



PRÉFECTURE DE LA RÉGION DE BOURGOGNE

**DIRECTION RÉGIONALE
DES AFFAIRES SANITAIRES
ET SOCIALES**

LE RISQUE RADON EN BOURGOGNE

**Éléments pour une campagne de communication
et de mesure de l'exposition au risque en 2005-2006**



2006

LE RISQUE RADON EN BOURGOGNE

Éléments pour une campagne de communication et de mesure de l'exposition au risque en 2005-2006

RÉALISATION

ORS BOURGOGNE

Yann GENAY, chargé d'études environnement

Isabelle MILLOT, médecin de santé publique

Benoît NAVILLON, technicien informatique

Christine FIET, secrétaire

REMERCIEMENTS

Aux membres du comité de pilotage "radon" :

BARDOS Bruno (DDASS 89), BESSON Delphine (DDASS 58), CUZON Sylvie (DDASS 89), GRISON Lionel (DRASS Bourgogne), LLORCA Philippe (DRE Bourgogne), LOIZEAU Marie-Noëlle (DDASS 21), LORILLOT Jean-Noël (DDASS 58), MOISSONNIER Brigitte (DDASS 71), ROUAULT Hélène (DSNR), ROUGY Christel (DGSNR), THIRARD Serge (DDASS 71), TILLIER Claude (CIRE Centre est), POLNY Sandrine (DDE 58).

Aux professionnels ayant facilité le recueil d'informations :

- Messieurs CHAUVIN Christian et DEBORDE Sylvain ainsi que la Cellule d'Application en Écologie pour la méthodologie cartographique du potentiel "radon"
- le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) pour la fourniture des cartes géologiques

Étude réalisée à la demande de la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bourgogne.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	7
CHAP I. LE RADON : CONTEXTE GÉNÉRAL	8
A. L'ÉLÉMENT RADON	8
1. HISTORIQUE	8
2. ORIGINE	8
3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET NUCLEAIRES	9
4. EXPOSITION ET EFFETS SUR LA SANTE	9
B. ÉVALUATION ET GESTION DU RISQUE	13
1. REGLEMENTATION EUROPEENNE	13
2. REGLEMENTATION FRANÇAISE	13
3. ÉVALUATION DU RISQUE	16
CHAP II. LE RADON : IMPACT SANITAIRE	19
A. ÉTUDES DE COHORTES	19
B. LES ÉTUDES "CAS-TÉMOIN"	20
C. INTERACTIONS AVEC LES COFACTEURS ENVIRONNEMENTAUX	21
CHAP III. PRÉVENTION ET DÉPISTAGE DU RADON EN BOURGOGNE – CONTEXTE ET OBJECTIFS	22
A. LE PLAN NATIONAL SANTÉ - ENVIRONNEMENT (PNSE)	22
B. LE PLAN RÉGIONAL SANTÉ - ENVIRONNEMENT (PRSE)	22
CHAP IV. L'EXPOSITION AU RADON EN BOURGOGNE : BILAN DES CONNAISSANCES	23
A. L'ÉVALUATION DU POTENTIEL GÉOLOGIQUE D'EXHALATION DE RADON	24
1. METHODOLOGIE ET PROTOCOLE	24
2. LIMITES DE L'ETUDE	28
3. ANALYSE DES RESULTATS	28
□ Analyse régionale du potentiel géologique d'exhalation de radon	28
□ Potentiel géologique d'exhalation par département	30
□ Liste des communes à risque (n=385)	35
□ Liste des communes à risque hétérogène (n=337)	40
B. LA CAMPAGNE NATIONALE DE MESURE DE L'EXPOSITION DOMESTIQUE AU RADON IPSN – DGS	44
1. METHODOLOGIE ET PROTOCOLE	44
2. LIMITES DE L'ETUDE	44
3. ANALYSE DES RESULTATS REGIONAUX	45
4. RESULTATS DETAILLES PAR DEPARTEMENT	48
C. LA MESURE DU RADON DANS LES HABITATIONS DU MORVAN (CELLULE D'APPLICATION EN ÉCOLOGIE)	52
1. PROTOCOLE ET LIMITES DE L'ETUDE	52
2. ANALYSE DES RESULTATS	52
D. CAMPAGNE DE MESURES DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC	54
1. ANALYSE DES DONNEES NATIONALES	54
2. ANALYSE DES DONNEES EN BOURGOGNE	55
3. RESULTATS DE LA 1 ^{ERE} CAMPAGNE EN BOURGOGNE (1999-2001)	57
4. PERSPECTIVES	57
CHAP V. LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU RADON DANS LES BÂTIMENTS	59
A. LES MÉCANISMES D'ENTRÉE DU RADON DANS LES BÂTIMENTS	59
B. ESTIMATION DU PARC DE LOGEMENTS PRÉSENTANT UN RISQUE SANITAIRE	60
C. ESTIMATION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION FRANÇAISE	61
D. LES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU RADON DANS UN BÂTIMENT EXISTANT	61
E. LES TECHNIQUES DE RÉDUCTION PASSIVES	62

1.	L'ETANCHEIFICATION	62
2.	L'AERATION NATURELLE	62
F.	LES TECHNIQUES ACTIVES DE RÉDUCTION DU RADON	64
1.	VENTILATION CREANT UNE MISE EN SURPRESSION DE LA CELLULE HABITEE	65
2.	VENTILATION CREANT UNE DEPRESSION SOUS LA CELLULE HABITEE	66
G.	LES TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU RADON POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES	67
H.	EFFICACITÉ DES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU RADON	68
I.	INVENTAIRE DES SOLUTIONS TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE EN BOURGOGNE	71
1.	AU NIVEAU NATIONAL	71
2.	EN BOURGOGNE	71
J.	LES AIDES FINANCIÈRES	77
1.	LA TVA A 5,5 %	77
2.	LES AIDES A L'AMELIORATION DE L'HABITAT	77
K.	RÉPERTOIRE DES PARTENAIRES À ASSOCIER EN CAS DE PROBLÈMES LIÉS AU RADON	79
1.	LA MESURE DU RADON	79
2.	LISTE DES FOURNISSEURS DE DOSIMETRES	80
3.	ADRESSES UTILES EN FRANCE	80
4.	ADRESSES UTILES EN BOURGOGNE	80

CHAP VI. UNE NOUVELLE CAMPAGNE DE MESURE EN ZONE HÉTÉROGÈNE EN 2005-2006 82

1.	REALISATION DE LA CAMPAGNE	82
2.	BILAN DE LA CAMPAGNE DE MESURE	83

CHAP VII. CAMPAGNE D'INFORMATION SUR LE RADON 91

A.	ÉTAT DES LIEUX DE LA COMMUNICATION "RADON" EN BOURGOGNE	91
B.	LA CAMPAGNE DE COMMUNICATION RÉGIONALE 2005-2006	91
1.	LES DESTINATAIRES	92
2.	LES OUTILS DE COMMUNICATION	92
3.	STRATEGIE DE DIFFUSION	93
4.	CALENDRIER	95

CONCLUSION 97

ANNEXES 98

ANNEXE 1 : ORGANISMES HABILITÉS À PROCÉDER AUX MESURES	98
ANNEXE 2 : OUTILS DE COMMUNICATION ÉLABORÉS	102

GLOSSAIRE 143

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 145

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Listes des figures

Figure 1 : Chaîne de désintégration radioactive de l'Uranium 238	8
Figure 2 : Place du radon dans l'exposition moyenne aux rayonnements des populations	10
Figure 3 : Les voies d'entrée du radon dans une habitation	11
Figure 4 : Exemple d'évolution des concentrations en radon dans une maison : mise en évidence de l'effet d'une ventilation naturelle.....	11
Figure 5 : Exemple d'un dosimètre radon de type "film"	12
Figure 6 : Schéma méthodologique de la gestion du risque lié au radon dans un bâtiment	15
Figure 7 : Voies d'entrées du radon dans un bâtiment.....	60
Figure 8 : Techniques passives de réduction du radon	64
Figure 9 : Techniques actives de réduction du radon / ventilation créant une surpression de la cellule habitée par rapport au sol	65
Figure 10 : Techniques actives de réduction du radon / ventilation créant une dépression sous la cellule habitée	66
Figure 11 : Efficacité des solutions techniques mises en œuvre	68
Figure 12 : Efficacité d'une mise en dépression sous la cellule habitée par ventilation	69
Figure 13 : Influence du SDS sur l'activité volumique du radon.....	70

Listes des cartes

Carte 1 : Campagne nationale de mesure de la radioactivité naturelle dans les départements français	17
Carte 2 : Départements prioritaires	17
Carte 3 : Les formations géologiques du Morvan	25
Carte 4 : Distribution de l'uranium superficiel dans le Morvan	26
Carte 5 : Potentiel géologique d'exhalation de radon – région Bourgogne.....	29
Carte 6 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Côte d'Or	30
Carte 7 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Nièvre	31
Carte 8 : Les principaux gisements houillers du Morvan	32
Carte 9 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Saône et Loire	33
Carte 10 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de l'Yonne.....	34
Carte 11 : Représentation cartographique des résultats de mesures dans l'habitat – IRSN.....	47
Carte 12 : Cartographie des mesures de radon dans les ERP bourguignons	56

Liste des graphiques et tableaux

Graphique 1 : Répartition des résultats de mesures de radon dans l'habitat par département	46
Graphique 2 : Répartition des mesures réalisées dans les ERP	54
Graphique 3 : Nombre d'établissements contrôlés par région	55
Graphique 4 : Mesures du radon dans les ERP bourguignons - Bilan 1999 / 2001.....	57
Tableau 1 : Récapitulatif des catégories de roches.....	27
Tableaux 2 et 3 : Situation de la Bourgogne par rapport aux autres régions françaises	45
Tableau 4 : Résultats des mesures par département	46
Tableau 5 : Étanchéité au radon de divers matériaux de construction	63
Tableau 6 : Taux d'exhalation de radon de certains matériaux de construction	67
Tableau 7 : Bilan des concentrations en radon dans 100 écoles en zone hétérogène.....	84

INTRODUCTION

En France, le radon constitue la première source d'exposition naturelle de la population aux rayonnements ionisants. C'est un gaz radioactif incolore et inodore provenant de la désintégration radioactive de l'Uranium que l'on retrouve en quantités variables dans de nombreuses roches et plus favorablement dans les roches cristallines (granites et roches volcaniques).

Le radon provient majoritairement du sol. Dans l'atmosphère, il est dilué par les courants aériens et sa concentration reste faible mais dans à l'intérieur d'un bâtiment, il peut s'accumuler et atteindre des niveaux élevés.

En 1987, le radon a été reconnu comme cancérigène pulmonaire pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC – OMS) sur la base d'études expérimentales épidémiologiques au sein de cohortes de mineurs.

Le radon est devenu, depuis quelques années, un sujet de préoccupation pour les pouvoirs publics qui ont mis en place une législation pour les Établissements Recevant du Public (ERP) en 1999 imposant la réalisation de mesures de radon dans les établissements d'enseignement et sanitaires et sociaux de plusieurs départements français jugés "prioritaires".

Une étude menée dans l'habitat individuel par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), initiée en 1982 en collaboration avec les pouvoirs publics, a permis de classer 31 départements français comme "prioritaires par rapport au risque radon" dont deux départements bourguignons (la Nièvre et la Saône et Loire).

Dans ce contexte, la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS), en collaboration avec les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales, la Direction Régionale de l'Équipement (DRE) et la Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Centre-Est ont sollicité l'ORS pour réaliser une étude sur l'évaluation et la gestion du risque radon en Bourgogne.

Cette étude présente tout d'abord les aspects physiques, sanitaires et réglementaires du radon.

Ensuite sont exposés :

- **une synthèse** sur l'ensemble des études réalisées sur le radon comprenant la cartographie régionale du potentiel d'exhalation de radon en fonction des roches sous-jacentes ainsi que le bilan des campagnes de mesures déjà réalisées ;
- **un inventaire des solutions techniques** de réduction du radon et de leur efficacité et coûts ainsi que la réalisation de fiches techniques sur les travaux réalisés en Bourgogne ;
- **un plan de communication** adapté aux différents publics et professionnels concernés par la gestion du risque radon (bâtiment, santé,...).

CHAP I. LE RADON : CONTEXTE GÉNÉRAL

A. L'ELEMENT RADON

1. HISTORIQUE

Jusqu'à la fin du siècle dernier, l'homme vivait à son insu dans un environnement qui comportait des éléments radioactifs. Après la découverte de la radioactivité par Henri Becquerel en 1896, Marie et Pierre Curie isolent **le radium** en 1898. Le terme de "radioactivité" est alors employé pour la première fois. D'autres radioéléments seront ensuite mis en évidence, parmi lesquels **le radon**.

En 1900, Dorn met en évidence le fait que l'air au contact de sels de radium devient radioactif, et que ce phénomène est dû à une émanation gazeuse issue du radium, le radon.

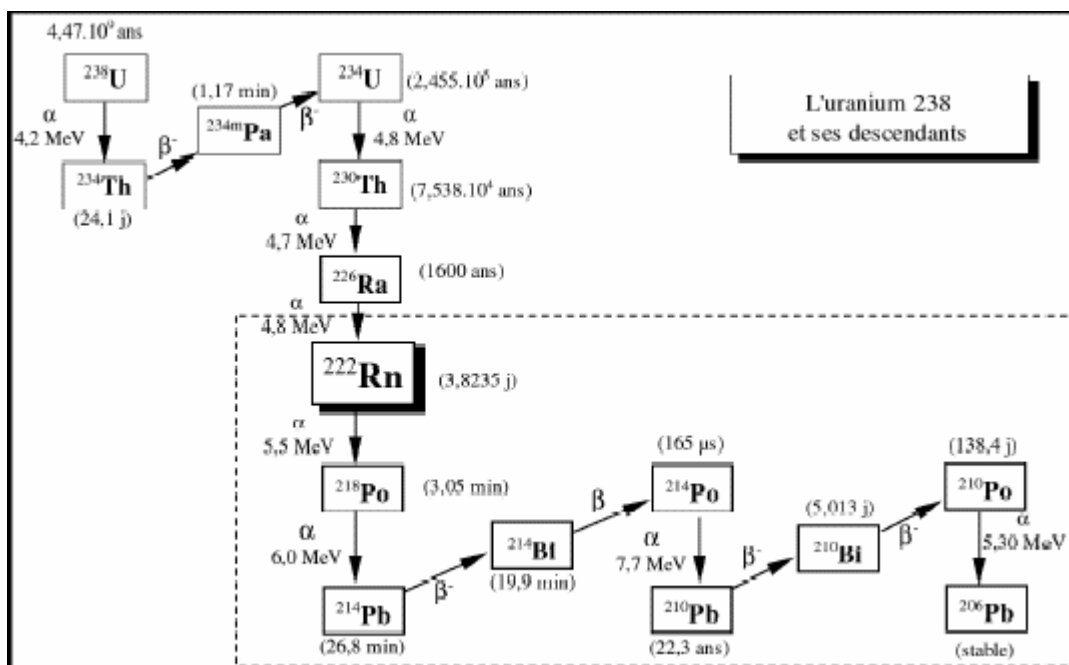
La même année, Rutherford montre que ce gaz se forme lors de la désintégration du radium avec l'émission d'une particule α .

Jusqu'en 1923, date à laquelle une commission internationale retiendra le terme de "radon", celui-ci était appelé "émanation".

2. ORIGINE

Le radon est un "descendant" chimique de l'uranium, c'est-à-dire qu'il est un des éléments de la chaîne de désintégration nucléaire naturelle de l'uranium. Il est produit directement par la désintégration du radium.

Figure 1 : Chaîne de désintégration radioactive de l'Uranium 238



Le radium peut être très abondant dans les roches uranifères (contenant des minerais d'uranium) et est présent en quantité variable dans pratiquement toutes les roches cristallines (roches granitiques et volcaniques). Les terrains sédimentaires calcaires ne renferment pas, en règle générale, de minéraux radioactifs. Quelques exceptions apparaissent parfois, elles sont dues à des particularités géologiques

locales (intrusions granitiques en massif calcaire, fracturation laissant apparaître des roches cristallines, érosion et transport de minéraux radioactifs).

Les matériaux de construction naturels comme les pierres de granite, les grès, les basaltes peuvent contenir des quantités variables de radium et "produire" du radon.¹

3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET NUCLEAIRES²

Le radon est un corps simple de symbole **Rn**, de numéro atomique 86 et de nombre de masse 222. Il fait partie des "gaz rares" de la classification de Mendeleïev comme le néon, le krypton et le xénon. C'est un gaz inodore et incolore. Le radon possède trois isotopes naturels (Rn 219, Rn 220 et **Rn 222**). Parmi ces isotopes, le **radon 222** (descendant de l'uranium 238) est le plus présent dans l'atmosphère à cause de sa période radioactive suffisamment longue pour lui permettre de migrer de la roche jusqu'à l'air libre.

Sa période radioactive (ou demi-vie) est de 3,82 jours, c'est-à-dire qu'il faut environ 4 jours pour que la moitié d'une quantité de radon 222 soit désintégrée en d'autres éléments radioactifs (*figure 1*).

Les désintégrations successives du radon conduisent à un élément stable et non-radioactif, le plomb.

Le radon est le gaz le plus lourd connu avec une densité 8 fois supérieure à celle de l'air mais il reste très volatil.

A partir du sol et parfois de l'eau dans laquelle il peut se retrouver dissous, le radon diffuse dans l'air. En atmosphère libre, il est dilué par les courants aériens et sa concentration reste très faible mais en atmosphère confinée, le radon peut s'accumuler et atteindre des concentrations élevées.

⇒ *Émanation et mécanismes de transport du radon dans les roches et les sols*

On considère que les grains minéraux d'une roche ou d'un sol contiennent du radon, l'émanation du radon est le mécanisme par lequel un atome de radon est libéré du grain solide et atteint l'espace libre des pores. Le transport du radon depuis son milieu source (roche / sol) jusqu'à l'atmosphère va dépendre de la taille et de la distribution des espaces que peut occuper le gaz.

A l'échelle microscopique, les voies de transport sont les pores et les macropores de la roche ou du sol par diffusion moléculaire et à l'échelle des formations géologiques, il va s'agir des fractures, des failles, des cavités souterraines (karst, réseaux hydrogéologiques...), des conduits volcaniques, etc.

4. EXPOSITION ET EFFETS SUR LA SANTE³

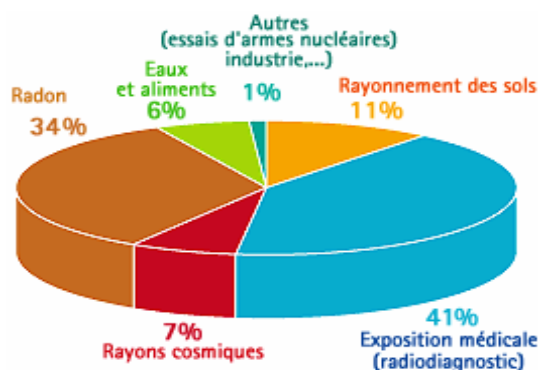
⇒ *Sources de radon dans l'environnement*

Pour mieux cerner l'importance du radon, il est intéressant de comparer l'exposition de l'Homme à la radioactivité produite par le radon et à celle produite par d'autres sources.

En France, le radon représente plus de 30% de la radioexposition moyenne des populations soit la deuxième source d'exposition après la radiologie médicale (plus de 40%). Dans la plupart des autres pays, la part due au radon est généralement la plus importante.

Figure 2 : Place du radon dans l'exposition moyenne aux rayonnements des populations

(UNSCEAR 1993 et IRSN)



Dose totale moyenne annuelle : 4 mSv ^a

L'exposition à la radioactivité naturelle a une double origine : l'espace, d'où nous proviennent les rayons cosmiques, et la croûte terrestre, où se trouvent les éléments radioactifs primordiaux issus de la formation de la terre, dont ceux d'où provient le radon.

On mesure l'activité du radon en **becquerels** (= nombre de désintégrations radioactives par seconde) **par m³ d'air**.

Au niveau régional, c'est la géologie (**et plus particulièrement la teneur des roches du sous-sol en uranium**) qui détermine l'ampleur des émanations de radon. Celui-ci diffuse à travers les porosités et fissures du sol, véhiculé par l'air ou l'eau. Le radon circule facilement dans le sol, surtout dans les terrains peu compacts comme le **gravier**. Dans les sols plus imperméables, il s'infiltre dans les fissures et les fentes, jusqu'à la surface du sol et se répand dans l'air.

Pour une même teneur du sol en radon, la quantité du gaz qui en émane varie selon la perméabilité du sol (densité, porosité, granulométrie), son état (sol sec, gorgé d'eau ou gelé, enneigé) et les conditions météorologiques (température du sol, de l'air, pression atmosphérique, vent). De plus, la concentration de radon décroît rapidement avec l'altitude.

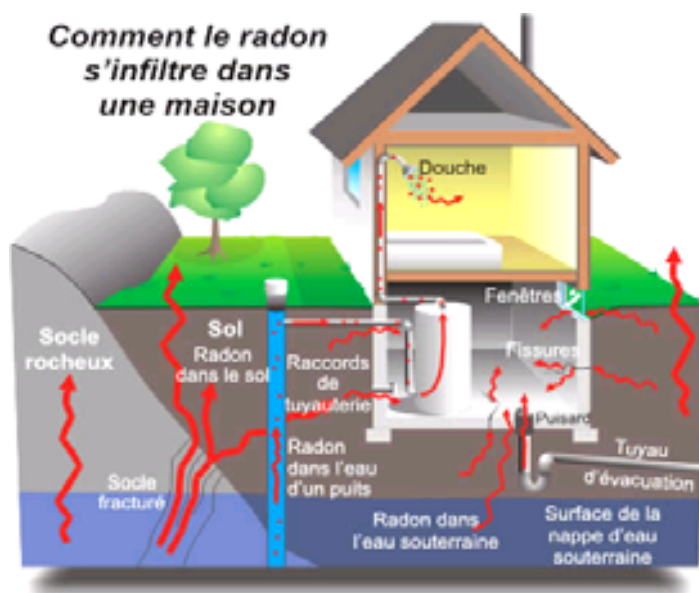
Dans la mesure où les concentrations de radon à l'air libre sont faibles et où, par ailleurs, le citoyen moyen d'un pays européen passe la majeure partie de son temps à l'intérieur d'un bâtiment (environ 80%), le risque pour la santé publique constitué par le radon est essentiellement lié à l'exposition à l'intérieur des locaux.

⇒ **Le radon dans les maisons**

La majeure partie du radon présent dans une habitation provient du sol sur lequel elle est construite. Le radon pénètre dans la maison par toutes les ouvertures en contact avec le sol. Les principales voies d'entrées du radon sont représentées sur la figure ci-après.

^a mSv : millisievert. Le Sievert est l'unité de dose relative aux rayonnements ionisants

Figure 3 : Les voies d'entrée du radon dans une habitation



Source : <http://sts.gsc.nrcan.gc.ca/geoscape/>

Si la cave est en terre battue, le radon y pénètre sans problème par diffusion et peut s'accumuler. Si le sol de la cave est bétonné, il pénètre par des fissures qui se créent avec le temps dans le sol, le long des canalisations et des joints entre parois. Dans une moindre mesure, le radon peut également provenir des murs lorsque ceux-ci sont construits avec des matériaux "traditionnels", plus ou moins radioactifs, selon la géologie du lieu en question (roches volcaniques ou granitiques). L'eau du robinet peut également constituer une source potentielle de radon sous forme dissoute.

De plus, le radon émis à l'intérieur d'une habitation a tendance à y rester du fait de la différence de pression entre intérieur et extérieur. En effet, la pression de l'air à l'intérieur d'une habitation est légèrement inférieure à celle de l'extérieur, l'air présent dans la maison a donc tendance à y demeurer, ce qui constitue un facteur de concentration. Dans les endroits clos (cave, vide sanitaire, pièces d'habitations), le radon peut se concentrer puis diffuser dans les maisons par différentes voies (fissures, passage de canalisation,...).

Le mode de construction de l'habitat joue donc un rôle important dans la concentration finale de radon mais un autre facteur est déterminant : la ventilation. La présence de ventilateurs ou l'ouverture régulière des fenêtres modulent le taux de renouvellement de l'air. La concentration de radon dans la maison varie d'heure en heure au cours de la journée en fonction du degré et de la fréquence de l'ouverture des portes et fenêtres, c'est-à-dire selon l'occupation et les modes de vie des habitants.

Figure 4 : Exemple d'évolution des concentrations en radon dans une maison : mise en évidence de l'effet d'une ventilation naturelle



Source : www.invs.sante.fr/publications/2003/radon/annexes.pdf

⇒ La mesure du radon dans les bâtiments

Dans un bâtiment, le gaz radon est toujours présent avec ses descendants radioactifs et leurs proportions relatives varient au fur et à mesure de la désintégration et de l'émanation de radon "neuf". Dépister du radon dans un bâtiment signifie mesurer la concentration en radon de l'air dans les pièces occupées du bâtiment.

Le dosimètre est un appareil qui mesure la concentration de radon présente dans une pièce. Son principe est le même que celui d'un appareil photographique. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Leurs impacts sur le film sont ensuite révélés grâce à un procédé chimique et comptés à l'aide d'un microscope.

Figure 5 : Exemple d'un dosimètre radon de type "film"



Trois types de mesure, codifiées par l'AFNOR^a, sont à distinguer, selon les caractéristiques du prélèvement d'air :

- la **mesure intégrée** (requis par les circulaires ministérielles relatives au radon)
- la mesure ponctuelle effectuée sur un laps de temps très bref, de l'ordre de quelques secondes à 1 minute maximum, qui fournit une "photographie" de la situation à un moment donné
- les prélèvements en continu permettant de suivre l'évolution de la concentration en fonction du temps

La mesure doit être représentative de la valeur moyenne annuelle. On réalise alors une mesure dite "intégrée", c'est-à-dire continue sur une longue période (mesure sur 2 mois conseillée) afin de prendre en compte les variations journalières, les facteurs saisonniers et climatiques.

Pour que les mesures soient suffisamment représentatives de l'exposition réelle des individus, le lieu doit être choisi dans les pièces les plus souvent occupées, à une hauteur proche de la hauteur d'inhalation (1,50 m). Il est donc important d'accompagner toute mesure par des informations sur les conditions de cette mesure afin de produire une interprétation pertinente des résultats.

⇒ Les effets sur la santé

Le radon a été reconnu comme cancérigène pulmonaire pour l'Homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer en 1987. Cette reconnaissance fait suite à de nombreuses études épidémiologiques menées chez les mineurs d'uranium, d'étain et de fer, à partir du milieu des années 60 dans de nombreux pays. L'ensemble des résultats a permis d'établir que **l'exposition au radon accroît le risque de cancer du poumon chez ces travailleurs**.

Toutefois, certaines questions telles que l'influence de l'âge, de la durée et de l'intensité de l'exposition sont encore non résolues et justifient la poursuite d'un effort de recherche scientifique. Il apparaît, en effet, que le radon lui-même est peu dangereux car il est exhalé en majeure partie, mais ses descendants radioactifs (*cf. figure 1*) non gazeux peuvent s'adsorber sur les particules de poussières ambiantes en suspension susceptibles de se déposer sur l'arbre bronchique occasionnant une irradiation des tissus bronchiques et pulmonaires. L'appareil respiratoire est alors au contact du radon et de ses descendants particulaires. Ces éléments solides à courte demi-vie émettent des particules α (qui sont des noyaux d'hélium) induisant des lésions directes sur les constituants subcellulaires.

Les effets cliniques observés pour des niveaux importants d'exposition sont des tumeurs de l'appareil respiratoire, des fibroses pulmonaires, de l'emphysème pulmonaire.

^a Normes AFNOR **M60-673** et **M60-766**

B. ÉVALUATION ET GESTION DU RISQUE

1. REGLEMENTATION EUROPEENNE

Depuis 1987, le radon est classé comme agent cancérigène par le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) et l'Organisation Mondiale de la Santé. Dès lors, l'attention des pouvoirs publics s'est portée sur l'exposition des populations au radon dans les habitations : dans certaines maisons, les concentrations sont proches de celles mesurées dans les mines.

En 1990, la **Commission des Communautés Européennes** recommande *"que des critères soient établis permettant l'identification des régions, des sites et des procédés de construction susceptibles d'aller de pair avec des niveaux élevés de radon, (...) que des seuils exprimés en paramètres sous-jacents (par exemple l'activité du sol et des matériaux de construction) soient éventuellement utilisés pour déceler des circonstances propices à des expositions excessives"*⁴.

Dans ce cadre, l'Union européenne émet des recommandations sur la mise en œuvre d'actions correctives lorsque la concentration moyenne annuelle en radon dans un bâtiment dépasse **400 Bq/m³**. En outre, elle recommande que les bâtiments neufs soient conçus afin que cette concentration moyenne annuelle n'excède pas **200 Bq/m³**.

La Commission Européenne a mis en place le programme, **ERRICCA 2** (European Radon Research and Industry Collaboration Concerted Action) rassemblant, sous la houlette du Building Research Establishment, 35 organismes de 20 pays, dont le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Ensemble, ces organismes travaillent à l'élaboration de techniques de diagnostics et de remédiation ainsi qu'à la diffusion de la connaissance scientifique et technique, au travers de campagnes nationales d'information et de sensibilisation. Ce programme, d'une durée de trois ans, a débuté en février 2002.

L'objectif de ce programme est d'établir un lien entre l'industrie et le milieu scientifique visant à diminuer les risques sanitaires liés au radon dans l'environnement intérieur. Le programme considère les sujets et les tâches suivants :

- L'information du public
- Les matériaux de construction
- La protection des nouveaux bâtiments
- Les mesures de remédiation pour les bâtiments existants
- La cartographie et la mesure du radon

2. REGLEMENTATION FRANÇAISE

En 1992, le **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France** considère qu'il est *"nécessaire d'achever la cartographie du risque radon dans l'habitat en France"*, qu'il faut étudier les solutions techniques qui peuvent *"sans dépenses supplémentaires significatives, isoler les locaux d'habitations du radon"* et qu'il faut poursuivre les études épidémiologiques⁵.

Les pouvoirs publics français, prenant en compte l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, ont retenu la valeur de **1 000 Bq/m³** en moyenne annuelle comme seuil d'alerte et également la valeur indicative de **400 Bq/m³** en moyenne annuelle comme objectif de précaution. Ils ont également indiqué que la valeur guide de **200 Bq/m³** en moyenne annuelle sera fixée pour les bâtiments à construire.

En pratique, les pouvoirs publics estiment que l'on peut distinguer trois niveaux en termes d'exposition :

1 - **en dessous de 400 Bq/m³**, la situation ne justifie pas d'action correctrice particulière.

2 - **entre 400 et 1000 Bq/m³**, il est souhaitable d'entreprendre des actions correctrices simples.

3 - **au-delà de 1000 Bq/m³**, des actions correctrices, éventuellement d'envergure, doivent être impérativement conduites à bref délai, car on aborde un niveau de risque qui peut être important.

Parmi les textes réglementaires concernant la prise en compte et la gestion du risque radon en France, en voici une liste non exhaustive⁶ :

- l'avis du Conseil supérieur de l'hygiène publique de France concernant le radon dans les habitations et les établissements recevant du public (1992)
- les circulaires ministérielles (Direction Générale de la Santé) du 27 janvier 1999 et du 20 mai 1999 relatives à l'organisation de la gestion du risque lié au radon, et du 2 juillet 2001 relative à la gestion du risque lié au radon dans les établissements recevant du public (ERP).

Depuis le 15 août 2003, un nouvel arrêté indique que les professionnels du bâtiment devront effectuer une demande d'agrément auprès de la DGSNR (Direction Générale de la Sécurité Nucléaire et de la Radioprotection).

- l'arrêté, du **22 juillet 2004, relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public**. Cet arrêté décrit notamment les zones géographiques et les lieux concernés.

- la circulaire du **3 novembre 2004** relative au Plan National Santé Environnement (juin 2004) intégrant la gestion du risque lié au radon dans les actions à mettre en œuvre au niveau local pour détecter, prévenir et lutter contre les pollutions ayant un impact sur la santé.

- la circulaire du **20 décembre 2004** (DGSNR) précisant les nouvelles missions des Directions Départementales et Régionales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS et DRASS) dans la gestion du risque Radon.

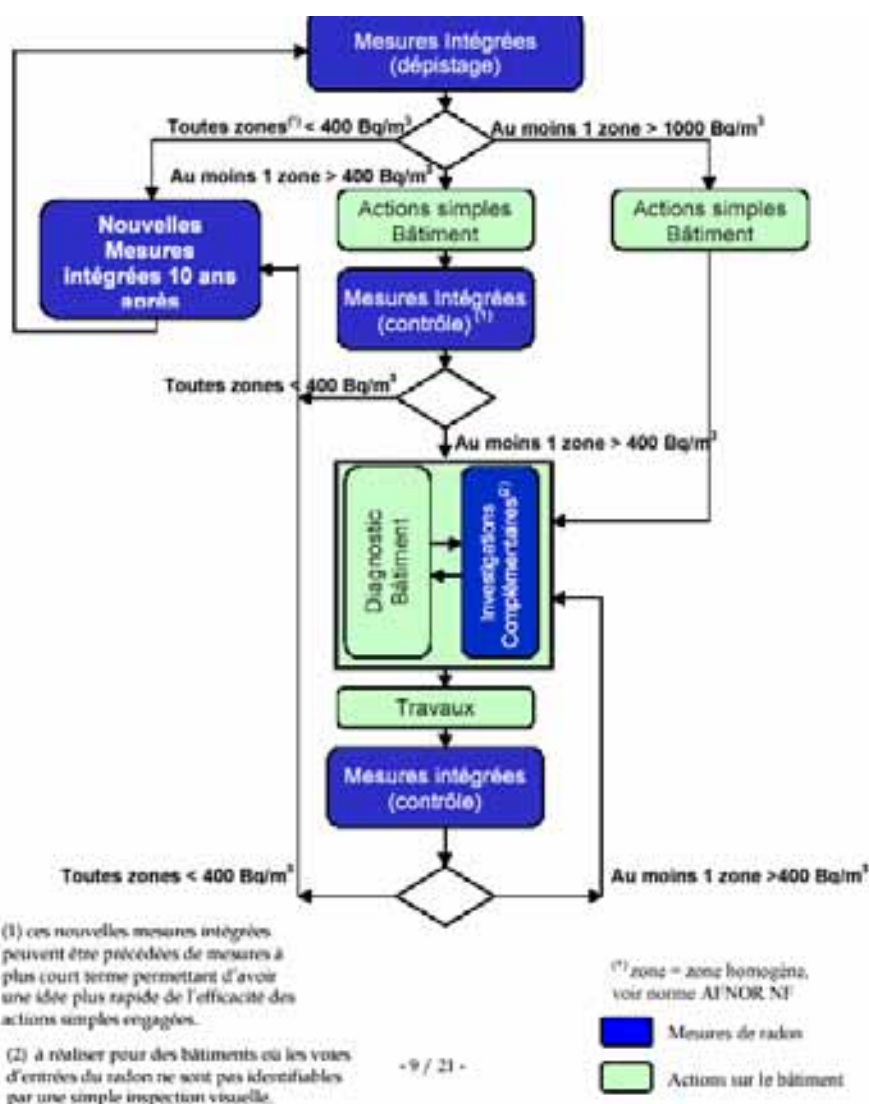
En fonction du type de bâtiment et de public :

⇒ Concernant **le milieu professionnel**, la nécessité de limiter les travailleurs à l'exposition au radon est inscrite dans le code du travail (**article R231-115**).

⇒ **Pour les établissements recevant du public (ERP)**, les modalités de gestion du risque ont été définies par l'arrêté du 22 juillet 2004 et sa circulaire d'application et cela implique la réalisation d'une campagne de mesure de l'exposition au radon dans les ERP des 31 départements français jugés "à risque".

⇒ Pour ce qui concerne **l'habitat individuel**, il n'existe à l'heure actuelle aucun texte réglementaire et aucune norme obligatoire en matière de radon. La priorité est donnée à l'information du public, à la cartographie des zones les plus exposées, à la prise de normes de construction et, éventuellement, à l'aide au diagnostic individuel.

Figure 6 : Schéma méthodologique de la gestion du risque lié au radon dans un bâtiment



Source : circulaire DGSNR du 20 décembre 2004

3. ÉVALUATION DU RISQUE

⇒ Les campagnes de mesures

Afin d'évaluer l'ampleur du risque, des campagnes de mesure du radon dans les habitations ont été lancées au début des années 1980 dans la quasi-totalité des pays d'Europe. Les résultats obtenus laissent apparaître de grandes disparités entre les États, les moyennes des activités volumiques mesurées s'échelonnent de **20 Bq/m³** pour le Royaume-Uni à plus de **120 Bq/m³** pour la Finlande et la République tchèque. La France présente une moyenne d'environ **90 Bq/m³** (source : IRSN).

Il convient de noter qu'une moyenne nationale faible peut cacher l'existence de concentrations élevées de radon dans certaines zones limitées.

En France, les premières campagnes de mesure du radon dans les bâtiments ont débuté au début des années 1980, réalisées par l'**Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire** (devenu Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire). Ces campagnes avaient pour objectifs la connaissance de la distribution des activités volumiques du radon dans l'habitat et l'estimation de l'exposition moyenne des populations des départements mesurés.

Entre 1982 et 1990, 38 départements ont fait l'objet de mesures, ces départements ont été choisis en fonction de caractéristiques géologiques favorables à l'émission de radon.

A partir de 1992, l'IPSN et la Direction Générale de la Santé (DGS), avec la collaboration des Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS), ont relancé la campagne de mesures dans les 58 départements non-mesurés. L'objectif était de couvrir l'ensemble du territoire métropolitain afin d'établir une carte du radon dans l'habitat et constituer une base de données pour mieux estimer l'exposition de la population, les risques encourus et les facteurs contribuant à la variabilité des résultats.

Il existe actuellement environ 13 000 mesures réparties irrégulièrement pour l'ensemble du territoire, elles permettent en première approximation, de restituer des niveaux moyens de radon par département.

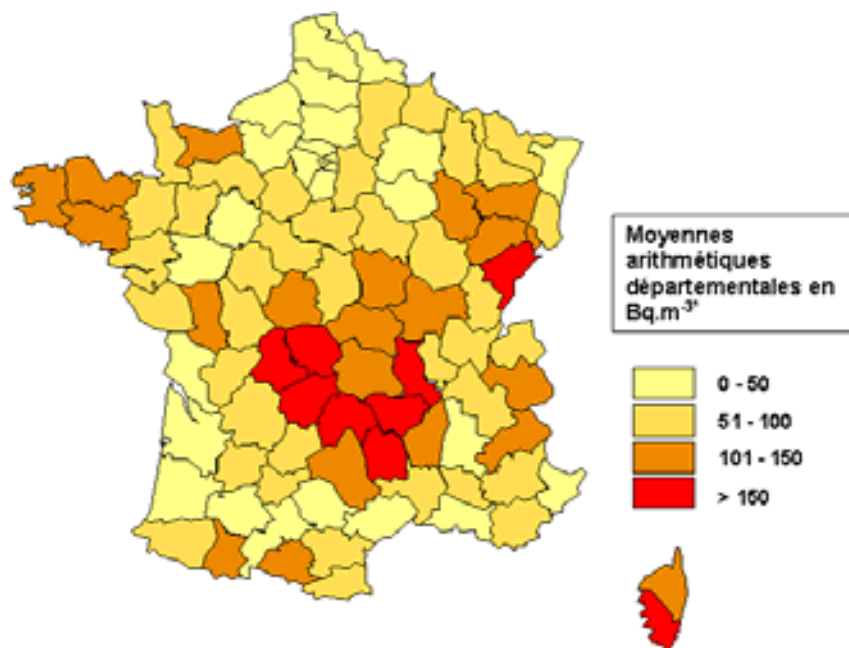
Les résultats obtenus (*cf. carte 1*) font apparaître de grandes variations d'une région ou d'un département à l'autre, principalement dues à des contextes géologiques différents.

Les moyennes par département vont de **22 Bq/m³** à Paris à **264 Bq/m³** en Lozère, les régions les plus concernées par la problématique Radon sont : la Bretagne, la Corse, le Massif Central, la Franche-comté et les Vosges.

Les cartes des moyennes départementales (*cf. carte 1*) indiquent des activités volumiques de radon dans l'habitat, ces résultats sont à relativiser en fonction de la densité des mesures sur le terrain (13 000 mesures pour 36 000 communes), qui pour l'instant reste faible. En effet, les résultats sont extrapolés à l'ensemble d'un département ou d'une commune à partir de mesures effectuées dans quelques habitations, sans aucune relation avec la géologie du sous-sol et sans tenir compte de la saison (été / hiver).

Sur cette base, en 1999, les autorités de la Santé publique ont engagé des campagnes de mesures complémentaires pour affiner la connaissance et elles ont décidé de mettre en œuvre des plans de gestion du risque pour les bâtiments recevant du public (circulaire du 27 janvier 1999).

Carte 1 : Campagne nationale de mesure de la radioactivité naturelle dans les départements français

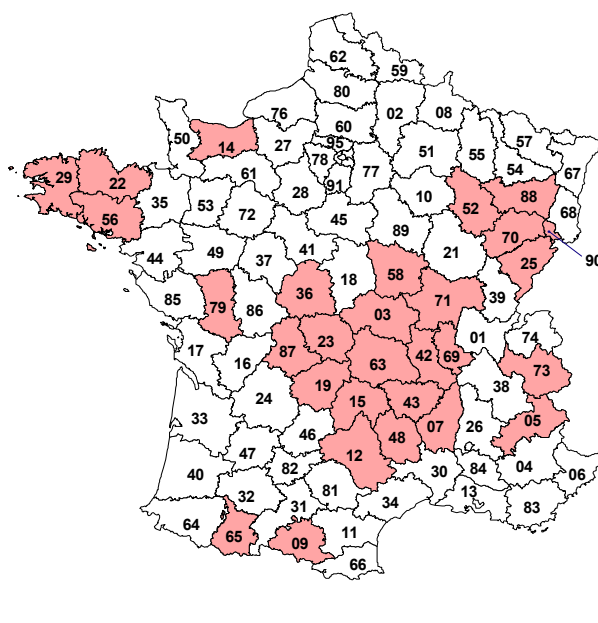


Source : IPSN /DPHD-SEGR-LEADS : Bilan au 01 janvier 2000

31 départements métropolitains (*cf. carte 2*) obtiennent une moyenne supérieure ou égale à **100 Bq/m³**, ils sont classés comme départements "à risque" et sont directement concernés par l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux établissements recevant du public (ERP), à la mise en place d'actions simples sur le bâtiment destinées à réduire l'exposition du public et à la réalisation de mesures dans ces établissements.

En Bourgogne, deux départements sont ainsi classés à risque : la Nièvre et la Saône et Loire.

Carte 2 : Départements prioritaires



Source : Arrêté du 22 juillet 2004

Liste des départements prioritaires

Allier	Deux-Sèvres	Lozère
Ardèche	Doubs	Morbihan
Ariège	Finistère	Nièvre
Aveyron	Haute-Corse	Puy-de-Dôme
Calvados	Haute-Loire	Rhône
Cantal	Haute-Marne	Savoie
Corrèze	Haute-Saône	Saône-et-Loire
Corse-du-Sud	Haute-Vienne	Territoire de Belfort
Creuse	Hautes-Alpes	Vosges
Côtes-d'Armor	Hautes-Pyrénées	
Indre	Loire	

⇒ *La cartographie du potentiel géologique d'exhalation de radon*⁷

Un des axes de gestion du risque sanitaire lié au radon consiste à identifier les zones du territoire qui présentent un fort potentiel d'exhalation.

Cette cartographie poursuit un double objectif :

- identifier les formations géologiques "propices" à la présence de radon pour lesquelles des mesures de précaution pourraient éventuellement être prises dans les constructions futures
- orienter les campagnes de mesures dans les bâtiments susceptibles de présenter des concentrations supérieures aux seuils d'alerte ou de précaution fixés.

La cartographie du potentiel d'exhalation radon des terrains est utilisée dans la majorité des pays ayant une politique active de gestion du risque radon (Suède, Royaume-Uni, Norvège, Québec, USA), essentiellement pour hiérarchiser les priorités concernant les choix des mesures, mais aussi parfois pour réglementer. En Suède, par exemple, de telles cartes sont utilisées par les entreprises du bâtiment pour mettre en œuvre de nouvelles techniques et/ou de nouveaux matériaux de construction "résistant au radon".

En France, le Bureau de Recherche en Géologie Minière (BRGM) réalise des cartographies du potentiel radon des sols en combinant les informations disponibles sur les formations géologiques, sur les teneurs en uranium des sols (issues de la banque litho-géochimique), sur la structure du sous-sol (fracturation, tectonique) et la distance aux indices et gisements uranifères connus.

Ces cartes ont pour intérêt principal d'être comparées aux mesures de radon déjà effectuées (IRSN-DGS) pour en déduire une classification spatiale des zones "à risque". De tels travaux ont déjà été réalisés pour les régions Pays de la Loire, Aquitaine, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Corse et sur le département de Meurthe et Moselle.

L'IRSN s'est engagé depuis plusieurs années, en collaboration avec le BRGM, dans des programmes de recherche pour établir une méthodologie prédictive de cartographie du potentiel radon en se basant sur les paramètres géologiques et pédologiques locaux et sur une modélisation des transferts de radon du sol vers l'atmosphère.

Ces cartes du potentiel d'exhalation de radon des sols ne sont en aucun cas des cartes de risque sanitaire, la fiabilité du zonage étant dépendante du degré d'incertitude lié aux données utilisées. De plus, l'échelle de restitution des cartes est définie par l'échelle cartographique de base des données disponibles, une grande échelle ne permettant pas de caractériser précisément un risque au niveau local.

CHAP II. LE RADON : IMPACT SANITAIRE

Les connaissances des relations entre l'exposition cumulée au radon et les effets sur la santé sont apportés par les études épidémiologiques, bases de l'information sur l'estimation du risque sanitaire⁸.

A. ÉTUDES DE COHORTES

L'essentiel de ces informations provient des études épidémiologiques portant sur le suivi des cohortes de mineurs d'uranium. Ces études permettent de renseigner sur les risques liés à des expositions chroniques au radon sur plusieurs années, méthode plus fiable pour estimer les risques liés au radon que l'extrapolation des relations trouvées à Hiroshima - Nagasaki résultant d'une irradiation de nature différente du corps entier et brève (quelques secondes).

Ces études mettent toutes en évidence l'effet cancérigène du radon pour le poumon qui augmente linéairement avec les niveaux d'exposition cumulée à ce gaz. Aucun autre effet n'a été associé au radon de façon significative. Le cancer du poumon est donc le principal danger lié à l'exposition au radon.

C'est sur la base de ces résultats que le Centre International de Recherche sur le Cancer a classé, en 1987, le radon comme cancérigène pulmonaire certain.

Une analyse conjointe de onze cohortes de mineurs, dont celle des mineurs français, permet d'estimer l'influence de différents cofacteurs : âge, débit de dose, délai depuis l'exposition et fait apparaître **un effet synergique sub-multiplicatif entre radon et tabac**. C'est-à-dire que le radon agit comme multiplicateur du risque de cancer broncho-pulmonaire et serait dès lors beaucoup plus dangereux pour les fumeurs que les non-fumeurs.

L'analyse de ces études permet aussi de confirmer l'existence d'une relation dose-effet pour un sous-groupe de mineurs exposés à de faibles concentrations cumulées, comparables à des situations d'exposition domestique au radon.

Le radon présente :

- Un **risque collectif** important résultant surtout d'expositions faibles : **près de 90% des cas attribuables concerneraient des expositions à moins de 400 Bq/m³**
- Un **risque individuel** très élevé pour une fraction de la population : **dès 400 Bq/m³, le risque individuel serait multiplié par 2**

Ces mineurs étaient exposés en moyenne à 20 WLM^a pendant 4,5 ans et ceci correspond à habiter pendant la même période de temps dans une habitation ayant des niveaux annuels de radon de 900 Bq/m³ ou pendant 25 ans dans une habitation ayant des niveaux de radon annuels de 200 Bq/m³.

^a **WLM** : 1 WLM (Working Level Month) correspond à une exposition pendant un mois (170 heures) dans une atmosphère où la concentration en énergie alpha potentielle des descendants du radon est de 1 WL (3 700 Bq/m³).

B. LES ETUDES "CAS-TEMOIN"

Les études "cas-témoin"⁹ comparent l'exposition au radon dans le groupe des victimes du cancer du poumon et dans des groupes témoins. Les résultats des premières études cas-témoins étaient globalement concordants avec ceux des mineurs bien que, pour la majorité des études, les résultats ne soient pas statistiquement significative.

En 1997, une méta-analyse sur 8 études épidémiologiques cas-témoin aboutit à une relation significative entre expositions domestiques au radon et risque de cancer du poumon compatible avec la relation observée chez les mineurs.

Pour une exposition annuelle à 150 Bq/m³ pendant 25 ans, le risque relatif de cancer du poumon est estimé à 1,14.

De nouvelles études montrent qu'une augmentation de l'exposition au radon dans un logement de 100 Bq/m³ augmente le risque relatif de cancer du poumon de l'ordre de 9%.

Les résultats des études épidémiologiques ne peuvent cependant être informatifs pour les expositions les plus courantes qui sont de quelques dizaines de Bq/m³.

Les ajustements font appel à trois types d'inférence statistique :

- a) l'extrapolation, qui consiste à considérer que le coefficient de risque ajusté au niveau de dose de 70 WLM (celui des mineurs) reste valable au niveau de dose rencontré dans l'habitat (l'exposition cumulée durant 20 ans à 230 Bq.m-3 correspond à 20 WLM) ;
- b) la transposition, qui consiste à appliquer la relation dose-effet obtenue dans une population professionnelle (constituée d'hommes) à une population générale (incluant des femmes et des enfants) ;
- c) l'analogie, qui consiste à supposer que les mélanges de radon et des descendants retrouvés dans l'habitat possèdent le même potentiel cancérigène que le mélange gazeux présent dans les mines d'uranium.

Pour quantifier le risque en population générale, il est nécessaire de se poser la question de l'existence d'une relation sans seuil et de la linéarité. Certains travaux (BEIR VI) montrent qu'il existe une base théorique en faveur de l'absence d'effet seuil dans le domaine de l'exposition au radon et du risque de cancer pulmonaire.

L'extrapolation des courbes dose-réponse jusqu'au niveau des faibles expositions reste une source d'incertitude, car si on admet l'extrapolation linéaire sans seuil, les données publiées par les États-Unis suggèrent que près des 3/4 des cancers bronchiques attribuables au radon se produisent pour des expositions cumulées inférieures à 150 Bq/m³. La raison de l'importance de ces faibles expositions tient à leur grande fréquence.

Certaines études épidémiologiques menées sur des mineurs chinois exposés au radon en début d'adolescence ne sont pas en faveur de l'hypothèse d'une relation plus forte liées aux expositions durant l'enfance ou l'adolescence.

Une seule étude sur les mineurs d'étain en Chine [Xuan 1993] a pu inclure un nombre non négligeable de jeunes exposés avant l'âge de 15 ans. Les auteurs concluent que l'exposition pendant l'enfance ne semble pas entraîner un risque de cancer du poumon plus élevé que celui observé pour un même niveau d'exposition à l'âge adulte.

C. INTERACTIONS AVEC LES COFACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Le cancer du poumon est une pathologie d'origines multiples pour laquelle plusieurs facteurs de risques sont connus (tabac, amiante, différentes poussières minérales) ou soupçonnés (exposition à la pollution atmosphérique urbaine).

Ainsi, les relations observées entre l'exposition cumulée au radon et le risque de cancer du poumon chez les mineurs pourraient être influencées par les expositions concomitantes au tabagisme, aux fumées de diesel, aux rayonnements gamma, à la silice et autres poussières.

Il est donc important d'un point de vue de santé publique de bien connaître la forme de l'interaction entre radon et tabac et d'agir sur l'ensemble des deux facteurs de risque. Les études cas-témoin des mineurs d'uranium ont pour but de mieux estimer cette interaction.

Le risque pour les non-fumeurs est plus difficile à préciser, car, dans les cohortes de mineurs, le nombre de non-fumeurs est faible et, dans les études cas-témoins, il correspond à 5 à 10 % des cas de cancer du poumon étudiés.

Plus on s'éloigne des conditions de l'exposition des mineurs (concentrations ou expositions cumulées dans le temps, sexe, âge, habitudes tabagiques), plus la prédiction est incertaine. Pour les populations faiblement exposées, le risque est estimé en retenant l'hypothèse qu'il est proportionnel à l'exposition.

Pour les habitants de logements où l'activité volumique du radon se situe **au-dessus de 1 000 Bq.m-3**, l'exposition sur une vie entière dépasse l'exposition cumulée de la majorité des mineurs français durant leur vie professionnelle.

Entre 1 000 et 400 Bq.m-3, l'exposition cumulée par les habitants est voisine de celle de ces mineurs.

Entre **400 et 150 Bq.m-3**, la «distance» avec l'exposition des mineurs est plus grande, mais certaines études de terrain soulèvent la question de l'existence d'un risque à ces niveaux d'exposition.

En dessous de 150 Bq.m-3, aucun excès de risque n'a pu être mis en évidence.

Calculé sur une durée de vie de 70 ans, le risque serait de l'ordre de :

- **+ 35%** pour l'occupant d'un habitat où l'activité volumique du radon est **200 Bq.m-3** (risque multiplié par 1,35) ;
- **+ 70%** pour l'occupant d'un habitat où l'activité volumique du radon est **400 Bq.m-3** (risque multiplié par 1,7) ;
- **+ 175%** pour l'occupant d'un habitat où la concentration en radon est **1 000 Bq.m-3** (risque multiplié par 2,75).

Ces estimations sont valables pour un temps d'exposition de 7 000 heures par an dans l'habitation, et l'excès de risque est comparé à celui d'une population fictive qui serait exposée à 0 Bq.m-3.

Par comparaison, le risque de développer un cancer du poumon encouru par une personne vivant dans une maison où les concentrations de radon se situent entre 200 et 400 Bq.m-3 est proche de celui d'une personne vivant dans une atmosphère de tabagisme passif.

CHAP III. PRÉVENTION ET DÉPISTAGE DU RADON EN BOURGOGNE – CONTEXTE ET OBJECTIFS

A. LE PLAN NATIONAL SANTÉ - ENVIRONNEMENT (PNSE)

Le Plan national santé environnement¹⁰ vise à répondre aux interrogations de la population sur les conséquences sanitaires à court et moyen terme de l'exposition à certaines pollutions de leur environnement. L'ensemble des services de l'État et particulièrement les ministères chargés de la santé, de l'environnement, du travail et de la recherche ont mis en commun leurs compétences pour identifier et définir les principales actions à mettre en œuvre entre 2004 et 2008 pour améliorer la santé des Français en lien avec la qualité de leur environnement.

Ces actions, au nombre de 45, constituent le PNSE 2004-2008 et poursuivent trois objectifs principaux :

- Garantir un air et une eau de bonne qualité;
- Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers;
- Mieux informer le public et protéger les populations sensibles.

Parmi l'ensemble des actions définies, le PNSE recommande (action n° 17) de *"réduire l'exposition au radon dans les bâtiments à usage d'habitation et mieux évaluer le risque"*.

Pour atteindre cet objectif, le plan propose de poursuivre les campagnes de mesure dans les établissements accueillant du public (arrêté du 22 juillet 2004) et de réaliser des études visant à mettre en place de nouvelles règles de construction afin de réduire l'exposition au radon dans les habitations situées dans des zones géographiques à fort potentiel radon.

B. LE PLAN RÉGIONAL SANTÉ - ENVIRONNEMENT (PRSE)

Afin de décliner ces objectifs nationaux au niveau régional dans le cadre du plan régional santé-environnement (PRSE), la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) et les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de Bourgogne ont défini les actions suivantes :

⇒ **Dresser un état des lieux des connaissances sur l'exposition au radon en Bourgogne** par une synthèse des différents travaux et données sur l'exposition en Bourgogne ;

⇒ **Repérer et évaluer des actions déjà réalisées dans ce domaine** par la production d'un inventaire des solutions techniques citées dans la littérature pour remédier à l'exposition au radon dans l'habitat ;

⇒ **Prévenir les risques par des campagnes d'informations ciblées sur les zones à risque** en réalisant un bilan des différentes campagnes de communication sur le radon.

CHAP IV. L'EXPOSITION AU RADON EN BOURGOGNE : BILAN DES CONNAISSANCES

Depuis les campagnes de mesure du radon initiées par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire en 1984 au niveau national, plusieurs travaux ont été réalisés pour obtenir des données sur l'exposition au radon des habitants de la région Bourgogne. L'objectif préalable est d'en réaliser une synthèse afin de mieux évaluer le risque.

En Bourgogne, deux départements, la **Nièvre** et la **Saône-et-Loire** sont classés comme départements prioritaires "à risque radon", ils obtiennent une moyenne de concentration de radon supérieure à 100 Bq/m³ (mesures IPSN) et sont concernés par l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux établissements recevant du public.

Pour déterminer l'exposition au radon, il est possible de se baser sur deux critères :

➤ **L'évaluation du potentiel géologique d'exhalation de radon** : il est possible de proposer une cartographie prédictive des zones à potentiel d'exhalation de radon en se basant sur des critères géologiques et géochimiques.

A ce jour, aucune cartographie du risque géologique d'exhalation de radon incluant la région Bourgogne n'a été réalisée au niveau national par l'IRSN ou le BRGM.

Au niveau régional :

- sur l'initiative des DDASS et de la DRASS de Bourgogne, une étude¹¹ menée par la Cellule d'Application en Écologie (CAE) consistant en une cartographie de type départementale des communes concernées par le risque géologique "radon" dans les départements de la Côte d'Or (21), de la Nièvre (58) et de l'Yonne (89) fut réalisée en août 2000 ;
- une autre étude, produite par le BRGM en décembre 1999, fut réalisée pour rechercher une explication géologique aux teneurs atypiques en radon mesurées dans deux habitations nivernaises situées dans le Morvan ;
- une cartographie des sols granitiques en Saône et Loire fut établie par le Conseil Général de Saône et Loire pour la DDASS 71 en 1998.

➤ **Les résultats des campagnes de mesures des concentrations de radon** : depuis le début des années 1980, plusieurs campagnes de mesures ont été réalisées dans les départements bourguignons.

- La campagne nationale de mesure de l'exposition au radon réalisée par l'IPSN (IRSN) et la Direction Générale de la Santé (DGS) :
 - *en 1984 pour la Côte d'Or et la Saône et Loire puis en 1998 pour la Saône et Loire (mesures supplémentaires)*
 - *en 1995 - 1996 pour les départements de la Nièvre et de l'Yonne*
- La campagne régionale réalisée par la Cellule d'Application en Écologie¹² en août 1999 à la demande de la DRASS et des DDASS bourguignonnes pour faire suite aux campagnes IPSN et disposer d'éléments plus précis et adaptés à la région.
- La campagne nationale du ministère de la Santé (DGS) dans les établissements recevant du public (circulaire 27 janvier 1999).

A. L'EVALUATION DU POTENTIEL GEOLOGIQUE D'EXHALATION DE RADON

Pour évaluer le risque géologique d'exhalation de radon en Bourgogne, l'étude la plus complète est celle concernant trois des quatre départements bourguignons, réalisée en 2000 par un bureau d'étude (Cellule d'Application en Écologie) sur demande de la DRASS Bourgogne.

1. Méthodologie et protocole

Le but est de cartographier les communes de Côte d'Or, Nièvre et Yonne selon leur risque géologique potentiel d'exhalation de radon.

Deux facteurs de risque ont été retenus :

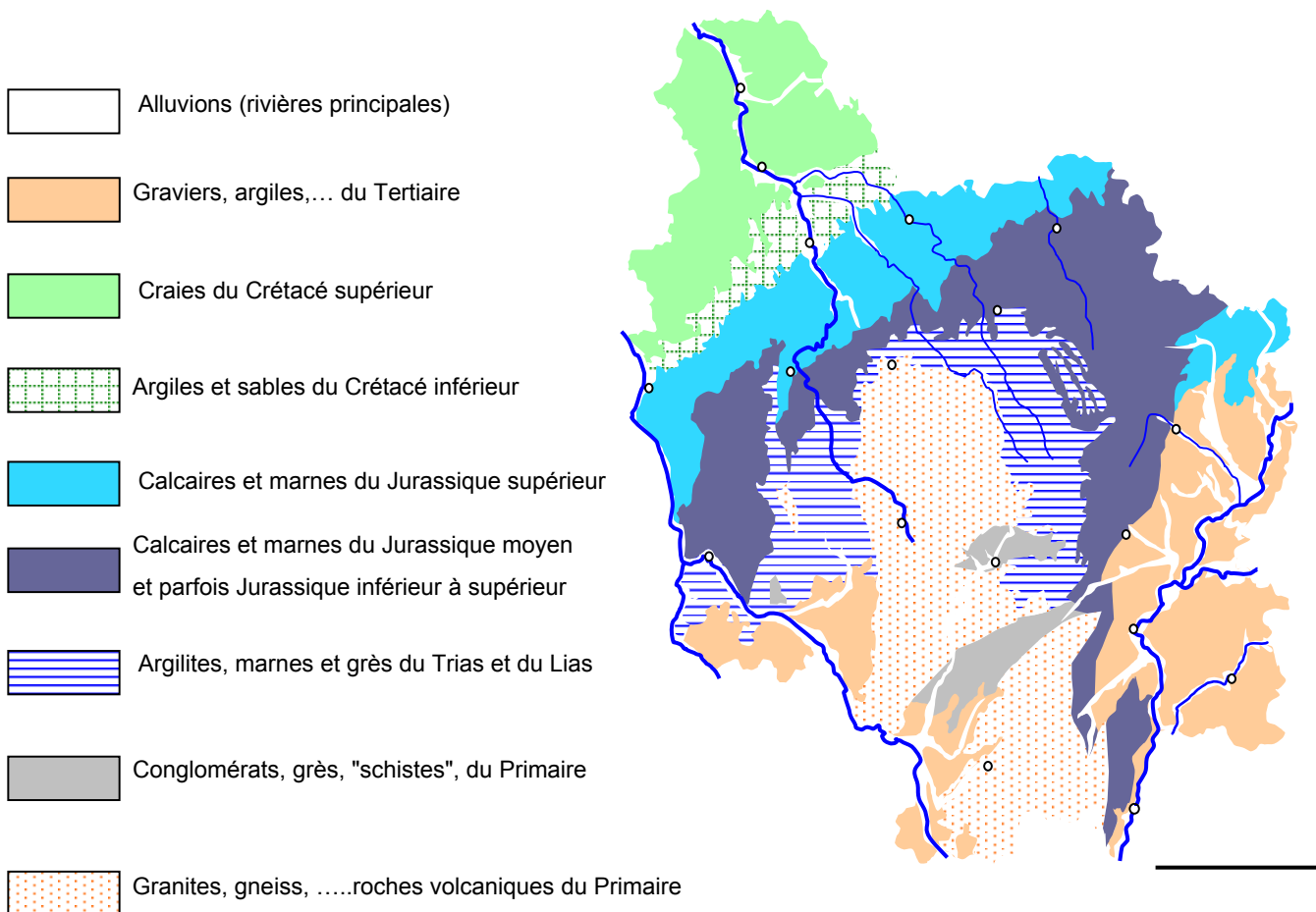
- la **nature des roches** présentes à l'affleurement, en particulier leur **teneur en uranium** "supposée"
- la **fracturation** des terrains cristallins

Il s'agit donc d'individualiser en catégories de risque, sur l'emprise des trois départements, les formations géologiques en fonction de leur teneur en uranium pour procéder ensuite à un couplage avec le découpage communal IGN.

On définit les principales unités lithologiques des trois départements bourguignons concernés (carte 3) :

- **les terrains cristallins** affleurant principalement dans le Morvan
- **les bassins houillers** (Sincey-les-Rouvray, Est du bassin d'Autun, Blanzey-Montceau)
- **les formations sédimentaires détritiques** (argiles, grès,...) à la périphérie du Morvan, la faille de Mâlain, vallée de la Loire, la côte viticole,...
- **les vastes formations sédimentaires biogènes ou physico-chimiques** (calcaires marins et lacustres, roches siliceuses, craie)
- **les formations fluviatiles et lacustres** des vallées de la Loire, de la Saône, de l'Yonne, et de la Seine (qui contiennent des galets, sables et limons d'origines variées susceptibles de contenir une proportion non négligeable de débris de roches cristallines).

Carte 3 : Les formations géologiques du Morvan



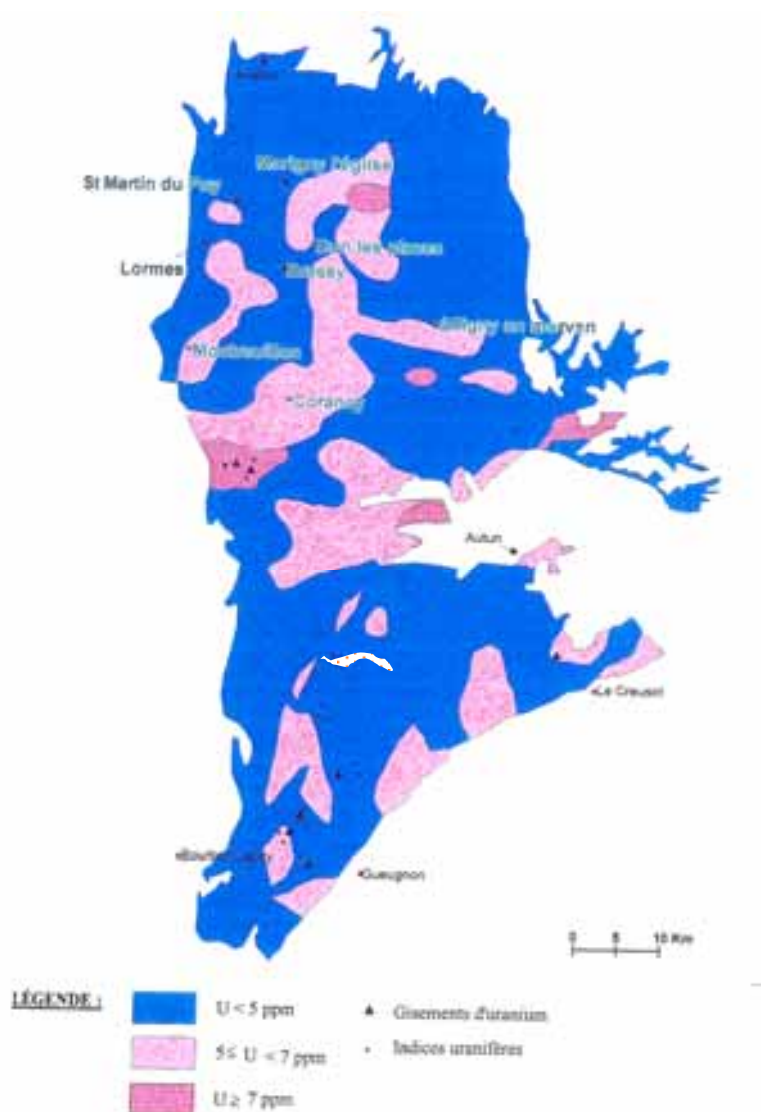
Source : GALLIEN Alain, Académie de Dijon SVT, www.webpublic.ac-dijon.fr

L'étape suivante consiste à **associer à chaque formation géologique une teneur en uranium moyenne** en se basant sur les travaux de CARRAT¹³ (qui a établi une carte de distribution de l'uranium géochimique superficiel dans le Morvan - cf. carte 4), les notices des cartes géologiques et la base de données ARTEMISE¹⁴ gérée par le Centre de Recherches sur la Géologie des Matières Premières Minérales et Énergétiques (CREGU).

Ces recherches ont permis d'individualiser quatre catégories de roches cristallines :

- **Catégorie 1** - Des dolérites, vaugnérîtes et roches métamorphiques dont les teneurs en uranium sont comprises entre 2 et 4 ppm (particules par millions)
- **Catégorie 2** - Des granites pauvres et rhyolites dont les teneurs moyennes sont comprises entre 4 et 6.5 ppm
- **Catégorie 3** - Des granites plus riches et la rhyolite de Blisme dont les teneurs moyennes sont comprises entre 6.5 et 8 ppm
- **Catégorie 4** - Des granites fortement uranifères dont les teneurs moyennes dépassent largement les 8 ppm

Carte 4 : Distribution de l'uranium superficiel dans le Morvan



Source : CARRAT HG. "Le Morvan cristallin : étude pétrographique, géochimique et structurale – position de l'uranium", 1969

Tableau 1 : Récapitulatif des catégories de roches

Catégorie	Type de roches	Teneur moyenne en uranium (en ppm)
0	Roches biogènes et/ou physico-chimiques (Calcaires, silice et craie) Roches détritiques ne contenant aucun élément d'origine cristalline	moins de 2 ^(a)
1	Roches métamorphiques et magmatiques intermédiaires	entre 2 et 4 ^(b)
2	Granites pauvres et rhyolites Argiles quaternaires riches en minéraux accessoires et phosphates Roches détritiques à éléments cristallins	entre 4 et 6,5 ^(b)
3	Granites riches et rhyolites de Montreuillon	entre 6,5 et 8 ^(b)
4	Granites uranifères	supérieur à 8 ^(b)
5	Terrains houillers	jusqu'à 10000 ^(a)
7	Formations lacustres et/ou fluviales à potentiel radon très hétérogène	?

Tab. VI- Hiérarchisation relative des unités lithologiques en fonction de leur potentiel d'exhalation en radon

(a) d'après Pellegrini et al., 1997

(b) d'après les données partielles extraites de la base de données ARTEMISE.

• Les roches détritiques les plus riches en uranium sont celles qui contiennent de la matière organique. Les bassins houillers, de par leur forte teneur en matière organique, imposent de les classer en **catégorie 5** de risque supérieur aux granites uranifères de catégorie 4.

• Les roches résultant de précipités chimiques, tels les calcaires, présentent des teneurs généralement faibles en uranium. On considère alors que les roches d'origine chimique et/ou biologique ne présentent pas un potentiel de risque notable quant à l'exhalation de radon et sont classées en une **catégorie 0**.

• Concernant les formations lacustres et fluviales, il est choisi de créer une **autre catégorie** pour laquelle le risque, a priori plus faible que pour les roches cristallines est rendu incertain par la grande variabilité spatiale de ces formations. Les vallées de l'Yonne, du Serein, de l'Armançon et de la Cure sont concernées puisque ces rivières prennent leur source ou traversent une partie du Morvan géologique et leurs alluvions peuvent être riches en éléments de roches cristallines. Dans la vallée de la Saône, l'essentiel des alluvions est d'origine carbonatée, seuls les sables de Chagny présentent un potentiel d'exhalation non négligeable.

Il a été choisi, lors de cette étude, de travailler à partir d'une échelle cartographique permettant de couvrir les trois départements étudiés, c'est-à-dire la couverture au 1/1 000 000 vectorisée du territoire français (BRGM). La problématique du radon nécessitant une échelle d'investigation réduite, le choix de cette échelle (pour des raisons de coûts et de délais) affecte la précision du travail.

Concernant le traitement informatique, les auteurs se sont limités à définir des catégories de risque d'exhalation de radon liées à la teneur moyenne présumée en uranium des roches affleurantes. A cette échelle, il est en effet difficile de repérer les réseaux de fractures.

A l'aide d'un logiciel de cartographie, on traite d'abord la couverture géologique au 1/1 000 000 vectorisée en cinq étapes :

- On affecte une catégorie (cf. *tableau 1*) à chaque formation géologique individualisée
- On réalise le croisement avec le découpage communal (base de données IGN) et on découpe les polygones géologiques selon les limites des territoires communaux afin d'associer à chaque polygone le nom d'une commune
- On pondère les catégories de polygones présents sur le territoire communal par leurs surfaces respectives, ce qui permet d'obtenir une catégorie pondérée (entre 0 et 5) permettant de caractériser le risque global de chaque commune

- On associe ensuite la valeur de l'indice (entre 0 et 5) aux communes concernées
- On représente les communes sur le document final en attribuant une couleur à chaque classe de risque

La catégorie 7, représentant un risque radon hétérogène, n'est pas prise en compte car elle ne permet pas une évaluation suffisante du risque radon.

La cartographie obtenue permet d'apprécier une évaluation du potentiel d'exhalation de radon de chaque commune bourguignonne, cinq classes de risque (de très faible à très fort) apparaissent et la sixième (risque hétérogène), représentant les formations lacustres et fluviatiles, dessine les vallées de rivière.

2. Limites de l'étude

Il est important de préciser les limites d'une approche géologique et exclusivement cartographique car seule la nature des terrains a été prise en compte. Il est impossible d'estimer correctement le flux local de radon en surface en tenant compte seulement de la nature du substrat. D'autres facteurs, tels la nature des sols, leur teneur en eau, le couvert végétal, les variations de pression atmosphérique, influent fortement sur l'activité en radon mesurée à l'air libre. A cette complexité, s'ajoutent les très nombreux facteurs relatifs à l'habitation qui conditionnent le risque sanitaire lié à l'accumulation domestique du gaz.

L'utilisation de la carte géologique au 1/1 000 000 impose une résolution d'un kilomètre et ne permet pas d'estimer de manière suffisamment précise la fracturation des roches, autre facteur essentiel pour appréhender le risque lié au radon.

3. Analyse des résultats

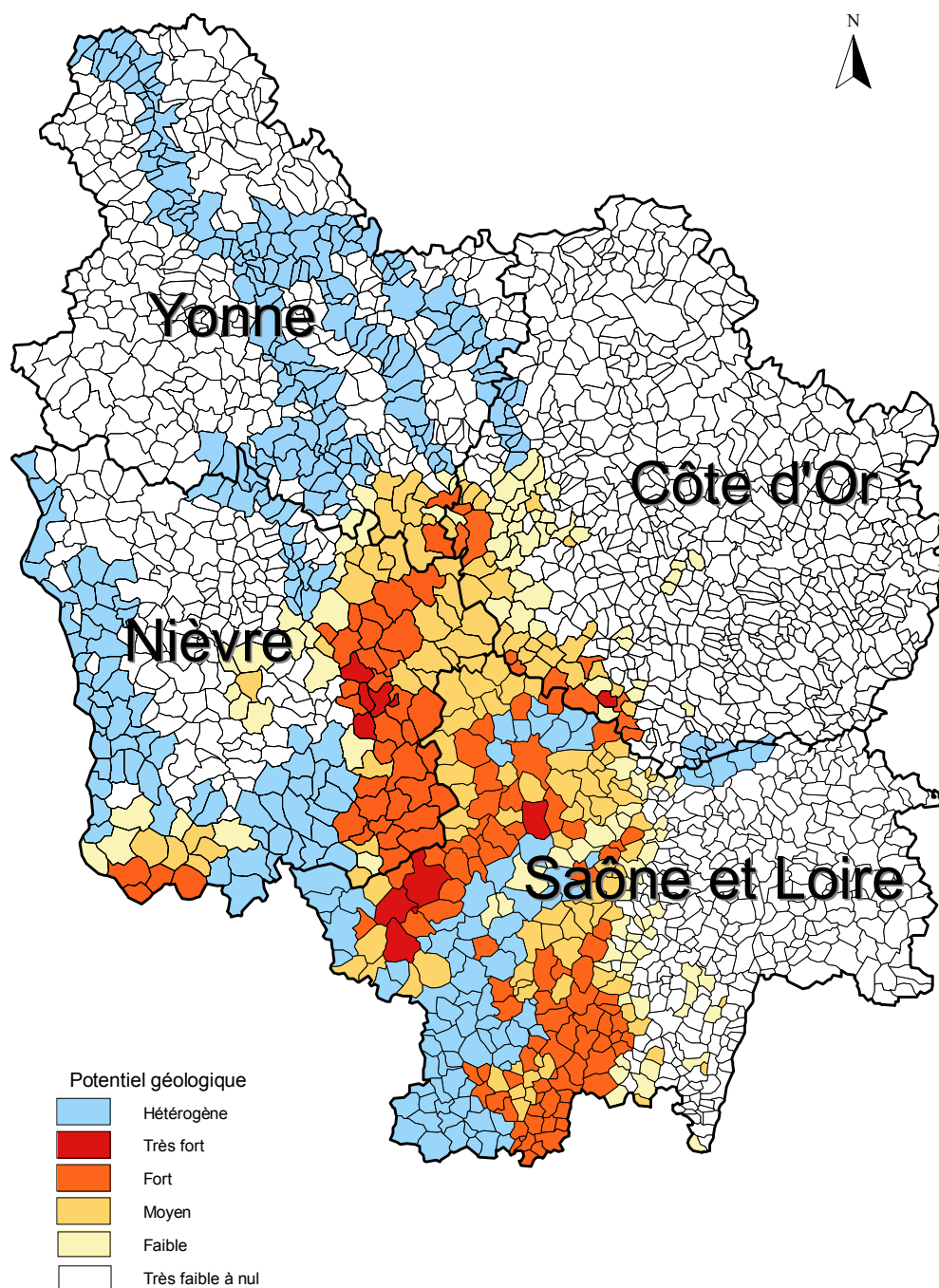
➤ ANALYSE REGIONALE DU POTENTIEL GEOLOGIQUE D'EXHALATION DE RADON

Malgré les restrictions liées à l'utilisation d'une grande échelle de cartes géologiques, il est possible de présenter par département une typologie des communes en fonction de leur potentiel estimé d'exhalation de radon. **Cinq classes de risque** apparaissent, de « très faible à nul » pour les zones majoritairement calcaires ou marneuses à « très fort » pour des granites fortement uranifères.

Les **zones concernées par le risque** sont principalement situées dans et autour du Morvan géologique, localisation liée au potentiel d'exhalation élevé des roches cristallines. Néanmoins, certains affleurements cristallins et la présence de roches détritiques riches en éléments de roches magmatiques et volcaniques sont à l'origine de quelques communes à risque isolées en Côte d'Or et dans la Nièvre. Au total, ces zones représentent **385 communes** dans la région.

La **catégorie « hétérogène »**, représentée en bleu sur la carte, concerne des formations géologiques pour lesquelles le risque, a priori plus faible que pour les roches cristallines, est rendu incertain par la variabilité des formations concernées. En Bourgogne, cette catégorie concerne les vallées alluviales de cours d'eau prenant leur source dans un massif cristallin (le Morvan pour l'Yonne, le Serein, la Cure, l'Armançon et l'Arroux ; le Massif Central pour la Loire). Ces rivières sont susceptibles d'avoir charrié une proportion non négligeable d'éléments granitiques qui se sont déposés dans leur lit, rendant les sédiments hétérogènes. Dans la vallée de la Saône, l'essentiel des alluvions sont d'origine carbonatée, seuls les sables de Chagny présentent un potentiel d'exhalation non négligeables car ils ont une origine géologique différente. Cette catégorie concerne **337 communes**.

Carte 5 : Potentiel géologique d'exhalation de radon – région Bourgogne



Source : cellule d'application en écologie, 2000 – ORS Bourgogne, 2005

➤ POTENTIEL GEOLOGIQUE D'EXHALAISON PAR DEPARTEMENT

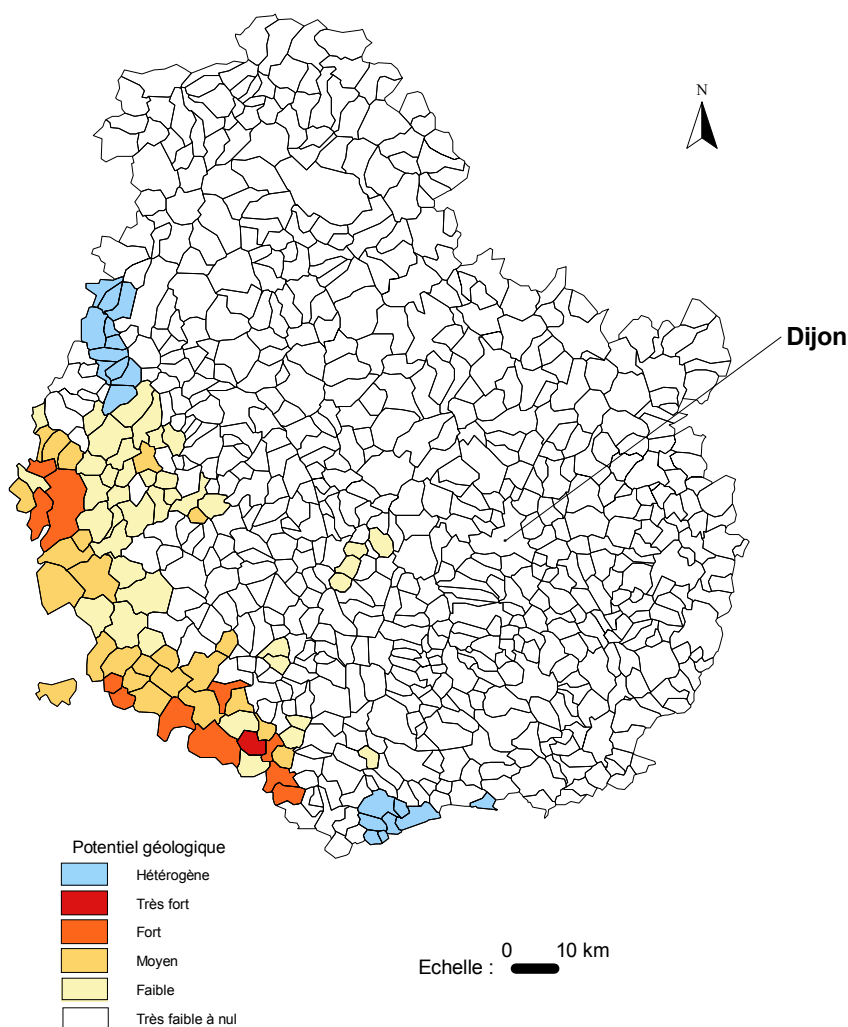
COTE D'OR (21)

Avec **97** communes sur **717**, soit **14%** d'entre elles, la Côte d'Or est relativement moins concernée par le radon que les autres départements. L'essentiel des communes à risque est situé dans le Morvan géologique (roches cristallines) et en périphérie (dépôts triasiques de l'est du massif).

Plusieurs communes isolées présentent un potentiel élevé, dû à des particularités géologiques locales (affleurements cristallins ponctuels au sein de formations calcaires). C'est le cas des communes concernées par les dépôts de l'Armançon au Nord-ouest du département et les alluvions de Chagny en provenance du Massif Central qui ne concernent que l'extrémité Sud de l'emprise de la vallée de la Saône sur le département.

L'essentiel des alluvions de la plaine de Saône sont d'origine carbonatée, en provenance des plateaux calcaires avec un potentiel d'exhalation de radon négligeable.

Carte 6 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Côte d'Or



Sources : BRGM carte au 1 / 1 000 000 Étude CAE, 2000 Exploitation ORS Bourgogne, 2005

NIEVRE (58)

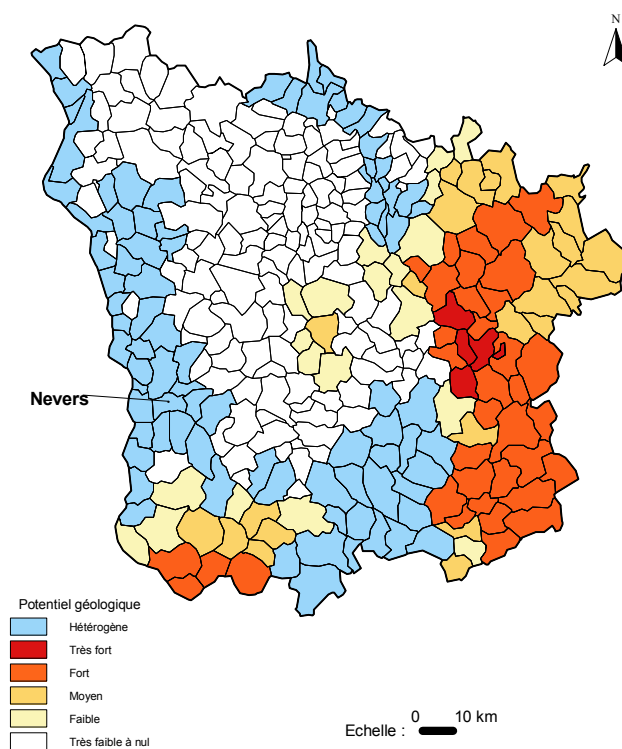
Avec **172** communes concernées sur **312**, soit environ **55%** d'entre elles, le département de la Nièvre est concerné en premier lieu par des niveaux de risque élevés. Cette situation s'explique par une emprise importante du département sur les terrains cristallins du Morvan et sur les dépôts détritiques fluviaux et/ou lacustres en provenance du Morvan et du Massif Central.

A l'Est du département, les roches cristallines à l'affleurement possèdent une très forte potentialité d'exhalation de radon.

Dans la partie Sud du département, plusieurs zones d'exhalation potentielle apparaissent, elles correspondent aux dépôts fluvio-lacustres du Morvan qui peuvent renfermer des minéraux de roches magmatiques.

La limite Ouest du département est formée par les vallées alluviales de la Loire et de l'Allier, en provenance du Massif Central. Les alluvions drainées par ces rivières sont riches en éléments granitiques. De plus, leurs vallées alluviales sont vastes et dépassent largement les limites du lit actuel. Toutes les communes de l'Ouest du département situées dans le lit actuel de la Loire ou sur des formations fluviales plus anciennes sont concernées par un potentiel d'exhalation de radon. Il en est de même pour les communes de la vallée de l'Yonne au Nord du département.

Carte 7 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Nièvre



Sources : BRGM carte au 1 / 1 000 000 Étude CAE, 2000 Exploitation ORS Bourgogne, 2005

SAONE-ET-LOIRE (71)

Ce département n'a pas été intégré dans la précédente étude, le Conseil Général de Saône et Loire ayant pris à sa charge la réalisation d'une cartographie des formations géologiques à fort potentiel d'exhalation de radon dans le département. Ce travail fut réalisé en 1998 à la demande de la DDASS de Saône et Loire.

Cette étude ne reprend pas la même méthodologie et le même protocole que celle réalisée par la CAE (cf. partie précédente). Cette cartographie est basée sur une classification des communes de Saône et Loire en fonction du pourcentage de granite que renferment leurs sous-sols. L'évaluation du risque géologique d'exhalation de radon est donc extrapolée à partir des taux de granite. Les protocoles de cartographie n'étant pas les mêmes selon les études, il a donc été nécessaire de traiter le département de Saône et Loire selon la même méthodologie géologique et cartographique que les trois autres départements. L'utilisation du fond géologique vectorisé au 1/1 000 000^{ème} de la France permet d'individualiser les différentes formations géologiques rencontrées en Saône et Loire et de leur attribuer une classe de teneur en uranium selon le protocole décrit précédemment.

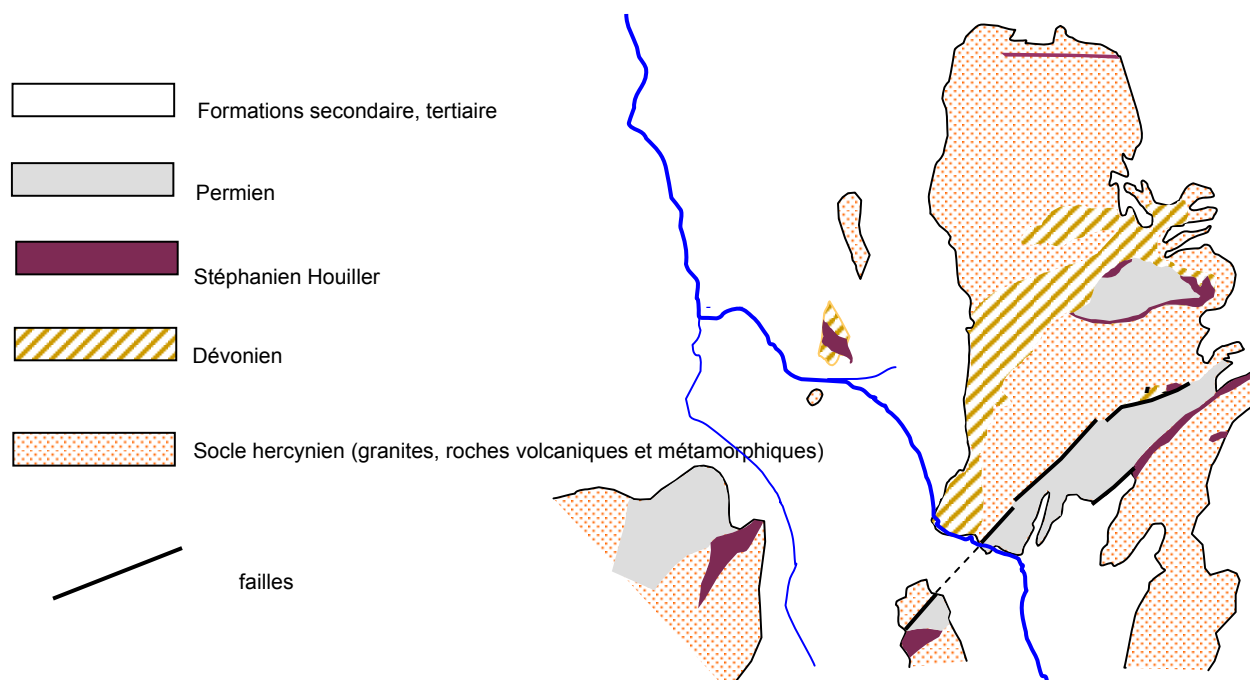
Le département de Saône et Loire est globalement divisé en deux parties Est / Ouest :

La **partie Est** du département, formée majoritairement par des calcaires et marnes du Jurassique et par les formations fluviales du Tertiaire (graviers, sables, limons...) associée à la Saône et ses affluents ne présente pas de risque "radon" particulier. A noter quelques affleurements granitiques ponctuels au sein des formations calcaires de la côte viticole au Sud-est du département pouvant induire un risque local d'exhalation de radon.

La **partie Ouest** "morvandelle" et minière du département est concernée par un risque important de présence d'uranium du sous-sol au vu de la richesse en granite des formations. En effet, on retrouve les mêmes unités géomorphologiques que dans le reste du Morvan, à savoir des alternances de granite à biotite (Batholite de Luzy), de granite à deux micas (massif de Mesvres) ainsi que des affleurements du vieux socle cristallin hercynien (gneiss à 2 micas et granite d'anatexie) au niveau du massif de Monjeu - St Emiliand ainsi qu'à l'Est d'Autun. On y trouve également des bassins sédimentaires (datant du Primaire) dont les bassins d'Epinac-Autun et de Blanzay-Montceau.

La présence de **bassins houillers** (Le Creusot, Blanzay, Montceau, Epinac) est également déterminante pour l'évaluation du risque car ces formations, très riches en matière organique, présentent une potentialité d'exhalation de radon importante et il convient donc de prendre en compte ce risque aux affleurements miniers (cf. carte 8).

Carte 8 : Les principaux gisements houillers du Morvan



Source documentaire : Bulletin BRGM 2^e série n°1 1968

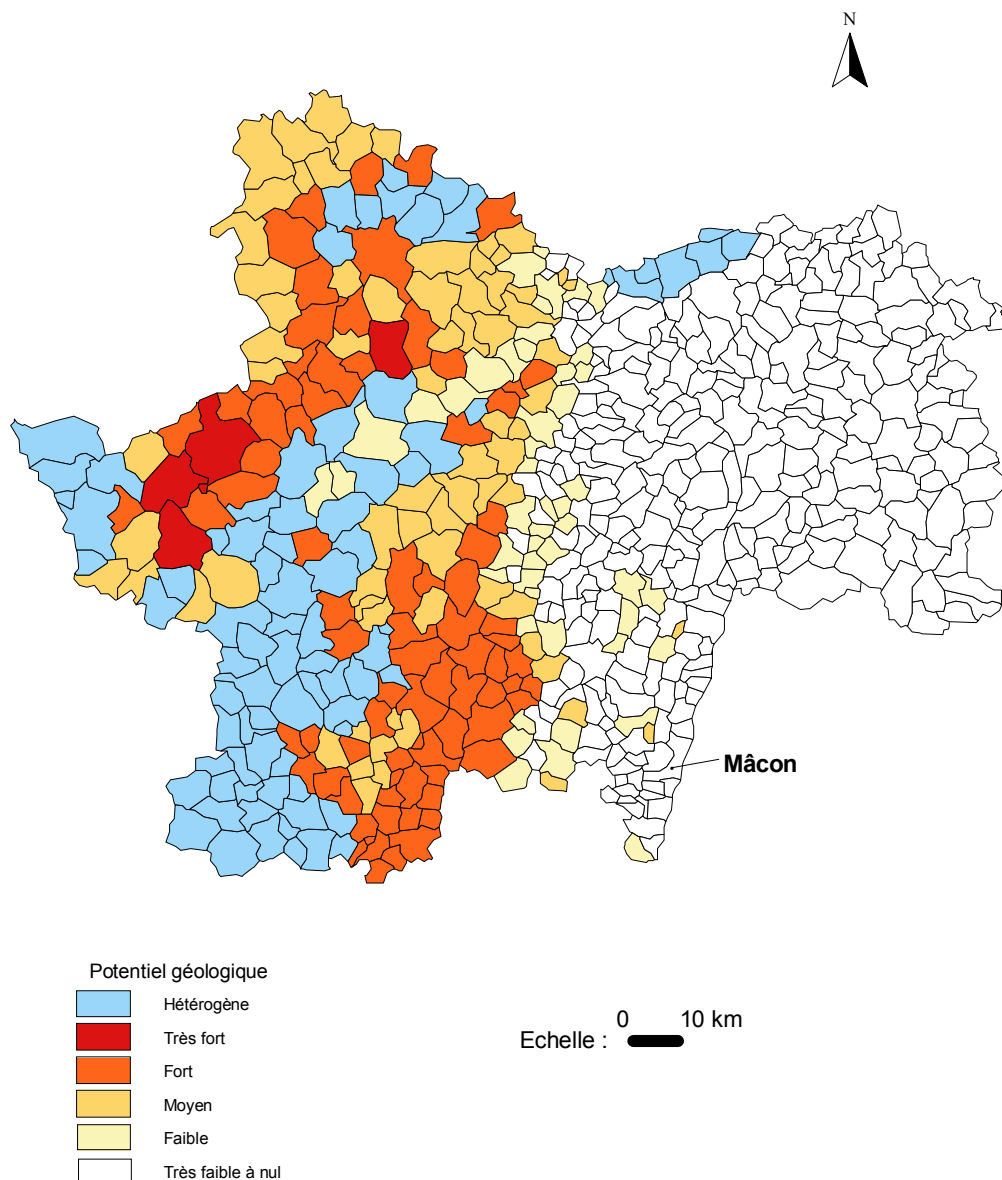
Exploitation **GALLIEN Alain**, Académie de Dijon SVT, www.webpublic.ac-dijon.fr

De plus, en Saône et Loire, des **gisements d'uranium** ont fait l'objet d'une exploitation minière, il s'agit des mines de **Neuvy Grandchamp**, de **St Symphorien de Marmagne** (fermeture en 1949), **d'Issy l'Évêque** (fermeture en 1985) et de **Grury** (fermeture en 1990). Ces exploitations confirment la présence de roches riches en minerai d'uranium et donc un potentiel accru de "production" de radon dans ces zones.

La découverte de "l'autunite" (minerai d'uranium) dans la région de Marmagne est un autre indicateur de la richesse en uranium des formations géologiques associées et donc du risque d'exhalation de radon.

Au total en Saône-et-Loire, **286 communes** sont concernées sur 573 par des terrains potentiellement "radonifères", soit environ **50%** des communes.

Carte 9 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de la Saône et Loire



Sources : BRGM carte au 1 / 1 000 000 Étude CAE, 2000 Exploitation ORS Bourgogne, 2005

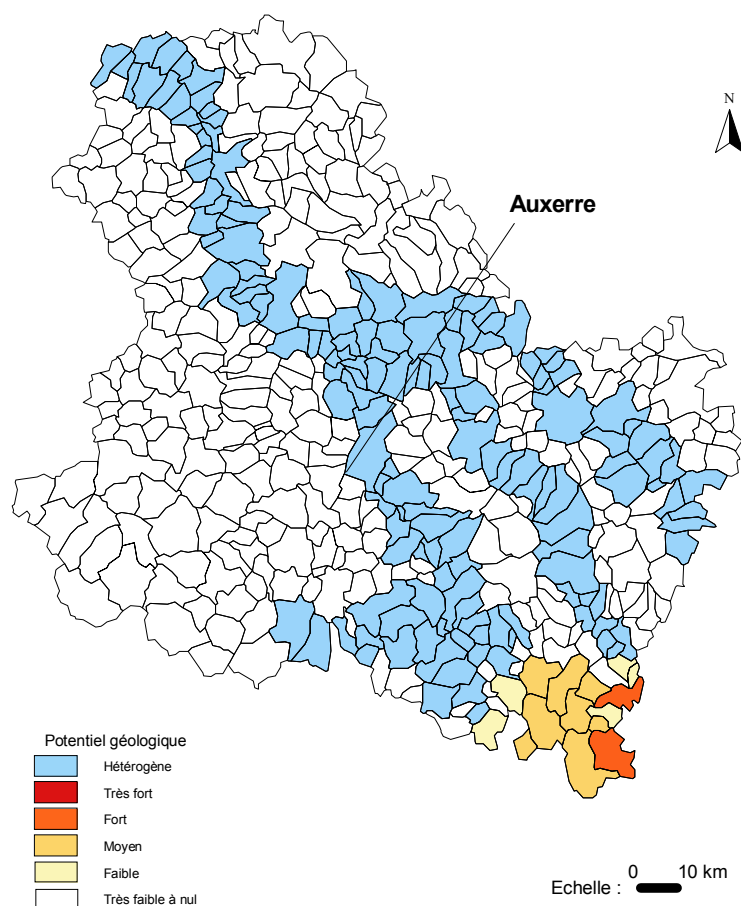
YONNE (89)

Dans l'Yonne, **167** communes sont concernées sur **453** par des terrains potentiellement "radonifères", soit environ **37%** des communes.

Les terrains cristallins sont minoritaires et ne concernent que l'extrême quart Sud-est du département (région d'Avallon). La grande majorité des communes concernées est liée aux trois principaux cours d'eau en provenance du Morvan : l'Yonne, le Serein et l'Armançon. Les lits de ces rivières peuvent être plus ou moins chargés en éléments cristallins, rendant le risque hétérogène sur l'ensemble de leurs formations alluviales. Un potentiel d'exhalation élevé est associé aux terrasses alluviales, formations plus anciennes situées en bordure ou sur les hauteurs des vallées actuelles.

La tendance générale est la diminution globale de la proportion d'éléments cristallins, de la source (Morvan) au centre du bassin parisien. Cette diminution est régulière mais on trouve toujours une proportion notable d'éléments d'origine granitique dans les terrasses alluviales au confluent de l'Yonne et de la Seine. Il est à noter que les dépôts de l'Armançon sont moins riches en éléments cristallins puisque cette rivière ne traverse qu'une petite partie est du Morvan.

Carte 10 : Potentiel géologique d'exhalation de radon de l'Yonne



Sources : BRGM carte au 1 / 1 000 000 Étude CAE, 2000 Exploitation ORS Bourgogne, 2005

LISTE DES COMMUNES A RISQUE (N=385)

CÔTE D'OR (n=78)

Communes présentant un risque "radon"

Communes	
AISY SOUS THIL	SAINT ANDEUX
ARNAY LE DUC	SAINT DIDIER
AUBIGNY LA RONCE	SAINT EUPHRONE
BARD LE REGULIER	SAINT GERMAIN DE MODEON
BIERRE LES SEMUR	SAINT MARTIN DE LA MER
BLANOT	SAINT PIERRE EN VAUX
BRAZEY EN MORVAN	SAINT PRIX LES ARNAY
BRIANNY	SAINT THIBAUT
CENSEREY	SAULIEU
CHAMPEAU EN MORVAN	SAUSSEY
CHAMPIGNOLLES	SAVILLY
CHAZILLY	SEMUR EN AUXOIS
CLAMEREY	SINCEY LES ROUVRAY
CLOMOT	THOISY LA BERCHERE
COURCELLES FREMOY	THOSTE
COURCELLES LES SEMUR	THURY
CUSSY LE CHATEL	TORCY ET POULIGNY
DIANCEY	TOUTRY
DOMPIERRE EN MORVAN	VIANGES
ECUTIGNY	VIC DE CHASSENAY
FLEE	VIC SOUS THIL
GRENAND LES SOMBERNON	VIEUX CHATEAU
JOUEY	VIEVY
JOURS EN VAUX	VILLARGOIX
JUILLENAY	VILLIERS EN MORVAN
LA ROCHE EN BREUIL	VOUDENAY
LACANCHE	
LACOUR D'ARCENAY	
LE FETE	
LIERNAIS	
MAGNIEN	
MALAIN	
MALIGNY	
MANLAY	
MARCHESEUIL	
MARCIGNY SOUS THIL	
MENESSAIRE	
MESMONT	
MILLERY	
MIMEURE	
MOLINOT	
MOLPHEY	
MONTBERTHAULT	
MONTIGNY SAINT BARTHELEMY	
MONTLAY EN AUXOIS	
NAN SOUS THIL	
NANTOUX	
NORMIER	
PONT ET MASSENE	
REMILLY EN MONTAGNE	
ROILLY	
ROUVRAY	

NIÈVRE (n=86)

Communes présentant un risque "radon"

Communes	
ALLIGNY-EN-MORVAN	PAZY
ARLEUF	PLANCHEZ
AUNAY-EN-BAZOIS	POIL
AVREE	POUQUES-LORMES
AVRIL-SUR-LOIRE	PREPORCHE
AZY-LE-VIF	REMILLY
BAZOCHES	ROUY
BLISMES	SAINT-AGNAN
BRASSY	SAINT-ANDRE-EN-MORVAN
CERVON	SAINT-BRISSON
CHALAUX	SAINT-FRANCHY
CHANTENAY-SAINT-IMBERT	SAINT-GERMAIN-CHASSENAY
CHATEAU-CHINON(CAMPAGNE)	SAINT-HILAIRE-EN-MORVAN
CHATEAU-CHINON(VILLE)	SAINT-HONORE-LES-BAINS
CHATIN	SAINT-LEGER-DE-FOUGERET
CHAUMARD	SAINT-MARTIN-DU-PUY
CHIDDES	SAINT-PARIZE-EN-VIRY
CORANCY	SAINT-PARIZE-LE-CHATEL
CRUX-LA-VILLE	SAINT-PEREUSE
DECIZE	SAINT-PIERRE-LE-MOUTIER
DOMMARTIN	SAINT-SAULGE
DORNES	SAINT-SEINE
DUN-LES-PLACES	SARDY-LES-EPIRY
DUN-SUR-GRANDRY	SAVIGNY-POIL-FOL
EMPURY	SAXI-BOURDON
EPIRY	SEMELAY
FACHIN	SERMAGES
FLETY	TAZILLY
FLEURY-SUR-LOIRE	TERNANT
GACOGNE	TOURY-SUR-JOUR
GIEN-SUR-CURE	TRESNAY
GLUX-EN-GLENNE	VAUCLAIX
GOULOUX	VILLAPOURCON
JAILLY	
LA COLLANCELLE	
LANTY	
LAROCHEMILLAY	
LAVAUT-DE-FRETOY	
LIVRY	
LORMES	
LUZY	
MARIGNY-L'EGLISE	
MHERE	
MILLAY	
MONTIGNY-EN-MORVAN	
MONTREUILLON	
MONTSAUCHE-LES-SETTONS	
MOULINS-ENGILBERT	
MOURON-SUR-YONNE	
MOUX-EN-MORVAN	
NEUVILLE-LES-DECIZE	
ONLAY	
OUROUX-EN-MORVAN	

SAÔNE ET LOIRE (n=205)

Communes
ANGLURE-SOUS-DUN
ANOST
ANTULLY
AUTUN
AUXY
BALLORE
BARIZEY
BARNAY
BARON
BAUDEMONT
BEAUBERY
BERGESSERIN
BLANOT
BOIS-SAINT-MARIE
BOURGVILAIN
BRIANT
BRION
BROYE
BUFFIERES
BURGY
BURNAND
BURZY
CHALMOUX
CHAMPLECY
CHARBONNAT
CHASSEY-LE-CAMP
CHASSIGNY-SOUS-DUN
CHATEAU
CHATEAUNEUF
CHATEL-MORON
CHATENAY
CHAUFFAILLES
CHEILLY-LES-MARANGES
CHERIZET
CHEVAGNY-LES-CHEVRIERES
CHEVAGNY-SUR-GUYE
CHIDDES
CHISSEY-EN-MORVAN
CHISSEY-LES-MACON
CIRY-LE-NOBLE
COLLONGE-EN-CHAROLLAIS
COLLONGE-LA-MADELEINE
COLOMBIER-EN-BRIONNAIS
COUBLANC
COUCHES
CRESSY-SUR-SOMME
CRUZILLE
CULLES-LES-ROCHES
CURBIGNY
CURTIL-SOUS-BUFFIERES
CUSSY-EN-MORVAN
CUZY

DETTEY
DOMPIERRE-LES-ORMES
DOMPIERRE-SOUS-SANVIGNES
DONZY-LE-NATIONAL
DONZY-LE-PERTUIS
DRACY-LES-COUCHES
DYO
ECUISSES
EPERTULLY
EPINAC
ESSERTENNE
ETANG-SUR-ARROUX
GERMOLLES-SUR-GROSNE
GIBLES
GILLY-SUR-LOIRE
GOURDON
GRANDVAUX
GRURY
IGORNAY
ISSY-L'EVEQUE
JONCY
LA BOULAYE
LA CELLE-EN-MORVAN
LA CHAPELLE-AU-MANS
LA CHAPELLE-DU-MONT-DE-FRANCE
LA CHAPELLE-SOUS-DUN
LA CHAPELLE-SOUS-UCHON
LA CLAYETTE
LA COMELLE
LA GRANDE-VERRIERE
LA GUICHE
LA MOTTE-SAINT-JEAN
LA PETITE-VERRIERE
LA ROCHE-VINEUSE
LA TAGNIERE
LA VINEUSE
LAIZY
LE BREUIL
LE CREUSOT
LE PULEY
LE ROUSSET
LES BIZOTS
LUCENAY-L'EVEQUE
MARCILLY-LA-GUEURCE
MARCILLY-LES-BUXY
MARIGNY
MARIZY
MARLY-SOUS-ISSY
MARMAGNE
MARTIGNY-LE-COMTE
MARY
MATOUR

Communes
MESVRES
MONT
MONTAGNY-SUR-GROSNE
MONTCENIS
MONTMELARD
MONTMORT
MONT-SAINT-VINCENT
MOREY
MORLET
MORNAY
MUSSY-SOUS-DUN
NEUVY-GRANDCHAMP
OUDRY
OUROUX-SOUS-LE-BOIS-SAINTE-MARIE
OYE
OZOLLES
PARIS-L'HOPITAL
PERONNE
PERREUIL
PERRIGNY-SUR-LOIRE
POUILLOUX
PRESSY-SOUS-DONDIN
RECLESNE
RIGNY-SUR-ARROUX
ROMANECHE-THORINS
ROUSSILLON-EN-MORVAN
SAILLY
SAINT-ANDRE-LE-DESERT
SAINT-AUBIN-EN-CHAROLLAIS
SAINT-BERAIN-SOUS-SANVIGNES
SAINT-BERAIN-SUR-DHEUNE
SAINT-BONNET-DE-JOUX
SAINT-BONNET-DE-VIEILLE-VIGNE
SAINT-CHRISTOPHE-EN-BRIONNAIS
SAINT-DIDIER-EN-BRIONNAIS
SAINT-DIDIER-SUR-ARROUX
SAINTE-HELENE
SAINT-EMILAND
SAINTE-RADEGONDE
SAINT-EUSEBE
SAINT-FIRMIN
SAINT-GERMAIN-EN-BRIONNAIS
SAINT-GERVAIS-SUR-COUCHES
SAINT-HURUGE
SAINT-IGNY-DE-ROCHE
SAINT-JEAN-DE-TREZY
SAINT-JULIEN-SUR-DHEUNE
SAINT-LAURENT-D'ANDENAY
SAINT-LAURENT-EN-BRIONNAIS
SAINT-LEGER-SOUS-BEUVRAY
SAINT-MARCELIN-DE-CRAY
SAINT-MARD-DE-VAUX
SAINT-MARTIN-D'AUXY
SAINT-MARTIN-DE-COMMUNE
SAINT-MARTIN-DE-LIXY

SAINT-MARTIN-DE-SALENCEY
SAINT-MAURICE-DES-CHAMPS
SAINT-MAURICE-LES-CHATEAUNEUF
SAINT-MAURICE-LES-COUCHES
SAINT-MICAUD
SAINT-NIZIER-SUR-ARROUX
SAINT-PIERRE-DE-VARENNES
SAINT-PIERRE-LE-VIEUX
SAINT-POINT
SAINT-PRIVE
SAINT-PRIX
SAINT-RACHO
SAINT-ROMAIN-SOUS-GOURDON
SAINT-ROMAIN-SOUS-VERSIGNY
SAINT-SERNIN-DU-BOIS
SAINT-SERNIN-DU-PLAIN
SAINT-SYMPHORIEN-DE-MARMAGNE
SAINT-SYMPHORIEN-DES-BOIS
SAINT-VALLIER
SAINT-VINCENT-DES-PRES
SAINT-YTHAIRE
SAISY
SAMPIGNY-LES-MARANGES
SIGY-LE-CHATEL
SIVIGNON
SOMMANT
SUIN
TANCON
THIL-SUR-ARROUX
TINTRY
TORCY
TRAMAYES
TRAMBLY
TRIVY
UCHON
UXEAU
VAREILLES
VARENNE-L'ARCONCE
VARENNES-SOUS-DUN
VAUBAN
VAUX-EN-PRE
VENDENESSE-LES-CHAROLLES
VEROSVRES
VILLENEUVE-EN-MONTAGNE
VIRY

YONNE (n=16)

Communes présentant un risque "radon"

Communes
AVALLON
BEAUVILLIERS
BUSSIÈRES
CHASTELLUX-SUR-CURE
CUSSY-LES-FORGES
DOMECY-SUR-CURE
ISLAND
MAGNY
PONTAUBERT
QUARRE-LES-TOMBES
SAINT-BRANCHER
SAINTE-MAGNANCE
SAINT-GERMAIN-DES-CHAMPS
SAINT-LEGER-VAUBAN
SAUVIGNY-LE-BEUREAL
SAVIGNY-EN-TERRE-PLAINE

➔ LISTE DES COMMUNES A RISQUE HETEROGENE (N=337)

Ces communes représentent des zones où le risque reste à préciser par de nouvelles mesures.

CÔTE D'OR (n=19)

Communes présentant un risque hétérogène "radon"

Communes
ATHIE
BUFFON
CHEVIGNY EN VALIERE
CORCELLES LES ARTS
CORPEAU
EBATY
GENAY
MERCEUIL
MEURSAULT
PULIGNY MONTRACHET
QUINCEROT
QUINCY LE VICOMTE
ROUGEMONT
SAINT GERMAIN LES SENAILLY
SAINT REMY
SENAILLY
TAILLY
VILLAINES LES PREVOTES
VISERNY

NIÈVRE (n=86)

Communes présentant un risque hétérogène "radon"

Communes	
ANTHIEN	NANNAY
ARMES	NARCY
BICHES	NEUVY-SUR-LOIRE
BILLY-SUR-OISY	NEVERS
BREVES	LA NOCLE-MAULAIX
LA CELLE-SUR-LOIRE	OISY
CERCY-LA-TOUR	PARIGNY-LES-VAUX
CHALLUY	POUGUES-LES-EAUX
CHAMPVERT	POUILLY-SUR-LOIRE
LA CHARITE-SUR-LOIRE	POUSSEAUX
CHARRIN	RAVEAU
CHASNAY	RUAGES
CHAULGNES	SAINCAIZE-MEAUCE
CHAUMOT	SAINTE-COLOMBE-DES-BOIS
CHEVENON	SAINT-DIDIER
CHITRY-LES-MINES	SAINT-ELOI
CLAMECY	SAINT-GRATIEN-SAVIGNY
CORBIGNY	SAINT-HILAIRE-FONTAINE
COSNE-COURS-SUR-LOIRE	SAINT-QUENTIN-SUR-NOHAIN
COSSAYE	SAUVIGNY-LES-BOIS
COULANGES-LES-NEVERS	SERMOISE-SUR-LOIRE
DEVAY	SOUGY-SUR-LOIRE
DIENNES-AUBIGNY	SUILLY-LA-TOUR
DIROL	SURGY
DORNECY	THAIX
DRUY-PARIGNY	TOURY-LURCY
FLEZ-CUZY	TRACY-SUR-LOIRE
FOURCHAMBAULT	TRONSANGES
FOURS	URZY
GARCHIZY	VANDENESSE
GARCHY	VARENNES-LES-NARCY
GERMIGNY-SUR-LOIRE	VARENNES-VAUZELLES
GIMOUILLE	VERNEUIL
ISENAY	VIELMANAY
LAMENAY-SUR-LOIRE	VIGNOL
LANGERON	
LIMANTON	
LUCENAY-LES-AIX	
LUTHENAY-UXELOUP	
MAGNY-LORMES	
LA MARCHE	
MARS-SUR-ALLIER	
MARIGNY-SUR-YONNE	
MARZY	
MESVES-SUR-LOIRE	
METZ-LE-COMTE	
MONCEAUX-LE-COMTE	
MONTAMBERT	
MONTARON	
MONTIGNY-SUR-CANNE	
MYENNES	

SAÔNE-ET-LOIRE (n=81)

Communes présentant un risque hétérogène "radon"

Communes	
ANZY-LE-DUC	POISSON
ARTAIX	PRIZY
BAUGY	REMIGNY
BLANZY	SAINT-AGNAN
BOURBON-LANCY	SAINT-AUBIN-SUR-LOIRE
BOURG-LE-COMTE	SAINT-BONNET-DE-CRAY
CERON	SAINT-EDMOND
CHAGNY	SAINT-EUGENE
CHAMBILLY	SAINT-FORGEOT
CHANGY	SAINTE-FOY
CHARMOY	SAINT-GERVAIS-EN-VALLIERE
CHAROLLES	SAINT-JULIEN-DE-CIVRY
CHASSY	SAINT-JULIEN-DE-JONZY
CHAUDENAY	SAINT-LEGER-DU-BOIS
CHENAY-LE-CHATEL	SAINT-LEGER-LES-PARAY
CLESSY	SAINT-LOUP-DE-LA-SALLE
CORDESSE	SAINT-MARTIN-DU-LAC
CRONAT	SAINT-VINCENT-BRAGNY
CURDIN	SAINT-YAN
CURGY	SANVIGNES-LES-MINES
DEMIGNY	SARRY
DIGOIN	SEMUR-EN-BRIONNAIS
DRACY-SAINT-LOUP	SULLY
FLEURY-LA-MONTAGNE	TAVERNAY
FONTENAY	TOULON-SUR-ARROUX
GEANGES	VARENNE-SAINT-GERMAIN
GENELARD	VAUDEBARRIER
LES GUERREUX	VENDENESSE-SUR-ARROUX
GUEUGNON	VERSAUGUES
HAUTEFOND	VINDECY
L'HOPITAL-LE-MERCIER	VITRY-EN-CHAROLLAIS
IGUERANDE	VITRY-SUR-LOIRE
LESME	VOLESVRES
LIGNY-EN-BRIONNAIS	
LUGNY-LES-CHAROLLES	
MAILLY	
MALTAT	
MARCIGNY	
MARLY-SUR-ARROUX	
MELAY	
MONTCEAU-LES-MINES	
MONTCEAUX-L'ETOILE	
MONTCHANIN	
MONTHELON	
NOCHIZE	
PALINGES	
PARAY-LE-MONIAL	
PERRECY-LES-FORGES	

YONNE (n=151)

Communes présentant un risque hétérogène "radon"

Communes		
ACCOLAY	DISSANGIS	POILLY-SUR-SEREIN
AISY-SUR-ARMANCON	DRUYES-LES-BELLES-FONT.	PONTIGNY
ANCY-LE-FRANC	EPINEAU-LES-VOVES	PONT-SUR-YONNE
ANCY-LE-LIBRE	ESCOLIVES-SAINT-CAMILLE	RAVIERES
ANDRYES	ESNON	ROFFEY
ANGELY	ETIGNY	ROUSSON
ANNAY-LA-COTE	EVRY	ROUVRAY
ANNAY-SUR-SEREIN	FLOGNY-LA-CHAPELLE	SAINT-AUBIN-SUR-YONNE
APPOIGNY	FULVY	SAINT-BRIS-LE-VINEUX
ARCY-SUR-CURE	GERMIGNY	SAINT-DENIS
ARGENTENAY	GIROLLES	SAINT-PALLAYE
ARGENTEUIL/ARMANCON	GISY-LES-NOBLES	SAINT-VERTU
ARMEAU	GIVRY	SAINT-FLORENTIN
ASQUINS	GRIMAUT	SAINT-JULIEN-DU-SAULT
AUGY	GRON	SAINT-MARTIN-DU-TERTRE
AUXERRE	GUILLON	SAINT-MORE
BASSOU	GURGY	SAINT-PERE
BAZARNES	HAUTERIVE	SEIGNELAY
BEAUMONT	HERY	SENS
BESSY-SUR-CURE	IRANCY	SERBONNES
BLACY	JAULGES	SERMIZELLES
BLANNAY	JOIGNY	TANLAY
BOIS-D'ARCY	JUNAY	THAROT
BONNARD	LA CHAPELLE-VAUPELTEIGNE	TONNERRE
BRIENON/ARMANCON	LAROCHE-ST-CYDROINE	TREVILLY
BROSSES	LEZINNES	TRONCHOY
BUTTEAUX	LIGNY-LE-CHATEL	VAULT-DE-LUGNY
CEZY	L'ISLE-SUR-SEREIN	VENOUSE
CHABLIS	LUCY-SUR-CURE	VERGIGNY
CHAMPIGNY	LUCY-SUR-YONNE	VERMENTON
CHAMPLAY	MAILLY-LA-VILLE	VERON
CHAMPS-SUR-YONNE	MAILLY-LE-CHATEAU	VEZELAY
CHARMOY	MALIGNY	VEZINNES
CHASSIGNELLES	MARSANGY	VILLEBLEVIN
CHATEL-CENSOIR	MASSANGIS	VILLECIEN
CHAUMONT	MERRY-SUR-YONNE	VILLEMANOCHE
CHEMILLY-SUR-SEREIN	MICHERY	VILLENVOTTE
CHEMILLY-SUR-YONNE	MIGENNES	VILLENEUVE-LA-GUYARD
CHENEY	MOLAY	VILLENEUVE-SUR-YONNE
CHENY	MONETEAU	VILLEPERROT
CHEU	MONTILLOT	VILLEVALLIER
CHICHEE	MONTREAL	VILLIERS-VINEUX
CHICHERY	MONT-SAINT-SULPICE	VILLY
CISERY	NOYERS	VINCELLES
COULANGES/YONNE	NUITS	VINCELOTES
COURLON/YONNE	ORMOY	VINNEUF
COURTOIS/YONNE	PACY-SUR-ARMANCON	VOUTENAY-SUR-CURE
CRAIN	PARON	
CRAVANT	PASSY	
CRY	PERCEY	
CUY	PERRIGNY/ARMANCON	
DANNEMOINE	PIERRE-PERTHUIS	

B. LA CAMPAGNE NATIONALE DE MESURE DE L'EXPOSITION DOMESTIQUE AU RADON IPSN – DGS

(Bilan au 1er janvier 2000)

Depuis 1982, année de la première campagne de mesures lancée par l'IPSN jusqu'en 1999, la base de données utilisée pour le bilan au 1^{er} janvier 2000 est constituée de 12 641 mesures concernant 10 013 communes en France métropolitaine.

1. Méthodologie et protocole

L'activité volumique du radon est mesurée à l'aide d'un dosimètre Radon-Kodalpha. La durée d'exposition du dosimètre était de deux mois, un questionnaire à remplir accompagnait le matériel, il servait à préciser les conditions de pose du dosimètre et les caractéristiques de l'habitation où la mesure était effectuée.

La pose et le recueil du matériel (un dosimètre et le questionnaire associé par habitation) ainsi que l'information aux élus locaux et aux particuliers ont été pris en charge par des membres de la Protection Civile avant 1991, puis par les ingénieurs sanitaires des DDASS des départements concernés depuis 1992.

Ces campagnes de mesures visaient à avoir une idée des concentrations en radon sur l'ensemble du territoire français et étaient basées sur un maillage de 7 km sur 7 km.

L'échantillon de logements n'a pas été tiré au sort, pour les mesures effectuées avant 1991, la recherche des habitations où poser les dosimètres a été laissée à l'appréciation des responsables de terrain. En milieu rural, les logements choisis étaient souvent celui du maire de la commune et, en général, il y avait une seule mesure par logement.

Puis, à partir de 1992, la sélection des habitations dans un département s'appuyait sur un double critère démographique et géographique (un point de mesure pour 1 500 habitants en moyenne, pas de grandes zones sans mesures, un nombre de points de mesures compris entre 100 et 200 pour couvrir un département).

2. Limites de l'étude

Le protocole décrit précédemment présente certains inconvénients :

- Les mesures commencent à être anciennes (plus de 10 ans pour la plupart)
- L'échantillon de logement n'a pas été tiré au sort mais choisi selon un quadrillage systématique, ce qui pose le problème de sa représentativité statistique
- En milieu rural, un seul dosimètre par commune, posé en général au domicile de personnels des administrations, du pharmacien ou du maire dont les habitats ne sont pas forcément représentatifs de la moyenne de la population
- Peu de données apparaissent sur les caractéristiques des logements enquêtés, ne permettant pas de définir des pistes d'amélioration ni de les quantifier
- Une seule mesure par logement pose le problème des variations de concentration intra-habitat et du temps d'occupation des différentes pièces

Les résultats présentés sont des mesures brutes, ne tenant pas toujours compte des facteurs pouvant influencer les concentrations mesurées (type d'habitat, variations saisonnières, pièces de l'habitation). De plus, le facteur géologique (roches sédimentaires / cristallines) n'est pas intervenu dans le choix des habitats lors de cette campagne.

3. Analyse des résultats régionaux

Au niveau national ou régional, la distribution des mesures d'activités volumiques est asymétrique, ces mesures sont regroupées dans les faibles ordres de grandeur ($< 100 \text{ Bq/m}^3$) et il existe une longue queue de valeurs élevées, qui influencent fortement la moyenne arithmétique.

En Bourgogne, les mesures de l'activité volumique du radon ont été réalisées du 11 avril 1984 au 16 septembre 1998. 561 mesures ont été réalisées dans 504 communes bourguignonnes.

Avec une moyenne arithmétique de $99,87 \text{ Bq/m}^3$, la moyenne bourguignonne des mesures de radon est plus élevée que la moyenne nationale métropolitaine (90 Bq/m^3).

Tableaux 2 et 3 : Situation de la Bourgogne par rapport aux autres régions françaises

STATISTIQUES	en France	en Bourgogne
Nombre de mesures	12 641	561
Moyenne arithmétique	90 Bq/m ³	99,87 Bq/m ³
Médiane	50 Bq/m ³	63 Bq/m ³
Percentile 90	185 Bq/m ³	214 Bq/m ³
Nombre de mesures supérieures à 200 Bq/m ³	9%	11,05%
Nombre de mesures supérieures à 400 Bq/m ³	2,3%	2,67%
Nombre de mesures supérieures à 1000 Bq/m ³	0,5%	0%

Distribution des mesures d'activités volumiques de radon	% en France	% en Bourgogne
inférieures à 50 Bq/m ³	47%	36%
comprises entre 50 et 100 Bq/m ³	29%	30%
comprises entre 100 et 200 Bq/m ³	15%	21%
comprises entre 200 et 400 Bq/m ³	7%	9%
supérieures à 400 Bq/m ³	2%	4%

Source : IPSN, Campagne nationale de mesure du radon, 2000

96% des mesures réalisées en Bourgogne sont **au-dessous de 400 Bq/m³**.

Au niveau de la répartition des mesures selon le type d'habitation, **55%** des mesures effectuées en Bourgogne l'ont été dans des maisons particulières d'avant 1945 (maisons utilisant des matériaux traditionnels) contre **36%** au niveau national.

Les valeurs mesurées en Bourgogne sont d'une manière générale plus élevées que celles qui sont mesurées au niveau national et il existe des variations intra-régionales importantes.

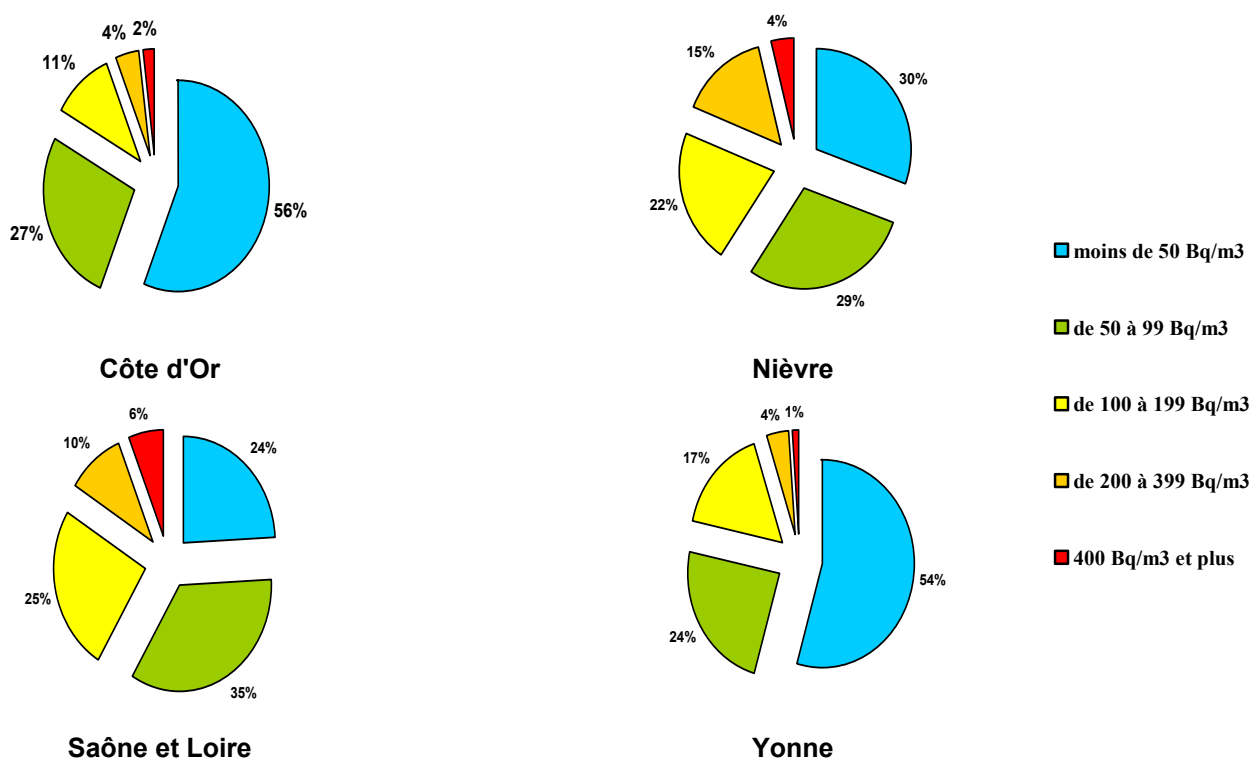
En effet, si l'on s'intéresse à la répartition régionale des valeurs observées, la Nièvre et la Saône et Loire présentent des concentrations de radon plus élevées que les deux autres départements, dépassant les 100 Bq/m^3 et, ayant imposé, leur classement en départements prioritaires.

Tableau 4 : Résultats des mesures par département

	Date des mesures	Nombre de mesures	Moyenne (en Bq/m ³)
Côte d'Or	1984	48	76
Nièvre	1995 - 1996	148	115
Saône et Loire	1984 - 1998	221	116
Yonne	1995 - 1996	144	68

Les valeurs les plus élevées sont, pour la plupart, mesurées dans le Morvan, résultats cohérents par rapport au contexte géologique évoqué précédemment.

Graphique 1: Répartition des résultats de mesures de radon dans l'habitat par département

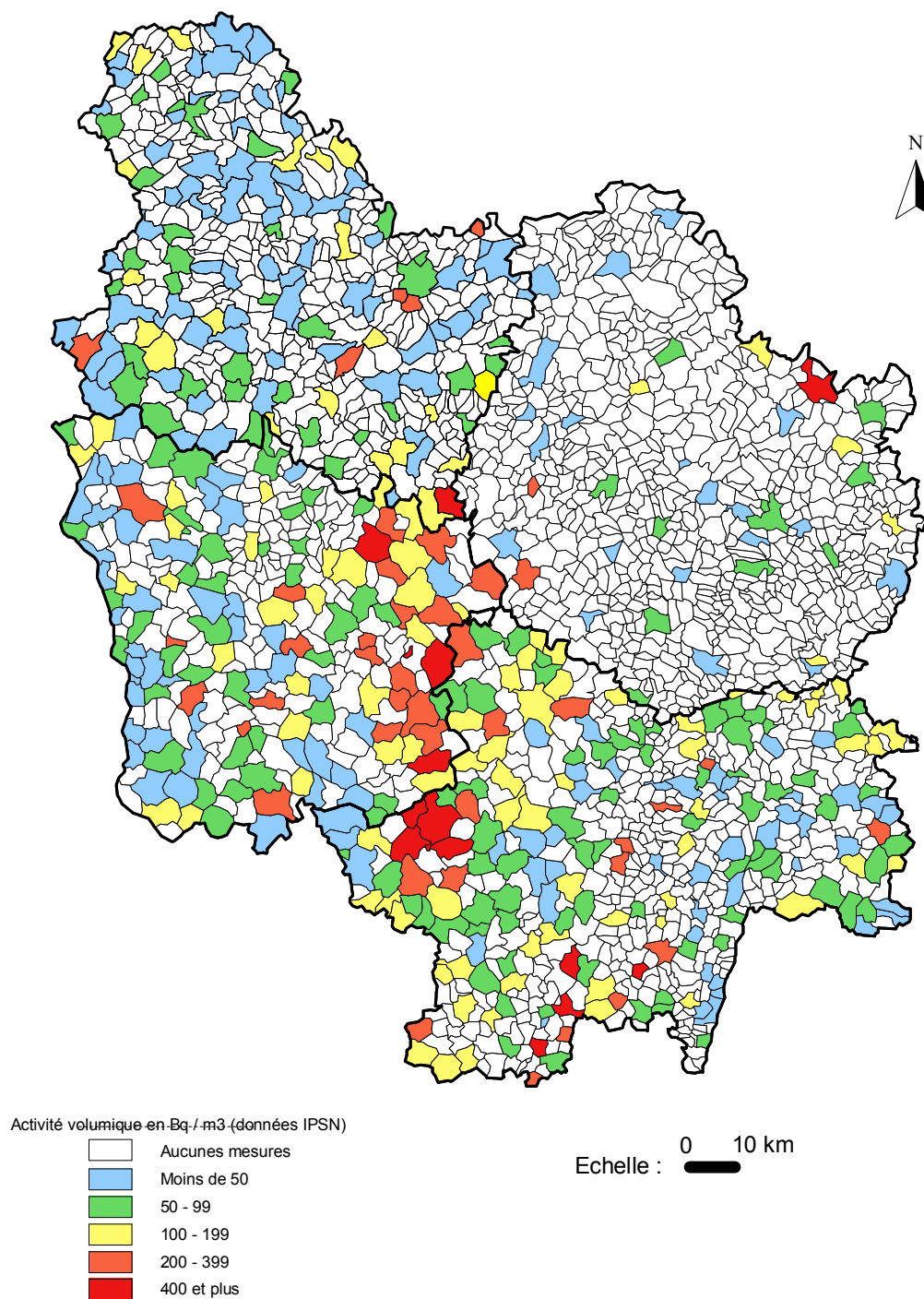


Les départements de **Saône et Loire** et de la **Nièvre** présentent respectivement **16 %** et **19 %** des mesures de radon réalisées **au-dessus de 200 Bq/m³** contre **5 %** et **6 %** pour l'Yonne et la Côte d'Or.

Cette proportion de fortes mesures s'explique par l'emprise de ces deux départements (58 et 71) sur le Morvan, zone géologique à forte dominante granitique.

La représentation cartographique est présentée ci-dessous.

Carte 11 : Représentation cartographique des résultats de mesures dans l'habitat – IRSN



Source : IPSN-DGS, "Bilan et Représentation cartographique des mesures au 1^{er} janvier 2000"

4. Résultats détaillés par département

➔ EN CÔTE D'OR

Source : www.irsn.org

Statistiques sur l'ensemble des mesures

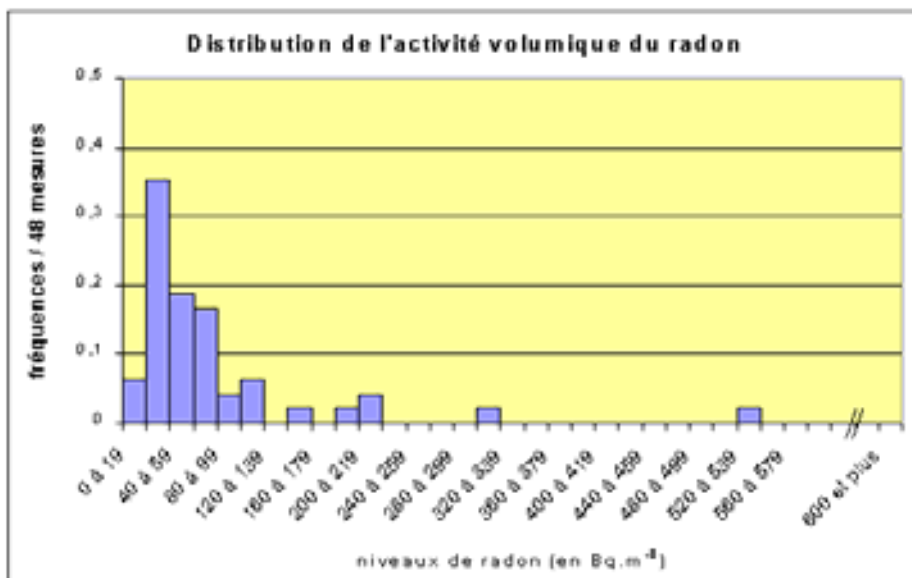
Effectif :	48	Moyenne arithmétique :	76 Bq.m ⁻³	Ecart-Type :	88 Bq.m ⁻³
Minimum :	11 Bq.m ⁻³	Moyenne géométrique :	53 Bq.m ⁻³	Percentile 90 :	183 Bq.m ⁻³
Maximum :	522 Bq.m ⁻³	Médiane :	47 Bq.m ⁻³	Percentile 95 :	216 Bq.m ⁻³

Nombre de mesures au dessus de 200 Bq.m⁻³ : 4 soit 8,3 %

Nombre de mesures au dessus de 400 Bq.m⁻³ : 1 soit 2,1 %

Nombre de mesures au dessus de 1 000 Bq.m⁻³ : 0 soit 0 %

Distribution des mesures



Répartition des mesures dans l'échantillon

Type de l'habitation	Emplacement du dosimètre
Maison particulière construite avant 1945	Séjour
Maison particulière construite après 1945	Cuisine
Maison collective construite avant 1945	Chambre
Maison collective construite après 1945	Cave
Lieu public	Autre
Ecole	
Autre	

45,8 % (22)	83,3 % (40)
35,4 % (17)	0 % (0)
8,3 % (4)	10,4 % (5)
0 % (0)	0 % (0)
2,1 % (1)	6,3 % (3)
0 % (0)	
0 % (0)	

➔ **DANS LA NIÈVRE**

Source : www.irsn.org

Statistiques sur l'ensemble des mesures

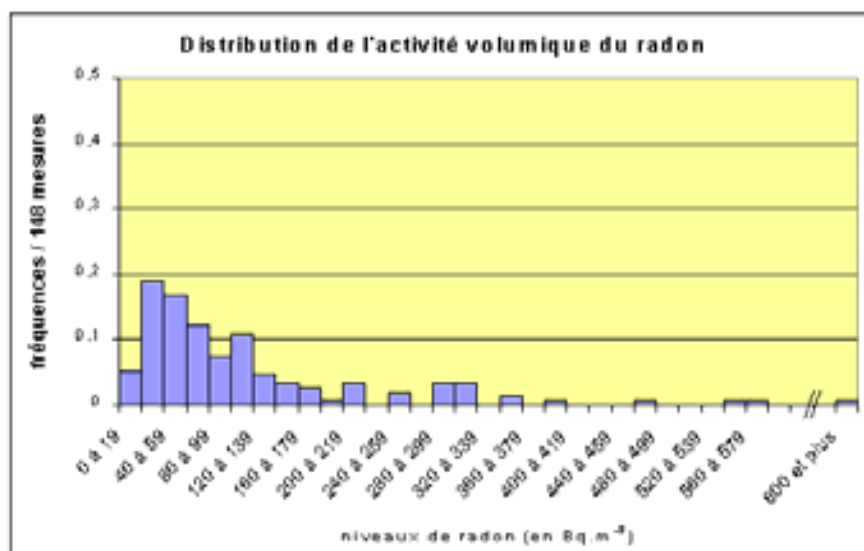
Effectif : 148	Moyenne arithmétique : 115 Bq.m ⁻³	Ecart-Type : 122 Bq.m ⁻³
Minimum : 13 Bq.m ⁻³	Moyenne géométrique : 77 Bq.m ⁻³	Percentile 90 : 287 Bq.m ⁻³
Maximum : 893 Bq.m ⁻³	Médiane : 73 Bq.m ⁻³	Percentile 95 : 315 Bq.m ⁻³

Nombre de mesures au dessus de 200 Bq.m⁻³ : 25 soit **16,9 %**

Nombre de mesures au dessus de 400 Bq.m⁻³ : 4 soit **2,7 %**

Nombre de mesures au dessus de 1000 Bq.m⁻³ : 0 soit **0 %**

Distribution des mesures



Répartition des mesures dans l'échantillon

Type de l'habitation	Emplacement du dosimètre
Maison particulière construite avant 1945 58,1 % (86)	Séjour 87,1 % (128)
Maison particulière construite après 1945 37,8 % (56)	Cuisine 8,2 % (12)
Maison collective construite avant 1945 1,4 % (2)	Chambre 2,7 % (4)
Maison collective construite après 1945 0 % (0)	Cave 0,7 % (1)
Lieu public 0 % (0)	Autre 1,4 % (2)
École 0 % (0)	
Autre 0,7 % (1)	



EN SAÔNE ET LOIRE

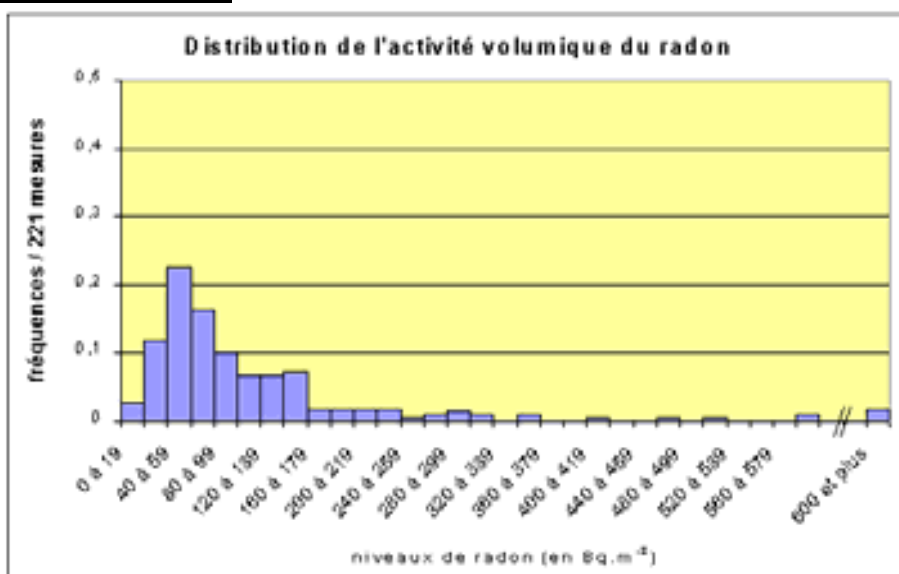
Source : www.irsn.org

Statistiques sur l'ensemble des mesures

Effectif :	221	Moyenne arithmétique :	116 Bq.m ⁻³	Ecart-Type :	129 Bq.m ⁻³
Minimum :	9 Bq.m ⁻³	Moyenne géométrique :	81 Bq.m ⁻³	Percentile 90 :	223 Bq.m ⁻³
Maximum :	884 Bq.m ⁻³	Médiane :	75 Bq.m ⁻³	Percentile 95 :	319 Bq.m ⁻³

Nombre de mesures au dessus de 200 Bq.m ⁻³ :	27 soit	12,2 %
Nombre de mesures au dessus de 400 Bq.m ⁻³ :	9 soit	4,1 %
Nombre de mesures au dessus de 1000 Bq.m ⁻³ :	0 soit	0 %

Distribution des mesures



Répartition des mesures dans l'échantillon

Type de l'habitation		Emplacement du dosimètre	
Maison particulière construite avant 1945	50,7 % (112)	Séjour	81,9 % (181)
Maison particulière construite après 1945	33,9 % (75)	Cuisine	2,7 % (6)
Maison collective construite avant 1945	5,4 % (12)	Chambre	5,9 % (13)
Maison collective construite après 1945	0 % (0)	Cave	0 % (0)
Lieu public	1,4 % (3)	Autre	9,5 % (21)
Ecole	1,4 % (3)		
Autre	0,5 % (1)		

➤ DANS L'YONNE

Source : www.irsn.org

Statistiques sur l'ensemble des mesures

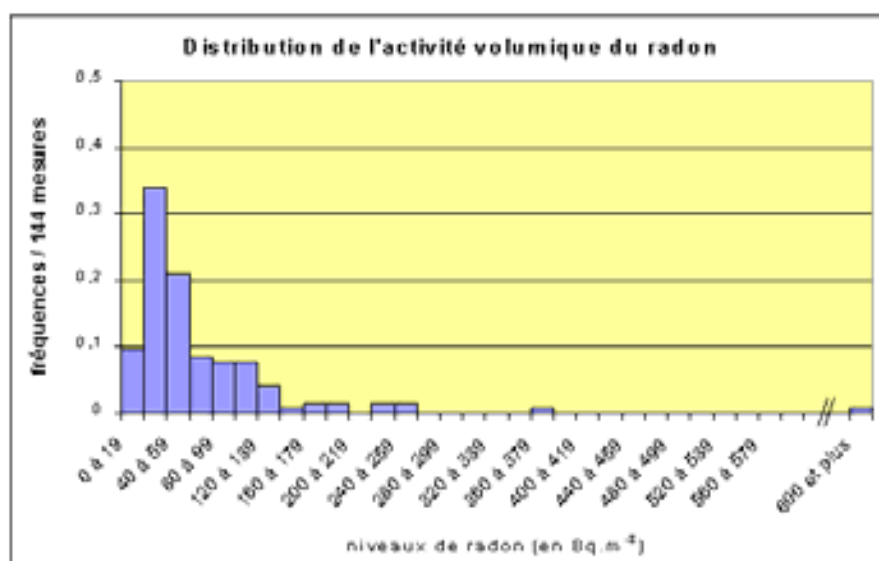
Effectif :	144	Moyenne arithmétique :	68 Bq.m ⁻³	Ecart-Type :	77 Bq.m ⁻³
Minimum :	12 Bq.m ⁻³	Moyenne géométrique :	50 Bq.m ⁻³	Percentile 90 :	135 Bq.m ⁻³
Maximum :	712 Bq.m ⁻³	Médiane :	43 Bq.m ⁻³	Percentile 95 :	183 Bq.m ⁻³

Nombre de mesures au dessus de 200 Bq.m⁻³ : 6 soit 4,2 %

Nombre de mesures au dessus de 400 Bq.m⁻³ : 1 soit 0,7 %

Nombre de mesures au dessus de 1000 Bq.m⁻³ : 0 soit 0 %

Distribution des mesures



Répartition des mesures dans l'échantillon

Type de l'habitation		Emplacement du dosimètre
Maison particulière construite avant 1945	56,3 % (81)	Séjour 63,6 % (91)
Maison particulière construite après 1945	31,9 % (46)	Cuisine 24,5 % (35)
Maison collective construite avant 1945	2,1 % (3)	Chambre 7,7 % (11)
Maison collective construite après 1945	0 % (0)	Cave 0 % (0)
Lieu public	2,1 % (3)	Autre 4,2 % (6)
Ecole	0 % (0)	
Autre	0,7 % (1)	

C. LA MESURE DU RADON DANS LES HABITATIONS DU MORVAN (CELLULE D'APPLICATION EN ÉCOLOGIE)

A la demande de la DRASS Bourgogne, une étude portant sur 100 habitations du Morvan fut réalisée en 1999. Ce travail ne peut être comparé à la campagne de mesures réalisée par l'IPSN car le protocole est différent.

1. Protocole et limites de l'étude

Le domaine d'étude est restreint à des communes appartenant au Parc Naturel Régional (PNR) du Morvan, dont les sous-sols doivent être riches en uranium et relativement homogènes sur tout le territoire communal.

Lors de cette étude, plusieurs orientations ont été fixées pour la méthodologie :

- la comparaison terrains sédimentaires / terrains cristallins est abandonnée
- la distinction principale repose sur le type d'habitat (maisons traditionnelles en granites, maisons récentes en matériaux modernes)
- l'aire d'échantillonnage est réduite pour s'affranchir au mieux de la variabilité lithologique, un nombre restreint de communes est retenu
- les objectifs de l'exploitation des données sont orientés vers la recherche des caractéristiques de l'habitat susceptibles d'avoir un rôle dans la teneur en radon
- le temps de pose des dosimètres est fixé à un mois
- le lieu de pose est, dans la mesure du possible, la chambre parentale

8 communes du PNR Morvan ont été sélectionnées, toutes situées dans le département de la Nièvre. Le premier critère retenu pour l'étude étant le type d'habitation, il a été décidé d'échantillonner de façon équitable les deux types de maisons, deux échantillons de 50 habitations chacun ont donc été tirés au sort à partir des bases de données (DRAC pour l'habitat traditionnel, liste des permis de construire pour les habitats récents).

Dans la pratique, l'étude a finalement porté sur 56 maisons traditionnelles et 44 maisons récentes.

Le questionnaire d'enquête, annoté lors de la pose des dosimètres comprenait plusieurs types d'informations :

- les références indispensables (nom des occupants, nombre de personnes, adresse...)
- les paramètres retenus dans la recherche de facteurs influençant la concentration de radon
- des renseignements sur l'équipement de la maison, les habitudes de vie des occupants, des données utilisables comme facteurs explicatifs ou comme aide à l'interprétation des résultats

La pose des dosimètres fut accompagnée d'un temps d'explication pour les habitants, le contexte général du radon, les risques liés,... sous forme d'une note d'information mais aussi d'un livret édité par l'IPSN sur le radon. La campagne de pose s'est déroulée au mois de décembre 1998 et la durée d'exposition de chaque dosimètre était de un mois.

2. Analyse des résultats

Les mesures obtenues s'échelonnent de **21 Bq/m³** à **1 293 Bq/m³** toutes habitations confondues, avec une moyenne arithmétique de **281 Bq/m³**.

Un quart des mesures est inférieur à **96 Bq/m³** et un quart des mesures est supérieur à **380 Bq/m³**.

Cinq logements récents et 17 maisons traditionnelles présentent des concentrations supérieures à **400 Bq/m³**. Deux logements récents présentent des concentrations supérieures à **1 000 Bq/m³**.

Au vue des résultats, les auteurs ont tenté de définir les facteurs influençant les concentrations de radon de manière significative.

Il existe une différence significative entre les moyennes des concentrations en radon dans les maisons traditionnelles (**291 +/- 1,8 Bq/m³**) et les logements récents (**108 +/- 2,5 Bq/m³**).

En règle générale, plus la maison est de construction récente, plus les teneurs en radon sont faibles. A elle seule, la période de construction explique **35 %** des mesures de radon.

30,4% des maisons traditionnelles sont au-dessus du seuil de **400 Bq/m³** alors que seulement **11,4%** des logements récents sont au-dessus de ce seuil.

La concentration moyenne observée dans les maisons récentes du Morvan est supérieure à la moyenne nationale estimée (41 Bq/m³ pour les maisons récentes) mais proche des moyennes des départements à sols granitiques (Creuse, Corrèze,...). Dans les maisons traditionnelles, ces valeurs sont largement dépassées.

Par rapport au type de roches, la prise en compte des seules formations géologiques comme celles indiquées sur les cartes ne permet pas d'établir des relations statistiques directes. Ces résultats traduisent la difficulté de caractériser de façon pertinente le facteur géologique pour le mettre en relation avec la concentration dans l'habitat.

Les auteurs remarquent toutefois que les valeurs élevées correspondent souvent à des habitations qui sont construites sur ou à proximité immédiate de filons de microgranite et de failles. La localisation des filons étant uniquement basée sur la carte géologique 1/50 000, il est difficile d'établir de corrélation absolue car ils ne figurent pas tous sur les cartes. La présence de filons et de failles semble déterminer une teneur en radon élevée.

D. CAMPAGNE DE MESURES DANS LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

En janvier 1999, les ministères chargés de la Santé et du Logement ont lancé une campagne de mesures systématiques du radon dans les établissements recevant du public des départements concernés du fait des caractéristiques géologiques de leur sous-sol.

Cette campagne, initiée par la circulaire du 27 janvier 1999, concerne les établissements hébergeant des enfants et les établissements sanitaires et sociaux.

L'ensemble des informations collectées (mesures, fiches de renseignement,...) l'ont été par les DDASS puis transmises au niveau national pour en dresser un bilan.

Il convient de distinguer les départements prioritaires et les départements « partiellement concernés » par le risque radon. Les départements prioritaires ont été définis par voie de circulaires (et repris dans l'arrêté du 22 juillet 2004), sur proposition de l'IRSN et sur la base des résultats de mesures du radon dans l'habitat privé. Un département est classé « prioritaire » quand la moyenne des résultats du département dépasse la valeur de 100 Bq/m³.

Pour les départements prioritaires (au nombre de **31** au 22 juillet 2004), l'ensemble des ERP du département sont concernés par la réalisation de mesures.

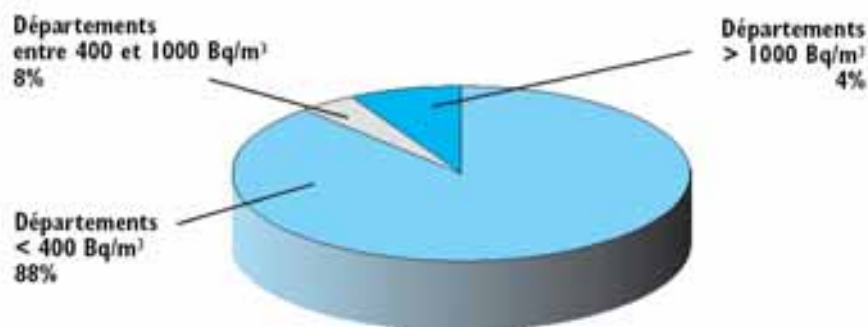
Pour les départements "**partiellement concernés**", seuls les ERP situés dans les secteurs "à risque" déterminés par la cartographie sont concernés par les mesures.

1. Analyse des données nationales

En novembre 2001, le nombre total d'établissements contrôlés depuis le début de la campagne s'élevait à **13 099**. Il a fallu réaliser **36 415** mesures pour effectuer ces dépistages, soit en moyenne **2,5** mesures par établissements.

Sur les 13 099 établissements contrôlés, **88%** sont en dessous du niveau d'action de 400 Bq/m³, **8%** présentent des mesures comprises entre 400 et 1000 Bq/m³ et **4%** présentent des mesures supérieures au seuil d'alerte de 1 000 Bq/m³.

Graphique 2 : Répartition des mesures réalisées dans les ERP



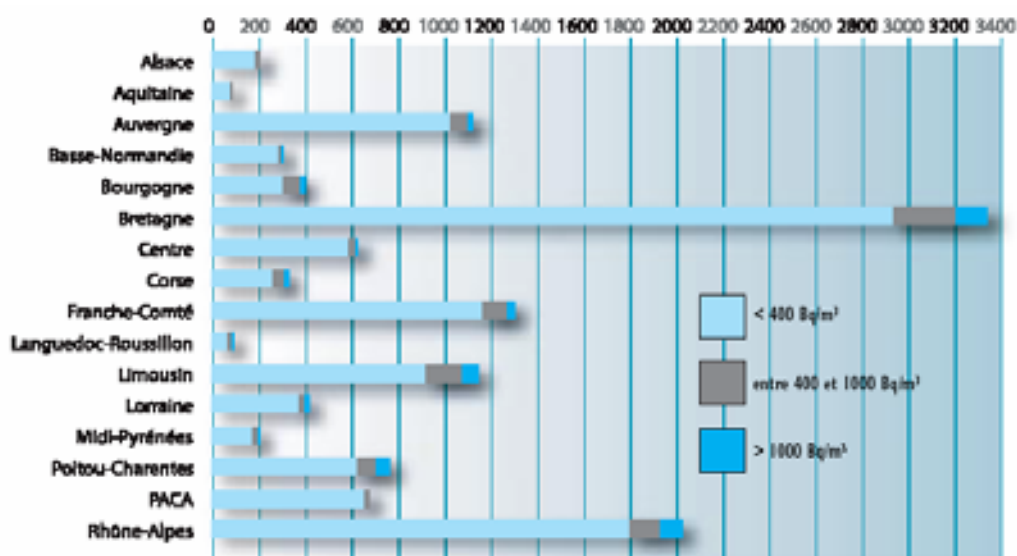
Source : www.asn.gouv.fr

La grande majorité des établissements contrôlés sont des établissements d'enseignement. Les établissements hébergeant des enfants représentent **71%** des établissements contrôlés, les établissements sanitaires et sociaux **8 %** et les autres établissements, **21%**.

Dans la catégorie "autres établissements", on trouve des établissements non-prioritaires en termes de dépistage, compte-tenu du faible temps de séjour du public (moins d'une heure par jour en moyenne sur l'année : bibliothèque, mairies,...).

Toutes les régions ne possèdent pas de résultats, la Bretagne et la région Rhône-Alpes comptabilisent à elles seules 42% des établissements contrôlés.

Graphique 3 : Nombre d'établissements contrôlés par région



Source : www.asn.gouv.fr

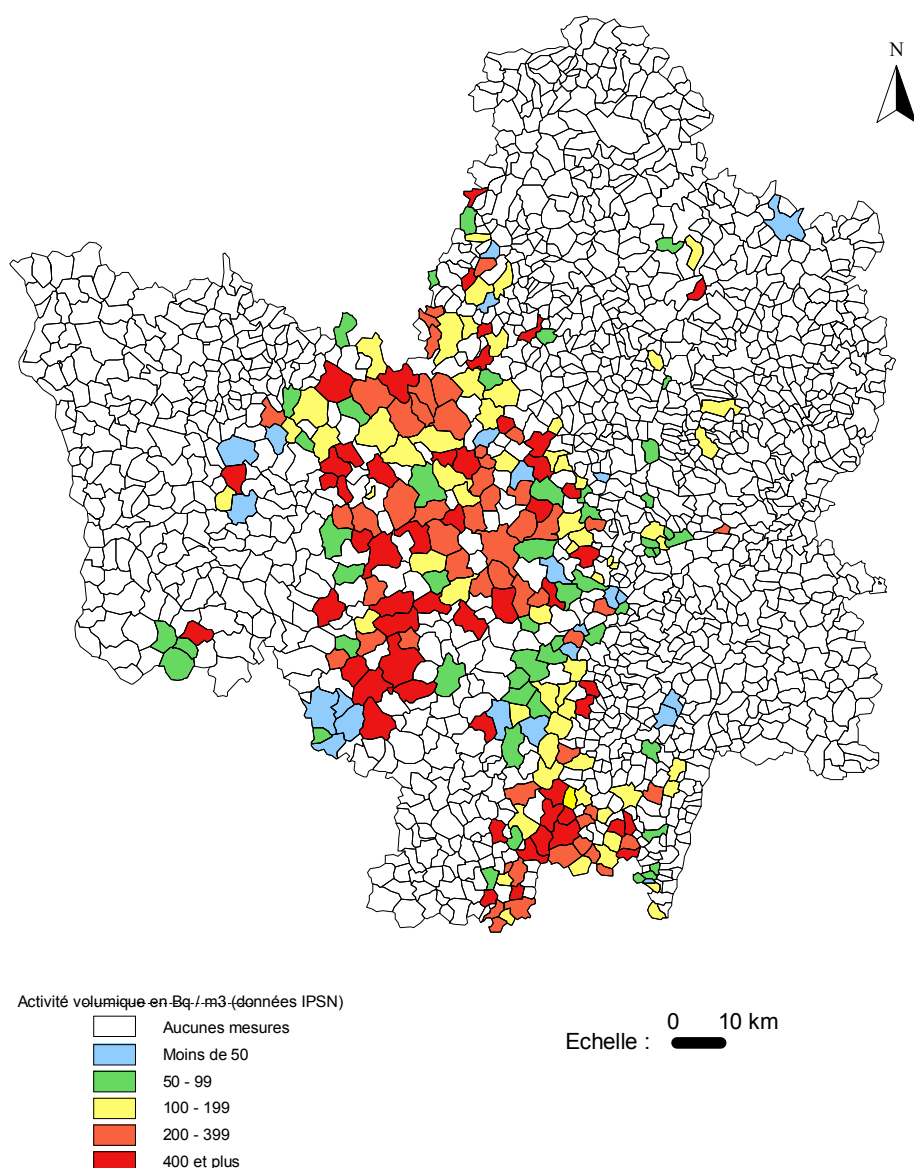
A l'échelle des départements, tous ne possèdent pas de résultats de mesures dans les ERP selon l'avancement de la campagne. Ainsi, en Bourgogne, seulement 3 départements sur 4 possèdent des résultats de mesures, la campagne n'ayant pas débuté dans l'Yonne.

Il est prévu au niveau national de saisir l'ensemble des mesures réalisées dans les ERP dans une même base de données "APPLIRADON" afin de disposer d'un outil d'analyse commun pour le pays.

2. Analyse des données en Bourgogne

En Bourgogne, les départements de la Côte d'Or, de la Nièvre et de la Saône et Loire possèdent des retours de mesures ERP. Ces résultats sont reportés sur la cartographie ci-dessous.

Carte 12 : Cartographie des mesures de radon dans les ERP bourguignons



Source : DDASS 21, 58, 71 : bilan de la première campagne de mesure ERP 1999-2001

Les mesures ont été réalisées dans des communes où l'on s'attendait à trouver du radon (sols granitiques du Morvan et en Saône et Loire).

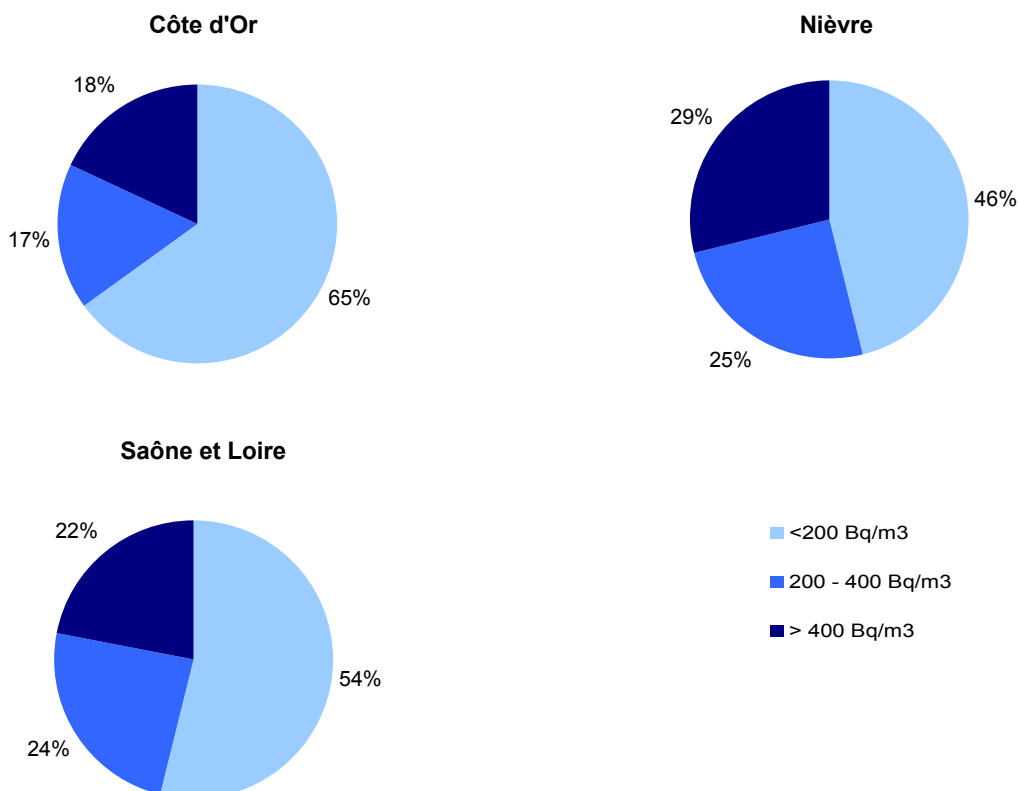
Les fortes mesures (> 400 Bq/m³) se retrouvent logiquement dans les zones géologiquement concernées par un potentiel d'exhalation important. En Saône et Loire, l'absence de cartographie du risque d'exhalation au moment de la première campagne de mesures a permis d'orienter les mesures selon le pourcentage de granite de chaque commune. Il est à noter que les communes représentées en "blanc" sur la carte correspondent à une absence de mesures, il n'est donc pas possible de conclure sur un risque éventuel pour ces communes.

3. Résultats de la 1^{ère} campagne en Bourgogne (1999-2001)

Sur les 3 départements concernés, la Nièvre et la Saône et Loire présentent le plus fort pourcentage de mesures supérieures à 400 Bq/m³. La concentration maximale mesurée en Bourgogne dans un établissement est de **3 980 Bq/m³** dans une école de la commune de Sivignon en Saône et Loire.

Parmi l'ensemble des établissements mesurés, ceux dont la concentration en radon dépassait 400 Bq/m³ voir même 1 000 Bq/m³ dans certains cas, ont procédé à un diagnostic du bâtiment et à des travaux de remédiation quand c'était nécessaire.

Graphique 4 : Mesures du radon dans les ERP bourguignons - Bilan 1999 / 2001



L'ensemble des travaux et solutions techniques qui ont été appliqués sur la région Bourgogne à l'issue des résultats de la première campagne ont fait l'objet d'un bilan présenté dans la partie suivante.

4. Perspectives

Une deuxième campagne de mesures dans les ERP vient d'être lancée dans les quatre départements bourguignons. Cette campagne se déroulera sur la période 2005 / 2006.

Pour les départements prioritaires (Nièvre et Saône et Loire), tous les ERP sont concernés par la réalisation de mesures. Pour les départements "partiellement concernés", la Côte d'Or et l'Yonne, la réalisation de mesures concerne les zones à risque, comme définies par la cartographie.

La priorité est donnée aux établissements n'ayant jamais réalisé de mesures en 1999-2001 et à ceux dont les mesures après les travaux de remédiation dépassent toujours 400 Bq/m³.

Les établissements dont les mesures ne dépassaient pas 400 Bq/m³ lors de la première mesure, et ceux ayant réalisé des travaux qui ont permis d'abaisser la concentration au dessous du seuil de 400 Bq/m³, sont

tenus de réaliser des mesures "de contrôle" sous 10 ans après le premier résultat (cf. Arrêté du 22 juillet 2004).

Les résultats de cette campagne seront disponibles au printemps 2006. Ils permettront de mieux cartographier la présence de radon, de confirmer ou d'infirmer la présence de radon dans certaines zones hétérogènes, de compléter les données existantes et de disposer des premières mesures pour le département de l'Yonne. Ils seront saisis sur le logiciel Appliradon.

CHAP V. LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RÉDUCTION DU RADON DANS LES BÂTIMENTS

Le radon, par son accumulation dans l'atmosphère des bâtiments, présente un risque sanitaire pour la population qui passe, en moyenne, 80% de son temps à l'intérieur (travail - habitat).

Afin de respecter les recommandations concernant le radon à l'intérieur des bâtiments, émises par l'Union Européenne puis relayées au niveau national par les pouvoirs publics français, il est parfois nécessaire de réaliser des travaux permettant de réduire la concentration de radon.

Avant de mettre en œuvre diverses techniques de réduction du radon, il faut réaliser un diagnostic préalable du bâtiment par une analyse de l'ensemble des caractéristiques de construction pouvant expliquer la présence et l'accumulation de radon.

A. LES MECANISMES D'ENTREE DU RADON DANS LES BATIMENTS

La présence de radon à la surface de la Terre est fonction de la teneur du sol en uranium, mais également des possibilités de transfert du sol vers la surface, liées à la porosité et au degré de fissuration du sol.

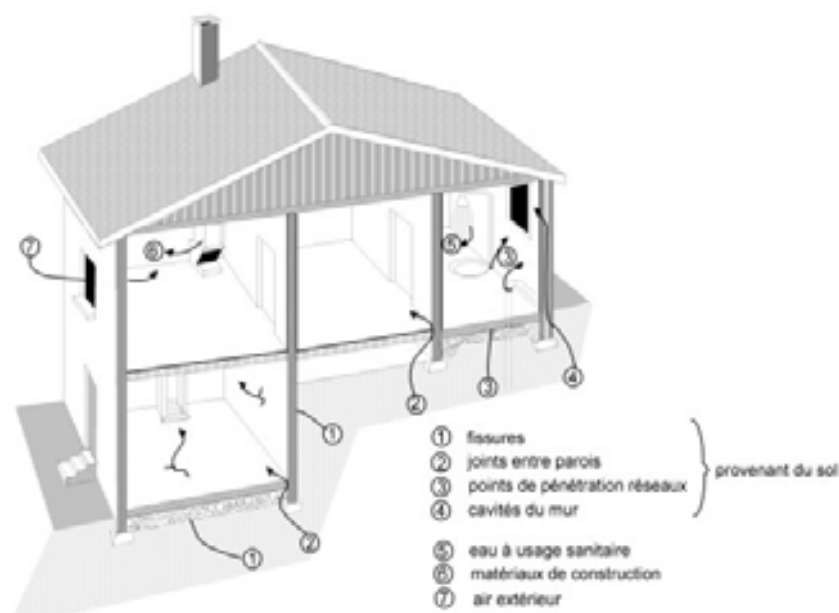
La principale source de radon dans l'air intérieur des bâtiments est donc le sol sur lequel le bâtiment est construit. Le dégazage de l'eau dans les bâtiments, certains matériaux de construction ainsi que l'air extérieur peuvent constituer des sources secondaires de présence de radon.

L'entrée du radon dans un bâtiment résulte de nombreux **paramètres environnementaux** (concentration dans le sol, perméabilité et humidité du sol, présence de fractures dans la roche) mais aussi des **caractéristiques de construction** comme la présence d'un sous-sol, d'un vide sanitaire, l'efficacité de la séparation entre le sol et le bâtiment (terre battue, plancher, dalle en béton) et certains défauts d'étanchéité du soubassement (fissures, porosité des murs et sols, défaut des joints).

Le mode de vie des occupants n'est pas non plus sans influence (ouverture plus ou moins fréquente des portes et fenêtres).

L'entrée de radon s'effectue principalement par les mouvements d'air, qui pénètre dans le bâtiment par les défauts d'étanchéité du soubassement. Ces mouvements d'air résultent de la légère dépression qui existe dans le bâtiment vis-à-vis du sol sous-jacent, dépression provoquée par le tirage thermique lié à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

Figure 7 : Voies d'entrées du radon dans un bâtiment



Source : <http://kheops.champs.cstb.fr/Radon/?IdPage=1>

B. ESTIMATION DU PARC DE LOGEMENTS PRESENTANT UN RISQUE SANITAIRE

Ces estimations sont extrapolées à partir des seules mesures réalisées à ce jour, en supposant que l'échantillon de mesures actuellement disponible soit représentatif de la distribution de l'habitat individuel en France.

Ces estimations conduiraient à environ **75 000** habitations individuelles en France qui présentent une concentration de radon supérieure à **1000 Bq/m³**, pour lesquelles des actions correctrices, éventuellement d'envergure, doivent être impérativement conduites à bref délai.

370 000 logements individuels dépasseraient **400 Bq/m³** et environ **1 450 000** dépasseraient le seuil de **200 Bq/m³**.

Au niveau de **l'habitat individuel bourguignon**, il est difficile de chiffrer précisément le nombre de logements en fonction de leur concentration en radon, difficulté engendrée par le faible nombre de mesures réalisées jusque-là (**561** mesures dans **504** communes pour un total de **2 044** communes en Bourgogne, soit **1/4** des communes enquêtées dans la région).

D'après les résultats IPSN^a, environ **11%** des logements mesurés présentent des résultats supérieurs à **200 Bq/m³**, environ **2,5%** des logements ont des résultats supérieurs à **400 Bq/m³** et aucune habitation ne dépasse les **1 000 Bq/m³** en Bourgogne.

^a Source : IRSN – DGS/DDASS. campagne nationale de mesure de l'exposition domestique au radon. Bilan des régions, 1^{er} janvier 2000 (DHPS-SEGR-LEADS).

C. ESTIMATION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION FRANÇAISE

Une autre statistique intéressante concerne l'exposition de la population. En effet, la population n'est pas uniformément distribuée dans le pays.

En général, les départements présentant des zones où les concentrations en radon sont élevées sont aussi les départements ruraux peu peuplés. Ainsi, en pondérant les moyennes arithmétiques obtenues par département par le nombre d'habitants du département, on considère que la population française est exposée en moyenne à une concentration de **68 Bq/m³** (moyenne géométrique).

Après pondération par le nombre d'habitants, les habitations dont la concentration est supérieure à **1 000 Bq/m³** représentent **7%** de l'exposition collective au radon en France. Celles où la concentration est supérieure à **400 Bq/m³** représentent **20%** de l'exposition collective et celles où elle dépasse **200 Bq/m³** correspondent à **37%** de cette exposition collective.

Cette distribution démontre que le fait de réduire les concentrations de radon les plus élevées, ce qui se justifie au regard des risques individuels encourus par les habitants de ces logements, ne permettrait pas de réduire sensiblement l'exposition collective.

D. LES TECHNIQUES DE REDUCTION DU RADON DANS UN BATIMENT EXISTANT¹⁵

Les principes des techniques visant à diminuer la présence de radon consistent d'une part à diluer la concentration en radon dans le volume habité et d'autre part à empêcher le radon venant du sol d'y pénétrer. En pratique, on observe de nombreuses variantes conjuguant ces deux principes.

L'aération du bâtiment est une première solution mais est souvent trop faible pour chasser le radon. Il est alors nécessaire de recourir à des techniques de réduction du radon, on distingue :

⇒ **les techniques passives** (sans ventilateur) :

- étanchéification de l'interface sol-bâtiment (mise en place de membranes sur le sol, obturation des fissures),
- aération du sous-sol ou du vide sanitaire.

⇒ **les techniques actives** (avec ventilateur) :

- mise en dépression du sol ou du vide sanitaire par rapport à la cellule habitée,
- mise en surpression de la cellule habitée, généralement le rez-de-chaussée, par rapport au sol.

E. LES TECHNIQUES DE REDUCTION PASSIVES

Les concentrations excessives de radon sont généralement problématiques dans les locaux d'habitations en contact avec le terrain, c'est-à-dire aux rez-de-chaussée et dans les niveaux inférieurs. La première stratégie de lutte contre le radon vise à éloigner les locaux d'habitation du sol, adapter le taux d'occupation et le temps de séjour dans chaque pièce à l'exposition au radon (par exemple, réaliser une chambre d'hôte ou un atelier au sous-sol).

1. L'ETANCHEIFICATION

L'infiltration, dans le bâtiment, d'air du sol riche en radon se fait principalement à la faveur de fissures ou d'autres points faibles dans les parties de la construction en contact avec le sous-sol.

Ces points faibles peuvent être de natures très différentes :

- fissures et joints dans les radiers et les murs
- passage de câbles (à travers des tubes)
- passages des conduites d'eaux usées
- ouvertures de contrôle et soupiriaux dans les murs du sous-sol
- cheminées
- parties de construction perméables (par exemple, planchers sur poutres, murs en pierres, ...)
- l'ensemble des ouvertures, portes (éventuellement, grands trous de serrures anciennes pour les portes de cave), fenêtres, trappes

Les mesures d'étanchement seules ne s'avèrent suffisantes que pour des concentrations inférieures à 1 000 Bq/m³, mais dans tous les cas elles améliorent l'efficacité des autres mesures pour lutter contre le radon. Il est à préciser qu'un colmatage parfait des voies d'entrée du radon est irréalisable.

Les matériaux les plus utilisés pour réaliser cette étanchéification sont les pâtes en polyuréthane, les membranes de PVC ou de polyéthylène, les peintures époxy, polyamide époxy ou "waterproof" (cf. tableau 5).

Dans le cas de sols en terre battue (dans la cave par exemple), la solution la plus efficace consiste à déposer une couverture qui peut être constituée d'une couche de gravillons, une membrane puis une dalle de béton (cf. figure 9).

La tenue des matériaux dans le temps n'est assurée que pour une dizaine d'années par les professionnels.

2. L'AERATION NATURELLE

L'aération consiste à remplacer l'air intérieur d'une habitation par de l'air provenant de l'extérieur. L'aération est caractérisée par un taux de renouvellement d'air qui correspond à la fraction du volume total d'air de la pièce renouvelée en une heure. En moyenne dans les habitats, ce taux varie entre 0,3 et 1,5 par heure mais dans certains cas de pièces bien isolées et mal ventilées, ce taux peut descendre à 0,1 par heure. Ce taux est important pour le niveau de radon présent dans l'atmosphère intérieure d'une habitation.

La réglementation en vigueur recommande un *taux de renouvellement de 1 par heure*, c'est-à-dire que le volume total d'air doit être intégralement renouvelé en une heure.

L'aération naturelle peut se réaliser par des conduits spécifiques, par l'ouverture des fenêtres ou en supprimant le calfeutrage autour des portes et fenêtres. Il est conseillé de ne pas ouvrir les fenêtres des étages supérieurs car cela entraînerait une augmentation de la dépression due au tirage thermique et donc un flux de radon plus important.

L'aération est une méthode dont la mise en œuvre est rapide et le coût d'installation minime. Cependant, elle induit un coût supplémentaire lié à la nécessité d'accroître le chauffage et cela peut représenter, selon les régions et le type de chauffage, d'une **centaine à quelques centaines d'euros par an en surcoût**.

L'efficacité de cette solution va dépendre des caractéristiques initiales du bâtiment mais il paraît difficile d'augmenter le renouvellement d'air d'un bâtiment inconsiderément sans tenir compte des contraintes énergétiques et du confort thermique des habitants.

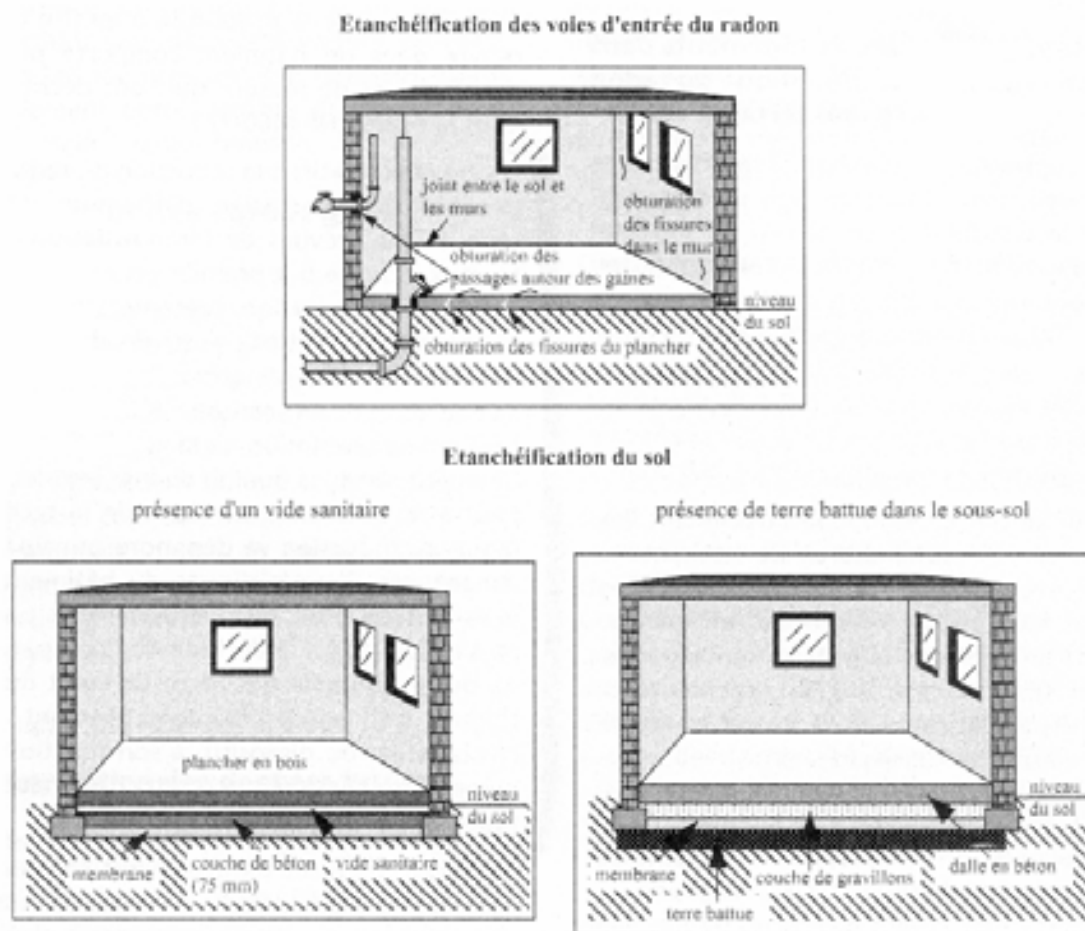
Tableau 5 : Étanchéité au radon de divers matériaux de construction

	ÉPAISSEUR EN MM	ÉTANCHEITE AU RADON
Feuilles d'étanchéité		
PEHD	1,5	oui
PVC armé	1	oui
Polymères bitumineux	3,8	oui
Peintures, revêtements		
Peintures synthétiques	0,2	non
Résines époxy	3	oui
Matériaux de construction		
Béton armé	100	partiellement
Briques silico-calcaire	150	non
Plâtre	100	non
Terre cuite	150	non

Ces données sont valables en l'absence de fissures et autres défauts d'étanchéité

Source : www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/f/Radonhandbuch-f.pdf

Figure 8 : Techniques passives de réduction du radon



F. LES TECHNIQUES ACTIVES DE REDUCTION DU RADON

Pour réduire les concentrations de radon dans un bâtiment, lorsque les méthodes d'aération et d'étanchéification sont insuffisantes, il est possible de recourir à des techniques actives utilisant une **ventilation mécanique**.

L'air du terrain riche en radon ne pénètre dans le bâtiment que si ce dernier est en dépression par rapport au terrain. Chaque bâtiment est l'objet d'un gradient de pression positif de bas en haut dû aux différences de température. Ce gradient est plus marqué en hiver. Certaines installations techniques comme les ventilateurs d'extraction des salles de bain et les hottes de cuisine provoquent une dépression dans le bâtiment en absence d'aération ; au même titre que le tirage généré par les fourneaux, chaudières et cheminées.

Les mesures correctrices visent donc à modifier la répartition des pressions dans le bâtiment de manière à éviter l'aspiration d'air riche en radon.

Les stratégies de protection contre le radon basées sur la ventilation sont diverses :

- élimination des facteurs créant une dépression
- mise en dépression du terrain situé sous et autour du bâtiment
- mise en surpression du bâtiment
- évacuation et dilution par ventilation de l'air chargé en radon

1. VENTILATION CREANT UNE MISE EN SURPRESSION DE LA CELLULE HABITEE

Cette technique est de préférence appliquée à des maisons ayant un taux de renouvellement d'air faible pour éviter une augmentation du phénomène de convection. La ventilation est assurée par un ventilateur soufflant de l'air frais à l'intérieur de la pièce. L'air intérieur est ensuite évacué par une fenêtre ou une ouverture sur un mur adjacent ou opposé (cf. figure 10).

Une ventilation forcée permet d'augmenter de 0,5 à 1,5 h⁻¹ le taux de renouvellement d'air d'une habitation avec des pertes énergétiques inévitables. Le coût d'installation, généralement de quelques centaines d'euros, s'accompagne d'un coût de fonctionnement qui peut être nettement plus élevé.

Les ventilations mécaniques avec récupération de chaleur permettent de diminuer les pertes énergétiques jusqu'à 80 % mais l'investissement nécessaire s'avère plus élevé que précédemment. Ce type de ventilation est plus adapté aux bâtiments publics qu'aux habitations. En effet, le coût de fonctionnement d'un tel dispositif dans un habitat privé serait très élevé.

Dans les données publiées, des chiffres de 300 à 3 000 € sont fournis pour l'installation de ces systèmes, avec des coûts de fonctionnement annuels compris entre 75 et 500 € et un coût d'entretien annuel de 30 à 400 €.

Figure 9 : Techniques actives de réduction du radon / ventilation créant une surpression de la cellule habitée par rapport au sol

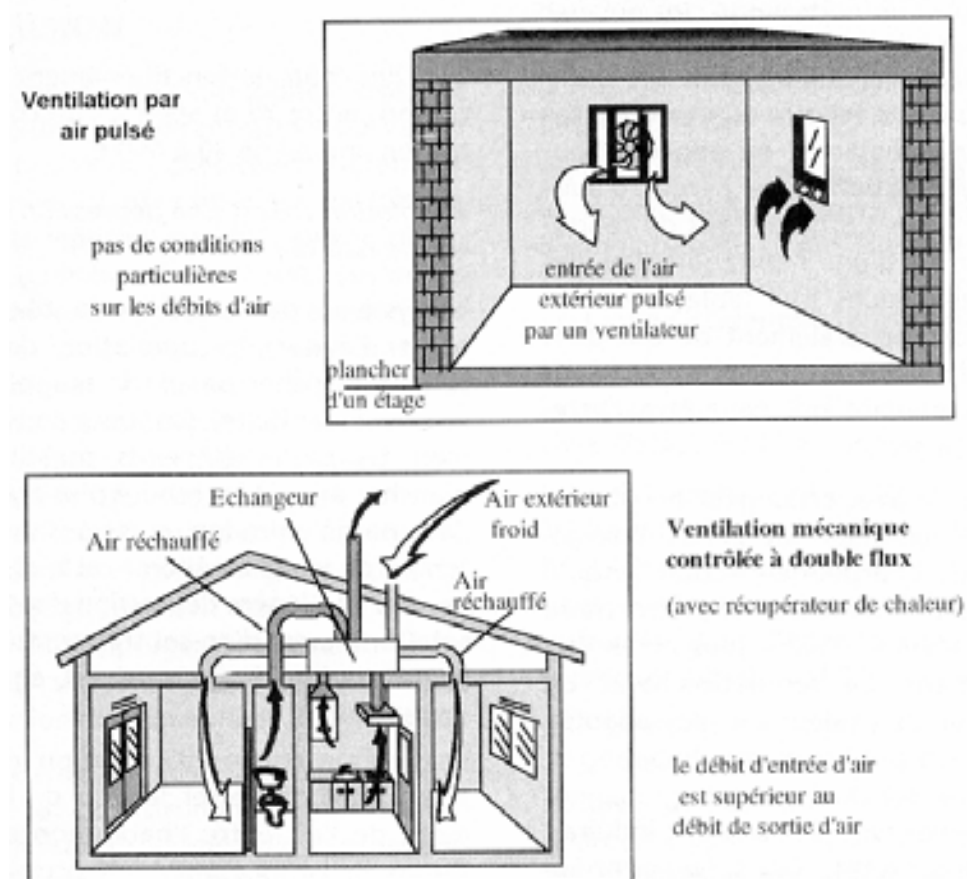
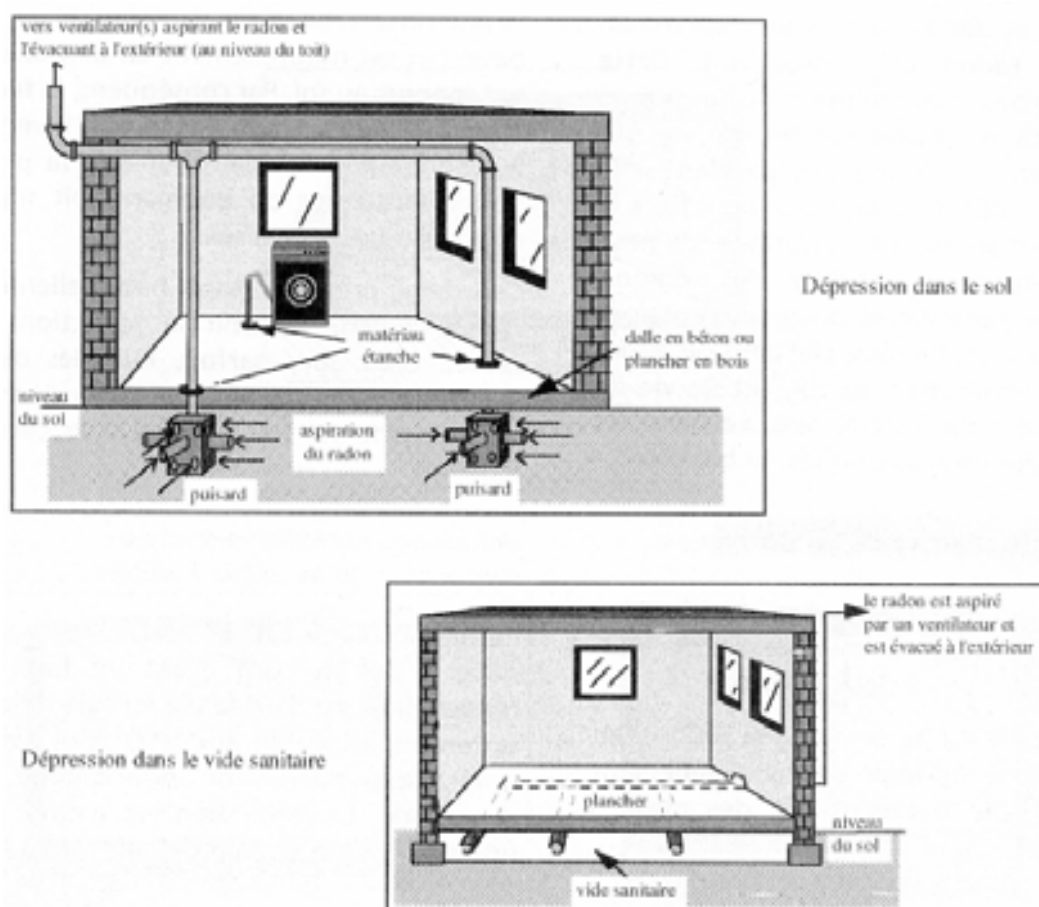


Figure 10 : Techniques actives de réduction du radon / ventilation créant une dépression sous la cellule habitée



2. VENTILATION CREANT UNE DEPRESSION SOUS LA CELLULE HABITEE

Les systèmes de ventilation du sol ont pour objet d'éviter l'accumulation de radon sous le plancher de la maison (dalle, cave, vide sanitaire). Au préalable, on traite d'abord les éléments constituant le plancher afin de les rendre plus étanches à l'air chargé en radon et limiter ainsi la diffusion. Dans un second temps, on va créer une légère dépression dans le sous-sol afin d'inverser le sens de diffusion de l'air entre l'habitation et le sol.

Pour la mise en dépression du sol (cf. figure 11), plusieurs moyens peuvent être envisagés comme la mise en place d'un système de drainage à l'aide de conduites perforées placées sous le bâtiment ou bien par la mise en place de puisards.

Concernant l'efficacité du système de drainage, le terrain en contact avec celui-ci doit présenter une perméabilité suffisante à l'air. Plus le terrain est compact, plus le réseau de drainage doit être dense. A l'inverse, si le terrain est très perméable, il peut être utile de placer une membrane d'étanchéité sous le système de drainage.

Le système de dépressurisation du sol est l'un des plus efficaces, son **coût de fonctionnement** et d'**entretien** est faible (quelques **dizaines d'euros** par an), pour un **coût d'installation** variant entre **1 200 €** et environ **5 000 €**.

L'utilisation d'un système de ventilation mécanique présente le désavantage d'utiliser de l'énergie électrique (*un ventilateur de 30 Watts de puissance continue consomme environ 260 Kilowattheures par an*).

Plusieurs solutions opérationnelles existent pour réduire la concentration en radon d'un bâtiment existant, elles visent à étancher ou à ventiler l'espace intérieur. Selon la complexité des bâtiments (par exemple des bâtiments reposant sur différentes fondations), une combinaison des techniques de réduction du radon est conseillée. Chaque bâtiment est unique et donnera donc lieu à un diagnostic unique. L'objectif premier est de réduire le radon mais il est impossible de le supprimer totalement. La réduction du radon s'inscrit souvent dans le cadre d'une amélioration globale de la qualité de l'air intérieur par un renouvellement plus important de l'atmosphère de l'habitat.

G. LES TECHNIQUES DE REDUCTION DU RADON POUR LES CONSTRUCTIONS NEUVES

L'adaptation des différentes techniques de réduction du radon à une construction neuve présente l'avantage de les intégrer dans la conception du bâtiment, améliorant leur efficacité et leur coût d'installation. Dès la conception du bâtiment, des précautions simples peuvent être prises et des techniques passives mises en œuvre.

Avant même la construction, une étude sur la nature des terrains de fondation peut renseigner sur la potentialité géologique d'exhalation de radon. Des terrains fissurés ou très perméables s'accompagnent généralement de concentrations élevées de radon et à l'inverse, des terrains argileux ou limoneux sont généralement liés à de faibles concentrations.

La pose d'une membrane d'étanchéité sous le radier¹⁶ (avant le bétonnage) est une technique de prévention connue et efficace contre l'humidité mais également contre les infiltrations de gaz, cette technique peut être utilisée comme mesure de protection contre l'infiltration du radon.

Les parties du bâtiment réalisées de manière étanche à l'eau seront également étanches au radon. Les techniques de construction destinées à assurer l'étanchéité à l'eau ne comprennent pas seulement des étanchements de surfaces mais aussi des éléments de construction spéciaux et des dispositions particulières pour les passages de conduite, les joints de dilatation, etc.

Il convient également d'être attentif au choix des matériaux de construction, certains peuvent présenter de faibles concentrations de radium pouvant générer, ensuite, la production de radon. Outre les roches riches en radium (granite, roches volcaniques) utilisés comme matériaux "traditionnels", certains matériaux plus communs contiennent de faibles quantités de radium.

Tableau 6 : Taux d'exhalation de radon de certains matériaux de construction

MATERIAUX	TAUX D'EXHALATION Bq / m ² .h
Grès naturel	1
Porphyre	3,3
Grès calcaire	0,9
Brique	0,2
Béton	1,1
Plâtre naturel	0,2
Plâtre chimique, apatite	0,4
Plâtre chimique, phosphorite	24,1

Source : www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/f/Radonhandbuch-f.pdf

La conception du bâtiment neuf doit pouvoir intégrer la possibilité de mettre en œuvre des techniques "actives", équivalentes aux techniques préconisées pour l'habitat existant. Pour cela, il est conseillé de traiter

le soubassement du bâtiment de façon à ce que le Système de Dépressurisation des Sols (SDS) puisse être mis en place.

Une couche de gravier permet d'assurer un champ de dépression homogène dans le soubassement.

Il faut tout d'abord intégrer une membrane d'étanchéité à l'air dans le dallage, à l'interface entre le sol et le bâtiment. Des réservations sont intégrées au soubassement et bouchées pour une éventuelle utilisation et installation d'un ventilateur d'extraction adapté.

Dans le cas d'un dallage sur terre-plein, il est nécessaire d'intercaler entre le sol et le dallage une couche de gravier permettant d'assurer un champ de dépression homogène dans le soubassement.

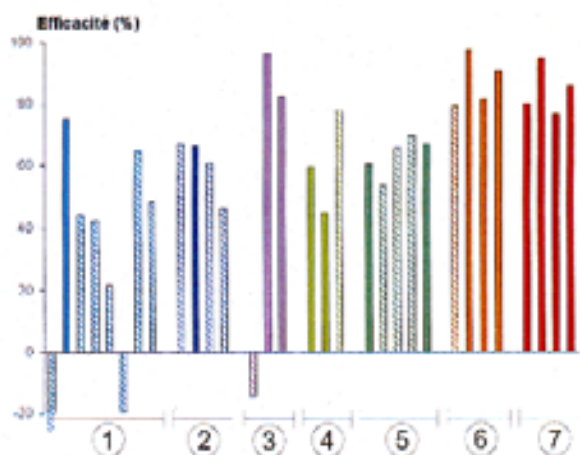
H. EFFICACITE DES SOLUTIONS TECHNIQUES DE REDUCTION DU RADON ¹⁷

Les différentes techniques visant à diminuer sa présence consistent d'une part à diluer la concentration en radon dans le volume habité (aération, ventilation mécanique) et d'autre part à empêcher le radon venant du sol d'y pénétrer (modification des pressions).

Chaque bâtiment est un cas unique, une combinaison des techniques de réduction du radon est parfois conseillée lorsque les bâtiments reposent sur différentes fondations. L'objectif est de réduire le radon mais il est impossible de le supprimer totalement. L'efficacité des solutions mises en œuvre doit être régulièrement vérifiée.

Les retours d'informations concernant les campagnes de mesures dans les établissements recevant du public ont permis au CSTB d'analyser l'efficacité des remédiations et solutions appliquées.

Figure 11 : Efficacité des solutions techniques mises en œuvre



$$\text{Efficacité} = (1 - [C_{\text{final}} / C_{\text{initial}}]) \times 100$$

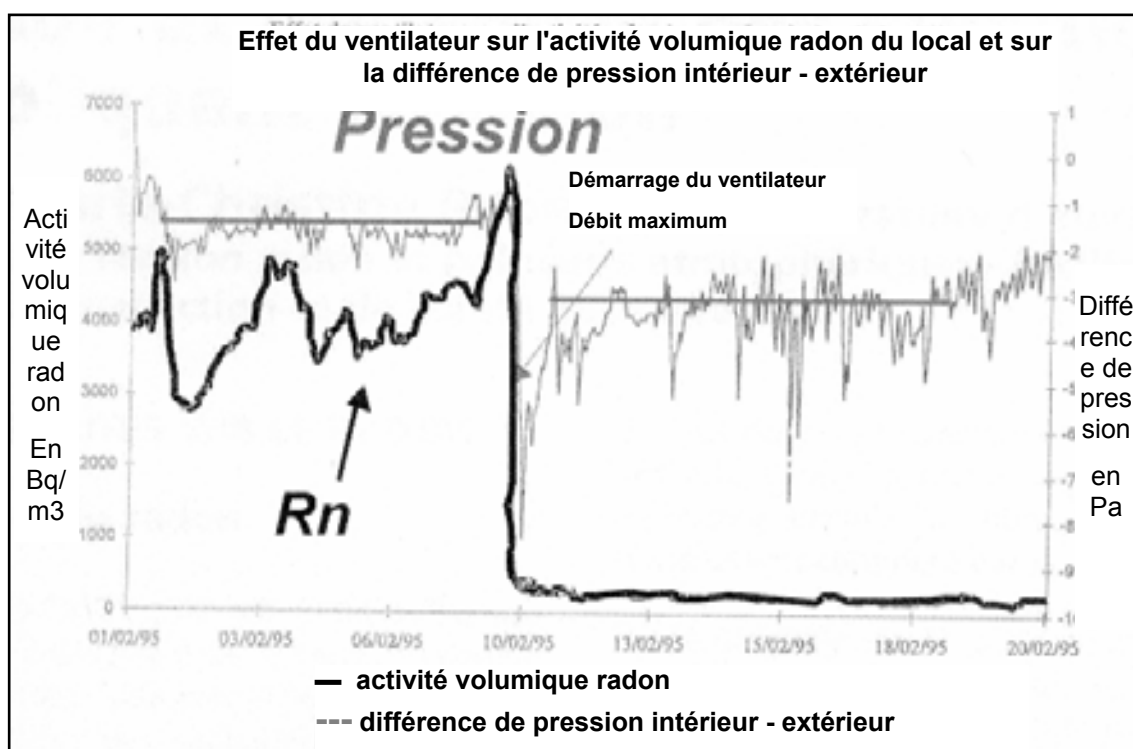
- 1 : Aération naturelle du bâtiment
- 2 : Ventilation mécanique par extraction du bâtiment
- 3 : Ventilation mécanique par insufflation du bâtiment
- 4 : Ventilation naturelle ou mécanique du soubassement
- 5 : Ventilation naturelle du bâtiment et du soubassement
- 6 : Etanchement de l'interface et ventilation du bâtiment
- 7 : Etanchement de l'interface et S.D.S.

Les résultats hachurés correspondent à des cas où la remédiation n'a pas permis de descendre les concentrations au-dessous du seuil de 400 Bq/m^3 . Les efficacités négatives correspondent à des contre performances.

Les solutions les plus efficaces sont les techniques traitant le soubassement et en particulier le **Système de Dépressurisation du Sous-sol (SDS)**, généralement associé à des travaux d'étanchement de l'interface sol / bâtiment.

Parmi les solutions analysées, certaines sont indépendantes du comportement de l'occupant (SDS et ventilation mécanique) et d'autres sont liées au mode de vie des occupants (aération naturelle du bâtiment, ouverture des fenêtres).

Figure 12 : Efficacité d'une mise en dépression sous la cellule habitée par ventilation



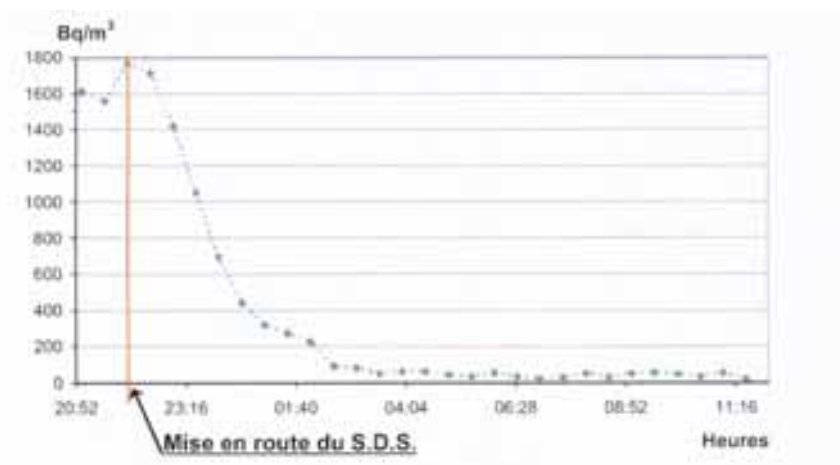
Cette expérience permet de suivre l'évolution de la concentration en radon [Rn] et la différence de pression entre l'air intérieur et l'air extérieur en fonction du temps et du démarrage du ventilateur.

On remarque que sans influence humaine, l'activité volumique de radon n'est pas constante et présente des variations journalières importantes. Le démarrage du ventilateur permet de faire chuter la concentration en radon en créant une dépression sous la cellule habitée.

Le principe est d'extraire mécaniquement de l'air dans le soubassement de manière à générer un champ de pression sous le bâtiment inférieur à celui régnant dans le volume habité. Cette dépression permet d'inverser le sens initial du flux d'air et empêcher, ainsi, l'entrée du radon.

Outre un faible coût de fonctionnement, cette technique offre l'avantage d'être indépendante du comportement des occupants.

Figure 13 : Influence du SDS sur l'activité volumique du radon



Cette technique de dépressurisation des sols s'avère pertinente dans certains cas et inadaptée dans d'autres. En effet, le SDS sera efficace s'il ne requiert pas un débit tel qu'il serait suffisant à réduire la concentration en radon dans le bâtiment par simple ventilation du soubassement.

Avant de mettre en œuvre cette technique, il est indispensable de réaliser des tests de dimensionnement et un diagnostic complet du bâtiment.

Parallèlement à ces études d'efficacité, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a construit en région parisienne une maison expérimentale dans laquelle sont étudiés les traitements relatifs à la qualité de l'air ainsi que les transports de polluants dans un bâtiment.

De plus, un logiciel a été développé pour apprécier l'efficacité des systèmes de réduction du radon. À partir des caractéristiques du bâtiment et de son système de ventilation, le logiciel permet de dimensionner le système d'extraction du soubassement d'un bâtiment. Il a été utilisé pour étudier la faisabilité du principe de mise en dépression des soubassements.

Pour en savoir plus :

- **"Réduire la concentration en radon dans les bâtiments existants"**. Guide de propositions de solutions techniques. Cahiers du CSTB 3143. B.Collignan et J.R Millet.
- **"Réduire la concentration en radon dans les bâtiments neufs"**. Guide de propositions de solutions techniques. Cahiers du CSTB 3144. B.Collignan et J.R Millet.
- **www.cstb.fr**

I. INVENTAIRE DES SOLUTIONS TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE EN BOURGOGNE

1. AU NIVEAU NATIONAL

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire a réalisé en 1998, en partenariat avec le ministère de l'équipement, des transports et du logement, la Fédération française du bâtiment (FFB) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), des fiches techniques reprenant différents travaux et solutions de réduction du radon (disponibles au www.irsnn.fr).

Ces fiches concernent plusieurs États, avec des réglementations différentes sur la gestion du risque lié au radon. Chaque fiche présente le bâtiment, ses caractéristiques, les techniques de réduction utilisées ainsi qu'une discussion autour de l'efficacité de l'installation (concentration du radon avant et après travaux) et de son coût.

Ces études de cas concernent des bâtiments existants, récents ou plus anciens.

2. EN BOURGOGNE

Suite à la première campagne de mesures réalisées dans les Établissements Recevant du Public bourguignons entre 1999 et 2001, des travaux ont été réalisés dans certains bâtiments pour remédier aux concentrations en radon dépassant 400 Bq/m³, voire même 1 000 Bq/m³ dans certaines écoles de Saône et Loire.

Afin de disposer d'une base de donnée régionale sur les travaux réalisés pour limiter l'exposition au radon et de pouvoir exploiter ce recueil de fiches techniques au niveau national, les travaux réalisés en Bourgogne sont inventoriés en fiches similaires à celles de l'IRSN. Six études de cas complètes ont pu être exploitées (aspects techniques et financiers disponibles).

Dans ces travaux, on retrouve différentes techniques de réduction du radon, passives (ventilation / étanchéification) et actives (mise en dépression / surpression, utilisation d'une VMC).

Tendances générales retrouvées :

- 1) Lorsque la concentration de radon est > à 1000 Bq/m³, les techniques simples de ventilation naturelle sont généralement insuffisantes.

➔ Les coûts du perçage et de l'installation de grilles de ventilation varient entre 300 et 500 € selon le nombre et le taux de renouvellement souhaité.

- 2) Les techniques actives de réduction du radon (traitement de l'interface sol-plancher, mise en surpression des locaux ou mise en dépression du sol) prouvent leur efficacité dans les communes de Saône et Loire ayant des concentrations de radon très élevées.

➔ parmi les bâtiments ayant subi des travaux, beaucoup datent du début du siècle, sont fabriqués avec des pierres locales (souvent à tendance granitique) et le sol est posé sur terre-plein.

La mise en dépression du sol (carottage, perçage du carrelage, installation d'un extracteur d'air) a prouvé son efficacité dans des communes où les mesures dépassaient 2 000 Bq/m³. Les coûts varient entre 5 000 et 8 000 € selon l'état initial du bâtiment et du sol.

La mise en surpression des salles par un système de ventilation mécanique comprend l'installation de la VMC, la mise en place d'une batterie de chauffe pour l'air entrant et mise en place de bouches de sorties d'air. Les coûts sont estimés entre 4 000 et 5 000 €.

1. EXEMPLES DE FICHES-TRAVAUX

UNE ÉCOLE MATERNELLE À GRURY (SAÔNE ET LOIRE)

Les caractéristiques du bâtiment :

- **type de bâtiment** : école construite entre 1887 et 1890 sur un sol majoritairement granitique
- des mines d'uranium ont été exploitées par la COGEMA sur la commune (entrées des mines situées à moins d'un kilomètre de l'école)
- **bâtiment** constitué de 2 salles séparées par un préau et situées en RDC surélevé
- la classe maternelle a une surface de 112 m², présence d'un faux-plafond
- **les murs** sont en pierres granitiques, béton et briques doublés de "placostyl" de 60 mm en 1992
- **fenêtres** en bois double-vitrage avec joint d'étanchéité
- **sol** constitué d'une dalle avec incorporation de câbles chauffants électriques, le vide sanitaire d'origine a été comblé avec des gravats de bonne qualité pour poser la dalle avec interposition d'un polyane et d'un isolant, revêtement carrelage
- **ventilation** par 4 bouches d'extraction situées en faux-plafond
- pas d'entrées d'air
- un **extracteur** de 30 m³/h situé dans le préau collecte l'air de la salle et des toilettes



Les techniques de réduction utilisées :

Mise en place de surpression.

L'efficacité de l'installation :

	Activité volumique de radon en Bq / m ³	
	Avant travaux	Après travaux
École maternelle	1 385 (hiver)	124 (printemps, mesure avec un Radhome en continu)
	591 (été) mais non représentative car fenêtres ouvertes	

Coût de l'installation :

1^{ère} phase de travaux – ventilation : **environ 260 €**

2^{ème} phase de travaux – interface sol/plancher : **7329 € HT**

UNE ÉCOLE A ISSY L'ÉVÊQUE (SAÔNE ET LOIRE)

Les caractéristiques du bâtiment :

- **type de bâtiment** : école construite à la fin du 19^{ème} siècle sur un versant sud, le bâtiment est fondé sur un sol granitique
- **bâtiment** rectangulaire disposé sur terre-plein comportant 5 salles de 55 à 60 m² chacune, un préau couvert, des toilettes.
- **salles** possède un faux plafond (hauteur : 3m)
- **les murs** sont constitués de moellons de pierres granitiques locales, ils ne sont pas doublés, les allèges et soubassement de toiture sont en briques
- **fenêtres** en PVC
- **sol des classes** constitué d'un plancher bois, parquet à point de Hongrie, posé sur terre-plein, revêtu de plastique dans la maternelle
- **sol des circulations** est un carrelage
- **bouches d'entrée d'air** dans les menuiseries de la maternelle
- **toilettes** de la maternelle sont équipées de ventilation mécanique



Les techniques de réduction proposées :

➔ ***mise en suppression des salles de classe par un système de ventilation mécanique***

L'efficacité de l'installation :

	Activité volumique en Bq/m ³	
	Avant travaux	Après travaux
École - mairie	1094 (hiver)	37 (printemps)
	544 (été)	
	1253 (hiver)	

Coût de l'installation : 8 600 €

UNE ECOLE PRIMAIRE A ST FIRMIN (SAÔNE ET LOIRE)

Les caractéristiques du bâtiment :

- **type de bâtiment** : école construite en 1881
- **bâtiment** rectangulaire d'une surface de 160 m² comprenant :
 - un sous-sol enterré de 60 m² composé de 2 caves et une chaufferie, le sol d'une des caves et de la chaufferie est en béton, le sol de la 2^{ème} cave est en terre battue
 - un RDC de 160 m² constitué de 2 classes séparées par un hall et une montée d'escalier
 - un étage de 160 m² servant de logement et de garderie
- **les murs** sont constitués majoritairement de pierres granitiques
- **fenêtres** en bois à double vitrage, bon état
- **portes** extérieures en bois avec joints, bonne étanchéité à l'air
- **sol** du RDC constitué d'un dallage sur terre-plein et d'une dalle sur le sous-sol, un plancher de bois a été rajouté sur le sol des classes

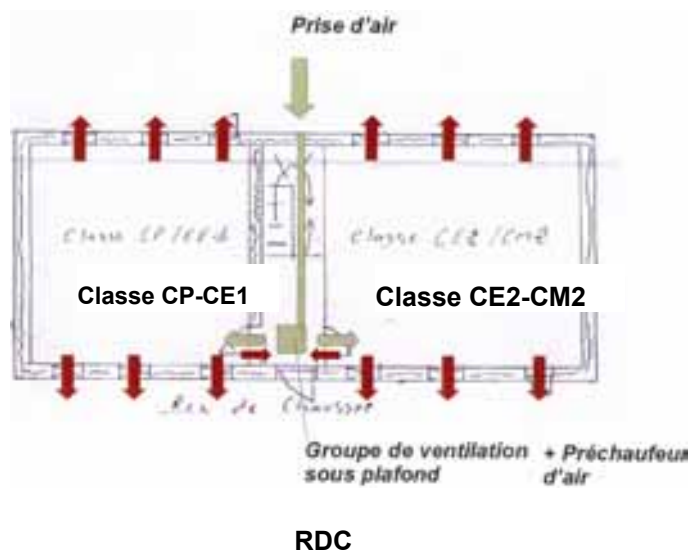


Les techniques de réduction proposées :

Les sols étant en bon état, il est possible de travailler sur la ventilation des locaux :

Ventilation par surpression dans les deux classes

- prise d'air en façade nord du bâtiment
- assurer un renouvellement d'environ un volume par heure
- évacuation de l'air par des bouches situées sur les portes et fenêtres des classes
- dimensionner les bouches d'extraction en fonction du taux de renouvellement souhaité
- prévoir une batterie de préchauffage de l'air



L'efficacité de l'installation :

	Activité volumique en Bq/m ³		
	Avant travaux	Après actions correctrices simples	Après travaux de ventilation
École primaire	1084	476	??

Coût prévisionnel de l'installation : 4603 €

Conclusion : Pas d'information sur la réalisation effective des travaux.

UNE ECOLE MATERNELLE A NEUVY-GRANDCHAMP (SAÔNE ET LOIRE)

Les caractéristiques du bâtiment :

- **type de bâtiment** : école construite en 1961 dans une région majoritairement granitique (Morvan), elle est accolée à un ancien bâtiment de la fin du 19^{ème} siècle
- **bâtiment** rectangulaire d'une surface de 60 m² comprenant une entrée vestiaire et la salle de classe de 45 m², il est fondé sur terre-plein surélevé pour partie et sur une cave servant de chaufferie. Il n'y a pas d'étage.
- **les murs** sont constitués de parpaings de granulats et ciment
- **fenêtres** en bois simple vitrage sans joint côté est, en PVC double-vitrage avec joints d'étanchéité à l'ouest
- **sol** constitué d'un carrelage sur terre-plein et de maçonnerie de pierre locale
- **pas de ventilation**



Les techniques de réduction proposées :

Ventilation par surpression.

L'efficacité de l'installation :

	Activité volumique en Bq/m ³	
	Avant travaux	Après travaux
École maternelle	Mesure Dosimètre : 3668 Mesure avec Radhome : 2944	Mesure Dosimètre : Septembre 2005 Mesure avec Radhome : 192

Coût de l'installation : 6 496 €

UNE ECOLE – MAIRIE A SERRIERES (SAÔNE ET LOIRE)

Les caractéristiques du bâtiment :

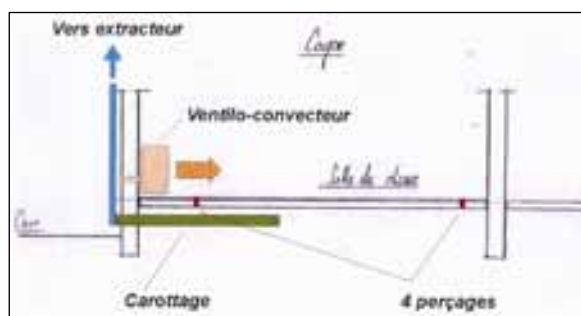
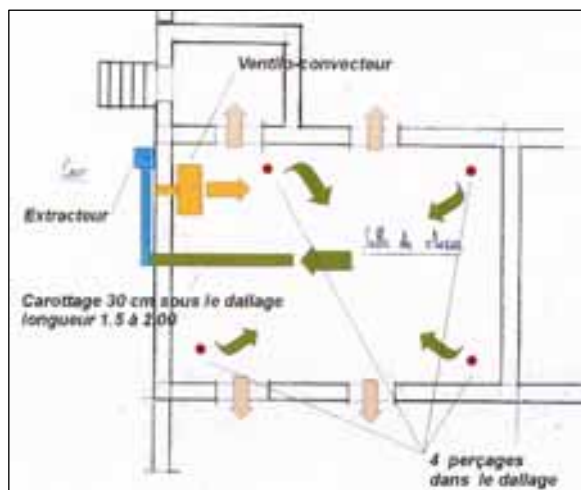
- **type de bâtiment** : école mairie construite dans une pente est-ouest, le bâtiment est construit sur un sol granitique
- **bâtiment** rectangulaire d'une surface de 140 m² comprenant une salle de classe, une salle du conseil et une salle semi-enterrée au RDC. Le secrétariat de mairie et un logement sont à l'étage
- **salle de classe** d'environ 50 m² fondée sur terre-plein surélevé, présence d'un faux-plafond
- **les murs** sont constitués de pierres locales
- **fenêtres** en bois simple vitrage sont munies de joints périphériques, en PVC double-vitrage avec joints d'étanchéité à l'ouest
- **sol** constitué d'un carrelage
- **pas de ventilation**



Les techniques de réduction utilisées :

➔ mise en dépression du sol sous le dallage de la salle de classe :

- réalisation un carottage de diamètre 150 mm sous le dallage de la salle de classe côté cour, de 2 m de profondeur, tubage des éléments
- pose d'une gaine PVC de diamètre 140 mm
- perçage du carrelage dans les angles de la salle de classe
- pose de grilles d'aération sur les bâtis des fenêtres et sur la porte du vestiaire
- mise en place d'un extracteur sous la toiture
- installation d'un ventilo-convecteur avec entrée d'air
- rebouchage des trous du carrelage
- vérification que le ventilo-convecteur installé a bien une prise d'air extérieure, agrandissement du trou de prise d'air



L'efficacité de l'installation :

	Activité volumique en Bq/m ³	
	Avant travaux	Après travaux
École - mairie	2504 (hiver)	45 (printemps)

Coût de l'installation : 5 158 €

J. LES AIDES FINANCIERES

Concernant la gestion du risque lié au radon, certaines aides financières peuvent être accordées pour la réalisation de travaux dans l'habitat. Ces aides ne concernent que l'habitat privé, il n'existe pas de fonds nationaux pour les établissements recevant du public mais ces établissements peuvent être subventionnés pour ces travaux au titre de la Dotation Globale d'Équipement (DGE).

Ces aides peuvent être de plusieurs natures¹⁸ :

1. LA TVA A 5,5 %

Elle s'applique :

- aux travaux d'amélioration, de transformation, d'aménagement et d'entretien réalisés par les artisans et entreprises du bâtiment
- à la totalité de la facture, c'est-à-dire à la main d'œuvre, aux matières premières et fournitures nécessaires à la réalisation des travaux à l'exclusion de certains gros équipements (couverts par un crédit d'impôt) et des équipements ménagers ou mobiliers
- aux diagnostics dès lors qu'ils sont suivis de travaux qui seront réalisés par la même entreprise et qui feront donc l'objet d'une même facture

2. LES AIDES A L'AMELIORATION DE L'HABITAT¹⁹

Sous certaines conditions, l'ANAH subventionne les travaux d'amélioration réalisés dans les logements situés dans des immeubles achevés depuis plus de 15 ans, appartenant soit à des propriétaires privés et mis en location à titre de résidence principale, soit à des propriétaires dont les ressources ne dépassent pas un certain seuil et qui occupent personnellement le logement réhabilité.

➔ LES AIDES DE L'AGENCE NATIONALE POUR L'AMELIORATION DE L'HABITAT (ANAH)

Destinée aux propriétaires bailleurs, cette aide s'applique pour tous travaux d'étanchéification et de ventilation des logements.

Peuvent faire l'objet d'une subvention les travaux destinés à l'amélioration de l'habitat en matière de sécurité, de salubrité ou d'équipement, aux économies d'énergie, à l'isolation acoustique ou à l'accessibilité et l'adaptation aux personnes handicapées physiques et réalisées dans les parties privatives ou communes des immeubles, dans la mesure où ces travaux figurent sur la liste des travaux subventionnables par l'ANAH et répondent aux conditions fixées.

Ces travaux ne peuvent être subventionnés que lorsqu'il est constaté des insuffisances dans l'état du logement ou de l'immeuble :

- soit par absence d'un ou plusieurs éléments d'équipement ;
- soit dans le cas où ces travaux se justifient pour assurer le respect des normes générales relatives à la sécurité, la salubrité et l'équipement ou pour améliorer la qualité du logement ou de l'immeuble.

Sont compris dans ces aides « **les travaux nécessaires pour traiter les bâtiments soumis à la présence de radon (ventilation)** ».

Principales conditions d'accès

- logements locatifs privés de plus de 15 ans
- résidence principale
- engagement de location pendant 10 ans
- pas de condition de ressources
- travaux réalisés par des professionnels

Modalités de financement

- plafond de travaux :
6097,96 € / logement
- taux de subvention :
de 25 à 70 %

Il est **important de ne pas commencer les travaux** avant autorisation, elle-même délivrée suite au dépôt du dossier de demande.

➤ LA PRIME A L'AMELIORATION DE L'HABITAT (PAH)

Destinée aux propriétaires occupants dont les ressources ne dépassent pas le plafond réglementaire, cette aide vise particulièrement les travaux destinés à la mise aux normes des logements, à l'amélioration de leur confort, de leur sécurité, de leur salubrité et de leur équipement.

Les travaux pour réduire le risque radon peuvent éventuellement être subventionnés dans ce cadre.

Principales conditions d'accès

- logement de plus de 20 ans
- résidence principale
- propriétaires disposant de ressources modestes
- travaux réalisés par des professionnels

Modalités de financement

- plafond de travaux :
10 671,43 € / logement
- taux de subvention :
de 20 à 35 % selon les revenus

Il est important de ne pas commencer les travaux avant réception de la décision de financement, ou dans les cas d'urgence, l'autorisation exceptionnelle de commencer les travaux.

➤ OU S'ADRESSER ?

- soit directement à la délégation locale de l'ANAH (Directions Départementales de l'Équipement) dans le département où est situé l'immeuble
- soit à un organisme agréé par l'ANAH dont l'adresse peut être obtenue auprès de chaque délégation locale
- soit consulter le site Internet de l'ANAH
- soit par téléphone au 08 26 80 39 39

➤ LES ENGAGEMENTS OBLIGATOIRES SONT :

- ne pas commencer les travaux avant d'en avoir l'autorisation ;
- faire réaliser les travaux, conformément au projet présenté, par des professionnels du bâtiment et dans le délai de 3 ans suivant la date de la décision de subvention ;
- louer ou occuper, à titre de résidence principale pendant 9 ans minimum ;

- ne pas louer au nu-propriétaire, à l'un des indivisaires ou à l'un des associés d'une Société Civile Immobilière propriétaire ;
- aviser l'ANAH, par écrit, de toute modification concernant soit la propriété soit les conditions d'occupation du ou des logements subventionnés.

➔ PLAFONDS DES DEPENSES SUBVENTIONNABLES

Pour les propriétaires bailleurs

Les plafonds de dépenses subventionnables sont fixés en fonction du nombre et de la surface de logements subventionnables appartenant au propriétaire et concernés par les travaux.

Pour les parties privatives

$(3\,200\text{ €} \times \text{nombre de logements}) + (210\text{ €} \times \text{surface habitable cumulée des logements subventionnables, dans la limite de } 150\text{ m}^2 \text{ par logement}) \times i$ (= indice géographique destiné à prendre en compte la différence de coût des travaux selon les situations géographiques)

Pour les parties communes

$(150\text{ €} \times \text{surface habitable cumulée des logements subventionnables, dans la limite de } 150\text{ m}^2 \text{ par logement}) \times i$

Pour les propriétaires occupants

Les plafonds de dépenses subventionnables sont forfaitaires.

K. REPERTOIRE DES PARTENAIRES A ASSOCIER EN CAS DE PROBLEMES LIES AU RADON

1. LA MESURE DU RADON

L'agrément des organismes (*arrêté du 13 décembre 2005*) chargés de réaliser les mesures de radon comporte deux niveaux :

- **Le niveau 1** est exigé pour effectuer des mesures de radon en vue d'un dépistage ou d'un contrôle pour vérifier les niveaux d'activité en radon.
- **Le niveau 2** est exigé pour effectuer les mesures de radon nécessaires pour identifier la source, les voies d'entrée et de transfert du radon dans le bâtiment

Les organismes agréés figurent en annexe.

Il est aussi possible de faire appel à l'**IRSN : Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire**, Direction de l'Environnement et de l'Intervention, Service d'Intervention et d'Assistance en Radioprotection, BP 166 26702 PIERRELATTE CEDEX

Contact : Véronique Labeled, tel : 04 75 50 47 40 – E-mail : veronique.labeled@irsn.fr Site web : www.irsn.fr

2. LISTE DES FOURNISSEURS DE DOSIMETRES

DOSIRAD Villa Parc, Le Chêne Rue Lech Walesa 77 185 LOGNES Tél 01 60 17 91 08 Fax 01 60 17 91 96

ALGADE : 1, Avenue du BRUGEAUD BP 46 87250 BESSINES/GARTEMPE - Tél : 05 55 60 50 00 FAX : 05 55 60 50 59 PRYSM Laboratoire Algade

TECHNOPOLE LE POLYGONE 46, rue de la Robotique 42000 ST ETIENNE Tél : 04 77 79 52 80

SAPHYMO : 5 rue du Théâtre 91 884 MASSY cedex Tél : 01 69 53 73 00 FAX : 01 69 53 73 01

SOCOTEC Groupe agence Alpes Annecy-Bourgoin-Chambéry-Grenoble-Valence Z.A. du Rondeau 1, rue du Docteur-Pascal B.P. 289 38 434 ÉCHIROLLES Cedex Tél : 04 76 22 34 45 FAX : 04 76 09 09 50

3. ADRESSES UTILES EN FRANCE

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement - DGUHC
Arche de la Défense - Paroi Sud 92055 PARIS La Défense Cedex 04

Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH)
12, rue Collégiale. 75005 PARIS 01 44 08 74 20

Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'ouest (ACRO)
18 rue Savorgnan de Brazza 14000 CAEN 02 31 73 79 17

Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA)
Route du Panorama Roberts Schuman, BP 38, 92 266 FONTENAY AUX ROSES 01 41 17 82 41

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)
- 4, avenue du Recteur Poincaré. 75782 PARIS Cedex 16 01 40 50 28 28
- 84 avenue Jean Jaurès. Champs sur Marne. BP 02. 77421 MARNE LA VALLEE Cedex 2 01 64 68 82 82

Fédération Française du Bâtiment (FFB)
33, avenue Kléber 75784 PARIS Cedex 16 01 40 69 51 00

Commission de Recherche et d'Information Indépendante sur la Radioactivité (CRII-RAD)
"Le Cime" 471, avenue Victor Hugo. 26000 VALENCE 04 75 40 95 05

Centre des Faibles Radioactivités
1, avenue de la Terrasse 91198 GIF sur YVETTE Cedex 01 69 08 77 24

Groupeement de Scientifiques pour l'Information sur l'Énergie Nucléaire (GSIEN)
2, rue François Villon. 91400 ORSAY

Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI)
BP 35; 78116 LE VESINET Cedex 01 30 15 32 00

4. ADRESSES UTILES EN BOURGOGNE

Direction Régionale de l'Équipement (DRE)
57 rue de Mulhouse 21033 DIJON Cedex 03 80 39 44 86

Cellule Interrégionale d'Épidémiologie (CIRE) Centre Est
DRASS Bourgogne, 10 rue Jean Renoir 21000 DIJON
03 80 50 00 87 www.cire.dijon@fr.oleane.com

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bourgogne (DRASS)
Service Santé – Environnement 11 rue de l'Hôpital 21035 DIJON Cedex
03 80 44 30 00 dr21-sante-environnement@sante.gouv.fr

Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS)

Directions Départementales de l'Équipement

⇒ Côte d'Or

DDASS 21

Service Santé - Environnement
16-18 rue Nodot 21000 DIJON
03 80 40 21 21
dd21-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 21

57 rue de Mulhouse
21033 DIJON Cedex
03 80 29 44 44

⇒ Nièvre

DDASS 58

Service Santé - Environnement
11 rue Pierre Émile Gaspard 58000 NEVERS
03 86 60 52 21
dd58-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 58

2 rue de Pâtis BP 69
58020 NEVERS Cedex
03 86 71 71 71

⇒ Saône et Loire

DDASS 71

Service Santé - Environnement
173 bd Henri Dunant - BP 202 71020 MACON Cedex
03 85 21 67 29
dd71-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 71

37 bd Henri Dunant BP 4029
71040 MACON
03 85 21 28 00

⇒ Yonne

DDASS 89

Service Santé - Environnement
25 avenue Pasteur - BP 49 89011 AUXERRE Cedex
03 86 51 80 00
dd89-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 89

3 rue Monge BP 79
89011 AUXERRE Cedex
03 86 48 41 00

CHAP VI. UNE NOUVELLE CAMPAGNE DE MESURE EN ZONE HETEROGENE EN 2005-2006

Les départements de l'Yonne et de la Côte d'Or ne figurent pas à ce jour, parmi les départements prioritaires (mentionnés en annexe de l'arrêté du 22 juillet 2004) dans lesquels les propriétaires de lieux ouverts au public doivent faire procéder à des mesures de radon. Cependant, à la suite de l'étude géologique régionale, le comité de pilotage régional a souhaité réaliser des mesures dans certaines communes de ces départements situées en zone hétérogène pour mieux évaluer le risque sanitaire.

La campagne concerne un échantillon de **100 établissements d'enseignement public**. Les Maires des municipalités concernées ont été informés en novembre – décembre 2005.

Calendrier et réalisation

Les mesures ont été confiées à un organisme agréé dans les conditions fixées par l'article R. 1333-15 du code de la santé publique (CETE APAVE sudeurope). Les résultats de la campagne ont été rendus en septembre 2006, avec un document de synthèse présentant l'ensemble des résultats. Pour chaque mesure, un rapport a été transmis au propriétaire du bâtiment conformément aux dispositions prévues par la réglementation.

Une valeur très élevée retrouvée dans une école primaire de l'Yonne (Chichée) a fait l'objet d'un rapport de vérification retrouvant des mesures conformes à la réglementation rendu en novembre 2006.

1. REALISATION DE LA CAMPAGNE

L'étude des concentrations en radon a porté sur **100 écoles primaires des départements de la Côte d'Or et de l'Yonne**.

Les dépistages ont débuté au mois de décembre 2005 jusqu'au 10 avril 2006.

L'étude a été effectuée conformément à l'arrêté du 22 juillet 2004 (relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public). Les mesures ont été réalisées conformément aux normes AFNOR NFM 60-771 (définissant la méthodologie de contrôle à appliquer pour la mesure du radon dans les bâtiments) et la norme AFNOR NFM 60-766 (définissant le principe de la mesure intégrée du radon).

LES ETAPES DU DEPISTAGE

La première étape pour effectuer le diagnostic a été d'analyser les plans de masse des différents établissements et, de définir après étude les différentes zones homogènes.

Définition d'une zone homogène : Zone dont les caractéristiques (murs, sol, sous-sol, fondations, température etc...) vis à vis de la pénétration du radon et de sa répartition dans la zone sont identiques ou très voisines.

Les zones homogènes sont définies sur la base des critères suivants :

- Même type d'interface avec le sol (terre-plein, vide sanitaire etc...),
- Même régime de ventilation (ventilation naturelle, mécanique ou absence de ventilation etc...),
- Même niveau de température.

Une fois les zones homogènes définies, le choix de l'implantation des appareils de mesure peut être effectué tout en respectant les règles des normes.

A savoir :

- Les périodes de mesures imposées entre le 15 septembre de l'année « n » et le 30 avril de l'année « n + 1 »,
- La méthode de mesure doit être une mesure intégrée (valeur moyenne) réalisée sur 2 mois minimum. Pour information les mesures ont été réalisées par dosimètre DSTN (Détecteur solide de

trace nucléaire type DPR2) – (Dosimètre passif Radon pour mesure intégrée) fourni par le laboratoire ALGADE,

- Il faut prévoir un dosimètre pour une surface de 200 m² et au moins un dosimètre par zone homogène et poser au minimum deux dosimètres par bâtiment,
- La période ou le nombre de jours consécutifs d'inoccupation des locaux n'excède pas 20 % de la période de mesure retenue,
- Les mesures ne doivent être réalisées que dans les locaux occupés plus d'une heure par jour,
- Le diagnostic doit être réalisé au niveau le plus bas occupé.

Les dosimètres ont été posés à une hauteur d'environ 1,5 m à l'opposé des fenêtres, et des sources de chaleur et principalement installés dans les salles de classes.

2. BILAN DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Sur cent écoles diagnostiquées, cinq sites ont eu un dépassement de seuil.

Les écoles primaires concernées sont situées dans la Commune de Genay et de Rougemont (Côte d'Or) et à Chichée, Cravant et Pacy Sur Armançon (Yonne).

Les valeurs moyennes des concentrations en radon étant de :

- 434 Bq/m³ pour l'école primaire de Genay,
- 486 Bq/ m³ pour l'école primaire de Rougemont,
- 526,5 Bq/m³ pour l'école primaire de Pacy Sur Armançon,
- 532 Bq/m³ pour l'école primaire de Cravant,
- 1887 Bq/m³ pour l'école primaire de Chichée. Après contrôle, le rapport de vérification retrouve une valeur de 91 Bq/m³.

Pour les établissements dont le seuil est compris entre 400 et 1000 Bq/m³, des actions correctives simples doivent être mises en œuvre afin de réduire la concentration (réaliser des étanchements pour limiter les entrées en radon, vérifier l'état des ventilations, améliorer ou rétablir l'aération naturelle du soubassement, assurer une ouverture régulière des fenêtres).

Tableau 7 : Bilan des concentrations en radon dans 100 écoles en zone hétérogène

N°	Dep.	Commune	Bâtiment	Zones	Concentration en radon Bq/m ³
1	21	BAIGNEUX LES JUIFS	Ecole primaire publique « Les Capucines » - Impasse des Tilleuls – 21450 BAIGNEUX LES JUIFS	Zone 1 Zone 2 Zone 3	202 194 76
2	21	BELAN SUR OURCE	Ecole primaire publique R.P.I. – Place d'Armes 21570 BELAN SUR OURCE	Zone 1	365
3	21	BEZE	Ecole primaire publique – Rue de l'Enclôître 21310 BEZE	Zone 1	16
4	21	CHEVIGNY EN VALIERE	Ecole maternelle publique R.P.I. – Place Salomon 21200 CHEVIGNY EN VALIERE	Zone 1 Zone 2 Zone 3	40 52 64
5	21	CORBERON	Ecole primaire publique R.P.I. – 5, Grande Rue 21250 CORBERON	Zone 1	80
6	21	CORCELLES LES ARTS	Ecole primaire publique R.P.I. – Rue de la Garenne 21190 CORCELLES LES ARTS	Zone 1 Zone 2	< 28 27
7	21	CLAMEREY	Ecole primaire publique R.P.I. 21390 CLAMEREY	Zone 1	< 52
8	21	CORPEAU	Ecole primaire publique La Perrière – Rue Truchot 21190 CORPEAU	Zone 1 Zone 2	32 < 28
9	21	COULMIER LE SEC	Ecole primaire publique R.P.I. – Rue Croix 21400 COULMIER LE SEC	Zone 1 Zone 2 Zone 3	253 294 318
10	21	EBATY	Ecole primaire publique R.P.I. 21190 EBATY	Zone 1	49,5
11	21	GENAY	Ecole primaire publique – Rue d'Armançon 21140 GENAY	Zone 1	434
12	21	GRANCEY LE CHATEAU NEUVELLE	Ecole primaire publique R.P.I. – Place des Halles 21580 GRANCEY LE CHATEAU	Zone 1	27
13	21	HEUILLEY SUR SAONE	Ecole primaire publique R.P.I. – 1, rue de la Mairie 21270 HEUILLEY SUR SAONE	Zone 1	102
14	21	IS SUR TILLE	Ecole primaire publique – 3, rue Anatole France 21120 IS SUR TILLE	Zone 1 Zone 2 Zone 3	< 20 < 16 25
15	21	LAMARGELLE	Ecole primaire publique R.P.I. – Rue des Tisserands 21440 LAMARGELLE	Zone 1	58,5
16	21	MAREY SUR TILLE	Ecole primaire publique R.P.I. – Rue de Varoux 21120 MAREY SUR TILLE	Zone 1 Zone 2	281 225

17	21	MERCEUIL	Ecole primaire publique R.P.I. – Rue du Bourg 21190 MERCEUIL	Zone 1 Zone 2	393 26
18	21	MESSIGNY & VENTOUX	Ecole primaire publique R.P.I. – 6, rue des Ecoles 21380 MESSIGNY & VENTOUX	Bât. Bas Zone 1 Bât. Bas Zone 2 Bât. Haut Zone 1 Bât. Haut Zone 2	26 < 31 87 99
19	21	MEURSAULT	Ecole primaire publique - La Goutte d'Or – Rue des Ecoles 21190 MEURSAULT	Zone 1	30
20	21	MINOT	Ecole primaire publique R.P.I. – Grande Rue 21510 MINOT	Zone 1	45
21	21	NUITS SAINT GEORGES	Ecole primaire publique Henri Challand – 33, rue Thurot 21700 NUIITS SAINT GEORGES	Zone 1(sous-sol) Zone 2 (RdC)	266 < 29
22	21	PONTAILLER SUR SAONE	Ecole primaire publique R.P.I. – 2, place du Château 21270 PONTAILLER SUR SAONE	Zone 1 Zone 2	< 31 85
23	21	PULIGNY MONTRACHET	Ecole primaire publique R.P.I. – 7, rue du Meix Pelletier 21190 PULIGNY MONTRACHET	Zone 1	88
24	21	RECEY SUR OURCE	Ecole primaire publique – Place de l'Hôtel de Ville 21290 RECEY SUR OURCE	Zone 1 Zone 2 Zone 3	304 35 < 31
25	21	ROUGEMONT	Ecole primaire publique – Rue des Fosses 21500 ROUGEMONT	Zone 1	486
26	21	SAULON LA CHAPELLE	Ecole primaire publique R.P.I. – 1 Grande Rue 21910 SAULON LA CHAPELLE	Zone 1 (RdC) Zone 2 (1 ^{er} étage)	< 29 < 29
27	21	SENAILLY	Ecole primaire publique R.P.I. 21500 SENAILLY	Zone 1 Zone 2	19 25
28	21	SAINT JULIEN	Ecole primaire publique – Rue du Moulin 21490 SAINT JULIEN	Zone 1 Zone 2	< 20 < 20
29	21	SAINTE SABINE	Ecole primaire publique 21320 SAINTE SABINE	Zone 1	< 29
30	21	TAILLY	Ecole primaire publique R.P.I. 21190 TAILLY	Zone 1	< 29
31	21	VANVEY	Ecole primaire publique R.P.I. 21400 VANVEY	Zone 1	100
32	21	VISERNY	Ecole primaire publique R.P.I. 21500 VISERNY	Zone 1	38
33	89	AISSY SUR ARMANCON	Ecole primaire publique - 1, rue Guy Marchi 89390 AISSY SUR ARMANCON	Zone 1	< 32

34	89	ANCY LE FRANC	Ecole primaire publique – Grande Rue. 89160 ANCY LE FRANC	Zone 1 & 2 (bât. Principal) Zone 1 (bât. Annexe)	< 34 < 34
35	89	ANNAY LA COTE	Ecole primaire publique – 14, rue Saint Marcel. 89200 ANNAY LA COTE	Zone 1	< 32
36	89	ANNAY SUR SEREIN	Ecole primaire publique – 2, Grande Rue. 89310 ANNAY SUR SEREIN	Zone 1	24
37	89	APPOIGNY	Ecole primaire publique – Docteur Chavance – 2, chemin des Courtis. 89380 APPOIGNY	Zone 1 Zone 2	< 31 < 31
38	89	ARCY SUR CURE	Ecole primaire publique – Rue du Château. 89270 ARCY SUR CURE	Zone 1 Zone 2	201 < 32
39	89	AUXERRE	Ecole primaire publique – Les Piedalloues – Rue d'Alsace. 89000 AUXERRE	Zone 1 Zone 2 Zone 3 Zone 4	< 28 < 28 < 28 < 28
40	89	BASSOU	Ecole primaire publique – 8 bis rue du Pont. 89400 BASSOU	Zone 1 Zone 2	30 35
41	89	BAZARNES	Ecole primaire publique – 10, rue de Vézelay Cidex 817 89460 BAZARNES	Zone 1	56
42	89	BLANNAY	Ecole primaire publique – 15, rue Haute 89200 BLANNAY	Zone 1	< 31
43	89	BONNARD	Ecole primaire publique – 39, rue de la Gare 89400 BONNARD	Zones 1 & 2	< 32
44	89	BRIENON SUR ARMANCON	Ecole primaire publique – A. Gibault – 22, boulevard de Lattre de Tassigny – 89210 BRIENON SUR ARMANCON	Bât. 1 Zone 1 Bât. 1 Zone 2 Bât. 2 Zone 1 Bât. 2 Zone 2 Bât. 3	18 33,5 < 33 < 32 33
45	89	BUTTEAUX	Ecole primaire publique – 14, rue Fausse Billon 89360 BUTTEAUX	Zone 1	36
46	89	CEZY	Ecole primaire publique – 1, place du Général de Gaulle 89410 CEZY	Zone 1	51,5
47	89	CHABLIS	Ecole primaire publique – Ferrières – Rue des Picards 89800 CHABLIS	Zone 1 Zone 2 Zone 3 Zone 4	< 31 23 < 31 92

48	89	CHAMPLAY	Ecole primaire publique – 27, Grande Rue 89300 CHAMPLAY	Zone 1	35,5
49	89	CHAMPS SUR YONNE	Ecole primaire publique – 33, Grande Rue 89290 CHAMPS SUR YONNE	Zone 1 Zone 2	33 56
50	89	CHATEL CENSOIR	Ecole primaire publique – 36, rue Cotteau 89660 CHATEL CENSOIR	Bât. Principal Zone 1 Bât. Principal Zone 2 Bât préfabriqué	38 28 < 31
51	89	CHAUMONT	Ecole primaire publique – P. Bert – Place du Château 89340 CHAUMONT	Zone 1	< 32
52	89	CHEMILLY SUR YONNE	Ecole primaire publique – 14, rue Colette 89250 CHEMILLY SUR YONNE	Zone 1	98
53	89	CHEU	Ecole primaire publique – 2, place de la Mairie 89600 CHEU	Zone 1	41.5
54	89	CHICHEE	Ecole primaire publique – 7, place de la Mairie 89800 CHICHEE	Zone 1	91
55	89	COULANGES SUR YONNE	Ecole primaire publique – Rue des Grands Vergers 89480 COULANGES SUR YONNE	Zone 1	< 31
56	89	COURLON SUR YONNE	Ecole primaire publique – Francis Ponge – Place de la Mairie 89140 COURLON SUR YONNE	Zone 1 Zone 2	58 37
57	89	CRAVANT	Ecole primaire publique – 9, rue d'Orléans 89460 CRAVANT	Zone 1 (RdC) Zone 2 (RdC) Zone 3 (RdC) Zone 1 (1 ^{er} étage)	532 183 51 81
58	89	CRY	Ecole primaire publique – 11, Grande Rue 89390 CRY	Zone 1	115
59	89	DRUYES LES BELLES FONTAINES	Ecole primaire publique – 2, place du 8 mai 89560 DRUYES LES BELLES FONTAINES	Zone 1	< 33
60	89	ESNON	Ecole primaire publique – 14, Grande Rue 89210 ESNON	Zone 1	< 32
61	89	ETIGNY	Ecole primaire publique – 5 B Rue de l'Eglise 89510 ETIGNY	Zones 1 & 2	< 31

62	89	EVRY	Ecole primaire publique – 9, rue de l'Eglise 89140 EVRY	Zone 1	< 32
63	89	FLOGNY LA CHAPELLE	Ecole primaire publique – Rue des Groseillers 89360 FLOGNY LA CHAPELLE	Zone 1 Zone 2	33 33
64	89	GERMIGNY	Ecole primaire publique - 6, route de Tonnerre 89600 GERMIGNY	Zone 1	94
65	89	GUILLON	Ecole primaire publique 1, rue de la Brèche 89420 GUILLON	Zone 1 (RdC) Zone 1 (étage)	21 48
66	89	JOIGNY	Ecole primaire publique – Saint Exupéry – 10, avenue Rhin & Danube 89300 JOIGNY	Zone 1 (sous-sol) Zone 2 (sous-sol) Zone 1 (RdC) Zone 2 (RdC) Zone 3 & 4 (RdC)	< 32 < 32 < 32 < 32 < 32
67	89	LIGNY LE CHATEL	Ecole primaire publique – 10, rue Guy Dupas 89144 LIGNY LE CHATEL	Zone 1 Bât. Neuf Zone 1 Bât. Ancien	< 30 86
68	89	MAILLY LA VILLE	Ecole primaire publique intercommunale – Rue de la Gare 89270 MAILLY LA VILLE	Zone 1 Zone 2	77 29
69	89	MASSANGIS	Ecole primaire publique – Groupe Scolaire Leue 89440 MASSANGIS	Zone 1, 1 & 3	< 30
70	89	MICHERY	Ecole maternelle publique – 10, rue Charles de Gaulle 89140 MICHERY	Zone 1 Zone 2 Zone 3	41 58 34
71	89	MIGENNES	Ecole primaire publique – Marcel Pagnol – Rue Rabelais 89400 MIGENNES	Zone 1 Zone 2	59 < 32
72	89	MONETEAU	Ecole primaire publique – Sougères - Rue des Marronniers 89470 MONETEAU	Zone 1 Zone 2	40 < 30
73	89	MONT SAINT SULPICE	Ecole primaire publique – Place de la Mairie 89250 MONT SAINT SULPICE	Zone 1 & 2	< 32
74	89	MONTREAL	Ecole primaire publique – 41, Grande Rue 89420 MONTREAL	Zone 1	28
75	89	NOYERS	Ecole primaire publique – 23, rue de l'Eglise 89310 NOYERS	Zone 1	245

76	89	NUITS	Ecole primaire publique – 3, rue des Ecoles 89390 NUIITS	Zone 1	< 33
77	89	ORMOY	Ecole primaire publique – 6, rue du Commandant Charpy 89400 ORMOY	Zone 1	< 32
78	89	PACY SUR ARMANCON	Ecole primaire publique – 25, Grande Rue 89160 PACY SUR ARMANCON	Zone 1	526,5
79	89	PARON	Ecole primaire publique – Paul Bert – 63, rue P. Bert 89100 PARON	Zone 1, 1 & 3	< 31
80	89	PERCEY	Ecole primaire publique – 15, rue Albert Joly 89360 PERCEY	Zone 1	24
81	89	RAVIERES	Ecole primaire publique – Les Marronniers 2 – Avenue J. Lombard 89390 RAVIERES	Zone 1	55
82	89	ROUSSON	Ecole maternelle publique – Rue du Moulin 89500 ROUSSON	Zones 1, 2, 3 & 4	< 31
83	89	SEIGNELAY	Ecole primaire publique – 27 & 29 Rue Gatelot 89250 SEIGNELAY	Zone 1 Bât. 1 Zone 1 Bât. 2 Ecole Maternelle	80 153 < 31
84	89	SENS	Ecole primaire publique – A. Briand – Rue Ch. Guérin 89100 SENS	Zones 1, 2 & 3	< 31
85	89	SAINT BRIS LE VINEUX	Ecole primaire publique – 1, rue de l'Eglise 89530 SAINT BRIS LE VINEUX	Zone 1 Zone 2 Zone 3	< 30 < 30 < 30
86	89	SAINT DENIS	Ecole primaire publique – 1, rue A. Garnier 89100 SAINT DENIS	Zone 1	45
87	89	SAINT FLORENTIN	Ecole primaire publique – Pommier Janson – Rue Just Meissonnase 89600 SAINT FLORENTIN	Zone 1 Zone 2 Zone 1 (1 ^{er} étage)	< 34 22 < 34
88	89	SAINT JULIEN DU SAULT	Ecole primaire publique – 1, avenue Wilson 89330 SAINT JULIEN DU SAULT	Zone 1 Zone 2	< 31 222
89	89	SAINT MARTIN DU TERTRE	Ecole primaire publique – J. Ferry – Rue de la Pointe de l'Aiguillon 89100 SAINT MARTIN DU TERTRE	Zone 1 Zone 2 Zone 3	56 < 34 64
90	89	TANLAY	Ecole primaire publique – Place du Général de Gaulle 89430 TANLAY	Zones 1, 2 & 3	< 33

91	89	TONNERRE	Ecole primaire publique – Les Lices – 45,rue des Lices 89700 TONNERRE	Zone 1 (RdC) Zone 2 (RdC) Zone 3 (RdC) Zone 1 & 2 (1 ^{er} étage)	24 47 137 < 33
92	89	TRONCHOY	Ecole primaire publique – Grande Rue 89700 TRONCHOY	Zone 1	375,5
93	89	VAULT DE LUGNY	Ecole primaire publique – 6, Grande Rue Vermoiron 89200 VAULT DE LUGNY	Zone 1 Zone 2	100 103
94	89	VENOUSE	Ecole primaire publique – 9, rue de la Mairie Cidex 212 89230 VENOUSE	Zone 1	< 31
95	89	VEZELAY	Ecole primaire publique – Rue des Ecoles 89450 VEZELAY	Zone 1	< 32
96	89	VILLEMANOCHE	Ecole primaire publique – 17, Grande Rue 89140 VILLEMANOCHE	Zone 1	< 32
97	89	VILLENEUVE LA GUYARD	Ecole primaire publique – JB Chauveau – 19 Fg de Paris 89340 VILLENEUVE LA GUYARD	Zone 1 (sous-sol) Zone 1 (RdC) Zone 2 (RdC)	< 32 31 288
98	89	VILLENEUVE SUR YONNE	Ecole primaire publique Joubert – 2, rue de la Commanderie 89500 VILLENEUVE SUR YONNE	Zone 1 Zones 2 & 3	50 < 31
99	89	VINCELOTES	Ecole primaire publique – 28, rue Saint Martin 89290 VINCELOTES	Zone 1 (RdC) Zone 1 (1 ^{er} étage)	20 < 29
100	89	VOUTENAY SUR CURE	Ecole primaire publique – 30, route Nationale 89270 VOUTENAY SUR CURE	Zone 1	< 32

A. ÉTAT DES LIEUX DE LA COMMUNICATION "RADON" EN BOURGOGNE

A ce jour, les informations sur le radon communiquées à la population bourguignonne l'ont été :

- par des notes techniques adressées aux directeurs d'établissements et aux maires intégrées dans les circulaires ministérielles lors de la première campagne de mesures de radon dans les ERP 1999 – 2001,
- par les personnels de la Protection Civile avant 1991 puis des DDASS lors de la pose des dosimètres de la campagne de mesures dans l'habitat privé de l'IRSN entre 1984 et 1998,
- par la diffusion restreinte d'une plaquette **"Le radon dans les habitations du Morvan"** réalisée par la Cellule d'Application en Écologie. Cet outil concerne une campagne de mesures supplémentaires dans le massif granitique du Morvan, réalisée par ce même bureau d'étude, à la demande des DDASS et de la DRASS Bourgogne en 1999,
- par plusieurs articles de presse parus depuis 2000 dans le *Bien Public*, le *Journal de Saône et Loire* et l'*Yonne Républicaine* évoquant pour la plupart la campagne de mesures dans les ERP et certaines mesures très élevées au regard de la législation.



Concernant la plaquette sur les habitations du Morvan, sa diffusion était prévue au niveau des communes du parc naturel régional du Morvan lors de la campagne de mesures supplémentaire mise en place par la DRASS en 1999. Elle a fait l'objet d'un dépôt au siège du PNR Morvan pour être à disposition du public.

Cependant, sa diffusion fut limitée par la Préfecture de la Nièvre, considérant que le message était trop "direct", l'utilisation du mot "cancérigène" pouvant être facteur d'appréhension pour la population.



Cette brochure émanant de plusieurs ministères est la plus utilisée pour communiquer sur le radon au niveau national, elle fournit une présentation de la problématique radon et ses enjeux, notamment en terme d'impact sanitaire et de solutions techniques dans l'habitat.

Cependant, relativement ancienne, elle ne tient pas compte de la législation concernant l'obligation de réaliser des mesures dans les établissements publics car elle est antérieure à la réglementation.

B. LA CAMPAGNE DE COMMUNICATION RÉGIONALE 2005-2006

Le comité de pilotage a prévu une stratégie de communication ciblée sur le radon en direction de différents publics pour 2005-2006.

1. LES DESTINATAIRES

Parmi les publics, sont concernés :

- **le grand public** : habitants résidant dans des communes où il y a un risque lié à la présence de radon dans l'habitat (au nombre de 385 en Bourgogne), comme défini par la cartographie du potentiel géologique d'exhalation ;
- **les maires des communes à risque et élus ayant à charge des ERP** ;
- **les professionnels du bâtiment** (travaux, réhabilitation, construction) ;
- **les professionnels de la Santé** (médecins généralistes et pneumologues) situés dans les zones à risque.

2. LES OUTILS DE COMMUNICATION

Les outils élaborés sont présentés brièvement ci-dessous. Ils figurent en annexe du rapport, mais les courriers, propositions d'article... ont été adaptés dans chaque Département par les DDASS concernées.

- **La plaquette DRE**

Cette plaquette, intitulée **"Le radon dans l'habitat"** et éditée par la DRE Bourgogne reprend synthétiquement les thématiques liées au radon, aspects physiques, impact sanitaire, recommandations des pouvoirs publics mais également une partie plus complète sur le radon dans l'habitat, ses voies de pénétration et un descriptif des techniques pour y remédier.



- **Le dossier de presse**

L'ORS Bourgogne a réalisé un dossier de presse sur l'évaluation et la gestion du risque radon en Bourgogne. Ce dossier plus complet sur les problématiques liées au radon est destiné aux journalistes et toute autre personne désirant de plus amples informations sur le radon.

Ce dossier de 16 pages contient des informations générales sur le radon, les aspects sanitaires et réglementaires, les solutions techniques pour réduire la concentration en radon dans l'habitat ainsi que des éléments plus précis au niveau de la Bourgogne : résultats de mesures, cartographie géologique du risque et adresses utiles.



- **Un document destiné aux professionnels de Santé**

Ce document de 4 pages est destiné aux médecins généralistes exerçant dans les communes à risque et à l'ensemble des pneumologues bourguignons. Cette fiche d'information comprend une présentation du gaz radon, son impact sur la santé ainsi que la carte bourguignonne du potentiel géologique. Cet outil a pour but de permettre aux professionnels de répondre aux différentes interrogations de leurs patients.



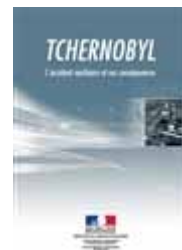
- **Une fiche sur la radioactivité**

Cette fiche est destinée à relativiser la place du radon dans l'exposition de la population française aux différentes sources de rayonnements ionisants (expositions médicales, rayonnements cosmiques,...) et mieux comprendre les effets des différents types de rayonnements.



- **Une fiche sur l'accident de Tchernobyl**

Cette fiche revient sur l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, les retombées radioactives en France en 1986, la situation actuelle et les études épidémiologiques menées à la suite de l'accident.



- **Un projet d'article sur le radon à intégrer dans les bulletins municipaux**

- **Une proposition de rédaction à insérer dans le porter à connaissance des PLU**

3. STRATEGIE DE DIFFUSION

➤ *pour les habitants et les élus des communes à risque*

Il convient d'informer les habitants des communes concernées des risques sanitaires liés au radon et des solutions techniques permettant de le combattre dans l'habitat.

L'envoi des lettres aux élus communaux concernant la deuxième campagne de mesures dans les établissements recevant du public a permis de sensibiliser les maires des communes à risque pour les départements non prioritaires et l'ensemble des maires pour les départements prioritaires (Nièvre et Saône et Loire) à la problématique radon, les écoles primaires étant à leur charge.

Les présidents des Conseils généraux et du Conseil Régional de Bourgogne ont également été associés pour ce qui concerne les collèges (compétence départementale) et les lycées (compétence régionale).

La plaquette réalisée par la Direction Régionale de l'Équipement intitulée "*Le radon dans l'habitat*" fait l'objet d'un dépôt en nombre dans les mairies des communes à risque pour y être à disposition de la population.

De plus, il est proposé aux élus un article présentant le risque "radon" qui peut être intégré dans les bulletins municipaux et indiquant que la plaquette est disponible en mairie.

Il est également envisagé d'intégrer dans les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) des communes concernées, une partie traitant du risque lié au radon et de sa présence potentielle sur le territoire communal, afin de pouvoir en tenir compte dans les réhabilitations et constructions futures. Ces notions sur le radon pourront être intégrées dans la partie "Porté à connaissance" des documents d'urbanisme.

⇒ **Nombre de maires des communes à risque bourguignonnes**

On compte **385** communes à risque en Bourgogne dont :

- **290** communes de moins de 500 habitants
- **60** communes entre 500 et 1000 habitants

- **35** communes de plus de 1000 habitants

La plaquette "Le radon dans l'habitat" de la DRE a été déposée à raison de :

- **10** plaquettes par communes de moins de 500 hab.
- **25** plaquettes par communes entre 500 et 1000 hab.
- **50** plaquettes par communes de plus de 1000 hab.

(total de **6 150** plaquettes envoyées)

Deux départements ont ensuite décidé d'adresser des documents aux maires des communes situées en zone hétérogène (voir infra), selon le même principe.

➤ **pour les professionnels du bâtiment**

Pour les professionnels du bâtiment, plusieurs actions de sensibilisation et de formation sont prévues. En référence au "Plan d'action interministériel 2005 – 2008" émanant de plusieurs organismes conjoints (DGSNR, DGUHC, IRSN, INVS, CSTB), les actions sont déclinées en deux étapes :

- **une information aux entreprises** par des séances courtes et locales de sensibilisation au radon, ceci pour répondre aux besoins d'entreprises qualifiées au niveau régional pour intervenir sur les différents bâtiments où des diagnostics et des travaux de remédiation sont nécessaires
- **des programmes de formation plus complets** réalisés par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et destiné aux entreprises intéressées pour une formation suite à la première sensibilisation

La Direction Régionale de l'Équipement Bourgogne a fourni la liste des bureaux d'études et autres professionnels de la région à contacter pour ces actions.

Parmi les destinataires on peut mentionner spécifiquement l'envoi de **1 610 plaquettes** "le radon dans l'habitat" pour les seules 4 CAPEB (Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment) de Bourgogne.

➤ **pour les professionnels de Santé**

Il a été décidé d'intégrer à la communication sur le radon les médecins exerçant dans les communes dites "à risque" afin qu'ils reçoivent une information reprenant quelques notions sur le radon, notamment en terme d'impact sanitaire. L'ensemble des pneumologues de la région seront également destinataires du document.

Cette sensibilisation des professionnels de la Santé a pour but de fournir des connaissances sur un sujet encore méconnu du grand public, permettre aux médecins de participer à l'information de la population.

Au total, la communication concerne **276 médecins** :

⇒ **203 médecins généralistes**

⇒ **73 pneumologues (libéraux + salariés)**

Tableau récapitulatif du plan de diffusion

Public visé	Outils de communication utilisés
<i>Population des communes à risque via la mairie</i>	<i>Plaquette "le radon dans l'habitat" de la DRE + le gaz radon + article + PLU...</i>
<i>Professionnels de santé</i>	<i>Document destiné aux médecins "le radon" + lettre d'accompagnement</i>
<i>Professionnels du bâtiment :</i>	
CAPEB 21, 71, 89, 58	<i>Plaquettes DRE + courriers d'accompagnement</i>
Ordre des architectes	<i>Plaquette DRE + lettre d'accompagnement en format pdf</i>
FFB 21, 71, 89, 58	<i>Plaquette DRE + courriers d'accompagnement</i>
<i>Grand public, journalistes, associations,...</i>	<i>Dossier de presse</i>
<i>Médecins et pneumologues</i>	<i>Document destiné aux professionnels de santé</i>
<i>Grand public</i>	<i>Document "La radioactivité"</i>

4. CALENDRIER

- ⇒ **1^{er} trimestre 2005** : - Mise en place du comité de pilotage régional
 - Définition des objectifs de l'étude
- ⇒ **Mars – juin 2005** : Envoi des lettres concernant la deuxième campagne de mesures ERP (prévue pour l'hiver 2005 – 2006)
- les maires et directeurs d'établissements de la Nièvre ont reçu les courriers "ERP" en deux envois, le **16 mars 2005** et le **5 avril 2005**
 - les maires et directeurs de Côte d'Or ont reçu les courriers "ERP" le **14 avril 2005**
 - les maires et directeurs de Saône et Loire ont reçu les courriers "ERP" le **25 mai 2005**
 - les maires et directeurs de l'Yonne ont reçu les courriers "ERP" le **7 juin 2005**

Ces envois comprenaient une lettre signée du directeur DDASS du département concerné imposant ou conseillant la réalisation de mesure selon le classement "prioritaire" du département. Cette lettre était accompagnée soit de l'Arrêté du 22 juillet 2004 ou la circulaire du 20 décembre 2004 émanant tous deux du Ministère de la Santé et précisant la législation dans les établissements recevant du public. Une liste des organismes agréés pour la réalisation de mesures (Arrêté du 20 août 2004) était également fourni aux maires et directeurs d'établissements.

- ⇒ **Mai – juin 2005** : conception par l'ORS des différents outils de communication

- ⇒ **Été 2005** : mise en page par un concepteur graphique, création des maquettes

⇒ **Septembre 2005** : présentation du plan de communication aux services des préfectures bourguignonnes pour approbation par les Préfets de département

⇒ **Octobre 2005 – février 2006** :

- lancement de la campagne de communication,
- impression des documents
- diffusion régionale des documents :
 - Communication auprès des professionnels du bâtiment
 - Diffusion aux maires des communes concernées :

	Côte d'Or	Nièvre	Saône-et-Loire	Yonne
Date d'envoi	27/01/06	27/01/06	15/02/06	27/01/06
Documents envoyés	PLU Article Document le gaz radon Plaquettes DRE Arrêté du 22/07 Arrêté du 17/09	PLU Article Document le gaz radon Plaquettes DRE Liste des organismes	PLU Article Document le gaz radon Plaquettes DRE	PLU Article Arrêté du 22/07 Arrêté du 17/09 Document le gaz radon Plaquettes DRE Liste des communes
Population cible	Communes à risque	Communes à risque et hétérogènes	Communes à risque et hétérogènes	Communes à risque

- Diffusion aux professionnels de santé

⇒ **Hiver 2005 – 2006** :

- Réalisation de la deuxième campagne de mesures dans les ERP
- Campagne de mesures complémentaires en zone hétérogène (100 établissements publics en Côte d'Or et dans l'Yonne)

⇒ **1^{er} semestre 2006** :

- Saisie des résultats de la deuxième campagne de mesure dans les ERP dans la base de données nationale "Appliradon" disponible dans les DRASS.

CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser une synthèse des connaissances actuelles sur le risque lié au radon au niveau national et d'apporter des éléments plus précis pour la Bourgogne, étape préalable à l'évaluation et à la gestion du risque par les autorités sanitaires.

La concentration de radon dans l'habitat dépend de nombreux facteurs dont le principal est la nature des formations géologiques sous-jacentes et plus particulièrement la richesse en uranium des roches. La cartographie régionale du potentiel géologique d'exhalation de radon a été complétée afin d'établir une carte du risque radon à l'échelle communale. En Bourgogne, les départements de la Nièvre et de la Saône et Loire sont principalement concernés, par leur emprise sur les formations granitiques du Morvan, principale zone à risque.

Cette cartographie définit plusieurs niveaux de risque et une classe dite "hétérogène" pour laquelle la complexité des formations ne permet pas d'estimer le risque. Pour cette dernière classe, il a été décidé la réalisation d'une campagne de mesures complémentaires afin de préciser ce risque.

La synthèse des solutions techniques de lutte contre le radon dans l'habitat, des notions sur leurs efficacités et leurs coûts ainsi que la réalisation de "fiches bilans" des travaux déjà réalisés en Bourgogne dans les établissements recevant du public permettront de mieux orienter les interventions futures sur les bâtiments présentant un risque.

La réglementation pour les ERP, définie par voie de circulaires et d'arrêtés, impose la réalisation de mesures par les propriétaires des établissements des départements prioritaires. Une nouvelle campagne de mesures est ainsi programmée en Bourgogne pour l'hiver 2005-2006.

Afin d'accompagner cette nouvelle campagne et de disposer d'un plan de communication homogène et adapté au contexte bourguignon, divers outils d'information ont été élaborés pour une diffusion aux différents publics et acteurs impliqués dans la gestion du risque (maires et habitants des communes à risque, professionnels du bâtiment, professionnels de Santé, grand public).

Conformément au Plan National Santé Environnement 2004-2008 qui comporte des actions spécifiques sur la gestion du risque lié au radon, quelques propositions d'actions sont émises :

- **continuer** la réalisation de mesures afin de mieux estimer l'exposition de la population,
- **favoriser** la valorisation des compétences régionales en matière d'expertises, de formation, de construction,
- **participer** à une meilleure connaissance de la population du risque lié au radon et des techniques simples pour limiter l'exposition (aération et ventilation régulière des locaux) et contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

ANNEXE 1 : ORGANISMES HABILITES A PROCEDER AUX MESURES

J.O n° 303 du 30 décembre 2005 page 20489 texte n° 75

Arrêté du 13 décembre 2005 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public

Le ministre de la santé et des solidarités,
Vu le code de la santé publique, et notamment son article R. 1333-15 ;
Vu l'arrêté du 15 juillet 2003 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;
Vu l'arrêté du 23 octobre 2003 modifié portant nomination à la Commission nationale d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;
Vu l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion des risques liés au radon dans les lieux recevant du public ;
Vu l'avis de la Commission nationale
d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public en date du 4 octobre 2005,

Arrête :

Article 1

Sont agréés, jusqu'au 15 septembre 2008, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 1 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

Bureau Alpes Contrôles, 3, impasse des Prairies, 74940 Annecy-le-Vieux ;
ENVIROTECH, 10, rue d'Armont, 88200 Saint-Nabord ;
Géologie Environnement Conseil, 30, rue de la République, 09200 Saint-Girons ;
OFIS, 107, quai du Docteur-Dervaux, 92600 Asnières ;
SOCOTEC, 3, avenue du Centre, Guyancourt, 78182 Saint-Quentin-en-Yvelines.

Article 2

Le directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 13 décembre 2005.

Pour le ministre et par délégation :
Le directeur général de la sûreté nucléaire
et de la radioprotection,
A.-C. Lacoste

Arrêté du 17 octobre 2005 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public

Le ministre de la santé et des solidarités,
Vu le code de la santé publique, et notamment son article R. 1333-15 ;
Vu l'arrêté du 15 juillet 2003 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;
Vu l'arrêté du 23 octobre 2003 modifié portant nomination à la Commission nationale d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;

Vu l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion des risques liés au radon dans les lieux recevant du public ;

Vu l'avis de la Commission nationale d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public en date du 4 octobre 2005 ;

Arrête :

Article 1

Sont agréés, jusqu'au 15 septembre 2006, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 1 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

ATS, Lieu-dit le Buissets 69560 Saint Romain en Gal ;

CEIDRE, 35 bis rue des Prés 27950 Saint Marcel ;

ECS, 22 rue du Château Chambon 03110 Saint Remy en Rollat ;

BECET, 1 rue des Roses 25750 Arcey ;

GRIF INGENIERIE, 10 rue du Midi 30130 Pont Saint Esprit ;

SDEXPERT, 4 rue de la Gare 21110 Genlis ;

SUBATECH, 4 rue A. Kastler 44 307 Nantes ;

ITGA, 118 bis rue Eugène Pottier 35065 Rennes ;

SAPHYMO, 5 rue du Théâtre 91884 MASSY ;

BUREAU VERITAS, 17 bis Place des Reflets - La Défense - 92400 Courbevoie ;

EXPERT'IMMO, Pinay 58320 Parigny les Vaux.

Article 2

Est agréé, jusqu'au 15 septembre 2006, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 2 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, l'organisme suivant :

MC EXPERTISE, 19 rue des Landes de l'Angle 44118 La Chevrolière.

Article 3

Sont agréés, jusqu'au 15 septembre 2008, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 1 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

Cabinet Julien, 11 rue de la Petite Colline 05000 Gap ;

CETE APAVE Sudeurop, 8 rue Jean-Jacques Vernazza 13322 Marseille ;

APAVE Parisienne, 13-17 rue Salneuve 75017 Paris ;

Lyonnaise d'Environnement et d'Ingénierie (LEI), 97 avenue Paul Marcellin 69120 Vaulx en Velin ;

SAPHE, 321 avenue Jean Jaurès 69362 Lyon ;

INFOTERE, 20-30 route de Saint Arnoult 91340 Ollainville ;

PERFORMA, 13 rue Gilibert 69002 Lyon ;

SEDEMAP, ZA du Parc 42490 Fraisses.

Article 4

Le directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 17 octobre 2005 ,

Pour le ministre et par délégation :

Le Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection,

André Claude LACOSTE

Arrêté du 17 septembre 2005 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public

Le ministre de la santé et des solidarités,

Vu le code de la santé publique, et notamment son article R. 1333-15 ;

Vu l'arrêté du 15 juillet 2003 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;

Vu l'arrêté du 23 octobre 2003 modifié portant nomination à la Commission nationale d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public ;

Vu l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion des risques liés au radon dans les lieux recevant du public ;

Vu l'avis de la Commission nationale d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public en date des 28 et 29 juin 2005 ;

Arrête :

Article 1

Sont agréés, à compter du 15 septembre 2005 et pour une durée d'un an, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 1 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

A à Z Diagnostics, 1A rue Réaumur 22000 St. Brieuc ;
A.C. ENVIRONNEMENT, 54 route de Briennon 42300 Roanne ;
ACE EXPERTISES, 51 Route d' Espagne 31100 Toulouse ;
ACETEC, Immeuble "ANTIPOLIS", 2B rue du Pâtis Tatelin 35700 Rennes ;
AL JAMMES, 8 rue Château Gaillard, La Ripaille, 79400 Nanteuil ;
Amiante Diagnostic Immobilier, 9 rue des Bernaches 56890 St. Ave ;
AMIATERM, 54 rue de la Richelandière 42100 St. Etienne ;
André JACQ Ingénierie, 26 rue Jean Macé 29200 Brest ;
ARIA, Boulevard Robert Schuman 35768 St. Grégoire ;
ATW Diagnostic, 11 Boulevard Dr. Chantemesse 43000 Aiguilhe ;
AUDIT CONSTRUCTION, 7 rue du Monument Voge 43130 Retournac ;
AXIMMEX, 4 bis rue du Docteur Maret 21000 Dijon ;
B2E ingénierie, Le Bourg 71250 Donzy-le national ;
BARAIS IMMOBILIER CONTRÔLE, La Basse Besnardais 35320 Lalleu ;
BASSET & Associés, 35 rue Raspail 19110 Bort-les-Orgues ;
BATICONTROLE, Villegoueix 16150 Chassenon ;
BCA ENVIRONNEMENT, 128 Boulevard G. Pompidou 05000 Gap ;
Bernard LEFEUVRE, 4 rue des Tourelles 14280 St. Germain la Blanche Herbe ;
BSSI Conseils, 2 rue Blaise Pascal 54320 Maxeville ;
Bureau d'architecture Daniel SAUVAT, 1 place du Président Coty 44500 La Baule ;
Cabinet AaDNA, 10 Avenue du Général de Gaulle 88000 Epinal ;
Cabinet d'expertises Bruno BORTHURY, Belozia Etxea 64250 Itxassou ;
Cabinet d'Expertises Immobilières André François MEUNIER, 46 rue Wilson 24000 Périgueux ;
Cabinet G. BESSOT, 20 Avenue Maillard 19100 Brive ;
Cabinet Pierre Sanmiquel, Mas Guérido, 4 avenue Ampère 66334 Cabestany ;
Cabinet Thierry DES COURIERES, 20 rue des Gaudières 36300 Leblanc ;
CAP AMIANTE ENVIRONNEMENT, 5 passage Saint Tropez 56000 Vannes ;
CEMRAD, 83 rue d'Isle 87000 Limoges ;
CENTRALE FONCIERE, 11 rue André Chénier 66750 St. Cyprien ;
Certification Normande, 8 avenue Foch 14150 Ouistreham ;
CETI, 142 rue de la Roquette 75011 Paris ;
CONTACT, 23 boulevard de Courtais 03100 Montluçon ;
CSBTP 42, 1allée de l'électronique 42000 St. Etienne ;
DAO Expertises, 18 Bd Griffoul-Dorval 31400 Toulouse ;
DELTANOVA, 39 avenue du Mail 35000 Rennes ;
EDM, 7/9 rue Nationale 92100 Boulogne Billancourt ;
EGEH, Le Moulin de la Garde 87001 Limoges ;
ERS / CAREL, 31 rue Jeanne d'Arc 56305 Pontivy ;
EURL BOLMONT, 1A rue du Chanois 70400 Héricourt ;
EURODIAG, LHERM 19120 Astaillac ;
EXPAR, 9 rue Louison Bobet 29200 Brest ;
EXPERTISE ET DIAGNOSTIC, 1 route des Brûlais 35330 Maure de Bretagne ;
HABITAT & SANTE, 91C route des Romains, Parc d'Activités Gruber, 67200 Strasbourg ;
IDA, 6 rue de la Fontaine 29590 Pont de Buis ;
JEHANNO & LECHAT, ZA de PENTAPARC, Rue Louis Lefèvre, 56036 Vannes ;
JMP Concept, 3 rue Fabert 54000 Nancy ;
Label Expertise, 22 bis rue Saint Just 58300 Decize ;
M. Aubry Jacky, 395 chemin neuf 88410 St Julien ;
MC EXPERTISE, 19 rue des Landes de l'Angle 44118 La Chevrolière ;
NORISKO Construction, 34/36 rue Alphonse Pluchet 92225 Bagneux ;
OUEST DIAGNOSTIC, 36-38 boulevard Charles Péguy 35000 Rennes ;

PAROLE D'EXPERTS, 1 rue du Petit Chenaux 25330 Cléron ;
PAROLE D'EXPERTS, 52 rue Velat des Comminques 30980 Langlade ;
Patrick SALVAT, 320 Avenue Maréchal Joffre 66000 Perpignan ;
QUALICONSULT, 8 rue Jean Goujon 75008 Paris ;
Réalisation d'expertises techniques immobilières (RETI), 5 rue Emile BELEY 25462 Etupes ;
SCEDI GOBIN, 16 rue du Docteur Gaudrez 49260 Montreuil-Bellay ;
SCOP Bertrand Debost, 10, avenue de Vichy 03700 Bellerive sur Allier ;
Société DUBREUIL EXPERTISES, Rue du Puits Saint-Antoine 03210 Souvigny ;
SOFRESID, ZI de Kerscao 29480 Le Relecq-Kerhuon ;
SOLEC, 14 rue du Pont de Morge 63350 Maringues ;
THENERIS EXPERTISES, 104 rue de Chalezeul 25000 Besançon ;
VISUAL TECH France, 18 rue Georges Brassens 56850 Caudan.

Article 2

Sont agréés, à compter du 15 septembre 2005 et pour une durée d'un an, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour les niveaux 1 et 2 tels que définis à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

ALPHA EXPERTISE, 6 allée du Bois du Houx 56610 Arradon ;
MEMOSOL, 16 rue des Lilas 31120 Pinsaguel.

Article 3

Sont agréés, à compter du 15 septembre 2005 et pour une durée de trois ans, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour le niveau 1 tel que défini à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

AGENDA 14 / SARL SEDIM, 26 avenue de Thiès 14000 Caen ;
Assistance au contrôle sanitaire (ACS), 5 rue Jacques Prado 35600 Redon ;
Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'Ouest (ACRO), 138 rue de l'Eglise 14200 Hérouville St. Clair ;
Cabinet Beauregard, 55 rue St. Cornély 56340 Carnac ;
CETE APAVE Nord-Ouest, 51 avenue de l'Architecte Cordonnier 59019 Lille.

Article 4

Sont agréés, à compter du 15 septembre 2005 et pour une durée de trois ans, pour procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, pour les niveaux 1 et 2 tels que définis à l'article 2 de l'arrêté du 15 juillet 2003 susvisé, les organismes suivants :

ALGADE, 1 avenue Brugeaud 87250 Bessines-sur-Gartempe ;
Association lorraine pour la qualité de l'air (ALQA), IUT Espace Cormontaigne 57108 Thionville ;
CRII-RAD, 471 avenue Victor-Hugo 26000 Valence.

Article 5

Le directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 17 septembre 2005

Pour le ministre et par délégation :

Le Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection,
A. C. LACOSTE

ANNEXE 2 : OUTILS DE COMMUNICATION ELABORES

- **Note aux Préfets**
- **Plaquette DRE**
- **Dossier de presse**
- **Document à l'intention des professionnels de santé**
- **Document sur la radioactivité**
- **Les impacts sanitaires suite à Tchernobyl**
- **Un projet d'article sur le radon à intégrer dans les bulletins municipaux**
- **Une proposition de rédaction à insérer dans le porter à connaissance des PLU**

Note d'information aux membres du C.A.R.

OBJET : Campagne de communication sur le radon
PJ : Documents d'information

La gestion du risque lié au radon fait partie du Plan National Santé – Environnement

(PNSE) arrêté par le gouvernement en juin 2004. Ce thème sera décliné dans le Plan Régional Santé – Environnement (PRSE). En ce qui concerne les lieux recevant du public, le PNSE précise que lorsque des dépassements des niveaux d'intervention seront constatés, les propriétaires devront mettre en œuvre des actions pour diminuer le niveau de radon puis contrôler leur efficacité avec de nouvelles mesures.

Les mesures de radon sont obligatoires dans les départements de la Nièvre et de la Saône et Loire en application de l'arrêté du 22 juillet 2004. Un groupe de travail régional suit ce dossier. Il est composé des services régionaux et départementaux des Affaires Sanitaires et Sociales, de représentants de la Direction de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection, des services départementaux et régionaux de l'Équipement, de la Cellule Interrégionale d'épidémiologie Centre-Est et de l'Observatoire régional de la Santé. Pour tenir compte du résultat des études géologiques qui ont été menées pour notre région des mesures supplémentaires ont été recommandées pour des communes de la Côte d'or et de l'Yonne situées dans le massif du Morvan.

Les catégories de lieux ouverts au public visés sont : Les établissements d'enseignement, y compris les bâtiments d'internat ; les établissements sanitaires et sociaux disposant d'une capacité d'hébergement ; les établissements thermaux ; les établissements pénitentiaires.

L'obligation de mesure incombe aux propriétaires des lieux. Afin de rappeler cette obligation les services départementaux des Affaires Sanitaires et Sociales ont envoyé des courriers aux différents propriétaires concernés et notamment aux Maires au cours du premier semestre 2005.

Les mesures doivent être réalisées par des organismes agréés avant avril 2006.

Inévitablement la campagne de mesure et ses résultats vont générer des interrogations chez les propriétaires concernés et la population. Le groupe de travail a estimé qu'il convenait de préparer un plan de communication afin qu'un discours documenté, clair et cohérent soit donné à la population.

Vous trouverez ci joint les outils de communications que nous avons préparés. Ils comprennent :

- Un dossier qui pourra faire l'objet d'une diffusion aux média. Ce dossier à la disposition de chaque membre du groupe de travail rappelle les obligations réglementaires en les resituant dans le contexte géologique régional. Des informations pratiques pour traiter les dépassements de normes (400 et 1000 Bq/m³) sont également données.
- Un dossier à l'intention des Maires des communes concernées. Il comprend un document qui pourra utilement être inséré dans le « porter à connaissance » des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).
- Un dossier pour l'information des professionnels de santé.

- Un dossier destiné aux professionnels du bâtiment qui reprend les dispositions réglementaires et précise la nature des travaux permettant de réduire l'exposition.

La diffusion de l'ensemble est prévue avant la fin de l'année en cours.

La mise en dépression de l'interface sol-bâtiment
 Cette technique reconnue comme la plus efficace consiste à mettre le vide sanitaire ou le sol en légère dépression par rapport au volume habité. Son principe réside dans le drainage de ces espaces et l'évacuation du radon vers l'extérieur par extraction mécanique si possible.



Précautions

Les travaux peuvent induire une modification de l'environnement général dans le bâtiment et entraîner des dysfonctionnements, notamment :

- Le gel des canalisations dans un vide sanitaire ventilé ;
- La refoulement d'une chaudière ou d'une cheminée suite à la mise en dépression du sol. Pour éviter cela, il est conseillé de raccorder les appareils à une prise d'air extérieure ;
- Une sous-ventilation d'origine liée à un renouvellement d'air plus important et au refroidissement du sous-sol ventilé.

Les surcoûts

Ces techniques doivent être mises en œuvre avec le plus grand soin par des professionnels compétents dans le domaine. Sont concernés les entreprises de :

- Imperméabilisation ou d'étanchéité pour le sol ;
- Génie climatique pour la mise en place des techniques mécaniques.

Vérification

Il est important de vérifier, par de nouvelles mesures de concentration, l'efficacité des solutions mises en œuvre.

Financement des travaux

Les travaux peuvent bénéficier d'une subvention, accordée sous certaines conditions, par l'Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (ANAH).

Les effets sur la santé

Le radon est reconnu comme cancérigène pulmonaire humain depuis 1987 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Il est considéré aujourd'hui comme la source principale d'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants d'origine naturelle. Si le risque lié à l'exposition au radon est loin derrière celui encouru par les fumeurs, il peut être cependant comparé à celui du tabagisme passif.

Les recommandations des pouvoirs publics

Bien que le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) ait retenu le seuil de 1000 Bq/m³ comme seuil de dangerosité justifiant la prise de mesures correctives, les pouvoirs publics ont retenu comme objectif de précaution la valeur de 400 Bq/m³ (recommandation C2) pour les bâtiments existants.

On estime, en France, à 300 000 les habitations individuelles où la concentration de radon est supérieure à 400 Bq/m³ et à 60 000 celles où elle est supérieure à 1 000 Bq/m³.

La réglementation fait obligation aux propriétaires de certaines catégories de lieux ouverts au public, situés dans les 11 départements les plus exposés, de faire réaliser des mesures de radon et de prendre le cas échéant des dispositions correctives.

Modalités de pénétration du radon dans les bâtiments

Le radon contenu dans l'air intérieur provient principalement du sol, en raison du manque d'étanchéité entre ce dernier et la partie habitée et de la mise en dépression du bâtiment par les systèmes de ventilation. Cependant la présence de radon dans les locaux habités peut avoir d'autres origines :

- L'air extérieur lorsque le relief et les conditions météorologiques s'opposent à sa dilution rapide dans l'air ;
- Les matériaux de construction ayant par nature une teneur en radium élevée ;
- Le dégazage de l'eau à usage domestique provenant d'une nappe souterraine située en terrain granitique.



Les techniques de réduction du radon dans les bâtiments neufs

Si dans l'habitat existant, il est possible de quantifier le niveau d'exposition des personnes, il est impossible pour les habitations futures de prédire le niveau d'exposition a priori. Lorsque l'on construit dans une zone de la concentration en radon pourrait être importante, plusieurs précautions peuvent être prises au niveau de la conception :

- Limiter la surface d'échange avec l'extérieur en évitant les sous-sols et les remblais ;
- Limiter la dépression du bâtiment en raccordant directement à l'extérieur les arrivées d'air des appareils de combustion ;
- Limiter et étancher les points singuliers par où le radon peut pénétrer depuis le sol dans le bâtiment ;
- Prévoir la possibilité d'intégrer des techniques équivalentes à celles préconisées pour l'habitat existant afin d'en augmenter l'efficacité, la faisabilité et d'en diminuer le coût ;
- Étancher les parois enterrées et ventiler suffisamment les locaux correspondants (sols, chauffages...) ;

Documentation à destination des professionnels

Le CSTB a élaboré des prospectus de solutions techniques visant à réduire la concentration en radon dans les bâtiments neufs et existants. Ces recommandations sont contenues dans 2 guides de juillet-août 1999 (dossier du CSTB n° 3143 et 3144).



Comment mesurer la teneur en radon

Les mesures de radon dans l'habitation sont faciles à réaliser, mais doivent être suffisamment longues pour tenir compte des variations journalières ou saisonnières (de l'ordre de 2 mois).

Pour cela, il suffit d'utiliser un dosimètre qui est un petit capteur constitué d'un film détecteur des particules radioactives formées lors de la désintégration du radon. Ces appareils sont commercialisés par différentes sociétés qui assurent également l'analyse du film.

Les techniques de réduction du radon dans les bâtiments existants

Il est impossible d'éliminer complètement le radon dans l'habitat, il existe toutefois différentes techniques pour en réduire la concentration. Ces techniques reposent sur les principes de la dilution du radon et de la limitation de sa pénétration dans le volume habité.

Différents types de techniques sont préconisés :

L'étanchéement des parois en contact avec le terrain

La technique consiste à étancher les points de passage entre sous-sol et volume habité (souterrains, puits, fissures, à obturer les fissures (soit, murs enterrés) et à couvrir les sols en terre battue.

Si ces mesures simples s'avèrent insuffisantes, il sera nécessaire de réaliser un diagnostic des caractéristiques du bâtiment afin de définir le ou les procédés les mieux adaptés. Elles sont toutefois un préalable pour que les autres techniques, éventuellement mises en œuvre, soient efficaces.

Le radon dans l'habitat

Le radon est un gaz naturel radioactif produit surtout par certains sols granitiques.

Il provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Le radon est caractérisé par sa concentration dans l'air qui s'exprime en Becquerel par m³ (Bq/m³). À l'air libre, le radon se dilue rapidement mais dans l'atmosphère plus confinée d'un bâtiment, il peut s'accumuler et atteindre des concentrations élevées. La campagne de mesures engagée par les pouvoirs publics et l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire a permis de conclure que la concentration moyenne en radon des habitations était de l'ordre de 60 Bq/m³ sur le territoire métropolitain. Cependant, les disparités sont fortes. 21 départements, dont la Haute et la Saône-et-Loire, ont des concentrations moyennes dépassant 100 voire 150 Bq/m³.



Ministère de l'Équipement, du Logement et de l'Énergie
 Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH)
 10, rue de la République - 92000 Nanterre
 Tél. 01 47 37 70 00 - Fax 01 47 37 70 01
 Site Internet : www.anah.fr

Exemple 1 : généralisation des vides d'aération du radon

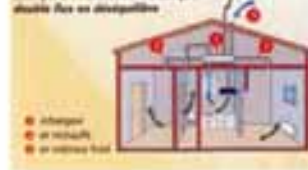


La ventilation

La technique consiste en général à augmenter le renouvellement d'air du bâtiment par ventilation naturelle y compris par ouverture régulière des fenêtres ou mécanique du volume habité. Cette solution qui modifie peu la pénétration du radon dans le bâtiment, favorise la dilution du gaz et son évacuation.

L'utilisation d'une ventilation simple flux par insufflation ou double flux en équilibre permet d'atteindre le double objectif de diluer le radon et d'empêcher sa pénétration, par la mise en surpression de l'habitation. La ventilation des vides sanitaires permet d'éviter la migration d'un air chargé en radon vers le logement.

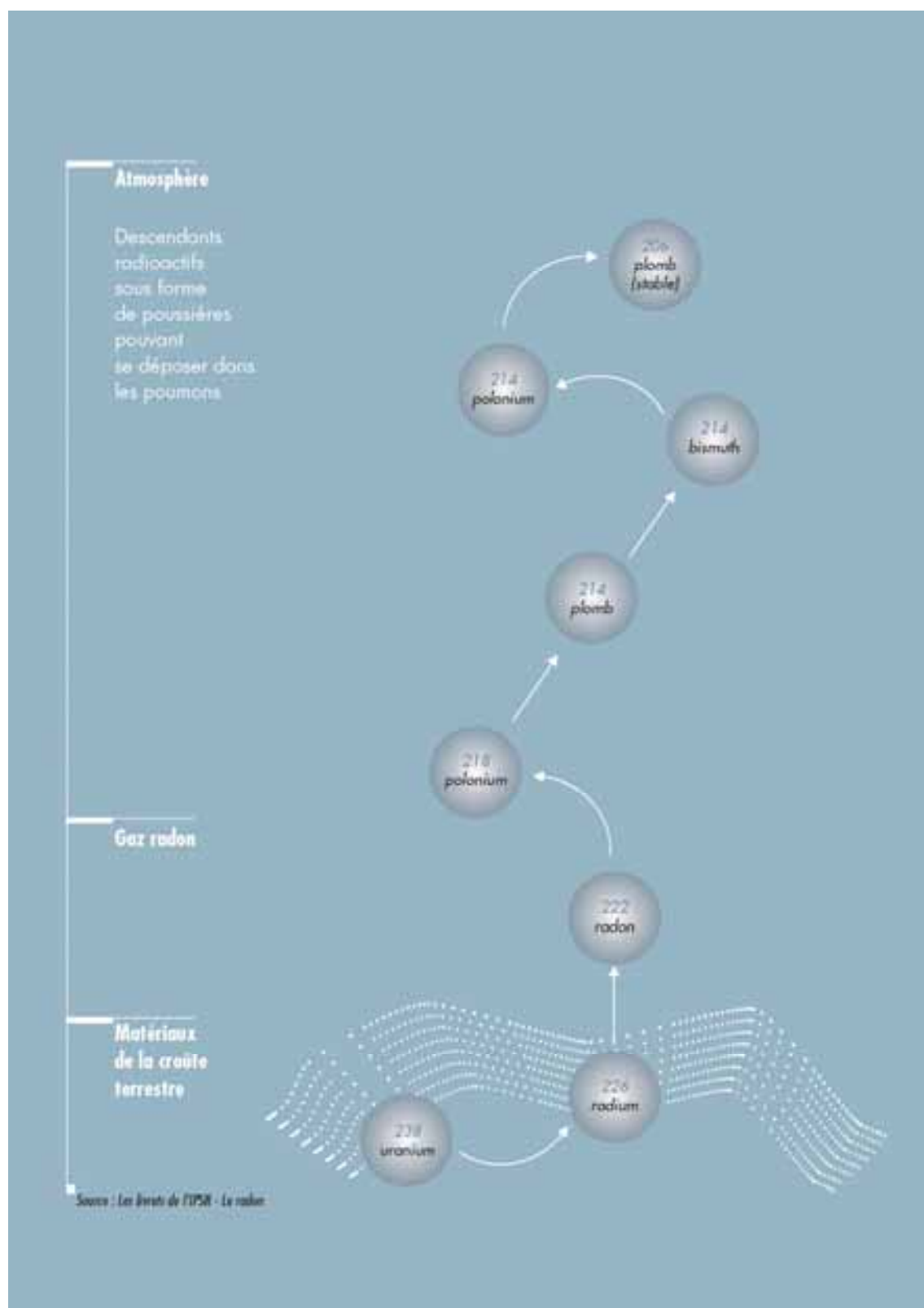
Exemple 2 : ventilation mécanique double flux en équilibre



LE GAZ RADON

Évaluation et gestion du risque en Bourgogne





SOMMAIRE

1	>>> Comment le radon se forme-t-il ?	2
2	>>> Quels effets sur la santé ?	3
3	>>> Les voies d'infiltration du radon dans un bâtiment	4
	• Les facteurs de concentration du radon dans l'habitat	
4	>>> Comment prévenir le risque ?	5
	• Les techniques de réduction du radon dans une habitation	
5	>>> Le contexte et les outils réglementaires	6
	• L'évaluation du risque	
	• La gestion du risque	
6	>>> Vos référents pour en savoir plus ...	7
7	>>> La mesure du radon	9
8	>>> Les campagnes de mesures déjà réalisées en Bourgogne	10
Annexes		
A1	>>> Carte des départements prioritaires pour la mesure du radon	12
A2	>>> Schéma méthodologique de la gestion du risque lié au radon dans un bâtiment	13
A3	>>> Estimation du potentiel géologique d'exhalation de radon en Bourgogne	14
A4	>>> Analyse de la carte du potentiel géologique d'exhalation de radon	15
A5	>>> Répertoire des services concernés en Bourgogne	16

1 >>> Comment le radon se forme-t-il ?

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la désintégration du radium, lui-même descendant de l'uranium, tous deux présents naturellement dans la croûte terrestre. Il est incolore et inodore.

Sa teneur en surface est variable mais sa concentration élevée est essentiellement le fait de la présence de sous-sols granitiques et volcaniques associée à l'existence de fissures dans le sol ou à la perméabilité de celui-ci. Le radon diffuse vers la surface, véhiculé par l'air ou l'eau.

Le radon provient pour environ 80 % du sous-sol et pour 10 % des matériaux de construction utilisés pour l'habitation.

C'est la géologie (et plus particulièrement la teneur des roches du sous-sol en uranium) qui détermine l'ampleur des émanations de radon. Au niveau local, de grandes disparités géographiques peuvent être observées, la présence de radon étant soumise à des variations journalières (jour/nuit), climatiques ou encore saisonnières.

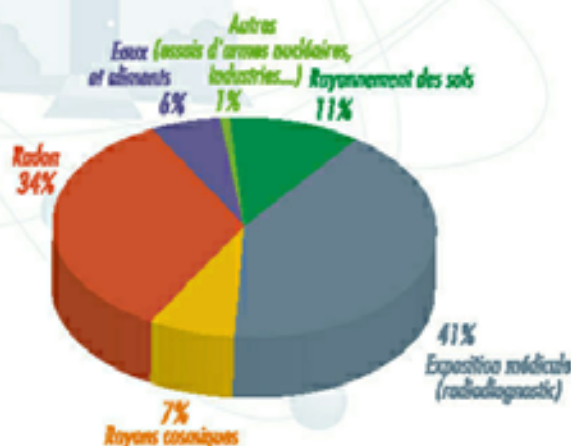
Le radon représente le tiers de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. C'est la principale source d'exposition naturelle et la deuxième source après les expositions médicales (radiographies...).

>>> Part des différentes sources dans l'exposition moyenne (artificielle et naturelle) aux rayonnements ionisants de la population française.

Dose totale moyenne annuelle : 4 mSv*

* mSv : millisievert
Le Sievert est l'unité de dose relative aux rayonnements ionisants.

Source : www.irsn.fr



On mesure la concentration de radon, c'est-à-dire son activité volumique en becquerels :

(= nombre de désintégrations radioactives par seconde) par m³ d'air.

2 >>> Quels effets sur la santé ?

Alors que nous passons en moyenne 80 % de notre temps à l'intérieur des bâtiments, la qualité de l'air que nous y respirons est un enjeu majeur pour notre santé.

Le risque pour la santé publique constitué par le radon est essentiellement lié à l'exposition à l'intérieur des locaux.

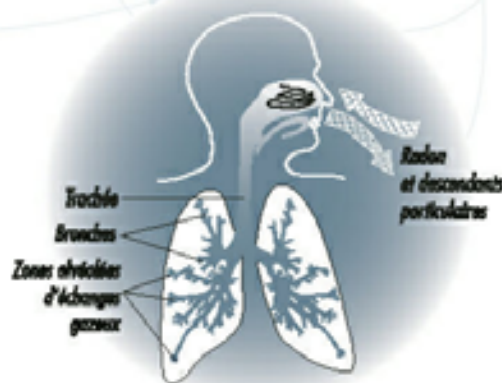
Suite à de nombreuses études épidémiologiques menées auprès des mineurs d'uranium, d'étain et de fer, le radon a été reconnu comme *cancérogène pulmonaire* par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1987.

L'ensemble des résultats de ces études montre que le radon est un *facteur de développement de tumeurs du poumon* chez les mineurs d'uranium, d'étain et de fer.

Ce même effet n'a pas été clairement démontré dans le contexte d'un environnement familial lors d'une exposition à de faibles concentrations en radon. Il semble cependant raisonnable de conclure que l'exposition au radon dans l'habitat, ajouté au potentiel génétique, peut contribuer au risque de développer un cancer du poumon.

Les études des effets conjoints de l'exposition au *radon* et au *tabac* montrent que fumer augmente considérablement le risque de cancer du poumon lié au radon.

Toutefois, certaines questions telles que l'influence de l'âge, de la durée et de l'intensité de l'exposition sont encore non résolues et justifient la poursuite d'un effort de recherche scientifique.



Source : www.comradradon.ca.uk/page10.html

1

100

Le radon pénètre dans un bâtiment par toutes les ouvertures (même millimétriques) en contact avec le sol.

► les facteurs environnementaux et notamment la nature des roches du sous-sol

- Les teneurs en radon sont généralement plus élevées dans l'habitat traditionnel (maisons « morvandelles » en granite construites avant 1950) que dans l'habitat récent.

-
- A diagram of a house illustrating air circulation. Arrows show air entering through the front door, moving through the rooms, and exiting through the back door and windows. Labels include 'Retrofitted person', 'Front', 'Back', 'Side', and 'Back door'.

4

111

4 >>> Comment prévenir le risque ?

Les techniques de réduction du radon dans une habitation

Il est impossible d'éliminer complètement le radon dans une habitation mais il est possible de réduire sa concentration. Plusieurs techniques existent soit pour empêcher le radon de pénétrer dans l'habitation, soit pour l'en évacuer.

1 - les techniques d'étanchéification du bâtiment

Il s'agit d'assurer l'étanchéité des sous-sols, des vides sanitaires, des murs, des planchers et des passages de canalisations par la mise en place de joints entre le sol et les murs et l'obturation des passages autour des gaines, des fissures du plancher, ...

C'est une technique dite « passive » n'impliquant pas l'installation d'une ventilation mécanique.

L'étanchéification et l'aération des locaux sont généralement insuffisantes pour des concentrations élevées de radon.

2 - le traitement de l'interface sol / bâtiment

Si le bâtiment possède un vide sanitaire, alors ce dernier peut être ventilé ou mis en dépression au moyen d'une ventilation mécanique afin de limiter le transfert convectif du radon du sol vers le bâtiment.

Si le bâtiment est construit sur terre-plein, alors la mise en dépression du sol peut s'avérer utile.

3 - le traitement de la cellule habitée

Cela consiste essentiellement en l'augmentation du taux de renouvellement de l'air à l'intérieur des locaux pour favoriser la dilution et l'évacuation du radon. L'utilisation d'une ventilation mécanique simple flux ou un système double-flux (entrée-sortie) est appropriée.



>>> 200 Bq/m³ pour les bâtiments à contrôler

5 » Le contexte et les outils réglementaires

L'évaluation du risque

Depuis 1987, l'attention des pouvoirs publics français s'est portée sur l'exposition des populations dans les bâtiments.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a émis des recommandations sur les teneurs en radon à l'intérieur des bâtiments, recommandations qui ont été reprises et complétées par l'arrêté du 22 juillet 2004 relatif à l'organisation de la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public (ANNEXE 2) :

- si les teneurs en radon mesurées dans les bâtiments sont inférieures à 400 Bq/m^3 :

la situation ne justifie pas d'action correctrice particulière.

- si l'un des résultats de mesures est compris entre 400 Bq/m^3 et 1000 Bq/m^3 :

le propriétaire met en œuvre sur le bâtiment des actions simples destinées à réduire l'exposition des personnes au radon. Il fait ensuite réaliser de nouvelles mesures de radon destinées à contrôler l'efficacité des actions simples ainsi mises en œuvre.

Si au moins l'un des résultats des nouvelles mesures de contrôle est supérieur au niveau d'action de 400 Bq/m^3 , le propriétaire fait réaliser un diagnostic du bâtiment et, si nécessaire, des mesures de radon supplémentaires afin d'identifier la source ainsi que les voies d'entrée et de transfert du radon dans le bâtiment.

- si l'un des résultats de mesures dépasse le niveau de 1000 Bq/m^3 :

le propriétaire effectue, sans délai, des actions simples sur le bâtiment destinées à réduire l'exposition des personnes au radon. Elles sont suivies immédiatement d'un diagnostic du bâtiment et, si nécessaire, des mesures de radon supplémentaires.

La gestion du risque

Concernant le milieu professionnel, la nécessité de limiter l'exposition des travailleurs au radon est inscrite dans le Code du travail (article R231-115).

Pour les établissements recevant du public (ERP), les modalités de gestion du risque lié au radon ont été définies par l'arrêté du 22 juillet 2004.

Les mesures de radon sont obligatoires pour les ERP situés dans les 31 départements français prioritaires (ANNEXE 1) où la moyenne des mesures déjà réalisées dépasse 100 Bq/m³. Les lieux concernés sont les établissements d'enseignement, les établissements sanitaires et sociaux, thermaux et pénitentiaires.

Les mesures de radon, réalisées à la charge des propriétaires de ces établissements, doivent être effectuées par des organismes habilités à procéder aux mesures de radon dont la liste est fixée par arrêté.

Pour l'habitat individuel, il n'existe pas encore d'obligations réglementaires. La priorité est donnée à l'information du public, à la cartographie des zones les plus exposées, à la prise de normes de construction et, éventuellement, à l'aide au diagnostic individuel.

6 >>> Vos référents pour en savoir plus ...



Les Directions Régionales et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales

La Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) et les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS), constituent les échelons régionaux et départementaux de l'administration sanitaire et sociale de l'État. Elles agissent sous l'autorité du Préfet de région.

Les missions de la DRASS et des DDASS s'articulent autour de trois grands axes :

- La santé publique : politique régionale de santé, politique hospitalière, sécurité sanitaire, santé environnementale.
- La cohésion sociale et le développement social
- La protection sociale : tutelle et contrôle des organismes de sécurité sociale

Les services Santé Environnement des DDASS et de la DRASS de Bourgogne contribuent à la protection de la santé publique par leurs actions de contrôle, de sensibilisation et d'information sur l'environnement humain.

Leur champ d'intervention recouvre entre autres l'habitat (qualité de l'air, plomb, amiante).

>>>

Les Directions Régionales et Départementales de l'Équipement

Les Directions Régionales et Départementales de l'Équipement (DRE / DDE) implantées dans les régions et départements sont les antennes opérationnelles du ministère pour l'ensemble de ses missions. Elles mènent les grands projets d'aménagement urbains, routiers, ferroviaires, maritimes ou fluviaux en partenariat avec les collectivités territoriales et veillent à l'application des réglementations, notamment celles relatives à la sécurité et au développement durable en matière d'équipement et de construction.

Pour la gestion du risque lié au radon, ce sont les compétences en matière de conseils relatifs à l'habitat qui déterminent le champ d'action des Directions de l'Équipement.

La Division de la Sécurité Nucléaire et de la Radioprotection

La Direction Générale de la Sécurité Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR) a été créée par un décret du 22 février 2002 qui réforme le contrôle du nucléaire en France. Elle relève des ministres chargés de l'environnement, de l'industrie et de la santé.

Les Divisions de la Sécurité Nucléaire et de la Radioprotection (DSNR) représentent l'échelon local de la DGSNR. En liaison avec les autres administrations compétentes, elles organisent, orientent, animent l'activité des services déconcentrés de l'État.

Les DSNR font partie des Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) et elles s'appuient également sur les Directions Régionales et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS).

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Créé en 1947, le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous la tutelle du ministère du Logement, de la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction.

Le CSTB réunit des experts des matériaux et techniques de construction, des équipements et de la sécurité, de l'environnement, de la santé, des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Il apporte son concours aux industriels, entrepreneurs, bureaux d'étude, architectes et maîtres d'ouvrage. Il assiste les pouvoirs publics pour la réglementation technique et la qualité de la construction. Le CSTB est le représentant français du programme européen de recherche sur le radon ERICCA 2.

Le CSTB a notamment publié des ouvrages sur les techniques de réduction du radon dans les bâtiments existants ainsi que des recommandations pour les constructions à venir.

L'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) est un établissement public industriel et commercial (EPIC), placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la Défense, de l'Environnement, de l'Industrie, de la Recherche et de la Santé.

L'IRSN réalise des recherches, des expertises et des travaux dans les domaines de la sûreté nucléaire, de la protection contre les rayonnements ionisants (industrie, médecine ou encore rayonnements naturels), du contrôle et de la protection des matières nucléaires.

Au 1^{er} janvier 2000, l'IRSN a publié un bilan de la campagne nationale de mesure de l'exposition au radon dans l'habitat privé, campagne qui débuta en 1982.

7. » La mesure du radon

Rechercher du radon dans un bâtiment signifie mesurer la concentration en radon de l'air (mBq/m^3) dans les pièces occupées du bâtiment. Pour cela, on utilise des dosimètres.

Pour la réalisation des mesures intégrées sur une grande échelle, deux méthodes sont couramment utilisées : la méthode utilisant des dosimètres films (exemple KODALPHA) et la méthode utilisant des dosimètres électroniques (exemple RADHOME).



Le dosimètre film

Le dosimètre film est un appareil qui mesure la concentration de radon présente dans une pièce. Il s'agit d'un dosimètre détecteur de traces, son principe est le même que celui d'un appareil photographique. Les particules alpha émises par le radon laissent le film du dosimètre. Les impacts sur le film sont ensuite révélés grâce à un procédé chimique et comptés à l'aide d'un microscope.

Dosimètre Film radon KODALPHA

Source : www.gi-andp.fr/kodalpha.htm

La mesure doit être représentative de la valeur moyenne annuelle. On réalise alors une mesure dite « intégrée », c'est-à-dire continue sur une longue période (mesure sur 2 mois conseillée) afin de prendre en compte les variations journalières, les facteurs saisonniers et climatiques.

»»

Pour que les mesures soient suffisamment représentatives de l'exposition réelle des individus, le lieu doit être choisi dans les pièces les plus souvent occupées, à une hauteur proche de la hauteur d'inhalation (1,50 m environ).

De plus, il est important de joindre à toute mesure des informations (sous forme d'un questionnaire accompagnant la pose du dosimètre) sur les conditions de cette mesure et les caractéristiques du bâtiment afin de permettre une analyse pertinente des résultats.

Le dosimètre film n'est pas réutilisable et la lecture des résultats nécessite au minimum un mois (temps de développement du film).

Le coût moyen d'une mesure de radon par un dosimètre film est d'environ 30 € (comprenant l'achat du dosimètre, la pose et l'analyse des résultats).

Le dosimètre électronique

Il s'agit d'un détecteur semi-conducteur, réalisant des mesures intégrées sur une durée de 24 heures maximum d'exposition (temps de mesure beaucoup plus réduit que le dosimètre film). Le coût d'achat du dosimètre est nettement plus élevé (environ 800 € mais possibilité de location) mais le coût de la mesure d'environ 28 € est comparable à la méthode précédente. Le dosimètre électronique est réutilisable et la lecture des résultats est immédiate.

8 » Les campagnes de mesures déjà réalisées en Bourgogne

Depuis le début des années 1980, l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire réalise un programme national d'étude sur le radon. Afin de permettre la couverture totale du territoire, l'IRSN, à la demande de la Direction Générale de la Santé (DGS) et en collaboration avec les services déconcentrés de l'État, a réalisé une campagne de mesure dans chaque département dont les objectifs étaient de quantifier la concentration de radon dans l'habitat et d'évaluer les risques pour la santé.

En Bourgogne, les mesures de l'activité volumique du radon ont été réalisées du 11 avril 1984 au 16 septembre 1998.

561 mesures ont été réalisées dans 504 communes bourguignonnes.

Avec une moyenne arithmétique de 99,87 Bq/m³, la moyenne bourguignonne des mesures de radon est plus élevée que la moyenne nationale métropolitaine (90 Bq/m³).

Au total, 4 % des mesures réalisées en Bourgogne sont au-dessus de 400 Bq/m³.

Distribution des mesures d'activités volumiques de radon	% habitats en France	% habitats en Bourgogne
inférieures à 50 Bq/m ³	47 %	36 %
comprises entre 50 et 100 Bq/m ³	29 %	30 %
comprises entre 100 et 200 Bq/m ³	15 %	21 %
comprises entre 200 et 400 Bq/m ³	7 %	9 %
supérieures à 400 Bq/m ³	2 %	4 %

Source : IRSR, Campagne nationale de mesure du radon, bilan au 31 janvier 2005

Il existe des différences intra-régionales importantes. Les valeurs les plus élevées sont, pour la plupart, mesurées dans le Morvan, résultats cohérents par rapport au contexte géologique cristallin et les affleurements granitiques de ce massif.

Mesures	Côte d'Or	Nièvre	Saône et Loire	Yonne
Moyennes (en Bq/m ³)	76	115	116	68
% de mesures > 200 Bq/m ³	8,3	16,9	12,2	4,2
% de mesures > 400 Bq/m ³	2,1	2,7	4,1	0,7
% de mesures > 1000 Bq/m ³	0	0	0	0

La Nièvre et la Saône et Loire présentent des concentrations moyennes de radon plus élevées que les deux autres départements, dépassant les 100 Bq/m³. C'est sur la base de ces résultats que les départements de la Nièvre et de la Saône et Loire ont été identifiés comme départements prioritaires concernés par le risque radon (arrêté du 22 juillet 2004) impliquant la réalisation de mesures dans les établissements recevant du public et la mise en œuvre, le cas échéant, d'actions correctrices.

A1 » Carte des départements prioritaires pour la mesure du radon

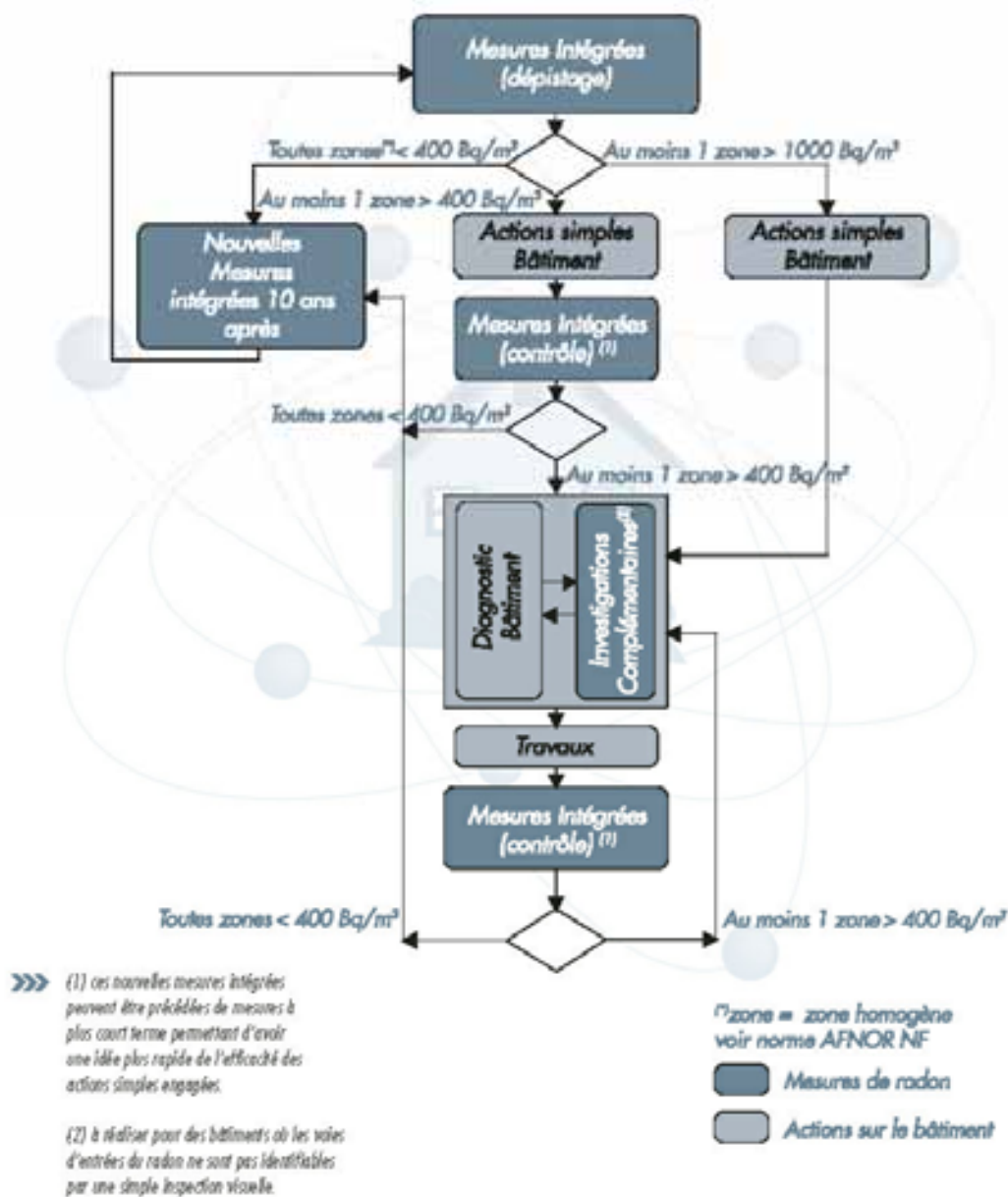


» Source : arrêté du 22 juillet 2004

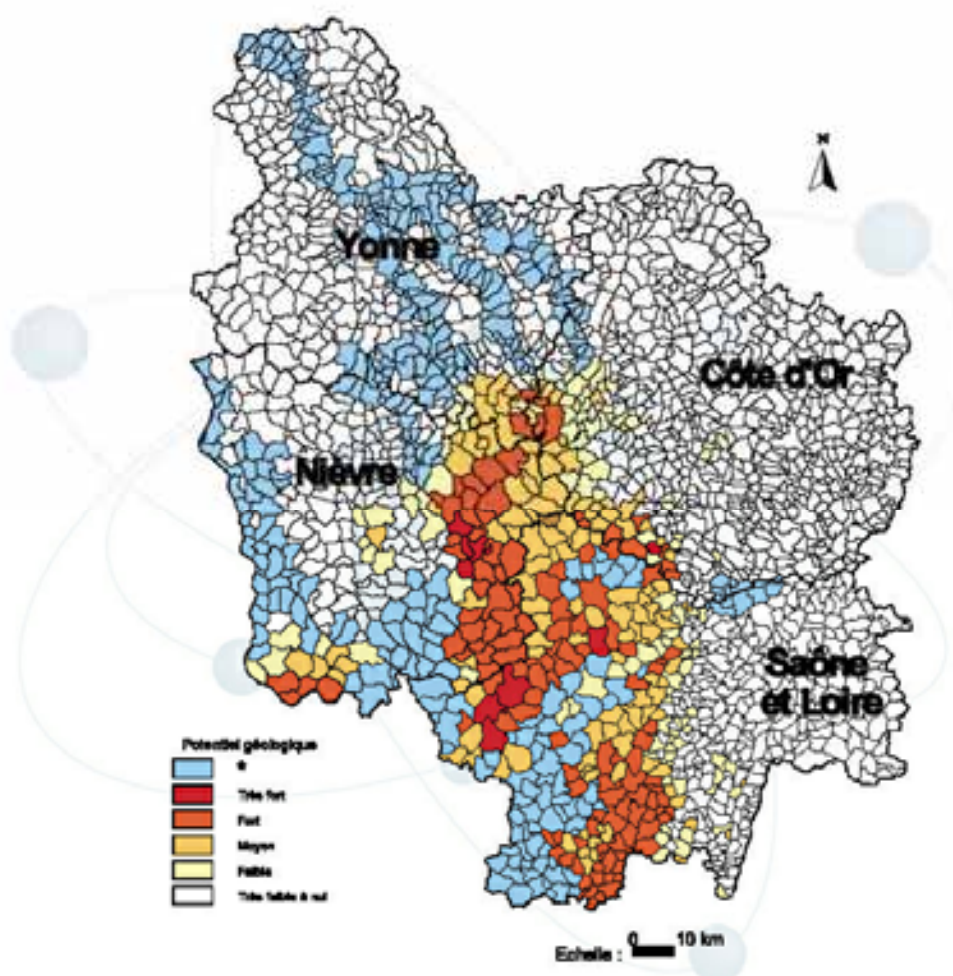
Liste des départements prioritaires :

Allier	Deux-Sèvres	Lozère
Ardèche	Doubs	Morbihan
Ariège	Finistère	Nièvre
Aveyron	Haute-Corse	Puy-de-Dôme
Calvados	Haute-Loire	Rhône
Cantal	Haute-Marne	Savoie
Corrèze	Haute-Saône	Saône-et-Loire
Corse-du-Sud	Haute-Vienne	Territoire de Belfort
Creuse	Hautes-Alpes	Vosges
Côtes-d'Armor	Hautes-Pyrénées	
Indre	Loire	

A2 >>> Schéma méthodologique de la gestion du risque lié au radon dans un bâtiment



A3 >>> Estimation du potentiel géologique d'exhalation de radon Région Bourgogne



>>> * : Risque radon à déterminer.
L'estimation du potentiel d'exhalation de ces zones
sera précisée au cours d'une campagne de mesure.

Source : Cellule d'Application en Ecologie, 2000 – ORS Bourgogne, 2005

A4 >>> Analyse de la carte du potentiel géologique d'exhalation de radon

Afin d'évaluer le risque potentiel de présence de radon, il faut tenir compte de la nature des roches présentes à l'affleurement. En effet, le radon provient pour environ 80 % du sous-sol sur lequel est construit le bâtiment.

Le radon est issu de la désintégration de l'uranium, naturellement présent dans le milieu naturel et plus favorablement dans les roches cristallines (roches granitiques et volcaniques).

Le risque est donc évalué à partir de la teneur en uranium supposée des différentes formations géologiques.

Cinq classes de risque apparaissent, de « très faible à nul » pour les zones majoritairement calcaires ou mameuses à « très fort » pour des granites fortement uranifères.

Le Morvan géologique, massif cristallin, présente donc un potentiel élevé d'exhalation de radon.

La catégorie « hétérogène », représentée en bleu sur la carte, concerne des formations géologiques (vallées alluviales des cours d'eau), pour lesquelles le risque, a priori plus faible que pour les roches cristallines, est rendu incertain par la variabilité des dépôts concernés.

En Bourgogne, cette catégorie concerne les vallées alluviales de cours d'eau prenant leur source dans un massif cristallin (le Morvan pour l'Yonne, le Serein, la Cure, l'Armançon et l'Arroux ; le Massif Central pour la Loire).

Ces rivières sont susceptibles d'avoir charrié une proportion non négligeable d'éléments granitiques qui se sont déposés dans leur lit, rendant les sédiments hétérogènes.

Dans la vallée de la Saône, l'essentiel des alluvions sont d'origine carbonatée, seuls les sables de Chagny présentent un potentiel d'exhalation non négligeables car ils ont une origine géologique différente.

A5 » Répertoire des services concernés en Bourgogne

Direction Régionale de l'Équipement (DRE)

57 rue de Mulhouse - 21033 DIJON Cedex

☎ 03 80 39 44 86 - ✉ dre@bourgogne@equipement.gouv.fr

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales de Bourgogne (DRASS)

Service Santé - Environnement

11 rue de l'Hôpital - BP 1535 - 21035 DIJON Cedex

☎ 03 80 44 30 05 - ✉ dr21-sante-environnement@sante.gouv.fr

Direction régionale de l'Industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE)

Division de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DSNR)

15 avenue Jean Bérin - 21000 DIJON

☎ 03 80 29 40 00

Les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS)

Les Directions Départementales de l'Équipement (DDE)

Côte d'Or

DDASS 21

Service Santé - Environnement

16-18 rue Nodot - 21000 DIJON

☎ 03 80 40 21 21

✉ dd21-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 21

57 rue de Mulhouse

21033 DIJON Cedex

☎ 03 80 29 44 44

✉ DDE-21@equipement.gouv.fr

Nièvre

DDASS 58

Service Santé - Environnement

11 rue Pierre Émile Gaspard - 58000 NEVERS

☎ 03 86 60 52 23

✉ dd58-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 58

2 rue de Pâris BP 69

58020 NEVERS Cedex

☎ 03 86 71 71 71

✉ DDE-58@equipement.gouv.fr

Saône et Loire

DDASS 71

Service Santé - Environnement

173 bd Henri Dunant - BP 202 - 71020 MACON Cedex

☎ 03 85 21 67 29

✉ dd71-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 71

37 bd Henri Dunant

BP 4029 71040 MACON

☎ 03 85 21 28 00

✉ DDE-71@equipement.gouv.fr

Yonne

DDASS 89

Service Santé - Environnement

25 avenue Pasteur - BP 49 - 89011 AUXERRE Cedex

☎ 03 86 51 80 00

✉ dd89-sante-environnement@sante.gouv.fr

DDE 89

3 rue Monge BP 79

89011 AUXERRE Cedex

☎ 03 86 48 41 00

✉ DDE-89@equipement.gouv.fr

Ce document a été réalisé à la demande des Directions régionale et départementales des affaires sanitaires et sociales (DRASS et DDASS) et des Directions régionale et départementales de l'équipement (DRE et DDE), par l'Observatoire régional de la santé (ORS). Il a fait l'objet d'une validation par des membres de la Cellule interrégionale (CIRe) Centre-Est, et de la Division de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DRIR - DSNR).

ORS Bourgogne

34 rue des planchettes
21000 DIJON

Tel : 03 80 45 08 10
Fax : 03 80 45 08 18
E-mail : Ors.Brg@wanadoo.fr

Graphisme / Frédéric Boy :
☎ : 06 26 17 46 96 – ✉ : boy.frederic@wanadoo.fr

LE RADON



Informations à l'attention
des professionnels de santé



Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION DE BOURGOGNE

Direction Régionale et Départementale
des Affaires Sanitaires et Sociales

Direction Régionale et Départementale
de l'Équipement

1 >>> Introduction

Le radon est un gaz radioactif, incolore et inodore qui provient de la désintégration du radium, présent naturellement dans la croûte terrestre.

Dans les sous-sols granitiques et volcaniques, le radon diffuse vers la surface, à travers les porosités et fissures du sol, véhiculé par l'air ou l'eau.

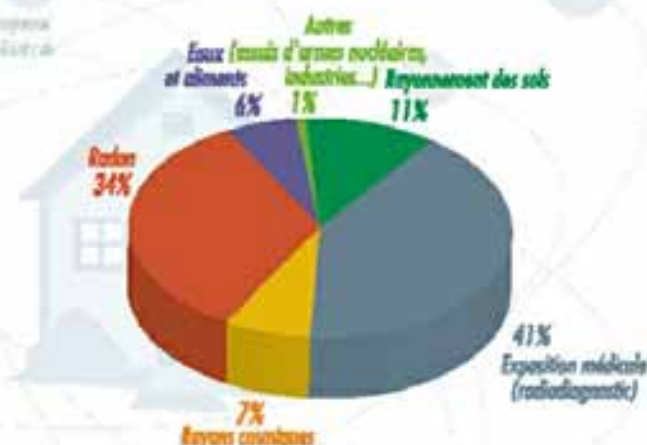
Le radon représente le tiers de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. C'est la principale source d'exposition naturelle et la deuxième source après les expositions médicales (radiographies...).

>>> Part des différents types d'exposition moyenne (naturelle et artificielle) des populations habitant en France

Dose totale moyenne annuelle : 4 mSv*

*mSv : millisievert.
Le Sievert est l'unité de dose relative aux rayonnements ionisants.

Source : www202.fr



2 >>> Quels sont les risques associés à l'exposition au radon ?

Alors que nous passons en moyenne plus de 80 % de notre temps à l'intérieur des bâtiments, la qualité de l'air que nous y respirons est un enjeu majeur pour notre santé.

Le risque pour la santé publique constitué par le radon est essentiellement lié au confinement à l'intérieur des locaux.

Les études épidémiologiques menées sur des mineurs d'uranium montrent une augmentation significative du risque de cancer broncho-pulmonaire. C'est ainsi que le radon a été classé comme cancérigène pulmonaire chez

l'Homme par le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) en 1987.

Le danger sanitaire lié au radon provient du rayonnement alpha émis lors de la désintégration radioactive du radon. Ces particules alpha excitent et ionisent les matériaux biologiques traversés, générant des lésions dans les tissus pulmonaires.

Le radon constitue la deuxième cause de cancer du poumon, loin derrière le tabac.



Source : www.cancer.fr/le-radon et page123.com

3 >>> Le radon dans l'habitat

Le radon pénètre dans un bâtiment par toutes les ouvertures (même millimétriques) en contact avec le sol.

La présence de radon dans un bâtiment dépend de plusieurs facteurs :

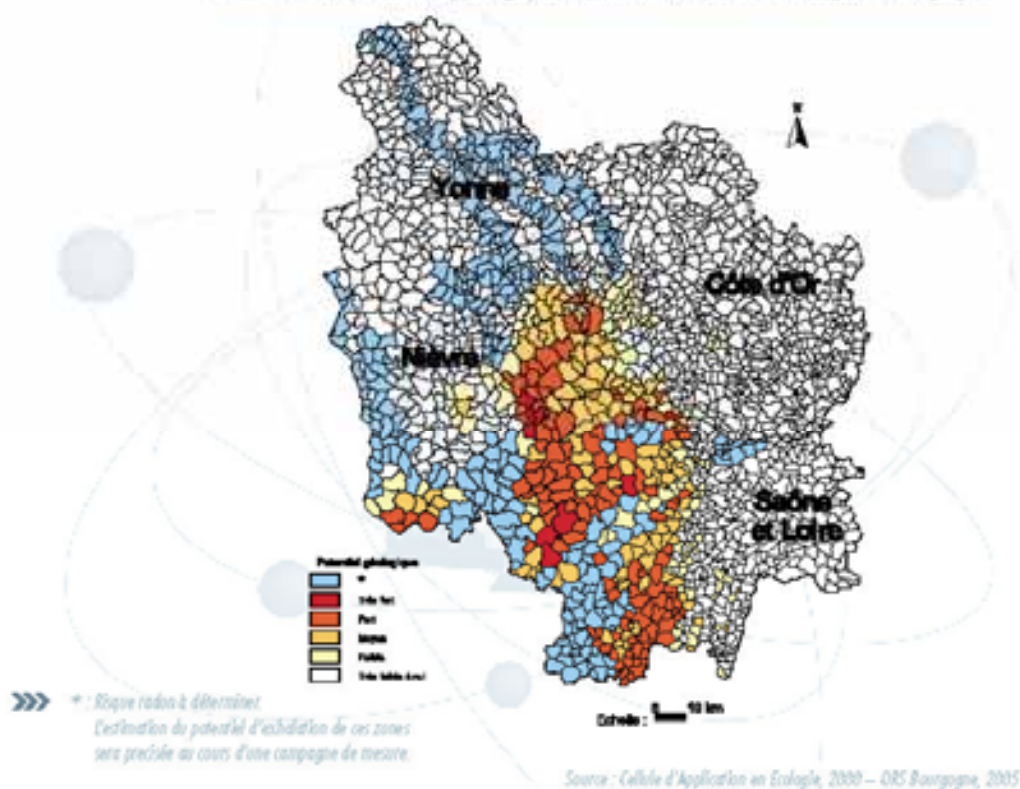
- les facteurs environnementaux et notamment la nature des roches du sous-sol
- les caractéristiques de construction du bâtiment et de son interface avec le sol (matériaux utilisés, isolation, présence d'un vide sanitaire, porosité et fissures)
- le mode de vie des occupants (impact de la ventilation des locaux)



>>> Les voies d'infiltration du radon dans un bâtiment
Source : Les Secrets de l'INRS - Le radon

Plusieurs techniques existent soit pour empêcher le radon de pénétrer dans l'habitation, soit pour l'en évacuer. Les techniques simples dites « passives » consistent en une bonne ventilation des locaux afin de renouveler l'air intérieur. Lorsque ces techniques simples ne suffisent pas, il faut procéder à des travaux plus importants impliquant notamment l'utilisation d'une ventilation mécanique.

Estimation du potentiel géologique d'exhalation de radon Région Bourgogne



Cinq classes de risque apparaissent, de « très faible à nul » pour les zones majoritairement calcaires à « très fort » pour des granites fortement uranifères. Le Morvan géologique, massif cristallin, présente donc un potentiel élevé d'exhalation de radon.

La catégorie « hétérogène », représentée en bleu sur la carte, concerne des formations géologiques (vallées alluviales des cours d'eau), pour lesquelles le risque, a priori plus faible que pour les roches cristallines, est rendu incertain par la variabilité des dépôts concernés.

4 >>> Conduite à tenir...

La présence de radon dans une habitation étant dépendante de nombreux facteurs, il est nécessaire de procéder à des mesures de concentration pour déterminer l'exposition réelle au radon dans un logement.



>>> Dosimètre "Eir" radon CIDE/PIA

Pour cela, on utilise un dosimètre permettant de mesurer la concentration de radon, qui s'exprime en becquerels par mètre cube d'air.

La réglementation impose la réalisation de mesures pour les établissements accueillant du public dont les écoles, les établissements sanitaires, sociaux, thermaux et pénitentiaires (Arrêté du 22 juillet 2004).

Les conseils sanitaires

Le premier conseil à fournir concerne une ventilation suffisante et régulière des locaux, particulièrement les pièces où l'on passe le plus de temps.

Une aération régulière permet également de diminuer les concentrations de nombreux polluants (tabac, COV, radon, produits d'entretien...) et participe à l'amélioration de la qualité générale de l'air intérieur.

Informations pratiques

Pour s'informer des résultats des mesures effectuées sur la commune s'adresser au maire.

Pour la mesure du radon, le prix d'un dosimètre est d'environ 30 € (pose et analyse du résultat).

Pour obtenir des renseignements complémentaires sur les effets sanitaires liés au radon :

- renseignements auprès de la Direction des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) de votre département.

Pour effectuer des travaux de remédiation et obtenir des subventions

- renseignements auprès de la Direction Départementale de l'Équipement de votre département.

Pour obtenir des informations scientifiques et techniques sur le radon

- prendre contact avec l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN).

Ce document a été réalisé à la demande des Directions régionale et départementales des affaires sanitaires et sociales (DRASS et DDASS) et des Directions régionale et départementales de l'équipement (DRE et DDE), par l'Observatoire régional de la santé (ORS). Il a fait l'objet d'une validation par des membres de la Cellule interrégionale (CIRe) Centre-Est, et de la Division de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DRIR - DSNR).

ORS Bourgogne

34 rue des planchettes
21000 DIJON

Tél. : 03 80 65 08 10
Fax : 03 80 65 08 18
E-mail : Ors.Brg@wanadoo.fr

Graphisme / Frédéric Boy :
m : 06 26 17 46 96 - e : boy.frederic@wanadoo.fr

LA RADIOACTIVITÉ



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION DE BOURGOGNE

Directions Régionales et Départementales
des Affaires Sanitaires et Sociales

Directions Régionales et Départementales
de l'Équipement

1 >>> Introduction

(Source: www.ans.fr / www.cas.fr)

La matière est composée de molécules, qui sont des assemblages d'atomes. Dans la nature, la plupart des atomes sont stables. Cependant, certains atomes possèdent des noyaux instables : ils se transforment spontanément en d'autres atomes en émettant un rayonnement, ils sont dits radioactifs.

Présente depuis la genèse de notre univers, la radioactivité a une origine cosmique (les étoiles, le Soleil) et terrestre (Uranium, Thorium...). L'Homme est exposé aux rayonnements ionisants.

Le granite produit un gaz radioactif naturel, le radon, présent dans les matériaux de construction, dans l'eau, dans l'air et les aliments. L'homme est aussi un émetteur radioactif (Potassium 40).

2 >>> Qu'est-ce que la radioactivité ? - Les rayonnements

On distingue trois types de rayonnements radioactifs :

le rayonnement α : ion d'un noyau d'hélium (constitué de 2 protons et de 2 neutrons). La portée dans l'air de ces particules est de quelques centimètres, elles sont arrêtées par une simple feuille de papier.

le rayonnement β : transformation d'un neutron en proton accompagnée par l'émission d'un électron. Il suffit d'une feuille d'aluminium ou d'une vitre en verre pour interrompre le parcours des électrons.

le rayonnement γ : émission d'un rayonnement électromagnétique, de même nature que la lumière visible ou les rayons X, mais beaucoup plus énergétique et donc plus pénétrant. Plusieurs centimètres de plomb ou plusieurs décimètres de béton sont nécessaires pour les arrêter.



Le Radon en Bourgogne / septembre 2005

4 >>> Exemples de radioactivité :

Naturelle :

Granite :	8 000 Bq/kg
Homme :	130 Bq/kg (soit environ 10 000 Bq pour un adulte)
Eau de pluie :	0,5 Bq/kg
Eau de mer :	13 Bq/kg
Briques :	800 Bq/kg
Béton :	500 Bq/kg
Artichaut :	300 Bq/kg
Pomme de terre :	150 Bq/kg
Laït :	80 Bq/kg



Artificielle :

Scintigraphie thyroïdienne	37 millions de Bq
Scintigraphie osseuse	550 millions de Bq
Scintigraphie myocardique	74 millions de Bq
Combustible usé en sortie de réacteur	10 milliards de milliards de Bq



5 >>> Les risques liés à la radioactivité

Les rayonnements peuvent atteindre l'être humain par irradiation externe (c'est-à-dire par exposition à une source radioactive par inhalation ou ingestion de substances radioactives) ou par contact avec la peau.

La radioactivité est dangereuse pour l'homme dès lors que la quantité d'énergie absorbée est trop élevée, soit parce que l'intensité des rayonnements est trop forte, soit parce que la durée d'exposition près d'une substance radioactive est trop longue.

Elle peut alors provoquer des brûlures, modifier à vie des cellules et provoquer des cancers, voire entraîner des modifications génétiques.

6 >>> Les effets biologiques

Soumis aux rayonnements ionisants, les organismes vivants peuvent subir de profonds effets biologiques car les molécules d'ADN (porteuses de nos gènes) sont leur cible privilégiée.

Ce sont les cellules vivantes en état de multiplication qui sont les plus vulnérables (moelle osseuse, cellules de la peau, fœtus, cellules et tissus cancéreux).

L'ampleur des effets dépend de la dose reçue.

>>> *Échelle relative d'exposition aux rayonnements ionisants (en mSv)*
L'unité qui évalue les effets biologiques d'une irradiation sur les tissus vivants est le sievert (Sv).
Les valeurs indiquées dans ce tableau sont exprimées en millisieverts (1 mSv = 1 millième de Sievert)

20000	Seuil des manifestations neurologiques	Très fortes
500	Risque d'effet cancérogène chez l'homme.	
100	Dose annuelle due au radon dans certaines régions du monde - Dose la plus faible pour effet cancérogène décelé et suspicion d'effet sur le fœtus. Dose à la thyroïde nécessitant la prise d'iode en cas d'accident	Fortes
45	Irradiation naturelle moyenne dans certaines régions de l'Inde (par an et par habitant)	Moyennes
40	Exposition exceptionnelle sous autorisation spéciale (travailleurs)	
20	Limite d'exposition des travailleurs	Faibles doses
4,3	Scintigraphie d'une région du corps (moyenne)	
3,5	Irradiation naturelle et artificielle moyenne en France (par an et par habitant)	
3	Irradiation due à l'exposition cosmique du personnel navigant de l'aviation (dose moyenne annuelle)	
2,4	Irradiation due à l'exposition naturelle moyenne en France (par an et par habitant) cholestygraphie	
2,07	Dose moyenne reçue par les travailleurs EDF et producteurs intervenant en centrale nucléaire en 2001	
1	Limite d'exposition annuelle pour le public (hors exposition médicale et urgence radiologique) Irradiation due à l'exposition médicale moyenne en France (par an et par habitant) Dose totale moyenne due à Tchernobyl en Europe occidentale (par habitant sur la durée de vie)	
0,10	Radiographie pulmonaire	
0,005	Irradiation due à l'exposition aux retombées des essais nucléaires (par an et par habitant, dose annuelle)	
0,001	Dose annuelle moyenne liée à l'industrie nucléaire en France	

Ce document a été réalisé à la demande des Directions régionale et départementales des affaires sanitaires et sociales (DRASS et DDASS) et des Directions régionale et départementales de l'équipement (DRE et DDE), par l'Observatoire régional de la santé (ORS). Il a fait l'objet d'une validation par des membres de la Cellule interrégionale (CIRe) Centre-Est, et de la Division de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DRIR - DSNR).

ORS Bourgogne

34 rue des planchettes
21000 DIJON

Tel : 03 80 65 08 10
Fax : 03 80 65 08 18
E-mail : Ors.Brg@wanadoo.fr

Graphisme / Frédéric Boy :
tél : 06 26 17 44 96 - boy.frederic@wanadoo.fr

TCHERNOBYL

L'accident nucléaire et ses conséquences



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION DE BOURGOGNE

*Direction Régionale et Départementale
des Affaires Sanitaires et Sociales*

*Direction Régionale et Départementale
de l'Équipement*

1 »» Rappels historiques

La construction de la centrale de Tchernobyl (Ukraine) a fait suite aux décisions prises par l'Union Soviétique en 1966 de développer largement la production d'énergie d'origine nucléaire. Six réacteurs de puissance 1000 mégawatts électriques (MWe) devaient être mis en service sur le site de Tchernobyl.

C'est à la suite d'une série de dysfonctionnements techniques et d'erreurs humaines, lors d'un essai de sûreté du système de refroidissement, que le réacteur N°4 a explosé le 26 avril 1986.

Cet accident a donné lieu à d'importants rejets radioactifs, composés de divers radionucléotides tels l'iode 131, le césium 134 et le césium 137, qui se sont dispersés dans l'atmosphère.

Les débris de combustible (graphites et oxyde d'uranium) et de structure du réacteur ont été projetés dans l'environnement proche de la centrale alors que les poussières, aérosols et gaz ont été entraînés par les masses d'air jusqu'à 10 000 m d'altitude, dérivant au gré des vents.

Au total, ce sont près de 12 exabecquerels (12 milliards de milliards de Bq) qui ont été disséminés dans l'environnement en 10 jours. Cela correspond à 30 000 fois l'ensemble des rejets dus aux installations nucléaires dans le monde en une année.

2 »» Les dépôts en Europe et en France

Environ 45 % du Césium rejeté par l'explosion s'est déposé dans les États de l'ex-URSS, la Biélorussie étant la plus touchée avec près de 1/4 du territoire atteint par les dépôts.

Ces dépôts ne sont pas homogènes, ils se répartissent en « taches de léopard » dans une large zone autour de la centrale.

En Europe de l'Ouest, c'est en Autriche, en Allemagne, en Italie et en Scandinavie que les dépôts mesurés sont les plus élevés. En revanche, l'Espagne et le Portugal sont moins touchés. Les dépôts radioactifs ont été dilués et emportés par les vents, puis se sont déposés au sol suivant les précipitations locales.

En France, les concentrations en polluants radioactifs dans l'atmosphère ont persisté environ une journée dans le Nord-Est et 4 jours dans le Sud-Est.



»» Valeurs maximales des doses individuelles reçues dans les 4 zones de danger en France (www.irsn.fr)

Pendant les soixante ans qui vont suivre l'accident, les français recevront une dose individuelle maximum (dans l'Est de la France : zone 1) de 1,5 mSv.

Durant cette même période, la radioactivité naturelle délivrera une dose individuelle de l'ordre de 150 mSv.

En France, ce n'est qu'en 1995, 10 ans après l'accident, que la concentration de Césium 137 dans l'atmosphère est redescendue au niveau de ce qu'elle était avant l'accident.

3 »» Les conséquences sanitaires de l'accident

► En ex-URSS, dans les Républiques d'Ukraine, de Biélorussie et de Russie, environ 1 800 cas de cancers de la thyroïde ont été observés entre 1986 et 1998, chez les personnes qui avaient moins de 18 ans au moment de l'accident.

Le nombre théorique de décès par cancer causés par l'accident au sein des populations exposées est estimé entre quelques milliers et quelques dizaines de milliers sur la vie entière des personnes concernées. En pratique, il est impossible de déterminer, par des études épidémiologiques, le nombre réel de décès provoqués par l'accident au sein de la population, en raison des autres facteurs de risque de cancer et du nombre important de décès par cancers survenant dans la population générale indépendamment de l'exposition aux retombées de l'accident de Tchernobyl.

D'autres pathologies en excès (leucémies, anomalies congénitales) chez les populations irradiées sont suspectées mais non confirmées par manque d'études épidémiologiques.

► En France, l'Est de la France et la Corse ont été les régions les plus touchées par les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl.

Les enfants qui résidaient dans l'Est de la France en 1986 ont été les plus exposés aux retombées de l'accident, en recevant une dose à la thyroïde estimée, en moyenne, à environ 10 mSv (pour des enfants âgés d'un an).

L'accident nucléaire de Tchernobyl et ses conséquences

Ces doses sont 100 à 1 000 fois plus faibles que celles auxquelles ont été soumis les enfants qui habitaient au voisinage de Tchernobyl et qui ont entraîné une multiplication des cancers de la thyroïde.

Pour la population générale, en France, il est difficile d'estimer le risque sanitaire pour ces niveaux de dose et l'observation ne montre aucune influence de l'accident de Tchernobyl sur le nombre de cancers de la thyroïde. La dose efficace individuelle reçue par les populations vivant dans l'Est de la France a été estimée (IRSN, 1996) entre 0,1 et 0,4 mSv.

Par comparaison, la dose individuelle moyenne due à la radioactivité naturelle en France est de 2,4 mSv par an.

L'exposition aujourd'hui

L'élément radioactif responsable de la dose reçue est le Césium 137, l'ingestion d'aliments contaminés représente 70% de la dose en question. Aujourd'hui, la contamination des produits végétaux provient de l'absorption par les racines du césium encore présent dans le sol.

Dans les Vosges et le Haut Var (Mercantour), les dépôts au sol consécutifs à l'accident de Tchernobyl sont parmi les plus élevés de France et ils se concentrent dans certaines zones très localisées. Dans ces zones, le gibier et les champignons peuvent atteindre des niveaux de contamination élevés mais leur consommation occasionnelle conduit à des doses ingérées très faibles.

Références bibliographiques :

« Évaluation des conséquences sanitaires de l'accident de Tchernobyl en France », IRSN, INVS, mai 2001

« Conséquences radioécologiques et dosimétriques de l'accident de Tchernobyl en France », Rapport IRSN 97-03

Dossier « Tchernobyl », www.irsn.fr

PROJET D'ARTICLE SUR LE RADON À INTÉGRER DANS LES BULLETINS MUNICIPAUX

Le radon est un gaz radioactif d'origine **naturelle** qui provient de l'uranium contenu dans les roches du sous-sol. Il est présent partout à la surface de la Terre mais sa concentration varie selon les régions et la nature des roches que l'on y trouve (calcaires, granites, roches volcaniques,...).

C'est un gaz inodore et incolore que l'on retrouve majoritairement dans les régions **granitiques**.

A l'air libre, ce gaz est dilué par les vents et sa concentration reste faible mais il peut s'accumuler dans les bâtiments, atteindre des concentrations élevées et présenter un danger pour la santé. Ce gaz a été classé comme cancérigène pulmonaire par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Suite à une étude géologique menée sur la Bourgogne, votre commune a été identifiée comme pouvant présenter un risque car elle est située sur des formations géologiques potentiellement émettrices de radon. Bien souvent, le radon s'accumule dans un bâtiment quand ce dernier présente des défauts d'étanchéité et que l'aération n'y est pas suffisante.

Une ventilation régulière des locaux permet de diminuer la teneur en radon et d'autres polluants intérieurs, contribuant ainsi à une bonne qualité de l'air intérieur.

Pour plus de renseignements, un document intitulé **"Le radon dans l'habitat"** est disponible en mairie. Cette plaquette présente les risques sanitaires liés au radon, la réglementation française sur ce sujet et les techniques préconisées pour réduire le risque dans un bâtiment.

PROPOSITIONS DE RÉDACTION À INSÉRER DANS LE PORTER À CONNAISSANCE DES PLU

Les informations et conseils présentés ci-dessous et complétés par les documents joints en annexe pourront être intégrés aux réflexions de PLU. Par ailleurs une sensibilisation de la population de votre commune pourra être conduite à cette occasion.

Qu'est-ce que le « risque radon »

Le radon est un gaz naturel radioactif produit surtout par certains sols granitiques.

A l'air libre, le radon est dilué par les vents, mais dans l'atmosphère plus confinée d'un bâtiment, il peut atteindre des concentrations élevées.

En 1987, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ont classé officiellement le radon dans la liste des cancérigènes pour l'homme. Il est considéré aujourd'hui comme la source principale d'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants d'origine naturelle.

Si le risque lié à l'exposition au radon est loin derrière celui encouru par les fumeurs, il peut-être cependant comparé à celui du tabagisme passif.

Le radon contenu dans l'air intérieur provient principalement du sol, en raison du manque d'étanchéité entre ce dernier et la partie habitée (sol de cave en terre battue, fissuration de la surface en contact avec le sol, joints entre parois, pénétration des réseaux), conjugué à la mise en dépression du bâtiment par les systèmes de ventilation (naturelle, mécanique, tirage des appareils raccordés).

Les techniques de réduction du radon dans les bâtiments

S'il est impossible d'éliminer complètement le radon dans l'habitat, il existe toutefois différentes techniques pour en réduire la concentration. Ces techniques reposent sur les principes de la dilution du radon et de la limitation de sa pénétration dans le volume habité.

Dans les bâtiments existants, il est conseillé de procéder à des mesures simples qui même si elles s'avèrent insuffisantes, sont un préalable pour que les autres techniques, éventuellement mises en œuvre, soient efficaces. Elles consistent à :

- Étancher les points de passage entre soubassement et volume habité (canalisations, portes, trappes), et obturer les fissures (sols, murs enterrés), et couvrir les sols en terre battue
- Assurer une bonne ventilation des locaux habités, des vides sanitaires et des pièces en sous-sol.

Pour les bâtiments neufs, lorsque l'on construit dans une zone où la concentration en radon pourrait être importante, plusieurs précautions peuvent être prises au niveau de la conception. Il est conseillé de

- Limiter la surface d'échange sol/ bâtiment en évitant les sous-sols et les remblais
- Éviter la mise en dépression du bâtiment en raccordant directement à l'extérieur les arrivées d'air des appareils de combustion
- Limiter et étancher les points singuliers favorisant la pénétration du radon vers le volume habité

- Étancher les parois enterrées et ventiler suffisamment les locaux correspondants (cave, chaufferie....)
- Construire sur vide sanitaire afin de pouvoir ventiler cette interface le cas échéant
- Dans le cas d'un dallage sur terre plein, prévoir un film plastique type « polyane » en sous face reprenant les fondations
- Éviter l'utilisation de matériaux de construction riche en radium

Votre département n'étant pas situé en zone à risque "radon", il n'y a pas d'obligations réglementaires pour la réalisation de mesures dans les établissements recevant du public de votre commune. Cependant, il peut être intéressant de connaître la situation de vos locaux au regard de ce risque, l'exposition au radon étant dépendante de nombreux facteurs, géologiques mais également liés aux bâtiments en question.

GLOSSAIRE

ADN : Acide DésoxyriboNucléique. C'est la molécule contenant toutes les informations héréditaires d'un organisme.

Alpha (symbole α) : Rayonnement composé de noyaux d'hélium 4, fortement ionisant mais très peu pénétrant. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter sa propagation.

Argile : Roche sédimentaire composée essentiellement de silicates hydratés d'aluminium en feuillets. Les argiles désignent aussi l'ensemble des minéraux argileux dont sont constituées ces roches tendres et plastiques, qui donnent des sols imperméables et propices aux mouvements de terrains. Le terme d'argile est aussi utilisé pour désigner les argiles granulométriques, particules de taille inférieure à 2 micromètres, qui sont un mélange de quartz, d'oxydes de fer, de calcaire,...

Atome : Constituant de base de la matière. Il est composé d'un noyau (neutrons + protons) autour duquel gravitent des électrons.

Basalte : Roche magmatique éruptive basique, compacte et noire qui forme la majorité des laves émises, notamment au niveau de la croûte océanique, mais aussi sur la croûte continentale. Composée de feldspaths (surtout des plagioclases) et de pyroxènes, elle peut comporter de l'olivine, du quartz et de l'hypersthène.

Becquerel (Bq) : Unité SI de mesure, caractérisant l'activité radioactive d'un élément. Le Becquerel (Bq) est égal à 1 désintégration par seconde.

Bêta (symbole β) : Rayonnement composé d'électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à les arrêter.

Biotite : Synonyme de mica noir.

Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée constituée d'au moins 50 % de carbonate de calcium. Les calcaires se caractérisent par leur effervescence à froid sous l'action du HCl dilué à 10 %. Il existe une classification plus fine qui tient compte des proportions de calcite et de dolomie.

Cohorte : Ensemble des individus ayant vécu un événement démographique semblable au cours d'une même période de temps.

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

DDE : Direction Départementale de l'Équipement.

Décroissance radioactive : Diminution de l'activité d'une source radioactive au cours du temps du fait des désintégrations qui surviennent d'une manière aléatoire au sein d'une population de noyaux instables. Pour certains éléments radioactifs à périodes très longues, la décroissance est suffisamment lente pour que l'activité paraisse constante sur les durées accessibles à l'échelle humaine.

Descendants radioactifs : Ils désignent les éléments produits lors de la désintégration radioactive d'un nucléide.

DGS : Direction Générale de la Santé.

DGSNR : Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection.

Dosimètre radon : Dosimètre radon ou dosimètre film : les caractéristiques physiques des dosimètres sont prescrites par des normes AFNOR (norme NF ISO 1757). Le principe d'un dosimètre est le même que celui de la photographie. Les particules alpha émises par le radon heurtent le film du dosimètre. Un procédé chimique permet de révéler sur ce film les impacts. Un micro-ordinateur associé à un microscope équipé d'une caméra permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon. Les normes AFNOR suivantes : NF 60 763, NF 60 766 et la Norme NF M60-771 concernent la mesure du radon

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

Émanation : Mécanisme par lequel un atome de radon est libéré du grain solide.

Épidémiologie : Étude de la distribution d'états ou d'événements reliés à la santé et de leurs déterminants dans des populations précises, et application de cette étude à la lutte contre des problèmes de santé.

ERP : Établissement Recevant du Public.

Faïlle : Cassure de l'écorce terrestre qui partage un ensemble rocheux en deux compartiments décalés.

Géologie : Divisée en de nombreuses disciplines, son évolution générale reste marquée par deux grands axes de recherche : la description de l'écorce terrestre telle qu'elle se présente aujourd'hui et l'histoire des phénomènes qui sont à l'origine de cet état.

Granite : Roche magmatique, plutonique, très répandue, comportant essentiellement du quartz, des feldspaths alcalins (orthose, microcline) et des plagioclases. En fonction des contextes de formation, on peut également noter la présence de micas, de pyroxènes, d'amphiboles, de zircon, d'apatite, ...

Gray (Gy) : Unité d'énergie transmise à la matière par unité de masse (joule par kg) lors de l'absorption de la dose de rayonnement

Grès : Roche sédimentaire formée par l'accrétion de grains de quartz et d'un ciment naturel (sable consolidé).

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (ex-IPSN)

Magmatique : Désigne un ensemble de roches endogènes résultant de la cristallisation d'un magma.

Neutron : Particule élémentaire sans charge présente dans le noyau de tout atome.

Noyau : Partie centrale des atomes, de charge positive. Dix mille fois plus petit que l'atome, il en contient pourtant quasiment toute la masse.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Période radioactive : Temps au bout duquel la moitié de la masse de l'élément est désintégré.

Période radioactive (demi-vie) : Temps au bout duquel l'activité d'un radioélément a diminué de moitié.

PNSE : Plan National Santé Environnement.

Proton : Particule élémentaire à charge positive présente dans le noyau de tout atome.

Radioactivité : Propriété qu'ont certains éléments chimiques d'émettre des rayonnements alpha bêta ou gamma lors de leur désintégration.

Radium (Ra) : Numéro atomique 88. Métal très rare, radioactif, se désintégrant avec une période de 1620 ans. Il ne se trouve que dans des roches.

Rayonnement : Processus par lequel l'énergie se propage dans le vide ou dans un milieu matériel, l'air par exemple.

Rayonnement ionisant : Les produits de filiation du radon émettent des particules, dont le flux constitue un rayonnement porteur d'énergie, spécifique du radioélément qui l'émet. Ces rayonnements sont dits ionisants.

Sédimentaire (roche) : Roche formée par dépôt de sédiments (organiques et/ou minéraux). Elle induit une notion d'altération et de transformation des matériaux.

Seuil d'alerte (Seuil d'alerte à la population) : Concentration d'un polluant au-delà de laquelle il existe un risque pour la santé humaine en cas d'exposition de courte durée et à l'apparition de laquelle des dispositions doivent être prises par les autorités.

Uranium (U) : Numéro atomique 92. Il existe trois isotopes naturels ²³⁸U, ²³⁹U et ²³⁴U. Le plus répandu, le ²³⁸U a une période de 4,46 milliards d'années. L'uranium se trouve dans des minéraux et principalement dans des granites (taux pouvant atteindre 15 à 25 g/t).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ¹ TONDEUR F. **"Le radon : origine, impact sanitaire, dépistage, remèdes"**, Institut Supérieur Industriel de Bruxelles, 1998.
- ² ROBE M.C. **"Étude et traitement des situations impliquant du radon"** Dossier : Le radon : évaluation et gestion du risque, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, www.radon-france.com/etude.pdf.
- ³ ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, **"Le radon"**, fascicule de communication, 1996.
- ⁴ COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES COMMISSION EURATOM **Recommandations 90/143 du 21 février 1990** relative à la protection de la population contre les dangers de l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments.
- ⁵ HUBERT P. **"La gestion du risque radon"**, 1996.
- ⁶ www.radon-france.com : site informatif sur le radon : historique, réglementation,...
- ⁷ INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE - (IRSN-DPRE) **"La cartographie du potentiel d'exhalation du radon des sols"**, ANNEXE IX, www.irsn.fr
- ⁸ SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE SANTÉ PUBLIQUE **"Exposition au radon dans les habitations : évaluation et gestion du risque"**, février 1998.
- ⁹ TIRMARCHE M. **"Évaluation par épidémiologie du risque de cancer lié à l'inhalation du radon"**, Dossier : Le radon : évaluation et gestion du risque, Publication de l'Autorité de Sécurité Nucléaire, juillet 2003.
- ¹⁰ www.sante.gouv.fr : le Plan National Santé Environnement 2004 – 2008.
- ¹¹ CELLULE D'APPLICATION EN ÉCOLOGIE / DRASS BOURGOGNE **"Évaluation du risque géologique d'exhalation de radon dans les départements de la Côte d'Or, de la Nièvre et de l'Yonne. Méthode de traitement des cartes géologiques"**, août 2000.
- ¹² CELLULE D'APPLICATION EN ÉCOLOGIE **"Le radon dans les habitations du Morvan"**, août 1999.
- ¹³ CARRAT H.G. **"Le Morvan cristallin : étude pétrographique, géochimique et structurale - position de l'uranium"**, Thèse Université de NANCY, 1969.
- ¹⁴ ARTEMISE. CREGU **Base de données – teneurs en uranium des roches** Université Raymond Poincaré, V
- ¹⁵ COLLIGNAN B. « Réduire la concentration en radon dans les bâtiments neufs », Guide de propositions de solutions techniques, Cahier du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) n° 3144, juillet-août 1999.
- ¹⁶ OFFICE FÉDÉRAL DE LA SANTÉ PUBLIQUE SUISSE **"Radon : guide technique à l'attention des professionnels du bâtiment, des maires et propriétaires"**, janvier 1999.
- ¹⁷ COLLIGNAN B. **"Efficacité des solutions et études pilotes"** et **"Faisabilité des Systèmes de Dépressurisation des Sols (SDS)"** Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1999.
- ¹⁸ DRASS - DRE Bretagne **"Le radon en Bretagne"** : Dossier destiné aux maires des communes de Bretagne; fiche n°8.
- ¹⁹ www.anah.fr : site Internet de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat.

POUR EN SAVOIR PLUS...

➤ LE RADON : ASPECTS GÉNÉRAUX ET CARTOGRAPHIE

- ALGADE **"Le radon"**, Site Internet : www.algade.com/french/doc/faq.htm

- CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) "Quelques repères sur la radioactivité", Espace sûreté et sécurité, www.cea.fr/fr/pedagogie/Radioactivite/
- IRSN informations générales sur le radon, www.irsn.fr
- IRSN **"Cartographie prédictive du potentiel d'exhalation en radon des sols en France : application à une zone située en Bretagne"**, rapport scientifique et technique, 2000.
- IRSN **"Le radon "** Les livrets de l'IPSN, 2003.
- AUTORITE DE SURETE NUCLEAIRE (ASN) Notions générales sur le radon, www.asn.gouv.fr/publications/
- www.asn.gouv.fr Bilan de la campagne nationale de mesures de la concentration de radon dans les établissements recevant du public, DGS, 1999.
- IELSCH G. **"Mise au point d'une méthodologie prédictive des zones à fort potentiel d'exhalation de radon"**, thèse de doctorat, spécialité Géosciences, université de Bretagne occidentale (Brest), 2000.
- IELSCH G, CUNEY M. **"Cartographie prédictive du potentiel d'exhalation du radon 222 à la surface des sols : exemple d'application dans le Massif Armoricaïn"**, magazine Environnement Risques et Santé (ERS), Volume 3 – numéro 1, 2004.
- BRGM (DRASS / DRIRE BOURGOGNE) **"Recherche d'une explication géologique aux teneurs atypiques en radon mesurées dans deux habitations situées à Lormes et à Saint martin du puy (département de la Nièvre)"**, décembre 1999.
- BRGM **Carte géologique au 1:1 000 000 ème de la France**, 2005.
- LIMAIR / UNIVERSITE DE LIMOGES **"La surveillance de l'air en Limousin : le risque radon et ses remédiations"**, document de synthèse, décembre 2004.
- ORS / OREB BOURGOGNE **"Santé et environnement en Bourgogne"**, document de travail, décembre 2000.
- ANAH **"Conditions d'attribution des subventions pour l'amélioration des logements privés"**, document d'information non contractuel, janvier 2004.

➤ **LE RADON : ASPECTS REGLEMENTAIRES**

- www.legifrance.gouv.fr site Internet officiel de la République reprenant l'essentiel du droit français. Le Journal officiel depuis 1990. Texte intégral des codes, des conventions collectives, des lois et décrets depuis 1978.
- **Arrêté du 22 juillet 2004** du Ministère de la Santé et de la Protection Sociale relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public NOR : **SANY0422748A**
- **Arrêté du 20 août 2004** du Ministère de la Santé et de la Protection Sociale portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public NOR : **SANY0422898A**
- **Circulaire du 20 décembre 2004** (DGSNR/SD7/N°DEP-SD7-1757-2004) concernant les nouvelles missions des Directions Départementales et Régionales des Affaires Sanitaires et Sociales pour la gestion du risque radon dans les lieux ouverts au public
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, **"Plan National Santé Environnement : 2004-2008 – Résumé et rapport complet"** www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=2439

➤ **LE RADON : IMPACT SANITAIRE**

- PIRARD P. **"Radon et santé"**, Actualité et dossier en Santé Publique, 1995.
- TIRMARCHE M. **"Radon et risque de cancer : étude épidémiologique après exposition professionnelle ou domestique."**, Revue d'épidémiologie et de santé publique, 1995.
- IRSN **"Radon et cancer du poumon"**, magazine Environnement Risques et Santé (ERS), Volume 3 – numéro 6, 2004.
- WICHMANN H-E., **"Estimation du risque associé à l'exposition au radon"**, Le radon : évaluation et gestion du risque, Publication de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, juillet 2003.

- BAYSSON H., TIRMARCHE M., **Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique**, N°2, Volume 52, éditions Masson, avril 2004.

➤ **RADON ET HABITAT**

- COLLIGNAN B. **"Réduire la concentration en radon dans les bâtiments existants"**, guide de propositions de solutions techniques, Cahier du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) n° 3143, juillet-août 1999 www.cstb.fr/

- COLLIGNAN B. **"Réduire la concentration en radon dans les bâtiments neufs "**, Guide de propositions de solutions techniques, Cahier du CSTB n° 3144, juillet-août 1999 www.cstb.fr/

- OFSP (Office Fédéral de la Santé Publique), **Manuel Suisse du radon**, janvier 2000

www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/f/Radonhandbuch-f.pdf.

- SCHL (Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement) **"Le radon"**, Guide à l'usage des propriétaires canadiens, 1997.



Observatoire régional de la santé de Bourgogne
34 rue des Planchettes
21000 DIJON

☎ 03 80 65 08 10 Fax 03 80 65 08 18

✉ Ors.Brg@wanadoo.fr Site : ors-bourgogne.org