

R
double

Rp-50200



DOCUMENT

Cartographie prédictive du risque radon en région Corse

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 99-F-188

décembre 2000
BRGM/RP-50200-FR



Mots clés : Corse, Risques naturels, Radon.

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

Baubron J.C. avec la collaboration de Bonijoly D., Denis L., Hervé J.Y., Rossi Ph.
(2000) - Cartographie prédictive du risque radon en région Corse. BRGM/RP-50200-FR, 35 p., 10 fig., 6 tabl.

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

Synthèse

Le radon est un gaz radioactif généré naturellement dans le sous-sol par désintégration du radium, lui-même produit de la désintégration de l'uranium. L'uranium est présent à l'état de traces dans la plupart des minéraux. On va donc le trouver en concentration plus ou moins importante dans la plupart des formations géologiques qui forment le sous-sol. En fonction de sa teneur dans les roches, il produit des quantités plus ou moins importantes de radon dont une partie pourra migrer vers la surface en fonction de la perméabilité du bâti rocheux. Le radon a une période de vie courte (3,8 jours), il en résulte qu'en pratique, tout le radon créé à un instant donné aura disparu au bout d'un mois et se sera transformé en métaux. Ainsi, le transfert du radon vers la surface n'intervient que pendant ce laps de temps.

L'importance du risque sanitaire lié à la remontée du radon en surface va principalement dépendre des facteurs suivants :

- de la capacité des formations à émettre de grandes quantités de radon, fonction directe de la teneur en uranium des roches constituant ces formations ;
- de la faculté qu'aura par la suite ce radon à transiter suffisamment rapidement vers la surface en fonction de la fracturation ;
- de la possibilité enfin qu'aura le gaz à s'accumuler en surface dans les points bas et les espaces confinés.

La cartographie du potentiel d'émanation du radon du sol en Corse proposée dans cette étude est basée sur ces critères. Elle permet de définir, à l'échelle régionale, des zones où le risque de concentration en radon pourrait atteindre ou dépasser les normes admises et propose des secteurs sensibles où des contrôles devraient être réalisés de façon prioritaire.

Ce travail a été réalisé à la demande des Services déconcentrés de l'Etat des départements de la Haute-Corse et de la Corse-du-Sud sur dotation de Service Public du BRGM complétée par un appui financier de l'Office de l'Environnement de la Corse (Convention cadre OEC-BRGM).

Sommaire

Introduction	7
1. Origine du radon	9
1.1. Origine du radon	9
1.2. Présence d'uranium dans les roches	9
1.3. Hétérogénéité de la distribution de l'uranium dans les roches en Corse.....	10
2. Voies de transfert du radon	11
2.1. L'émanation	11
2.2. Le transport par diffusion	11
2.3. Le transport par advection/convection.....	12
2.3.1. Les moyens du transport.....	12
2.3.2. Les réseaux de transport : la perméabilité en grand	12
3. Concentrations observées.....	15
4. Méthodologie retenue	17
5. Lithogéochimie.....	25
6. Fracturation	25
7. Aires d'influence d'objets géologiques remarquables	27
8. Pondération liée à la géomorphologie.....	29
9. Carte synthétique.....	31
Conclusion	35

Liste des figures

Fig. 1 -	Carte géologique de la Corse (numérisation de la carte géologique de la Corse à 1/250 000, mise à jour 1999, BRGM éd.).....	18
Fig. 2 -	Légende de la carte géologique de la Corse	19
Fig. 3 -	Carte des teneurs moyennes en uranium des principales formations	23
Fig. 4 -	Carte des concentrations en radon mesurées dans les habitations. Campagne régionale de mesure DDASS 1992-1993 et campagne nationale de mesure IPSN 1995.....	24
Fig. 5 -	Carte des fractures et linéaments identifiés par familles directionnelles	26
Fig. 6 -	Carte de la densité de fracturation.....	28
Fig. 7 -	Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques. Département de la Haute Corse.....	30
Fig. 8 -	Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques. Département de la Corse du Sud.....	32
Fig. 9 -	Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques et géomorphologiques. Département de la Haute Corse	33
Fig. 10 -	Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques et géomorphologiques. Département de la Corse du Sud	34

Liste des tableaux

Tabl. 1 -	Campagne régionale 1992-1993 (DDASS).....	15
Tabl. 2 -	Campagne nationale 1995 (IPSN).....	15
Tabl. 3 -	Valeurs moyennes, minimales et maximales des teneurs en uranium par formations géologiques	21
Tabl. 4 -	Poids attribués aux familles directionnelles de fractures	25
Tabl. 5 -	Zones d'influence et paramètres de pondération par types d'objets pris en compte.....	27
Tabl. 6 -	Pondération par types de morphologie de la topographie	29

Introduction

La Direction de la Solidarité et de la Santé (DSS) de la Corse-du-Sud et la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de la Haute-Corse sont interrogées sur l'existence de contaminations en radon dans l'atmosphère des habitations de l'île. Le radon est un gaz considéré comme carcinogène pulmonaire par les instances sanitaires internationales, il importe donc d'en connaître l'occurrence régionale.

De par son expérience de l'étude du comportement du radon dans différents milieux naturels, le BRGM est sollicité pour présenter une évaluation des potentialités de contamination en radon des habitations de Corse, en fonction du contexte géologique. La présente étude, financée pour partie par la Mission de Service Public du BRGM (projet 99F188), et pour l'autre partie par l'Office de l'Environnement de la Corse (convention cadre OEC/BRGM), fait la synthèse des informations disponibles concernant les potentialités émissives en radon du sous-sol de la Corse, en propose une grille de hiérarchisation, et restitue sous forme cartographique, à l'échelle du 1/500 000, le zonage du territoire résultant de l'utilisation de cette grille. La maille élémentaire de cette représentation est de 4 hectares (grille de 200 m x 200 m).

Cette cartographie est un outil permettant d'ajuster des campagnes de mesures du radon dans les locaux habités en sélectionnant les interventions en fonction des niveaux de potentialité émissive en radon du sous-sol.

1. Origine du radon

1.1. ORIGINE DU RADON

Le radon est un gaz rare. Il est quasi inerte chimiquement. On parlera ici du radon 222 (isotope 222 du radon). Il est produit naturellement par la désintégration radioactive du radium, lui-même élément provenant de la **chaîne de désintégration de l'uranium 238**. Le radon (222) est radioactif, et se désintègre en une série d'autres éléments, qui sont des métaux, et dont le dernier d'entre eux est un des isotopes du plomb (le plomb 206). La période radioactive du radon (autrement dit le temps nécessaire pour que la moitié du radon ait disparu par désintégration) est de 3,8 jours. En pratique, au bout de 30 jours, tout le radon créé à un instant donné aura disparu.

1.2. PRÉSENCE D'URANIUM DANS LES ROCHES

On trouvera du radon partout où il se trouve de l'uranium dans les matériaux naturels. **L'uranium est un élément qui existe en petites quantités dans la plupart des roches (élément trace)**, et sa répartition est fonction de la composition chimique des magmas qui ont formé la croûte terrestre. L'uranium se concentre dans les liquides résiduels lors de la différenciation magmatique (roches éruptives et effusives), accompagnant l'accroissement de la teneur en silice. Il se concentre également dans les fluides hydrothermaux, anciens ou actuels, comme ceux qui ont formé les minéralisations des filons.

Il y a relativement beaucoup plus d'uranium dans la croûte terrestre (environ les trente premiers kilomètres qui forment l'extérieur de la terre), que dans le manteau qui se trouve en dessous (moins de 0,5 ppm). Ainsi, on trouvera plus d'uranium dans les granites, et plus particulièrement dans des granites « blancs » (où il y a de la muscovite, mica blanc), que dans des granites foncés ou des roches volcaniques comme les basaltes.

Il y a très peu d'uranium dans les roches sédimentaires carbonatées, comme les calcaires, qui se sont formés en pleine mer, il y a environ 15 Ma pour les calcaires de Corse par exemple. Il y a plus d'uranium dans les argiles, qui se sont déposées dans les parties les plus profondes des bassins sédimentaires (vasières) marins, issues de la transformation d'argiles détritiques.

Par ailleurs, l'uranium précipite dans les milieux peu oxygénés, réducteurs. Ces milieux sont par exemple les vasières, où il y a aussi plus de matières organiques. L'uranium est aussi piégé par les acides humiques, produits de la décomposition de cette matière organique. En revanche, l'uranium reste soluble dans les milieux oxygénés (aérés).

1.3. HÉTÉROGÉNÉITÉ DE LA DISTRIBUTION DE L'URANIUM DANS LES ROCHES EN CORSE

La plus grande partie de l'île est constituée de formations magmatiques (granites *s. l.*). Nous avons vu précédemment, que la différenciation magmatique qui a conduit à la mise en place de ces liquides, aujourd'hui figés, que sont les granites, conduisait à une augmentation progressive de la concentration en uranium des derniers liquides. Les granites de Corse, comme par exemple les granites annulaires, seront des sources importantes de radon. En revanche, les formations géologiques de la « Corse alpine », qui proviennent du métamorphisme de séries sédimentaires, contiendront moins de radon, avec toutefois, des possibilités de concentrations importantes dans les niveaux qui correspondent à d'anciennes argiles (schistes noirs par exemple).

2. Voies de transfert du radon

Le radon, émis en plus ou moins grande quantité par une roche sera transporté plus ou moins rapidement vers la surface en fonction d'une part de la perméabilité en grand des terrains (fissuration, fracturation) entre sa source et la surface, et d'autre part de la vitesse du fluide (gaz, eau souterraine, vapeur d'eau dans la zone non saturée) qui le transporte. Au dégazage général par diffusion, peu efficace, s'ajoute un dégazage plus intense en des sites particuliers. Ces zones particulières de Corse, fissurées, faillées et les galeries souterraines des anciennes mines, seront des drains préférentiels pour collecter et faciliter le transport du radon du sous-sol vers la surface.

2.1. L'ÉMANATION

Le radon est produit par le radium, qui provient lui-même de l'uranium. Il apparaît donc à l'endroit où se trouve l'uranium. L'uranium est un élément chimique constitutif de certains grains (cristaux) des roches. Comme le radon est un gaz, il peut s'échapper du grain où se trouve le radium dont il provient. Il s'échappera du grain par deux mécanismes : l'énergie de recul lors de la désintégration (en quelque sorte il est éjecté du grain), et par diffusion (il s'échappe lentement du grain parce qu'il y a plus de radon dans le grain que dans l'espace libre entre les grains : c'est la différence de concentration qui est le moteur du déplacement dans ce cas).

Dans l'espace libre des pores de la roche, le radon va migrer, se déplacer par diffusion, parce que sa concentration à l'extérieur de la roche sera plus faible que sa concentration à l'intérieur des pores. **Si les pores sont en continuité, il s'échappera complètement de la roche : c'est l'émanation.** L'émanation sera d'autant plus forte, pour une même roche, que la surface d'échange roche-air sera grande (surface spécifique), donc que la porosité sera élevée, et la microfracturation intense.

2.2. LE TRANSPORT PAR DIFFUSION

Dans le sol, le mécanisme de transport du radon depuis son minéral d'origine sera le même que dans la roche, à l'échelle de grandeur près. Globalement, la diffusion est le premier processus de transfert du radon dans le sol. Mais la quantité de radon qui atteint l'atmosphère ne représente qu'une infime partie du radon émis par les grains des roches formant le sous-sol, l'essentiel ayant disparu par désintégration radioactive pendant le parcours depuis le grain où se trouvait l'uranium. **Dans ce cas, le radon sort lentement du sol.**

2.3. LE TRANSPORT PAR ADVECTION/CONVECTION

2.3.1. Les moyens du transport

Le radon, qui n'a pas de mobilité propre (c'est un gaz dense et inerte, qui ne produit pas de réaction chimique avec son environnement et il est par ailleurs toujours en concentration infime), sera transporté d'une part par les gaz du sol, et d'autre part par l'eau du sol.

Le dégazage naturel de la terre conduit à un flux permanent de gaz d'origine tellurique (gaz carbonique, azote principalement) vers l'atmosphère. Ce dégazage est particulièrement visible sur les volcans, mais aussi dans les sources thermales. Il l'est moins lorsqu'il se produit de façon diffuse, partout ailleurs, où il faut des instruments pour le détecter.

L'eau du sol est aussi un vecteur important de la migration du radon. Il existe en effet une différence de température sol-atmosphère dont la variation d'amplitude est diurne, ce qui provoque une succession d'événements évaporation-condensation-évaporation qui « assèche » progressivement le sol. Cette circulation d'eau depuis les profondeurs du sol vers l'atmosphère est un des vecteurs du déplacement du radon.

Dans ces deux cas, le radon sort rapidement du sol.

2.3.2. Les réseaux de transport : la perméabilité en grand

Le dégazage naturel de la croûte terrestre, depuis le manteau, se fait préférentiellement par les fissures, diaclases, fractures, failles qui fragmentent à toutes échelles la croûte terrestre. Cette circulation de gaz entraînera le radon contenu dans les terrains vers la surface du sol.

Il existe aussi un flux très important de gaz qui provient simplement de l'air dissous dans l'eau de pluie tombée dans le passé. Cette eau s'infiltre en profondeur (jusqu'à plusieurs kilomètres), se charge en gaz issus de l'altération des roches, puis remonte à la surface en raison de sa densité plus faible, puisqu'elle est chaude. Lors de sa remontée, la pression décroît, et la phase gazeuse dissoute est libérée.

La circulation du gaz dans la zone non saturée du sol se fait par différence de pression (advection) ou par différence de température (convection). La pression est, en effet, plus grande en profondeur qu'en surface, et la température s'accroît également avec la profondeur.

Les vitesses de transport par ces moyens sont d'un à plusieurs ordres de grandeur plus importantes que par diffusion (plusieurs dizaines de centimètres par heure à plusieurs dizaines de mètres). Il y aura donc moins de radon « mort » pendant le transfert depuis les cristaux émanateurs puisque le temps sera plus court pour atteindre la surface. De plus, le radon atteignant la surface pourra provenir d'une zone située plus profondément,

donc il y aura, toutes choses égales par ailleurs, plus de radon « arraché » aux minéraux le long du parcours du gaz.

Enfin, les zones où se font les circulations de gaz sont des zones de plus grandes perméabilités, qui généralement, ont déjà été utilisées par des circulations de fluides dans le passé, au cours de l'histoire géologique. Elles sont relativement enrichies en uranium, et possèdent donc un pouvoir émanateur beaucoup plus important que les roches encaissantes.

Toutes ces conditions réunies font qu'à l'aplomb des failles, la quantité de radon émise par le sol est d'un à plusieurs ordres de grandeur supérieure aux zones voisines, et forme donc une anomalie géochimique. La recherche de ces anomalies est précisément une méthode de détection des failles cachées.

3. Concentrations observées

Les mesures mises à disposition dans le cadre de cette étude, ont été effectuées pendant les années 1992-1993 et 1995 (DDASS, tabl. 1 et IPSN respectivement, tabl. 2). Elles attestent que des valeurs très élevées peuvent être observées dans certaines habitations, les maxima pouvant être supérieurs à 2000 Bq/m³ soit plus du double du seuil d'intervention préconisé (*). Environ 15 à 20 % des habitations testées présentent des niveaux supérieurs au seuil d'alerte (400 Bq/m³), et environ 5 % des habitations des niveaux supérieurs à 1000 Bq/m³.

Cette circulaire précise trois niveaux en terme d'exposition :

- en dessous de **400 Bq/m³** (en concentration moyenne annuelle), la situation ne justifie pas d'action correctrice particulière ;
- entre **400 et 1 000 Bq/m³** (en concentration moyenne annuelle), il est souhaitable d'entreprendre des actions correctrices simples ;
- au-delà de **1 000 Bq/m³** (en concentration moyenne annuelle), des actions correctrices, éventuellement d'envergure, doivent être impérativement conduites à bref délai. Ce dernier niveau conduira, en fonction de la fréquentation des bâtiments, à envisager la fermeture de l'établissement recevant du public jusqu'à la réalisation d'actions correctrices.

A noter également que le seuil de **200 Bq/m³** (en concentration moyenne annuelle) pourrait être retenu dans une future réglementation comme valeur guide pour les bâtiments neufs.

Nombre total de mesures :	195
Valeur moyenne des mesures :	276 Bq/m ³
Valeur maximale enregistrée :	3892 Bq/m ³
Nombre de mesures $\geq$ 400 Bq/m ³ :	38 (19%)
Nombre de mesures $\geq$ 1000 Bq/m ³ :	11 (6%)

Tabl. 1 - Campagne régionale 1992-1993 (DDASS).

Nombre total de mesures :	122
Valeur moyenne des mesures :	209 Bq/m ³
Valeur maximale enregistrée :	2407 Bq/m ³
Nombre de mesures $\geq$ 400 Bq/m ³ :	17 (14%)
Nombre de mesures $\geq$ 1000 Bq/m ³ :	5 (4%)

Tabl. 2 - Campagne nationale 1995 (IPSN).

(*) Définitions des seuils : Circulaire DGS et DGHUC n° 99/46 du 27/1/99 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon.

4. Méthodologie retenue

L'évaluation des potentialités émissives en radon des formations géologiques qui forment le sous-sol de la Corse est effectuée sur la base de l'addition pondérée des différents paramètres qui entrent en compte dans la production du radon d'une part, et de ses conditions de transfert vers la surface d'autre part. Il n'est pas tenu compte, dans cette analyse, des paramètres physiques intervenant entre le sol, d'où émane le radon, et l'atmosphère des habitations, dans laquelle les mesures ont été effectuées. L'attention est donc attirée sur le fait que les potentialités émissives des terrains, qui résultent de cette analyse combinée, n'impliquent pas automatiquement que les habitations soient contaminées, les caractéristiques architecturales de ces dernières pouvant amplifier ou minorer la contamination éventuelle provenant du sol.

Les paramètres pris en compte dans l'analyse développée dans cette étude sont :

- la lithogéochimie : c'est la concentration moyenne (et la variabilité de cette concentration) en uranium des roches du sous-sol, source du radon. Nous avons vu, en effet, que le radon provient de la chaîne de désintégration radioactive de l'uranium. A l'échelle de la Corse, les formations géologiques seront donc regroupées en neuf grands ensembles ;
- la fracturation : observée ou cachée, puisque les failles sont les principaux drains qui permettent le dégazage de la terre ;
- l'aire d'influence de la fracturation : il est en effet admis que le développement des failles s'accompagne d'un endommagement des matériaux aux épontes de celles-ci (augmentation de la densité de la fracturation à l'approche des failles). La sollicitation de ces discontinuités, sous l'effet des contraintes tectoniques actuelles dans le sous-sol, a pour effet d'accroître l'extension des drains préférentiels. Des indices particuliers de fuites préférentielles (flux forts) seront pris en compte, comme les sources thermominérales ou les indices minéralisés en uranium ;
- la géomorphologie : c'est-à-dire la pondération liée à la situation de la formation géologique replacée dans son contexte géographique. Par exemple, la potentialité d'émanation en haut des pentes sera minorée en raison des échanges facilités entre l'atmosphère et le sol (il y a dilution du radon dans le sol).

Des valeurs numériques croissantes seront attribuées à chacun de ces paramètres en fonction d'une hiérarchisation locale, faite à l'échelle de l'île. La potentialité émissive en radon d'une maille élémentaire (200 m x 200 m, soit un pixel cartographique) résultera de l'addition des différents paramètres, majorée éventuellement de la position morphologique. Les valeurs numériques seront ensuite transposées en une gamme de couleurs.

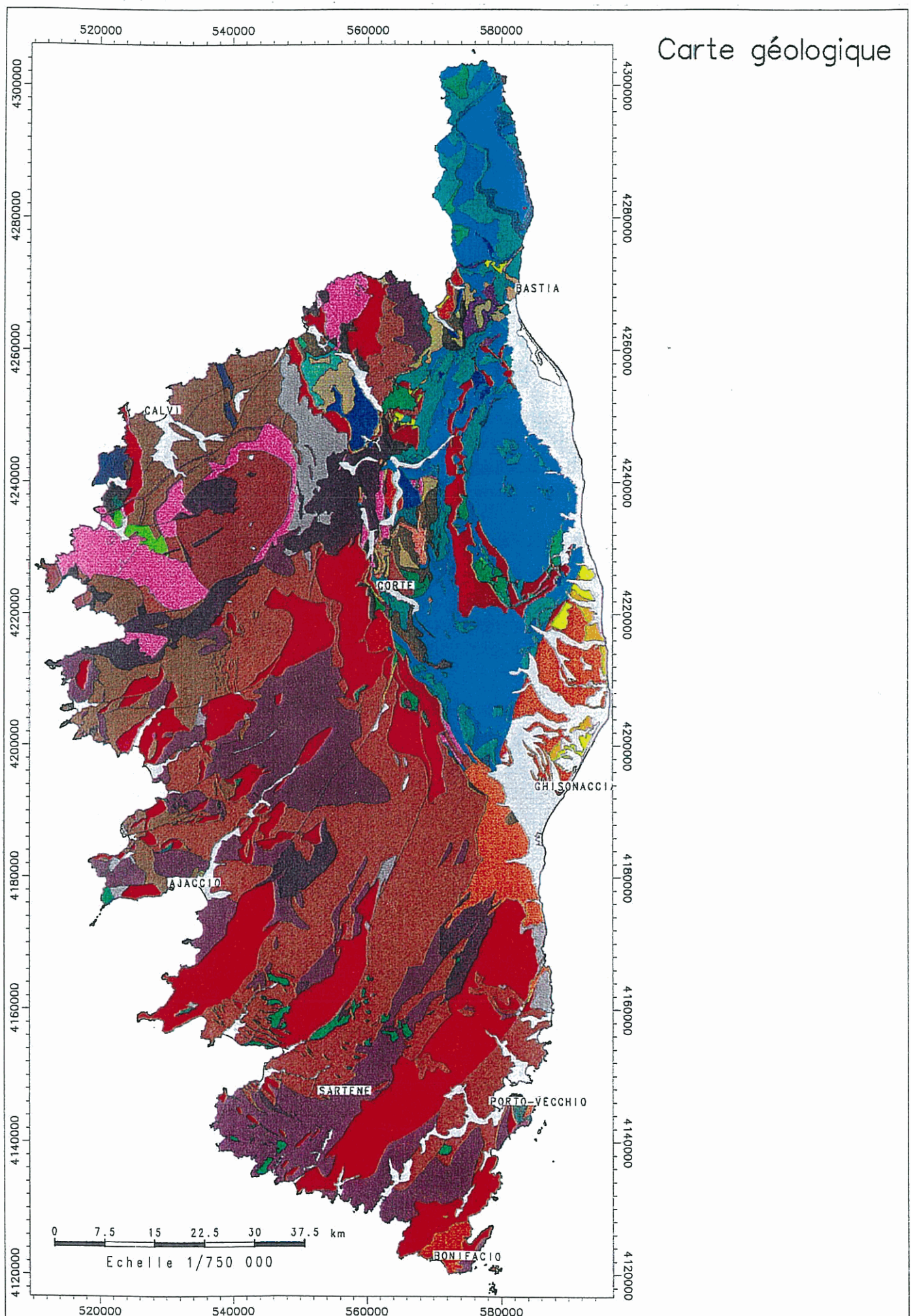


Fig. 1 - Carte géologique de la Corse (numérisation de la carte géologique de la Corse à 1/250 000, mise à jour 1999, BRGM éd.).



Fig. 2 - Légende de la carte géologique de la Corse.

5. Lithogéochimie

On distingue en Corse, à l'ouest un batholite granitique hercynien et à l'est la nappe des Schistes lustrés alpins et leur couverture miocène. Les terrains alpins sont pauvres en U et Th (lignes 1 et 2 du tableau). En revanche, les granites et rhyolites hercyniens, plus riches en U et Th, ont été classés en sept groupes distincts, selon leur chronologie de mise en place et leurs caractères pétrographiques propres. Les différentes formations géologiques qui constituent l'île de Corse peuvent être regroupées en neuf grands ensembles eu égard leur concentration en uranium (Ph. Rossi, base de données géochimiques de Carte géologique de la France à 1/50 000).

Le tableau 3 synthétise cette approche, où les valeurs moyennes et la variabilité à l'intérieur de chaque classe sont portées au regard de la classification pétrographique ou lithologique retenue.

Comme nous le notions précédemment en termes généraux, les formations détritiques (en l'occurrence les formations sédimentaires récentes) présentent des concentrations faibles, de même que les formations volcaniques peu différenciées, récentes ou anciennes métamorphisées.

Les formations plutoniques présentent des concentrations plus élevées, et d'autant plus élevées que les liquides dont elles proviennent ont été différenciés. Ainsi les granites intrusifs tardifs annulaires, dits granites perthitiques hyperalcalins mis en place il y a 295 à 305 Ma ont les concentrations les plus élevées, qui peuvent atteindre 15,5 ppm, pour une moyenne de 13 ppm.

De même, les formations volcaniques différenciées (Massif du Cintu), mises en place il y a 290 Ma, présentent des concentrations élevées du même ordre de grandeur.

On observera que toutes les roches de la Corse hercynienne présentent des concentrations en uranium supérieures à 3 ppm en moyenne, c'est-à-dire que ces roches auront une potentialité d'émanation en radon *a priori* importante.

% surf.	Code form.		Formation	U (ppm) moyen	U (ppm) max.	U (ppm) mini
77%	1	-	Quaternaire, miocène et divers alpin	< 0,5		
		-	Métabasaltés et gabbros	0,6		
	2	U2b	Monzogranites à grain moyen à gros	3,1	7,2	2,4
		U2a	Granodiorites à macrocristaux	3,5	8,1	2,1
		U3a	Granites hyper-alcalins	4,1	7,5	3,1
23%	3	U1	Plutonisme magnésio-potassique	7,5	16,0	3,6
		U2c	Monzogranites leucocrates	9	14,2	6,7
	4	U3c	Granites perthitiques hyperalcalins	12,6	15,5	7,0
		U3b	Volcanisme -alcalin	14	15,3	12,7

Tabl. 3 - Valeurs moyennes, minimales et maximales des teneurs en uranium par formations géologiques.

Pour le traitement des données, cet ensemble de neuf formations classées selon leur lithogéochimie a été regroupé en quatre classes : la première regroupant les roches de concentrations moyennes inférieures à 0,6 ppm, la seconde les roches de concentrations moyennes comprises entre 3,1 ppm et 4,1 ppm, la troisième celles comprises entre 7,5 ppm et 9 ppm, et la quatrième celles dont les concentrations moyennes sont supérieures à 12 ppm.

Le poids attribué à chacune de ces classes est de 1, 2, 3 et 4 respectivement.

La cartographie lithogéochimique (fig. 3) illustre de manière très explicite, par comparaison avec la carte géologique (fig. 1) la relation existant entre les concentrations en uranium des roches et la nature de celles-ci. Cette cartographie indique que 77% du territoire de l'île de Corse présente des concentrations en uranium inférieures à 4 ppm en moyenne. Cette part de l'île sera donc peu susceptible d'être la source d'une contamination des habitations par diffusion du radon directement à partir du sous-sol. Cependant, ce territoire reste exposé aux contaminations par transfert du radon à partir du sol par advection ou convection.

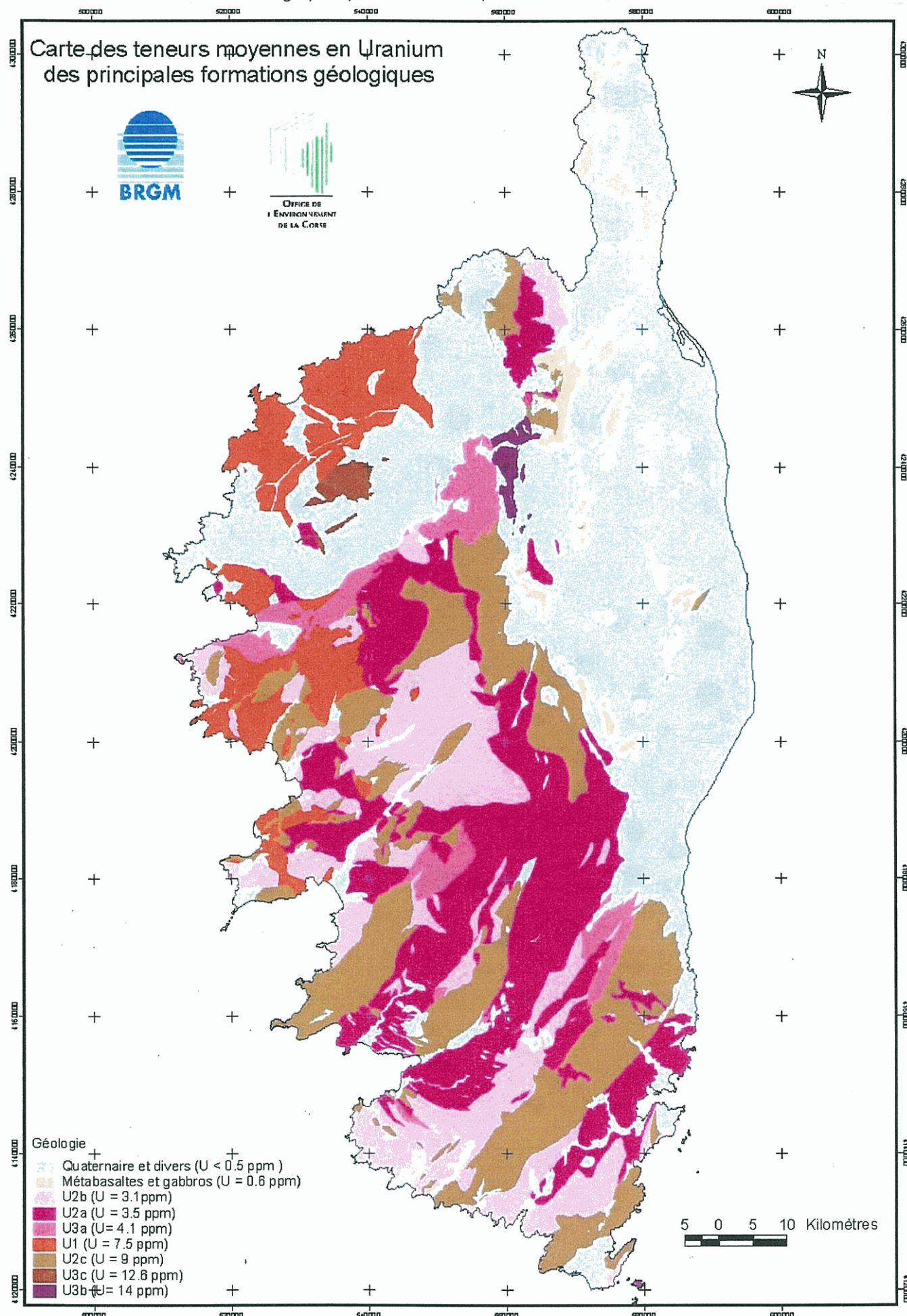
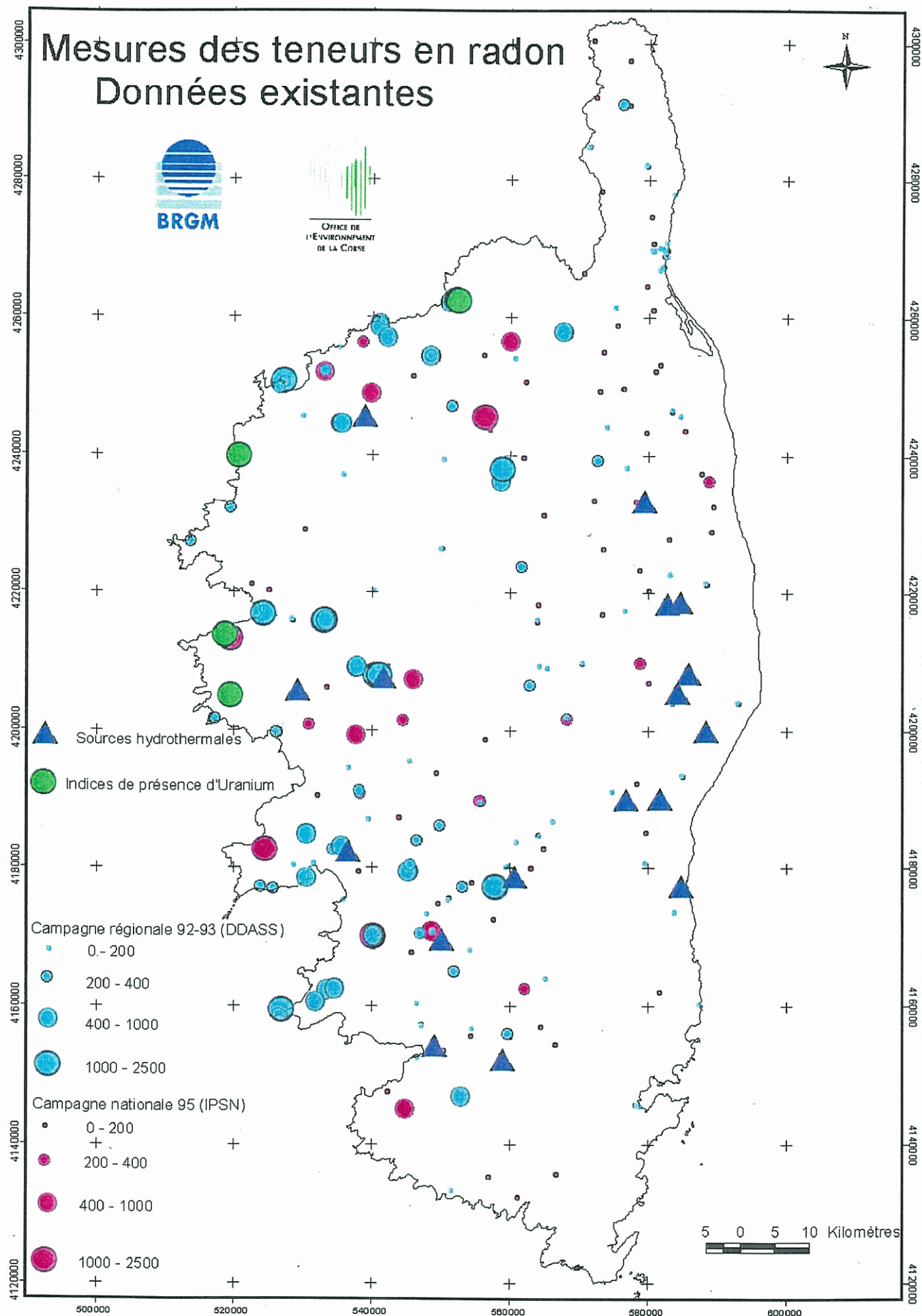


Fig. 3 - Carte des teneurs moyennes en uranium des principales formations.



**Fig. 4 - Carte des concentrations en radon mesurées dans les habitations.
Campagne régionale de mesures DDASS 1992-1993 et campagne nationale de
mesures IPSN 1995.**

6. Fracturation

Nous avons vu que les failles, fissures ou autres dislocations de la croûte terrestre (structures linéaires) étaient les lieux préférentiels du dégazage de la terre. L'état des contraintes actuelles de cette croûte est évidemment d'une grande importance puisqu'il conditionnera les possibilités de passage des gaz, selon que les failles sont ouvertes ou comprimées. L'analyse structurale du bâti crustal de l'île de Corse appréciée au regard de l'état des contraintes de la croûte indique que les failles de direction N75 à N105 (soit grossièrement les failles orientées E-W) sont en dilatance selon la direction de la contrainte principale minimum du champ de contrainte actuel. A l'inverse, les failles orientées perpendiculairement subissent une contrainte principale maximale perpendiculaire à leur plan, ce qui tendra à obturer totalement la perméabilité des plans de fracture.

L'analyse effectuée prend en compte d'une part les failles observées ou déduites lors des levés de terrains effectués pour l'établissement des cartes géologiques, et d'autre part les linéaments, c'est-à-dire les objets linéaires déduits de l'interprétation des photographies aériennes ou des images satellitaires. Un poids équivalent a été attribué à chacune des directions de structures cartographiées (failles et linéaments) (fig. 5).

Pour le traitement de ces données, un poids allant de 1 à 4 a été attribué à tous les objets cartographiés (tabl. 4), en fonction de leur orientation par rapport à la direction moyenne d'extension maximale. Les poids sont cumulés car on considère qu'une faille cartographiée corrélée à un linéament présente une probabilité d'occurrence supérieure à une structure identifiée uniquement à partir d'une seule méthode (lever de terrain ou interprétation de photographies aériennes). Ainsi, un pixel localisé sur une faille cartographique de direction E-W, elle-même superposée à un linéament de même direction, prendra un poids de 8 (soit un poids de 4 pour la faille et de 4 pour le linéament).

L'aire d'influence cartographique des failles et linéaments a été fixée à 200 m (tabl. 5). Autrement dit, « l'épaisseur » cartographique de ces objets linéaires sera de 400 mètres, soit 2 pixels.

Orientation Nord (degré)	Poids des failles	Poids des linéaments
0-15	1	1
15-45	2	2
45-75	3	3
75-105	4	4
105-135	3	3
135-165	2	2
165-180	1	1

Tabl. 4 - Poids attribués aux familles directionnelles de fractures.

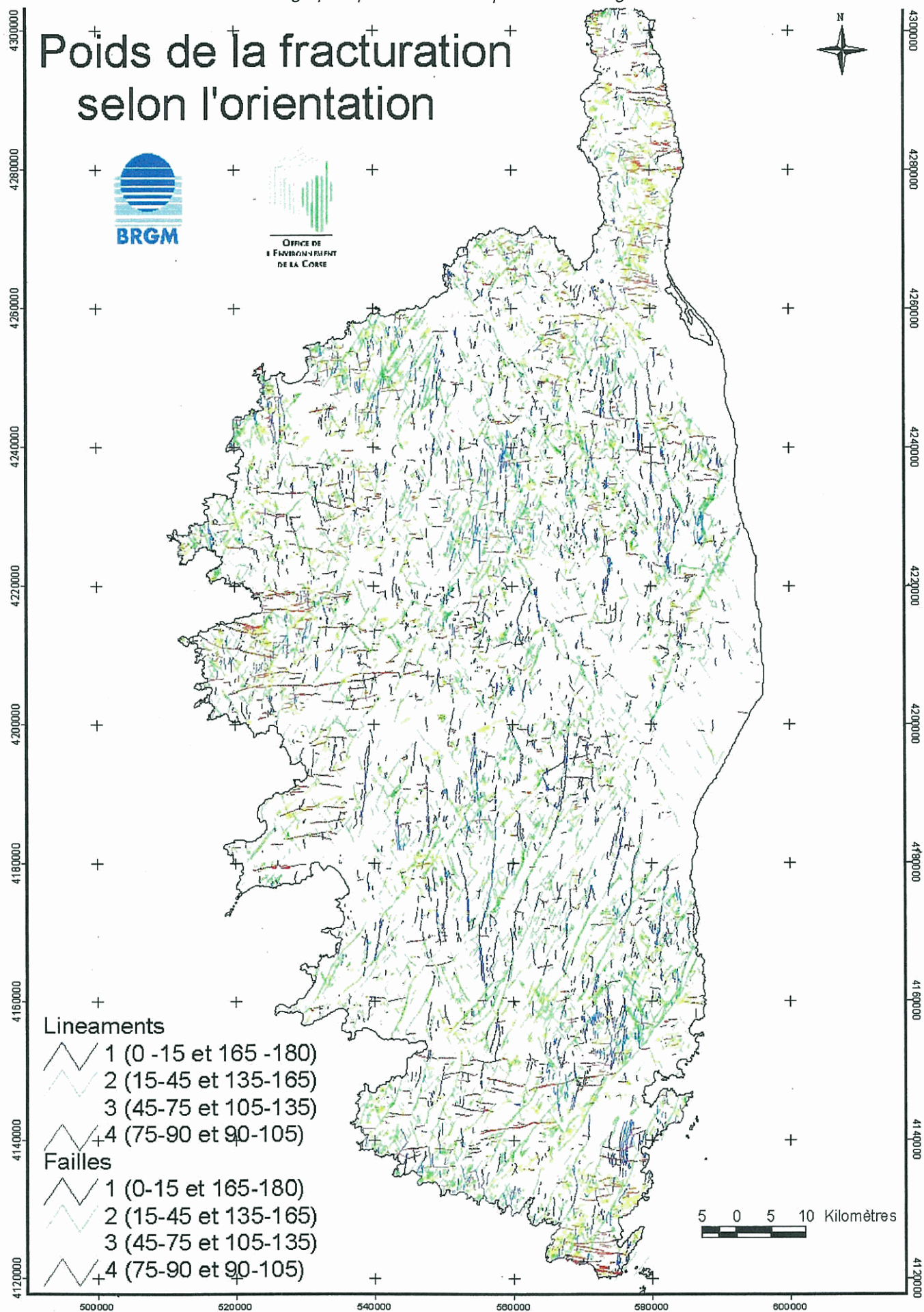


Fig. 5 - Carte des fractures et linéaments identifiés par familles directionnelles.

7. Aires d'influence d'objets géologiques remarquables

Les sources hydrothermales et les indices minéralisés en uranium sont situés dans un contexte géologique remarquable, caractérisé par une fracturation plus intense, une perméabilité plus importante, une porosité éventuellement plus ou moins comblée par des minéraux de paragenèses hydrothermales. Ces dépôts contiennent très généralement des concentrations plus élevées en uranium que celles des roches encaissantes et sont le siège, ou sont entourés, de zones à flux de dégazage plus intense que le substratum non affecté.

L'aire d'influence de ces objets particuliers est fixée à 2 km (tabl. 5). Une majoration de 1 est affectée à chaque élément linéaire (failles, linéaments) inclus dans cette aire d'influence.

	Influence	Poids	Coefficient
Failles	250 m	1 à 4	1
Linéaments	250 m	1 à 4	1
Sources hydrothermales	2 km	1	1
Indices uranifères	2 km	1	1

Tabl. 5 - Zones d'influence et paramètres de pondération par types d'objets pris en compte.

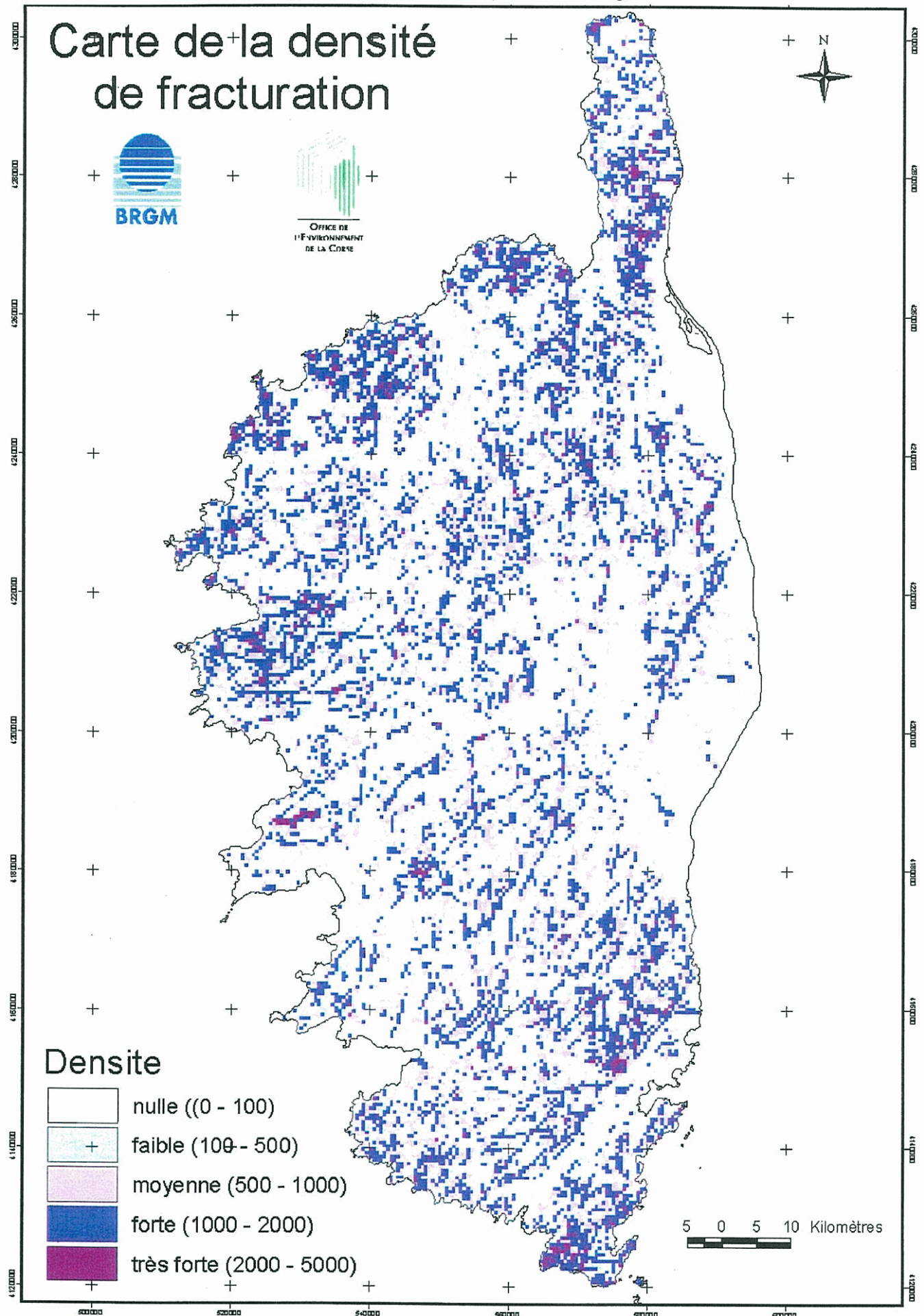


Fig. 6 - Carte de la densité de fracturation.

8. Pondération liée à la géomorphologie

Les zones de crêtes, les reliefs de formes convexes sont des sites facilitant la dilution du radon dans le sol par admission d'air par le vent. De nombreuses études (synthèse dans Tanner, 1986 par exemple, ou Greeman et Rose, 1996) ont en effet démontré et modélisé les échanges entre l'atmosphère libre du sol et l'air extérieur.

Le traitement général des pentes de l'île à partir du MNT (modèle numérique de terrain) de l'IGN permet d'introduire un poids pour chaque type de morphologie. Ainsi :

- les crêtes sont des sites le plus souvent fortement ventilés qui sont susceptibles de favoriser la dilution, du radon dans l'air. Ce facteur est donc considéré comme non pénalisant vis-à-vis de la concentration éventuelle du radon et on attribue à ce type morphologique un poids de 0 ;
- les pentes convexes sont des sites généralement situés à proximité des crêtes. Pour les raisons sus-citées, on leur attribue un poids de 1 ;
- les vallées sont des sites le plus souvent mal voire peu aérés et qui sont susceptibles de favoriser la concentration du radon dans l'air. Ce facteur est donc considéré comme pénalisant et on lui attribue un poids de 3 ;
- les pentes concaves sont des sites généralement situés à proximité des vallées. Pour les raisons sus-citées, on leur attribue un poids de 2.

	Poids	Coefficient
Crêtes	0	1
Pentes convexes	1	1
Pentes concaves	2	1
Vallées	3	1

Tabl. 6 - Pondération par types de morphologie de la topographie.

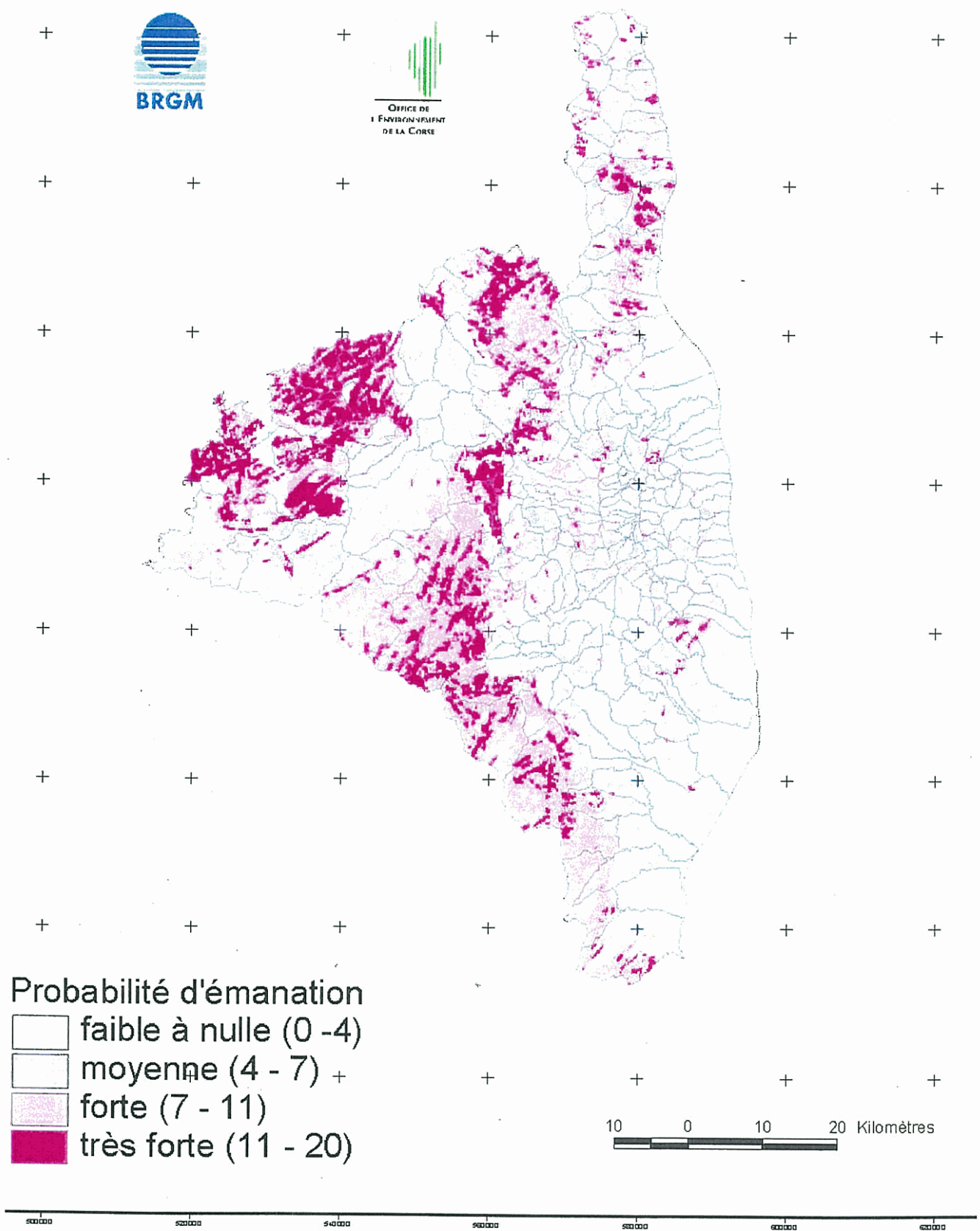


Fig. 7 - Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques. Département de la Haute Corse.

9. Carte synthétique

L'analyse multicritères, qui additionne les différents paramètres précédemment analysés, affectés de leurs pondérations respectives (tabl. 1 à 6) permet de restituer une carte en quatre niveaux de couleurs, correspondant aux amplitudes caractéristiques des zones à potentialité d'émanation en radon faible, modérée, importante et très importante.

Carte du potentiel d'émanation en radon déduit des critères géologiques (fig. 7 et 8) : les couleurs correspondantes, affectées aux classes de probabilité de risque, sont respectivement : bleu, violet, rose, rose foncé.

Les valeurs des pixels correspondants sont respectivement : de 0 à 4 ; de 4 à 7 ; de 7 à 11, et de 11 à 20. Les classes 11 à 16 et 16 à 20 ont été regroupées, l'information apportée par la césure à la valeur 16 n'étant pas discriminante d'objets géologiques particuliers. La césure à la valeur 7 souligne l'apparition des formations à teneur en uranium dépassant le seuil de 3,5 ppm, celle à 11, les formations riches en uranium et/ou fortement fracturées.

Carte du potentiel d'émanation en radon déduit des critères géologiques et géomorphologiques (fig. 9 et 10) : les couleurs correspondantes, affectées aux classes de probabilité d'émanation, sont respectivement : bleu, jaune clair, jaune foncé et brun.

Les valeurs des pixels correspondants sont respectivement : de 0 à 7 ; de 7 à 11 ; de 11 à 15, et de 15 à 23. Les classes 15 à 19 et 19 à 23 ont été regroupées, l'information apportée par la césure à la valeur 19 n'étant pas discriminante d'objets géologiques particuliers. La césure à la valeur 11 délimite les formations géologiques dont les teneurs moyennes en uranium sont supérieures à 7,5 ppm et les structures linéaires représentant les failles et linéaments, la césure à 15, les failles majeures de la Corse localisées dans les formations les plus uranifères.

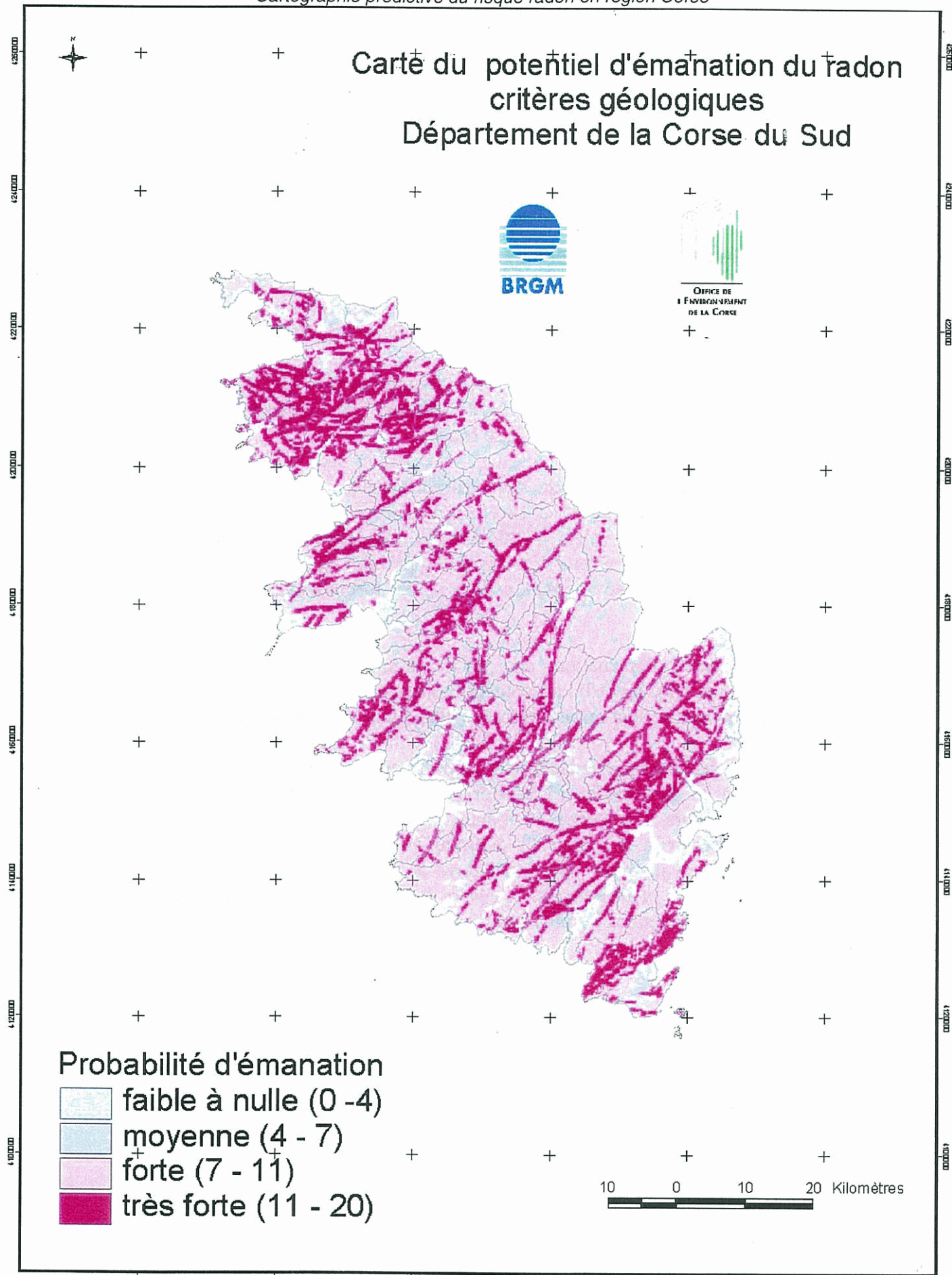


Fig. 8 - Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques. Département de la Corse du Sud.

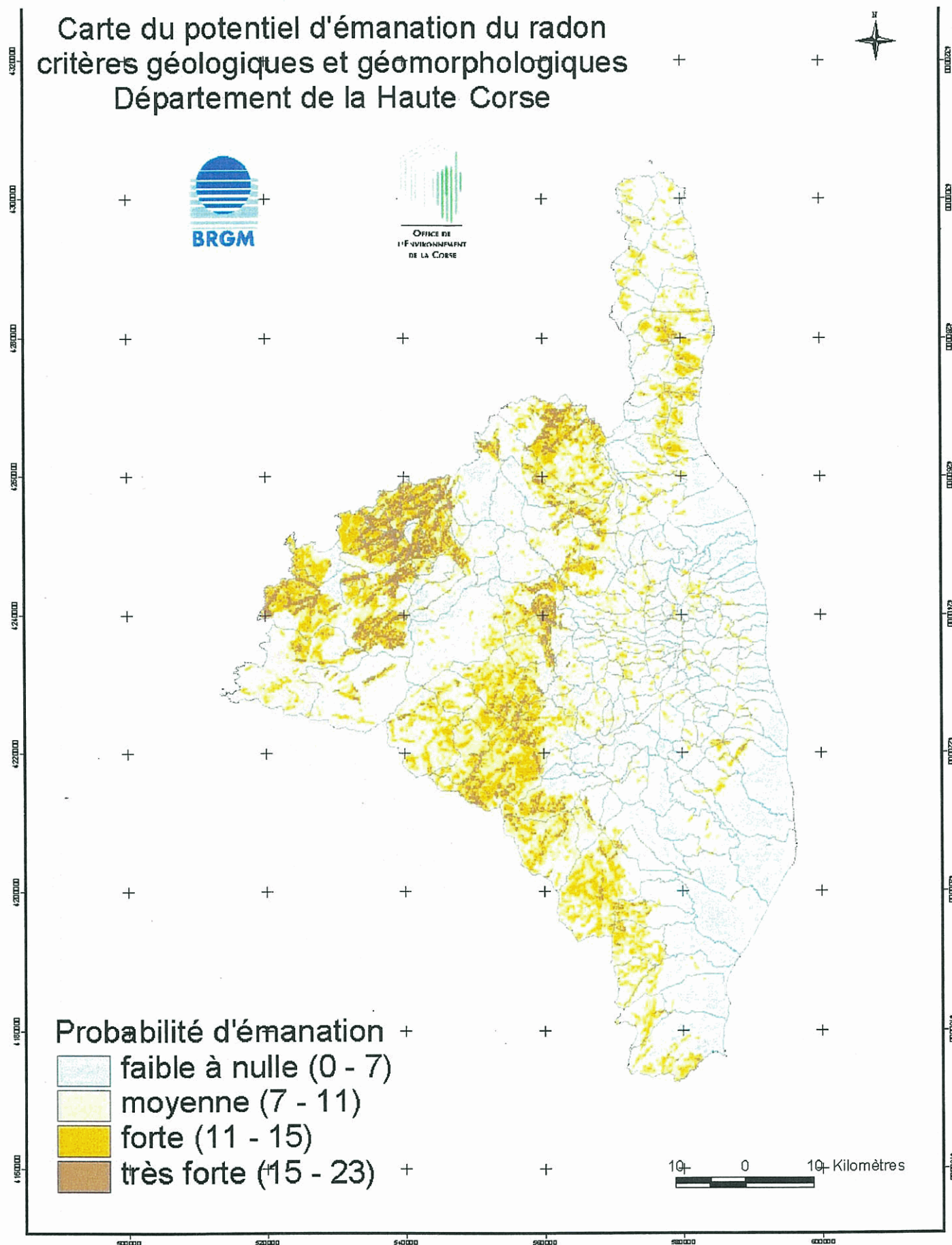


Fig. 9 - Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques et géomorphologiques. Département de la Haute Corse.

Carte du potentiel d'émanation du radon
Critères géologiques et géomorphologiques
Département de la Corse du Sud

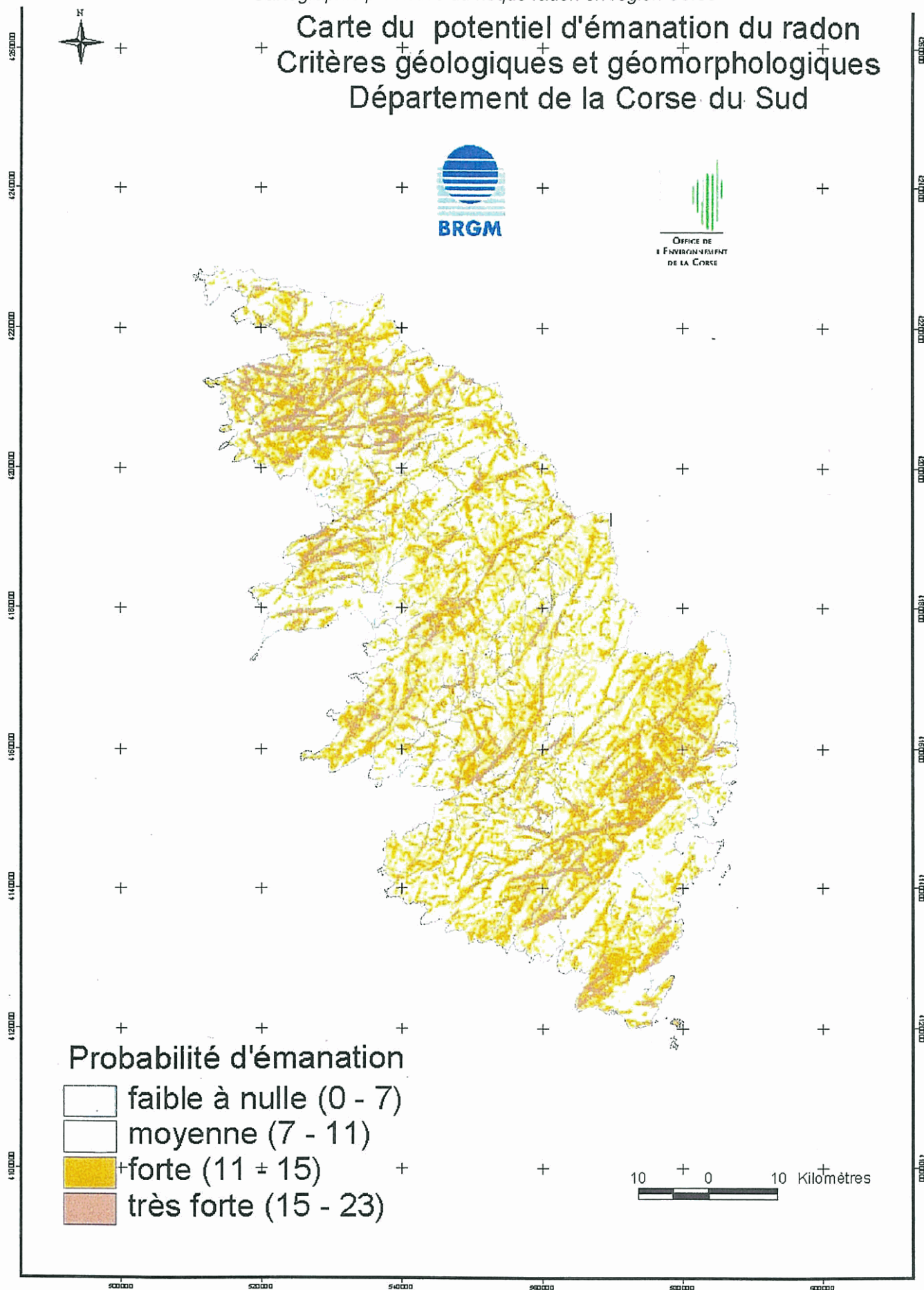


Fig. 10 - Carte du potentiel d'émanation du radon déduit des critères géologiques et géomorphologiques. Département de la Corse du Sud.

Conclusion

A partir des informations issues de la cartographie géologique de l'île de Corse, en particulier :

- les contours des formations géologiques de la carte numérique synthétique à l'échelle du 1/250 000, document original ;
- des informations détenues dans la banque des données géochimiques de la carte géologique de France (concentrations en uranium des différentes formations) ;
- de l'analyse structurale ;
- de l'interprétation des photos aériennes et du MNT.

Il est possible, eu égard la connaissance des différents facteurs qui influent sur le déplacement du radon depuis le grain minéral dont il est issu jusqu'à la surface du sol, d'établir une hiérarchisation de ceux-ci, d'en faire l'addition selon une maille de 200 m x 200 m, et d'effectuer une présentation cartographique numérique en quatre classes de potentialités d'émanations du radon, depuis les zones à potentialités faibles à celles à potentialités très importantes.

L'attention est attirée sur le fait que cette potentialité d'émanation du radon, qui résulte d'un traitement numérique additif d'évaluations de phénomènes physiques naturels dans le sol ne peut pas être transposée en terme de concentration moyenne dans une habitation donnée, mesurée par quelque méthode que ce soit. En particulier, aucun critère n'est retenu concernant les conditions de transfert du radon depuis la surface du sol jusque dans les habitations.

Il est nécessaire, pour qu'une telle transposition puisse être réalisée, qu'une grille statistique de corrélation soit établie entre, d'une part les classes de potentialités définies ici, et d'autre part les mesures effectuées dans les habitations.

En conséquence, et en l'état, aucune corrélation ne peut être établie entre des concentrations en Bq/m³ et les valeurs de pixels calculés ici.

Néanmoins, la hiérarchisation du territoire qui est présentée est totalement valide pour définir un plan d'échantillonnage des habitations. A cet égard, l'utilisation pratique de la carte restituée n'est pas différente de celle qui résulterait d'une carte des potentialités de contamination des habitations.

BRGM
SERVICE DES ACTIONS RÉGIONALES
Service géologique régional Corse
Zi de Furiani – Immeuble Agostini – 20600 Bastia – Corse – Tél. : 33 (0)4 95 58 04 33