



Le radon, élément essentiel de la qualité de l'air

par R. CADIERGUES (COSTIC)



Parmi les polluants intérieurs le radon, gaz radioactif, joue un rôle non négligeable, mais très variable avec les sites et les types de constructions, ceci ayant largement contribué, pendant de nombreuses années, à une certaine incohérence apparente des données.

Cette incohérence n'existe plus, à notre sens. Les problèmes de radon semblent, en effet, maintenant très clairs, même s'il subsiste quelques difficultés pour quantifier totalement les effets de ce gaz.

Le radon est issu de la transformation radioactive de l'uranium. Son activité nucléaire, comme celle de tous les corps radioactifs se mesure en becquerels (abréviation : Bq) (1). Les ordres de grandeur suivants permettent de se rendre compte des activités volumiques courantes :

- à l'extérieur : 0 à 200 Bq/m³ (en ordre de grandeur),
- à l'intérieur : 1 à 4 000 Bq/m³ (voir texte),
- maximum légal en Suède (depuis 1984) pour les maisons existantes : 400 Bq/m³,
- pour les maisons rénovées : 200 Bq/m³,
- pour les nouveaux bâtiments : 70 Bq/m³ (qui est également la limite proposée par l'ASHRAE).

(1) Le becquerel est l'unité S.I.. On utilisait jadis le curie (1 curie = $4,7 \cdot 10^{10}$ Bq). On utilise parfois, avec un sens différent, le «working level» (WL) : 1 Bq/m³ (équivalent radon) = 0,00027 WL.

On constate que les valeurs relevées à l'intérieur peuvent, dans certains cas, dépasser nettement ces limites. La situation est particulièrement nette en Suède, où l'on attribue actuellement 20% des cancers du poumon à la pollution intérieure par le radon. Dans la plupart des autres pays la répercussion est certainement plus faible. Mais en Europe, la France possède des zones géographiques qui nous placent certainement en position peu favorable.

Le fait que la teneur en radon puisse atteindre 400 à 1 000 Bq/m³ fait d'ailleurs que certaines personnes peuvent être soumises à des expositions qui sont équivalentes à celles des mines d'uranium où l'on a systématiquement observé un taux de cancer du poumon nettement supérieur à la normale.

Malgré toutes les précautions et les incertitudes qui règnent, il a été possible, en Suède, d'établir un modèle de risque qui peut se traduire par un schéma simple que nous indiquons figure 2. A 70 Bq/m³ - la limite fixée pour les bâtiments neufs en Suède et par l'ASHRAE - la pollution intérieure augmente déjà de 30% les cancers du poumon. A 200 Bq/m³ la majoration est déjà supérieure à 50%. A 400 Bq/m³ (toléré à la limite) elle est de 70%. C'est le niveau au-delà duquel, en Suède, il est désormais

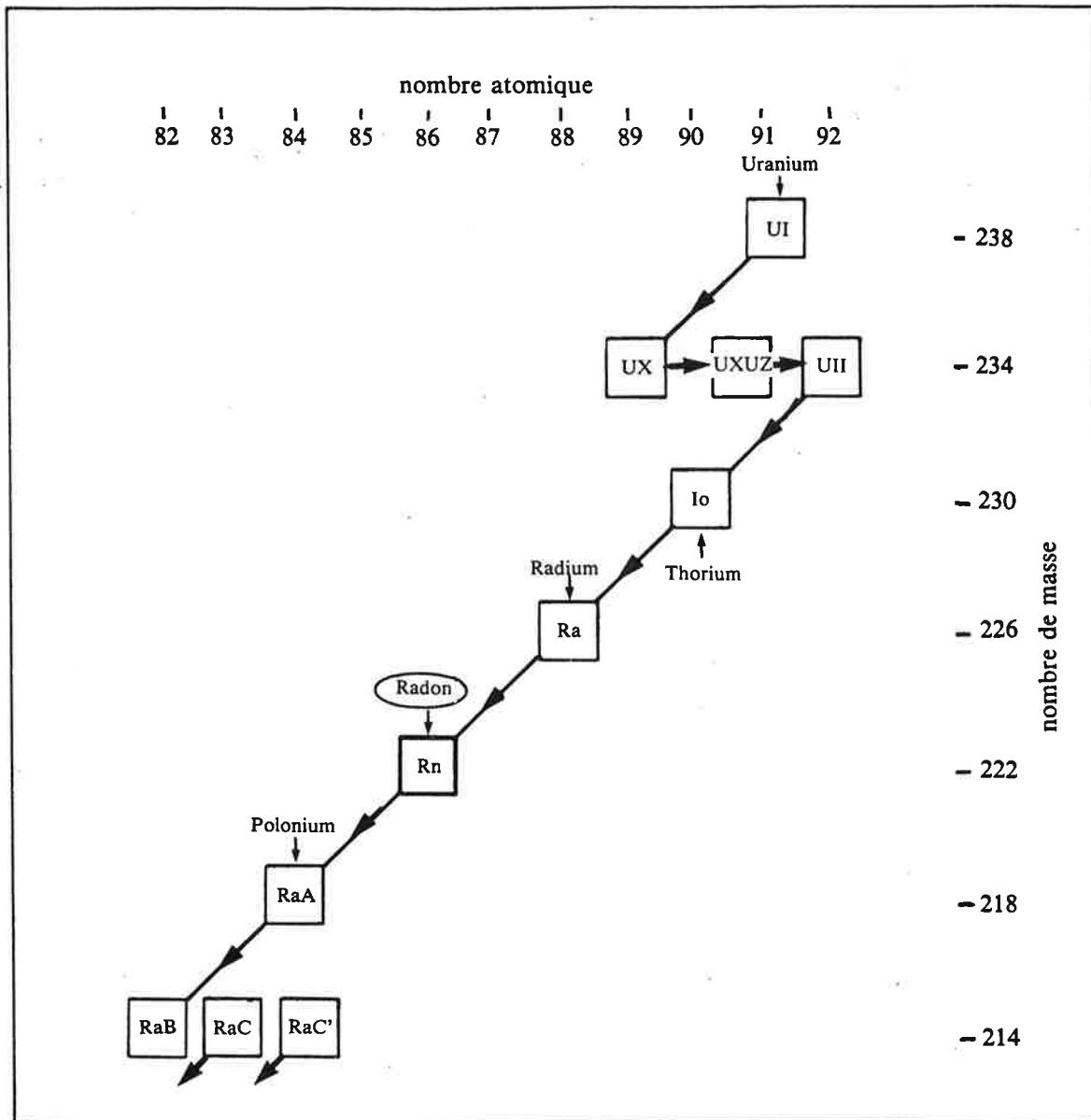


Figure 1 - Le radon (^{222}Rn) est un sous-produit de la radioactivité de l'uranium. Sur le plan pratique le radon ^{222}Rn est important par suite de sa relativement longue durée de vie. ^{220}Rn qui se produit par les matériaux a une vie très courte et est moins significatif que ^{222}Rn .

considéré qu'un logement est «inhabitabile». De fait, un nombre non négligeable de logements ont été ainsi abandonnés, les logements dans ce cas étant d'un peu plus d'une centaine de mille.

De l'ensemble des résultats désormais connus - et ils sont plusieurs milliers - on peut tirer des conclusions techniques, d'abord sur les origines de cette pollution

éventuelle, ensuite sur les moyens à utiliser pour l'éviter.

Trois origines sont en cause : l'eau sanitaire (qui dégage du radon), les matériaux de construction, le sol (2).

(2) Le gaz naturel (cuisine, etc.) a également été mis en cause, mais sa participation reste manifestement très faible ($<1 \text{ Bq}/\text{m}^3$).

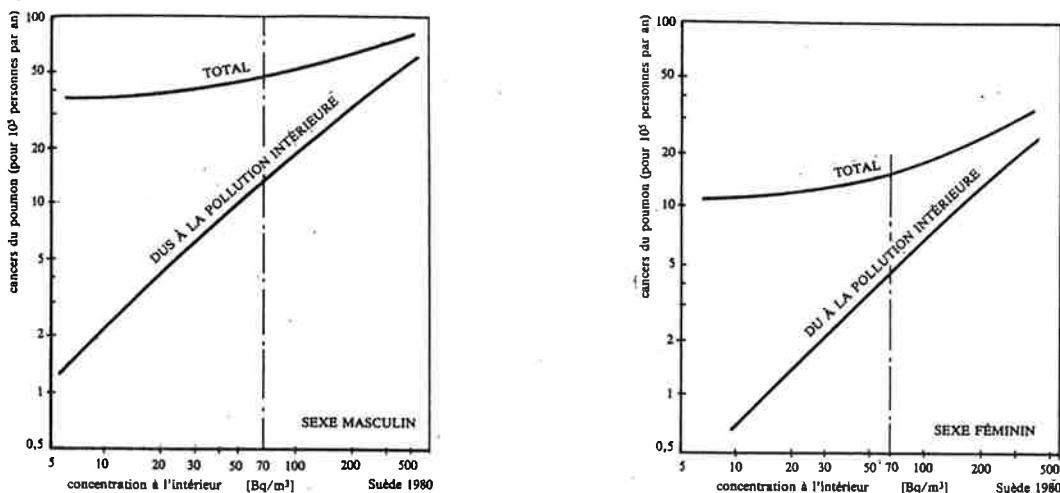


Figure 2 — Tentative récente de modélisation des risques liés à la pollution intérieure par le radon (W. Jacobi, Proc. Int. Séminaire Radiation Dosimetry, 1984).

La participation de l'*eau sanitaire* dépend probablement beaucoup de l'origine de l'eau (Hess et al, Health Physics, 1984). Pour les eaux de distribution d'origine superficielle, la teneur se situant aux alentours de 20 à 60 Bq par mètre cube d'eau, la participation à la pollution intérieure de l'air est totalement négligeable. Pour les eaux de distribution venant de sources, dont la teneur se situe vers 5 000 à 10 000 Bq par mètre cube d'eau, la participation à la pollution de l'air n'est pas numériquement négligeable, mais elle est faible, inférieure à 5 Bq/m³. Reste le cas très particulier des puits individuels, où les teneurs peuvent atteindre des centaines de milliers de becquerels par mètre cube d'eau, et où la participation de l'eau peut alors devenir très significative. Mais dans ce cas, il est vraisemblable que le sol du puits en est la cause, et que de toutes façons se posent des problèmes, ainsi que nous le verrons par la suite.

Les *matériaux de construction* ont été suspectés, dès le début des années 70, comme étant les auteurs essentiels de la pollution intérieure par le radon. Cet aspect nous a alors préoccupé pour deux raisons. D'abord parce que cela pouvait conduire à réviser nos taux de ventilation recommandés, ensuite parce que certains systèmes d'isolation dynamique voyant l'air balayer les matériaux avant d'être introduit dans les locaux pouvaient en augmenter la teneur en radon.

Le rôle des matériaux ne doit finalement pas être surestimé. Mais dans un cas, au moins, il a été prépondérant, celui des bétons légers aux schistes alumineux, très utilisés en Suède durant les années 60, et qui ont des teneurs très élevées en radon : 1 000 à 3 000 Bq/kg. D'après les éléments dont nous disposons, les briques et le béton de gravillon ont, en France, des teneurs de 20 à 80 Bq/kg, ce qui est peu. Mais pour certaines pierres, ainsi que nous le reverrons par la suite, les teneurs peuvent être beaucoup plus élevées.

Ce qui compte en réalité c'est le taux de diffusion du radon à la surface des matériaux. Il est, là, nécessaire de bien distinguer, lors des mesures ²²²Rn, qui a une vie assez longue, et qui est significatif pour la pollution de l'air, de ²²⁰Rn qui diffuse beaucoup plus mais qui disparaît très vite dans l'air par suite de sa vie courte. Si l'on ne prend pas cette précaution de séparation, on peut atteindre des chiffres considérables, cent fois plus importants que ceux que nous allons indiquer par la suite.

Tous les résultats dont nous disposons à partir de mesures effectuées au COSTIC prouvent, en tous cas, que sauf roches spécifiques (sur lesquelles nous allons revenir par la suite) la teneur en radon des matériaux, et le taux de diffusion ne sont pas suffisants

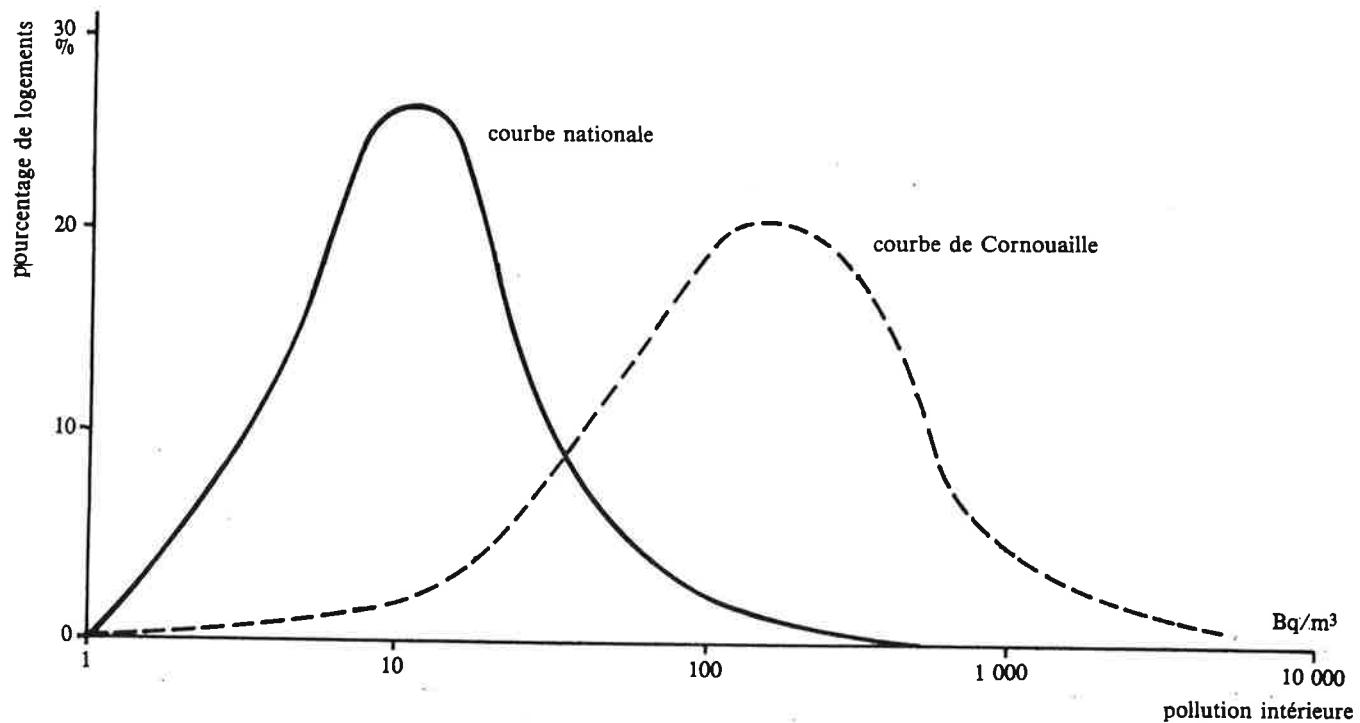


Figure 3 - Statistique des concentrations intérieures observées en Grande-Bretagne sur 367 logements.

pour provoquer une concentration excessive, même si l'air neuf (cas de certains systèmes d'isolation dynamique) balaye le matériau.

Tous les éléments désormais réunis dans de multiples pays et au COSTIC s'accordent avec le fait que, sauf cas particuliers traités plus haut avec l'eau et les matériaux, le responsable essentiel de la pollution intérieure est *le sol*.

Les éléments qui ont conduit progressivement à cette conclusion sont les suivants. D'abord les études sur les matériaux qui n'expliquaient pas les taux constatés. Ensuite le fait que la pollution varie considérablement avec les étages.

Voici, à cet égard, un exemple type, sur un même bâtiment, avec des valeurs pouvant varier selon les formes et les sites, mais présentant toujours la même allure décroissante avec l'éloignement du sol :

- vide sanitaire : 88 Bq/m³
- rez-de-chaussée : 12 Bq/m³
- premier étage : 11 Bq/m³

A mon avis, l'exemple le plus caractéristique du rôle que joue le sol est celui fourni par l'analyse statistique des pollutions intérieures en Grande-Bretagne (figure 3). La moyenne nationale est de 24 Bq/m³, alors que celle de Cornouaille est de 300 Bq/m³, avec des valeurs extérieures atteignant plusieurs milliers de becquerels par mètre cube.

Ce rôle du sol explique d'ailleurs assez bien les différences considérables qui existent entre les différentes «moyennes» nationales, ainsi que le situe le tableau suivant, établi à partir des éléments que nous avons pu réunir, le chiffre de la France étant très provisoire.

PAYS	% de logements excèdent 150 Bq/m ³
Suède	81
Suisse	62
Norvège	58
Grande-Bretagne	55
France	45
Italie	28
Canada	21
USA	12
Hollande	1

Il est manifeste qu'il existe une corrélation entre les structures géologiques et les résultats, même si ceux-ci doivent être encore considérés comme limités.

En effet, chaque pays possède manifestement des zones plus touchées que d'autres, ainsi que le montre l'exemple de la Grande-Bretagne (figure 3). C'est le cas aussi de la Suisse, où les régions cristallines, dont les roches sont relativement riches en uranium et en thorium, ont fait l'objet d'études systématiques.

Voici un exemple de résultat sur 32 maisons individuelles dans des régions correspondantes du Sud-Est de la Suisse.

	Activité (Bq/m ³)		
	Moyenne (géométrique)	90%	99%
cave	766	3 561	12 410
rez-de-chaussée	255	826	2 091
premier étage	176	468	1 030

Un tel résultat, parfaitement applicable à certaines régions françaises, indique, mieux que tout, le niveau auquel se situe notre problème puisque, si l'on respectait le modèle suédois :

- tout ce qui a plus de 400 Bq/m³ serait déclaré insalubre,
- toute construction neuve devrait avoir moins de 70 Bq/m³.

Il n'est pas indifférent que ceci *soit du sol*. D'abord parce qu'à travers cette origine il est possible de retrouver des explications. Ensuite parce que certaines mesures technologiques sont toujours possibles.

Bien que l'explication «sol» soit manifestement la plus adéquate sur le plan qualitatif, la justification quantitative des résultats obtenus est souvent très difficile, le sol ne semblant pas diffuser à un taux suffisant pour expliquer quantitativement les observations faites. Nous reviendrons par la suite sur ce paradoxe apparent.

Auparavant nous allons revenir aux risques

créés par les différents sols. L'uranium-238 (et ses dérivés) est d'importance fondamentale, et c'est la teneur en uranium qui reste le critère la plus simple du risque. Or il y a une teneur en uranium plus forte dans certains granits, et pegmatites, certains sables et schistes, et certains produits de décomposition.

Le tableau suivant indique la teneur en radon de l'air du sol, avec différents minéraux, pour la Suède, et à titre d'illustration :

- moraine normale : 5 000 - 30 000 Bq/m³
- moraine chargée en matière : 10 000 - 60 000 Bq/m³
- moraine chargée en matière riche en U : 10 000 - 200 000 Bq/m³
- gravier : 10 000 - 150 000 Bq/m³
- sable : 2 000 - 30 000 Bq/m³
- argile : 10 000 - 80 000 Bq/m³
- sols contenant des schistes alumineux : 50 000 à plus de 1 000 000 Bq/m³

Malheureusement, on ne connaît pas systématiquement les teneurs en radon des sols réels de notre pays, insuffisance qui n'est d'ailleurs pas propre à la France seule. Car il s'agit de teneurs de quelques millionièmes.

Il faut, par ailleurs, de très faibles dépressions pour que soit assurée la pénétration du radon à travers les structures et ceci complique l'évaluation des risques. Dans un bâtiment de Chicago récemment très bien étudié, on a conclu qu'il suffisant d'une différence de pression de 3,5 Pa (0,35 mm eau) pour que le débit d'air à travers le sol (de perméabilité moyenne : 10⁻² m²) atteigne 3 à 6 m³/h, ceci suffisant pour créer un flux d'entrée de radon de 60 Bq/h par mètre cube du bâtiment. Avec un taux de renouvellement de 0,5 vol/h, cela aurait suffi pour créer une pollution intérieure de plus de 120 Bq/m³.

Tout ceci rend évident qu'il est nécessaire de mieux connaître ces problèmes de pénétration de radon. Il y a, à celà, une double conséquence :

- a) certaines mesures peuvent être prises : bon calfeutrement des parties basses, bonne ventilation des caves, etc,
- b) meilleure adéquation du taux de renouvellement au site.

Sur le premier point, nous reviendrons dans une étude signalée plus loin. Sur le second point, voici une illustration provisoire, relative à une construction moyenne. Selon la concentration de l'air du sol en radon, et pour 70 Bq/m³ de concentration intérieure maximale, en négligeant l'apport du aux matériaux, il faut prévoir les taux de renouvellement suivants, correspondant à une pénétration d'air du sol de 0,7 m³/h :

Taux de renouvellement d'air nécessaire (vol/h)	Teneur en Rn de l'air du sol (Bq/m ³)
0,1	10 000
0,5	50 000
1,0	100 000
2,5	500 000

Ce tableau, que nous ne commenterons pas davantage, puisque nous y reviendrons dans une publication séparée, montre que le problème est loin d'être négligeable. Même si l'on admet une limite moins sévère, par exemple 150 Bq/m³, les valeurs peuvent rester fortes dans certaines zones géographiques.

Les travaux entrepris actuellement par le COSTIC sur le sujet, ont pour objet :

1. de déterminer les zones géologiquement sensibles, à partir d'un premier dégrossissage fourni figure 4, indiquant les régions où sont actuellement concentrées nos mesures.
2. de déterminer ensuite les mesures à recommander.

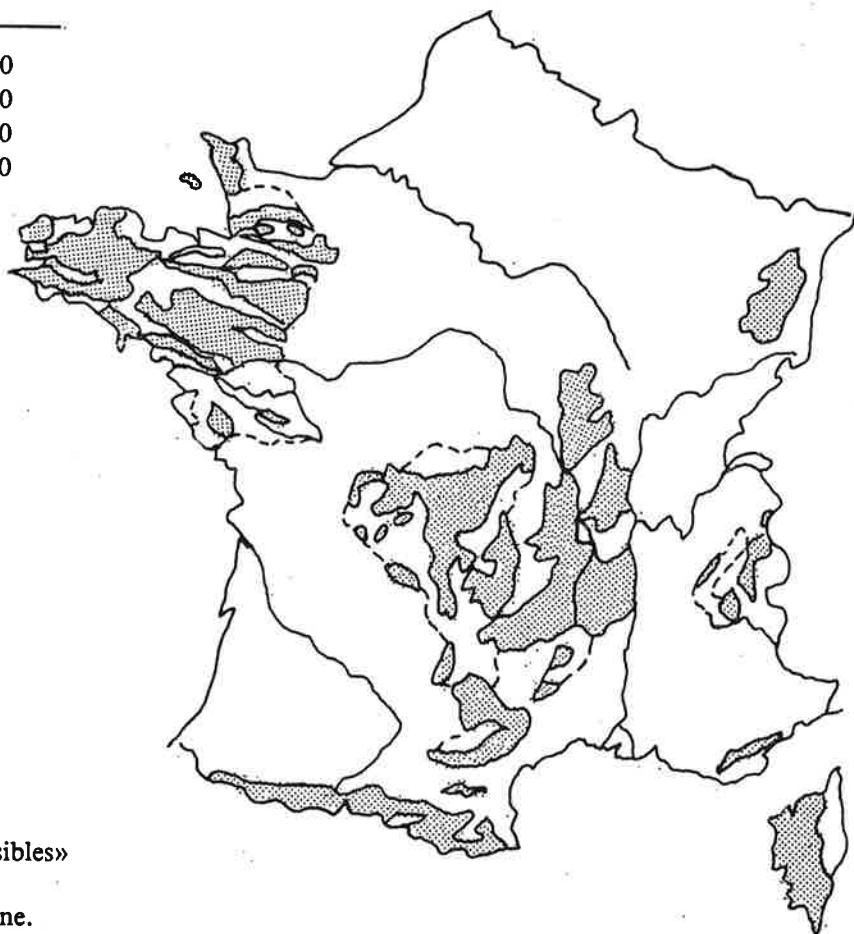


Figure 4 - Les zones géologiquement « possibles »

(en grisé) en France métropolitaine.