

Commune de Causse-de-la Selle

Mairie – Place de la mairie – 34380 Causse de la Selle

Tél : 04.67.73.10.98

mairie@caussedelaselle.fr



PLAN LOCAL D'URBANISME (PLU)

III-1 REGLEMENT

Annexe 3 : Risques naturels



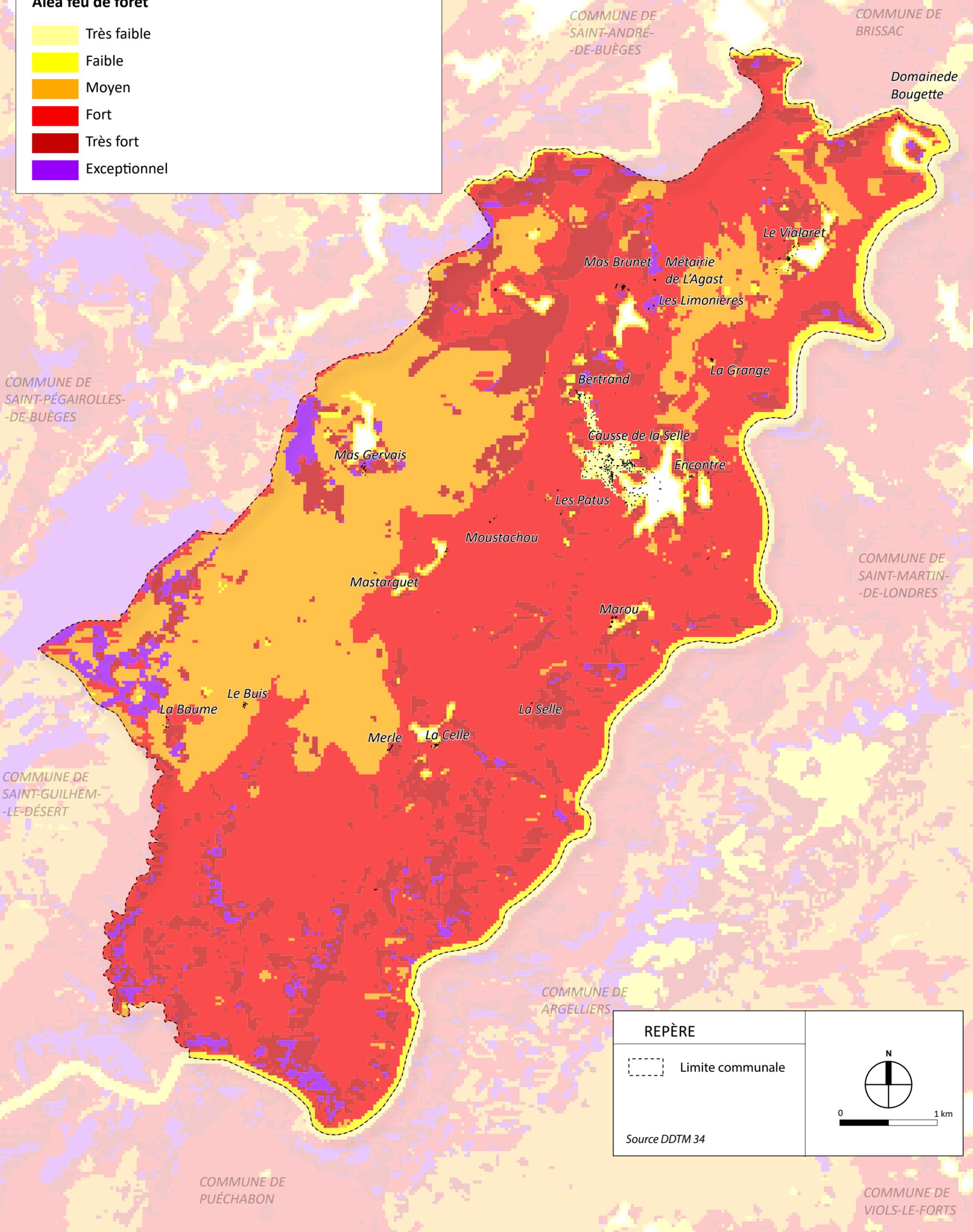
JÉRÔME
BERQUET
URBANISTE
O.P.Q.U.

COMMUNE DE CAUSSE DE LA SELLE

ALÉA FEU DE FORÊT ET MOYEN DE DÉFENSE

Aléa feu de forêt

- Très faible
- Faible
- Moyen
- Fort
- Très fort
- Exceptionnel



COMMUNE DE SAINT-ANDRÉ-DE-BUÈGES

COMMUNE DE BRISSAC

Domainede Bougette

Le Vialaret

Mas Brunet Métairie de L'Agast
Les Limonières

La Grange

Bertrand

Causse de la Selle

Encontre

Les Patus

Moustachou

Mastarguet

Marou

COMMUNE DE SAINT-MARTIN-DE-LONDRES

COMMUNE DE SAINT-PÉGAIROLLES-DE-BUÈGES

Mas Gervais

COMMUNE DE SAINT-GUILHEM-LE-DÉSERT

Le Buis

La Baume

La Selle

Merle

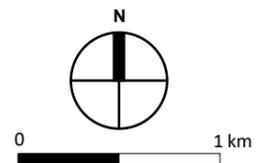
La Celle

COMMUNE DE ARGELLIERS

REPÈRE

--- Limite communale

Source DDTM 34



COMMUNE DE PUÉCHABON

COMMUNE DE VIOLS-LE-FORTS



NOTICE D'URBANISME

PORTER À CONNAISSANCE
DE L'ALÉA FEU DE FORÊT
DÉPARTEMENTAL

2021

DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER
DE L'HÉRAULT


**PRÉFET
DE L'HÉRAULT**
*Liberté
Égalité
Fraternité*





Préambule

Sont qualifiés de « bois et forêts » les espaces visés à l'article L.111-2 du code forestier, à savoir les espaces comportant des plantations d'essences forestières, des reboisements, des landes, maquis et garrigues. Ces espaces sont exposés à un aléa feu de forêt, plus ou moins intense selon la nature et la structure des boisements, la topographie du site et sa situation par rapport aux vents dominants.

Dans toute zone exposée à un aléa feu de forêt, quelle que soit son intensité, les personnes et les biens sont susceptibles de subir des atteintes en cas d'incendie. La menace est plus forte pour les constructions isolées et l'habitat diffus, particulièrement vulnérables et difficilement défendables par les services de secours. En outre, ces constructions et la présence humaine induite augmentent le risque de départ de feu.

Afin de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens et de ne pas aggraver le risque de départ de feu, les documents d'urbanisme doivent intégrer des règles de prévention en zone boisée, ainsi que dans leur périphérie (zone d'effet exposée au rayonnement thermique) :

- le développement de l'urbanisation doit être privilégié en dehors des zones d'aléa feu de forêt ;
- il est strictement interdit dans les secteurs les plus exposés ;
- par exception, certains projets peuvent être admis sous conditions ; une forme urbaine dense, organisée et équipée, en continuité avec l'urbanisation existante, sera privilégiée afin de réduire sa vulnérabilité à la propagation du feu.

La présente note traduit ces principes généraux à travers des mesures préventives liées :

- au niveau d'aléa incendie de forêt ;
- à la forme urbaine dans laquelle s'inscrit le projet ;
- à la vulnérabilité du projet futur ;
- et au niveau des équipements de défense.

La prise en compte des principes de prévention des risques naturels majeurs d'incendie de forêt s'appuie sur :

- l'application du Plan de prévention des risques d'incendie de forêt (PPRIF) approuvé en référence aux articles L562-1 à 9 et R562-1 à 11 du code de l'environnement pour les communes concernées ;
- l'application du document d'urbanisme, dont l'un des objectifs est « la prévention des risques naturels prévisibles » (article L101-2 5° du code de l'urbanisme) ;
- l'usage de l'article R111-2 du code de l'urbanisme qui dispose : « Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations. ».

Dans le cas où la collectivité détiendrait une connaissance majorant ou complétant celle établie par les services de l'État, il relèverait de sa responsabilité de la prendre en compte dans ses décisions d'aménagement et d'urbanisme.





Principes de prévention

En matière d'aménagement et d'urbanisme, **les mesures préventives sont liées au niveau d'aléa, à la forme urbaine dans laquelle s'inscrit le projet, à la vulnérabilité du projet futur et au niveau des équipements de défense.** Les principes généraux présentés ci-après indiquent comment conjuguer ces 4 conditions.

Pour connaître les mesures préventives qui traduisent ces principes, il faut se référer aux fiches détaillées :

- 1) Tableau des mesures préventives ;
- 2) Zone urbanisée sous forme peu vulnérable aux incendies de forêt ;
- 3) Possibilité de densifier une zone urbanisée déjà existante ;

- 4) Opération d'ensemble ;
- 5) Enjeux soumis à des dispositions spécifiques (E1 à E6) ;
- 6) Règles relatives aux changements de destination ou d'usage ;
- 7) Études complémentaires d'aléas et de risques ;
- 8) Mesures complémentaires de réduction de la vulnérabilité ;
- 9) Application de la réglementation sur les Obligations légales de débroussaillage (OLD).

Tous les projets autorisés sont conditionnés à la présence d'équipements de défense active suffisants (voirie, hydrants-PEI, dispositif d'isolement

avec l'espace naturel boisé) et à la réalisation des obligations légales de débroussaillage. En présence d'un aléa feu de forêt, les prescriptions d'équipement de défense extérieure prévues par le règlement départemental de défense extérieure contre les incendies de l'Hérault (RDDECI) doivent être proportionnées au risque et peuvent être majorées : quantités d'eau majorées et/ou distances réduites entre le point d'eau et la construction. Pour l'ensemble des projets de construction ou d'aménagement en zone d'aléa, le SDIS est compétent en matière d'équipements de défense active.

EN ALÉA FAIBLE ET TRÈS FAIBLE

Le principe général qui s'applique en zone d'aléa faible et très faible est celui de la constructibilité, quelles que soient l'implantation et la forme du projet : projet dans une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt ou dans une autre zone (vulnérable au feu), sous forme d'une opération d'ensemble ou non.

Cas particuliers : les enjeux spécifiques

- Les installations aggravant le risque (E5) sont interdites quelles que soient l'implantation et la forme du projet.
- Les établissements vulnérables ou stratégiques (E1), les autres établissements sensibles (E3) et les campings (E4) ne sont admis qu'en densification d'une zone urbanisée sous forme peu vulnérable ou au sein d'une nouvelle opération d'ensemble.

Toutefois, la création d'un camping en lisière ou son extension limitée est admise hors environnement urbanisé sous réserve que sa capacité d'accueil soit limitée à 30 emplacements (seuil fixé pour les aires naturelles de camping) et qu'il fasse l'objet d'un affichage du risque et d'un plan de gestion de crise.

EN ALÉA MOYEN

Le principe général qui s'applique en zone d'aléa moyen est celui de l'inconstructibilité, excepté en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt (construction en dent creuse au sein de l'enveloppe bâtie).

Toutefois, l'extension d'une zone urbanisée peut être admise dans le cadre d'une nouvelle opération d'ensemble, sous conditions.

Cas particuliers : les enjeux spécifiques

- Sont interdits, y compris en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt :
 - les autres établissements sensibles (E3) ;
 - les campings (E4) ;
 - les installations aggravant le risque (E5).
- Les établissements vulnérables et stratégiques (E1) et les logements (E2) de capacité d'accueil limitée (hors établissements sensibles E3) sont admis en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt ou au sein d'une opération d'ensemble.



EN ALÉA FORT ET TRÈS FORT

Comme en aléa moyen, le principe général qui s'applique en zone d'aléa fort et très fort est celui de l'inconstructibilité, excepté en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt.

Toutefois, l'extension d'une zone urbanisée peut être admise dans le cadre d'une nouvelle opération d'ensemble, sous conditions renforcées et après réalisation d'une étude de risques.

Cas particulier : les enjeux spécifiques

- Sont interdits, y compris en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt :
 - les établissements vulnérables et stratégiques (E1) ;
 - les autres établissements sensibles (E3) ;
 - les campings (E4) ;
 - les installations aggravant le risque (E5).
- Les logements (E2) de capacité d'accueil limitée (hors établissements sensibles E3) sont admis en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt ou au sein d'une opération d'ensemble.

EN ALÉA EXCEPTIONNEL

Le principe général qui s'applique en zone d'aléa exceptionnel est celui de l'inconstructibilité stricte, excepté en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt, sous les mêmes conditions qu'en aléa fort et très fort.

QUEL QUE SOIT LE NIVEAU D'ALÉA

La reconstruction à l'identique après sinistre d'une construction existante régulièrement autorisée est admise sous conditions de réduire sa vulnérabilité et qu'elle soit desservie par les équipements de défense suffisants.

Dans le cas d'une opération d'ensemble, si elle peut être admise, les mesures préventives à appliquer correspondent à celles définies dans la zone d'aléas requalifié après la réalisation des aménagements de protection.

Il convient de souligner que le présent porter à connaissance traite du phénomène d'incendie de forêt, qui est associé à des mesures préventives de maîtrise de l'urbanisation. Ainsi, la carte départementale d'aléa couvre les espaces naturels à végétation de type ligneux et non pas herbacé. Cependant, les champs et prairies sont également susceptibles d'être parcourus par le feu, a fortiori lorsqu'ils sont peu entretenus ou en voie d'enfrichement : il s'agit de phénomènes d'incendie de végétation, dont les leviers de prévention privilégiés reposent sur l'entretien des espaces naturels et la sensibilisation de la population.

Voir fiche 8





Les notions utiles

ZONE URBANISÉE SOUS FORME PEU VULNÉRABLE AU FEU DE FORÊT

Hameau de plus de 6 constructions principales, inter-distantes deux à deux de 50 m au maximum, non alignées, et dont l'emprise bâtie de la zone urbanisée est supérieure à 2 ha.

Voir fiche 2

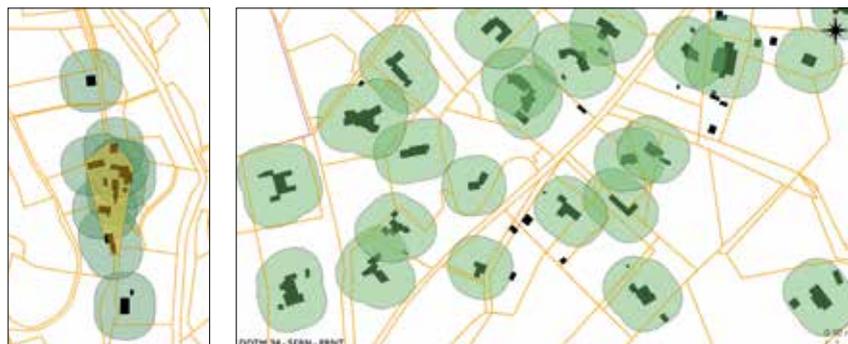


Des « tampons » de 25 m (en vert) sont apposés autour des constructions principales existantes. Lorsque 2 tampons se touchent, cela signifie que les constructions sont inter-distantes de 50 m au maximum.

ZONE URBANISÉE SOUS FORME VULNÉRABLE AU FEU DE FORÊT

Exemple (vignette gauche) : Hameau de plus de 6 habitations principales groupées, mais dont l'emprise de la zone urbanisée est inférieure à 2 ha.

Voir fiche 2



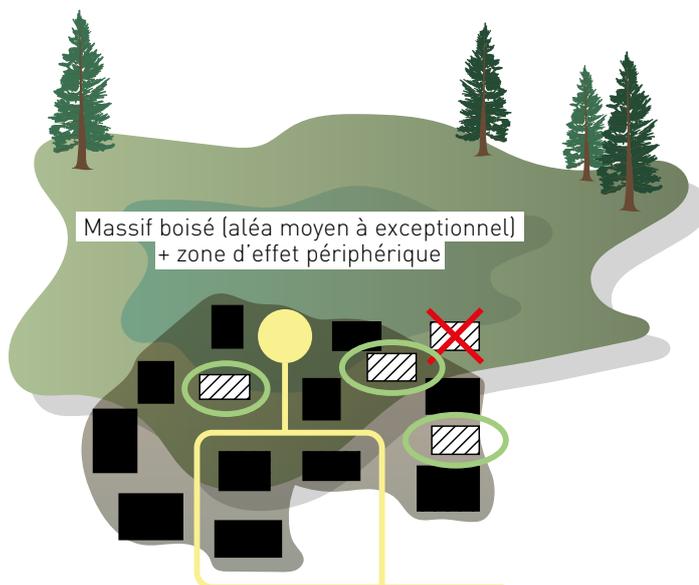
Exemple : Zone d'urbanisation diffuse en milieu naturel boisé

POSSIBILITÉ DE DENSIFIER UNE ZONE URBANISÉE SOUS FORME PEU VULNÉRABLE AU FEU DE FORÊT

Il est possible de construire en dent creuse au sein de l'enveloppe bâtie existante, sous réserve que la zone soit correctement desservie par les équipements de défense extérieure (voirie, hydrants-PEI, dispositif d'isolement avec le massif boisé) et maintenue en état débroussaillé (OLD).

L'objectif est notamment de ne pas augmenter le linéaire à défendre par rapport à la situation initiale.

Voir fiche 3



Notion d'enveloppe urbanisée et de dent creuse

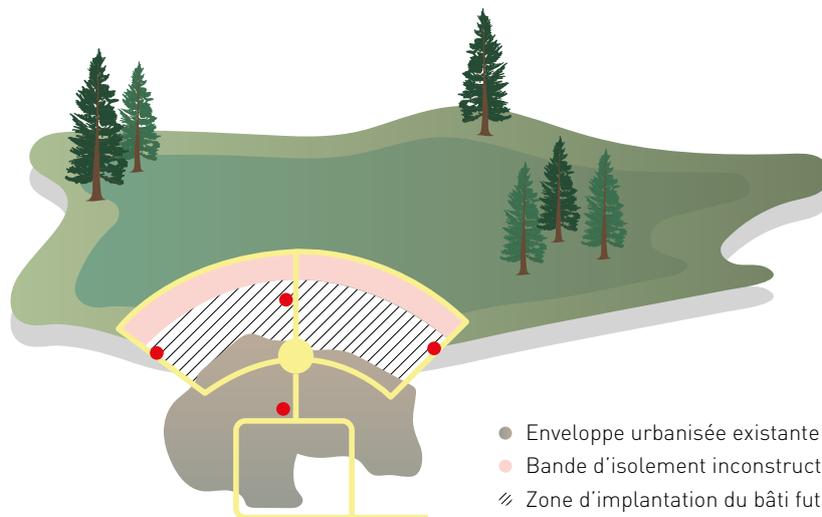


OPÉRATION D'ENSEMBLE

Une opération d'ensemble désigne toute opération d'urbanisme dont les équipements et la forme urbaine sont encadrés à l'échelle du quartier par un schéma d'organisation : Orientation d'Aménagement et de Planification (OAP) du Plan local d'urbanisme (PLU), Zone d'aménagement concerté (ZAC), plan d'aménagement et règlement de lotissement...

Ce schéma, qui s'impose aux constructions futures, doit apporter la garantie du respect des mesures préventives.

Voir fiche 4



- Enveloppe urbanisée existante
- Bande d'isolement inconstructible
- ▨ Zone d'implantation du bâti futur
- Voiries au gabarit DECI
- Hydrants - PEI

ENJEUX SPÉCIFIQUES

6 catégories d'enjeux font l'objet de dispositions spécifiques :

- (E1) Établissements stratégiques ou vulnérables (ex : école, caserne de pompiers)
- (E2) Habitations : logements, hébergements hôtelier et/ou touristique, constructions comprenant des locaux de sommeil de nuit
- (E3) Autres établissements sensibles : constructions recevant du public et pouvant présenter des difficultés de gestion de crise en raison de leur capacité d'accueil importante (assimilable aux ERP de catégories 1 à 4)
- (E4) Campings, aires de gens du voyage ou de grand passage
- (E5) Constructions et installations susceptibles d'aggraver les départs et la propagation du feu et son intensité
- (E6) Exceptions : constructions et installations sans possibilité d'implantation alternative

Les projets qui ne relèvent pas d'une de ces 6 catégories sont réglementés selon les mesures définies pour le cas général.

Voir fiche 5



CHANGEMENT DE DESTINATION

Les changements de destination sont strictement encadrés. 6 catégories sont définies en fonction de la vulnérabilité des constructions, classées par vulnérabilité décroissante :

- a) Établissements stratégiques ou vulnérables (enjeux E1)
- b) Logements (enjeux E2)
- c) Autres établissements sensibles (enjeux E3)
- d) Installations aggravant le risque (enjeux E5)
- e) Constructions et installations avec présence humaine ne relevant pas des classes a, b, c et d
- f) Constructions et installations sans présence humaine ne relevant pas des classes a, b, c et d

Voir fiche 5





1 TABLEAU DES MESURES PRÉVENTIVES

IMPORTANT : Tous les projets autorisés ci-après (constructions nouvelles, extensions, changements de destination) sont conditionnés à l'existence préalable des équipements de défense extérieure suffisants (voirie, hydrants-PEI, dispositif d'isolement avec la zone naturelle boisée) et à la réalisation des obligations légales de débroussaillage. Le SDIS est le service compétent pour définir les prescriptions d'équipements adaptées.

Les projets devront également respecter des règles visant à réduire leur vulnérabilité : entretien de la végétation, sécurisation des réserves de combustibles, mesures constructives (voir **fiche 8**).

| Projet ⁹ | Zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt (ensemble bâti groupé, non aligné, emprise > 2 ha si inséré en milieu boisé) | | | Autres zones vulnérables au feu de forêt (espaces non ou peu bâtis, zones d'urbanisation diffuse) | | |
|--|--|-----------------------|---|---|--|---|
| | Construction nouvelle ^{1 et 2} | Extension | Changement de destination ³ | Construction nouvelle ^{2 et 4} | Extension | Changement de destination ³ |
| ALÉA FAIBLE ET TRÈS FAIBLE | | | | | | |
| E1 Établissements vulnérables et stratégiques | ○ | ○ | ○ Sans création d'un nouvel usage E5 | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | ○ Sans création d'un nouvel usage E1, E3, E4 ou E5 |
| E2 Habitations | ○ | ○ | | ○ dont ERP de capacité limitée ⁵ | ○ | |
| E3 Autres établissements sensibles | ○ | ○ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | |
| E4 Campings | ○ | ○ | | N sauf aire de capacité limitée ⁶ | N sauf aire de capacité limitée ⁶ | |
| E5 Installation aggravant le risque | N | ○ (une seule fois) | | N | ○ Extension limitée ⁷ | |
| E6 Exceptions | ○ | ○ | | ○ | ○ | |
| Autres – cas général⁸ | ○ | ○ | | ○ | ○ | |

¹ Constructions nouvelles admises en densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt (dent creuse) – voir **fiches 2 et 3**.

² Construction nouvelle admise sans création d'un nouvel usage interdit dans la zone. Exemple : nouveau commerce admis sans création d'un établissement sensible (E3) ni d'une installation aggravant le risque (E5).

³ Changement de destination admis sans création d'un nouvel usage interdit dans la zone ou sans augmentation de la vulnérabilité – voir **fiche 6**.

⁴ Dans le cas d'une opération d'ensemble, si elle peut être admise – voir **fiche 4**, les mesures de prévention à appliquer correspondent à celles définies en zone urbanisée peu vulnérable, dans la zone d'aléa requalifié après la réalisation des aménagements de protection.

⁵ Établissements de capacité d'accueil limitée : la capacité pourra s'apprécier en référence à la réglementation des ERP de 5^e catégorie – voir la définition des enjeux E3 en **fiche 5**.

⁶ Campings : admis en aléa faible sous conditions : capacité d'accueil limitée, affichage du risque, plan de gestion de crise et implantation en lisière.

⁷ Extension limitée des constructions existantes : extension une seule fois, par exemple de l'ordre de 30 % de la surface de plancher existante.



| Projet ⁹ | Zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt (ensemble bâti groupé, non aligné, emprise > 2 ha si inséré en milieu boisé) | | | Autres zones vulnérables au feu de forêt (espaces non ou peu bâtis, zones d'urbanisation diffuse) | | | |
|--|--|-------------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|---|
| | Construction nouvelle ^{1 et 2} | Extension | Changement de destination ³ | Construction nouvelle ^{2 et 4} | Extension | Changement de destination ³ | |
| ALÉA MOYEN | | | | | | | |
| E1 Établissements vulnérables et stratégiques | ○ Si étab. de capacité limitée ⁵ | ○ Extension limitée ⁷ | ○ Sans création d'un nouvel usage E3, E4, E5 | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | ○ Sans augmenter la vulnérabilité | |
| E2 Habitations | ○ dont ERP de capacité limitée ⁵ | ○ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | | |
| E3 Autres établissements sensibles | N | ○ Extension limitée ⁷ | | N | ○ Extension limitée ⁷ | | |
| E4 Campings | | N | | | N | | |
| E5 Installation aggravant le risque | | ○ Extension limitée ⁷ | | | ○ Extension limitée ⁷ | | |
| E6 Exceptions | ○ | ○ | | ○ | ○ | | |
| Autres – cas général⁸ | ○ | ○ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | | |
| ALÉA FORT ET TRÈS FORT | | | | | | | |
| E1 Établissements vulnérables et stratégiques | N | ○ Extension limitée ⁷ | ○ Sans création d'un nouvel usage E1, E3, E4, E5 | N sauf opération d'ensemble ⁴ | N | ○ Sans augmenter la vulnérabilité | |
| E2 Habitations | ○ dont ERP de capacité limitée ⁵ | ○ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | | |
| E3 Autres établissements sensibles | N | ○ Extension limitée ⁷ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | N | | |
| E4 Campings | | N | | | | | N |
| E5 Installation aggravant le risque | | ○ Extension limitée ⁷ | | | | | ○ |
| E6 Exceptions | ○ | ○ | | ○ | ○ | | |
| Autres – cas général⁸ | ○ | ○ | | N sauf opération d'ensemble ⁴ | ○ Extension limitée ⁷ | | |

⁸ Exemple d'autres usages hors E1 à E6 (cas général) : bâtiment d'activité (hors ERP) ; ERP de capacité d'accueil limitée (catégorie 5) hors vulnérables et stratégiques (par exemple commerce de moins de 200 personnes = ERP de type M et de catégorie 5)...

⁹ Définition des enjeux spécifiques E1 à E6 – voir **fiche 5**.



| Projet ⁹ | Zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt (ensemble bâti groupé, non aligné, emprise > 2 ha si inséré en milieu boisé) | | | Autres zones vulnérables au feu de forêt (espaces non ou peu bâtis, zones d'urbanisation diffuse) | | |
|---|---|-----------|--|---|-------------------------------------|--|
| | Construction nouvelle ^{1 et 2} | Extension | Changement de destination ³ | Construction nouvelle ² | Extension | Changement de destination ³ |
| ALÉA EXCEPTIONNEL | | | | | | |
| E1 Établissements vulnérables et stratégiques¹⁰ | Densification d'une zone déjà urbanisée sous forme peu vulnérable au feu de forêt : mêmes dispositions qu'en aléa fort et très fort | | | N | N | O Sans augmenter la vulnérabilité |
| E2 Habitations | | | | N | O Extension limitée ⁷ | |
| E3 Autres établissements sensibles | | | | N | N | |
| E4 Campings | | | | | | |
| E5 Installation aggravant le risque | | | | | | |
| E6 Exceptions | | | | O | O | |
| Autres – cas général⁸ | | | | N | O Extension limitée ⁷ | |

¹⁰ Le cas échéant, une adaptation à ces règles pourra être admise pour l'implantation de certains établissements de défense contre l'incendie, en conformité avec la stratégie de défense départementale (validation du Préfet).



2 ZONE URBANISÉE SOUS FORME PEU VULNÉRABLE AUX INCENDIES DE FORÊT

Les zones urbaines peu vulnérables aux incendies de forêt se définissent en fonction du nombre et de la densité des bâtiments existants. Les autres zones (urbanisation diffuse, constructions isolées, zone naturelle boisée) sont toutes considérées comme vulnérables aux incendies de forêt.

- **Cas général :** Il faut *a minima* 6 bâtiments existants inter-distants 2 à 2 de 50 m au maximum et non alignés. Ne sont pas comptabilisées les annexes, les constructions de moins de 20 m² et autres installations techniques dont le comportement au feu peut être très différent d'une construction principale.
- **Cas d'une zone urbanisée isolée ou fortement insérée en milieu boisé :** Cette zone sera considérée comme peu vulnérable aux incendies de forêt dès lors que la zone est urbanisée sous forme groupée et présente en outre une superficie de l'enveloppe bâtie supérieure ou égale à 2 ha.

A) PRÉAMBULE : L'IMPACT DE LA FORME URBAINE SUR LA VULNÉRABILITÉ AUX INCENDIES DE FORÊT

La vulnérabilité des zones urbanisées au risque feu de forêt est liée d'une part à leur proximité avec le massif, et d'autre part au risque de propagation du feu au sein de la zone bâtie :

- Les constructions les plus proches du massif sont fortement exposées au risque par rayonnement et par transfert direct du feu aux bâtiments. La nature de la végétation, la configuration du site (couloir de feu...) influent sur la zone d'effet de l'incendie de forêt en lisière des massifs. C'est la raison pour laquelle une zone d'effet autour des massifs est également exposée à un aléa incendie de forêt.
- Le feu peut également se propager par le biais de la végétation et d'éléments combustibles présents

au sein de la zone urbanisée, en impactant alors l'ensemble des constructions, y compris les plus éloignées de l'espace naturel boisé. L'ONF définit comme « susceptibilité aux incendies de forêt des interfaces forêt-habitat le potentiel de ces espaces plus ou moins modelés par l'homme à propager un incendie éclos en leur sein ou les abordant avec une intensité plus ou moins élevée, dans des conditions de référence données ». Les travaux du pôle DFCI zonal de l'ONF Méditerranée¹, issus du retour d'expérience d'incendies en région méditerranéenne, montrent que la susceptibilité aux incendies de forêt au sein d'une zone urbanisée est moindre lorsque celle-ci présente une densité de constructions et une étendue suffisantes.

L'objet de la présente note est de caractériser la forme urbaine des zones urbanisées présentant une faible vulnérabilité aux incendies, en prenant en compte les deux paramètres aggravants : proximité du massif et risque de propagation du feu dans l'espace urbanisé.

On rappelle par ailleurs que, pour réduire la vulnérabilité des personnes et des biens, **la zone doit en outre bénéficier des moyens optimaux de défense active et passive** : voirie permettant l'accès rapide à la zone à défendre, hydrants permettant l'apport d'eau suffisant, bande d'isolement débroussaillée réduisant l'intensité du feu à l'approche de la zone urbanisée, débroussaillage continu interne à la zone, mesures constructives...

¹ Évaluation et cartographie de la susceptibilité aux incendies des interfaces forêt-habitat en région méditerranéenne française, ONF, 2014.



B) LES CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE

Le retour d'expérience de l'ONF permet de conclure qu'au sein d'un groupe de 6 constructions au minimum, inter-distantes 2 à 2 de 50 m au maximum, et non alignées : « les formations naturelles deviennent minoritaires ; elles sont en général débroussaillées pour partie et remplacées par de la végétation ornementale. Le feu peut cependant se propager au sol puis brûler en cime les bosquets non entretenus entre les constructions. [...] La première rangée de constructions

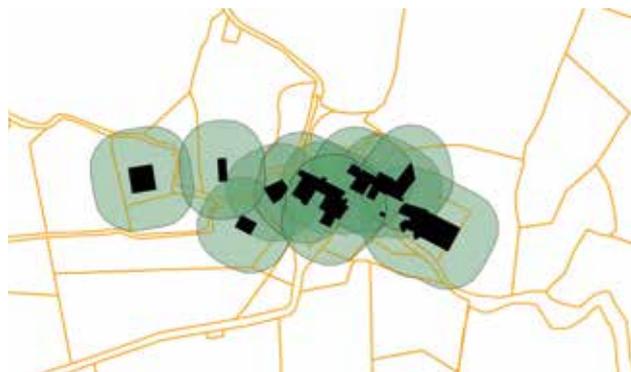
[...] peut être affectée par des feux de cimes en fonction de la formation végétale qui compose cet espace, de son degré d'anthropisation et du respect du débroussaillage obligatoire ».

On retiendra ainsi en premier lieu qu'une **urbanisation groupée est globalement moins vulnérable à la propagation du feu** – cette notion étant associée *a minima* à un groupe de 6 constructions existantes inter-

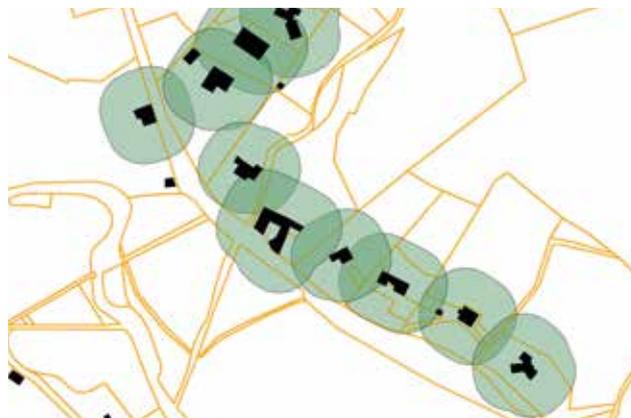
distantes 2 à 2 de 50 m au maximum, et non alignées. Cependant, le premier rang de constructions reste en tout état de cause particulièrement exposé. Dans le **cas particulier d'un petit groupe de constructions (hameau) isolé ou fortement inséré en milieu boisé**, c'est alors l'ensemble de la zone bâtie qui est directement exposée. Aussi, **outre la densité de l'urbanisation, l'étendue de la zone urbanisée groupée doit alors être prise en compte.**

C) EXEMPLES

1) Groupe de plus de 6 constructions inter-distantes de 50 m au maximum², non alignées, non isolées dans le massif boisé (présence de cultures exploitées) : l'enveloppe bâtie, bien que peu étendue, est peu vulnérable aux incendies de forêt. Les constructions les plus proches du massif sont plus exposées que les constructions isolées par les cultures ou en 2^e rang bâti.



2) Constructions alignées, à proximité du massif boisé : le linéaire de constructions présente une **forte vulnérabilité** aux incendies de forêt, liée à la proximité du massif boisé au Nord.

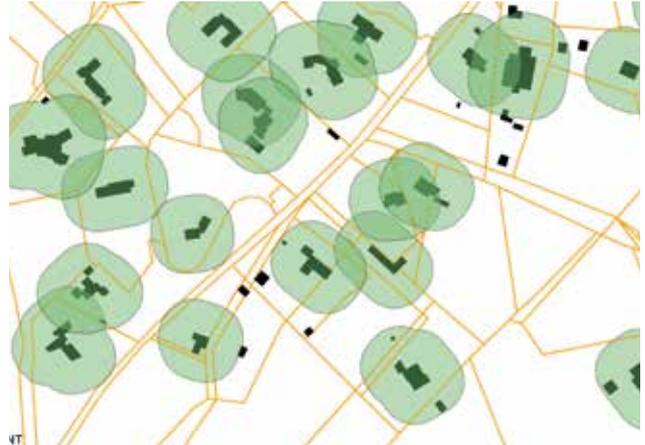
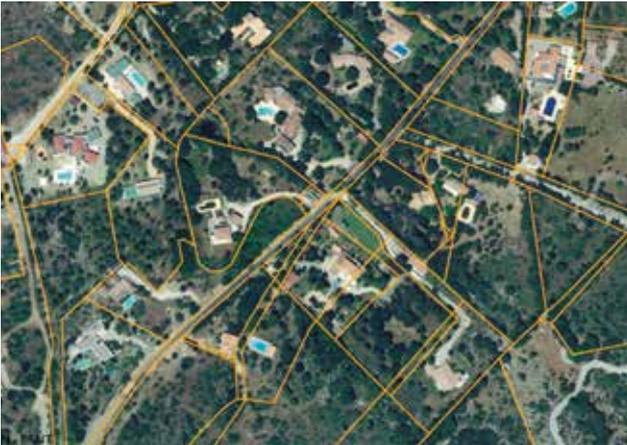


² Des « tampons » de 25 m sont apposés autour des constructions existantes : lorsque 2 tampons voisins se touchent, cela signifie que les constructions sont inter-distantes de 50 m au maximum.

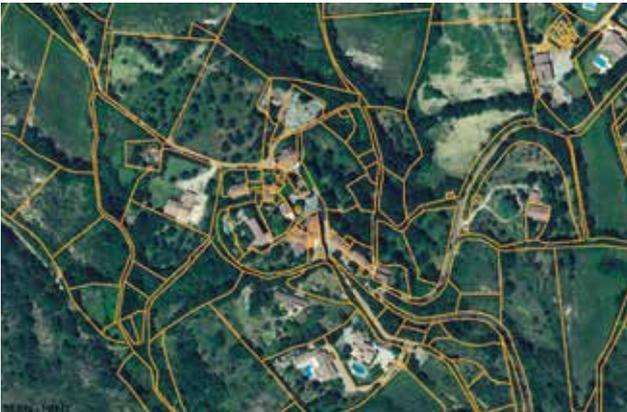
3) Hameau de plus de 6 constructions isolé en milieu boisé : l'enveloppe bâtie (en jaune) est de 3 000 m² (0,3 ha) ↔ hameau **vulnérable** au risque d'incendie de forêt.



4) Zone urbanisée sous forme diffuse en milieu boisé ↔ **vulnérable au feu de forêt**



5) Hameau de plus de 6 constructions, isolé en milieu boisé : plus de 6 constructions groupées non alignées, l'enveloppe bâtie (en jaune) est de 2 ha ↔ **peu vulnérable** aux incendies de forêt. Le 1^{er} rang de constructions au contact avec le milieu boisé est cependant le plus exposé.





3 POSSIBILITÉ DE DENSIFIER UNE ZONE URBANISÉE DÉJÀ EXISTANTE

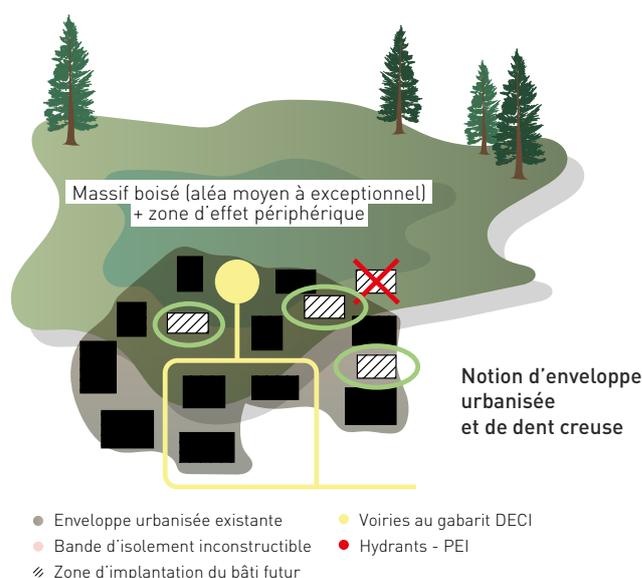
A) CAS D'UNE ZONE URBANISÉE PEU VULNÉRABLE AU FEU DE FORÊT

La notion de zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt est définie dans la [fiche 2](#).

La densification d'une zone urbanisée peu vulnérable au feu de forêt peut être admise, sous réserve qu'elle soit suffisamment équipée : constructions et installations nouvelles en dent creuse.

Un diagnostic du niveau des équipements de défense existants sera établi dans les quartiers déjà urbanisés, notamment dans le cadre de l'élaboration du PLU. Ce diagnostic pourra préconiser selon la situation la mise en place d'une interface aménagée « habitat-forêt » avec piste périmétrale de défense, débroussaillage et hydrants associés.

Une « dent creuse » est implantée strictement à l'intérieur de l'enveloppe déjà bâtie (voir schéma ci-contre) : il s'agit ainsi de ne pas augmenter le linéaire à défendre par rapport à la situation initiale.



B) CAS DES ZONES D'URBANISATION DIFFUSE EXISTANTES

Il s'agit de zones urbanisées vulnérables au feu de forêt.

Une zone d'urbanisation diffuse en milieu boisé est particulièrement vulnérable à la propagation du feu associée à une intensité forte – par opposition aux zones urbanisées sous forme groupée. En outre, ce type d'urbanisation est fréquemment peu organisé, mal desservi tant par les voies d'accès que par le réseau d'hydrants, ce qui rend difficile leur défense et leur évacuation en cas d'incendie : voies en impasse, non ou peu praticables par les engins de secours, sans aires de retournement au gabarit suffisant, etc.

Par conséquent, il est préconisé *a minima* que la commune réalise, avec l'appui d'un bureau d'études compétent, un diagnostic préalable des équipements de défense existants (voiries,

hydrants-PEI, dispositif d'isolement avec l'espace naturel boisé), associé à un programme de mise à niveau des équipements éventuellement phasé dans le temps. Ce diagnostic permettra d'identifier les secteurs correctement desservis par les équipements de défense, et ceux où ces équipements doivent être mis à niveau pour assurer la défense des constructions existantes dans les meilleures conditions – en complément de la réalisation stricte des OLD dans la zone.

Si, au regard de l'ensemble des contraintes d'aménagement et d'urbanisme, la commune souhaite autoriser la densification d'une zone exposée à un aléa moyen à exceptionnel (nouvelles constructions en dent creuse), elle devra en outre faire établir une **étude de risques** visant à déterminer la faisabilité du projet (technique, économique, environnementale...), et, s'il

est acceptable, à définir le programme des équipements de défense nécessaires pour réduire sensiblement l'aléa et la vulnérabilité de la zone au feu (voiries, hydrants, dispositif d'isolement avec l'espace naturel boisé). Le contenu de l'étude de risques est précisé dans la [fiche 7](#).

En l'absence d'étude de risques, et dans l'attente du renforcement des équipements, aucune construction nouvelle ne pourra être admise au sein de la zone d'urbanisation diffuse. En effet, chaque nouvelle habitation conduirait à exposer un ménage supplémentaire à un risque important pour les personnes et les biens.

En d'autres termes, la densification « au fil de l'eau » des zones d'urbanisation diffuse est proscrite, au bénéfice d'une approche globale du risque.



4 OPÉRATION D'ENSEMBLE

Une opération d'ensemble désigne toute opération d'urbanisme dont les équipements et la forme urbaine sont encadrés à l'échelle du quartier par un schéma d'organisation : Orientation d'Aménagement et de Planification (OAP) du Plan local d'urbanisme (PLU), Zone d'aménagement concerté (ZAC), plan d'aménagement et règlement de lotissement...

Ce schéma, qui s'impose aux constructions futures, doit apporter la garantie du respect des mesures préventives : forme urbaine peu vulnérable au feu (urbanisation groupée ou dense), organisation cohérente et équipements de défense adaptés (voirie, hydrants-PEI, dispositif d'isolement avec l'espace naturel boisé).

Par exception, une nouvelle opération d'ensemble peut être admise dans une zone exposée à un aléa feu de forêt moyen, fort et très fort sous les conditions suivantes :

- L'opération présente un enjeu pour la commune justifié dans le document d'urbanisme, en l'absence de possibilité de développement alternative.
- La faisabilité des équipements de défense d'un point de vue technique, économique et environnemental est justifiée. En particulier, une bande d'isolement débroussaillée de 50 ou 100 m sera mise en œuvre en périphérie des constructions, pouvant correspondre à la réalisation des OLD. Pour toute opération de plus de 2 ha, cette bande intégrera une piste périmétrale de défense. La bande d'isolement sera située autant que possible à l'intérieur du périmètre de l'opération ; à défaut elle présentera les garanties d'une gestion pérenne sous maîtrise publique (bande d'isolement sous gestion publique ou servitude notariée liant les propriétaires des fonds dominants et des fonds servants avec garantie publique, constitution d'une association syndicale libre ASL, etc.).
- L'opération est réalisée sous forme peu vulnérable au feu de forêt (voir **fiche 2**), encadrée par un schéma d'organisation. Afin de réduire sa vulnérabilité, l'opération devra se situer **en continuité avec une zone déjà urbanisée**. De plus, si l'opération est fortement insérée en milieu boisé, son emprise bâtie sera au minimum de 2 ha.

En zone d'aléa fort et très fort, il faudra en plus s'assurer que :

- Le nouveau projet contribue à réduire la vulnérabilité d'une zone déjà urbanisée exposée au risque.
- Le porteur réalise une **étude de risques** visant à déterminer la faisabilité du projet et, s'il est acceptable, les conditions de sa mise en œuvre. Le contenu de l'étude de risques est précisé dans la **fiche 7**.

Dans le cas d'une opération d'ensemble, si elle peut être admise, les mesures de prévention à appliquer correspondent à celles définies en zone urbanisée peu vulnérable, dans la zone d'aléa requalifié après la réalisation des aménagements de protection (voir **fiche 1**).



5 ENJEUX SOUMIS À DES DISPOSITIONS SPÉCIFIQUES

6 catégories d'enjeux définies ci-après font l'objet de dispositions spécifiques. Les projets n'entrant pas dans ces 6 catégories sont réglementés selon les mesures définies pour le cas général.

(E1) Établissements vulnérables (dédiés à l'accueil d'un public jeune, de personnes âgées, ou de personnes médicalisées ou dépendantes) **ou stratégiques** (utiles à la gestion de crise).

Exemples : école, crèche, EHPAD, clinique, caserne, mairie, lycée, collège, etc.

(E2) Habitations : logements, hébergements de type hôtelier et/ou touristique, tous bâtiments, constructions et installations comprenant des locaux de sommeil de nuit.

(E3) Autres établissements sensibles : Constructions recevant du public et pouvant présenter des difficultés de gestion de crise (risques de panique, comportements inadaptés...) du fait notamment de leur capacité d'accueil importante. Ils peuvent être assimilés aux ERP de catégorie 1 à 4.

Exemple : un supermarché pouvant accueillir plus de 200 personnes (type M, catégorie 1 à 4).

(E4) Campings, aires d'accueil des gens du voyage, aires de grand passage.

(E5) Constructions et installations aggravant le risque : susceptibles d'aggraver le risque de départ et de propagation du feu, ainsi que l'intensité du feu : ICPE et activités présentant un danger d'incendie, d'explosion, d'émanation de produits nocifs ou un risque pour l'environnement en cas d'incendie. Il s'agit notamment des

ICPE dans lesquelles sont utilisées les substances répertoriées comme comburantes, inflammables, explosives et combustibles (en référence par exemple à la nomenclature des installations classées définies à l'article L511-2 du code de l'environnement).

(E6) Exceptions - Constructions et installations sans possibilité d'implantation alternative : certains aménagements, constructions et installations peuvent être admis sous conditions. Ils sont **listés limitativement ci-après**.

L'ensemble de ces projets devra notamment satisfaire aux conditions suivantes : ne pas aggraver le risque, être défendables (présence des équipements de défense), interdire toute présence et intervention humaine en période de risque fort.

• **Les installations et constructions techniques suivantes sans présence humaine**, qu'elle soit temporaire ou prolongée (notamment pas d'accueil du public de jour ni de nuit, pas de locaux de sommeil ni de postes de travail) :

- installations et constructions techniques de service public ou d'intérêt collectif d'emprise limitée (ex : antenne relais, poste de transformation et de distribution d'énergie, voirie...) ;

- installations et constructions techniques nécessaires à une exploitation agricole ou forestière existante à l'exclusion des bâtiments d'élevage.

- les installations et constructions temporaires nécessaires à l'élevage caprin ou ovin, qui participent à

l'entretien des espaces naturels et à la réduction du risque d'incendie de forêt, sous réserve d'un projet d'aménagement pastoral validé par une structure compétente (chambre d'agriculture...) et sans accueil de public ;

- autres installations et constructions techniques nécessaires à la mise en sécurité d'une activité existante (respect de la réglementation sanitaire ou sécurité... ex. : STEU) ;

- les annexes aux constructions existantes à usage d'habitation (abri de jardin, garage...) d'emprise limitée à 20 m².

• **Les aménagements spécifiques suivants** :

- carrières, sans création de logement, sous réserve de ne pas augmenter la vulnérabilité du secteur (pas de stockage d'explosifs ou de produits inflammables...) ;

- aire de loisirs de plein air (accrobranche, parcours sportif...), ainsi que l'aire de stationnement et le local technique limité à 20 m² (sanitaires, stockage de petit matériel, accueil), à condition d'être implantés en lisière de massif.



6 RÈGLES RELATIVES AUX CHANGEMENTS DE DESTINATION OU D'USAGE

Parmi les règles applicables décrites dans le tableau des prescriptions détaillées (voir **fiche 1**), figure le cas des changements de destination réduisant la vulnérabilité. 6 classes sont définies en fonction de la vulnérabilité des constructions :

a) établissements à caractère stratégique ou vulnérable (enjeux E1) ;

b) logement, hébergement hôtelier et/ou touristique, tous bâtiments, constructions et installations comprenant des locaux de sommeil de nuit (enjeux E2) ;

c) autres établissements sensibles (enjeux E3) ;

d) constructions et installations aggravant le risque (enjeux E5) ;

e) autres bâtiments, constructions et installations avec présence humaine : activités (bureaux, commerces, artisanat, industrie) ne relevant pas des classes a, b, c et d ;

f) autres bâtiments, constructions et installations techniques sans présence humaine : bâtiments à fonction d'entrepôt et de stockage, (notamment les bâtiments d'exploitation agricole et forestière, et locaux techniques - par extension garage, hangar, remise, annexe, sanitaires...) ne relevant pas des classes a, b, c, d, et e.

La hiérarchie suivante, par ordre décroissant de vulnérabilité, est fixée : a > b > c > d > e > f.

Lorsque le changement de destination ou d'usage est admis « sans augmentation de la vulnérabilité », il ne doit pas permettre de passer à une classe de vulnérabilité supérieure par rapport à la situation initiale existante.

Par exemple, la transformation d'une remise en commerce, d'un bureau en habitation, d'un bâtiment d'habitation en maison de retraite vont dans le sens de l'augmentation de la vulnérabilité, tandis que la transformation d'un logement en commerce réduit cette vulnérabilité.

À noter :

- Au regard de la vulnérabilité, un hébergement de type hôtelier ou de tourisme est comparable à de l'habitation, tandis qu'un restaurant relève de l'activité de type commerce.

- La transformation d'un unique logement ou d'une activité unique en plusieurs accroît la vulnérabilité ; de même, l'augmentation de la capacité d'hébergement d'un établissement hôtelier et/ou touristique augmente sa vulnérabilité.



7 ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES D'ALÉAS ET DE RISQUES

La collectivité, dans le cadre de l'élaboration de son document d'urbanisme, ou le porteur d'un projet à enjeu, pourront être amenés à réaliser des études complémentaires pour vérifier la faisabilité de leur plan ou projet.

A) ÉTUDE D'ALÉAS

Elle vise à préciser à l'échelle cadastrale l'aléa établi à l'échelle départementale.

Les études d'aléas complémentaires consisteront le plus souvent à transposer à l'échelle cadastrale la carte d'aléas départementale, sur la base d'une expertise de terrain par un bureau d'études ou un expert compétents. La carte précisée sera ainsi cohérente avec l'aléa départemental,

et prendra en compte la réalité de la zone boisée constatée sur le terrain augmentée d'une zone d'effet mise en évidence par la carte départementale (zone d'effet liée au rayonnement thermique).

Dans certains cas particuliers, une nouvelle modélisation de l'aléa établie par un bureau d'études compétent pourra être nécessaire. Elle répondra

aux conditions suivantes :

- périmètre de l'étude correspondant *a minima* à la zone de projet augmentée d'un tampon de 200 m ;
- conditions de référence issues de l'étude départementale, notamment le rattachement aux types de combustibles définis par l'étude.

B) ÉTUDE DE RISQUES

Une étude de risques est prescrite pour déterminer la faisabilité des projets suivants :

- densifier une zone d'urbanisation diffuse existante exposée à un aléa moyen à exceptionnel (voir **fiche 3**) ;
- réaliser une nouvelle opération d'ensemble en aléa fort ou très fort (voir **fiche 4**).

Si le projet est acceptable (contraintes techniques, économiques, environnementales), l'étude permet alors de définir les aménagements à réaliser pour réduire l'aléa et la vulnérabilité de la zone.

Cette étude de risques comprend :

- le diagnostic des équipements de défense existants ;
- la qualification des aléas avant/après aménagements visant à réduire sensiblement l'intensité du feu dans la zone de projet (voir les hypothèses de la modélisation au chapitre A ci-dessus ; tester notamment la réalisation d'une piste périmétrale de défense, ainsi que l'augmentation des OLD à 100 m) ;

- le programme d'équipements à mettre en œuvre, éventuellement phasé dans le temps, qui déterminera en conséquence les possibilités constructives (voirie, hydrants-PEI, zone d'isolement avec le massif pouvant correspondre à la réalisation des OLD).



8 MESURES COMPLÉMENTAIRES DE RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ

La mise en œuvre des mesures préventives suivantes est recommandée dans l'ensemble des zones exposées à un aléa feu de forêt afin de réduire la vulnérabilité des constructions et installations existantes et la puissance du feu à l'approche de la zone aménagée – sans préjudice des autres réglementations éventuellement applicables, dont notamment les obligations légales de débroussaillage (voir [fiche 9](#)).

Toutefois, les mesures relatives aux réserves de combustibles constituent une prescription à mettre en œuvre préalablement à toute demande d'autorisation d'urbanisme (chapitre B).

Il est à noter que des études pilotées par le ministère de la Transition écologique sont en cours en matière de réduction de vulnérabilité des constructions à l'aléa feu de forêt. Cette annexe pourra donc être actualisée lorsque ces études seront finalisées.

A) ENTRETIEN DE LA VÉGÉTATION

Les terrains non bâtis situés au sein des zones urbanisées ou à proximité des zones à enjeux doivent être régulièrement entretenus, afin d'éviter qu'ils ne deviennent des friches favorisant la propagation du feu à l'espace naturel ou aux constructions, conformément à l'article L2212-25 du code général des collectivités locales. De même, les surfaces agricoles non régulièrement entretenues doivent être nettoyées.

La plantation d'espèces très inflammables notamment le mimosa, l'eucalyptus et toutes les espèces de résineux (cyprès, thuyas, pins...) est à proscrire dans un rayon de 100 mètres autour des bâtiments.

Les haies séparatives ne peuvent dépasser une hauteur ou une largeur de 2 mètres et sont distantes d'au moins 3 mètres des constructions et

installations. Les haies non séparatives ne peuvent dépasser une longueur de 10 mètres d'un seul tenant et sont distantes d'au moins 3 mètres des autres arbres ou arbustes et des constructions ou installations. Ces dispositions sont régies par l'article 671 du code civil.

B) RÉSERVES DE COMBUSTIBLES

1) Constructions nouvelles

Les réserves extérieures de combustibles solides et les tas de bois sont installés à plus de dix mètres des bâtiments à usage d'habitation.

Pour l'utilisation de cuves d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés, les cuves seront enterrées et leur implantation sera privilégiée dans les zones non directement exposées à l'aléa feu de forêt.

Les conduites d'alimentation en cuivre de ces citernes ne devront pas parcourir la génératrice supérieure du réservoir. Elles devront partir immédiatement perpendiculairement à celui-ci dès la sortie du capot de protection, dans la

mesure du possible du côté non-exposé à la forêt. Elles devront être enfouies ou être protégées par un manchon isolant de classe A2.

Un périmètre situé autour des réservoirs d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés devra être exempt de tous matériaux ou végétaux combustibles sur une distance mesurée à partir de la bouche d'emplissage et de la soupape de sécurité de 3 m pour les réservoirs d'une capacité jusqu'à 3,5 tonnes, de 5 m pour les réservoirs de capacité supérieure à 3,5 tonnes et jusqu'à 6 tonnes et de 10 m pour les réservoirs de capacité supérieure à 6 tonnes.

Les alimentations en bouteilles de

gaz seront protégées par un muret en maçonnerie pleine de 0,10 m d'épaisseur au moins dépassant en hauteur de 0,50 m au moins l'ensemble du dispositif.

Si la lisière des arbres est située du côté des vents dominants, les citernes seront protégées par la mise en place d'un écran de classe A2 sur ce côté. Cet écran sera positionné entre 60 centimètres et 2 mètres de la paroi de la citerne avec une hauteur dépassant de 50 centimètres au moins les orifices de soupapes de sécurité. Il peut être constitué par les murs de la maison ou tout autre bâtiment, un mur de clôture ou tout autre écran constitué d'un matériau de classe A2.



2) Bâtiments existants

Les citernes ou réserves aériennes d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés doivent être enfouies. Les conduites d'alimentation depuis ces citernes jusqu'aux constructions doivent être enfouies à une profondeur permettant une durée coupe-feu d'une demi-heure.

Par exception, si l'enfouissement des citernes et des canalisations s'avère techniquement irréalisable, celles-ci doivent être ceinturées par un mur de protection en maçonnerie pleine de 0,1 mètre d'épaisseur au moins (ou tout autre élément incombustible présentant une résistance mécanique équivalente), et dont la partie supérieure dépasse de 0,5 mètre au moins celles des

orifices des soupapes de sécurité. Le périmètre situé autour des ouvrages doit être exempt de tout matériau ou végétal combustible sur une distance de 4 mètres mesurée à partir du mur de protection. Tous les éléments de l'installation devront être réalisés conformément aux prescriptions du Comité Français du Butane et du Propane.

C) RÈGLES ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Des études pilotées par le ministère de la transition écologique sont en cours visant à préciser les mesures constructives les plus adaptées aux sollicitations thermiques auxquelles les bâtiments sont soumis en cas d'incendie de forêt.

Dans l'attente des résultats de ces études, il est recommandé de mettre en œuvre les mesures constructives figurant dans la note du ministère de la Transition écologique en date du 29/07/2015 (annexe 5, chapitre 5.3 de la note nationale).

Ces mesures ont pour objet la non pénétration de l'incendie à l'intérieur du bâtiment et la sauvegarde des personnes réfugiées (confinement) pendant une durée d'exposition de 30 minutes.



9

L'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION SUR LES OBLIGATIONS LÉGALES DE DÉBROUSSAILLEMENT (OLD)

Dans les départements méditerranéens, la loi (articles L131-10 à 131-16 du code forestier) prévoit l'obligation pour les propriétaires des constructions situées à moins de 200 mètres d'une zone sensible aux incendies de forêt de débroussailler et de maintenir en état débroussaillé les terrains sur **une profondeur de 50 mètres autour des constructions, y compris sur les fonds voisins. Le contrôle de ces obligations relève du maire de la commune.**

Le préfet de département fixe par arrêté les prescriptions techniques applicables et définit le champ d'application de cette réglementation. Dans le département de l'Hérault, c'est l'**arrêté préfectoral n°DDTM34-2013-03-02999 du 11 mars 2013** qui s'applique.

A) POURQUOI DÉBROUSSAILLER ?

L'article L131-10 du code forestier définit le débroussaillage comme suit : « Ce sont les opérations de réduction des combustibles végétaux de toute nature dans le but de **diminuer l'intensité et de limiter la propagation des incendies.** Ces opérations assurent une rupture suffisante de la continuité du couvert végétal. Elles peuvent com-

prendre l'élagage des sujets maintenus et l'élimination des rémanents de coupes ».

Un débroussaillage conforme n'arrête pas un feu. Toutefois il permet de ralentir suffisamment sa progression et de diminuer son intensité afin de permettre une **protection passive de la forêt, des biens et des personnes**

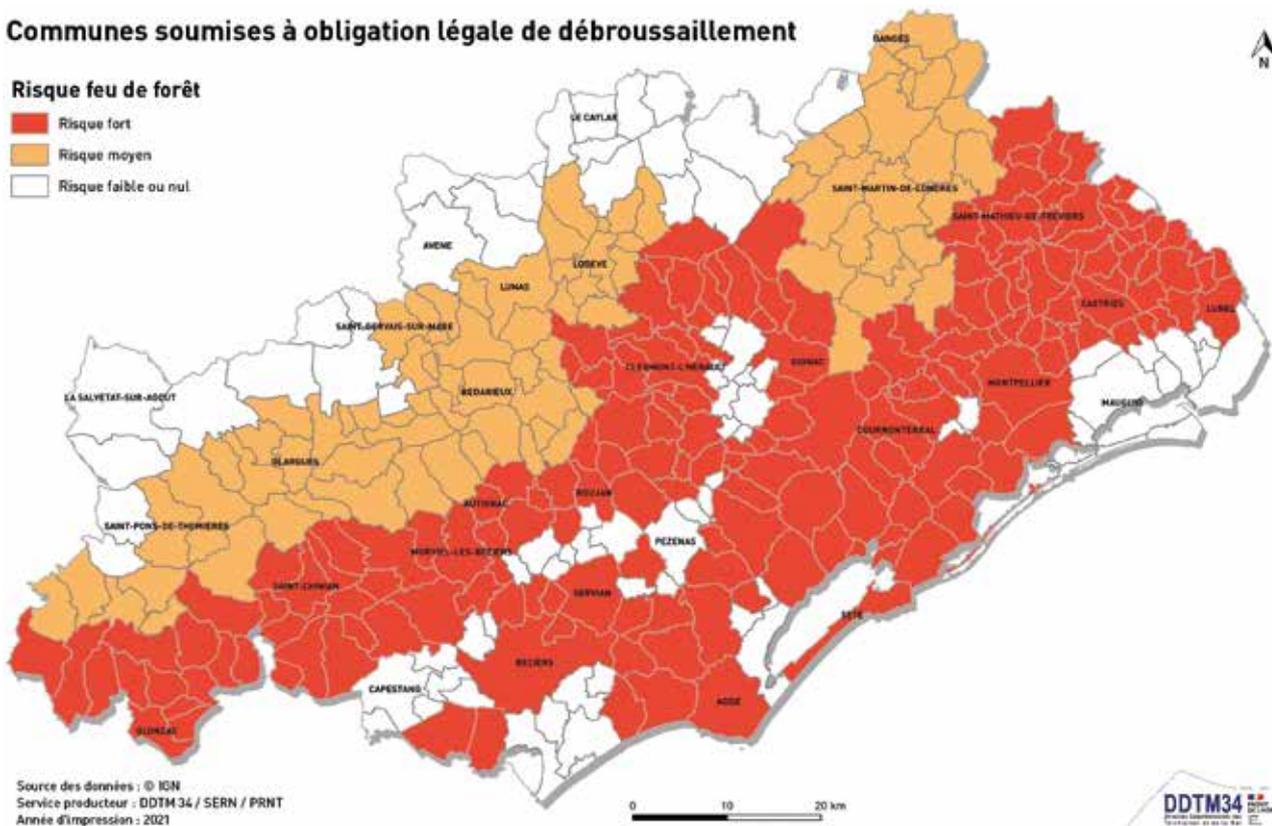
mais aussi de favoriser une **intervention sécurisée des pompiers.**

Dans l'Hérault, les 79 communes à risque global d'incendie de forêt faible ou nul sont exclues du champ d'application de la réglementation.

Communes soumises à obligation légale de débroussaillage

Risque feu de forêt

- Risque fort
- Risque moyen
- Risque faible ou nul





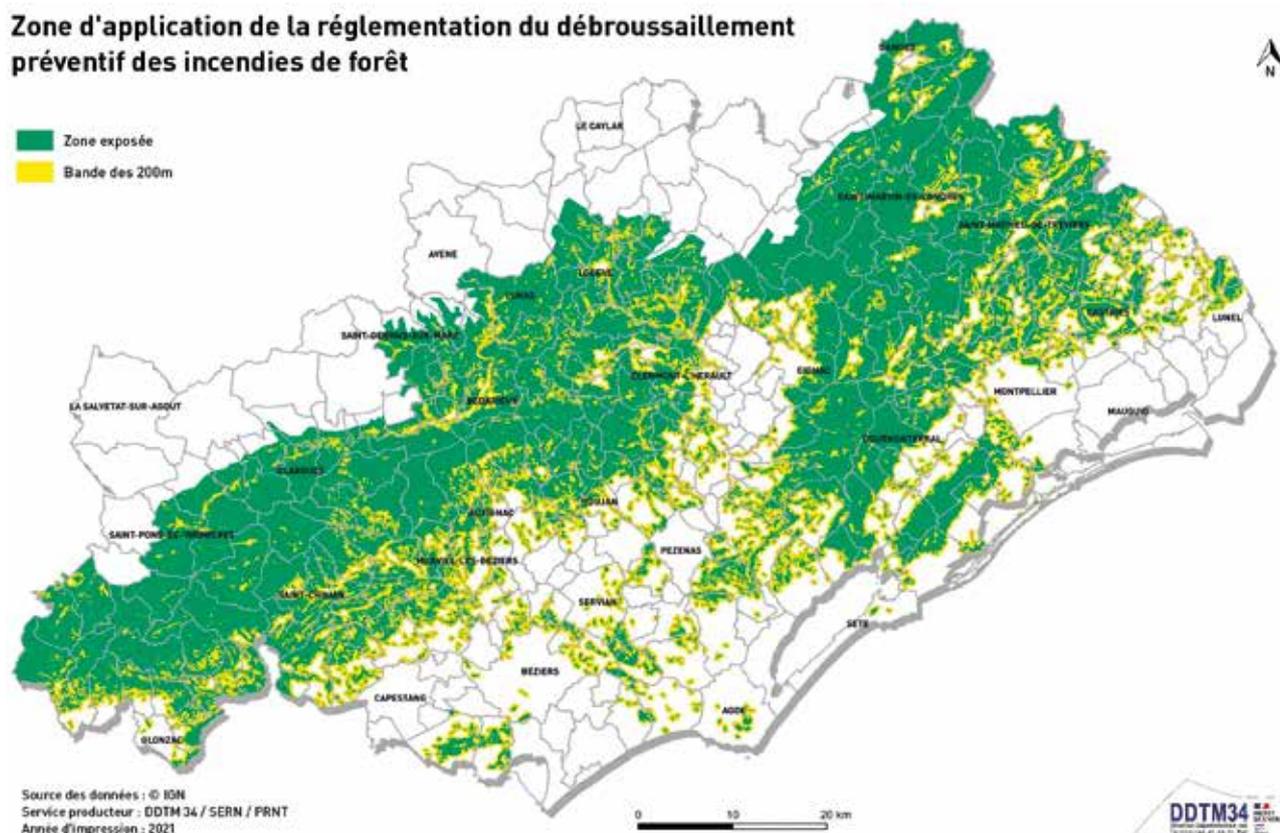
264 communes sont concernées en tout ou partie par la réglementation sur le débroussaillage dans le département de l'Hérault. Sur ces

communes, le champ d'application concerne les bois, forêts, plantations d'essences forestières, reboisements, landes, maquis et garrigues dénommées

« zones exposées aux incendies de forêt » (zone verte) ainsi qu'une bande de 200 mètres autour (zone jaune) sur la carte ci dessous :

Zone d'application de la réglementation du débroussaillage préventif des incendies de forêt

- Zone exposée
- Bande des 200m



C) QUI DOIT DÉBROUSSAILLER QUOI ?

Le code forestier (article L134-6) prévoit que l'obligation de débroussailler et de maintien en état débroussaillé s'applique, pour les terrains situés à moins de 200 mètres des bois et forêts, dans chacune des situations suivantes :

1°) aux abords des constructions, chantiers et installations de toute nature, sur une profondeur de 50 mètres. Le maire a le pouvoir, par le code forestier, de porter les OLD de 50 à 100 m sur certains secteurs de sa commune par arrêté municipal.

2°) aux abords des voies privées donnant accès à ces constructions, chantiers et installations de toute nature, sur une **profondeur de 5 mètres de part et d'autre de la voie** fixée par l'arrêté préfectoral du 11 mars 2013 ;

3°) sur les terrains situés dans les zones urbaines (zones U) du Plan local d'urbanisme (PLU) ;

4°) Dans les zones urbaines des communes non dotées d'un PLU, le Préfet peut, après avis du conseil

municipal et de la commission départementale compétente en matière de sécurité et après information du public, porter l'obligation énoncée au 1° au-delà de 50 mètres, sans toutefois excéder 200 mètres ;

5°) sur les terrains servant d'assiette à une Zone d'aménagement concertée (ZAC), un lotissement ou une Association foncière urbaine (AFU) ;

6°) sur la totalité du terrain lorsqu'il s'agit d'un terrain de camping ou servant d'aire de stationnement de



caravane. S'agissant des campings, ceux-ci sont considérés comme des installations et à ce titre, ils doivent être débroussaillés sur une profondeur de 50 mètres au-delà de la limite du camping.

Pour les points 3, 5 et 6, les travaux sont **à la charge du propriétaire du terrain.**

Les OLD s'appliquent également dans une bande de 5 m de part et d'autres des voiries ouvertes à la

circulation automobile publique (routes communales, routes départementales, autoroutes...). Elles sont à la charge du gestionnaire de la voirie. Le gestionnaire est prioritaire en cas de superposition avec les OLD d'un bâti.



Ouvrier sylvicole lors de son travail de débroussaillage © Arnaud Bouissou / Terra

**DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER
DE L'HÉRAULT**

—

Bâtiment Ozone,
181 place Ernest Granier
CS 60 556 - 34 064 Montpellier cedex 02

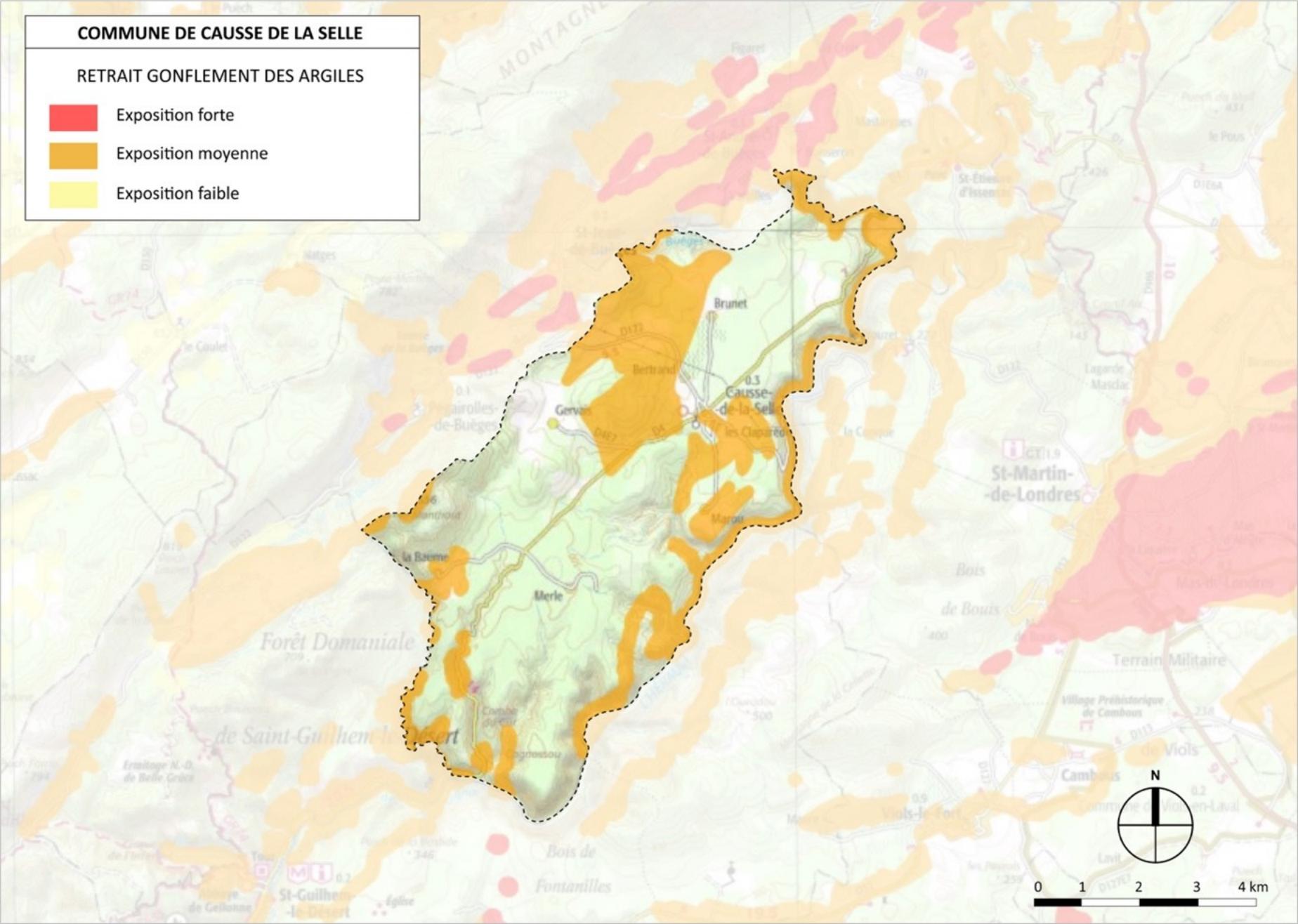
DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER
DE L'HÉRAULT



COMMUNE DE CAUSSE DE LA SELLE

RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES

-  Exposition forte
-  Exposition moyenne
-  Exposition faible





MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES

face aux risques

Version 4 du 06/08/07

Le retrait-gonflement des argiles

Comment prévenir les désordres
dans l'habitat individuel ?

Prévention
risques naturels majeurs



Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction..... | 2 |
| <i>1. Face à quel phénomène ?</i> | 3 |
| 1.1 Pourquoi les sols gonflent-ils et se rétractent-ils ?..... | 3 |
| <i>Pourquoi spécifiquement les sols argileux ?</i> | |
| <i>Les effets de la dessiccation sur les sols</i> | |
| 1.2 Facteurs intervenant dans le phénomène de retrait- gonflement des argiles | 5 |
| 1.3 Manifestation des désordres | 8 |
| <i>Les désordres au gros-œuvre</i> | |
| <i>Les désordres au second-œuvre</i> | |
| <i>Les désordres sur les aménagements extérieurs</i> | |
| <i>L'évaluation des dommages</i> | |
| <i>2. Le contrat d'assurance</i> | 11 |
| <i>3. Comment prévenir ?</i> | 12 |
| 3.1 La connaissance : cartographie de l'aléa | 12 |
| 3.2 L'information préventive | 13 |
| 3.3 La prise en compte dans l'aménagement | 14 |
| 3.4 Les règles de construction | 15 |
| 3.5 La réduction de la vulnérabilité du bâti existant | 15 |
| <i>4. Organismes de référence, liens internet et bibliographie</i> | 16 |
| <i>Fiches</i> | 17 |

Introduction

Le phénomène de retrait-gonflement des argiles, bien que non dangereux pour l'homme, engendre chaque année sur le territoire français des dégâts considérables aux bâtiments, pouvant dépasser 60 millions d'euros cumulés par département entre 1989 et 1998. En raison notamment de leurs fondations superficielles, les maisons individuelles sont particulièrement vulnérables à ce phénomène. Partant de ce constat, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a souhaité mettre en place une démarche d'information du grand public.

Ce dossier spécifique au retrait-gonflement des argiles fait partie d'une collection de documents, dont l'objectif est de faciliter l'accès à l'information sur les phénomènes naturels générateurs de dommages et sur les moyens de les prévenir.

Ces dossiers traitent notamment des moyens de mitigation (réduction de la vulnérabilité) qui peuvent être mis en place par les particuliers eux-même et à moindre frais ou pour un coût plus important en faisant appel à un professionnel. Ce dossier a pour objectif d'apporter des informations pratiques sur les différentes techniques de mitigation existantes. Une première partie introductive présente le phénomène et ses conséquences, au moyen de nombreux schémas et illustrations, puis des fiches expliquent chaque technique envisagée et les moyens de la mettre en oeuvre.

Actuellement, seuls le retrait-gonflement des argiles et les inondations font l'objet d'un dossier, mais à terme d'autres phénomènes pourront être traités.

Définitions générales

Afin de mieux comprendre la problématique des risques majeurs, il est nécessaire de connaître quelques définitions générales.

L'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique d'occurrence et d'intensité données.

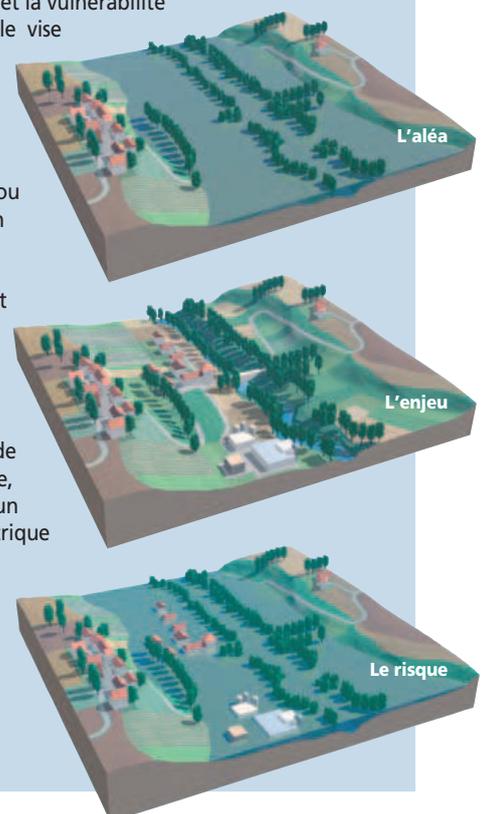
L'enjeu est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel ou des activités humaines. Il se caractérise par son importance (nombre, nature, etc.) et sa vulnérabilité.

Le risque majeur est le produit d'un aléa et d'un enjeu. Il se caractérise par sa faible fréquence, sa gravité et l'incapacité de la société exposée à surpasser l'événement. Des actions sont dans la plupart des cas possibles pour le réduire, soit en atténuant l'intensité de l'aléa, soit en réduisant la vulnérabilité des enjeux.

La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné.

La mitigation (atténuation, réduction) des risques naturels est une démarche destinée à réduire l'intensité de certains aléas et la vulnérabilité des enjeux. Elle vise la réduction des dommages, liés à la survenue de phénomènes climatologiques ou géologiques, afin de les rendre supportables - économiquement du moins - par la société.

La sécheresse géotechnique est une période de longueur variable, caractérisée par un déficit pluviométrique plus ou moins marqué et se traduisant par une diminution de la teneur en eau de l'horizon du sous-sol.



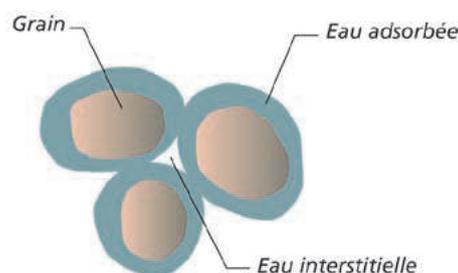
1 - Face à quel phénomène ?

1.1 - Pourquoi les sols gonflent-ils et se rétractent-ils ?

Le matériau **argileux** présente la particularité de voir sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Dur et cassant lorsqu'il est asséché, un certain degré d'humidité le fait se transformer en un matériau **plastique** et malléable. Ces modifications de consistance peuvent s'accompagner, en fonction de la structure particulière de certains minéraux argileux, de variations de volume plus ou moins conséquentes : fortes augmentations de volume (phénomène de gonflement) lorsque la teneur en eau augmente, et inversement, rétractation (phénomène de retrait) en période de déficit pluviométrique marqué.

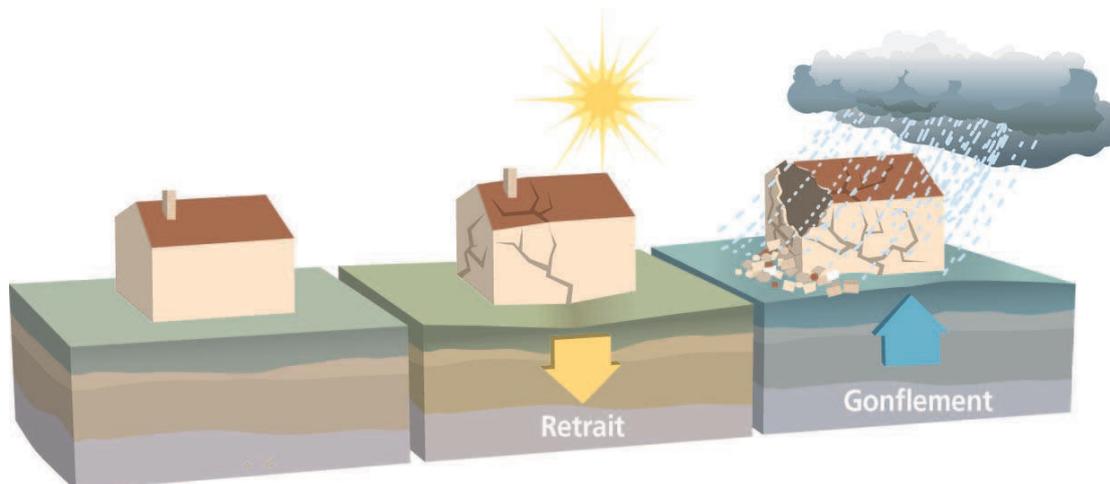
Les phénomènes de **capillarité**, et surtout de **succion**, sont à l'origine de ce comportement. Les variations de volume des sols argileux répondent donc à des variations de teneur en eau (on notera que des variations de contraintes extérieures – telles que les surcharges - peuvent, par ailleurs, également générer des variations de volume).

Tous les sols présentent la particularité de contenir de l'eau en quantité plus ou moins importante :



- de l'**eau de constitution**, faisant partie intégrante de l'organisation moléculaire des grains formant le sol ;
- de l'**eau liée** (ou **adsorbée**), résultant de l'attraction entre les grains et l'eau (pression de succion). On peut se représenter cette couche adsorbée comme un film visqueux entourant le grain ;
- une **eau interstitielle**, remplissant les vides entre les grains du sol (lorsque ceux-ci sont entièrement remplis, le sol est dit saturé).

La part respective entre ces différents « types » d'eau, très variable, dépend de la nature du sol et de son état hydrique. En fonction de cette répartition, les sols auront une réponse différente vis-à-vis des variations de teneur en eau. Plus la quantité d'eau adsorbée contenue dans un sol est grande, plus celui-ci est susceptible de « faire » du retrait.



Pourquoi spécifiquement les sols argileux ?

Les caractéristiques de la structure interne des minéraux argileux expliquent leur comportement face aux variations de teneur en eau :

- ils présentent en effet une structure minéralogique « en feuillets », à la surface desquels les molécules d'eau peuvent s'adsorber sous l'effet de différents phénomènes physico-chimiques, et ce de façon d'autant plus marquée que les grains du sol, fins et aplatis, ont des surfaces développées très grandes. Il en résulte un gonflement, plus ou moins réversible, du matériau. L'eau adsorbée assure les liaisons entre les grains et permet les modifications de structure du sol lors des variations de teneur en eau ;
- certains grains argileux peuvent eux-mêmes voir leur volume changer, par variation de la distance entre les feuillets argileux élémentaires, du fait d'échanges d'ions entre l'eau interstitielle et l'eau adsorbée ;
- les pores du sol sont très fins et accentuent les phénomènes de capillarité.

Toutes les familles de minéraux argileux ne présentent pas la même prédisposition au phénomène de retrait-gonflement. L'analyse de leur structure minéralogique permet d'identifier les plus sensibles. Le groupe des **smectites** et, dans une moindre mesure, le groupe des **interstratifiées** (alternance plus ou moins régulière de feuillets de nature différente) font partie des plus sujets au phénomène (on parle d'*argiles gonflantes*).

Cette sensibilité est liée :

- à des liaisons particulièrement lâches entre les feuillets constitutifs, ce qui facilite l'acquisition ou le départ d'eau. Cette particularité permet à l'eau de pénétrer dans l'espace situé entre les feuillets, autorisant ainsi de fortes variations de volume (on parle de *gonflement interfoliaire* ou *intercristallin*) ;
- au fait que ces argiles possèdent une surface spécifique particulièrement importante (800 m²/g pour la montmorillonite qui appartient

aux smectites, 20 m²/g pour la kaolinite), et que la quantité d'eau adsorbée que peut renfermer un sol est directement fonction de ce paramètre.

Les argiles non gonflantes sont ainsi caractérisées par des liaisons particulièrement lâches et par une surface spécifique de leurs grains peu développée.

Pour une variation de teneur en eau identique, l'importance des variations de volume d'un sol argileux « gonflant » dépend aussi :

- **Des caractéristiques « initiales » du sol**, notamment la densité, la teneur en eau et le degré de saturation avant le début de l'épisode climatique (sécheresse ou période de pluviométrie excédentaire). Ainsi, l'amplitude des variations de volume sera d'autant plus grande que la variation de teneur en eau sera marquée. À ce titre, la succession d'une période fortement arrosée et d'une période de déficit pluviométrique constitue un facteur aggravant prépondérant ;
- **de l'« histoire » du sol**, en particulier de l'existence éventuelle d'épisodes antérieurs de chargement ou de dessiccation. Par exemple, un sol argileux « gonflant » mais de compacité élevée (sur-consolidation naturelle, chargement artificiel, etc.) ne sera que peu influencé par une période de sécheresse. À contrario, un remaniement des terrains argileux (à l'occasion par exemple de travaux de terrassement) pourrait favoriser l'apparition des désordres ou être de nature à les amplifier.

Les effets de la dessiccation sur les sols

S'il est saturé, le sol va d'abord diminuer de volume, de façon à peu près proportionnelle à la variation de teneur en eau, tout en restant quasi saturé. Cette diminution de volume s'effectue à la fois **verticalement**, se traduisant par un tassement, mais aussi **horizontalement** avec l'apparition de fissures de dessiccation (classiquement observées dans les fonds de mares qui s'assèchent).

En deçà d'une certaine teneur en eau (dite *limite de retrait*), le sol ne diminue plus de volume, et



les espaces intergranulaires perdent leur eau au bénéfice de l'air. Des pressions de succion se développent de façon significative.

Lorsque le sol argileux non saturé s'humidifie, il se sature sans changement de volume. Il en résulte une annulation progressive des pressions de succion jusqu'à ce que l'argile retrouve son volume initial, voire le dépasse. Divers paramètres, dont la nature minéralogique de l'argile, conditionnent l'ampleur de ce gonflement. Les déformations verticales (de retrait ou de gonflement) peuvent atteindre 10 % de l'épaisseur de sol considérée, voir dépasser cette valeur.

En France métropolitaine, et plus largement dans les régions tempérées, seule la tranche superficielle de sol (1 m à 2 m) est concernée par les variations saisonnières de teneur en eau. À l'occasion d'une sécheresse très marquée et/ou dans un environnement défavorable [cf. paragraphe 1.2], cette influence peut toutefois se faire sentir jusqu'à **une profondeur atteignant 5 m environ**.

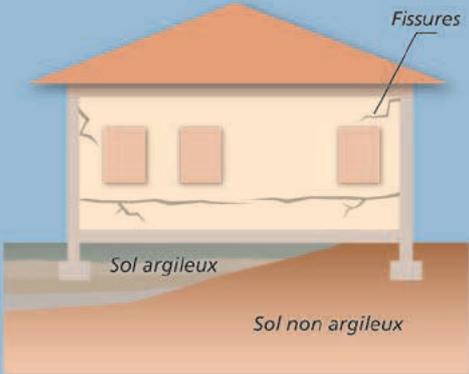
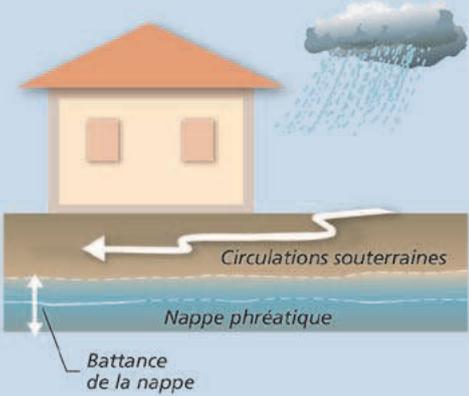
1.2 - Facteurs intervenant dans le phénomène de retrait – gonflement des argiles

On distinguera les facteurs de prédisposition et les facteurs de déclenchement. Les premiers, par leur présence, sont de nature à induire le phénomène de retrait-gonflement des argiles, mais ne suffisent pas à le déclencher. Il s'agit de facteurs internes (liés à la nature des sols), et de facteurs

dit d'environnement (en relation avec le site). **Les facteurs de prédisposition permettent de caractériser la susceptibilité du milieu au phénomène et conditionnent sa répartition spatiale.**

Les facteurs de déclenchement sont ceux dont la présence provoque le phénomène de retrait-gonflement, mais n'ont d'effet significatif que s'il existe des **facteurs de prédisposition** préalables. Leur connaissance permet de déterminer **l'occurrence du phénomène** (l'aléa et plus seulement la susceptibilité).

Le tableau ci-après présente succinctement chacun des facteurs en jeu.

| TYPE DE FACTEUR | SCHÉMA EXPLICATIF | COMMENTAIRE |
|----------------------------------|---|--|
| FACTEUR DE PRÉDISPOSITION | | |
| La nature du sol |  | <p>Facteur de prédisposition prépondérant : seules les formations géologiques renfermant des minéraux argileux sont a priori concernées.</p> <p>La susceptibilité est fonction, en premier lieu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la lithologie (importance de la proportion de matériaux argileux au sein de la formation) ; - de la composition minéralogique : les minéraux argileux ne sont pas tous « gonflants » et une formation argileuse sera d'autant plus réactive que la proportion de minéraux argileux « favorables » au phénomène (smectites, etc.) sera forte ; - de la géométrie de l'horizon argileux (profondeur, épaisseur) ; - de l'éventuelle continuité des niveaux argileux. <p>L'hétérogénéité de constitution du sous-sol constitue une configuration défavorable. C'est le cas par exemple avec une alternance entre niveaux argileux sensibles et niveaux plus grossiers propices aux circulations d'eau : ces derniers favorisent les variations de teneur en eau des niveaux argileux se trouvant à leur contact.</p> |
| Le contexte hydrogéologique |  | <p>C'est l'un des facteurs environnementaux essentiels. Les deux principaux facteurs néfastes sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la présence éventuelle d'une nappe phréatique à profondeur limitée ; - l'existence de circulations souterraines temporaires, à profondeur relativement faible. Elles peuvent être à l'origine de fréquentes variations de teneur en eau des niveaux argileux, favorisant ainsi le phénomène de retrait-gonflement. <p>Les conditions hydrauliques in situ peuvent varier dans le temps en fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de l'évapotranspiration, dont les effets sont perceptibles à faible profondeur (jusqu'à 2 m environ) ; - de la battance de la nappe éventuelle (avec une action prépondérante à plus grande profondeur). <p>La présence d'un aquifère à faible profondeur permet le plus souvent d'éviter la dessiccation de la tranche superficielle du sol. Mais en période de sécheresse, la dessiccation par l'évaporation peut être aggravée par l'abaissement du niveau de la nappe (ou encore par un tarissement naturel et saisonnier des circulations d'eau superficielles). Ce phénomène peut en outre être accentué par une augmentation des prélèvements par pompage.</p> |



La géomorphologie

*Symétrie
des fondations*



*Dissymétrie
des fondations*



Elle conditionne la répartition spatiale du phénomène :

- un terrain en pente entraîne souvent une **dissymétrie des fondations** d'une construction, favorisant une aggravation des désordres sur le bâti. En effet, les fondations reposant le plus souvent à une cote homogène, les fondations amont sont alors plus enterrées et donc moins exposées aux variations de teneur en eau que les fondations aval.

- cet effet peut être renforcé par une **différence de nature de sol** à la base des fondations amont et aval (les couches superficielles du sol étant généralement parallèles à la topographie, les fondations amont reposent donc sur des terrains moins altérés et remaniés que les fondations aval).

- alors qu'une pente favorise le drainage par gravité, sur terrains plats **les eaux de ruissellement** ont tendance à stagner et à s'infiltrer, et ainsi à ralentir la dessiccation du sol.

- **l'orientation** constitue également un paramètre non négligeable. Sur une pente orientée au Sud, les sols à l'aval d'une construction sont soumis à un ensoleillement plus important que ceux situés en amont, à l'ombre de la bâtisse. La dessiccation y sera donc plus marquée.

La végétation



*Désordres partiels
dûs à l'action localisée d'un arbre*

Son rôle est souvent prépondérant. Les racines des végétaux aspirent l'eau du sol par succion. En période de **bilan hydrique** négatif (les prélèvements par l'arbre sont supérieurs aux apports), cette succion provoque une migration d'eau pouvant se traduire par :

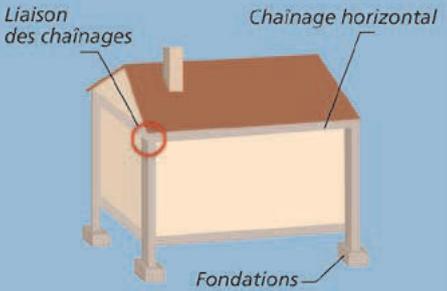
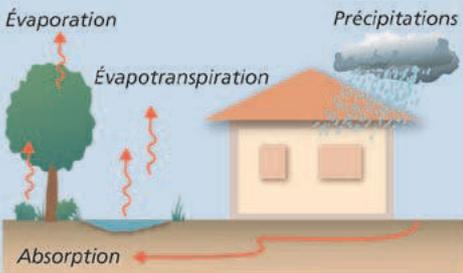
- un tassement centré sur l'arbre (formation d'une « cuvette ») ;
- un lent déplacement du sol vers l'arbre.

Une fondation « touchée » subira donc une double distorsion (verticale et horizontale) dont les effets seront particulièrement visibles dans le cas d'une **semelle filante**. Lorsque le bilan hydrique devient positif, les mécanismes inverses peuvent éventuellement se manifester.

On considère en général que l'influence d'un arbre adulte peut se faire sentir jusqu'à une distance équivalente à une fois sa hauteur (et jusqu'à une profondeur de l'ordre de 4 m à 5 m), avec des variations en fonction des essences.

Lorsqu'une construction s'oppose à l'évaporation, maintenant ainsi sous sa surface une zone de sol plus humide, les racines se développent de façon préférentielle dans sa direction. Il en est de même avec tout autre élément ayant une attraction positive, par exemple les regards et dispositifs d'assainissement fuyards.

Dans le cas de l'urbanisation d'un terrain déboisé depuis peu, ou encore de l'abattage d'un arbre qui était situé à côté d'une construction, des désordres par gonflement peuvent se manifester pendant plusieurs années. Ils résultent d'une augmentation de la teneur en eau générale du sol.

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| <p>Les défauts de construction</p> |  | <p>Ce facteur de prédisposition, souvent mis en lumière à l'occasion d'une sécheresse exceptionnelle, se traduit par la survenance ou l'aggravation des désordres.</p> <p>L'examen de dossiers d'expertise indique que les maisons touchées présentent souvent des défauts de conception ou de fondation, ou encore une insuffisance de chaînage (horizontal, vertical, mauvaise liaison entre chaînages). Le respect des règles de l'art « élémentaires » permettrait de minimiser, voire d'éviter, une large partie de ces désordres.</p> |
| FACTEUR DE DÉCLENCHEMENT | | |
| <p>Les conditions climatiques</p> |  | <p>Les phénomènes climatiques exceptionnels sont le principal facteur de déclenchement du phénomène. Les variations de teneur en eau du sol sont liées à des variations climatiques saisonnières. Les désordres seront plus importants dans le cas d'une sécheresse particulièrement marquée, intervenant à la suite d'une période fortement arrosée (par sa durée et par les cumuls de pluie observés). Deux paramètres primordiaux entrent en jeu : l'évapotranspiration et les précipitations.</p> |
| <p>Les facteurs anthropiques</p> |  | <p>Des modifications de l'évolution « naturelle » des teneurs en eau du sous-sol peuvent résulter de travaux d'aménagement qui auraient pour conséquence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de perturber la répartition des écoulements superficiels et souterrains ; - de bouleverser les conditions d'évaporation. <p>Cela peut être le cas pour des actions de drainage du sol d'un terrain, de pompage, de plantations, d'imperméabilisation des sols, etc.</p> <p>Une fuite, voire la rupture d'un réseau enterré humide ou une infiltration d'eaux pluviales, peuvent avoir un impact significatif sur l'état hydrique du sous-sol et de ce fait provoquer des désordres par gonflement des argiles.</p> <p>L'existence de sources de chaleur en sous-sol près d'un mur insuffisamment isolé peut également aggraver, voire déclencher, la dessiccation et entraîner l'apparition de désordres localisés.</p> |

1.3 - Manifestation des désordres

Les désordres aux constructions pendant une sécheresse intense sont dus aux tassements différentiels du sol de fondation, pouvant atteindre plusieurs centimètres. Ils résultent des fortes différences de teneur en eau au droit des façades (zone de transition entre le sol exposé à l'évaporation et celui qui en est protégé) et, le cas échéant,

de la végétation proche. L'hétérogénéité des mouvements entre deux points de la structure va conduire à une déformation pouvant entraîner fissuration, voire rupture de la structure. La réponse du bâtiment sera fonction de ses **possibilités de déformation**. On peut en effet imaginer :

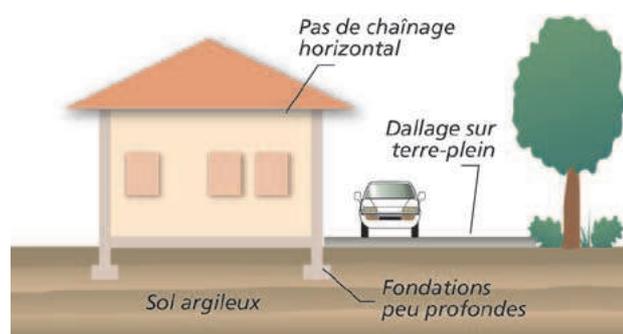
- ♦ une structure souple et très déformable, pouvant « suivre » sans dommage les mouvements du sol ;

- une structure parfaitement rigide (horizontalement et verticalement) pouvant résister sans dommage aux mouvements du sol du fait d'une nouvelle répartition des efforts.

Cependant, dans la majorité des cas, la structure ne peut accepter les distorsions générées. Les constructions les plus vulnérables sont les maisons individuelles, notamment en raison :

- de leur structure légère et souvent peu rigide, et de leurs fondations souvent superficielles par rapport aux immeubles collectifs ;
- de l'absence, très souvent, d'une étude géotechnique préalable permettant d'adapter le projet au contexte géologique.

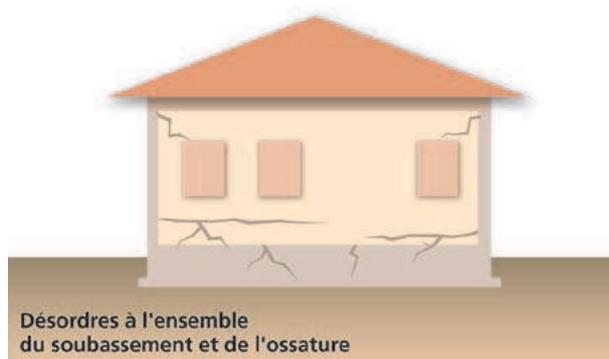
La « construction-sinistrée type » est ainsi une habitation individuelle de plain-pied (l'existence d'un sous-sol impliquant des fondations assez largement enterrées, à une profondeur où les terrains sont moins sujets à la dessiccation), reposant sur des fondations inadaptées et avec présence d'arbres à proximité.



Les désordres au gros-œuvre

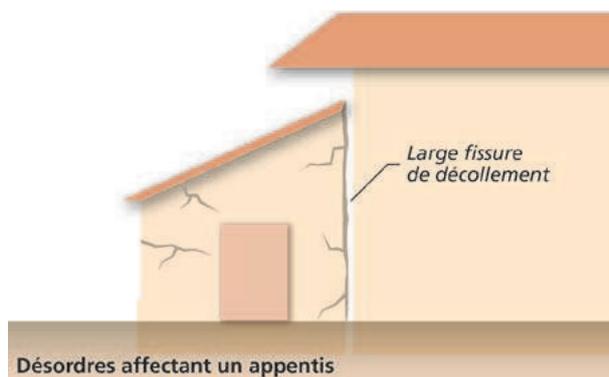
- **Fissuration des structures** (enterrées ou aériennes).

Cette fissuration (lorsque les fissures atteignent une largeur de 30 mm à 40 mm, on parle de lézardes), souvent oblique car elle suit les discontinuités des éléments de maçonnerie, peut également être verticale ou horizontale. Plusieurs orientations sont souvent présentes en même temps. Cette fissuration passe quasi-systématiquement par les points faibles que constituent les



ouvertures (où que celles-ci soient situées - murs, cloisons, planchers, plafonds).

- **Déversement des structures** (affectant des parties du bâti fondées à des cotes différentes) ou **décollement de bâtiments annexes accolés** (garages,...)



- **Désencastrement** des éléments de charpente ou de chaînage.



Fissuration traduisant un décollement de la structure par absence de liaisonnement entre niveau bas et combles.

- **Décollement, fissuration de dallages** et de cloisons.

Source : Alp'Géorisques.



Affaissement du plancher mis en évidence par le décalage entre plinthes et dallage - Maison Jourdan.

Les désordres au second-œuvre

- **Distorsion des ouvertures**, perturbant le fonctionnement des portes et fenêtres.

Source : www.argiles.fr



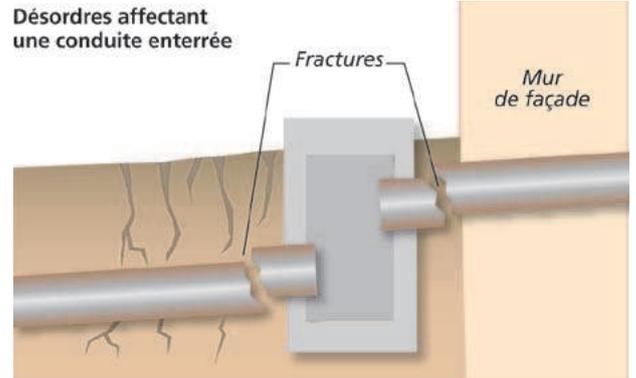
- **Décollement des éléments composites** (enduits et placages de revêtement sur les murs, carrelages sur dallages ou planchers, etc.).

Source : Alp'Géorisques.



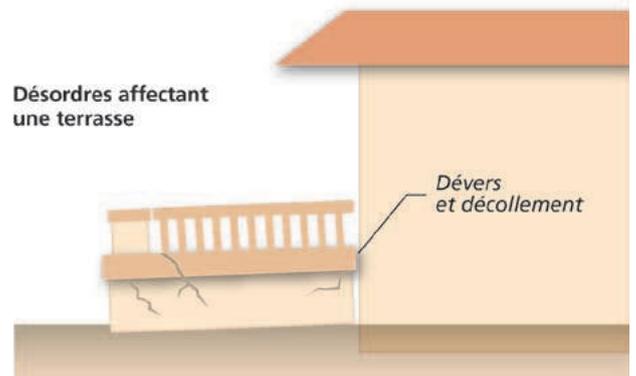
Fissuration intérieure, tapisserie déchirée - Maison André.

- Étirement, mise en compression, voire **rupture de tuyauteries ou canalisations** enterrées (réseaux humides, chauffage central, gouttières, etc.).

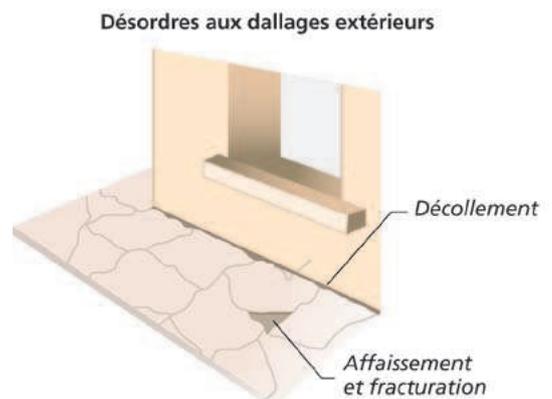


Les désordres sur les aménagements extérieurs

- **Décollement et affaissement des terrasses, trottoirs et escaliers extérieurs.**



- **Décollement, fissuration des dalles**, carrelage des terrasses et trottoirs extérieurs.



- Fissuration de murs de soutènement.



Source : Alp'Géorisques.

L'évaluation des dommages

Le nombre de constructions touchées par ce phénomène en France métropolitaine est très élevé. Suite à la sécheresse de l'été 2003, plus de 7 400 communes ont demandé une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. **Depuis 1989**, le montant total des remboursements effectués au titre du régime des catastrophes naturelles a été évalué par la Caisse Centrale de Réassurance, fin 2002, à **3,3 milliards d'euros**. Plusieurs centaines de milliers d'habitations sinistrées, réparties sur plus de 500 communes (sur plus de 77 départements) ont été concernés. Il s'agit ainsi du deuxième poste d'indemnisation après les inondations.

Le phénomène génère des coûts de réparation très variables d'un sinistre à un autre, mais souvent très lourds. Ils peuvent même dans certains cas s'avérer prohibitifs par rapport au coût de la construction (il n'est pas rare qu'ils dépassent 50% de la valeur du bien). **Le montant moyen d'indemnisation d'un sinistre dû au phénomène de retrait / gonflement des argiles a été évalué à plus de 10 000 € par maison**, mais peut atteindre 150 000 € si une reprise en sous-œuvre s'avère nécessaire. Dans certains cas cependant, la cause principale des désordres peut être supprimée à moindre frais (abattage d'un arbre), et les coûts de réparation se limiter au rebouchage des fissures.

2 - Le contrat d'assurance

La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (art. L.125-1 à L.125-6 du Code des assurances) a fixé pour objectif d'indemniser les victimes de catastrophes naturelles en se fondant sur le principe de solidarité nationale.

Pour que le sinistre soit couvert au titre de la garantie « catastrophes naturelles », il faut que l'agent naturel en soit la cause directe. L'état de catastrophe naturelle, ouvrant droit à la garantie est constaté par un arrêté interministériel (des ministères de l'Intérieur et de l'Économie et des Finances) qui détermine les zones et les périodes où s'est située la catastrophe ainsi que la nature des dommages couverts par la garantie (article L. 125-1 du Code des assurances).

Pour que cette indemnisation s'applique, les victimes doivent avoir souscrit un contrat d'assurance garantissant les « dommages » aux biens ainsi que, le cas échéant, les dommages aux véhicules terrestres à moteur. Cette garantie est étendue aux « pertes d'exploitation », si elles sont couvertes par le contrat de l'assuré.

Les limites

Cependant, l'assuré conserve à sa charge une partie de l'indemnité due par l'assureur. La franchise prévue aux **articles 125-1 à 3 du Code des assurances**, est valable pour les contrats « dommage » et « perte d'exploitation ». Cependant, les montants diffèrent selon les catégories et se déclinent selon le tableau suivant.

Comme on peut le voir dans le tableau, pour les communes non pourvues d'un PPR, le principe de variation des franchises d'assurance s'applique (il a été introduit par l'arrêté du 13 août 2004).

Les franchises sont ainsi modulées en fonction du nombre de constatations de l'état de catastrophe naturelle intervenues pour le même risque, au cours des cinq années précédant l'arrêté.

| Type de contrat | Biens concernés | Communes dotées d'un PPR* | | Communes non dotées d'un PPR |
|----------------------------------|---------------------------------|--|---|---|
| | | Franchise pour dommages liés à un risque autre que la sécheresse | Montant concernant le risque sécheresse | Modulation de la franchise en fonction du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle |
| Contrat « dommage » | Habitations | 381 euros | 1 524 euros | 1 à 2 arrêtés : x1 3 arrêtés : x2 4 arrêtés : x3 5 et plus : x4 |
| | Usage professionnel | 10% du montant des dommages matériels (minimum 1 143 euros) | 3 084 euros | |
| Contrat « perte d'exploitation » | Recettes liées à l'exploitation | Franchise équivalente à 3 jours ouvrés (minimum 1 143 euros) | | |

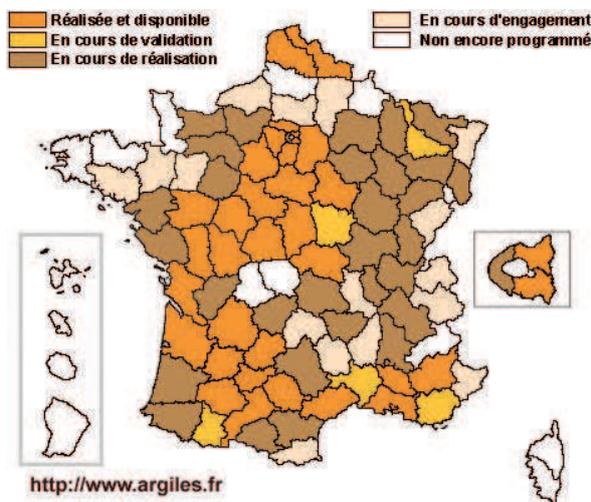
* Communes qui ont un PPR prescrit depuis moins de 4 ans et communes ayant un document valant PPR.

3 - Comment prévenir ?

3.1 - La connaissance : cartographie de l'aléa

Devant le nombre des sinistres et l'impact financier occasionné par le phénomène de retrait-gonflement des argiles, le Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables a chargé le Bureau de Recherches Géologiques et

Minières (BRGM) d'effectuer une cartographie de cet aléa. Elle est réalisée en juin 2007 pour les 37 départements français les plus exposés au regard du contexte géologique et du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle. Ce programme de cartographie départementale est aujourd'hui disponible et librement accessible sur Internet à l'adresse www.argiles.fr pour 32 départements. Il est prévu une couverture nationale pour cet aléa.

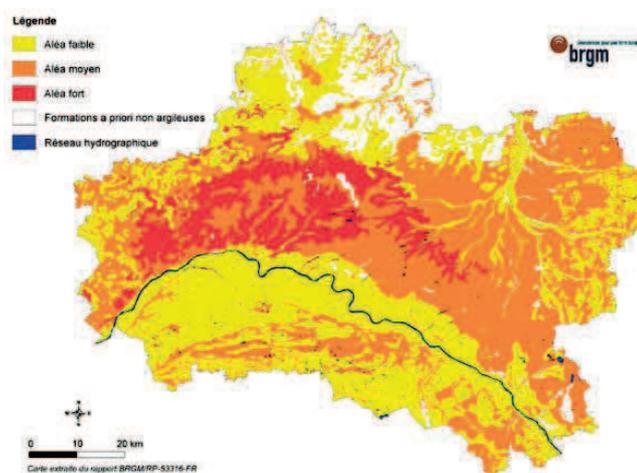


État d'avancement des cartes départementales d'aléa retrait-gonflement réalisées par le BRGM à la demande du MEDAD (mise à jour en juin 2007)

Ces cartes, établies à l'échelle 1/50 000, ont pour but de délimiter les zones a priori sujettes au phénomène, et de les hiérarchiser selon quatre degrés d'aléa (a priori nul, faible, moyen et fort – cf. tableau ci-contre).

La finalité de ce programme cartographique est **l'information du public, en particulier des propriétaires et des différents acteurs de la construction.**

Par ailleurs, il constitue une étape préliminaire essentielle à l'élaboration de zonages réglementaires au niveau communal, à l'échelle du 1/10 000 : **les Plans de Prévention des Risques** [cf. paragraphe 3.3].



Carte d'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Loiret.

| Niveau d'aléa | Définition |
|---------------------------|--|
| Fort | Zones sur lesquelles la probabilité de survenance d'un sinistre sera la plus élevée et où l'intensité des phénomènes attendus est la plus forte, au regard des facteurs de prédisposition présents. |
| Moyen | Zones « intermédiaires » entre les zones d'aléa faible et les zones d'aléa fort. |
| Faible | Zones sur lesquelles la survenance de sinistres est possible en cas de sécheresse importante, mais avec des désordres ne touchant qu'une faible proportion des bâtiments (en priorité ceux qui présentent des défauts de construction ou un contexte local défavorable, proximité d'arbres ou hétérogénéité du sous-sol par exemple). |
| Nul ou négligeable | Zones sur lesquelles la carte géologique n'indique pas la présence de terrain argileux en surface. La survenue de quelques sinistres n'est cependant pas à exclure, compte tenu de la présence possible, sur des secteurs localisés, de dépôts argileux non identifiés sur les cartes géologiques, mais suffisants pour provoquer des désordres ponctuels. |

3.2 - L'information préventive

La loi du 22 juillet 1987 a instauré le droit des citoyens à une information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis sur tout ou partie du territoire, ainsi que sur les mesures de sauvegarde qui les concernent. Cette partie de la loi a été reprise dans l'article L125.2 du Code de l'environnement.

Établi sous l'autorité du préfet, le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) recense à l'échelle d'un département l'ensemble des risques majeurs par commune. Il explique les phénomènes et présente les mesures de sauvegarde. À partir du DDRM, le préfet porte à la connaissance du maire les risques dans la commune, au moyen de cartes au 1 : 25 000 et décrit la nature des risques, les événements historiques, ainsi que les mesures d'État mises en place.

Le maire élabore un document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM). Ce document reprend les informations portées à la connaissance du maire par le préfet. Il précise les dispositions préventives et de protection prises au plan local. Il comprend l'arrêté municipal relatif aux modalités d'affichage des mesures de sauvegarde. Ces deux documents sont librement consultables en mairie.

Le plan de communication établi par le maire peut comprendre divers supports de communication, ainsi que des plaquettes et des affiches, conformes aux modèles arrêtés par les ministères chargés de l'environnement et de la sécurité civile (arrêté du 9 février 2005).

Le maire doit apposer ces affiches :

- dans les locaux accueillant plus de 50 personnes,
- dans les immeubles regroupant plus de 15 logements,
- dans les terrains de camping ou de stationnement de caravanes regroupant plus de 50 personnes.

Les propriétaires de terrains ou d'immeubles doivent assurer cet affichage (sous contrôle du maire) à l'entrée des locaux ou à raison d'une affiche par 5 000 m² de terrain.

La liste des arrêtés de catastrophe naturelle dont a bénéficié la commune est également disponible en mairie.

L'information des acquéreurs et locataires de biens immobiliers

Dans les zones sismiques et celles soumises à un PPR, le décret du 15 février 2005 impose à tous les propriétaires et bailleurs d'informer les acquéreurs et locataires de biens immobiliers de l'existence de risques majeurs concernant ces biens. En cela, les propriétaires et bailleurs se fondent sur les documents officiels transmis par l'État : PPR et zonage sismique de la France.

Cette démarche vise à développer la culture du risque auprès de la population.

D'autre part, les vendeurs et bailleurs doivent informer les acquéreurs et locataires lorsqu'ils ont bénéficié d'un remboursement de sinistre au titre de la déclaration de catastrophe naturelle de leur commune.

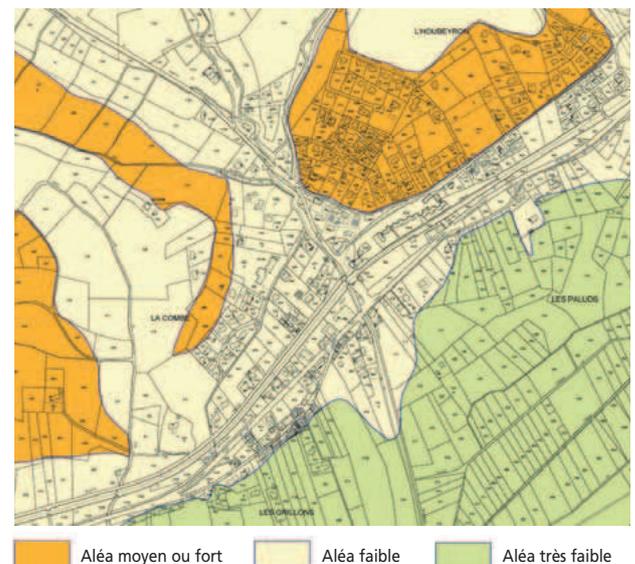
3.3 - La prise en compte dans l'aménagement

Les désordres aux constructions représentent un impact financier élevé pour de nombreux propriétaires et pour la collectivité. C'est dans ce contexte que le MEDAD a instauré le programme départemental de cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles [cf. paragraphe 3.1]. Il constitue un préalable à l'élaboration des **Plans de Prévention des Risques** spécifiques à l'échelle communale, dont le but est de diminuer le nombre de sinistres causés à l'avenir par ce phénomène, en l'absence d'une réglementation nationale prescrivant des dispositions constructives particulières pour les sols argileux gonflants.

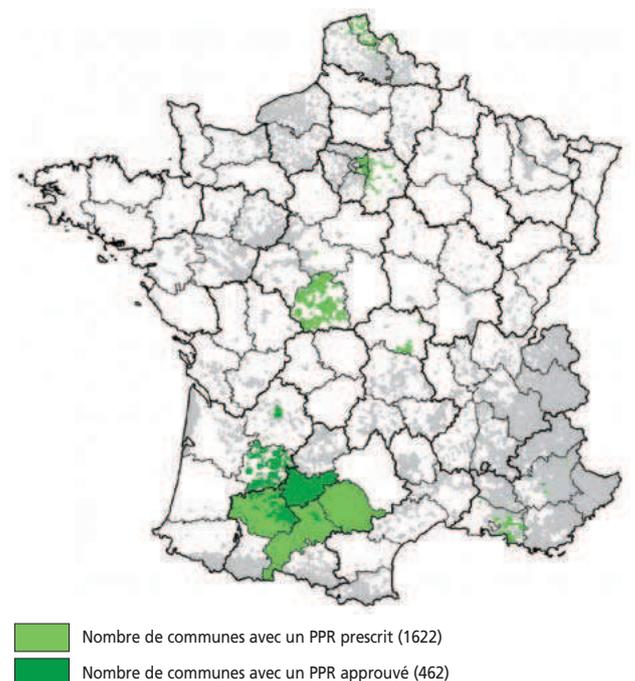
En mai 2007, la réalisation de PPR tassements différentiels a été prescrite dans 1 622 communes. 462 communes possèdent un PPR approuvé. Cet outil réglementaire s'adresse notamment à toute personne sollicitant un permis de construire, mais aussi aux propriétaires de bâtiments

existants. Il a pour objectif de délimiter les zones exposées au phénomène, et dans ces zones, d'y réglementer l'occupation des sols. **Il définit** ainsi, pour les projets de construction futurs et le cas échéant pour le bâti existant (avec certaines limites), **les règles constructives** (mais aussi liées à

Extrait d'une carte d'aléa retrait-gonflement des argiles (DDE 04 - Alp'Géorisques)



État cartographié national des PPR prescrit ou approuvé au 04/05/2007 - Aléa : tassements différentiels.



l'environnement proche du bâti) **obligatoires ou recommandées** visant à réduire le risque d'apparition de désordres. Dans les secteurs exposés, le PPR peut également imposer la réalisation d'une étude géotechnique spécifique, en particulier préalablement à tout nouveau projet.

Du fait de la lenteur et de la faible amplitude des déformations du sol, ce phénomène est sans danger pour l'homme. **Les PPR ne prévoient donc pas d'inconstructibilité**, même dans les zones d'aléa fort. Les mesures prévues dans le PPR ont un coût, permettant de minorer significativement le risque de survenance d'un sinistre, sans commune mesure avec les frais (et les désagréments) occasionnés par les désordres potentiels.

3.4 - Les règles de construction

Dans les communes dotées d'un PPR prenant en compte les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, le règlement du PPR définit les règles constructives à mettre en oeuvre (mesures obligatoires et/ou recommandations) dans chacune des zones de risque identifiées.

Dans les communes non dotées d'un PPR, il convient aux maîtres d'ouvrage et/ou aux constructeurs de respecter un certain nombre de mesures afin de réduire l'ampleur du phénomène et de limiter ses conséquences sur le projet en adaptant celui-ci au site. Ces mesures sont détaillées dans les fiches présentes ci-après.

Dans tous les cas, le respect des « règles de l'art » élémentaires en matière de construction constitue un « minimum » indispensable pour assurer une certaine résistance du bâti par rapport au phénomène, tout en garantissant une meilleure durabilité de la construction.

3.5 - La réduction de la vulnérabilité du bâti existant

Les fiches présentées ci-après détaillent les principales mesures envisageables pour réduire l'ampleur du phénomène et ses conséquences sur le bâti. Elles sont prioritairement destinées

aux maîtres d'ouvrages (constructions futures et bâti existant), mais s'adressent également aux différents professionnels de la construction.

Elles ont pour objectif premier de détailler les mesures préventives essentielles à mettre oeuvre. Deux groupes peuvent être distingués :

- les fiches permettant de minimiser le risque d'occurrence et l'ampleur du phénomène :
 - fiche 3, réalisation d'une ceinture étanche autour du bâtiment ;
 - fiche 4, éloignement de la végétation du bâti ;
 - fiche 5, création d'un écran anti-racines ;
 - fiche 6, raccordement des réseaux d'eaux au réseau collectif ;
 - fiche 7, étanchéification des canalisations enterrées ;
 - fiche 8, limiter les conséquences d'une source de chaleur en sous-sol ;
 - fiche 10, réalisation d'un dispositif de drainage.
- les fiches permettant une adaptation du bâti, de façon à s'opposer au phénomène et ainsi à minimiser autant que possible les désordres :
 - fiche 1, adaptation des fondations ;
 - fiche 2, rigidification de la structure du bâtiment ;
 - fiche 9, désolidariser les différents éléments de structure.

4 - Organismes de référence, liens internet et bibliographie

Site internet

■ Ministère de l'Écologie, du développement et de l'aménagement durables

<http://www.prim.net>

■ Bureau de recherches Géologiques et Minières

<http://www.argiles.fr>

(consultation en ligne et téléchargement des cartes d'aléas départementales)

■ Agence Qualité Construction (association des professions de la construction)

<http://www.qualiteconstruction.com>

Bibliographie

■ **Sécheresse et construction** - *guide de prévention* ; 1993, La Documentation française.

■ **Effets des phénomènes de retrait-gonflement des sols sur les constructions** – *Traitement des désordres et prévention* ; 1999, Solen.

■ **Retrait-gonflement des sols argileux** - *méthode cartographique d'évaluation de l'aléa en vue de l'établissement de PPR* ; 2003, Marc Vincent BRGM.

■ **Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Loiret** ; 2004, BRGM.

Glossaire

Aquifère : À prendre dans ce document au sens de nappe d'eau souterraine. Le terme désigne également les terrains contenant cette nappe.

Argile : Selon la définition du Dictionnaire de géologie (A. Foucault, JF Raoult), le terme argile désigne à la fois le minéral (= minéral argileux) et une roche (meuble ou consolidée) composée pour l'essentiel de ces minéraux. La fraction argileuse est, par convention, constituée des éléments dont la taille est inférieure à 2 µm.

Battance : Fluctuation du niveau d'une nappe souterraine entre les périodes de hautes eaux et celles de basses eaux.

Bilan hydrique : Comparaison entre les quantités d'eau fournies à une plante (précipitations, arrosage, etc) et sa « consommation ».

Capillarité : Ensemble des phénomènes relatifs au comportement des liquides dans des tubes très fins (et par lesquels de l'eau par exemple peut remonter dans un tube fin à un niveau supérieur à celui de la surface libre du liquide, ou encore dans un milieu poreux tel qu'un sol meuble).

Chaînage : Élément d'ossature des parois porteuses d'un bâtiment ; ceinturant les murs, le chaînage solidarise les parois et empêche les fissurations et les dislocations du bâtiment. On distingue les chaînages horizontaux, qui ceinturent chaque étage au niveau des planchers, et sur lesquels sont élevées les parois, et les chaînages verticaux qui encadrent les parois aux angles des constructions et au droit des murs de refend (mur porteur formant une division de locaux à l'intérieur d'un édifice).

Évapotranspiration : L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol (fonction des conditions de température, de vent et d'ensoleillement notamment) et par la transpiration (eau absorbée par la végétation).

Plastique : Le qualificatif plastique désigne la capacité d'un matériau à être modelé.

Semelle filante : Type de fondation superficielle la plus courante, surtout quand le terrain d'assise de la construction se trouve à la profondeur hors gel. Elle se prolonge de façon continue sous les murs porteurs.

Succion : Phénomène dû aux forces capillaires par lequel un liquide, à une pression inférieure à la pression atmosphérique, est aspiré dans un milieu poreux.

Surface spécifique : Elle désigne l'aire réelle de la surface d'un objet par opposition à sa surface apparente.

Fiches

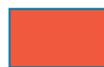
Code des couleurs



Mesure simple



Mesure technique



Mesure nécessitant l'intervention d'un professionnel

Code des symboles



Mesure concernant le bâti existant



Mesure concernant le bâti futur



Mesure applicable au bâti existant et futur



Remarque importante



Problème à résoudre : Pour la majorité des bâtiments d'habitation « classiques », les structures sont fondées superficiellement, dans la tranche du terrain concernée par les variations saisonnières de teneur en eau. Les sinistres sont ainsi dus, pour une grande part, à une inadéquation dans la conception et/ou la réalisation des fondations.

Descriptif du dispositif : Les fondations doivent respecter quelques grands principes :

- adopter une profondeur d'ancrage suffisante, à adapter en fonction de la sensibilité du site au phénomène ;
- éviter toute dissymétrie dans la profondeur d'ancrage ;
- préférer les fondations continues et armées, bétonnées à pleine fouille sur toute leur hauteur.

Champ d'application : Concerne sans restriction tout type de bâtiment, d'habitation ou d'activités.

Schéma de principe

Plate-forme en déblais-remblais

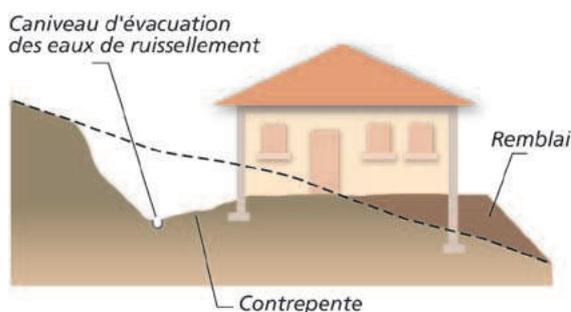
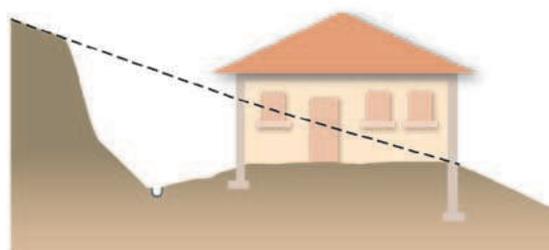


Plate-forme en déblais



Conditions de mise en œuvre :

- La profondeur des fondations doit tenir compte de la capacité de retrait du sous-sol. Seule une étude géotechnique spécifique est en mesure de déterminer précisément cette capacité. À titre indicatif, on considère que cette profondeur d'ancrage (si les autres prescriptions – chaînage, trottoir périphérique, etc. – sont mises en œuvre), qui doit être au moins égale à celle imposée par la mise hors gel, doit atteindre au minimum 0,80 m en zone d'aléa faible à moyen et 1,20 m en zone d'aléa fort. Une prédisposition marquée du site peut cependant nécessiter de rechercher un niveau d'assise sensiblement plus profond.

Un radier généralisé, conçu et réalisé dans les règles de l'art (attention à descendre suffisamment la bêche périmétrique), peut constituer une bonne alternative à un approfondissement des fondations.

- Les fondations doivent être ancrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment (ceci vaut notamment pour les terrains en pente (où l'ancrage aval doit être au moins aussi important que l'ancrage amont) ou à sous-sol hétérogène. En particulier, les sous-sols partiels qui induisent des hétérogénéités d'ancrage sont à éviter à tout prix. Sur des terrains en pente, cette nécessité d'homogénéité de l'ancrage peut conduire à la réalisation de redans.

⚠ Lorsque le bâtiment est installé sur une plate-forme déblai/remblai ou déblai, il est conseillé de descendre les fondations « aval » à une profondeur supérieure à celle des fondations « amont ». Les fondations doivent suivre les préconisations formulées dans le DTU 13.12.

Les études permettant de préciser la sensibilité du sous-sol au phénomène et de définir les dispositions préventives nécessaires (d'ordre constructif ou autre) doivent être réalisées par un bureau d'études spécialisé, dont la liste peut être obtenue auprès de l'Union Française des Géologues (tél : 01 47 07 91 95).

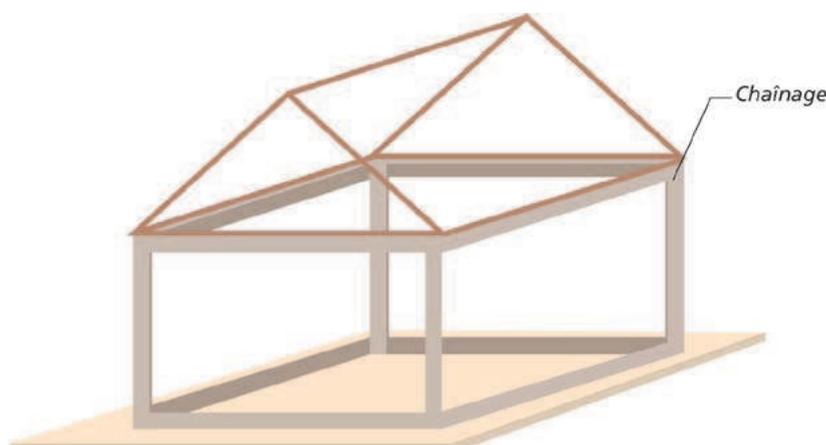


Problème à résoudre : Un grand nombre de sinistres concernent des constructions dont la rigidité, insuffisante, ne leur permet pas de résister aux distorsions générées par les mouvements différentiels du sous-sol. Une structure parfaitement rigide permet au contraire une répartition des efforts permettant de minimiser les désordres de façon significative, à défaut de les écarter.

Descriptif du dispositif : La rigidification de la structure du bâtiment nécessite la mise en œuvre de chaînages horizontaux (haut et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs liaisonnés.

Champ d'application : concerne sans restriction tout type de bâtiment, d'habitation ou d'activités.

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : Le dispositif mis en œuvre doit suivre les préconisations formulées dans le DTU 20.1 :

- « Les murs en maçonnerie porteuse et les murs en maçonnerie de remplissage doivent être ceinturés à chaque étage, au niveau des planchers, ainsi qu'en couronnement, par un chaînage horizontal en béton armé, continu, fermé ; ce chaînage ceinture les façades et les relie au droit de chaque refend ». Cette mesure s'applique notamment pour les murs pignons au niveau du rampant de la couverture.

- « Les chaînages verticaux doivent être réalisés au moins dans les angles saillants et rentrant des maçonneries, ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment ».

La liaison entre chaînages horizontaux et verticaux doit faire l'objet d'une attention particulière : ancrage des armatures par retour d'équerre, recouvrement des armatures assurant une continuité.

Les armatures des divers chaînages doivent faire l'objet de liaisons efficaces (recouvrement, ancrage, etc.), notamment dans les angles du bâtiment.

Mesures d'accompagnement : D'autres mesures permettent de rigidifier la structure :

- la réalisation d'un soubassement « monobloc » (préférer les sous-sols complets aux sous-sols partiels, les radiers ou les planchers sur vide sanitaire, plutôt que les dallages sur terre-plein) ;

- la réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures.



Problème à résoudre : Les désordres aux constructions résultent notamment des fortes différences de teneur en eau existant entre le sol situé sous le bâtiment qui est à l'équilibre hydrique (terrains non exposés à l'évaporation, qui constituent également le sol d'assise de la structure) et le sol situé aux alentours qui est soumis à évaporation saisonnière. Il en résulte des variations de teneur en eau importantes et brutales, au droit des fondations.

Descriptif du dispositif : Le dispositif proposé consiste à entourer le bâti d'un système étanche le plus large possible (minimum 1,50 m), protégeant ainsi sa périphérie immédiate de l'évaporation et éloignant du pied des façades les eaux de ruissellement.

Champ d'application : concerne sans restriction tout type de bâtiment, d'habitation ou d'activités.

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : L'étanchéité pourra être assurée, soit :

- par la réalisation d'un trottoir périphérique (selon les possibilités en fonction de l'implantation du bâtiment et de la mitoyenneté), en béton ou tout autre matériau présentant une étanchéité suffisante ;
- par la mise en place sous la terre végétale d'une géomembrane enterrée, dans les cas notamment où un revêtement superficiel étanche n'est pas réalisable (en particulier dans les terrains en pente). La géomembrane doit être raccordée aux façades par un système de couvre-joint, et être protégée par une couche de forme sur laquelle peut être mis en œuvre un revêtement adapté à l'environnement (pavés, etc).

Une légère pente doit être donnée au dispositif, de façon à éloigner les eaux du bâtiment, l'idéal étant que ces eaux soient reprises par un réseau d'évacuation étanche.

 Pour être pleinement efficace, le dispositif d'étanchéité doit être mis en œuvre sur la totalité du pourtour de la construction. Une difficulté peut se poser lorsque l'une des façades est située en limite de propriété (nécessitant un accord avec le propriétaire mitoyen). Le non-respect de ce principe est de nature à favoriser les désordres.

Mesures d'accompagnement : Les eaux de toitures seront collectées dans des ouvrages étanches et évacués loin du bâtiment [cf. fiche n°6].

À défaut de la mise en place d'un dispositif étanche en périphérie immédiate du bâtiment, les eaux de ruissellement pourront être éloignées des façades (aussi loin que possible), par des contre-pentes.

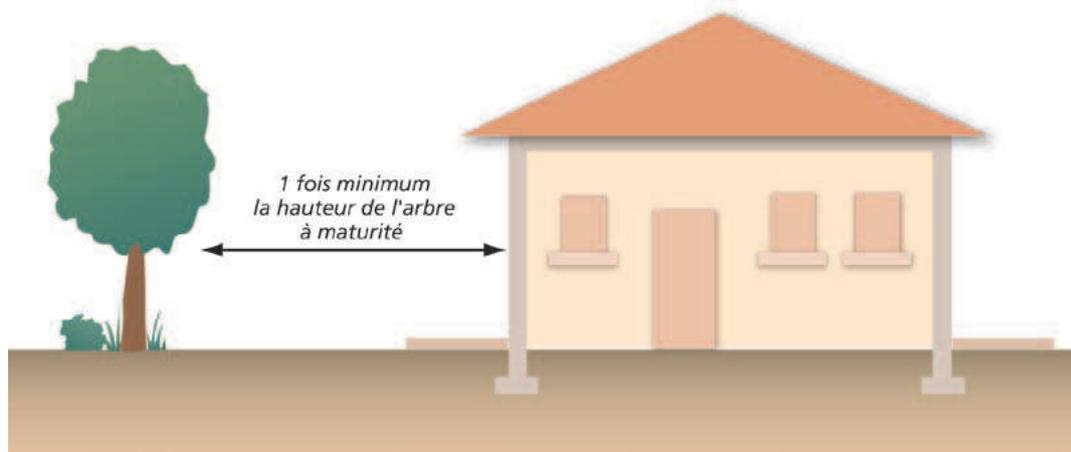


Problème à résoudre : Empêcher le sol de fondation d'être soumis à d'importantes et brutales variations de teneur en eau. Les racines des végétaux soutirant l'eau du sol et induisant ainsi des mouvements préjudiciables au bâtiment, il convient d'extraire le bâti de la zone d'influence de la végétation présente à ses abords (arbres et arbustes).

Descriptif du dispositif : La technique consiste à abattre les arbres isolés situés à une distance inférieure à une fois leur hauteur à maturité par rapport à l'emprise de la construction (une fois et demi dans le cas de rideaux d'arbres ou d'arbustes). Un élagage régulier et sévère, permettant de minimiser la capacité d'évaporation des arbres et donc de réduire significativement leurs prélèvements en eau dans le sol, peut constituer une alternative à l'abattage. Attention, l'abattage des arbres est néanmoins également susceptible de générer un gonflement du fait d'une augmentation de la teneur en eau des sols qui va en résulter ; il est donc préférable de privilégier un élagage régulier de la végétation concernée.

Champ d'application : Concerne tout type de bâtiment d'habitation ou d'activités situé à une distance d'arbres isolés inférieure à 1 fois leur hauteur à maturité (une fois et demi dans le cas de rideaux d'arbres ou d'arbustes). Bien que certaines essences aient un impact plus important que d'autres, il est difficile de limiter cette mesure à ces espèces, car ce serait faire abstraction de critères liés à la nature du sol. De plus, il faut se garder de sous-estimer l'influence de la végétation arbustive, qui devra également, en site sensible, être tenue éloignée du bâti.

Schéma de principe





Précautions de mise en œuvre : L'abattage des arbres situés à faible distance de la construction ne constitue une mesure efficace que si leurs racines n'ont pas atteint le sol sous les fondations. Dans le cas contraire, un risque de soulèvement n'est pas à exclure.

Si aucune action d'éloignement de la végétation (ou l'absence d'un écran anti-racines – [cf. Fiche n°5]) n'est mise en œuvre ceci pourra être compensé par l'apport d'eau en quantité suffisante aux arbres concernés par arrosage. Mais cette action sera imparfaite, notamment par le fait qu'elle pourrait provoquer un ramollissement du sol d'assise du bâtiment.

 **Mesure alternative :** Mise en place d'un écran anti-racines pour les arbres isolés situés à moins de une fois leur hauteur à maturité par rapport à l'emprise de la construction (une fois et demi dans le cas de rideaux d'arbres ou d'arbustes). [cf. fiche n°5]

À destination des projets nouveaux : Si des arbres existent à proximité de l'emprise projetée du bâtiment, il convient de tenir compte de leur influence potentielle à l'occasion tout particulièrement d'une sécheresse ou de leur éventuelle disparition future, à savoir selon le cas :

- tenter autant que possible d'implanter le bâti à l'extérieur de leur « champ d'action » (on considère dans le cas général que le domaine d'influence est de une fois la hauteur de l'arbre à l'âge adulte pour des arbres isolés, une fois et demi cette hauteur dans le cas de rideaux d'arbres ou d'arbustes) ;
- tenter d'abattre les arbres gênants le plus en amont possible du début des travaux (de façon à permettre un rétablissement des conditions « naturelles » de teneur en eau du sous-sol) ;
- descendre les fondations au-dessous de la cote à laquelle les racines n'influent plus sur les variations de teneur en eau (de l'ordre de 4 m à 5 m maximum).

Si des plantations sont projetées, on cherchera à respecter une distance minimale équivalente à une fois la hauteur à maturité de l'arbre entre celui-ci et la construction. A défaut, on envisagera la mise en place d'un écran anti-racines.

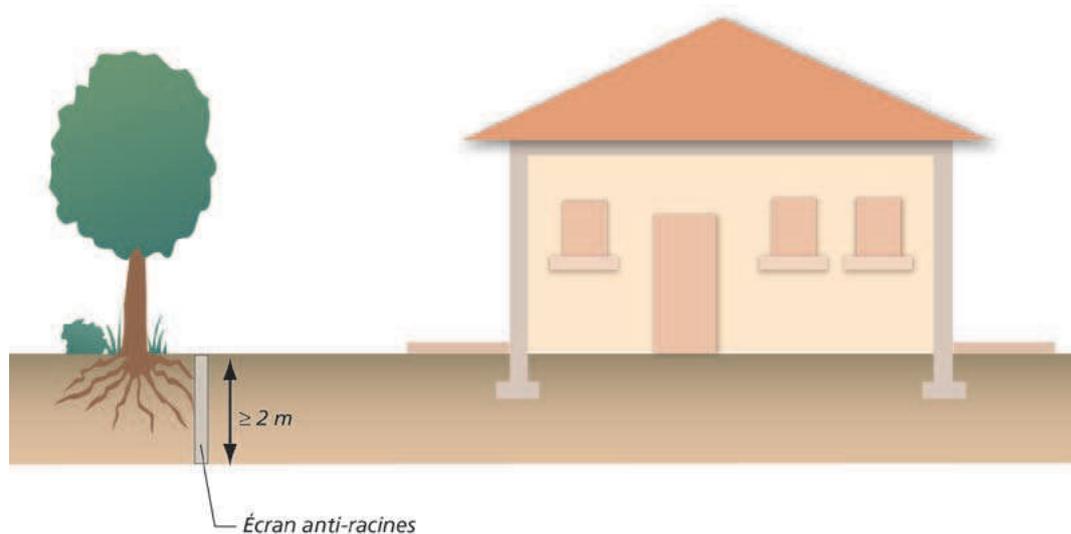


Problème à résoudre : Empêcher le sol de fondation d'être soumis à d'importantes et brutales variations de teneur en eau. Les racines des végétaux soutirant l'eau du sol et induisant ainsi des mouvements préjudiciables au bâtiment, il convient d'extraire le bâti de la zone d'influence de la végétation présente à ses abords.

Descriptif du dispositif : La technique consiste à mettre en place, le long des façades concernées, un écran s'opposant aux racines, d'une profondeur supérieure à celle du système racinaire des arbres présents (avec une profondeur minimale de 2 m). Ce dispositif est constitué en général d'un écran rigide (matériau traité au ciment), associé à une géomembrane (le long de laquelle des herbicides sont injectés), mis en place verticalement dans une tranchée.

Champ d'application : Concerne tout type de bâtiment d'habitation ou d'activités situé à une distance d'arbres isolés inférieure à une fois leur hauteur à maturité.

Schéma de principe



Précautions de mise en œuvre : L'écran anti-racines doit pouvoir présenter des garanties de pérennité suffisantes, notamment vis-à-vis de l'étanchéité et de la résistance. Un soin particulier doit être porté sur les matériaux utilisés (caractéristiques de la géomembrane, etc). L'appel à un professionnel peut s'avérer nécessaire pour ce point, voire également pour la réalisation du dispositif.

 **Mesure alternative :** Abattage des arbres isolés situés à une distance inférieure à une fois leur hauteur à maturité, par rapport à l'emprise de la construction (une fois et demi dans le cas de rideaux d'arbres ou d'arbustes). [Voir fiche n°4]

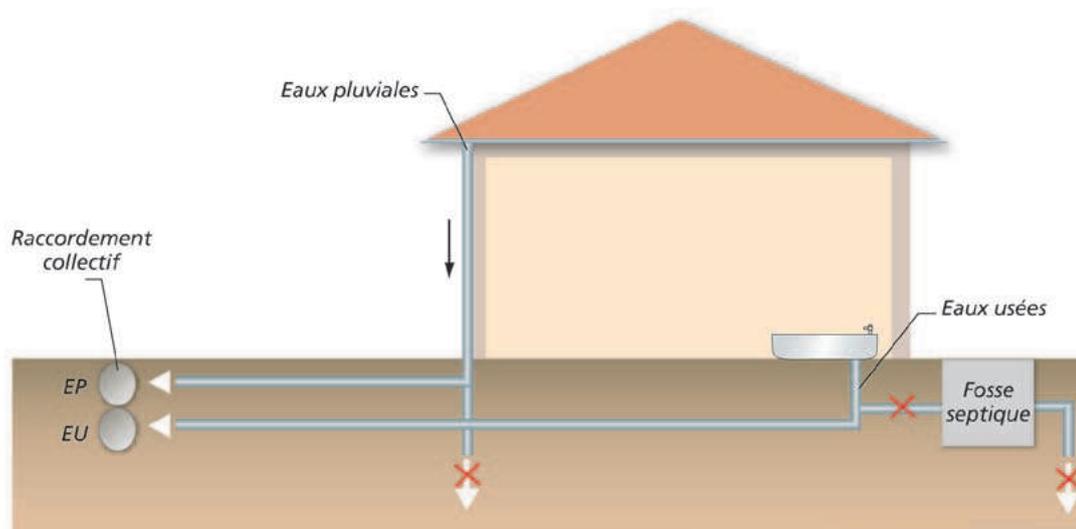


Problème à résoudre : De façon à éviter les variations localisées d'humidité, il convient de privilégier le rejet des eaux pluviales – EP - (ruissellement de toitures, terrasses, etc.) et des eaux usées – EU - dans les réseaux collectifs (lorsque ceux-ci existent). La ré-infiltration in situ des EP et des EU conduit à ré-injecter dans le premier cas des volumes d'eau potentiellement importants et de façon ponctuelle, dans le second cas des volumes limités mais de façon « chronique ».

Descriptif du dispositif : Il vise, lorsque l'assainissement s'effectue de façon autonome, à débrancher les filières existantes (puits perdu, fosse septique + champ d'épandage, etc.) et à diriger les flux à traiter jusqu'au réseau collectif (« tout à l'égout » ou réseau séparatif).

Champ d'application : Concerne tout type de bâtiment d'habitation ou d'activités assaini de façon individuelle avec ré-infiltration in situ (les filières avec rejet au milieu hydraulique superficiel ne sont pas concernées), et situé à distance raisonnable (c'est-à-dire économiquement acceptable) du réseau collectif.

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : Le raccordement au réseau collectif doit être privilégié, sans préjudice des directives sanitaires en vigueur.

Le raccordement nécessite l'accord préalable du gestionnaire de réseau. Le branchement à un réseau collectif d'assainissement implique pour le particulier d'être assujéti à une redevance d'assainissement comprenant une part variable (assise sur le volume d'eau potable consommé) et le cas échéant une partie fixe.

Mesure alternative : En l'absence de réseau collectif dans l'environnement proche du bâti et du nécessaire maintien de l'assainissement autonome, il convient de respecter une distance d'une quinzaine de mètres entre le bâtiment et le(s) point(s) de rejet (à examiner avec l'autorité responsable de l'assainissement).



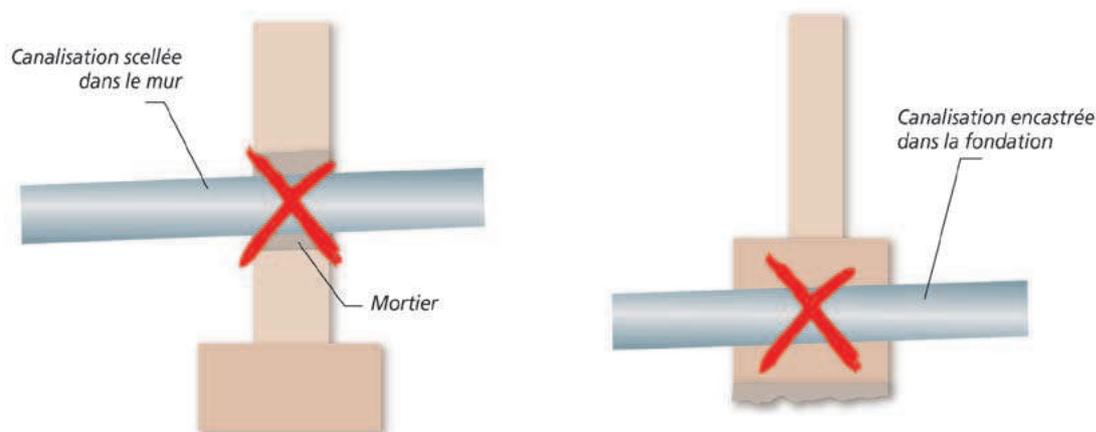
Problème à résoudre : De façon à éviter les variations localisées d'humidité, il convient de s'assurer de l'absence de fuites au niveau des réseaux souterrains « humides ». Ces fuites peuvent résulter des mouvements différentiels du sous-sol occasionnés par le phénomène.

Descriptif du dispositif : Le principe consiste à étanchéifier l'ensemble des canalisations d'évacuation enterrées (eaux pluviales, eaux usées). Leur tracé et leur conception seront en outre étudiés de façon à minimiser le risque de rupture.

Champ d'application : Concerne tout type de bâtiment d'habitation ou d'activités, assaini de façon individuelle ou collective.

Schéma de principe

Les canalisations ne doivent pas être bloquées dans le gros-œuvre



Conditions de mise en œuvre : Les canalisations seront réalisées avec des matériaux non fragiles (c'est-à-dire susceptibles de subir des déformations sans rupture). Elles seront aussi flexibles que possibles, de façon à supporter sans dommage les mouvements du sol.

L'étanchéité des différents réseaux sera assurée par la mise en place notamment de joints souples au niveau des raccordements.

De façon à ce que les mouvements subis par le bâti ne se « transmettent » pas aux réseaux, on s'assurera que les canalisations ne soient pas bloquées dans le gros œuvre, aux points d'entrée dans le bâti.

Les entrées et sorties des canalisations du bâtiment s'effectueront autant que possible perpendiculairement par rapport aux murs (tout du moins avec un angle aussi proche que possible de l'angle droit).

Mesures d'accompagnement : Autant que faire se peut, on évitera de faire longer le bâtiment par les canalisations de façon à limiter l'impact des fuites occasionnées, en cas de rupture, sur les structures proches.

Il est souhaitable de réaliser de façon régulière des essais d'étanchéité de l'ensemble des réseaux « humides ».

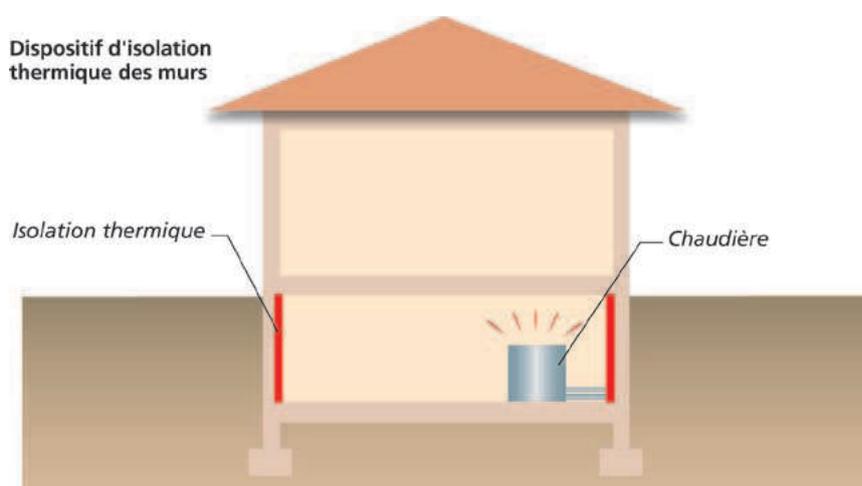


Problème à résoudre : La présence dans le sous-sol d'un bâtiment d'une source de chaleur importante, en particulier d'une chaudière, est susceptible de renforcer les variations localisées d'humidité dans la partie supérieure du terrain. Elles sont d'autant plus préjudiciables qu'elles s'effectuent au contact immédiat des structures.

Descriptif du dispositif : La mesure consiste à prévoir un dispositif spécifique d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité de la source de chaleur (limitation des échanges thermiques).

Champ d'application : Concerne tous les murs de la pièce accueillant la source de chaleur, ainsi que toutes parties de la sous-structure du bâtiment au contact de canalisations « chaudes ».

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : Dans l'Union Européenne, les produits d'isolation thermique pour la construction doivent posséder la marque CE depuis mars 2003 et respecter les normes EN 13162 à EN 13171 (selon leur nature). Il pourra s'agir de produits standards de type polystyrène ou laine minérale.

Remarque : La loi de finances pour 2005 a créé un crédit d'impôt dédié au développement durable et aux économies d'énergie. Destinée à renforcer le caractère incitatif du dispositif fiscal en faveur des équipements de l'habitation principale, cette mesure est désormais ciblée sur les équipements les plus performants au plan énergétique, ainsi que sur les équipements utilisant les énergies renouvelables. Le crédit d'impôt concerne les dépenses d'acquisition de certains équipements fournis par les entreprises ayant réalisé les travaux et faisant l'objet d'une facture, dans les conditions précisées à l'article 90 de la loi de finances pour 2005 et à l'article 83 de la loi de finances pour 2006 : <http://www.industrie.gouv.fr/energie/developp/econo/textes/credit-impot-2005.htm>

Cela concerne notamment l'acquisition de matériaux d'isolation thermique des parois opaques (planchers bas sur sous-sol, sur vide sanitaire ou sur passage ouvert, avec résistance thermique $R \geq 2,4 \text{ M}^2 \cdot \text{K/W}$). Pour choisir un produit isolant, il est important de connaître sa résistance thermique «R» (aptitude d'un matériau à ralentir la propagation de l'énergie qui le traverse). Elle figure obligatoirement sur le produit. Plus «R» est important plus le produit est isolant.

Pour ces matériaux d'isolation thermique, le taux du crédit d'impôt est de 25 %. Ce taux est porté à 40 % à la double condition que ces équipements soient installés dans un logement achevé avant le 1/01/1977 et que leur installation soit réalisée au plus tard le 31 décembre de la 2^e année qui suit celle de l'acquisition du logement.

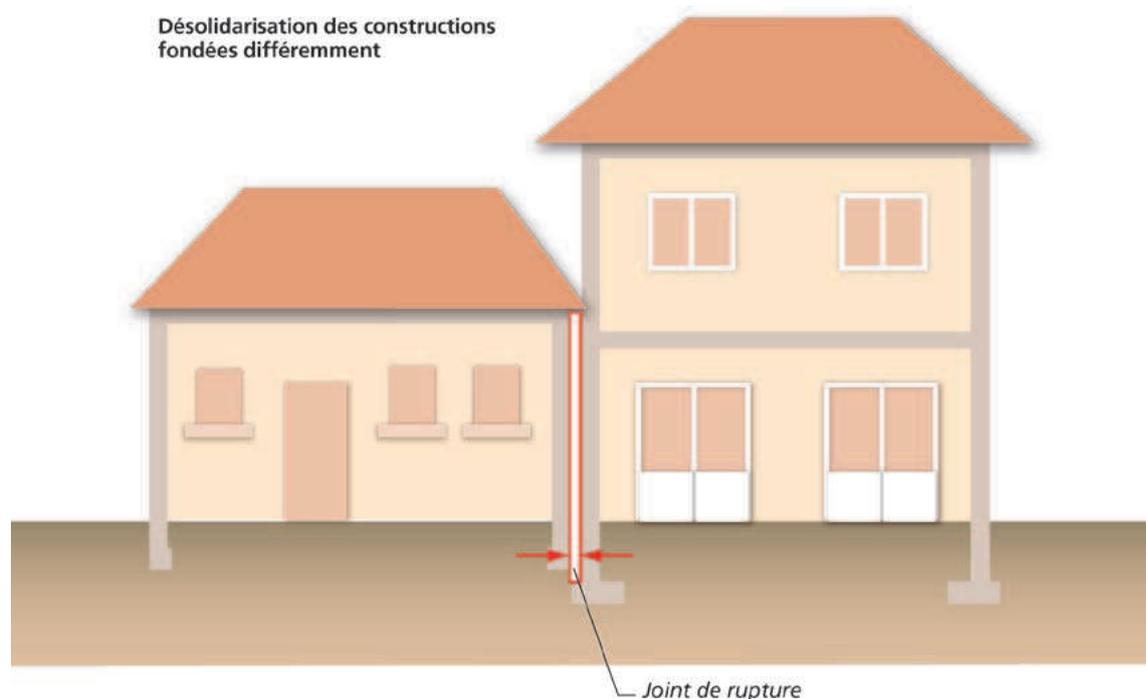


Problème à résoudre : Deux parties de bâtiments accolés et fondés différemment peuvent subir des mouvements d'ampleur variable. Il convient de ce fait de désolidariser ces structures, afin que les sollicitations du sous-sol ne se transmettent pas entre elles et ainsi à autoriser des mouvements différentiels.

Descriptif du dispositif : Il s'agit de désolidariser les parties de construction fondées différemment (ou exerçant des charges variables sur le sous-sol), par la mise en place d'un joint de rupture (élastomère) sur toute la hauteur du bâtiment (y compris les fondations).

Champ d'application : Concerne tous les bâtiments d'habitation ou d'activités présentant des éléments de structures fondés différemment (niveau d'assise, type de fondation) ou caractérisés par des descentes de charges différentes. Sont également concernées les extensions de bâtiments existants (pièce d'habitation, garage, etc.).

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : Il est indispensable de prolonger le joint sur toute la hauteur du bâtiment.

À destination du bâti existant : La pose d'un joint de rupture sur un bâtiment existant constitue une mesure techniquement envisageable. Mais elle peut nécessiter des modifications importantes de la structure et s'avérer ainsi très délicate (les fondations étant également concernées par cette opération).

La mesure doit systématiquement être mise en œuvre dans le cadre des projets d'extension du bâti existant.

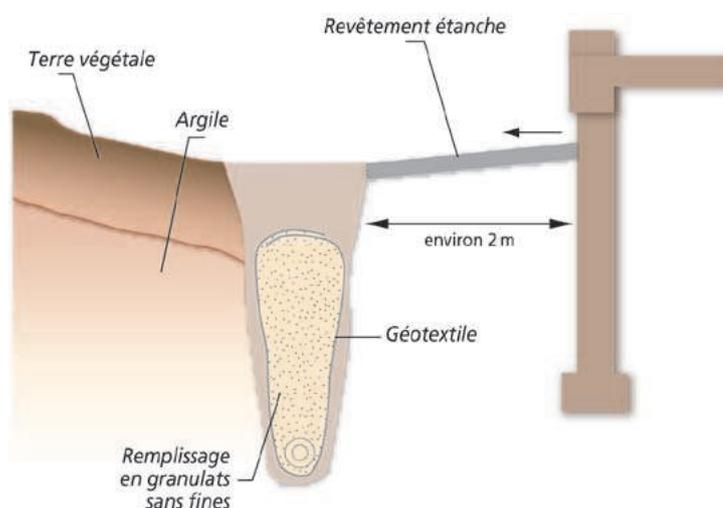


Problème à résoudre : Les apports d'eau provenant des terrains environnants (eaux de ruissellement superficiel ou circulations souterraines), contribuent au phénomène en accroissant les variations localisées d'humidité. La collecte et l'évacuation de ces apports permettent de minimiser les mouvements différentiels du sous-sol.

Descriptif du dispositif : Le dispositif consiste en un réseau de drains (ou tranchées drainantes) ceinturant la construction ou, dans les terrains en pente, disposés en amont de celle-ci. Les volumes collectés sont dirigés aussi loin que possible de l'habitation.

Champ d'application : Concerne sans restriction tout type de bâtiment d'habitation ou d'activités.

Schéma de principe



Conditions de mise en œuvre : Le réseau est constitué de tranchées remplies d'éléments grossiers (protégés du terrain par un géotextile), avec en fond de fouille une canalisation de collecte et d'évacuation (de type « drain routier ») répondant à une exigence de résistance à l'écrasement. Idéalement, les tranchées descendent à une profondeur supérieure à celle des fondations de la construction, et sont disposées à une distance minimale de 2 m du bâtiment. Ces précautions sont nécessaires afin d'éviter tout impact du drainage sur les fondations.

Les règles de réalisation des drains sont données par le DTU 20.1.

⚠ En fonction des caractéristiques du terrain, la nécessité de descendre les drains au-delà du niveau de fondation de la construction peut se heurter à l'impossibilité d'évacuer gravitairement les eaux collectées. La mise en place d'une pompe de relevage peut permettre de lever cet obstacle.

Mesure d'accompagnement : Ce dispositif de drainage complète la mesure détaillée dans la fiche n°3 (mise en place d'une ceinture étanche en périphérie du bâtiment) de façon à soustraire les fondations de la construction aux eaux de ruissellement et aux circulations souterraines.



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DURABLES

Construire en terrain argileux

La réglementation et
les bonnes pratiques



VOUS ÊTES CONCERNÉ SI...

Votre terrain est situé en zone d'exposition moyenne ou forte* et :

- ✓ vous êtes professionnel de l'immobilier, de la construction, de l'aménagement;
- ✓ vous êtes notaire, assureur, service instructeur des permis de construire...;
- ✓ vous êtes particulier qui souhaitez vendre ou acheter un terrain non bâti constructible;
- ✓ vous êtes un particulier qui souhaitez construire une maison ou ajouter une extension à votre habitation.

L'article 68 de la loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 (loi ELAN) portant sur l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique met en place un dispositif pour s'assurer que les techniques de construction particulières, visant à prévenir le risque de retrait gonflement des argiles, soient bien mises en œuvre pour les maisons individuelles construites dans les zones exposées à ce risque.

* Actuellement le zonage est disponible uniquement pour la métropole.

DEPUIS LE 1^{ER} OCTOBRE 2020



L'étude géotechnique préalable est obligatoire quand...

Vous vendez un terrain constructible

- ✓ **Vous devez fournir à l'acheteur cette étude préalable** annexée à la promesse de vente ou, à défaut de promesse, à l'acte authentique de vente. Elle restera annexée au titre de propriété du terrain et suivra les mutations successives de celui-ci. **Point de vigilance : son obtention doit être anticipée.**

Vous achetez un terrain constructible

- ✓ **Le vendeur doit vous fournir cette étude préalable** qui sera annexée à la promesse de vente ou, à défaut de promesse, à l'acte authentique de vente.

Vous faites construire une maison individuelle

- ✓ **Avant toute conclusion de contrat (construction ou maîtrise d'œuvre), vous devez communiquer au constructeur, cette étude préalable.**
Le contrat indiquera que le constructeur a reçu ce document.



L'étude géotechnique de conception ou les techniques particulières de construction sont au choix lorsque...

Vous faites construire une ou plusieurs maisons individuelles ou vous ajoutez une extension à votre habitation

- ✓ Avant la conclusion de tout contrat ayant pour objet des travaux de construction, vous pouvez :
 - soit **transmettre l'étude géotechnique de conception** au constructeur de l'ouvrage (architecte, entreprise du bâtiment, constructeur de maison individuelle...);
 - soit **demandeur au constructeur de suivre les techniques particulières de construction** définies par voie réglementaire.



Vous êtes constructeur ou maître d'œuvre de tout ou partie (extension) d'une ou plusieurs maisons

- ✓ Vous êtes tenu :
 - soit de **suivre les recommandations de l'étude géotechnique de conception** fournie par le maître d'ouvrage ou que vous avez fait réaliser en accord avec le maître d'ouvrage;
 - soit de **respecter les techniques particulières de construction** définies par voie réglementaire.

CAS PARTICULIER

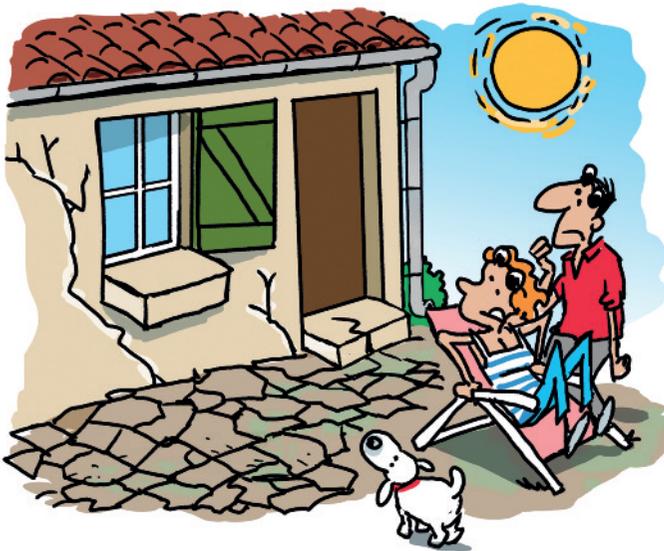
Le contrat de construction de maison individuelle (CCMI), visé à l'art L231-1 et L131-2 du Code de la construction et de l'habitation (CCH), précise les travaux d'adaptation au sol rendus nécessaires pour se prémunir du risque de retrait-gonflement des argiles (techniques particulières de construction par défaut ou recommandations énoncées dans l'étude géotechnique de conception).

LE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES



Les conséquences sur le bâti

- ✓ Lorsqu'un sol est argileux, il est **fortement sensible aux variations de teneur en eau.**



Ainsi, il se **rétracte** lorsqu'il y a évaporation en période sèche...



... et **gonfle** lorsque l'apport en eau est important en période pluvieuse ou humide...

Il s'agit du **phénomène de retrait-gonflement des argiles**.

Ces fortes variations de teneur en eau dans le sol, créent des mouvements de terrain différentiels sous les constructions.

✓ Certains facteurs peuvent aggraver ce phénomène, comme la présence de végétation ou le mauvais captage des eaux (pluviales ou d'assainissement). Ces mouvements de terrain successifs peuvent perturber l'équilibre des ouvrages, **affecter les fondations**, et créer des **désordres** de plus ou moins grande ampleur sur les fondations et en surface (fissures, tassements, etc.), pouvant dans les cas les plus graves rendre la maison inhabitable.

C'est pour cela que les constructions en terrain argileux doivent être adaptées à ce phénomène.

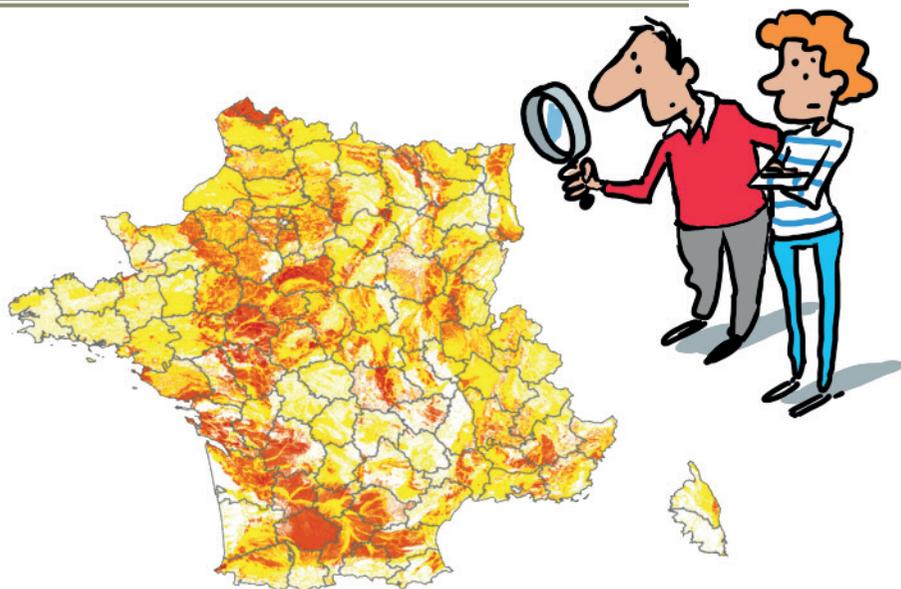
✓ Pour en savoir plus sur le phénomène de retrait-gonflement des argiles, un dossier thématique est disponible via :

Ces désordres liés au retrait-gonflement des argiles peuvent être évités grâce à une bonne conception de la maison. C'est l'objet de la nouvelle réglementation mise en place par la loi ELAN, qui impose de mettre en œuvre des prescriptions constructives adaptées dans les zones les plus exposées.

<https://www.georisques.gouv.fr>

GÉORISQUES

VOTRE TERRAIN EST-IL CONCERNÉ ?



Exposition : Cette **cartographie** définit différentes zones en fonction de leur degré d'exposition au phénomène de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols argileux.

- faible
- moyenne
- forte

Le nouveau dispositif réglementaire s'applique uniquement dans les zones d'exposition moyenne et forte qui couvrent : **48 %** du territoire
93 % de la sinistralité

Comment savoir si mon terrain est concerné ?

✓ Depuis mon navigateur : **ERRIAL**

<https://erial.georisques.gouv.fr/#/>

ERRIAL (État des Risques Réglementés pour l'Information des Acquéreurs et des Locataires) est un site web gouvernemental dédié à l'état des risques. Il permet aux propriétaires d'un bien bâti ou non bâti ou aux locataires d'établir l'état de l'ensemble des risques qui le concerne. Ainsi, le site ERRIAL me permet de savoir si mon bien est concerné ou non par le risque de retrait gonflement des sols argileux.

Pour obtenir les informations souhaitées, vous devez suivre les étapes suivantes :

1) Renseigner son adresse ou le n° de la parcelle.



2) Pour obtenir l'état des risques, je clique sur afficher le résultat.

clac

3) L'ensemble des risques qui concerne ma parcelle apparaît.

4) Pour savoir si mon bien est exposé au risque de retrait gonflement des sols argileux, je fais dérouler la page jusqu'à la rubrique « Risques ne faisant pas l'objet d'une obligation d'information au titre de l'IAL ».

La rubrique donne une définition détaillée de l'exposition au risque de retrait gonflement des sols argileux sur la zone concernée.

Pour plus d'information, rendez-vous sur les pages web du Ministère de la Transition Écologique.

Dans cet exemple, le bien se situe dans une zone d'exposition forte.

✓ La carte de France (cf p. 6) est disponible sur le site **GÉORISQUES** <https://www.georisques.gov.fr/cartes-interactives#/> Cliquer sur l'icône « couches » en haut à gauche de la carte, puis, sélectionner la couche d'information « argiles ».



✓ Il est également possible de télécharger la base de données cartographique à l'adresse suivante : <https://www.georisques.gov.fr/dossiers/argiles/donnees#/dpt>

LES DIFFÉRENTES ÉTUDES GÉOTECHNIQUES



L'étude géotechnique préalable: une obligation

Validité

30 ans

*Article R132-4
du code de la
construction et de
l'habitation et
article 1^{er} de l'arrêté
du 22 juillet 2020*

Attention

Une étude géotechnique unique, établie dans le cadre de la vente d'un terrain divisé en lots, peut être jointe au titre de propriété de chacun des lots dans la mesure où ces lots sont clairement identifiés dans cette étude.

Cette étude est obligatoire pour tous vendeurs de terrain non bâti constructible situé en zone argileuse d'aléa moyen ou fort.

À quoi sert l'étude géotechnique préalable ?

Elle permet aux acheteurs ayant pour projet la réalisation d'une maison individuelle de bénéficier d'une première analyse des risques géotechniques liés au terrain, en particulier le risque de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Que contient cette étude géotechnique préalable ?

Elle comporte une enquête documentaire du site et de ses environnants (visite du site et des alentours) et donne les premiers principes généraux de construction. Elle est complétée, en cas d'incertitude, par des sondages géotechniques.

Quelle est sa durée de validité ?

Elle est de 30 ans.

Qui paie cette étude géotechnique ?

Elle est à la charge du vendeur.





L'étude géotechnique de conception

Le constructeur a le choix entre :

- ✓ les recommandations de l'étude géotechnique de conception fournie par le maître d'ouvrage ou celle que le constructeur fait réaliser en accord avec le maître d'ouvrage ;
- ✓ ou le respect des techniques particulières de construction définies par voie réglementaire.

À quoi sert l'étude géotechnique de conception ?

Elle est liée au projet. Elle prend en compte l'implantation et les caractéristiques du futur bâtiment et fixe les prescriptions constructives adaptées à la nature du sol et au projet de construction.

Sur quoi est basée cette étude ?

Elle tient compte des recommandations de l'étude géotechnique préalable pour réduire au mieux les risques géotechniques, en particulier le risque de mouvement de terrain différentiel consécutif à la sécheresse et à la réhydratation des sols.

Elle s'appuie sur des données issues de sondages géotechniques.

Elle fournit un dossier de synthèse qui définit les dispositions constructives à mettre en œuvre.

Quelle est sa durée de validité ?

Elle est valable pour toute la durée du projet en vue duquel elle a été réalisée.

Qui paie l'étude géotechnique de conception ?

Elle est à la charge du maître d'ouvrage.

Valable pour toute la durée du projet

Article R132-5 du code de la construction et de l'habitation et article 2 de l'arrêté du 22 juillet 2020

Lorsque, le maître d'ouvrage a choisi de faire réaliser une étude de conception liée au projet de construction du CCMI, elle peut être jointe au contrat à la place de l'étude préalable.



CONSTRUIRE EN RESPECTANT LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES...

Le **maître d'ouvrage** est la personne ou l'entreprise qui commande le projet.

Le **maître d'œuvre**, est la personne ou l'entreprise (architecte, bureau d'études...) chargée de la conception et du dimensionnement de l'ouvrage. Il peut assurer le suivi des travaux et la coordination des différents corps de métiers.

Le **constructeur**, est la personne ou l'entreprise qui construit.



Maître d'ouvrage



Maître d'œuvre



Constructeur



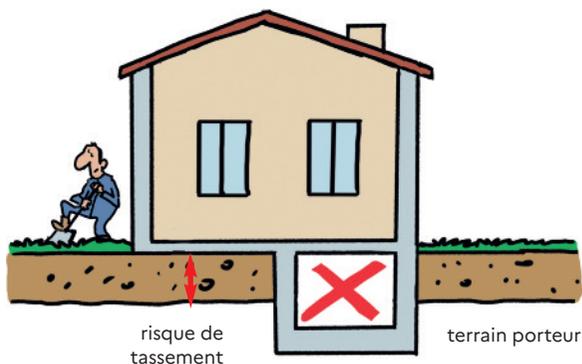
Si vous êtes **maître d'ouvrage** vous pouvez faire appel :

- ✓ soit à un **maître d'œuvre** qui vous proposera un contrat de maîtrise d'œuvre. Le maître d'œuvre (dont l'architecte) ne pourra pas participer, directement ou indirectement, à la réalisation des travaux. Il vous aidera simplement à choisir des entreprises avec lesquelles vous signerez des marchés de travaux, et pourra vous assister pendant le chantier ;
- ✓ soit à un **constructeur** qui vous proposera un Contrat de Construction de Maison Individuelle (CCMI). Dans ce cas le constructeur assume l'intégralité des missions suivantes, à savoir celui de la maîtrise d'œuvre et de la construction. Le contrat apporte une protection particulière car le constructeur a l'obligation de vous apporter une garantie de livraison à prix et délai convenus.

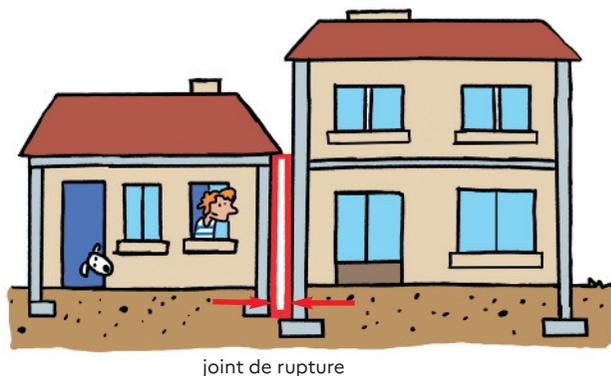
Adapter les fondations

- ✓ Les fondations doivent être adaptées et suffisamment profondes (à minima 1,20 mètre en zone d'exposition forte et 0,80 mètre en zone d'exposition moyenne):
 - béton armé coulé en continu,
 - micro-pieux,
 - pieux vissés,
 - semelles filantes ou ponctuelles.

- ✓ Les sous-sols partiels sont interdits.

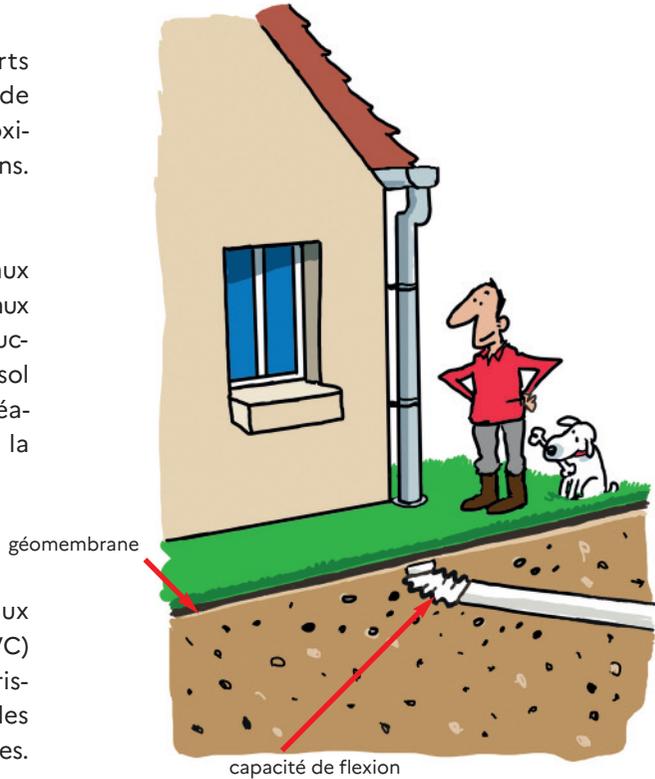


- ✓ Les fondations d'une construction mitoyenne doivent être désolidarisées.



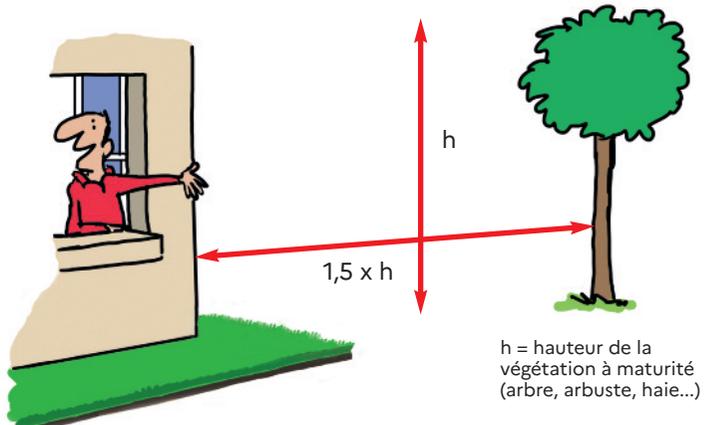
Minimiser les variations de la teneur en eau du terrain avoisinant la construction

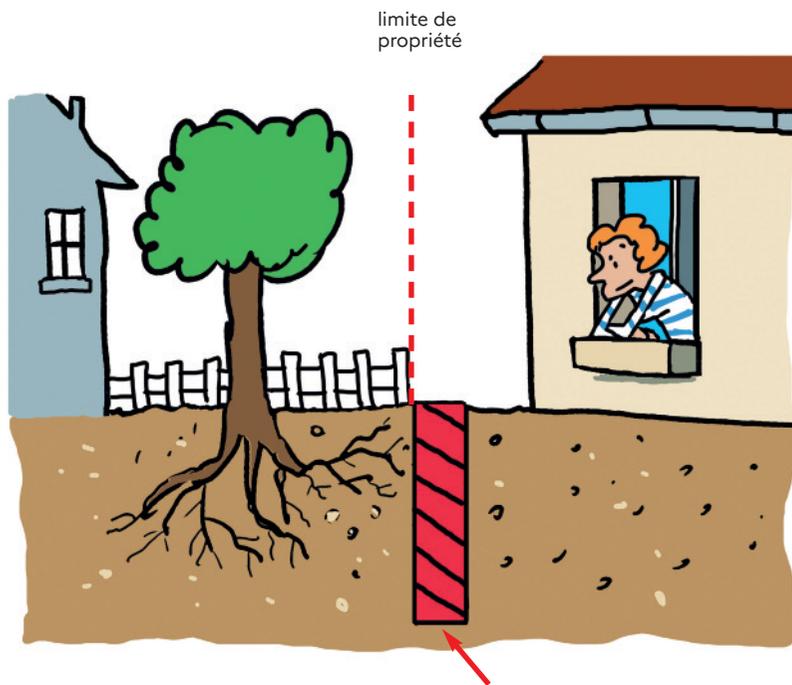
- ✓ Limiter les apports d'eaux pluviales et de ruissellement à proximité des constructions.
- ✓ Afin de garder un taux constant d'humidité aux abords de la construction, la surface du sol doit être imperméabilisée autour de la construction.
- ✓ Utiliser des matériaux souples (exemple PVC) pour minimiser les risques de rupture des canalisations enterrées.



Limitier l'action de la végétation environnante

- ✓ Éloigner autant que possible la construction du champ d'action de la végétation.





écran antiracines profondeur minimum 2 mètres
et adapté à la puissance et au type de racines.

- ✓ Si la construction ne peut être située à une distance suffisante des arbres, mettre en place un écran anti-racines, une solution permettant d'éviter la propagation des racines sous la construction, qui accentue la rétractation du sol.

Quand ils existent, réduire les échanges thermiques entre le sous-sol de la construction et le terrain autour

- ✓ En cas de source de chaleur importante dans un sous-sol, il sera nécessaire de limiter les échanges thermiques entre le sous-sol de la construction et le terrain situé en périphérie. Ceci évite des variations de teneur en eau du terrain.

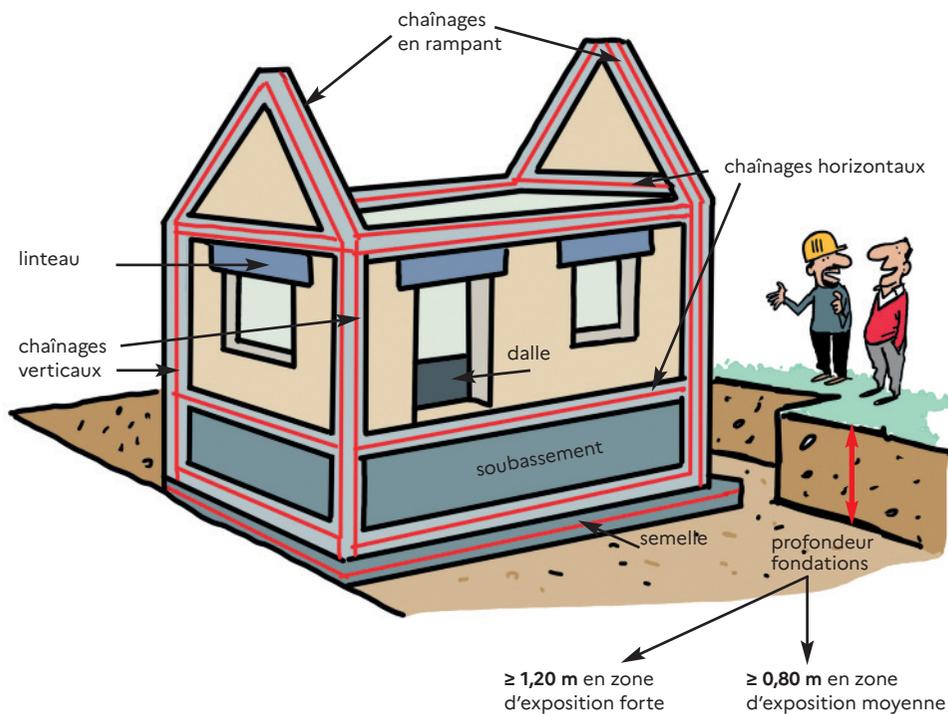
L'isolation du sous-sol peut-être l'une des solutions pour remédier à ce problème.

Pour les constructions en maçonnerie et en béton

✓ Il sera également nécessaire de rigidifier la structure du bâtiment.

Un grand nombre de sinistres concernent les constructions dont la rigidité ne leur permet pas de résister aux distorsions provoquées par les mouvements de terrain.

La mise en œuvre de chaînages horizontaux et verticaux, ainsi que la pose de linteaux au-dessus des ouvertures permettent de minimiser les désordres sur la structure du bâtiment en le rigidifiant.



$\geq 1,20$ m en zone d'exposition forte

$\geq 0,80$ m en zone d'exposition moyenne

Sauf si un sol dur non argileux est présent avant d'atteindre ces profondeurs.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Rendez-vous sur :

✓ le site du Ministère de la Transition Écologique :

<https://www.ecologie.gouv.fr/sols-argileux-secheresse-et-construction>

✓ et sur le site Géorisques :

<https://www.georisques.gouv.fr/risques/retrait-gonflement-des-argiles>



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Ministère de la Transition Écologique

DGALN/DHUP
Grande Arche de La Défense - paroi sud / Tour Sequoia
92055 La Défense
France

Construire en terrain argileux
La réglementation et
les bonnes pratiques

Édition novembre 2021

La nouvelle RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE applicable aux bâtiments

dont le permis de construire est déposé
à partir du 1^{er} mai 2011

Janvier 2011



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Écologie,
du Développement durable,
des Transports
et du Logement

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

www.developpement-durable.gouv.fr

Construire parasismique

■ Implantation

▪ Étude géotechnique



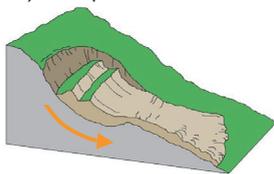
Extrait de carte géologique

Effectuer une étude de sol pour connaître les caractéristiques du terrain.
Caractériser les éventuelles amplifications du mouvement sismique.

▪ Se protéger des risques d'éboulements et de glissements de terrain

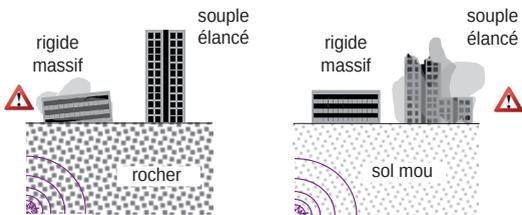
S'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables.

Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques (PPR) sismiques de la commune.



Glissement de terrain

▪ Tenir compte de la nature du sol



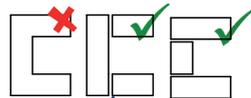
Privilégier des configurations de bâtiments adaptées à la nature du sol.

Prendre en compte le risque de la liquéfaction du sol (perte de capacité portante).

■ Conception

▪ Privilégier les formes simples

Privilégier la compacité du bâtiment.



Limiter les décrochements en plan et en élévation.

joint parasismique

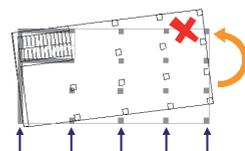
Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.



joint parasismique

▪ Limiter les effets de torsion

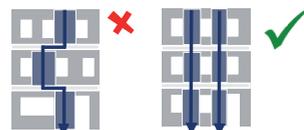
Distribuer les masses et les raideurs (murs, poteaux, voiles...) de façon équilibrée.



séisme

▪ Assurer la reprise des efforts sismiques

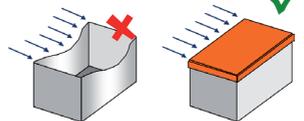
Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.



Superposer les éléments de contreventement.

Superposition des ouvertures

Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.



Limitation des déformations : effet «boîte»

▪ Appliquer les règles de construction

■ Exécution

▪ Soigner la mise en oeuvre

Respecter les dispositions constructives.

Disposer d'une main d'oeuvre qualifiée.

Assurer un suivi rigoureux du chantier.

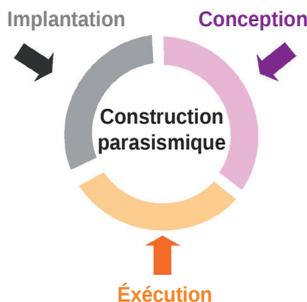
Soigner particulièrement les éléments de connexion : assemblages, longueurs de recouvrement d'armatures...



Noeud de chaînage - Continuité mécanique



Mise en place d'un chaînage au niveau du rampant d'un bâtiment



▪ Utiliser des matériaux de qualité



maçonnerie



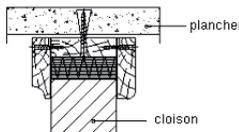
métal



bois

béton

▪ Fixer les éléments non structuraux



Liaison cloison-plancher (extrait des règles PS-MI)

Fixer les cloisons, les plafonds suspendus, les luminaires, les équipements techniques lourds.

Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardage...

Comment caractériser les séismes ?

Le phénomène sismique

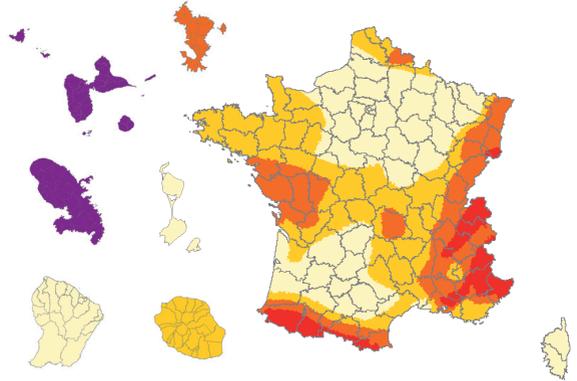
Les ondes sismiques se propagent à travers le sol à partir d'une source sismique et peuvent être localement amplifiées par les dernières couches de sol et la topographie du terrain. Un séisme possède ainsi de multiples caractéristiques : durée de la secousse, contenu fréquentiel, déplacement du sol... La réglementation retient certains paramètres simples pour le dimensionnement des bâtiments.

Zonage réglementaire

Le paramètre retenu pour décrire l'aléa sismique au niveau national est une accélération a_{gr} , accélération du sol «au rocher» (le sol rocheux est pris comme référence).

Le zonage réglementaire définit **cinq zones de sismicité croissante** basées sur un découpage communal. La zone 5, regroupant les îles antillaises, correspond au niveau d'aléa le plus élevé du territoire national. La métropole et les autres DOM présentent quatre zones sismiques, de la zone 1 de très faible sismicité (bassin aquitain, bassin parisien...) à la zone 4 de sismicité moyenne (fossé rhénan, massifs alpin et pyrénéen).

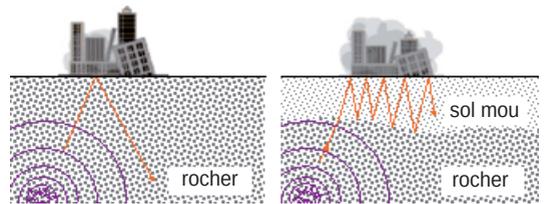
| Zone de sismicité | Niveau d'aléa | a_{gr} (m/s ²) |
|-------------------|---------------|------------------------------|
| Zone 1 | Très faible | 0,4 |
| Zone 2 | Faible | 0,7 |
| Zone 3 | Modéré | 1,1 |
| Zone 4 | Moyen | 1,6 |
| Zone 5 | Fort | 3 |



Influence du sol

La nature locale du sol (dizaines de mètres les plus proches de la surface) influence fortement la sollicitation ressentie au niveau des bâtiments. L'Eurocode 8 distingue cinq catégories principales de sols (de la classe A pour un sol de type rocheux à la classe E pour un sol mou) pour lesquelles est défini un coefficient de sol S. Le paramètre S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

| Classes de sol | S (zones 1 à 4) | S (zone 5) |
|----------------|-----------------|------------|
| A | 1 | 1 |
| B | 1,35 | 1,2 |
| C | 1,5 | 1,15 |
| D | 1,6 | 1,35 |
| E | 1,8 | 1,4 |



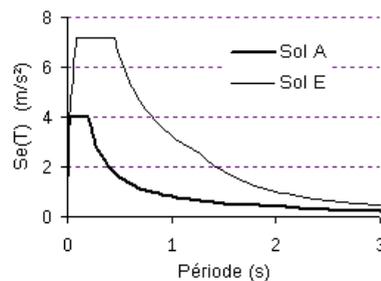
Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

POUR LE CALCUL ...

Pour le dimensionnement des bâtiments

Dans la plupart des cas, les ingénieurs structures utilisent des spectres de réponse pour caractériser la réponse du bâtiment aux séismes. L'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010 définit les paramètres permettant de décrire la forme de ces spectres.

Exemple : spectre horizontal, zone de sismicité 4, catégorie d'importance II



Comment tenir compte des enjeux ?

■ Pourquoi une classification des bâtiments ?

Parmi les bâtiments à risque normal, le niveau de protection parasismique est modulé en fonction de l'enjeu associé. Une classification des bâtiments en catégories d'importance est donc établie en fonction de paramètres comme l'activité hébergée ou le nombre de personnes pouvant être accueillies dans les locaux.

Les conditions d'application de la réglementation dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment, tant pour les bâtiments neufs que pour les bâtiments existants. Les paramètres utilisés pour le calcul et le dimensionnement du bâtiment sont également modulés en fonction de sa catégorie d'importance.

■ Catégories de bâtiments

Les bâtiments à risque normal sont classés en **quatre catégories d'importance croissante**, de la catégorie I à faible enjeu à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

| Catégorie d'importance | Description |
|---|---|
| I  | <ul style="list-style-type: none">■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée. |
| II  | <ul style="list-style-type: none">■ Habitations individuelles.■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5.■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m.■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, $h \leq 28$ m, max. 300 pers.■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes.■ Parcs de stationnement ouverts au public. |
| III  | <ul style="list-style-type: none">■ ERP de catégories 1, 2 et 3.■ Habitations collectives et bureaux, $h > 28$ m.■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes.■ Établissements sanitaires et sociaux.■ Centres de production collective d'énergie.■ Établissements scolaires. |
| IV  | <ul style="list-style-type: none">■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public.■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie.■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne.■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise.■ Centres météorologiques. |

Pour les **structures neuves** abritant des fonctions relevant de catégories d'importance différentes, la catégorie de bâtiment la plus contraignante est retenue.

Pour l'application de la réglementation sur les **bâtiments existants**, la catégorie de la structure à prendre en compte est celle résultant du classement après travaux ou changement de destination du bâtiment.

POUR LE CALCUL ...

Le coefficient d'importance γ_I

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance γ_I qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.

| Catégorie d'importance | Coefficient d'importance γ_I |
|------------------------|-------------------------------------|
| I | 0,8 |
| II | 1 |
| III | 1,2 |
| IV | 1,4 |

Quelles règles pour le bâti neuf ?

Le dimensionnement des bâtiments neufs doit tenir compte de l'effet des actions sismiques pour les structures de catégories d'importance III et IV en zone de sismicité 2 et pour les structures de catégories II, III et IV pour les zones de sismicité plus élevée.

■ Application de l'Eurocode 8

La conception des structures selon l'Eurocode 8 repose sur des principes conformes aux codes parasismiques internationaux les plus récents. La sécurité des personnes est l'objectif du dimensionnement parasismique mais également la limitation des dommages causés par un séisme.

De plus, certains bâtiments essentiels pour la gestion de crise doivent rester opérationnels.

■ Règles forfaitaires simplifiées

Le maître d'ouvrage a la possibilité de recourir à des règles simplifiées (qui dispensent de l'application de l'Eurocode 8) pour la construction de bâtiments simples ne nécessitant pas de calculs de structures approfondis. Le niveau d'exigence de comportement face à la sollicitation sismique est atteint par l'application de dispositions forfaitaires tant en phase de conception que d'exécution du bâtiment.

- Les règles **PS-MI** «Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés» sont applicables aux bâtiments neufs de catégorie II répondant à un certain nombre de critères, notamment géométriques, dans les zones de sismicité 3 et 4.
- Dans la zone de sismicité forte, le guide AFPS «Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles» **CP-MI** permet de construire des bâtiments simples de catégorie II, sous certaines conditions stipulées dans le guide.

■ Exigences sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité.

| | I | II | III | IV |
|--------|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |
| Zone 1 | aucune exigence | | | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 2 | aucune exigence | | | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 3 | | PS-MI ¹ | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$ | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 4 | | PS-MI ¹ | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$ | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 5 | | CP-MI ² | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$ | Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$ |

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

■ Cas particulier : les établissements scolaires simples en zone 2

Les établissements scolaires sont systématiquement classés en catégorie III. Cependant, pour faciliter le dimensionnement des bâtiments scolaires simples, les règles forfaitaires simplifiées PS-MI peuvent être utilisées en zone 2 sous réserve du respect des conditions d'application de celles-ci, notamment en termes de géométrie du bâtiment et de consistance de sol.

POUR LE CALCUL ...

Décomposition de l'Eurocode 8

La **partie 1** expose les principes généraux du calcul parasismique et les règles applicables aux différentes typologies de bâtiments.

La **partie 5** vient compléter le dimensionnement en traitant des fondations de la structure, des aspects géotechniques et des murs de soutènement.

Quelles règles pour le bâti existant ?

Gradation des exigences

TRAVAUX

Principe de base

Je souhaite **améliorer le comportement** de mon bâtiment

Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment

Je crée une **extension** avec joint de fractionnement

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

L'Eurocode 8-3 permet au maître d'ouvrage de moduler l'objectif de confortement qu'il souhaite atteindre sur son bâtiment.

Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.

L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

Travaux sur la structure du bâtiment

Les règles parasismiques applicables à l'ensemble du bâtiment modifié dépendent de la zone sismique, de la catégorie du bâtiment, ainsi que du niveau de modification envisagé sur la structure.

| | Cat. | Travaux | Règles de construction |
|--------|------|---|--|
| Zone 2 | IV | > 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,42 \text{ m/s}^2$ |
| | II | > 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées | PS-MI¹ Zone 2 |
| Zone 3 | II | > 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$ |
| | III | > 30% de SHON créée | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$ |
| | IV | > 30% de plancher supprimé à un niveau | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$ |
| Zone 4 | II | > 30% de SHON créée Conditions PS-MI respectées | PS-MI¹ Zone 3 |
| | II | > 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$ |
| | III | > 20% de SHON créée | Eurocode 8³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$ |
| | IV | > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture | |
| Zone 5 | II | > 30% de SHON créée Conditions CP-MI respectées | CP-MI² |
| | II | > 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés | Eurocode 8³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$ |
| | III | > 20% de SHON créée | Eurocode 8³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$ |
| | IV | > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture | |

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI. La zone sismique à prendre en compte est celle immédiatement inférieure au zonage réglementaire (modulation de l'aléa).

² Application **possible** du guide CP-MI

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Agir sur les éléments non structuraux

Les éléments non structuraux du bâti (cloisons, cheminées, faux-plafonds etc.) peuvent se révéler dangereux pour la sécurité des personnes, même sous un séisme d'intensité modérée. Pour limiter cette vulnérabilité, l'ajout ou le remplacement d'éléments non structuraux dans le bâtiment doit s'effectuer conformément aux prescriptions de l'Eurocode 8 partie 1 :

- pour les bâtiments de catégories III et IV en zone de sismicité 2,
- pour l'ensemble des bâtiments de catégories II, III et IV dans les zones 3, 4 et 5.

■ Entrée en vigueur et période transitoire

Les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 entrent en vigueur le **1^{er} mai 2011**.

Pour tout permis de construire déposé avant le **31 octobre 2012**, les règles parasismiques PS92 restent applicables pour les bâtiments de catégorie d'importance II, III ou IV ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire, d'une déclaration préalable ou d'une autorisation de début de travaux.

Cependant, les valeurs d'accélération à prendre en compte sont modifiées.

POUR LE CALCUL ...

Valeurs d'accélération modifiées (m/s²) pour l'application des PS92 (à partir du 1^{er} mai 2011)

| | II | III | IV |
|--------|-----|-----|-----|
| Zone 2 | 1,1 | 1,6 | 2,1 |
| Zone 3 | 1,6 | 2,1 | 2,6 |
| Zone 4 | 2,4 | 2,9 | 3,4 |
| Zone 5 | 4 | 4,5 | 5 |

■ Plan de prévention des risques (PPR) sismiques

Les plans de prévention des risques sismiques constituent un outil supplémentaire pour réduire le risque sismique sur le territoire.

Ils viennent compléter la réglementation nationale en affinant à l'échelle d'un territoire la connaissance sur l'aléa (microzonage), la vulnérabilité du bâti existant (prescriptions de diagnostics ou de travaux) et les enjeux.

■ Attestation de prise en compte des règles parasismiques

Lors de la demande du permis de construire pour les bâtiments où la mission PS est obligatoire, une attestation établie par le contrôleur technique doit être fournie. Elle spécifie que le contrôleur a bien fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte des règles parasismiques au niveau de la conception du bâtiment.

A l'issue de l'achèvement des travaux, le maître d'ouvrage doit fournir une nouvelle attestation stipulant qu'il a tenu compte des avis formulés par le contrôleur technique sur le respect des règles parasismiques.

■ Contrôle technique

Le contrôleur technique intervient à la demande du maître d'ouvrage pour contribuer à la prévention des aléas techniques (notamment solidité et sécurité). Le contrôle technique est rendu obligatoire pour les bâtiments présentant un enjeu important vis-à-vis du risque sismique (article R111-38 du code de la construction et de l'habitation). Dans ces cas, la mission parasismique (PS) doit accompagner les missions de base solidité (L) et sécurité (S).

POUR EN SAVOIR PLUS

Les organismes que vous pouvez contacter :

- Le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) www.developpement-durable.gouv.fr
- La direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)
- La direction générale de la prévention des risques (DGPR)
- Les services déconcentrés du ministère :
 - Les Directions départementales des territoires (et de la mer) - DDT ou DDTM
 - Les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DREAL
 - Les Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DEAL
 - Les Centres d'études techniques de l'équipement - CETE

Des références sur le risque sismique :

- Le site du Plan Séisme, programme national de prévention du risque sismique www.planseisme.fr
- Le portail de la prévention des risques majeurs www.prim.net

Janvier 2011

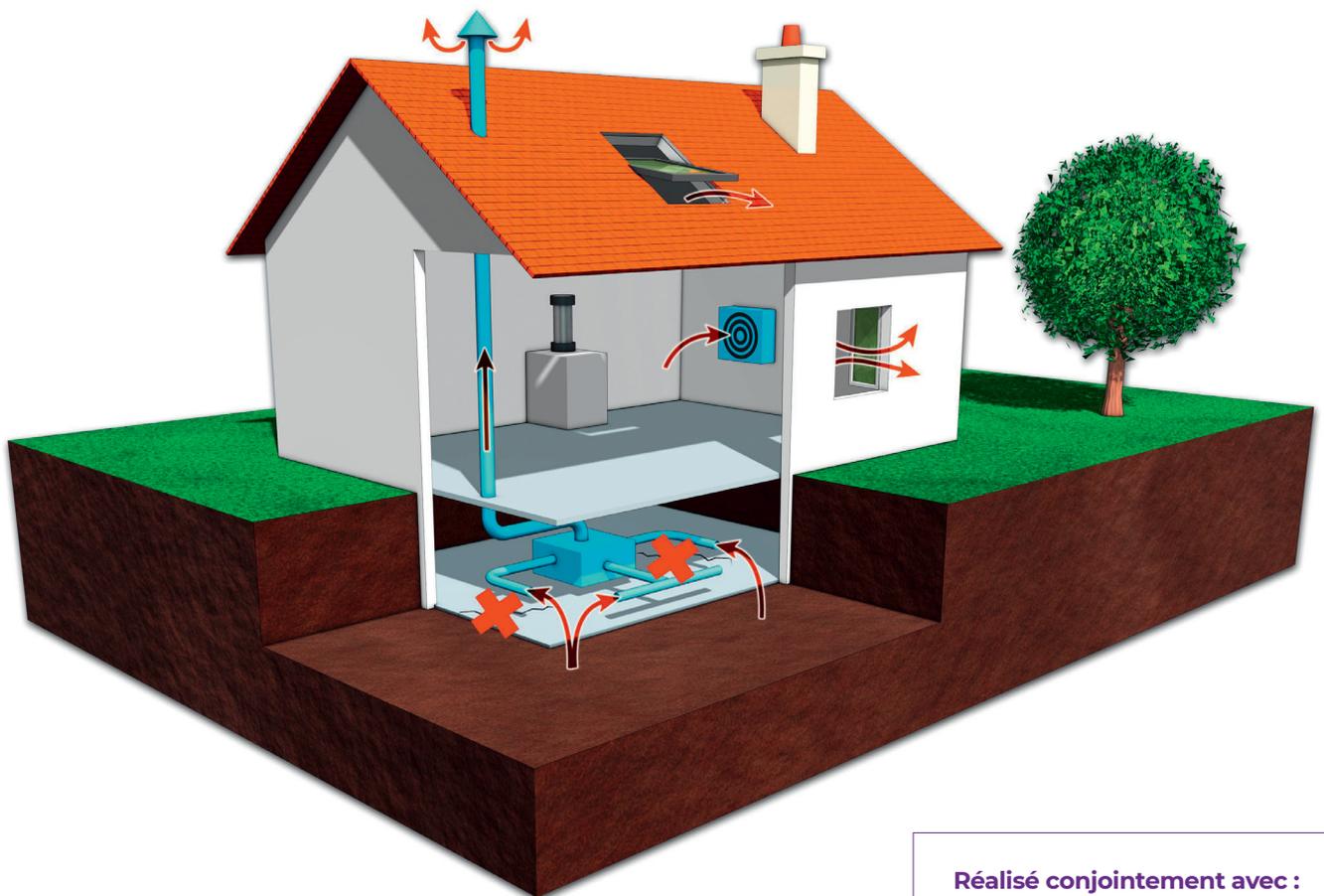


Direction générale de l'aménagement,
du logement et de la nature
Direction de l'habitat, de l'urbanisme
et des paysages
Sous-direction de la qualité et du développement
durable dans la construction
Arche sud 92055 La Défense cedex
Tél. +33 (0)1 40 81 21 22



GUIDE

de recommandations
pour la protection
des bâtiments neufs
et existants vis-à-vis
du **RADON**



Réalisé conjointement avec :

CSTB
le futur en construction

GUIDE

de recommandations
pour la protection
des bâtiments neufs
et existants vis-à-vis
du **RADON**

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Avant propos..... | 5 |
| 1 Généralités | 6 |
| 1.1 Radon et risque sanitaire | 6 |
| 1.2 Contexte réglementaire de la protection des bâtiments | 7 |
| 1.3 Indépendance des entreprises réalisant des travaux dans les bâtiments..... | 8 |
| 1.4 Entrée du radon venant du sol dans les bâtiments | 8 |
| 1.4.1 Sources de radon et facteurs de risque..... | 8 |
| 1.4.2 Mécanismes d'entrée dans le bâtiment..... | 9 |
| 1.5 Principes de protection des bâtiments..... | 10 |
| 1.5.1 Étanchéité à l'air de l'interface..... | 10 |
| 1.5.2 Ventilation du bâtiment | 10 |
| 1.5.3 Traitement des soubassements..... | 11 |
| 2 Actions correctives dans les bâtiments existants | 12 |
| 2.1 Aide au choix des actions correctives | 12 |
| 2.1.1 Résultat de l'état des lieux de la situation | 12 |
| 2.1.2 Logigramme d'aide à la décision | 13 |
| 2.1.3 Comparaison de l'efficacité des différents types d'actions correctives dans des bâtiments existants | 15 |
| 2.2 Les différents types d'actions correctives dans les bâtiments existants | 18 |
| 2.2.1 Étanchéité à l'air de l'interface sol-bâtiment..... | 18 |
| 2.2.2 Ventilation du bâtiment | 20 |
| 2.2.3 Traitement des soubassements..... | 21 |
| 2.2.4 Points particuliers (maintenance, durabilité, rénovation thermique) | 22 |
| 2.3 Exemples d'actions correctives..... | 22 |
| 2.3.1 Exemple 1 : Centre aéré - Étanchéité et ventilation du bâtiment..... | 22 |
| 2.3.2 Exemple 2 : Maison individuelle - Étanchéité et ventilation du bâtiment et du soubassement..... | 23 |
| 2.3.3 Exemple 3 : École maternelle - Étanchéité et système de dépressurisation des sols..... | 24 |
| 2.4 Vérification de l'efficacité des actions correctives..... | 27 |
| 3 Actions préventives dans les constructions neuves..... | 28 |
| 3.1 Adaptations possibles du projet de construction | 28 |
| 3.2 Ventilation de vide sanitaire ou de sous-sol..... | 29 |
| 3.3 Système de dépressurisation du sol (SDS)..... | 29 |
| 3.4 Étanchement des soubassements | 30 |
| 3.5 Vérification de l'efficacité des actions préventives..... | 31 |
| Liste des acronymes | 32 |
| Références..... | 32 |
| Liens utiles | 33 |

Avant propos

La gestion du risque lié au radon constitue un enjeu sanitaire important au regard de son caractère cancérigène certain reconnu depuis 1987. L'information et la sensibilisation des différents publics sur le risque lié au radon et sur l'application de la réglementation constituent une action prioritaire de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). C'est pourquoi, face au constat du nombre encore réduit de professionnels du bâtiment sensibilisés au sujet (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes, entreprises, distributeurs, etc.), l'ASN a souhaité mettre à disposition un document synthétique sur les moyens de protection des bâtiments neufs et existants vis-à-vis du radon. Ce guide s'adresse également aux particuliers qui souhaitent se renseigner sur les travaux à réaliser.

La partie technique de ce document a été élaborée par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)¹ et a été approuvée par la Fédération française du bâtiment (FFB), la Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB), l'Agence qualité construction (AQC), le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Son contenu peut être considéré comme une information de référence quant aux actions préventives ou correctives à appliquer pour préserver la qualité sanitaire des bâtiments.

En complément de ce guide, des informations plus détaillées peuvent être trouvées sur des sites Internet institutionnels ou dans des guides techniques, comme ceux du CSTB ou de l'association Qualitel, qui sont référencés en fin de document. Par ailleurs, des formations sont organisées, aux niveaux national et local, afin d'aider les professionnels à monter en compétence sur ce sujet.

1. Le CSTB exerce quatre activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétence couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

1. Généralités

1.1 Radon et risque sanitaire

Le radon est un gaz radioactif naturel, ayant pour origine l'uranium présent dans les sols dont la teneur est variable suivant le type de roches. Il est inodore, incolore et inerte chimiquement. Il peut diffuser dans l'air à partir des sols. Dans l'air extérieur, le radon se dilue rapidement et sa concentration moyenne reste généralement très faible. Dans les espaces clos comme les bâtiments, particulièrement dans les sous-sols et les rez-de-chaussée, il peut s'accumuler dans l'air intérieur pour atteindre des concentrations parfois très élevées. Cette accumulation résulte de paramètres environnementaux (concentration dans le sol, perméabilité et humidité du sol, présence de fissures ou de fractures dans la roche sous-jacente notamment), des caractéristiques du bâtiment (procédé de construction, type de soubassement, fissuration de la surface en contact avec le sol, système de ventilation, etc.) et du mode d'occupation (ouverture des fenêtres insuffisante, calfeutrage des ouvrants, etc.).

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le radon comme cancérigène certain pour le poumon en 1987. A long terme, l'inhalation de radon conduit à augmenter le risque de développer un cancer du poumon. Cette augmentation est proportionnelle à l'exposition cumulée tout au long de la vie.

En France, le radon est la seconde cause de cancer du poumon (environ 3 000 morts par an), derrière le tabagisme. L'exposition à la fois au radon et au tabac augmente de façon majeure le risque de développer un cancer du poumon.

Afin de gérer le risque lié au radon et limiter l'exposition de la population, un niveau de référence² unique a été fixé à 300 Bq.m⁻³ en moyenne annuelle dans l'air intérieur pour toutes les situations d'exposition³ :

habitat, lieu de travail et établissements recevant du public (ERP). Il ne s'agit pas d'un « seuil », en dessous duquel il n'y aurait pas d'effet sanitaire⁴, mais d'une concentration au-dessus de laquelle on considère que les personnes ne devraient pas être exposées, et qui permet d'identifier les situations sur lesquelles il est nécessaire d'intervenir afin de réduire l'exposition des personnes. Le dépassement du niveau de référence nécessite ainsi la mise en place d'actions pour réduire la concentration de radon. Cependant, même en dessous du niveau de référence, le principe d'optimisation⁵ reste pertinent, dans le but de réduire le risque à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a établi une cartographie qui divise le territoire à l'échelle communale en trois zones à potentiel radon, définies en fonction de la capacité du sol à émettre du radon : zones à potentiel radon faible (zone 1), zones à potentiel radon faible mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments (zone 2), zones à potentiel radon significatif (zone 3) (figure 1). Les départements, régions et collectivités d'outre-mer (DROM-COM) sont inclus dans la cartographie.

Le classement communal en fonction du potentiel radon des zones est fixé réglementairement⁶. Une carte interactive permettant de connaître le potentiel radon d'une commune est disponible sur le site Internet de l'ASN ([Où trouve-t-on du radon en France ?](#)). Ainsi, toute la population est exposée au radon même si cette exposition peut varier fortement d'une région à une autre et d'un bâtiment à un autre. Le zonage donne une indication sur la probabilité de mesurer une concentration élevée de radon à l'intérieur des bâtiments. La concentration moyenne en France est inférieure à 100 Bq.m⁻³. En zone 3, la proportion des bâtiments présentant des concentrations en radon élevées est plus importante que sur le reste du territoire. Dans les régions les plus affectées, les concen-

2. Le niveau de référence est défini à l'article R. 1333-28 du code de la santé publique pour les immeubles bâtis et à l'article R. 4451-10 du code du travail pour les lieux de travail.

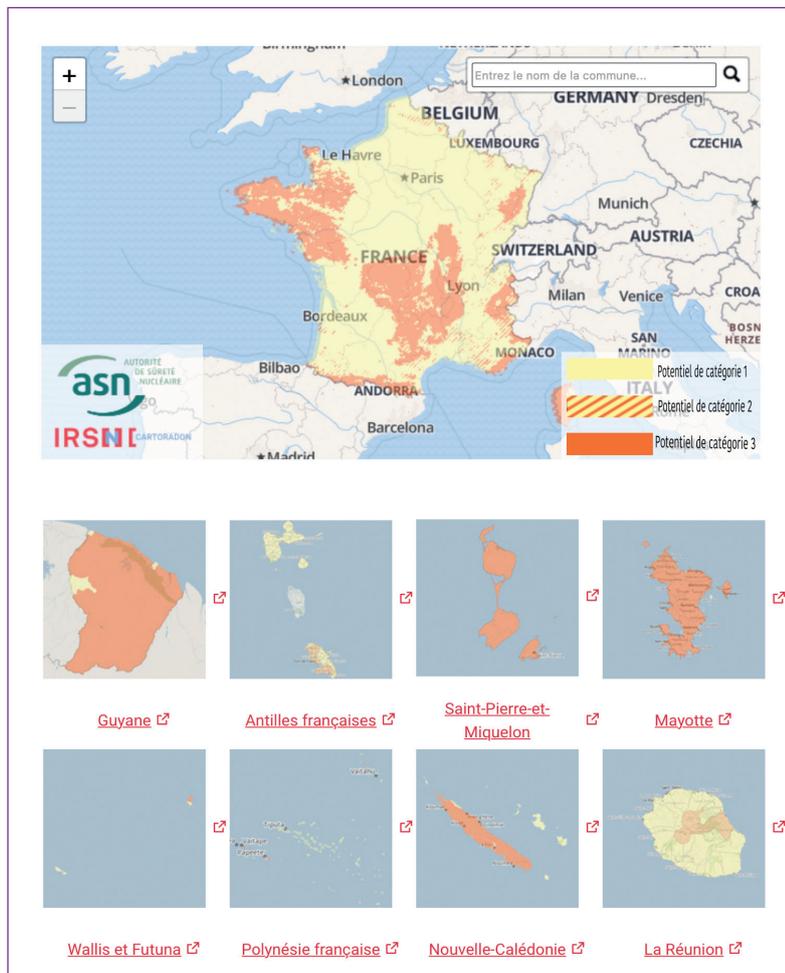
3. L'unité utilisée, le becquerel par mètre cube (Bq.m⁻³), correspond à la concentration (activité volumique) du radon et exprime un nombre de désintégrations radioactives par seconde et par mètre cube. Par simplification, on considère que l'unité « Bq.m⁻³ » correspond à la « concentration de radon ». Dans la suite de ce document, les niveaux exprimés en Bq.m⁻³ seront appelés « concentration de radon ».

4. Des constatations épidémiologiques récentes provenant d'études résidentielles démontrent une augmentation statistiquement significative du risque de cancer du poumon résultant d'une exposition prolongée au radon à l'intérieur des bâtiments pour des concentrations de l'ordre de 100 Bq.m⁻³.

5. Principe d'optimisation : le niveau des expositions des populations et des individus aux rayonnements ionisants doit être maintenu au plus bas niveau que l'on peut raisonnablement atteindre, compte tenu de l'état des connaissances scientifiques (par les études épidémiologiques et expérimentales en radiobiologie, etc.), de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché.

6. [Arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon sur le territoire français](#)

Figure 1 : cartographie des zones à risque radon en France métropolitaine



trations moyennes de radon peuvent dépasser les 1 000 Bq.m⁻³ dans certains bâtiments⁷. Des concentrations élevées peuvent également être mesurées dans les zones 1 et 2, bien qu'elles y soient moins probables.

1.2 Contexte réglementaire de la protection des bâtiments

La réglementation relative à la gestion du risque radon a été mise en place au début des années 2000 pour certains ERP et étendue en 2008 à certains lieux de travail. La réglementation a été renforcée avec la transposition de la directive 2013/59/Euratom en 2018. En fonction de l'usage des bâtiments, il existe des

recommandations ou des exigences réglementaires définissant la nature des actions correctives à appliquer⁸.

Dans les habitations (articles R. 125-23 et -24 du code de l'environnement et arrêté du 20 février 2019)

Information des acquéreurs et des locataires : les acquéreurs ou locataires de biens immobiliers situés en zone à potentiel radon 3 sont informés par le vendeur ou le bailleur de l'existence de ce risque, par l'intermédiaire de l'imprimé pour l'établissement de l'état des risques naturels et technologiques.

Mesurage du radon dans les domiciles : les pouvoirs publics recommandent aux particuliers, notamment à ceux qui résident dans la zone à potentiel radon 3, de procéder au mesurage du radon dans leur logement afin de connaître leur exposition (voir paragraphe 2.1.1.1). Le principe des actions à mener en fonction du résultat est décrit dans [l'arrêté du 20 février 2019](#) relatif aux informations et aux recommandations sanitaires à diffuser à la population en vue de prévenir les effets d'une exposition au radon dans les immeubles bâtis.

7. Une concentration au-delà de 1 000 Bq.m⁻³ est communément admise comme élevée, car cette situation est souvent plus complexe et nécessite la réalisation d'une expertise du bâtiment pour identifier les travaux appropriés.

8. Les sites Internet Legifrance.fr, des ministères chargés de l'environnement, du travail et de la santé et de l'ASN peuvent être consultés pour obtenir le détail des textes réglementaires concernés.

Dans les lieux de travail (articles R. 4451-1 et suivants du code du travail)

Le code du travail donne obligation à l'employeur d'évaluer le risque radon dans le cadre de la démarche de prévention des risques professionnels. Dans son évaluation des risques, l'employeur prend notamment en considération le potentiel radon de sa commune, la qualité de la construction des lieux de travail des salariés, l'activité professionnelle exercée, ainsi que les résultats d'éventuelles mesures déjà réalisées notamment lorsque le lieu de travail est un ERP. Lorsque l'évaluation des risques met en évidence que la concentration du radon est susceptible d'atteindre ou de dépasser le niveau de référence de 300 Bq.m⁻³, l'employeur procède à des mesurages pour le vérifier. Si le résultat dépasse le niveau de référence, il doit mener des actions de réduction de l'exposition. La Direction générale du travail (DGT) a publié un [Guide pratique : prévention du risque radon](#) disponible gratuitement sur son site Internet, qui détaille les modalités d'application de la réglementation.

Dans certains ERP (articles R. 1333-28 à -36 du code de la santé publique et arrêté du 26 février 2019)

Cette réglementation concerne cinq catégories d'ERP :

- les établissements d'enseignement, y compris les bâtiments d'internat,
- les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans,
- certains établissements sanitaires, sociaux et médicaux-sociaux avec capacité d'hébergement,
- les établissements thermaux,
- les établissements pénitentiaires.

Pour ces établissements, elle spécifie une obligation de mesurage dans les communes situées en zone 3 et dans les communes des zones 1 et 2 dès lors qu'une mesure antérieure a mis en évidence une concentration annuelle moyenne en radon supérieure à 300 Bq.m⁻³. Les mesurages sont réalisés par des [organismes agréés par l'ASN de niveau 1](#) ou par l'IRSN. En cas de dépassement du niveau de référence de 300 Bq.m⁻³, la nature des actions correctives à mettre en œuvre est définie dans [l'arrêté du 26 février 2019](#) relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements.

1.3 Indépendance des entreprises réalisant des travaux dans les bâtiments

Afin d'éviter les conflits d'intérêt, les entreprises construisant des bâtiments, réalisant des travaux de réduction du radon ou organisant ces opérations doivent être indépendantes des organismes réalisant les mesurages du radon ou l'expertise radon des bâtiments (diagnostic technique, mesurages complémentaires du radon, audits des systèmes de ventilation, tests et préconisation de travaux).

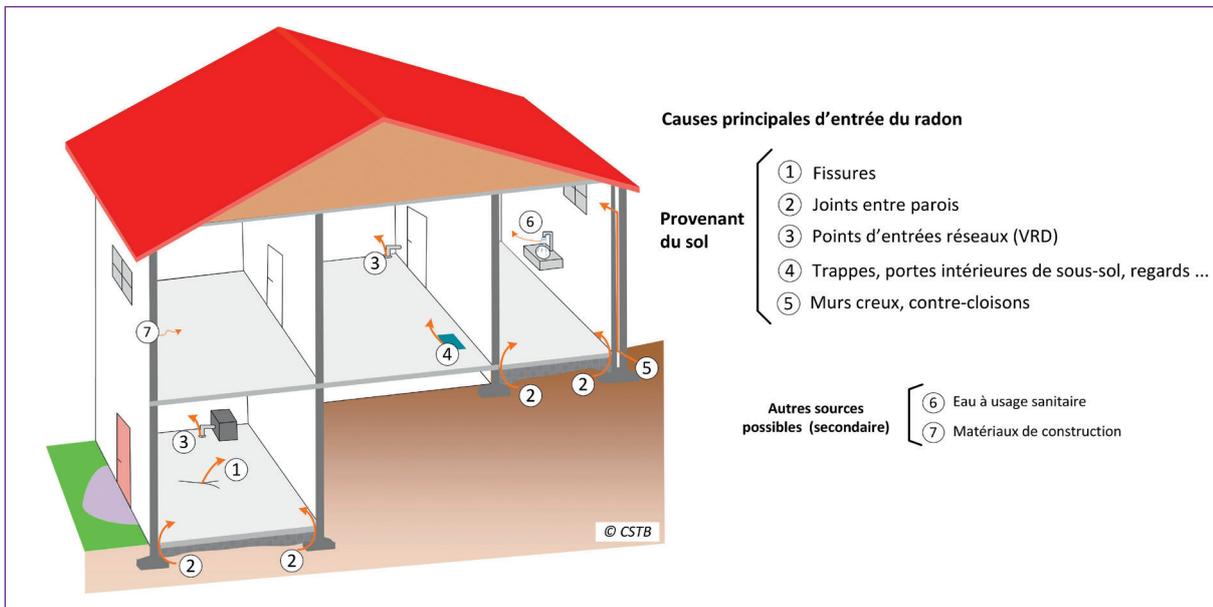
1.4 Entrée du radon venant du sol dans les bâtiments

1.4.1 Sources de radon et facteurs de risque

Le niveau de radon rencontré dans l'air intérieur de bâtiment résulte en premier lieu de nombreux paramètres liés au sol sur lequel est construit le bâtiment : concentration dans le sol, perméabilité et humidité du sol, présence de fissures ou de fractures dans la roche sous-jacente. Également, les caractéristiques propres du bâtiment influencent le transfert de radon vers les volumes occupés du bâtiment : configuration du bâtiment, procédé de construction, perméabilité à l'air de la surface en contact avec le sol et système de ventilation (figure 2).

Sa présence dans les locaux habités peut cependant avoir d'autres origines, comme par exemple les matériaux de construction ou l'eau utilisée dans le bâtiment. Néanmoins, le sol sous le bâtiment reste en général la cause principale de la présence de radon dans l'air intérieur des bâtiments, notamment lorsque l'on est en présence de niveaux de radon élevés (plusieurs centaines de Bq.m⁻³). Le présent guide porte essentiellement sur la protection des bâtiments neufs et existants vis-à-vis du radon provenant du sol.

Figure 2 : Voies d'entrée du radon dans un bâtiment



1.4.2 Mécanismes d'entrée dans le bâtiment

Il existe deux phénomènes physiques expliquant l'entrée du radon dans un bâtiment : la convection et la diffusion.

Transport convectif

En période de chauffage, l'air intérieur du bâtiment est plus chaud que l'air extérieur. Cela entraîne un mouvement d'air dans le bâtiment appelé « tirage thermique ». Ce tirage thermique engendre une légère dépression au niveau du plancher bas du bâtiment vis-à-vis de son environnement extérieur et notamment du sol sous le bâtiment. Le moteur de la convection est donc la différence de pression qui existe entre l'air contenu dans la porosité du sol et l'intérieur du bâtiment, entraînant un mouvement d'air depuis le sol vers le bâtiment. La présence de vent peut également influencer sur les niveaux de dépression entre le bâtiment et son environnement.

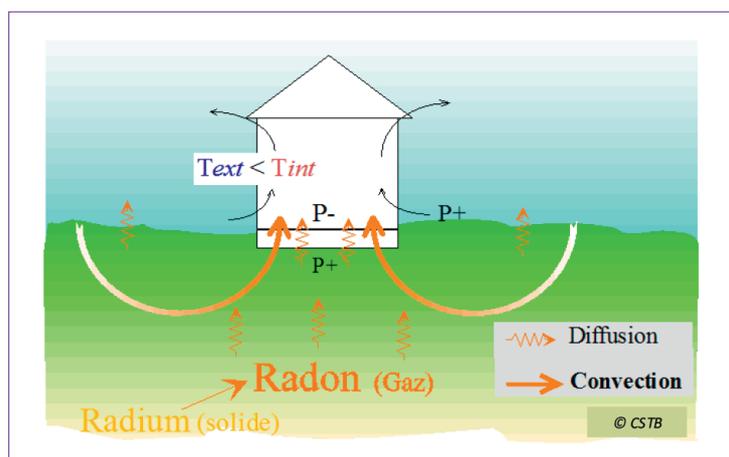
Les causes de la mise en dépression du bâtiment peuvent être multiples :

- la ventilation naturelle (tirage thermique et vent), notamment due aux défauts d'étanchéité de l'enveloppe, est toujours présente dans un bâtiment,
- le système de ventilation, selon son type, son dimensionnement, son utilisation et son entretien, peut avoir une influence sur la dépression du bâtiment, ainsi que l'utilisation de systèmes d'extraction spécifiques (hotte de cuisine, etc.),
- le fonctionnement ou la présence des appareils à combustion raccordés non étanches (chaudière, cheminée à foyer ouvert, etc.) contribue à accentuer le tirage thermique et donc la dépression du bâtiment.

Le radon, présent dans l'air contenu dans la porosité et les cavités du sol, est alors aspiré dans le bâtiment à travers les défauts d'étanchéité, et y séjournera en fonction du niveau de renouvellement d'air de ce dernier (figure 3).

Figure 3 : Mécanismes d'entrée du radon venant du sol dans un bâtiment

- > Convection, liée à la dépression du bâtiment
- > Diffusion, liée à la différence de concentration entre le sol et le bâtiment



Le transport convectif est souvent la cause principale de présence de radon dans un bâtiment.

Transport diffusif

Lorsque deux volumes d'air ayant des concentrations en gaz différentes sont mis en communication, ces gaz vont se déplacer de manière à tendre vers une concentration homogène dans les deux volumes d'air. Ce phénomène est la diffusion moléculaire. Les concentrations en radon que l'on mesure dans le sol peuvent être très élevées. Le gaz va ainsi diffuser depuis le sol vers l'air atmosphérique ou vers l'air intérieur d'un bâtiment.

Ce mode de transport est en général secondaire par rapport au transport convectif mais n'est pas pour autant négligeable. C'est notamment un mécanisme important dans le cas où l'interface sol/bâtiment est très ouverte (par exemple pour un sol de cave en terre battue), mais la diffusion se produit également à travers tout type de matériau (par exemple le béton) dont la résistance à ce phénomène est plus ou moins forte selon sa nature. Cela explique le fait que, même en l'absence de différence de pression entre le volume d'air intérieur et le sol, le radon venant du sol continue à entrer dans le bâtiment.

1.5 Principes de protection des bâtiments

Il existe plusieurs moyens pour protéger un bâtiment. De façon générique, les solutions à mettre en œuvre font appel aux deux principes suivants :

- limiter l'entrée du radon venant du sol,
- diluer la concentration de radon dans le bâtiment.

Les types de solution peuvent se regrouper en catégories de techniques (figure 4) :

- étanchéité de l'interface entre le sol et le bâtiment,
- ventilation du bâtiment,
- traitement des soubassements par ventilation ou système de dépressurisation des sols (SDS).

Plusieurs solutions sont souvent combinées. Il est parfois nécessaire de procéder de façon itérative.

1.5.1 Étanchéité à l'air de l'interface

L'objectif est d'assurer la meilleure étanchéité possible entre le bâtiment et le terrain sous-jacent ainsi qu'entre le sous-sol et le volume occupé, le cas échéant, vis-à-vis des voies d'entrée préférentielles de radon venant du sol. Ces travaux peuvent correspondre à des actions ciblées (colmatage du passage de réseaux, de fissures, de joints périphériques, de portes intérieures, de trappes, de regards, etc.) ou à des traitements de surface de planchers et de murs enterrés.

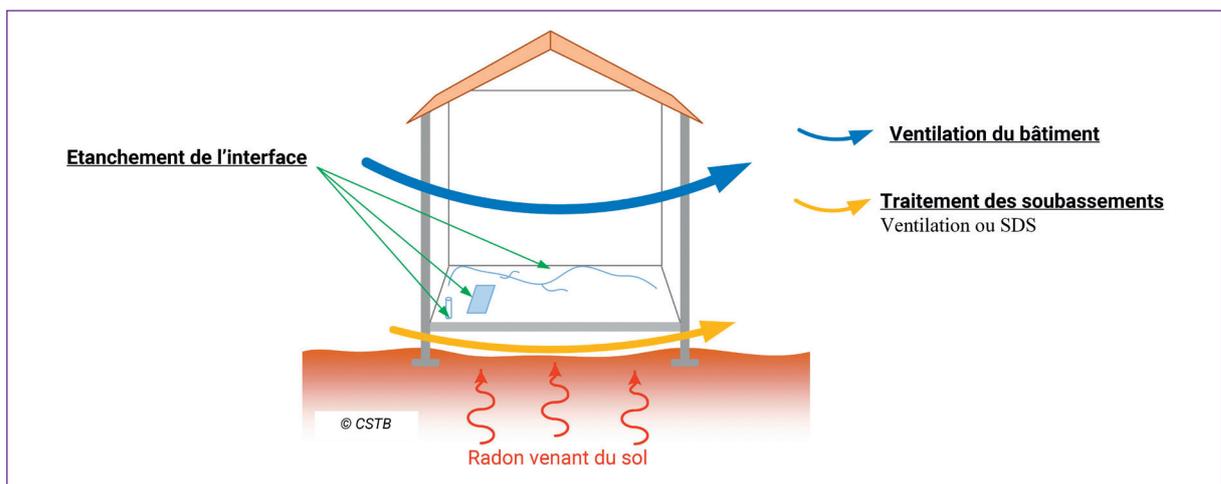
Les actions traitant de l'amélioration de l'étanchéité à l'air de l'interface du bâtiment peuvent s'avérer insuffisantes pour réduire efficacement la concentration de radon dans le bâtiment. C'est cependant un préalable essentiel à toutes les autres actions associées.

1.5.2 Ventilation du bâtiment

La ventilation du bâtiment permet de diluer la concentration de radon grâce au renouvellement de l'air intérieur. De façon plus générale, la ventilation contribue à améliorer la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Concernant l'influence du système de ventilation sur les niveaux de pression dans le bâtiment, selon la nature de ce système, ce dernier aura également une incidence favorable ou défavorable sur l'entrée de radon venant du sol. En effet, un bâtiment en période de chauffage

Figure 4 : principes de protection des bâtiments



est en légère dépression vis-à-vis de son environnement du fait du tirage thermique. Cette dépression favorise l'entrée de radon venant du sol, via les défauts d'étanchéité du soubassement. En association à ce phénomène, le type de système de ventilation, selon son équilibrage et son dimensionnement influence également les niveaux de pression du bâtiment. Un système de ventilation mécanique contrôlé (VMC) par extraction a tendance à accentuer la dépression du bâtiment alors qu'un système de VMC par insufflation a tendance à la minimiser. Toutefois, l'insufflation présente le risque de produire de la condensation et d'entraîner le développement de moisissures. Un système VMC double flux équilibré (débit de soufflage identique au débit d'extraction) n'a globalement pas d'incidence sur les pressions intérieures liées au tirage thermique. Enfin, l'incidence du système de ventilation sur les niveaux de pression intérieure varie en fonction des caractéristiques du bâtiment (hauteur de tirage thermique, perméabilité à l'air de l'enveloppe) et du dimensionnement du système. Ainsi, le type de ventilation le plus approprié est à choisir au cas par cas.

1.5.3 Traitement des soubassements

Selon la nature du soubassement (vide sanitaire, cave ou sous-sol, terre-plein), un traitement par ventilation naturelle ou mécanique de ce dernier permet de réduire l'entrée de radon venant du sol vers les volumes occupés.

Un système de dépressurisation des sols permet de bloquer les flux convectifs de radon venant du sol en inversant la dépression initiale.

Dilution par ventilation du soubassement (cave, sous-sol ou vide sanitaire)

Il est possible de traiter ces soubassements par ventilation naturelle ou mécanique afin de diminuer la concentration de radon dans ces volumes. Cela réduira d'autant la concentration dans les flux d'air allant vers les volumes occupés. Il est alors important d'éviter des « zones mortes » (peu ventilées) dans le volume en assurant un bon « balayage » par la ventilation (mettre les ouvertures en opposition de façade autant que possible, avec des sections d'orifices adaptées).

Système de dépressurisation du sol sous le bâtiment

Pour le cas d'un dallage sur terre-plein ou d'un vide sanitaire, on peut envisager la mise en œuvre d'un SDS consistant à extraire l'air sous le dallage, dans le volume du vide sanitaire, ou sous membrane. Cet air est directement rejeté vers l'environnement extérieur pour éviter qu'il ne transite par l'intérieur du bâtiment. Le but est alors de créer une légère dépression du soubassement vis-à-vis du bâtiment afin de limiter toute remontée de radon venant du sol vers le bâtiment.

2. Actions correctives dans les bâtiments existants

2.1 Aide au choix des actions correctives

Pour choisir les actions correctives appropriées à une construction donnée, le professionnel du bâtiment doit se fonder sur l'état des lieux de la situation, qui comporte habituellement le résultat du mesurage de la concentration de radon à l'intérieur du bâtiment et, dans les cas où la concentration s'est avérée élevée, les résultats d'une expertise du bâtiment (voir paragraphe 2.1.1). Les professionnels qui ont réalisé le mesurage et l'expertise du bâtiment doivent être indépendants des entreprises de construction et des entreprises qui réalisent les travaux de réduction du radon ou organisent ces opérations (voir paragraphe 1.3)

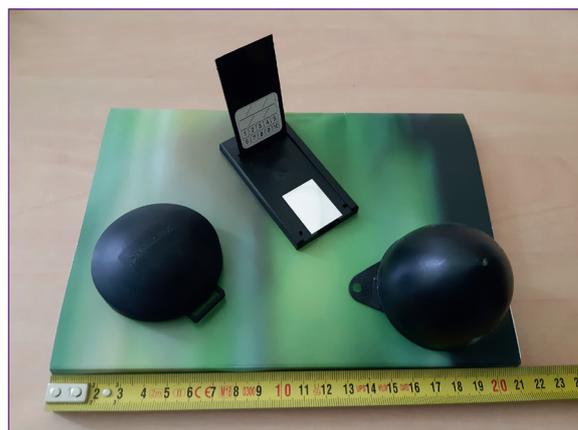
2.1.1 Résultat de l'état des lieux de la situation

2.1.1.1 Résultat du mesurage dans les bâtiments existants

Le résultat du mesurage du radon dans le bâtiment est à comparer au niveau de référence de $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Le mesurage doit avoir respecté une méthodologie pour être représentatif de la concentration moyenne annuelle : il faut qu'il ait été réalisé avec un dispositif passif de mesure intégrée⁹, appelé détecteur (figure 5) et que celui-ci soit resté en place pendant au moins deux mois. En effet, la concentration du radon dans l'air intérieur d'un bâtiment fluctue beaucoup au cours de la journée et de l'année. Le respect de cette méthodologie peut utilement être vérifié. Dans les habitations, le mesurage peut être réalisé par l'occupant, en suivant les recommandations de la [fiche d'information du ministère chargé de l'environnement](#)¹⁰. Pour les lieux de travail, il convient de se reporter au [Guide pratique : Prévention du risque radon](#). Dans les ERP soumis à la surveillance du radon, les mesurages sont réalisés par des [organismes agréés](#).

Le même protocole est à suivre pour la vérification de l'efficacité des actions correctives et préventives (voir paragraphes 2.4 et 3.5).

Figure 5 : Exemples de détecteurs pour la mesure intégrée du radon dans les bâtiments



2.1.1.2 Rapport d'expertise du bâtiment

Quand le résultat du mesurage met en évidence une concentration élevée de radon, par exemple au-delà du niveau de $1\ 000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et lorsque des actions correctives n'ont pas permis d'abaisser la concentration en dessous de $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, une expertise du bâtiment est recommandée. Cette expertise est une exigence réglementaire dans le cas d'un ERP. Dans le rapport d'expertise, le professionnel du bâtiment va identifier l'origine et les causes de la présence de radon ainsi que les travaux adaptés au cas particulier de chaque bâtiment, en fonction de l'ensemble de ses caractéristiques, de son usage et de son environnement. L'expertise tient compte de l'incidence globale des travaux sur le bâtiment. Elle va ainsi permettre d'éviter les travaux qui pourraient être inappropriés.

L'intervention d'un professionnel compétent est recommandée pour la réalisation de cette expertise¹¹.

9. Un dispositif passif fait appel à un mode de détection naturel pour l'évaluation de la concentration de radon, ne nécessitant pas de système actif de pompage.

10. Le [dossier pédagogique du site de l'ASN](#) comporte des liens vers les sites commerciaux des fournisseurs de détecteurs. Les détecteurs sont accompagnés d'un mode d'emploi.

11. Pour les lieux de travail, le [guide pratique Prévention du risque radon](#) de la DGT précise les qualités des professionnels compétents. Le code de la santé publique impose que, dans les ERP, les mesurages supplémentaires soient réalisés par l'IRSN ou un organisme agréé par l'ASN de niveau 2. La liste des organismes agréés par l'ASN pour les mesurages du radon est publiée sur le [site de l'ASN](#).

L'expertise du bâtiment comprend :

a) Le diagnostic du bâtiment¹², *a minima*, qui comporte :

- des informations générales sur le bâtiment et son environnement : année de construction, type de bâtiment et constitution, surface au sol, nombre de niveaux, réhabilitations éventuelles, type d'ouvrants extérieurs, etc. ;
- une description du soubassement : type et constitution du soubassement, surface au sol et état d'étanchement de chaque type de soubassement (dallage sur terre-plein, vide sanitaire, cave), identification des voies potentielles d'entrée du radon par l'interface sol-bâtiment (porte de cave, trappes, passage des réseaux, etc.) ;
- une description du système de ventilation lorsqu'il existe et une évaluation qualitative du niveau d'aération des espaces de vie du bâtiment ;
- une description des systèmes du bâtiment (chauffage, chauffe-eau, climatisation, etc.)

b) Investigations complémentaires éventuelles

En fonction du type de bâtiment rencontré et, notamment, pour des grands bâtiments avec des systèmes complexes, des investigations complémentaires ont pu être menées, dont notamment :

- des mesurages supplémentaires pour mieux identifier les sources ainsi que les voies d'entrée et de transfert du radon dans le bâtiment, lorsque ces caractéristiques ne sont pas identifiables de manière simple, sans mesurage ;
- un audit plus précis du système de ventilation (mesures de débits ou de dépression, vérification du bon fonctionnement des différents composants du système, etc.) ;
- des tests de faisabilité et d'efficacité de solutions spécifiques comme les SDS.

c) Préconisation des travaux

L'analyse de l'ensemble de ces informations (diagnostic et éventuellement investigations complémentaires) a permis d'évaluer l'incidence des différentes caractéristiques du bâtiment et de son environnement sur la concentration de radon dans l'environnement intérieur. La conclusion du rapport présente les solutions de réduction de la concentration de radon préconisées et hiérarchisées, en tenant compte du bilan coût/avantage des solutions possibles et de leurs éventuelles autres conséquences (incidence sur l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur).

2.1.2 Logigramme d'aide à la décision

La mise en place d'actions correctives efficaces dans un bâtiment donné consiste en général en une adaptation et une combinaison judicieuse des trois types de solutions génériques mentionnées précédemment : étanchéité à l'air du soubassement et des réseaux, ventilation du bâtiment et traitement du soubassement par ventilation ou mise en dépression. Cela peut s'avérer très simple ou plus difficile selon le cas considéré. Ainsi, en partant d'un objectif de réduction de la concentration de radon (C_{Rn}) en dessous du niveau de référence de 300 Bq.m^{-3} , on peut déduire du logigramme ci-après les principaux travaux recommandés (figure 6).

Des actions correctives simples peuvent suffire, notamment lorsque la concentration en radon est située entre 300 et $1\,000 \text{ Bq.m}^{-3}$. Elles peuvent cependant, suivant les cas, ne pas garder toute leur efficacité au cours du temps. Pour les concentrations plus élevées et lorsque des actions correctives n'ont pas permis d'abaisser la concentration en dessous de 300 Bq.m^{-3} (exigence réglementaire pour les ERP), il est recommandé de faire réaliser une expertise du bâtiment.

Pour les habitations, les recommandations sur les actions correctives sont présentées dans [l'arrêté du 20 février 2019](#). Pour les lieux de travail, il convient de se référer au [Guide pratique : prévention du risque radon de la DGT](#). Pour les ERP, [l'arrêté du 26 février 2019](#) décrit la conduite à tenir.

Les couleurs verte et orange correspondent respectivement à des actions relatives à la mesure de radon et au bâtiment.

12. La méthodologie du diagnostic technique est détaillée dans la norme NF X 46-040 « Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis - Mission et méthodologie ». Les guides techniques relatifs à la ventilation des bâtiments et les liens référencés en fin de document (Cerema, Jurad-Bat) constituent des outils techniques complémentaires. Dans les lieux de travail, il est nécessaire d'adapter cette méthodologie aux particularités de l'activité et aux conditions de travail.

Figure 6 : Logigramme d'aide au choix des actions correctives

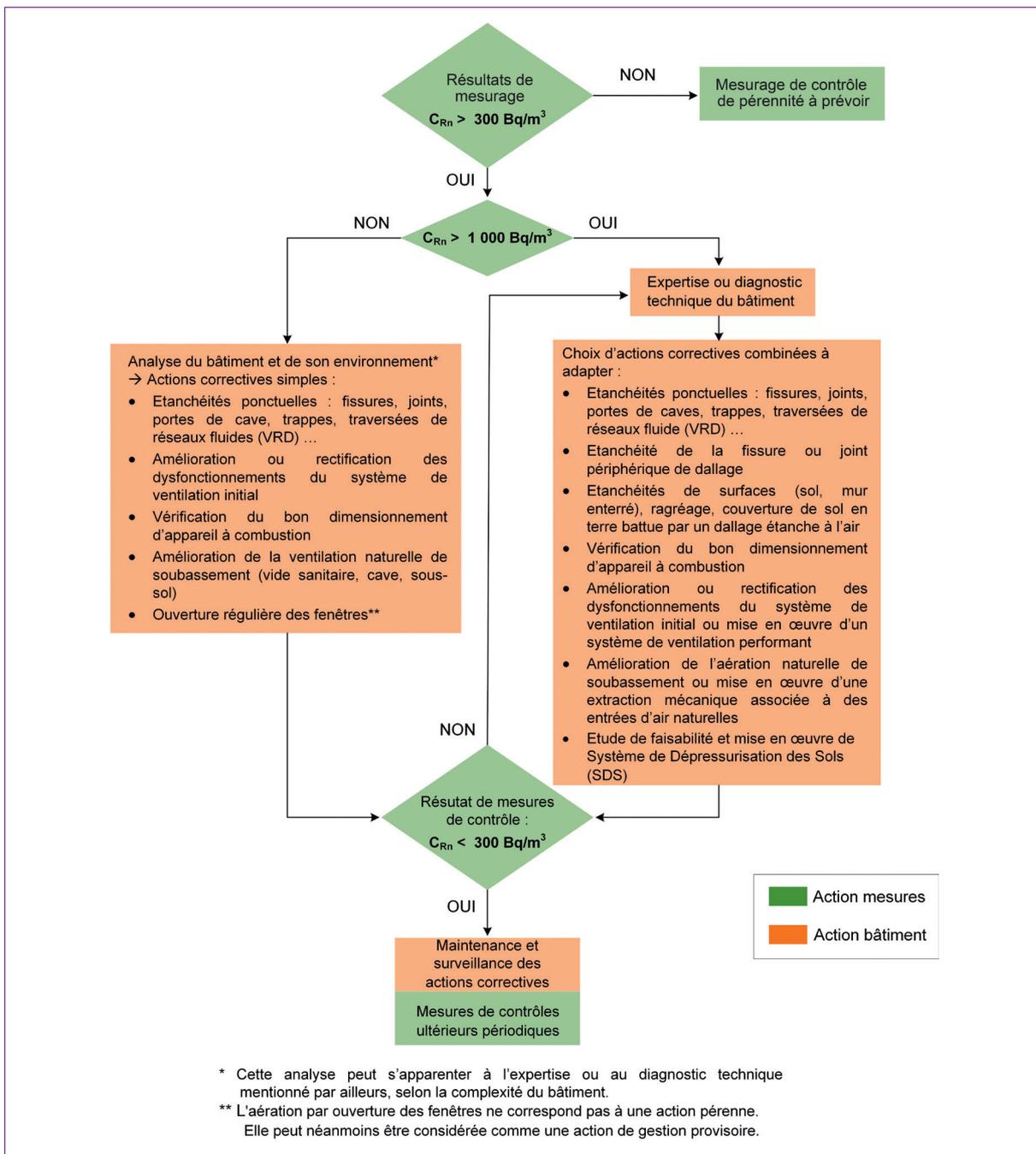
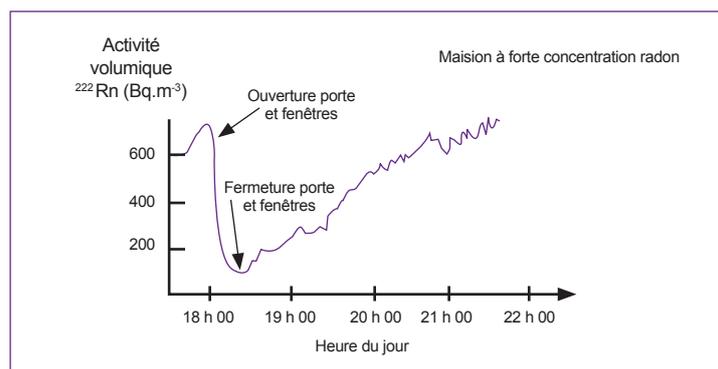


Figure 7 : Exemple d'évolution de la concentration (activité volumique) du radon dans une maison : mise en évidence de l'effet de l'aération.



Actions correctives simples à appliquer quand la concentration en radon est située entre 300 et 1 000 Bq.m⁻³

Dans ce cas, des actions correctives simples suffisent habituellement à descendre en dessous du niveau de référence de 300 Bq.m⁻³. Une inspection visuelle du bâtiment permet de déterminer les actions appropriées parmi les actions suivantes, à appliquer de façon combinée :

- aérer le bâtiment en ouvrant régulièrement les fenêtres et les portes, notamment en l'absence d'autre système de ventilation. L'efficacité de cette action est transitoire : la concentration de radon diminue immédiatement de façon significative, mais elle remonte assez rapidement après la fermeture des ouvrants (figure 7) ;
- vérifier l'état de la ventilation et corriger les éventuels dysfonctionnements, comme l'obturation des entrées ou des sorties d'air, l'encrassement, la défaillance ou l'arrêt volontaire de ventilateurs. De plus, il est utile de mettre en place un contrat de maintenance périodique du système de ventilation ;
- réaliser des étanchements de l'enveloppe du bâtiment en contact avec le terrain ainsi que des voies de transfert entre les sous-sols et les parties occupées du bâtiment. Il s'agit notamment d'obturer de façon étanche à l'air les défauts d'étanchéité de la dalle qui forme l'interface entre le sol et bâtiment : fissures, fissures de retrait des dallages de béton sur terre-plein (entre la dalle et le mur), passages de canalisations ou de gaines techniques. Des joints peuvent être posés sur les portes qui assurent la communication entre le volume habité et le sous-sol ou la cave. (figure 8 et paragraphe 2.2.1) ;
- améliorer ou rétablir l'aération naturelle du soubassement lorsqu'il existe, par ouverture des aérations du vide sanitaire ou de cave obturées. Afin d'optimiser l'efficacité, il convient de disposer les ouvertures uniformément et en opposition pour éviter les zones mortes (voir paragraphe 2.2.4.1).

Ces actions correctives peuvent perdre de leur efficacité au cours du temps. C'est pourquoi une vérification périodique de leur bon état est nécessaire, ainsi que d'assurer et vérifier la cohérence avec les réglementations d'hygiène en matière de ventilation et de qualité d'air selon l'usage du bâtiment (logement, bureaux, ERP, etc.).

2.1.3 Comparaison de l'efficacité des différents types d'actions correctives dans des bâtiments existants

A ce jour, il existe assez peu de retour d'information sur l'efficacité des actions correctives dans leur ensemble vis-à-vis de la diminution des concentrations en radon dans l'air intérieur en France. C'est pourquoi le CSTB a collecté des informations relatives à l'efficacité d'actions correctives mises en œuvre dans des bâtiments existants et à leur coût. L'analyse a porté sur 83 sites : 72 ERP, majoritairement des écoles, et 11 maisons individuelles.

Dans 40% (33) des cas, le résultat de mesurage initial était inférieur à 1 000 Bq.m⁻³ et dans 60% (50) des cas, il était supérieur à 1 000 Bq.m⁻³. Cet échantillon n'est pas représentatif du parc de bâtiments pouvant être concerné par des dépassements du niveau de référence de 300 Bq.m⁻³ car la proportion de cas avec des concentrations initiales élevées était importante. Néanmoins, il permet d'illustrer la capacité de réduction de la concentration de radon dans l'air intérieur de plusieurs types de travaux, parfois combinés.

La figure 9 montre l'efficacité obtenue pour ces 83 cas, regroupés par « famille d'actions correctives » correspondant à un type d'action corrective ou à l'association de plusieurs actions correctives, ainsi que l'efficacité moyenne par « famille d'actions correctives » (voir également tableau 2).

Figure 8 : Transfert du radon à travers un dallage

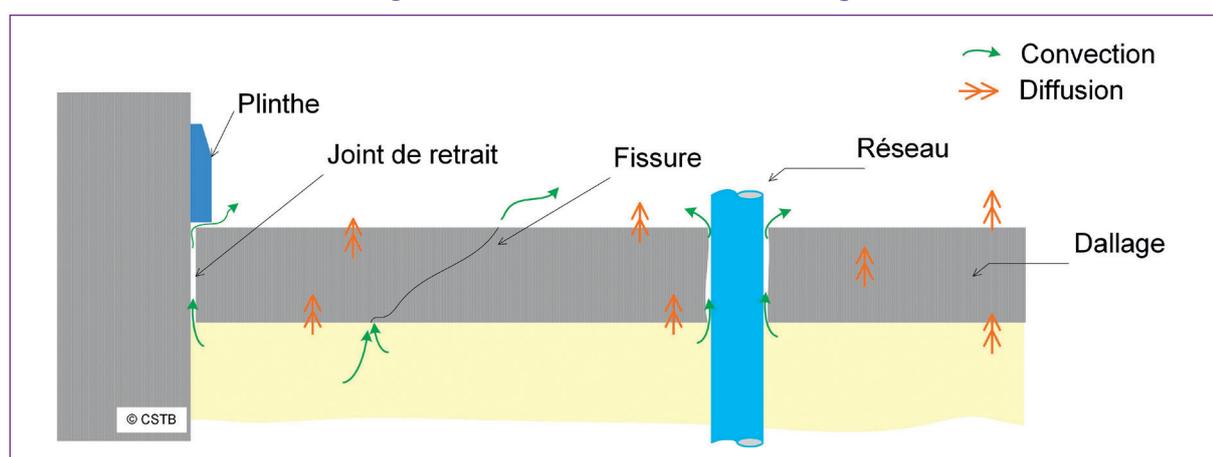
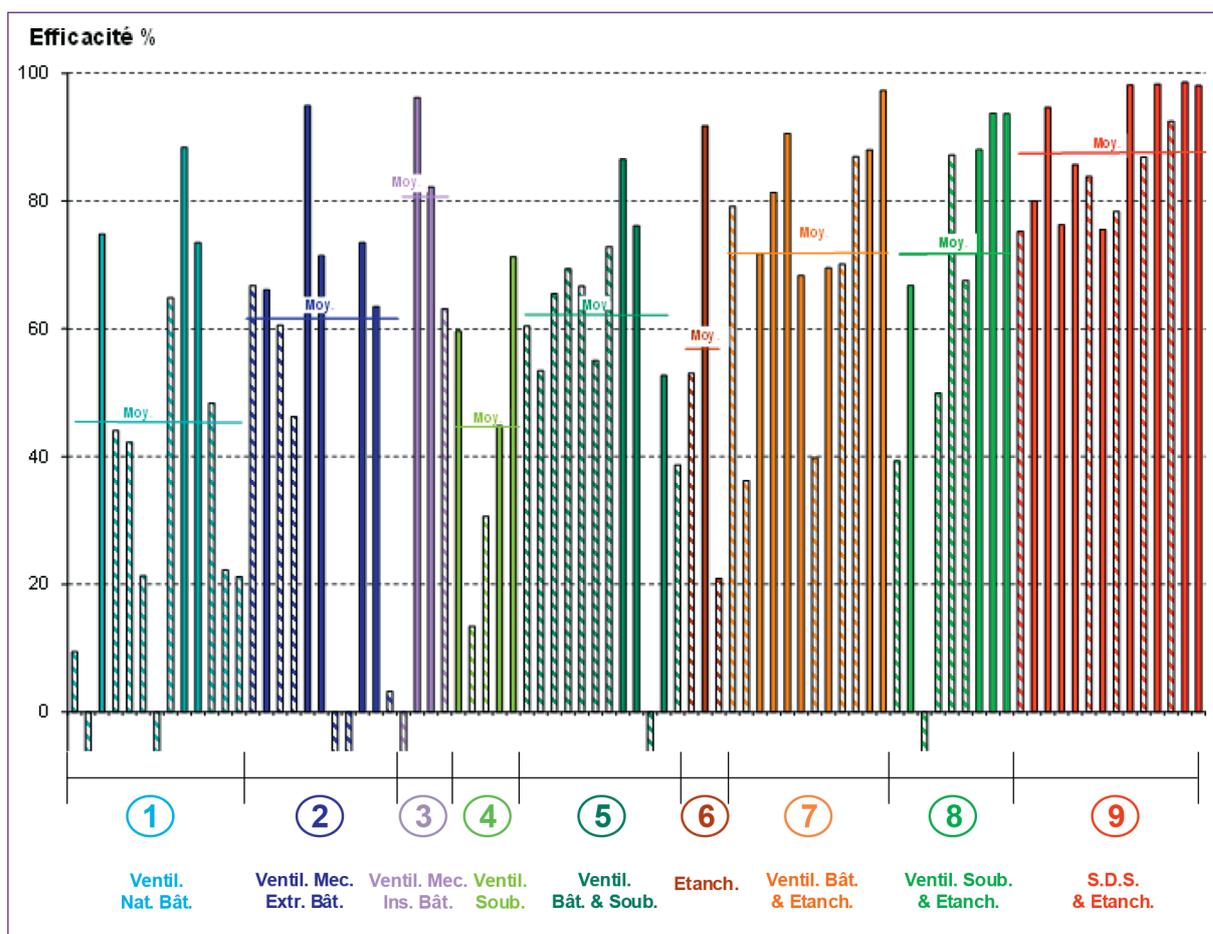


Figure 9 : Efficacité des actions correctives mises en œuvre
 Efficacité = $(1 - [C_{\text{finale}} / C_{\text{initiale}}]) \times 100$



- 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: Étanchéité de l'interface
- 7: Étanchéité de l'interface et ventilation du bâtiment
- 8: Étanchéité de l'interface et ventilation du soubassement
- 9: Étanchéité du soubassement et SDS

Tableau 2 : efficacité des types de travaux

| Famille | Type de travaux | Efficacité moyenne | Écart relatif d'efficacité | Nombre de cas | Contreperformances (exclues du calcul d'efficacité) |
|---------|--|--------------------|----------------------------|---------------|---|
| 1 | Aération naturelle du bâtiment | 46 | 1,7 | 11 | 2 |
| 2 | Ventilation mécanique par extraction du bâtiment | 61 | 1,5 | 9 | 2 |
| 3 | Ventilation mécanique par insufflation du bâtiment | 81 | 0,4 | 3 | 1 |
| 4 | Ventilation naturelle ou mécanique du soubassement | 44 | 1,3 | 5 | - |
| 5 | Ventilation naturelle du bâtiment et du soubassement | 63 | 0,9 | 11 | 1 |
| 6 | Étanchéité de l'interface | 55 | 1,3 | 3 | - |
| 7 | Étanchéité de l'interface et ventilation du bâtiment | 73 | 0,8 | 12 | - |
| 8 | Étanchéité de l'interface et ventilation du soubassement | 73 | 0,7 | 8 | 1 |
| 9 | Étanchéité du soubassement et SDS | 87 | 0,2 | 14 | - |

Les résultats hachurés correspondent aux cas où l'action corrective n'a pas permis d'abaisser la concentration en dessous de 300 Bq.m⁻³. L'efficacité négative correspond à des contreperformances (concentration après action corrective supérieure à la concentration initiale). Ainsi, l'efficacité moyenne sur l'ensemble des 83 cas est de 65 %.

Le tableau 2 montre l'efficacité moyenne par famille et le nombre de cas considérés pour le calcul de cette

efficacité. L'écart relatif d'efficacité correspond à la différence entre l'efficacité maximum et l'efficacité minimum, rapporté à l'efficacité moyenne et permet d'illustrer la variabilité d'efficacité pour une famille d'actions correctives donnée (plus l'écart relatif est élevé, plus la variabilité d'efficacité est importante).

Les différentes actions correctives présentent une efficacité globale variable, selon qu'elles sont utilisées seules ou en association.

Les tendances suivantes se dégagent :

- L'association de différentes techniques donne en général de meilleurs résultats et avec une plus faible variabilité de l'efficacité, qu'une technique seule.
- Les travaux d'étanchéité à l'air de l'interface du bâtiment avec le sol sont un préalable nécessaire à toute solution. En effet, les solutions mises en œuvre associées à des travaux d'étanchéité présentent en moyenne une meilleure efficacité que ces mêmes solutions non associées à des travaux d'étanchéité. De plus, la variabilité de l'efficacité des solutions associant des travaux d'étanchéité est plus faible qu'en l'absence des travaux d'étanchéité.
- Les techniques traitant le soubassement sont en général efficaces. La mise en dépression du soubassement donne de très bons résultats. La ventilation du soubassement donne également de bons résultats, avec une meilleure efficacité si elle est associée à une amélioration de la ventilation du bâtiment.
- L'amélioration de la ventilation seule par aération naturelle ou par ventilation mécanique par extraction donne des résultats aléatoires et souvent insuffisants, notamment lorsque les concentrations initiales sont élevées.
- L'amélioration de la ventilation du bâtiment par insufflation mécanique donne de bons résultats.

Cette solution de ventilation du bâtiment constitue un cas particulier car on associe à la dilution par ventilation une diminution de l'entrée du radon par minimisation de la dépression du bâtiment. Par contre, elle présente le risque de formation de condensation et de développement de moisissures.

- Sur l'ensemble des cas, 45% ont mis en œuvre des solutions qui n'ont pas permis d'obtenir une concentration inférieure au niveau de référence de 300 Bq.m⁻³, avec notamment 6 cas (soit 7%) correspondant à des contreperformances. Ces constats peuvent s'expliquer par le manque de connaissance actuellement souvent constaté sur le terrain quant à la conception, au dimensionnement et à la mise en œuvre des solutions de protection, qu'il est nécessaire d'adapter à chaque cas considéré. De plus, 60% des cas de cet échantillon correspondaient à des bâtiments présentant un résultat de mesurage initial supérieur à 1 000 Bq.m⁻³ et donc *a priori* plus difficiles à traiter.
- Enfin, même si les valeurs d'efficacité des actions correctives mesurées dans cette étude n'ont pas de représentation statistique, elles illustrent cependant les tendances d'efficacité que l'on peut attendre des différentes techniques et sont cohérentes avec l'efficacité des différentes techniques annoncée dans d'autres pays¹³.

13. On peut notamment se référer aux 2 articles suivants :

- Selim M. Khan et al, Radon interventions around the globe: A systematic review. Heliyon. Volume 5, Issue 5 May 2019. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01737>
- Science Applications International Corporation. Engineering issue: Indoor Air Vapor Intrusion Mitigation Approaches. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/115, 2008

2.2 Les différents types d'actions correctives dans les bâtiments existants

La mise en place d'actions correctives efficaces dans un bâtiment donné vise à éviter le transfert de radon venant du sol vers le bâtiment et/ou à diluer sa concentration dans les volumes occupés. Ces actions consistent en général en une adaptation et une combinaison appropriée des trois types de solutions générales présentées au paragraphe 1.5.

Dans la pratique, le choix des actions correctives adaptées à un bâtiment considéré se fera en fonction du taux d'abattement attendu au regard des concentrations initiales mesurées dans le bâtiment, du type de bâtiment, de ses systèmes (ventilation, climatisation et chauffage) et de son environnement. En effet, les situations rencontrées sont très variables et on peut considérer que l'on est à chaque fois devant un cas particulier avec des solutions plus ou moins intrusives et importantes. Cela peut s'avérer simple ou plus difficile selon le cas considéré.

Aussi, il est rappelé qu'il est habituellement déterminant de réaliser au préalable une expertise du bâtiment, si la concentration de radon dépasse $1\ 000\ \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (voir paragraphe 2.1.3). Le paragraphe 2.3 illustre les différents types de solutions pouvant être mis en œuvre au travers de quelques exemples de cas réels.

2.2.1 Étanchéité à l'air de l'interface sol-bâtiment

On appelle interface sol-bâtiment toute surface de contact entre le sol et le bâtiment, en associant ses voiries et réseaux divers (VRD). Les caves et sous-sols non habités constituent un cas particulier d'interface où l'étanchéité à l'air doit être réalisée au niveau de l'interface proprement dite mais aussi entre le volume de la cave et le volume habité du bâtiment.

Une grande partie du transfert de radon du sol vers le volume habité du bâtiment se produit à travers les différents défauts d'étanchéité (figure 10).

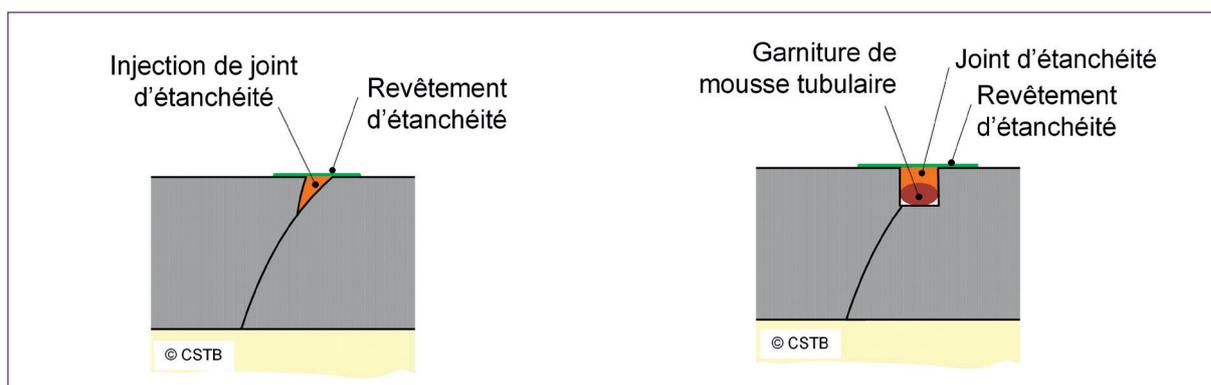
L'identification et l'obturation parfaite des différents défauts d'étanchéité sont parfois délicates. Ainsi, d'une manière globale, l'entrée de radon sera diminuée mais pas arrêtée. De plus, même si ces traitements s'avèrent efficaces immédiatement après leur mise en œuvre, leur efficacité décroît généralement dans le temps, en raison notamment de la dégradation des propriétés des produits utilisés et de mouvements du bâtiment créant de nouveaux défauts d'étanchéité.

Cette étape peut néanmoins s'avérer suffisante dans certains cas et constitue dans tous les cas un préalable essentiel à toute autre action car elle améliorera la performance finale de l'ensemble des actions correctives réalisées. Elle consiste à étancher les voies de communication (VRD, portes, trappes, etc.) à l'interface entre le sol et le bâtiment ainsi qu'entre les zones de vie occupées (chambre, salon, bureau, salle de classe, etc.) et les pièces peu occupées (garage, buanderie, véranda, cave, archives, chaufferie, etc.) mais dont le contact avec le sol favorise l'entrée de radon du sol jusque dans le volume occupé. On peut également envisager des étanchéités de surface selon les possibilités d'intervention (membranes en sous face de plancher, produits d'étanchéité).

Les VRD peuvent parfois, selon leur configuration, constituer des cheminements préférentiels du radon, au niveau de leur arrivée dans le bâtiment, à leur périphérie et à l'intérieur du bâtiment (évacuation d'eaux usées sans siphon ou avec avaloir ou siphon sec, gaine électrique, etc.). Il peut alors s'avérer nécessaire de les traiter. Il est également important de penser à maintenir en eau tous les siphons d'évacuation d'eau usée. Dans le cas d'avaloir (par exemple en cave ou en sanitaire) ne comportant pas de siphon, il peut être recommandé d'en installer un, d'installer un système de clapet anti retour ou de condamner l'avaloir.

Plusieurs exemples de traitement de défauts d'étanchéité sont présentés ci-dessous.

Figure 10 : Exemples de traitement de fissures



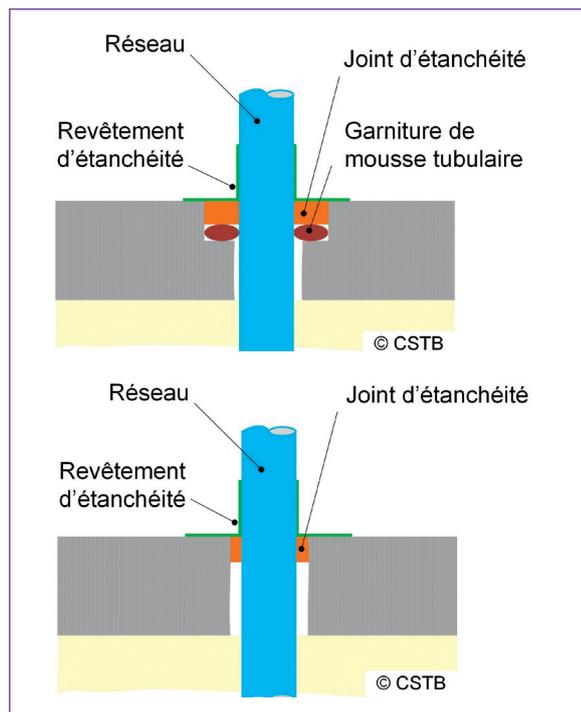
2.2.1.1 Traitement de fissures

La figure 10 présente des exemples de traitement de fissures. On peut également obturer les fissures par étanchéité de surface.

2.2.1.2 Traitement des réseaux

Le traitement de fissures en périphérie des réseaux VRD peut s'effectuer selon les mêmes principes que ceux présentés pour le traitement des fissures (figure 11).

Figure 11 : Exemples de traitement de fissures en périphérie de réseau

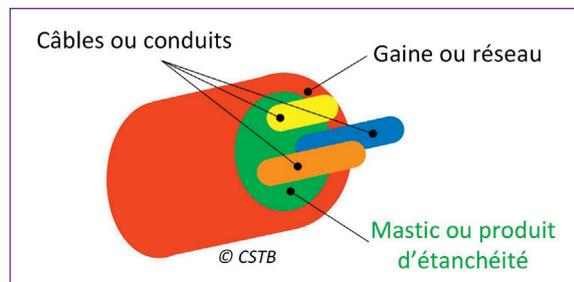


Dans le cas où la traversée des réseaux se situe sur une dalle située sur une cave, un vide sanitaire ou un local technique accessibles, il est recommandé de réaliser un travail d'étanchéité analogue également en sous-face de la dalle pour une meilleure efficacité de l'étanchéité.

Pour des réseaux disposant de vide risquant de mettre en connexion l'environnement intérieur avec le sol

(gaines électriques, etc.), il est recommandé de réaliser des étanchéités à l'intérieur de la gaine, au plus près de son arrivée dans le bâtiment, selon le principe présenté en figure 12.

Figure 12 : Exemples de traitement à l'intérieur du réseau.



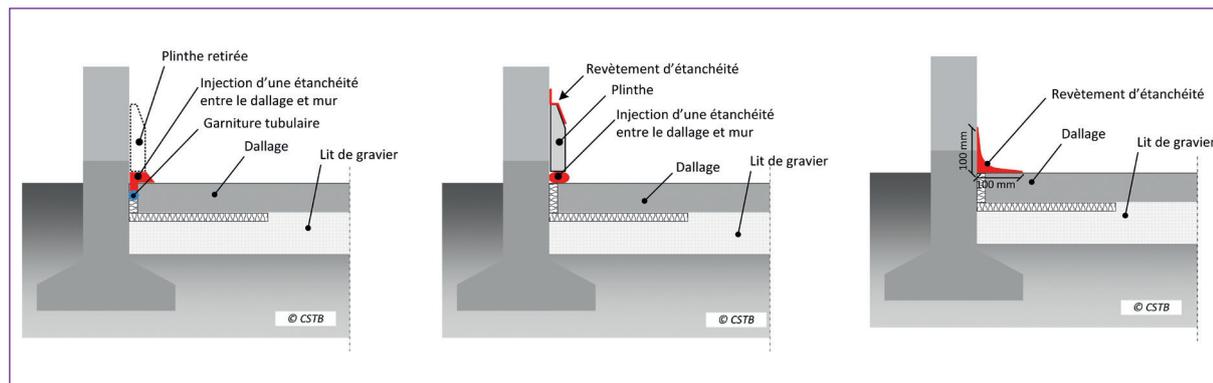
2.2.1.3 Traitement de fissure de retrait d'un dallage béton indépendant

Un dallage béton indépendant engendre une fissuration de retrait lors de son séchage. Cette fissuration peut être obturée en injectant un joint d'étanchéité entre le dallage et le mur après avoir retiré la plinthe. Il est également possible de réaliser une étanchéité couvrant pour partie le dallage et le mur. Si l'on ne souhaite pas retirer la plinthe, le joint d'étanchéité peut être injecté entre le dallage et la plinthe. Cette dernière solution sera cependant moins efficace et il est recommandé de réaliser également une étanchéité sur la plinthe (figure 13).

2.2.1.4 Traitement des portes ou des trappes

Les passages de communication (porte, trappe, etc.) entre une cave ou un local technique et le volume habité doivent être étanchés. Les joints d'étanchéité élastiques permettent d'étancher correctement des éléments de construction mobiles. Ces joints doivent être parfaitement adaptés aux battes et être posés correctement et de manière continue sur tout le tour de l'ouverture. Les seuils de porte doivent être de préférence équipés d'une battue munie d'un joint d'étanchéité élastique relié de façon continue aux joints latéraux.

Figure 13 : Exemples de traitement d'étanchéité à l'air de la fissure de retrait d'un dallage indépendant



2.2.1.5 Recouvrement de sol en terre-battue ou rénovation de plancher bas

En présence d'un sol en terre battue ou en cas de rénovation d'un plancher bas, il est recommandé de réaliser un nouveau plancher bas recouvert par un dallage avec pose d'une membrane étanche à l'air sous le dallage en apportant un soin particulier à l'étanchéité au niveau des jonctions de membranes avec les parois verticales. Il est recommandé de prévoir une couche de gravier (dont la nature a été choisie pour émettre peu de radon) sous le dallage, avec un point d'extraction pour le cas où une mise en dépression ultérieure sous le dallage s'avérerait nécessaire. On se reportera au chapitre 3 relatif aux actions préventives dans les constructions neuves pour une description plus précise de ces mises en œuvre.

2.2.2 Ventilation du bâtiment

Les objectifs de la ventilation des bâtiments sont, d'une part, d'éliminer les pollutions spécifiques de l'air intérieur (y compris l'humidité) et, d'autre part, d'apporter de l'air extérieur dit « neuf » aux occupants du bâtiment. Elle peut ainsi permettre de diminuer les concentrations en radon dans le bâtiment par dilution. Par ailleurs, la ventilation peut agir sur les conditions de pression intérieure du bâtiment, ces dernières ayant elles-mêmes une influence sur les conditions d'entrée de radon dans le bâtiment. Aussi, le type de système, son dimensionnement et sa mise en œuvre influencent le niveau d'efficacité que pourra avoir la ventilation en tant qu'action corrective vis-à-vis de la diminution de la concentration de radon dans un bâtiment.

Il est donc avant tout déterminant que le système de ventilation du bâtiment soit correctement dimensionné et mis en œuvre au regard des réglementations ainsi que des règles de l'art en vigueur et en fonction de l'usage du bâtiment. Lorsque l'expertise du bâtiment fait apparaître un manque de ventilation des locaux, il est important de mettre en œuvre les moyens nécessaires (mécaniques ou naturels) à une bonne ventilation du bâtiment afin d'atteindre les niveaux de ventilation réglementaires minimum requis tout en évitant d'accentuer la dépression naturelle du bâtiment, voire en la diminuant. Pour les systèmes de ventilation mécanique simple flux par extraction et double flux dans les bâtiments résidentiels, on se rapprochera de la norme DTU 68.3 (Travaux de bâtiment - Installations de ventilation mécanique) pour les règles de conception, de dimensionnement et de mise en œuvre. Il n'existe pas à l'heure actuelle de règles de l'art formalisées pour la ventilation mécanique par insufflation.

Pour assurer un bon transit d'air entre les pièces, associé au principe de ventilation par balayage, les portes intérieures doivent être détalonnées ou des grilles de transit en paroi intérieure doivent être installées.

Par ailleurs, les systèmes de ventilation nécessitent une maintenance régulière pour rester performants.

Un contrat de maintenance périodique peut utilement être passé.

En présence d'un appareil à combustion non étanche, celui-là doit être équipé d'une amenée d'air neuf spécifique pour assurer son bon fonctionnement (NF DTU 24). Dans le cas de foyers ouverts (cheminée, insert, chaudière, poêle, etc.) l'absence ou un mauvais dimensionnement d'une telle amenée d'air spécifique, au-delà d'un risque de mauvais fonctionnement de l'appareil, entraîne une accentuation du tirage thermique et donc de l'entrée de radon. La pratique consistant à connecter cette amenée d'air spécifique à un volume non chauffé ayant une interface importante avec le sol (cave, vide sanitaire) est à proscrire car elle induit un cheminement préférentiel de radon vers les volumes occupés tout au long de l'année. En cas d'identification d'une telle pratique, il est conseillé de créer une nouvelle amenée d'air donnant directement sur l'extérieur et de condamner celle existante.

2.2.3 Traitement des soubassements

Le traitement des soubassements s'avère très efficace pour réduire la concentration de radon dans le bâtiment. Ces solutions doivent bien sûr être adaptées au type d'interface rencontré et compatibles avec les systèmes du bâtiment (ventilation et appareils à combustion). On peut ainsi apporter des actions correctives par :

- ventilation du soubassement (vide sanitaire ou cave),
- systèmes de dépressurisation du sol (terre-plein sous dallage, vide sanitaire).

Le but de ces actions est de limiter le transfert de radon vers le bâtiment en diluant la concentration en radon dans le soubassement avant que l'air n'entre dans le bâtiment (ventilation du soubassement) ou en modifiant le niveau de pression de l'air du soubassement afin de bloquer les flux de radon vers le bâtiment (SDS). Dans le cas de bâtiments existants, ces techniques peuvent être mises en œuvre. Cependant, il est préférable d'évaluer au préalable leur faisabilité et leur dimensionnement, notamment dans le cas de solutions SDS sur terre-plein. Pour une réhabilitation lourde du plancher bas, une mise en œuvre intégrée, analogue à celle pouvant être réalisée dans le cas de bâtiment neuf permettra d'obtenir une efficacité garantie du système. On se reportera au chapitre 3 relatif à la prévention dans les constructions neuves pour une description plus précise de ces actions en fonction des différents types constructifs.

2.2.3.1 Ventilation du soubassement

En présence de cave, de sous-sol ou de vide sanitaire, il peut être relativement aisé d'améliorer l'aération du soubassement. L'expertise du bâtiment donnera une idée sur leur niveau d'aération initial. Il faut d'abord

vérifier l'état des entrées d'air existantes (nettoyage). Cependant l'aération naturelle peut être évaluée insuffisante pour diminuer de façon importante l'entrée de radon dans le bâtiment. Il est alors possible d'installer une ventilation mécanique par extraction avec un dimensionnement approprié des entrées d'air. Une ventilation efficace sera comprise entre 1,5 et 3 m³ par heure et par m² de surface au sol. Le choix d'un ventilateur avec variateur de vitesse est conseillé afin d'optimiser le niveau d'extraction. Que l'on soit en aération naturelle ou en ventilation mécanique de ces espaces, il est important de vérifier qu'il n'y a pas de zones mortes qui ne seraient pas ventilées (principe de ventilation par balayage et décroissement). Pour cela, les différents composants de la ventilation doivent notamment être répartis le plus uniformément possible et situés en opposition dans l'espace autant que possible. Dans le cas d'une extraction mécanique, il est recommandé de ne pas placer d'entrée d'air trop proche du point d'extraction mécanique afin d'éviter des effets de court-circuitage de flux d'air et de créer des zones mortes (voir exemple de principe figure 14).

2.2.3.2 Système de dépressurisation du sol (SDS)

Le SDS est un moyen de protection très efficace. Cependant, il n'est adapté à toutes les situations et il est généralement coûteux à installer dans les constructions existantes¹⁴. Il consiste à créer une légère dépression sous le plancher bas du bâtiment par rapport à la pression régnant dans le volume habité, afin de bloquer les flux convectifs de radon et, par là même, de les canaliser et les évacuer directement vers l'extérieur avant qu'ils ne transitent par les volumes occupés du bâtiment. Pour cela, l'air du soubassement est extrait vers l'environnement extérieur à partir d'un point d'extraction sous le plancher bas et via un conduit d'extraction étanche reliant la sous face du plancher bas à l'extérieur du bâtiment. L'intégration de tels systèmes dans la construction neuve est décrite dans le chapitre 3.3 de ce document.

Pour un bâtiment existant, il est possible d'adapter cette technique. La faisabilité et l'efficacité de cette solution dépend néanmoins du type de soubassement, de sa configuration, de la nature du terrain sous le bâtiment notamment en matière de perméabilité à l'air, présence ou non de lit de gravier sous dalle, etc. Aussi, il est préférable de réaliser des tests préalables à la mise en œuvre afin d'évaluer la faisabilité et de dimensionner la solution.

Lorsque la mise en place d'actions correctives inclut une rénovation ou une reprise importante du plancher bas du bâtiment ou d'une de ses parties ou bien le recouvrement d'un sol initialement en terre-battue, c'est alors l'occasion d'y associer un SDS. On se reportera alors au chapitre 3.3 pour plus d'information sur l'intégration du SDS sous plancher bas.

Dans le cas de dallage sur terre-plein ou de vide sanitaire, si le soubassement est disposé en plusieurs compartiments (présence de refend ou de longrine), et lorsque la connexion entre compartiments n'est pas possible, un point d'extraction doit être installé dans chacun d'eux.

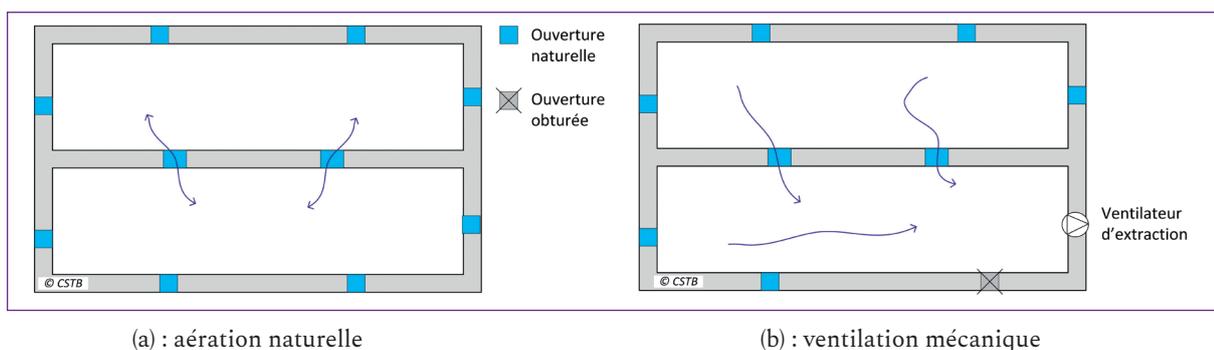
Les conduits servant à l'extraction peuvent être installés à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment. En cas d'installation intérieure, un soin particulier doit être porté à son étanchéité à l'air.

Comme pour tout rejet gazeux, celui-là doit être placé de telle façon que l'évacuation de l'air vicié se fasse correctement à l'extérieur, sans refoulement ni renvoi vers les bâtiments par des ouvrants ou des prises d'air situés à proximité du point de rejet.

2.2.3.3 Système de dépressurisation du sol pour vide sanitaire

La mise en dépression d'un vide sanitaire est envisageable si la dalle est considérée comme étanche et si le sol est relativement imperméable ou protégé. Des tests de faisabilité et de dimensionnement peuvent également être conduits. Dans le cas contraire, il est

Figure 14 : Exemple de principe de mise en place d'une ventilation par balayage dans un vide sanitaire ou sous-sol existant (principe de balayage).



14. Le coût de l'installation est variable en fonction du terrain et de la surface du bâtiment. Un coût de 3 000 à 5 000 euros est à prévoir, comme ordre de grandeur.

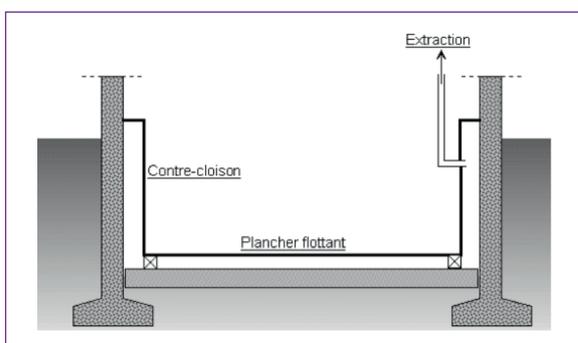
préférable d'envisager des solutions de ventilation de ces espaces. Dans le cas d'un vide sanitaire accessible, une alternative consiste à concevoir et installer le SDS sous membrane.

2.2.3.4 Système de dépressurisation du sol pour cave ou sous-sol

Un SDS peut être installé sous dallage de cave ou sous-sol ainsi que derrière les murs enterrés.

Une technique alternative peut également consister à doubler le plancher et/ou les parois verticales du sous-sol et à mettre en dépression l'espace compris entre les deux surfaces (figure 15).

Figure 15 : Principe de SDS à l'interface sol/bâtiment avec une double barrière.



2.2.4 Points particuliers (maintenance, durabilité, rénovation thermique)

Lorsque des actions correctives à caractère technique sont mises en œuvre dans un bâtiment, il est recommandé d'en assurer régulièrement un contrôle d'efficacité et un entretien. Notamment, dans le cas d'un système actif, un organe de contrôle de fonctionnement peut être ajouté (voyant, jauge, etc.). Une surveillance des ouvrages d'étanchéité peut être réalisée. Dans tous les cas, il est conseillé de réaliser régulièrement une mesure de contrôle de la concentration de radon dans le bâtiment. Dans les ERP, la réglementation demande de renouveler le mesurage tous les 10 ans et après que sont réalisés des travaux modifiant significativement la ventilation ou l'étanchéité du bâtiment.

Dans le cas de travaux ultérieurs sur le bâtiment, il est important de vérifier que ces derniers ne portent pas préjudice à la protection initiale du bâtiment : déséquilibre d'un système de ventilation, intégrité d'une étanchéité, etc.

De plus, pour garantir l'utilisation effective des systèmes mécaniques, il est nécessaire de les tester en évaluant la gêne acoustique ou thermique. En effet, si le système installé est trop bruyant ou qu'il est source d'inconfort thermique, il risque d'être désactivé par l'occupant.

Les travaux de rénovation d'un bâtiment, notamment destinés à l'amélioration du confort thermique et à la réduction de la consommation d'énergie, consistent

souvent à changer les fenêtres et les portes extérieures, à améliorer l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment et à installer des systèmes de chauffage performants. Ces types de travaux peuvent avoir une incidence positive ou négative sur la qualité de l'air intérieur et sur la concentration de radon, notamment en fonction de la prise en compte ou non de l'amélioration ou du maintien des performances de la ventilation initiale du bâtiment. Ainsi, il est donc recommandé de réaliser une mesure de radon avant dimensionnement et mise en œuvre d'une opération de rénovation, notamment thermique. En fonction du résultat obtenu, les travaux prévus peuvent être adaptés afin de ne pas dégrader la qualité de l'air intérieur initiale du bâtiment, voire permettre de l'améliorer et de réduire la concentration de radon.

2.3 Exemples d'actions correctives

2.3.1 Exemple 1 : Centre aéré - Étanchéité et ventilation du bâtiment

Description du bâtiment

Bâtiment sur trois niveaux datant de 1992, en béton, de 200 m² au sol, climat de montagne (1 800 m d'altitude). Il comprend deux cages d'escalier et un ascenseur, un rez-de-chaussée semi-enterré, un dallage indépendant sur terre-plein avec une pièce technique sous dallage connectée à la cage d'ascenseur, des réseaux d'évacuation d'eaux usées au sol dans toutes les pièces, une VMC par extraction avec un principe de balayage, un système d'extraction mécanique additionnel dans la cuisine et une hotte d'extraction dans la cuisine.

Vue générale du bâtiment



Choix des actions correctives

7^{es} actions correctives :

- Ragréage du plancher bas, obturation des drainages, traitement des fissures et des points singuliers, étanchéité à l'air de surface avec un produit de type polyuréthane et des plinthes.

Étanchéité de surface et de fissures



- Remise à niveau du système de ventilation de base avec contrat de maintenance.

2^e action corrective :

Installation d'une VMC double flux : des incertitudes existaient quant à la bonne utilisation de la VMC par extraction par le locataire (inconfort thermique et coût de consommation à la charge du locataire). Cela a conduit à installer une VMC double flux en deuxième tranche de travaux.

Résultat des mesurages, efficacité de la solution et coût

Mesurages initiaux :

- 1^{er} mesurage hiver 2001/2002 : 970 Bq.m⁻³ dans la salle de jeu du rez-de-chaussée. Pas d'action particulière menée.
- 2^e mesurage hiver 2012 : 2 677 Bq.m⁻³ dans la salle de jeu du rez-de-chaussée et 2 073 Bq.m⁻³ dans la cantine du rez-de-chaussée. Ce résultat a conduit à faire réaliser une expertise du bâtiment.

Mesurages de vérification de l'efficacité des actions correctives :

- A la suite des premières actions correctives : 2 mois, hiver 2013 : ~ 800 Bq.m⁻³.
- A la suite de la deuxième action corrective : 2 mois, hiver 2014 : ~ 350 Bq.m⁻³.

Efficacité finale : 87%

Coût : 50 000 € pour les premières actions correctives et 11 000 € pour la deuxième action corrective.

Autres informations : travaux à la charge du propriétaire (commune).

2.3.2 Exemple 2 : Maison individuelle - Étanchéité et ventilation du bâtiment et du soubassement

Description du bâtiment

Maison individuelle isolée, sur un niveau, 100 m² au sol, en parpaing. Partie initiale datant de 1950, sur cave. En 1995, modification et extension du bâtiment : pose de portes et fenêtres en PVC double vitrage, extensions de chaque côté du bâtiment initial avec deux chambres sur un vide sanitaire accessible, un local et un abri voiture sur terre-plein. L'isolation extérieure du bâtiment a été réalisée et mise en place d'une VMC par extraction.

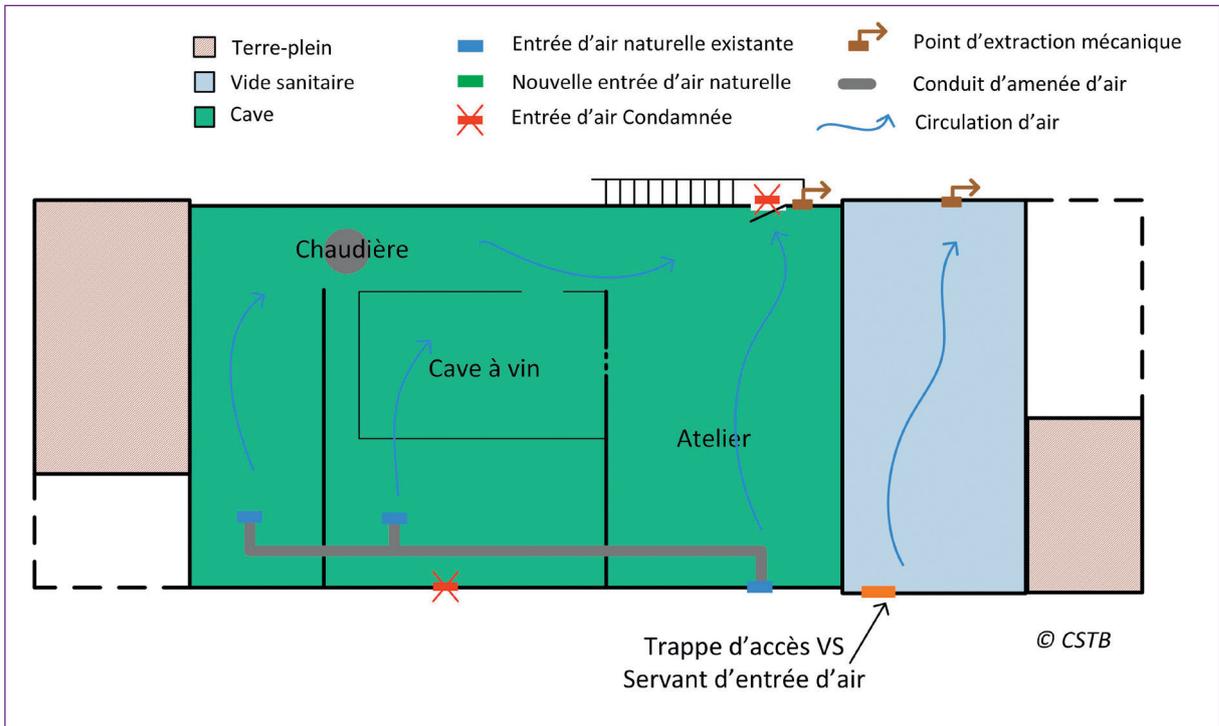
Vue générale du bâtiment



Choix des actions correctives :

- Étanchéité des points singuliers à partir de la cave, du vide sanitaire et du volume habité.
- Reprise du dimensionnement et de la mise en œuvre de la VMC par extraction.
- Création de ventilations générales et permanentes par extraction mécanique indépendantes dans la cave et dans le vide sanitaire (principe de balayage).

Schéma d'installation de la ventilation mécanique permanente des soubassements



Résultat des mesurages et efficacité de la solution

Mesurage initial :

Hiver 2015 : 1 987 Bq.m⁻³ dans le séjour. Ce résultat a conduit à faire réaliser une expertise du bâtiment.

Mesurage de vérification de l'efficacité des actions correctives :

Hiver 2017 : 56 Bq.m⁻³ dans le séjour.

Efficacité finale : 97%

Le bâtiment est assez étanche : double vitrage aluminium coulissant, joint d'étanchéité. Il n'y a pas de ventilation spécifique au premier niveau.

Un deuxième niveau comprenant des entrées d'air en feuillure de fenêtre, 8 bouches d'extraction (2 dans les sanitaires des enfants, 2 dans la salle de repos, 2 dans les sanitaires des adultes et 2 dans le hall au niveau des vestiaires). *A priori* le système est bien dimensionné mais des portes étanches et sans détalonnage empêchent un bon balayage de l'air des salles de classe vers les bouches d'extraction.

2.3.3 Exemple 3 : École maternelle - Étanchéité et système de dépressurisation des sols

Description du bâtiment

Construction récente de 1996 sur deux niveaux :

Un premier niveau dans lequel on peut distinguer deux parties :

- un hall d'entrée et une classe de cours préparatoire sur plancher bas en dallage béton sur terre-plein. Surface du dallage sur terre-plein : 140 m² ;
- deux volumes non aménagés et connectés entre eux, considérés comme vide sanitaire avec sol en terre battue et murs semi enterrés sur deux parois et comportant des aérations naturelles. Les murs porteurs sont en parpaing. La surface du vide sanitaire est de 140 m². La dalle intermédiaire est de type poutrelle hourdis béton.

Vues du bâtiment



Choix des actions correctives

Tests préalables

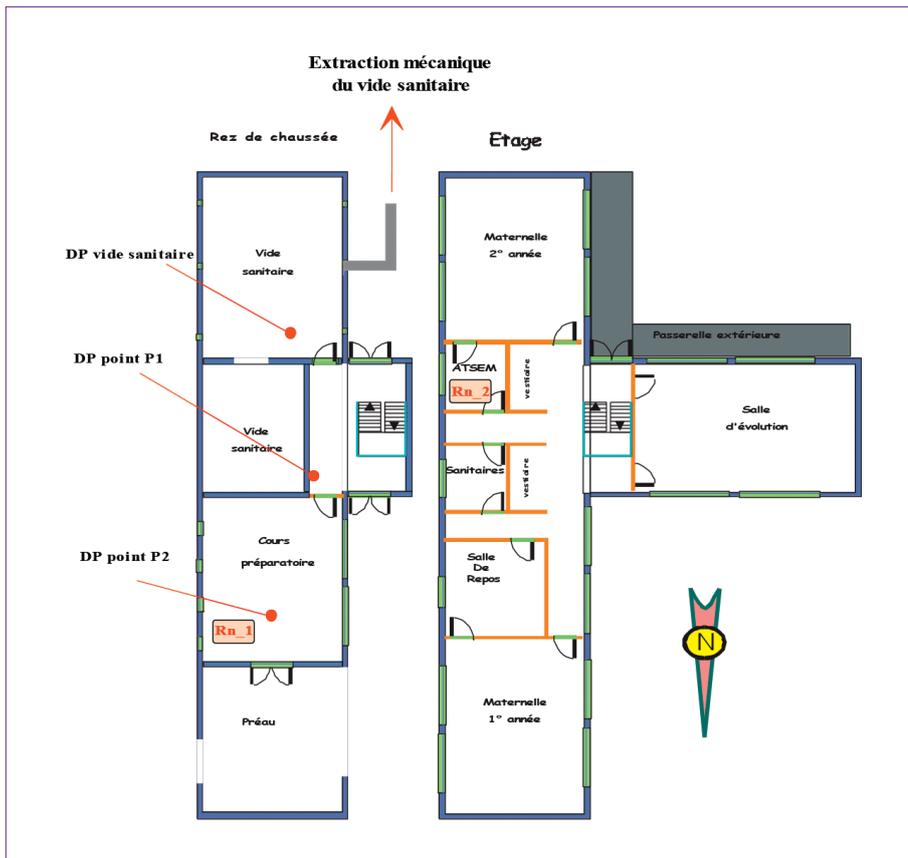
Vérification de faisabilité et dimensionnement du système de dépressurisation du sol. Mise en dépression du vide sanitaire et vérification de la dépression dans le vide sanitaire et sous le dallage du plancher bas.

La mise en dépression est jugée satisfaisante vers $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Mise en route du système à ce débit, soit

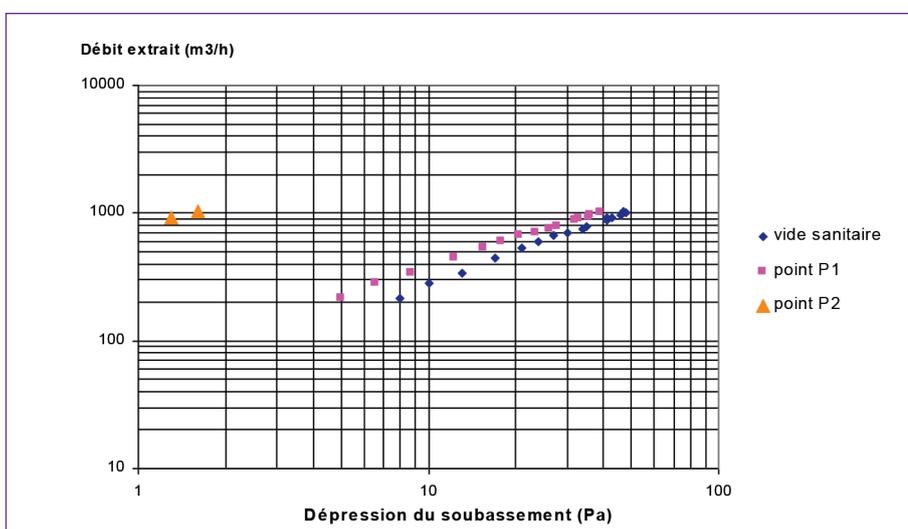
environ $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ de surface au sol du bâtiment et mesure du radon dans la classe du premier niveau.

La décroissance du radon est plus liée à l'augmentation du renouvellement d'air en raison des défauts d'étanchéité du mur adjacent au vide sanitaire mis en dépression qu'à la dépression très faible créée sous le plancher bas de la classe.

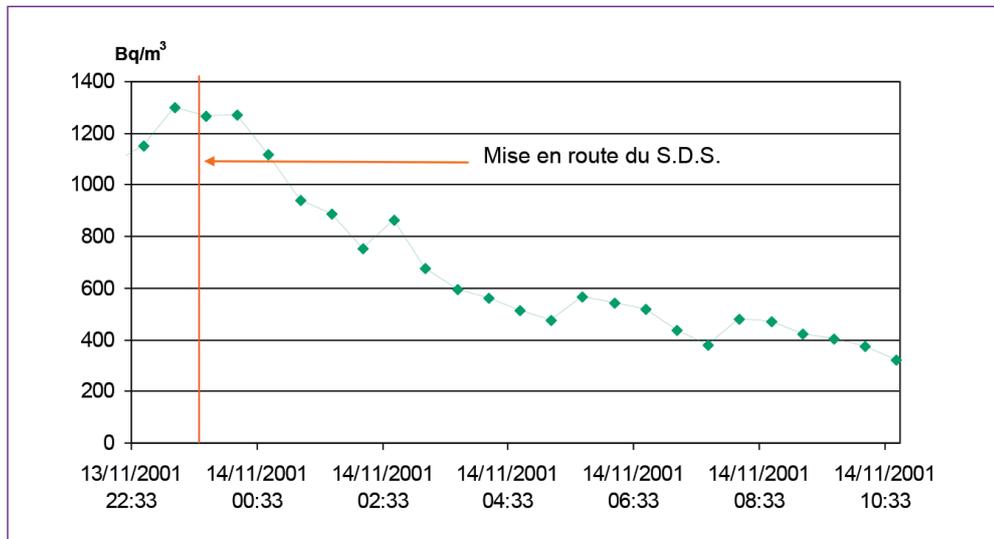
Schéma bâtiment



Résultats de la mise en dépression sous le plancher bas et dans le vide sanitaire



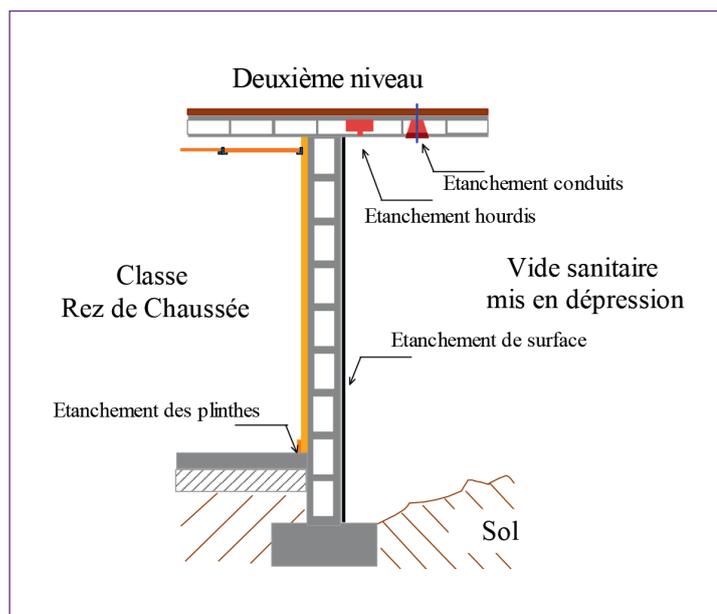
Décroissance du radon dans la salle de classe



Travaux

- Travaux d'étanchéité au niveau du vide sanitaire : traitement de surface des murs verticaux mitoyens à la salle de classe du même niveau, étanchéité des conduits et du hourdis, étanchéité des plinthes.
- Bouchage des aérations naturelles du vide sanitaire afin de permettre la mise en dépression de ce dernier.
- Mise en dépression du vide sanitaire par ventilateur spécifique installé dans le vide sanitaire ; extraction d'air d'environ 450 m³.h-1 soit environ 1.6 m³.h-1.m-2 au sol.
- Vérification de la ventilation mécanique du deuxième niveau : fonctionnement des groupes d'extraction, détalonnage des portes.

Schéma d'étanchéité



Résultat des mesurages, efficacité de la solution et coût

Mesurages initiaux :

Entre octobre et décembre, au premier niveau, salle de classe : 2 400 Bq.m⁻³. Ce résultat a conduit à faire réaliser une expertise du bâtiment.

Mesurage de vérification de l'efficacité des actions correctives :

Entre octobre et décembre de l'année suivant les travaux : 41 Bq.m⁻³.

Efficacité : 98%

Coût du matériel (hors expertise) en 2001 : 10 000 € TTC avec un investissement humain des services techniques de la mairie pour l'installation.

Autres informations

Tests préalables réalisés dans le cadre d'études pilotes du CSTB.

Exemples d'étanchéité



Groupe et prise d'extraction dans le vide sanitaire



Étanchéité des aérations naturelles du vide sanitaire



2.4 Vérification de l'efficacité des actions correctives

A l'issue des actions correctives, quelle que soit la concentration en radon initialement mesurée, il convient de prévoir une vérification de l'efficacité des actions appliquées. Le mesurage de vérification est conduit dans les mêmes conditions que le mesurage initial (voir paragraphe 2.1.1.1). Il doit être reconduit dans l'ensemble du bâtiment et non pas uniquement dans les parties du bâtiment qui présentaient les

valeurs de concentration les plus élevées. En effet, toute modification apportée au bâtiment est susceptible d'avoir une incidence sur les transferts du radon et ainsi engendrer une augmentation de la concentration dans une partie de la structure précédemment non affectée.

Ultérieurement, un suivi dans le temps du bon fonctionnement de la technique de réduction est également à prévoir, en raison par exemple du vieillissement des matériaux utilisés ou de la possible diminution des performances des systèmes actifs. Des exigences réglementaires existent pour les lieux de travail dépassant le niveau de référence et pour les ERP soumis à la surveillance de l'exposition au radon.

3. Actions préventives dans les constructions neuves

À ce jour, il n'existe pas d'obligation de moyens visant spécifiquement à limiter la concentration du radon pour la construction de bâtiments neufs, même dans les zones à potentiel radon 3. Dans les ERP, il existe une obligation de résultat : la concentration doit être inférieure à 300 Bq.m^{-3} . Dans les lieux de travail, l'employeur doit mener des actions de réduction si la concentration est susceptible d'atteindre ou de dépasser 300 Bq.m^{-3} .

La réglementation thermique 2012 (RT 2012) et la réglementation environnementale 2020 (RE 2020) portent une attention particulière à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, pour des raisons de performance énergétique. En réduisant les entrées d'air parasites, l'imperméabilité de l'interface sol/bâti constitue une barrière potentielle contre la remontée du radon. Les premiers résultats d'une analyse réalisée par la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages (DHUP) montrent que la concentration moyenne dans les constructions bâtiment basse consommation (BBC) ou RT 2012 situées en zone à potentiel radon 3 est habituellement inférieure au niveau de référence de 300 Bq.m^{-3} . Cet effet reste à confirmer. De même, il manque encore des données sur les conséquences du vieillissement de la structure au cours du temps sur la concentration de radon. La poursuite de l'étude de la DHUP permettra d'améliorer les connaissances sur ce sujet et pourrait conduire à formuler des recommandations supplémentaires dans le futur, éventuellement graduées en fonction des caractéristiques du bâtiment.

Cependant, l'expérience acquise au cours des années permet déjà d'identifier des moyens d'optimiser la conception des bâtiments et de les protéger des remontées de radon venant du sol. C'est pourquoi l'utilisation de ces moyens est pertinente, notamment dans les communes situées en zone 3.

Il est à noter que c'est dès la conception du bâtiment que les actions préventives sont à intégrer dans un

projet de construction, afin d'assurer une bonne efficacité, et cela pour un coût marginal.

Ces actions préventives consistent spécifiquement :

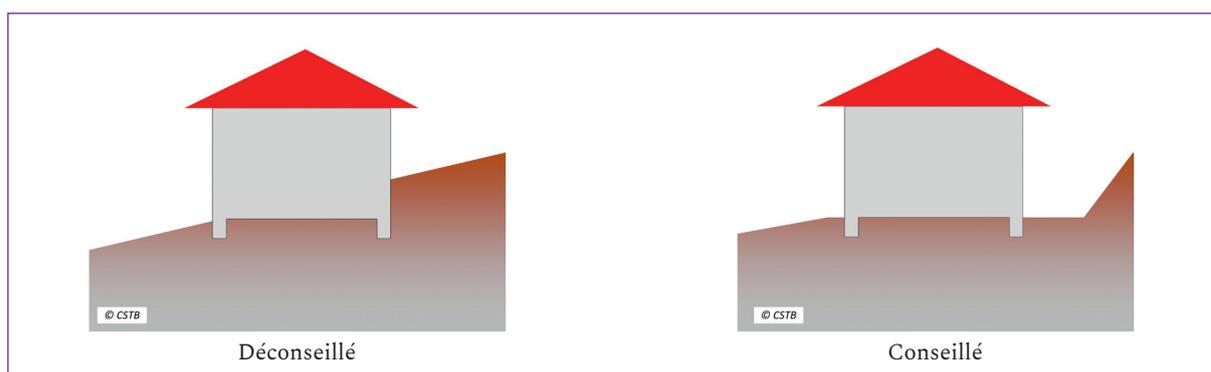
- à réaliser des soubassements de bâtiment étanches à l'air minimisant les transferts gazeux du sol vers les espaces occupés du bâtiment ;
- à intégrer, dès la conception du bâtiment, la possibilité de mettre en place dans les soubassements des techniques de ventilation active ou un SDS. Cela consiste à intégrer des réservations au soubassement. Les réservations sont d'abord obturées, pour une utilisation éventuelle ultérieure, si elle s'avère nécessaire. Ainsi, si le mesurage de vérification de l'efficacité des actions préventives réalisées montre que les concentrations en radon restent élevées immédiatement après la construction (mesurage réalisé au cours de la première année d'occupation) ou augmentent au cours du temps (mesurage périodique), une activation sera possible.

Les bonnes pratiques couvrent plusieurs aspects : l'optimisation du projet de construction, la bonne ventilation du vide sanitaire ou du sous-sol ou la mise en place d'un SDS et l'étanchement des soubassements plus ou moins poussé en fonction de la nature du plancher.

3.1 Adaptations possibles du projet de construction

La surface d'échange entre le sol et le volume occupé du bâtiment doit être la plus faible possible. Il est donc conseillé d'éviter les murs enterrés ou semi enterrés ainsi que les remblais (figure 16).

Figure 16 : Minimisation de l'interface entre le sol et le bâtiment



Il convient d'éviter l'utilisation de matériaux émettant du radon, comme un lit de gravier en granit sous la maison.

Toute traversée de plancher bas (notamment par les VRD) correspond à un point singulier qu'il sera nécessaire de traiter afin qu'il ne constitue pas un passage préférentiel d'entrée du radon venant du sol. Ces traitements peuvent s'avérer délicats. Il est donc préférable, dès la conception du bâtiment, de limiter au maximum le nombre de ces traversées et de les regrouper dans la mesure du possible.

Il est conseillé de concevoir le bâtiment en prévoyant un système de ventilation adapté pour éviter d'accroître sa mise en dépression naturelle. En présence d'appareils à combustion, préférer des systèmes étanches ou les concevoir et les placer de façon à ne pas accroître le tirage thermique des volumes occupés.

Il est préférable d'éviter la conception de cages d'escaliers allant du sous-sol vers le volume habité et de favoriser un accès au sous-sol par l'extérieur. Dans le cas contraire, la porte d'accès au sous-sol doit être étanche à l'air.

3.2 Ventilation de vide sanitaire ou de sous-sol

Un vide sanitaire ou un sous-sol ventilé est très efficace pour empêcher l'entrée du radon.

Dans le cas de vide sanitaire ou de sous-sol, il est possible de prévoir une ventilation de ces espaces plutôt qu'une mise en dépression. Il est recommandé de ventiler un vide sanitaire ou un sous-sol selon les règles de l'art. Pour le dimensionnement de la ventilation d'un vide sanitaire, on peut citer à titre illustratif la norme NF DTU 61.1 mentionnant qu'« une vide sanitaire est considérée comme ventilée si la section totale libre des ouvertures, exprimée en centimètres carrés est au moins égale à 5 fois la surface au sol du vide sanitaire exprimée en mètres carrés ». À titre d'exemple, pour une surface au sol de vide sanitaire de 100 m², la surface totale des ouvertures sera de 500 cm². Le principe d'aération est d'assurer un bon balayage du vide sanitaire ou du sous-sol en optimisant la position des différentes

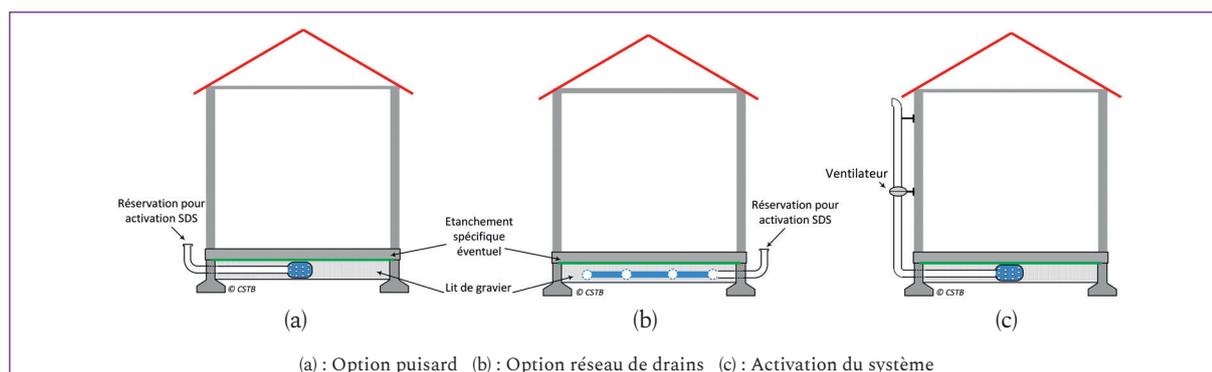
ouvertures et en tenant compte de cloisonnements éventuels. Dans un premier temps, cette ventilation peut se faire de façon naturelle grâce à des ouvertures judicieusement réparties afin d'éviter la présence de zones mortes. Si la ventilation naturelle s'avère insuffisante, une ventilation par extraction mécanique peut être adjointe en maintenant le principe de balayage. Le débit d'air extrait doit être de l'ordre de 2 m³/h/m² de sol. Il est aussi nécessaire que les éventuelles ouvertures proches du point d'extraction mécanique soient fermées afin d'assurer un bon balayage du vide sanitaire (voir paragraphe 2.2.3.1).

3.3 Système de dépressurisation du sol

Le SDS est un moyen de protection très efficace. Il a pour but d'inverser le sens d'écoulement de l'air entre le bâtiment et le sol. Il consiste à créer une légère dépression sous le plancher bas du bâtiment, afin de bloquer les flux convectifs vers ce dernier et, par là même, de canaliser le radon venant du sol qui s'accumule sous la dalle d'un bâtiment en l'évacuant directement vers l'extérieur. Pour cela, l'air du soubassement est extrait vers l'environnement extérieur, via un conduit d'extraction étanche reliant la sous face du plancher bas à l'extérieur du bâtiment, lieu de rejet des gaz du sol.

La figure 17 présente le principe d'intégration du SDS pour un plancher bas sur terre-plein. Le SDS intègre un système d'extraction d'air, situé dans un lit de gravier, avec deux options possibles (puisard ou réseau de drains) et permettant son activation ultérieure. Cela consiste à concevoir et réaliser un soubassement étanche à l'air vis-à-vis de remontées gazeuses du sol. Des réservations sont intégrées au soubassement et obturées, pour une utilisation ultérieure éventuelle. Pour évaluer son efficacité, un mesurage doit être réalisé au cours de la première année d'occupation du bâtiment. Si le résultat est élevé, un système d'extraction adapté aux réservations doit être installé pour créer une dépression dans le sol sous-jacent.

Figure 17 : Principe d'intégration du système de dépressurisation des sols (SDS) dans le soubassement



L'activation d'un système, intégré dès la conception, permet alors à moindre coût d'obtenir une prévention efficace contre les remontées de radon venant du sol.

À noter que le principe du SDS peut également être appliqué à un vide sanitaire conçu à cet effet. Dans ce cas, avant une activation éventuelle du SDS, le vide sanitaire doit déjà disposer d'une aération naturelle. Si le choix est fait d'une activation du SDS, les ouvertures d'aération du vide sanitaire devront être obturées au préalable.

Il est également possible de concevoir un SDS en fonctionnement naturel, c'est-à-dire, en s'affranchissant de l'utilisation de ventilateur d'extraction. Pour sa conception et sa mise en œuvre, il convient de consulter le guide réalisé à la suite de l'étude EVAL-SDS¹⁵.

3.4 Étanchement des soubassements

L'étanchement de toute la surface de l'interface sol-bâtiment n'est pas obligatoire. Il est néanmoins recommandé dans certains cas, notamment lorsque la nature du plancher est réputée peu étanche à l'air, comme par exemple dans le cas d'un dallage indépendant sur terre-plein. *A minima*, il est recommandé de traiter spécifiquement les joints de périphérie de ces types de dallage (fissure de retrait qui se forme pendant le séchage).

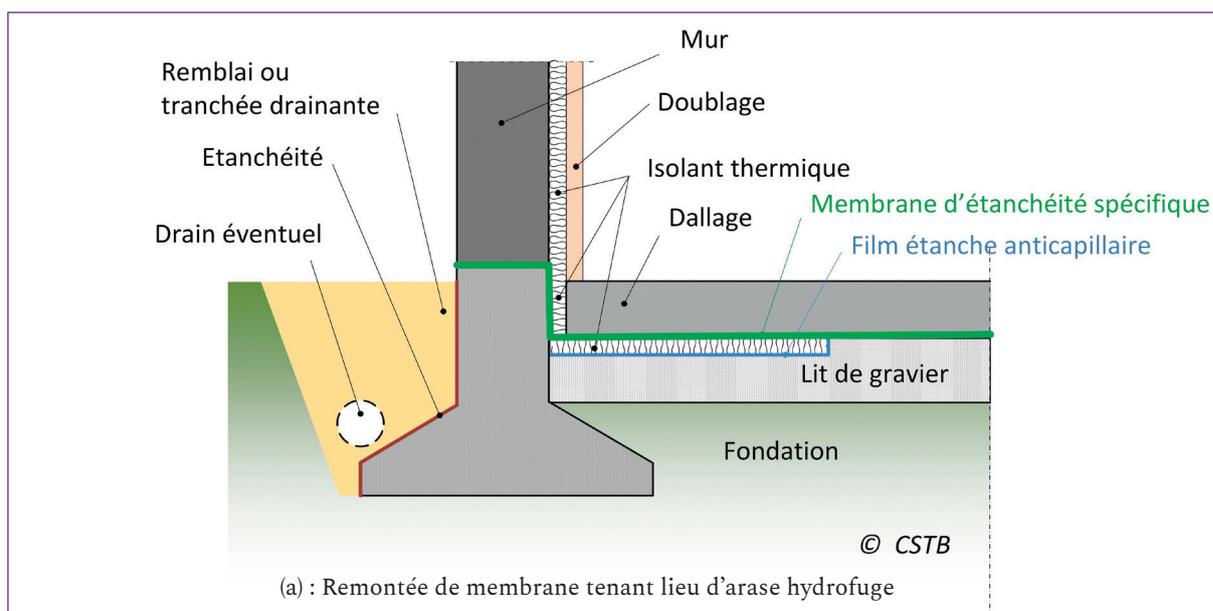
Les travaux d'étanchement à l'air des soubassements peuvent s'apparenter, en matière de mise en œuvre, à certains travaux de cuvelage (NF DTU 14.1), d'étanchéité à l'eau de parois enterrées et d'étanchéité à l'eau de toitures terrasses. Ils n'assurent cependant pas les mêmes fonctions sauf en cas de spécifications particulières. Plusieurs types de produits sont utilisables : les membranes et les produits liquides d'étanchéité à base d'époxy ou de polyuréthane.

Les membranes présentent des caractéristiques mécaniques générales, auxquelles il faut ajouter la résistance vis-à-vis du transfert diffusif du radon. En France, aucune membrane n'a fait l'objet d'un avis technique à ce jour, que ce soit pour les produits utilisés ou leur mise en œuvre. Néanmoins, les membranes choisies doivent être les plus résistantes possible à la diffusion du radon. Afin que le résultat soit parfaitement étanche à l'air, un soin particulier doit être porté à l'ancrage des membranes aux fondations périphériques et aux poteaux en béton armé ainsi qu'au recouvrement entre lés. Enfin, dans la mesure où des membranes peuvent être intégrées dans les soubassements pour d'autres fonctions (étanchéité à l'eau, traitement anti-termite), il peut être envisagé de choisir des membranes pouvant associer plusieurs fonctions.

On illustre ci-dessous la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité dans le cas d'un dallage indépendant sur terre-plein avec un ancrage à la fondation étanche et de façon durable. On montre deux exemples de principe de mise en œuvre :

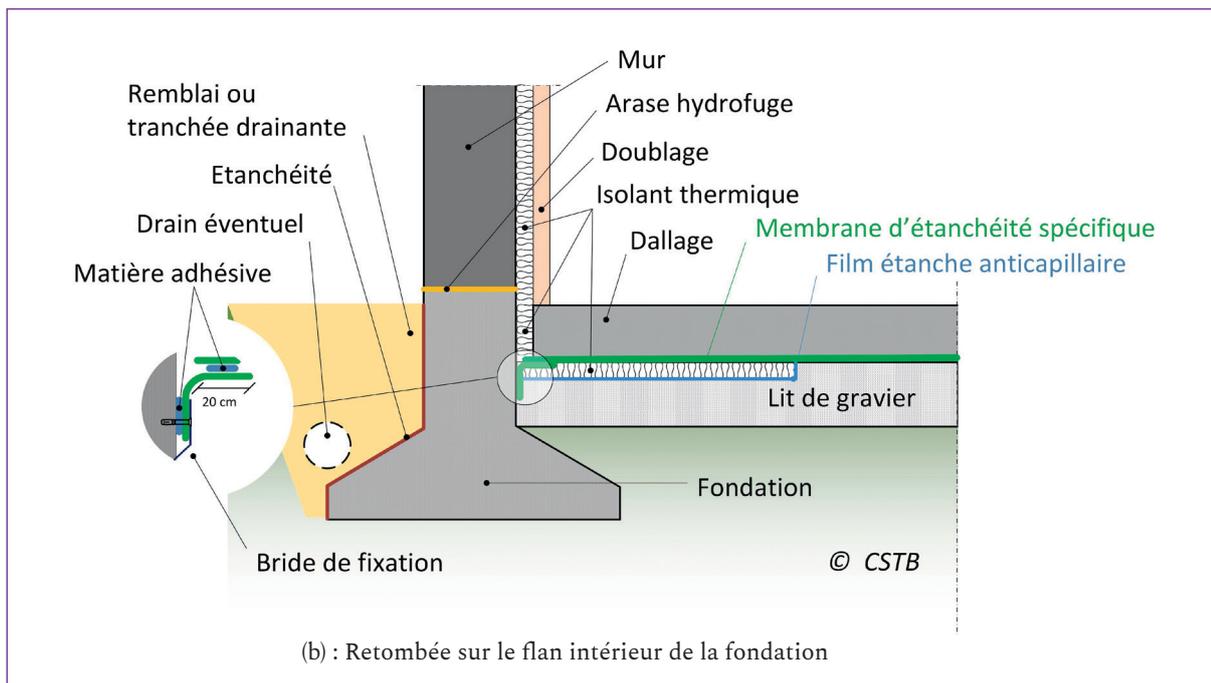
- remontée sur la partie supérieure de la fondation et tenant lieu d'arase hydrofuge (figure 18-a),

Figure 18 : Exemples d'étanchéité surfacique dans le cas d'un dallage indépendant sur terre-plein.



15. Protection des bâtiments vis-à-vis des remontées de gaz du sol. Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols à fonctionnement naturel, de la conception à la maintenance. [Guide Pratique 2018 - CSTB, LaSIE, Poujoulat, projet EVALSDS](#) (APR CORTEA 2015), cofinancé par l'ADEME (n° de contrat : 1572C0199).

Figure 18 : Exemples d'étanchéité surfacique dans le cas d'un dallage indépendant sur terre-plein.



- retombée sur le flan intérieur de la fondation, fermeture au mastic adhésif avec bride de fixation et traitement hydrofuge de l'arase supérieure de la fondation (figure 18-b).

Il est également possible d'envisager des traitements avec des produits d'étanchéité du type résine époxy ou polyuréthane, utilisés côté intérieur, en application en tant que revêtement de sol des dalles. Là aussi, les conditions de mise en œuvre sont déterminantes pour assurer une étanchéité efficace des éléments en contact avec le sol (plancher bas ou mur enterré).

Dans tous les cas, les notions de compatibilité entre matériaux utilisés ainsi que de durabilité des performances sont des éléments déterminants.

Sur les parois verticales des soubassements en béton et maçonnerie, la mise en œuvre des procédés d'étanchéité actuels en feuilles bitumineuses et des nappes de protection permet de traiter de façon étanche et continue le risque d'infiltration d'eau, notamment par les fissures et par les traversées. Il peut être considéré qu'une paroi verticale en béton plein (mur de fondation ou mur enterré) constitue un frein à l'entrée du radon relativement important et que dans la mesure où le béton est en pression, il n'y aura pas de fissuration ultérieure. À noter toutefois que les traitements spécifiques vis-à-vis du radon sont possibles. D'ailleurs, en présence de mur de fondation creux ou

de murs enterrés creux, il est recommandé d'associer un tel traitement spécifique de ces éléments afin d'éviter le transfert de radon par ces éléments vers les volumes intérieurs du bâtiment.

D'une façon générale, il est recommandé d'associer les travaux d'étanchement d'interface par pose de membrane à d'autres moyens de protection (ventilation, traitement des soubassements).

3.5 Vérification de l'efficacité des actions préventives

Après la fin de la construction, il faut prévoir une vérification de l'efficacité des actions préventives installées. Le mesurage est réalisé dans les conditions d'utilisation habituelles, par exemple au cours de la première année d'occupation. Les modalités sont les mêmes que pour le mesurage initial (voir paragraphe 2.1.1.1).

Ultérieurement, un contrôle de la pérennité de la situation du bâtiment est utile. Des exigences réglementaires existent pour les lieux de travail dépassant le niveau de référence et pour les ERP soumis à la surveillance de l'exposition au radon.

Liste des acronymes

- **ASN** : Autorité de sûreté nucléaire
- **CSTB** : Centre scientifique et technique du bâtiment
- **DGS** : Direction générale de la santé
- **DGT** : Direction générale du travail
- **DHUP** : Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages
- **ERP** : établissement recevant du public
- **IRSN** : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
- **SDS** : système de dépressurisation du sol
- **VMC** : système de ventilation mécanique contrôlé
- **VRD** : voiries et réseaux divers

Références

Documents techniques unifiés (DTU)

- NF DTU 13 Fondations
- NF DTU 14.1 Travaux de cuvelage
- NF DTU 20.1 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs
- NF DTU 24 Fumisterie
- NF DTU 26.2 Chapes et dalles à base de liants hydrauliques
- NF DTU 61.1 Installations de gaz dans les locaux d'habitation
- NF DTU 65.14 Exécution de planchers chauffants à eau chaude
- NF DTU 68.3 Travaux de bâtiment - Installations de ventilation mécanique

Autres guides sur les travaux de réduction de la concentration en radon dans les bâtiments

- [Radon et sols pollués : protection des bâtiments – Guide pour la protection des bâtiments vis-à-vis des polluants gazeux du sol. Guide technique CSTB. Collignan B., juillet 2021.](#)
- [Radon, gérer le risque pour la construction et la rénovation de logements. Guide qualité de l'air intérieur. Association Qualitel, février 2020. \(gratuit\)](#)
- [Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols à fonctionnement naturel, de la conception à la maintenance. Guide pratique ADEME, 2018 \(gratuit\)](#)
- [Prévention et remédiation du risque radon dans les bâtiments. Dossier thématique. Réseau breton bâtiment durable, 2019 \(gratuit\)](#)
- [Prévention et remédiation du risque radon – 12 enseignements à connaître, Agence Qualité Construction et Réseau Breton bâtiment durable, 2019 \(gratuit\)](#)

Expertise du bâtiment

- [Vidéo de présentation de l'expertise du bâtiment](#)
- NF X 46-040 « Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis, missions et méthodologie » (en cours de révision à la date de publication de ce guide)
- [Grille d'audit simplifié relatif à la présence de radon dans les bâtiments](#)
- [Guide d'auto évaluation du bâtiment vis-à-vis du risque radon](#)

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air : radon 222

- NF EN ISO 11665-4 : Partie 4 : méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé
- NF ISO 11665-8 : Partie 8 : méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments
- ISO/TS 11665-12 : Partie 12 : Détermination du coefficient de diffusion des matériaux imperméables : méthode de mesure de l'activité volumique d'un côté de la membrane
- ISO/TS 11665-13 : Partie 13 : Détermination du coefficient de diffusion des matériaux imperméables : méthode de mesurage de l'activité volumique des deux côtés de la membrane

Guides sur la ventilation des bâtiments

- [Ventilation. Conception et mise en œuvre. Prescription technique et recommandations pratiques. Éditions CSTB, 2019](#)
- [Rénovation : bien ventiler son logement - ADEME, 2022](#)
- [Ventilation mécanique par insufflation dans l'habitat individuel – Rapport final COSTIC, mars 2017 \(gratuit\)](#)
- [Protocole de diagnostic des installations de ventilation mécanique résidentielles. PROMEVENT. et Guide ADEME, octobre 2016 \(gratuit\)](#)
- [Guide d'accompagnement du protocole PROMEVENT, 2016 \(gratuit\)](#)
- [Ventilation des bâtiments existants – Préconisations pour améliorer les performances des installations – Guide pratique. Air H, ADEME, Allie'air, CETIAT, PBC. 2007. \(gratuit\)](#)
- [Diagnostic des installations de ventilation dans les bâtiments résidentiels et tertiaires – Guide pratique DIAGVENT – CETIAT – PBC, 2005 \(gratuit\)](#)
- [Ventilation des bâtiments : réhabilitation dans l'habitat collectif – Guide bâtiment et santé – CSTB, 2003](#)
- [Ventilation performante dans les écoles – Guide conception – CETIAT, 2001 \(gratuit\)](#)
- [Guide pratique sur la modulation des débits de ventilation – CETIAT, 2000 \(gratuit\)](#)

Liens utiles

Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

<https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Le-radon>

Liste des organismes agréés pour la mesure du radon : <https://www.asn.fr/espace-professionnels/agrements-controles-et-mesures/listes-des-agrements-d-organismes#listes-des-agrements-d-organismes>

Ministère chargé de la santé

<https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/radon>

Ministère chargé du travail

<https://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques-pour-la-sante-au-travail/article/radon>

Ministère chargé de l'écologie

<https://www.ecologie.gouv.fr/habitat-contenant-du-radon>

Géorisques

<https://www.georisques.gouv.fr/risques/radon>

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

<https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/Le-radon.aspx>

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

<http://extranet.cstb.fr/sites/radon>

Cerema

<https://www.cerema.fr/fr/mots-cles/radon>

Plateforme Jurad-Bat

<https://jurad-bat.net/>

Organisation mondiale de la santé (OMS)

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>

Association européenne du radon (ERA)

<http://radoneurope.org>



15 rue Louis Lejeune

92120 Montrouge

Tél : 33 (0)1 46 16 40 00

www.asn.fr

