oligo/Eocène		Marnes et calcaires lacustres du Maine et d'Anjou (10)
		Calcaires sableux ou graveleux de Vendée côtière (11)
Eocène		Argiles et sables, "Grès à Sabaltes", conglomérats à silex, "Perron" (12)
		Argiles résiduelles à silex (13)
Sénonien/Turonien		Argiles et sables à silex (14)
Tur/Cénomarien		Marnes et craie à silex, tuffeau (15)
Céno/Albien		Sables, argiles et marnes (16)
Oxfordien/Callovien		Marnes, calcaires argilo-sableux (17)
Bathonien/Bajocien		Calcaires argileux ou graveleux (18)
Aalénien/Lias		Argiles, sables, calcaires gréseux (19)

- Préfecture
- Sous Préfecture
- Limite de commune



**CARTOGRAPHIE PREDICTIVE
DES CONCENTRATIONS EN RADON
Région Pays de la Loire
CARTE DES ANOMALIES
DES FORMATIONS ET SECTEURS
DU SOCLE
A TENEUR U MOYENNE ANOMALE**

Echelle : 1/ 1 000 000

**Formations anormales
et U moyen en ppm**

	fort : $4.5 \leq U < 6.29$		Delta U > 1 5 - 10
	moyen : $3.50 \leq U < 4.50$		1.5 - 5
	faible : $3.00 \leq U < 3.50$		1 - 1.5

Formations non anormales et $U < 3\text{ppm}$
 Teneurs ponctuelles anormales et $U > 3.5\text{ppm}$

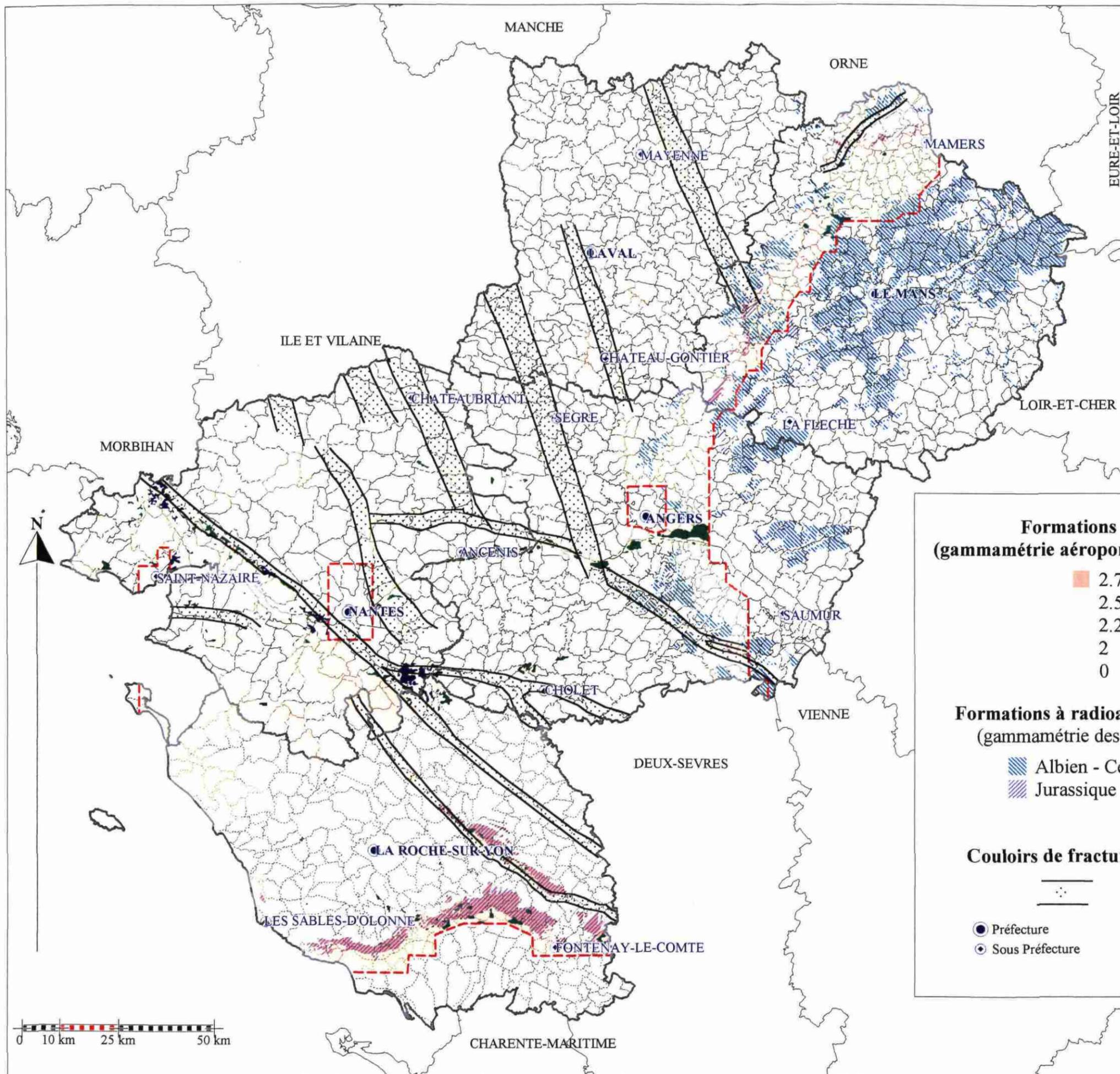
Couloirs de fracturation

Préfecture Limite de commune
 Sous Préfecture Limite de gammamétrie aéroportée

**CARTOGRAPHIE PREDICTIVE
DES CONCENTRATIONS EN RADON
Région Pays de la Loire**

**CARTE DES ANOMALIES PONCTUELLES
(D'APRES LA GAMMAMÉTRIE AÉROPORTÉE)
AU SEIN DES FORMATIONS
DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE NON ANOMALE ET
DES FORMATIONS A TAUX DE RADIOACTIVITÉ (cps)
LES PLUS ÉLEVÉS EN GAMMAMÉTRIE DE DIAGRAPHIE**

Echelle : 1/ 1 000 000



**Formations non anomales
(gammamétrie aéroportée et U moyen en ppm)**

2.75 - 3
2.5 - 2.75
2.25 - 2.5
2 - 2.25
0 - 2

Delta U > 1

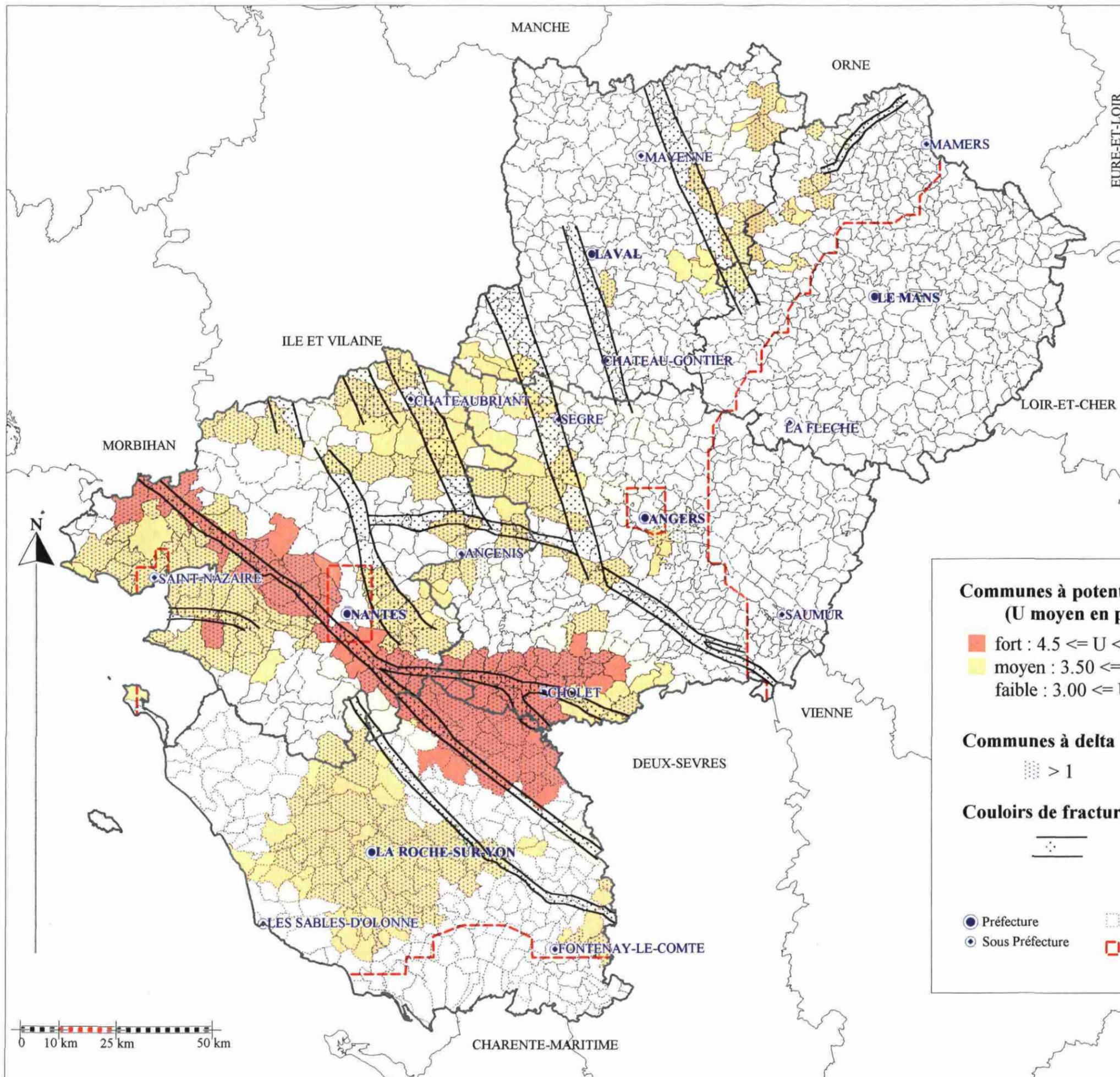
1.5 - 5
1 - 1.5

**Formations à radioactivité naturelle élevée
(gammamétrie des diagraphies U-K-Th)**

Albien - Cénomanién
Jurassique inf. et moy. basal

Couloirs de fracturation

● Préfecture
○ Sous Préfecture
□ Limite de commune
□ Limite de gammamétrie aéroportée



**CARTOGRAPHIE PREDICTIVE
DES CONCENTRATIONS EN RADON**
Région Pays de la Loire
**CARTE DES COMMUNES CONCERNEES
PAR LES CONCENTRATIONS POTENTIELLES
EN RADON**

Echelle : 1/1 000 000

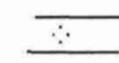
**Communes à potentiel Radon
(U moyen en ppm)**

- fort : $4.5 \leq U < 6.29$
- moyen : $3.50 \leq U < 4.50$
- faible : $3.00 \leq U < 3.50$

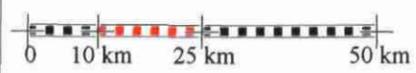
Communes à delta U

> 1

Couloirs de fracturation

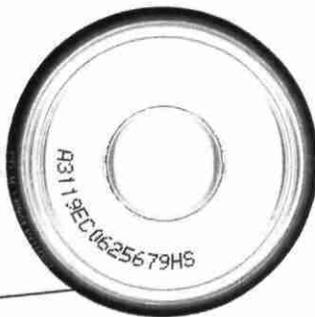


- Préfecture
- ◐ Sous Préfecture
- Limite de commune
- Limite de gammamétrie aéroportée



Document réalisé par BRGM SGR PAL
Décembre 2000 - Rapport N° RP-50448-FR
Planche N° 4

RadonPAI 00
Fichiers .PDF
(format Adobe ACROBAT 4)



RADONPAI
ANNEXES

PAYS DE LA LOIRE

BRGM - SGRIPAL - 2000

BRGM

Service Géologique Régional des Pays de la Loire

1, rue des saumonières - BP 92342 - 44323 NANTES CEDEX 03 - Tél : 02 51 86 01 51



Cartographie prédictive des concentrations potentielles en radon au sol

*à partir de la radiométrie spectrale aéroportée de l'uranium,
des diagraphies gamma-ray
et des données de la carte géologique à 1/250000
de la région des Pays de la Loire*

Phase 2

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 00-POL-509

Annexes

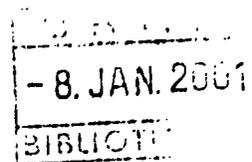
Décembre 2000
RP-50448-FR



ANNEXES

Annexe 1: relevé de gammamétrie (en cps) d'après les diagraphies de sondage dans les départements de Maine-et-loire, Sarthe et Vendée.

Annexe 2: listes des communes concernées par les plus fortes concentrations potentielles en radon au sol.



Annexe 1:

**Relevé de gammamétrie (en cps)
d'après les diagraphies de sondage, dans les départements de
Maine-et-Loire, Sarthe et Vendée**

GAMMAMETRIE DES DIAGRAPHIES DES TERRAINS SEDIMENTAIRES MESOZOIQUES ET CENOZOIQUES (49)

N° BSS	DESIGN.	COORDONNEES (L2 ét.)		UNITES GEOLOGIQUES																				
		X	Y	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	X	
Valeurs en CPS (chocs par seconde) moyenne/pic maximal																								
04243X0013	F	412 850	2 293 260																					45
04246X0009	F	406 250	2 287 180				30/50	30/40																50
04552X0061	F4	406 820	2 274 030				40/52																	
04552X0063	S1	403 850	2 275 290				30/50																	
04552X0065	S3	403 890	2 275 470			8	28/60	35/55																
04552X0066	S4	403 830	2 275 530				30/70	40/70																
04552X0067	S5-FS	403 540	2 275 140				35/60																	
04552X0070	F2	408 320	2 275 770				35/48																	
04558X0073	F	422 890	2 263 710							13/45												50		
04854X0242	F1	419 575	2 252 825				30/40															35		
04858X0082	F2	418 870	2 251 900				40/65	25/70																
04865X0547	F	426 680	2 244 900				25/40	13/22																
05122X0507	F2	405 580	2 238 960				25/45	15/30		40														
05124X0510	F	419 510	2 235 900				30/70	13/25	25/35															

UNITES GEOLOGIQUES :

1	Holocène	Dunes et cordons littoraux
2	Holocène fluvio-marin	Vase ("bri"), sable
3	Holocène fluvatile	Sable, limon, argile
4	Pléistocène fluvatile	Sable, graviers, galets
5	Pléistocène éolien	Sable éolien
6	Pliocène/Pleistocène	Sable (Sables de Bretagne)
7	Miocène/Pliocène	Faluns
8	Eocène /Pliocène fluvatile	Blocs (calcaires), galets, sable, argile
9	Eocène /Oligocène de la Mayenne	Sable, argile, grès, calcaire meulièrement
10	Eocène/ Oligocène du Maine et Anjou	Calcaire lacustre, marne
11	Eocène/Oligocène de Vendée	Calcaire sableux marin
12	Eocène inférieur	Sable, grès
13	Limite Crétacé/Tertiaire	Argile à silex
14	Turonien terminal - Sénonien	Craie, sable
15	Cénomanién terminal - Turonien	Marne, craie
16	Albien-Cénomanién	Sable, argile (Sables du Maine, Sables du Perche)
17	Jurassique moy. sommital et sup.	Marne, calcaire
18	Jurassique moyen	Calcaire
19	Jurassique inférieur et moyen basal	Marne, argile, calcaire
X	Superficiel indéterminé	

N° BSS	DESIGN.	COORDONNEES (L2 ét.)		UNITES GEOLOGIQUES :																			
		X	Y	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	X
03577X0002	SF1	414 220	2 323 940		15/52	30/48																	
03577X0003	SF2	414 600	2 323 780		15/42	22/35	20/33																30
03577X0004	SF3	415 800	2 323 440		13/35	20/35	40/55																
03577X0037	SECOUR	414 550	2 327 950		20-30																		40
03588X0008	SR1	450 200	2 322 975				25/42	10/012			15/25												
03588X0010	SR2	450 780	2 322 540				20/65	10/018			20/32												30
03591X0070	SC22	458 803	2 341 685				15/30																
03591X0075	SR	456 950	2 334 320				15/70																
03591X0076	SR	457 940	2 335 760				20/50				25/72												60
03591X0077	SR	457 780	2 335 000				15/50																
03592X0049	F1	464 750	2 331 780				13/42	13/45			50/60												55
03592X0050	F1	461 625	2 332 200				13/50	13/18			20/30												30
03592X0051	F	461 625	2 333 000				20/48				35/45												
03592X0055	F1	464 450	2 334 910				15/40	13/25			45												
03593X0007	F1	467 340	2 340 000				40/70																
03593X0008	F	467 900	2 336 150				35/82																50/68
03594X0007	F	474 200	2 337 625				32/42																30
03596X0004	F	463 650	2 331 400				13/24																
03596X0005	F	460 870	2 328 480				13/35																
03597X0006	F	467 900	2 328 250				20/41				50/100												
03923X0024	S2	411 400	2 313 920		13/38	13/28	15/22																
03926X0025	F	406 620	2 305 760				30/50																
03927X0027	F	412 020	2 304 120		13/30	25	25/40	40/55			35/60												55
03928X0052	F1993	423 480	2 309 160				20/52	50															25
03931X0011	F2	431 150	2 313 720				15/35	15/30			15/60												
03932X0018	F	433 000	2 316 650				15/25	18/38															
03932X0026	F	433 500	2 316 480				20/42	20/38															
03932X0027	F	432 275	2 317 875				déc-50																
03935X0068	F2	430 739	2 305 414				30/65	20/45		45/70													
03936X0021	F	436 840	2 304 750				22/32	20/38															
03936X0022	F	433 210	2 309 020				30/60																
03936X0026	F	433 620	2 309 600				15/35																
03936X0030	F1	433 940	2 311 750				15/50	25/40			25												
03936X0031	S	433 775	2 311 525				20/30	13/28			15/65												
03937X0010	F	440 660	2 306 025				13/20																
03944X0501	F	472 300	2 319 900					008/24															
03945X0011	F	453 800	2 308 150				15/40	10		15													
04252X0036	SR	433 650	2 292 860				25/80	40/60						20/100									
04254X0049	F	446 450	2 292 275				15/42	20/43						15/62									
04254X0052	F1	446 300	2 300 750				15/42	18/35						13/18									

N° BSS	DESIGN.	COORDONNEES (L2 ét.)		UNITES GEOLOGIQUES :																				
		X	Y	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	X	
UNITES GEOLOGIQUES :																								
1	Holocène																							
2	Holocène marin																							
3	Holocène fluvialile																							
4	Pléistocène fluvialile																							
5	Pléistocène éolien																							
6	Miocène/Pliocène																							
7	Miocène																							
8	Eocène/Pliocène fluvialile																							
9	Eocène/Oligocène de la Mayenne																							
10	Eocène/Oligocène du Maine et anjou																							
11	Eocène/Oligocène de Vendée																							
12	Eocène inférieur																							
13	Limite Crétacé/Tertiaire																							
14	Turonien terminal - Sénonien																							
15	Cénomanien terminal - Turonien																							
16	Albien-Cénomanien																							
17	Jurassique moy. sommital et sup.																							
18	Jurassique moyen																							
19	Jurassique inférieur et moyen basal																							
X	Superficiel indéterminé																							

N° BSS	DESIGN.	COORDONNEES (L2 ét.)		UNITES GEOLOGIQUES																				
		X	Y	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	X	
05866X0135	SF5	349580.000	2171950.000	40/110	13/32																			50
05866X0140	F2	347230.000	2172000.000	35/80	13/38																			46
05866X0143	F	349200.000	2168900.000	35/80	13/32																			52
05866X0147	S1	348240.000	2170050.000	40/90	13/32																			
05866X0148	S	345620.000	2170240.000	35/85	12																			
05866X0165	SF3	345650.000	2168200.000	35/110	008/28																			
05866X0180	PIEZO	345340.000	2168570.000	30/98	006/22																			
05866X0181	F	347660.000	2174540.000	25/40	10																			38
05866X0182	F1	350620.000	2172080.000	40/75	12																			
05866X0183	F2	350900.000	2172570.000	35/82	010/28																			45
05866X0186	F	351030.000	2170300.000	35/85	10																			46
05867X0129	F	352320.000	2169650.000	35/60	15/32																			
05867X0130	SF2	354120.000	2167180.000	40/110	13/40																			60
05867X0133	SF3	353900.000	2167080.000	35/80	15																			
05867X0138	F	354960.000	2169520.000	35/85																				
05867X0159	SR1	352960.000	2168680.000	35/70	13/32																			
05867X0161	SR2	352450.000	2169120.000	35/70	13/32																			65
06074X0083	F	304520.000	2167000.000	35/65																				
06082X0048	SF1	323400.000	2165350.000		10	30/45																		
06082X0050	SF2	323110.000	2165900.000	30/63	008/2	18/28																		57
06083X0060	F	324490.000	2157890.000	50/100	13/42	35/70																		
06092X0560	F	350680.000	2164650.000	65	13/25																			
06092X0566	SF	350720.000	2158450.000	30/72	008/3	25/40																		58
06093X0142	S	353560.000	2165000.000	40/50	14/25																			50
06094X0154	SF3	362200.000	2160390.000	50/110	13/50																			
06094X0159	S	358100.000	2163560.000	40/85	14/25																			
06101X0138	F2	366640.000	2159400.000	30/60	008/22																			
06101X0148	SF4	367090.000	2160440.000	70/110	15/50																			110
06101X0149	SF5	366550.000	2159080.000	70/110	15/45																			60
06101X0150	SF6	365840.000	2158320.000	65/100	14/20	30/40																		50
06101X0151	S	368450.000	2163980.000	45/65	10																			
06101X0152	S	369730.000	2161350.000	45/80	15/28																			
06101X0153	S	365870.000	2162910.000	45/75	14/60																			75
06101X0157	SF1	368550.000	2160930.000	45/95																				
06101X0158	SF2	367360.000	2161780.000		13/46																			62
06101X0159	SF3	367000.000	2161280.000	82	14/42																			65
06101X0160	SF4	366350.000	2160150.000		15/40																			65
06101X0161	SF5	367030.000	2160160.000	40/82	15/45																			80
06101X0162	SF6	367790.000	2160510.000	75	14/40																			55
06101X0163	SF7	368450.000	2159670.000	45/80	14/35																			
06101X0164	SF8	369000.000	2158930.000	75	009/40																			60
06101X0165	SF9	368880.000	2158450.000	45/75	13/45																			
06101X0166	SF10	366180.000	2161910.000	40/90	13/45																			
06101X0167	SF15	370950.000	2158730.000	85	13/50																			60
06101X0168	SF13	370120.000	2158360.000	85	15/45																			
06101X0169	SF14	371040.000	2159820.000	42/70	14/55																			

N° BSS	DESIGN.	COORDONNEES (L2 ét.)		UNITES GEOLOGIQUES																				
		X	Y	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	X	
06101X0170	SF12	368150.000	2160390.000	13/60	13/32																			
06101X0177	F	370440.000	2158000.000	40/85	14/35																			
06101X0181	SP	366820.000	2162250.000	40/95	13/30																			
06101X0188	SPF2	364980.000	2162280.000	45/95	13/40																			
06101X0195	SF2	367820.000	2159670.000	35/70	13/30																			
06101X0207	S	366450.000	2163790.000	40/100	13/40																			
06101X0214	SP2	371000.000	2161470.000	40/70	12																			
06101X0216	F	365940.000	2163600.000	35/60	13/35																			
06101X0232	F1	370000.000	2162000.000	38/100	14/40																			
06101X0276	P1	371220.000	2156250.000	30/65	14/35	20/40																		
06102X0589	F	374780.000	2156220.000	45/85	13/40																			
06102X0591	F	373210.000	2158080.000	45/80	14/45																			
06102X0592	F	373800.000	2159550.000	40/70	13/30																			
06102X0603	S	377620.000	2156520.000	60/100	10																			

UNITES GEOLOGIQUES :

1	Holocène	Dunes et cordons littoraux
2	Holocène marin	Vase ("bri"), sable
3	Holocène fluviatile	Sable, limon, argile
4	Pléistocène fluviatile	Sable, graviers, galets
5	Pléistocène éolien	Sable éolien
6	Miocène/Pliocène	Sable (Sables de Bretagne)
7	Miocène	Faluns
8	Eocène/Pliocène fluviatile	Blocs (calcaires), galets, sable, argile
9	Eocène/Oligocène de la Mayenne	Sable, argile, grès, calcaire meulièrement
10	Eocène/Oligocène du Maine et Anjou	Calcaire lacustre, marne
11	Eocène /Oligocène de Vendée	Calcaire sableux marin
12	Eocène inférieur	Sable, grès
13	Limite Crétacé/Tertiaire	Argile à silex
14	Turonien terminal - Sénonien	Craie, sable
15	Cénonanien terminal - Turonien	Marne, craie
16	Albien-Cénonanien	Sable, argile (Sables du Maine, Sables du Perche)
17	Jurassique moy. sommital et sup.	Marne, calcaire
18	Jurassique moyen	Calcaire
19	Jurassique inférieur et moyen basal	Marne, argile, calcaire
X	Superficiel indéterminé	

Annexe 2:

**Liste des communes concernées par les plus fortes
concentrations potentielles en radon, au sol**

**communes à substratum à équivalent-U moyen anormal fort, à
potentialité radon au sol, élevée**

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
AIGREFEUILLE-SUR-MAINE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
BOUEE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
BOUGUENAI	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
BOUSSAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
CHATEAUTHEBAUD	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
CHAUVE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,72	delta U > 1
CLISSON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
CORDEMAIS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
COUERON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
FAY-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	
GETIGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
GORGES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
HERBIGNAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
LA CHAPELLE-LAUNAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
LE BIGNON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	
LE TEMPLE-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	
LES SORINIÈRES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	
MAISON-SUR-SEVRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
MALVILLE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
MISSILLAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
MONNIÈRES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
MONTBERT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
ORVAULT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
PONT-SAINT-MARTIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	
PONTCHATEAU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
PRINQUIAU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
REMOUILLE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
REZE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	
SAINTE-TIENNE-DE-MONTLUC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
SAINTE-HERBLAIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
SAINTE-HILAIRE-DE-CLISSON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
SAINTE-LUMINE-DE-CLISSON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	delta U > 1
SAINTE-REINE-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
SAUTRON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
SAVENAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
TREILLIÈRES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	
VERTOU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,97	
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,74	delta U > 1
BEGROLLES-EN-MAUGES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
CHANTELOUP-LES-BOIS	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	
CHOLET	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
CORON	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	
LA RENAUDIÈRE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
LA ROMAGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
LA SEGUINIÈRE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
LA TESSOUALE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
LA TOURLANDRY	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
LE LONGERON	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
LE MAY-SUR-EVRE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
MONTIGNE-SUR-MOINE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
NUAILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
ROUSSAY	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
SAINTE-ANDRE-DE-LA-MARCHE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
SAINT-CHRISTOPHE-DU-BOIS	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
SAINT-CRESPIN-SUR-MOINE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
SAINT-GEORGES-DES-GARDES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	
SAINT-GEORGES-DES-GARDES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	
SAINT-GERMAIN-SUR-MOINE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
SAINT-LEGER-SOUS-CHOLET	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
SAINT-MACAIRE-EN-MAUGES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
TORFOU	MAINE-ET-LOIRE	49	4,97	delta U > 1
TREMENTINES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
VEZINS	MAINE-ET-LOIRE	49	4,98	delta U > 1
BAZOGES-EN-PAILLERS	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
BEAUREPAIRE	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
CHAMBRETAUD	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
CHAVAGNES-EN-PAILLERS	VENDEE	85	4,74	
CUGAND	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LA BERNARDIERE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LA BOISSIERE-DE-MONTAIGU	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
LA BRUFFIERE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LA FLOCELLIERE	VENDEE	85	4,74	
LA GAUBRETIERE	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
LA GUYONNIERE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LA VERRIE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LES CHATELLIERS-CHATEAUMUR	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LES EPPESSES	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
LES HERBIERS	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
LES LANDES-GENUSSON	VENDEE	85	6,28	delta U > 1
MALLIEVRE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
MORTAGNE-SUR-SEVRE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
MORTAGNE-SUR-SEVRE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-AUBIN-DES-ORMEAUX	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-FULGENT	VENDEE	85	4,74	
SAINT-HILAIRE-DE-LOULAY	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-LAURENT-SUR-SEVRE	VENDEE	85	4,97	
SAINT-MALO-DU-BOIS	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-MARS-LA-REORTHE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-MARTIN-DES-TILLEULS	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
SAINT-MICHEL-MONT-MERCURE	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
TIFFAUGES	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
TREIZE-SEPTIERS	VENDEE	85	4,97	delta U > 1
TREIZE-VENTS	VENDEE	85	4,97	delta U > 1

communes à substratum à équivalent-U moyen anormal assez fort, à potentialité radon au sol, assez élevée

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
ABBARETZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,20	delta U > 1
ANCENIS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,67	delta U > 1
ARTHON-EN-RETZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
AVESSAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,64	delta U > 1
BARBECHAT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,56	
BASSE-GOULAIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,67	delta U > 1
BATZ-SUR-MER	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	
BELLIGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,54	
BESNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	delta U > 1
BOUAYE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
BRAINS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
CAMPBON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,97	delta U > 1
CARQUEFOU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,57	delta U > 1
CHEIX-EN-RETZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,57	delta U > 1
CHEMERE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,61	delta U > 1
CORSEPT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
CROSSAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	delta U > 1
DONGES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	delta U > 1
ERBRAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,68	delta U > 1
FERCE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,55	
FROSSAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
GRAND-AUVERNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,72	delta U > 1
GUEMENE-PENFAO	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,64	delta U > 1
GUERANDE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,78	delta U > 1
HAUTE-GOULAIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,70	delta U > 1
INDRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
ISSE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,74	
JUIGNE-DES-MOUTIERS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,60	
LA BAULE-ESCOUBLAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,85	delta U > 1
LA BERNERIE-EN-RETZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,01	delta U > 1
LA CHAPELLE-DES-MARAIS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,43	delta U > 1
LA CHAPELLE-GLAIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,62	
LA CHAPELLE-HEULIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,70	delta U > 1
LA CHAPELLE-SAINT-SAUVEUR	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,80	delta U > 1
LA HAIE-FOUASSIERE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,82	delta U > 1
LA MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,20	delta U > 1
LA MONTAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
LA PLAINE-SUR-MER	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,80	delta U > 1
LA ROCHE-BLANCHE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,66	delta U > 1
LAVAU-SUR-LOIRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	delta U > 1
LE CROISIC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,54	
LE LANDREAU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,70	
LE LOROUX-BOTTEREAU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,86	delta U > 1
LE PALLET	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,68	delta U > 1
LE PELLERIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,94	delta U > 1
LE POULIGUEN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	
LEGE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
LOUISFERT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,74	
LUSANGER	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,63	
MESANGER	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,03	delta U > 1
MOISDON-LA-RIVIERE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,74	
MONTOIR-DE-BRETAGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,95	delta U > 1
MONTRELAIS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,80	delta U > 1

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
NOZAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,65	delta U > 1
PAIMBOEUF	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	
PETIT-AUVERNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,56	
PORNIC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,01	delta U > 1
PORNICHET	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,85	delta U > 1
PREFAILLES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,80	delta U > 1
RIAILLE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,63	delta U > 1
ROUANS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,09	delta U > 1
ROUGE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,73	delta U > 1
SAINT-ANDRE-DES-EAUX	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,78	delta U > 1
SAINT-AUBIN-DES-CHATEAUX	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,53	delta U > 1
SAINT-BREVIN-LES-PINS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
SAINT-FIACRE-SUR-MAINE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,82	delta U > 1
SAINT-HILAIRE-DE-CHALEONS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,61	delta U > 1
SAINT-JEAN-DE-BOISEAU	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,08	delta U > 1
SAINT-JOACHIM	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,76	
SAINT-JULIEN-DE-CONCELLES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,57	delta U > 1
SAINT-JULIEN-DE-VOUVANTES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,62	
SAINT-LEGER-LES-VIGNES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,72	delta U > 1
SAINT-LYPHARD	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,96	delta U > 1
SAINT-MALO-DE-GUERSAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,67	delta U > 1
SAINT-NAZAIRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,85	delta U > 1
SAINT-NICOLAS-DE-REDON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,62	delta U > 1
SAINT-PERE-EN-RETZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
SAINT-SULPICE-DES-LANDES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,66	delta U > 1
SAINT-VIAUD	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
SAINT-VINCENT-DES-LANDES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,59	
SAINTE-ANNE-SUR-BRIVET	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,97	delta U > 1
SAINTE-LUCE-SUR-LOIRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,57	
SAINTE-PAZANNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,61	
SION-LES-MINES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,60	delta U > 1
SOULVACHE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,69	delta U > 1
THOUARE-SUR-LOIRE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,57	delta U > 1
TRIGNAC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,85	delta U > 1
VALLET	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,70	delta U > 1
VARADES	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,83	delta U > 1
VILLEPOT	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,59	
VRITZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,52	
VUE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	4,25	delta U > 1
ANGRIE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,54	
BOUILLE-MENARD	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	
CANDE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,58	delta U > 1
CHALLAIN-LA-POThERIE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,62	
CHALONNES-SUR-LOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,97	delta U > 1
CHAMPTOCEAUX	MAINE-ET-LOIRE	49	3,58	delta U > 1
CHAUDEFONDS-SUR-LAYON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,97	delta U > 1
CHAZE-HENRY	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	
CHEMILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,65	delta U > 1
COMBREE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	
DRAIN	MAINE-ET-LOIRE	49	3,67	delta U > 1
FREIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,66	delta U > 1
JUIGNE-SUR-LOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,52	
LA CHAPELLE-ROUSSELIN	MAINE-ET-LOIRE	49	3,65	delta U > 1
LA CORNUAILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,66	delta U > 1
LA PLAINE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,51	
LA POUZE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,79	
LA VARENNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,53	delta U > 1

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
LANDEMONT	MAINE-ET-LOIRE	49	3,56	
LE LOUROUX-BECONNAIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,54	delta U > 1
LES CERQUEUX-DE-MAULEVRIER	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	
LES CERQUEUX-SOUS-PASSAVANT	MAINE-ET-LOIRE	49	3,52	
LES PONTS-DE-CE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,92	delta U > 1
LIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,78	delta U > 1
MAULEVRIER	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	
MAZIERES-EN-MAUGES	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	
MONTJEAN-SUR-LOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,61	delta U > 1
NOYANT-LA-GRAVOYERE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,61	
NYOISEAU	MAINE-ET-LOIRE	49	3,61	
POUANCE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	
ROCHEFORT-SUR-LOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,97	delta U > 1
SAINT-AUBIN-DE-LUIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,97	delta U > 1
SAINT-AUGUSTIN-DES-BOIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	delta U > 1
SAINT-MELAINE-SUR-AUBANCE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,52	
SAINT-MICHEL-ET-CHANVEAUX	MAINE-ET-LOIRE	49	3,67	
SAINT-PAUL-DU-BOIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,55	
SAINT-SAUVEUR-DE-LANDEMONT	MAINE-ET-LOIRE	49	3,54	
SOMLOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	delta U > 1
SOULAINES-SUR-AUBANCE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,52	
TILLIERES	MAINE-ET-LOIRE	49	3,69	delta U > 1
TOUTLEMONDE	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	
VERN-D'ANJOU	MAINE-ET-LOIRE	49	3,79	delta U > 1
VILLEMOSAN	MAINE-ET-LOIRE	49	3,57	delta U > 1
YZERNAY	MAINE-ET-LOIRE	49	4,12	
AVERTON	MAYENNE	53	3,56	delta U > 1
BOUCHAMPS-LES-CRAON	MAYENNE	53	3,53	
BOULAY-LES-IFS	MAYENNE	53	3,60	
CHAMMES	MAYENNE	53	3,52	
CONGRIER	MAYENNE	53	3,57	
CRENNES-SUR-FRAUBEE	MAYENNE	53	3,55	
ENTRAMMES	MAYENNE	53	3,57	delta U > 1
GESVRES	MAYENNE	53	3,69	delta U > 1
HAMBERS	MAYENNE	53	3,65	delta U > 1
LA ROUAUDIÈRE	MAYENNE	53	3,63	
PRE-EN-PAIL	MAYENNE	53	3,69	delta U > 1
RENAZE	MAYENNE	53	3,61	
SAINT-GEORGES-SUR-ERVE	MAYENNE	53	3,79	delta U > 1
SAINT-JEAN-SUR-ERVE	MAYENNE	53	3,56	
SAINT-MARTIN-DU-LIMET	MAYENNE	53	3,61	
SAINT-SATURNIN-DU-LIMET	MAYENNE	53	3,61	
SAINTE-GEMMES-LE-ROBERT	MAYENNE	53	3,65	delta U > 1
THORIGNE-EN-CHARNIE	MAYENNE	53	3,56	
TORCE-VIVIERS-EN-CHARNIE	MAYENNE	53	3,78	delta U > 1
VAIGES	MAYENNE	53	3,52	
VIMARCE	MAYENNE	53	3,51	delta U > 1
VOUTRE	MAYENNE	53	3,79	delta U > 1
BERNAY	SARTHE	72	3,54	delta U > 1
CRISSE	SARTHE	72	3,55	
MONTREUIL-LE-CHETIF	SARTHE	72	3,65	delta U > 1
MOULINS-LE-CARBONNEL	SARTHE	72	3,74	delta U > 1
NEUVILLETTE-EN-CHARNIE	SARTHE	72	3,78	delta U > 1
ROUESSE-VASSE	SARTHE	72	3,79	delta U > 1
RUILLE-EN-CHAMPAGNE	SARTHE	72	3,52	
SAINT-AUBIN-DE-LOCQUENAY	SARTHE	72	3,54	delta U > 1
SAINT-DENIS-D'ORQUES	SARTHE	72	3,72	delta U > 1

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
SAINT-REMY-DE-SILLE	SARTHE	72	3,55	delta U > 1
SEGRIE	SARTHE	72	3,65	delta U > 1
AIZENAY	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
AUBIGNY	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
AVRILLE	VENDEE	85	3,80	
BEAUFOU	VENDEE	85	4,17	
BEAULIEU-SOUS-LA-ROCHE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
BELLEVILLE-SUR-VIE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
BOURNEZEAU	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
BOURNEZEAU	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
BREM-SUR-MER	VENDEE	85	3,52	
BREM-SUR-MER	VENDEE	85	3,52	
BRETIGNOLLES-SUR-MER	VENDEE	85	3,52	
CHAILLE-SOUS-LES-ORMEAUX	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
CHANTONNAY	VENDEE	85	3,66	delta U > 1
CHANTONNAY	VENDEE	85	3,66	delta U > 1
CHATEAU-GUIBERT	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
CHAVAGNES-LES-REDOUX	VENDEE	85	3,54	
COEX	VENDEE	85	3,52	
DOMPIERRE-SUR-YON	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
FOUGERE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
FOUSSAIS-PAYRE	VENDEE	85	3,52	
GRAND'LANDES	VENDEE	85	3,75	
L'ORBRIE	VENDEE	85	3,53	
LA BOISSIERE-DES-LANDES	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LA CHAIZE-LE-VICOMTE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LA CHAPELLE-ACHARD	VENDEE	85	4,17	
LA CHAPELLE-AUX-LYS	VENDEE	85	3,57	delta U > 1
LA CHAPELLE-HERMIER	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LA CHAPELLE-PALLUAU	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LA COUTURE	VENDEE	85	3,67	delta U > 1
LA FERRIERE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LA GENETOUBE	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LA MOTHE-ACHARD	VENDEE	85	4,17	
LA ROCHE-SUR-YON	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LANDERONDE	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LANDEVIEILLE	VENDEE	85	3,52	
LE BERNARD	VENDEE	85	3,80	
LE CHAMP-SAINT-PERE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LE GIROUARD	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
LE GIVRE	VENDEE	85	3,80	delta U > 1
LE POIRE-SUR-VIE	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LE TABLIER	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LES CLOUZEUX	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
LES LUCS-SUR-BOULOGNE	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
MACHE	VENDEE	85	3,60	delta U > 1
MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
MAREUIL-SUR-LAY-DISSAIS	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
MARTINET	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
MONTAIGU	VENDEE	85	3,78	
MORMAISON	VENDEE	85	3,61	delta U > 1
MOUILLERON-LE-CAPTIF	VENDEE	85	4,30	
MOUTIERS-LES-MAUXFAITS	VENDEE	85	3,80	
NESMY	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
NIEUL-LE-DOLENT	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
NOIRMOUTIER-EN-L'ILE	VENDEE	85	4,09	
NOIRMOUTIER-EN-L'ILE	VENDEE	85	4,09	

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
PALLUAU	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
POIROUX	VENDEE	85	3,80	
ROCHESERVIERE	VENDEE	85	3,55	delta U > 1
ROSNAVY	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
SAINT-AVAUGOURD-DES-LANDES	VENDEE	85	3,80	
SAINT-DENIS-LA-CHEVASSE	VENDEE	85	4,17	
SAINT-ETIENNE-DU-BOIS	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
SAINT-FLORENT-DES-BOIS	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
SAINT-GEORGES-DE-POINTINDOUX	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
SAINT-HILAIRE-DE-VOUST	VENDEE	85	3,57	
SAINT-HILAIRE-DES-LOGES	VENDEE	85	3,69	delta U > 1
SAINT-HILAIRE-LA-FORET	VENDEE	85	3,80	
SAINT-HILAIRE-LE-VOUHIS	VENDEE	85	3,74	delta U > 1
SAINT-JULIEN-DES-LANDES	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
SAINT-MARTIN-DES-NOYERS	VENDEE	85	3,74	delta U > 1
SAINT-MICHEL-LE-CLOUCQ	VENDEE	85	3,53	delta U > 1
SAINT-PAUL-MONT-PENIT	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
SAINT-SULPICE-LE-VERDON	VENDEE	85	3,61	
SAINT-VINCENT-SUR-GRAON	VENDEE	85	4,17	
SAINT-VINCENT-SUR-GRAON	VENDEE	85	4,17	
SAINTE-FLAIVE-DES-LOUPS	VENDEE	85	4,30	delta U > 1
SALIGNY	VENDEE	85	4,17	
TALLUD-SAINTE-GEMME	VENDEE	85	3,54	
THORIGNY	VENDEE	85	4,17	delta U > 1
VAIRE	VENDEE	85	3,52	
VENANSULT	VENDEE	85	4,30	delta U > 1

**communes à substratum à équivalent-U moyen anomal faible, à
potentialité radon au sol peu élevée**

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
DERVAL	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,14	
LA BOISSIERE-DU-DORE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
LA CHEVROLIERE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
LA PLANCHE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
LA REMAUDIERE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
LE PIN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,14	
MARSAC-SUR-DON	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
MOUAIS	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
NOYAL-SUR-BRUTZ	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
PIERRIC	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
RUFFIGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
SAINTE-COLOMBAN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
SOUDAN	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
VAY	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,01	
VIEILLEVIGNE	LOIRE-ATLANTIQUE	44	3,09	
AVIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
AVRILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	
AVRILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	
BECON-LES-GRANITS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,14	
BOURG-L'EVEQUE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
BOUZILLE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,09	delta U > 1
BRAIN-SUR-L'AUTHION	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	delta U > 1
BRAIN-SUR-LONGUENEE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	
CHAMBELLAY	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
CHAMPIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
CHATELAIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
CHAZE-SUR-ARGOS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,14	
CHENILLE-CHANGE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
CLERE-SUR-LAYON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
COSSE-D'ANJOU	MAINE-ET-LOIRE	49	3,10	
GRUGE-L'HOPITAL	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
JALLAIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,23	
JUARDEIL	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
L'HOTELLERIE-DE-FLEE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LA CHAPELLE-HULLIN	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LA CHAPELLE-SAINT-FLORENT	MAINE-ET-LOIRE	49	3,09	
LA CHAPELLE-SUR-LOUDON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LA DAGUENIERE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	delta U > 1
LA FERRIERE-DE-FLEE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LA JAILLE-YVON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LA MEIGNANNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,14	
LA SALLE-DE-VIHIERS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
LE PLESSIS-MACE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
LOIRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
MARIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
MELAY	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
MONTFAUCON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,49	
MONTGUILLON	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
MONTREUIL-JUIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	
QUERRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
SAINTE-BARTHELEMY-D'ANJOU	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	
SAINTE-CLEMENT-DE-LA-PLACE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,14	
SAINTE-MARTIN-DU-BOIS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	

COMMUNE	DEPARTEMENT	N°	U moyen max de la commune	Delta U de la commune
SAINTE-GEMMES-D'ANDIGNE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
SAINT-SAUVEUR-DE-FLEE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
SEGRE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
TRELAZE	MAINE-ET-LOIRE	49	3,13	delta U > 1
VERGONNES	MAINE-ET-LOIRE	49	3,01	
VIHIERS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
VIHIERS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
VIHIERS	MAINE-ET-LOIRE	49	3,39	
HARDANGES	MAYENNE	53	3,09	
HARDANGES	MAYENNE	53	3,09	
LA BOISSIERE	MAYENNE	53	3,01	
LA SELLE-CRAONNAISE	MAYENNE	53	3,01	
LE HAM	MAYENNE	53	3,09	
LOUPFOUGERES	MAYENNE	53	3,09	
SAINT-AIGNAN-SUR-ROE	MAYENNE	53	3,01	
SAINT-ERBLON	MAYENNE	53	3,01	
SAINT-PIERRE-DES-NIDS	MAYENNE	53	3,09	
SAINT-QUENTIN-LES-ANGES	MAYENNE	53	3,01	
SENONNES	MAYENNE	53	3,01	
VILLAINES-LA-JUHEL	MAYENNE	53	3,09	
BETHON	SARTHE	72	3,09	
GESNES-LE-GANDELIN	SARTHE	72	3,09	
OISSEAU-LE-PETIT	SARTHE	72	3,09	
BOUFFERE	VENDEE	85	3,09	
LA MERLATIERE	VENDEE	85	3,27	
MENOMBLET	VENDEE	85	3,43	
MONTOURNAIS	VENDEE	85	3,43	
SAINT-GEORGES-DE-MONTAIGU	VENDEE	85	3,09	
SAINT-MATHURIN	VENDEE	85	3,27	
SAINT-PHILBERT-DE-BOUAINE	VENDEE	85	3,09	
SAINT-PIERRE-DU-CHEMIN	VENDEE	85	3,43	

BRGM

Service Géologique Régional des Pays de la Loire

1, rue des saumonières - BP 92342 - 44323 NANTES CEDEX 03 - Tél : 02 51 86 01 51