EXPERTISES

Novembre 2017

PROJET BATICOV

Mesures constructives vis-à-vis des transferts de pollutions volatiles du sol vers les bâtiments

Outils de la programmation à l'exploitation

Novembre 2017

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

GINGER BURGEAP
INERIS maîtriser le risque pour un développement durable
CSTB le futur en construction
BRUN CESSAC AVOCATS ASSOCIES
TERAO
GRANDLYON communauté urbaine

REMERCIEMENTS

Est remercié pour leur contribution à la réalisation du projet BATICOV l'ensemble des acteurs ayant participé aux enquêtes et ateliers menés lors de la première phase du projet.

Sont en outre remerciées les personnes intervenues dans la conduite du projet : Coralie ALEM (BURGEAP), Aimée CASAL (psychosociologue), Marius DABONNEVILLE (TERAO), Maylis DESROUSSEAUX (Cabinet Brun Cessac et Associés), Franck MAROT (ADEME), Cyprien PACCOUD et Emilie POWAGA (CSTB).

Enfin les fiches acteurs et enjeux techniques ont été réalisées par Magali MALFUGEON (BURGEAP)

CITATION DE CE RAPPORT

Traverse S., Cessac C., Collignan B., Côme J.M., Desrousseaux M., Grasset M., Hulot C., Raoust M.. 2018. Projet BATICOV . Mesures constructives vis-à-vis des transferts de pollutions volatiles du sol vers les bâtiments. Outils méthodologiques de la programmation à l'exploitation des bâtiments. Collection expertise ADEME. Novembre 2017. 58 pp

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque et les sites internet des partenaires : www.burgeap.fr/innovations/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME (Convention n°1172C0051) par :

TRAVERSE Sylvie (BURGEAP), CESSAC Cécile (Cabinet Brun Cessac et Associés), COLLIGNAN Bernard (CSTB), CÔME Jean Marie (BURGEAP), DESROUSSEAUX Maëlis (Cabinet Brun Cessac et Associés), GRASSET Marie (Lyon Métropole), HULOT Corinne (INERIS), RAOUST Michel (TERAO)

Coordination technique - ADEME : Coordination technique : Franck MAROT, Service Friches Urbaines et Sites Pollués – SFUSP – Direction Villes et Territoires Durables – ADEME Angers

TABLE DES MATIERES

Résumé 5

Abstract 6

1. INTRODUCTION 7

1.1 Contexte et enjeux 7

1.2 Les impacts des pollutions volatiles des sols sur la qualité de l'air intérieur 7

1.3 Textes de références méthodologiques et réglementaires 8

1.4 Mesures constructives 9

2. EFFICACITE DE LA PROTECTION DES BATIMENTS AUX POLLUTIONS VOLATILES RESIDUELLES 10

2.1 Résultante multicritères 10

2.2 Freins et axes d'amélioration identifiés 11

2.3 Enjeux à considérer 13

3. OUTILS DE LA PROGRAMMATION A L'EXPLOITATION 15

3.1 Fiches support 15
3.1.1 Fiches *Acteurs* 15
3.1.2 Fiches *Enjeux techniques* 17

3.2 De la programmation à l'exploitation 18
3.2.1 Points d'attention par phase 18
3.2.2 Recommandations générales pour toute construction 21
3.2.2.1 Traitement des singularités 21
3.2.2.2 Vérifications à réception (concentrations et ventilation) 22
3.2.2.3 Surveillance, entretien et maintenance 22

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 23

5. LES FICHES ACTEURS 25

6. LES FICHES ENJEUX TECHNIQUES 38

Références bibliographiques 47
Références générales 47
Réglementation et normes 48
Références techniques 49

Index des figures 51

Sigles et acronymes 52

Résumé

La qualité de l'air intérieur (QAI) est reconnue aujourd'hui comme un enjeu mondial de santé publique. La pollution volatile présente dans les terrains du fait d'un passif environnemental peut être une des sources potentielles de sa dégradation. Sur de tels sites, après d'éventuelles opérations de dépollution, en présence de pollutions volatiles résiduelles, les bâtiments sont généralement construits avec des mesures constructives permettant de limiter les impacts de ces pollutions sur la qualité de l'air intérieur. Elles peuvent porter sur la réduction des transferts des polluants et/ou sur la dilution des concentrations dans l'air.

En lien avec les mesures constructives, le projet BATICOV (2015-2017) avait deux objectifs. Le premier était d'apporter un éclairage sur les freins et leviers associés à l'efficacité de ces mesures (Traverse et al. 2017). Dans un second temps, à partir de cet Etat des lieux, il avait pour objectif de développer des outils permettant d'améliorer les pratiques pour l'ensemble des acteurs intervenant de la programmation à l'exploitation d'un bâtiment. Après une introduction reprenant le contexte et les enjeux, ce second livrable du projet BATICOV présente de manière synthétique les éléments de l'état des lieux puis fournit les outils en vue d'améliorer les pratiques durant les phases de programmation, de construction et d'exploitation du bâtiment.

L'efficacité des mesures constructives mises en œuvre dans les bâtiments se réfère à l'atteinte de l'objectif de réduction des concentrations dans l'air intérieur de telle manière qu'elles soient acceptables du point de vue de la santé des occupants. Pour cela, les points d'attention en lien avec les choix de conception, la mise en œuvre, la communication vers l'acquéreur, l'exploitant et l'usager et les besoins de vérifications, à réception et lors de l'exploitation, sont particulièrement développés dans les outils proposés.

Les outils présentés dans ce document sont :

- des **schémas par phase** (programmation, conception, construction et exploitation) où sont identifiés les acteurs concernés, les actions à mettre en œuvre, et les points d'attention nécessaires ;
- une description, les enjeux et les points d'attentions pour les différentes mesures constructives : Etanchéité de l'interface sol-bâtiment ; Vide sanitaire ventilé ; Système de Dépressurisation des Sols ; Ventilation des lieux de vie et sous-sols. Les 4 **fiches *Enjeux techniques*** établies pour chacune des familles de mesures constructives permettent d'en comprendre le principe, d'identifier les points clés intervenant dans l'efficacité de la technique, leur complémentarité et les interactions entre les acteurs intervenant dans les choix, le dimensionnement, la mise en œuvre et l'exploitation ;
- à vocation pédagogique et de sensibilisation pour permettre aux acteurs de se familiariser avec les mesures constructives, anticiper les enjeux associés et les points d'attention auxquels ils seront confrontés. Pour cela, 6 **fiches *Acteurs*** ont été établies à destination du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre, du bureau d'étude Sites et Sols pollués, des entreprises de construction, de l'acquéreur, exploitant ou usager et de la collectivité ou des services de l'Etat. Ces fiches ont vocation à clarifier leurs rôles et responsabilités de la programmation à l'exploitation. En outre, ces fiches illustrent la multidisciplinarité requise et le besoin essentiel de ne pas cloisonner les missions en identifiant les interactions nécessaires.

L'accent est mis dans ces outils sur le besoin d'anticipation car leur mise en place de manière curative pour bloquer un transfert a posteriori est nettement plus complexe.

Mots clés :
Air Intérieur, Sols pollués, pollutions volatiles, bâtiments, mesures constructives, friches, réhabilitation

Abstract

Indoor air Quality (IAQ) is recognized today as a global public health issue. Soil volatile pollution due to environmental liabilities may be one of the potential sources of its degradation. On such sites, after a possible depollution, buildings are generally constructed with mitigation systems to reduce the impacts of the residual volatile pollution on Indoor Air.

BATICOV project (2015-2017) has two goals regarding mitigation systems. The first was to highlight the difficulties of the mitigation systems employed today in France and to identify ways to improve the effectiveness (Traverse et al. 2017 : first report of the BATICOV project). The second objective is to develop new tools for all actors involved in the lifetime of the building (from programming to operation) in order to improve practices. The present report (second report of the BATICOV project), summarizes difficulties and ways of improvement and provides tools to improve practices during all steps of a building lifetime.

The effectiveness of the mitigation systems is define as “reducing concentrations in indoor air in such a way that the health of the occupants is acceptable”. For this purpose, attention points are given on the design choices, the implementation, the communication to the purchaser, the operator and the user. They also highlight the needs of checks at building reception and during its operation.

The tools presented to improve sustainability of mitigation systems in new building are:

- **2 construction phases scheme** (programming, design, construction and operation) in which the involved actors, the actions to be implemented, and the necessary points of attention are identified;
- **4 *technical issues* fact sheets** established for each mitigation system (seal coat (gasproof) at the ground-building interface; ventilated crawl space; Sub-slab depressurization System; building ventilation) in which a description of the system, the issues and points of attention are provided. They allow to understand the principle, to identify the key points involved in the effectiveness and their complementarity. They also highlight the interactions between the actors involved In the choices, sizing, implementation and operation;
- **6 *stakeholders* fact sheets** for the builder, the design project team, the engineer in polluted soil, the construction companies, the property owners, managers or users and for the State. These sheets intend to clarify their roles and responsibilities, to familiarize with mitigation systems, anticipate the associated issues and the points of attention to which they will be confronted and identify the required interaction between them.

Those document emphasis on anticipation because deployment of mitigation system in a posterior curative way is much more complex.

Mots clés :
Indoor air, soil pollution, volatile pollution, building, mitigation systems, building, brownfield, rehabilitation

1. Introduction

1.1 Contexte et enjeux

La qualité de l'air intérieur (QAI) est reconnue aujourd'hui comme un enjeu mondial de santé publique. Nous respirons en permanence et, pendant 90 % du temps, dans des espaces clos. Généralement plus pollué que celui de l'extérieur, l'air intérieur augmente la fréquence, la gravité et le coût social des affections respiratoires. Parmi les différentes sources de dégradation de la qualité de l'air intérieur, la pollution volatile présente dans les terrains du fait d'un passif environnemental est une des sources potentielles de dégradation à considérer.

Sur de tels sites, les bâtiments sont généralement construits avec des dispositifs permettant de limiter les impacts des pollutions sur la qualité de l'air intérieur. Le recours à de tels dispositifs dits « mesures constructives » s'est accéléré depuis 2007 avec les documents relatifs aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (MEDD, 2007) et la Circulaire relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles (DGS-MEDD, 2007). Il est renforcé et plus encadré dans les textes publiés en avril 2017 (MTES).

En l'absence de réglementation, le panel des mesures constructives mises en place sur les sites présentant des pollutions volatiles (diffuses ou résiduelles[1]), les verrous à leur mise en œuvre, à leur évaluation et leur maintenance ne sont à l'heure actuelle que peu étudiés.

Si les maîtres d'ouvrage et les promoteurs peuvent d'ores et déjà être sensibilisés à travers la gestion de la pollution des sites, les équipes de maîtrise d'œuvre, les entreprises, les propriétaires, gestionnaires, exploitants et occupants des bâtiments ne sont pas sensibilisés et ne disposent d'aucun outil dédié pour les aider dans la compréhension et la gestion de la problématique. De nombreux guides et démarches sensibilisent ces acteurs sur la qualité de l'air intérieur, mais l'incidence de la pollution anthropique des sols sur la qualité de l'air intérieur leur demeure un champ mal connu.

Ainsi, pour éviter les écueils qui se produisent de manière récurrente (bâtiments mal protégés contre les intrusions de polluants volatils du sol qui ne peuvent être mis en service), il convient de fournir à ces acteurs les éléments permettant de d'assurer l'efficacité des mesures constructives.

Le projet BATICOV (2015-2017) a été co-financé par l'ADEME (appel à projet GESIPOL, 2014). Le premier livrable du projet (Traverse et al. 2017) constitue l'état des lieux et identifie les axes d'amélioration de l'efficacité de telles mesures constructives. Les attentes exprimées par les différents acteurs à travers les enquêtes, celles identifiées lors des échanges en ateliers et lors des entretiens réalisés, ont conduit à retenir trois axes de développement d'outils permettant de mieux appréhender les mesures constructives et s'assurer de leur efficacité. Il s'agit de :

- la connaissance technique des dispositifs et des critères de choix,
- la communication entre acteurs de la construction et de l'exploitation,
- la clarification des rôles et des responsabilités des acteurs.

Le présent document, second livrable du projet BATICOV, vise à répondre à ces attentes à travers des schéma structurants et des fiches à destination des acteurs de la construction et de l'exploitation.

1.2 Les impacts des pollutions volatiles des sols sur la qualité de l'air intérieur

Les pollutions volatiles des terrains, qu'elles proviennent de la nappe ou des sols, tant dans l'emprise foncière des terrains à l'origine de la pollution qu'en dehors, peuvent impacter la qualité de l'air intérieur des bâtiments. En effet, en fonction de leur volatilité et des caractéristiques physico-chimiques des sols et des fondations, ces pollutions transitent jusqu'à l'air intérieur des bâtiments par la porosité des

[1] Conformément à la démarche de gestion des sites et sols pollués mise en place par les pouvoirs publics, la priorité consiste d'abord à traiter les sources de pollutions et les pollutions concentrées; les mesures constructives ont vocation a être déployées lorsque les niveaux de pollutions correspondent aux limites de faisabilité technico-économiques des solutions de traitement (pollution résiduelle ou pollution diffuse) ; à noter que sur des bâtiments anciens, elles peuvent aussi être mises en place en amont d'une action sur les sources, compte tenu de calendriers d'intervention différents.

terrains, la porosité et la fissuration des bétons, les vides de rétractation de la dalle lors de son séchage, voire de structures enterrées si celles-ci ne sont pas parfaitement étanches ou que l'étanchéité au niveau du passage de la dalle n'est pas assurée.

Le transfert vers l'air intérieur est régi en outre par deux processus : la diffusion et la convection. Le premier est induit par le gradient de concentration entre le milieu souterrain (ou les réseaux) et le bâtiment et la capacité diffusive des milieux de transfert (bétons, sols, réseaux). Le second est induit par les différences de pression entre l'air intérieur et les terrains ou les réseaux. Ces différences de pressions peuvent être induites par le chauffage du bâtiment et le tirage thermique, par le déséquilibrage de la ventilation, l'effet du vent ou par les variations de pression dans les terrains associées aux conditions météorologiques ou au battement de nappe.

Les processus de migration sont notamment décrits dans le guide méthodologique FLUXOBAT (Traverse et al. 2013). La figure ci-dessous présente de manière synthétique les processus physico-chimiques à l'origine des transferts de pollutions volatiles des sols vers l'air intérieur et la localisation des transferts.

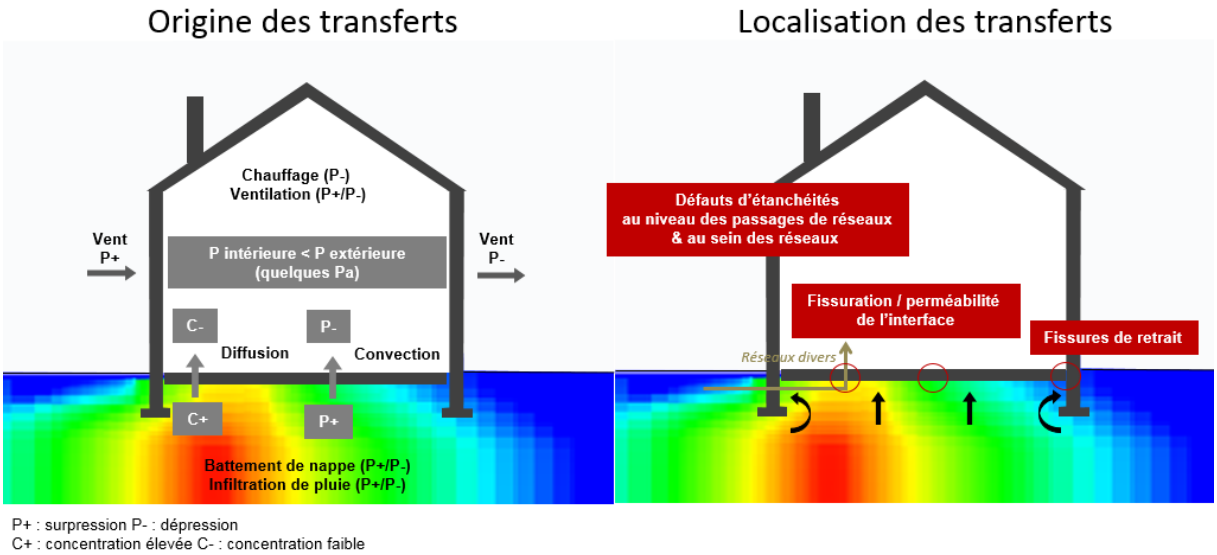


FIGURE 1 –ORIGINES DES TRANSFERTS DE POLLUTIONS VOLATILES DU SOL VERS L'AIR INTERIEUR

1.3 Textes de références méthodologiques et réglementaires

Textes de référence en termes de gestion des pollutions de sol

Le ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) définit les politiques publiques en matière de sols pollués dont le champ d'application concerne des sites présentant potentiellement des problématiques de pollution de sols et/ou d'autres milieux (air intérieur, eaux souterraines, eaux superficielles, …). La méthodologie nationale publiée en 2017 (MTES, 2017) présente les démarches et outils de gestion. A cette politique nationale est adossée la normalisation (norme de services NF X31-620 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », AFNOR, 2011) afin de donner un référentiel commun aux acteurs.

Secteurs d'Information sur les Sols

Le droit à l'information en matière de pollution va dans le sens d'une meilleure communication à l'égard de la population. L'article 173 de la loi ALUR (Loi n°2014-336 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové) crée les Secteurs d'Information sur les Sols (SIS) qui ont pour objet de répertorier « les terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution ». Ils sont établis sous la responsabilité de l'Etat et doivent permettre l'accès du public à la connaissance du passif environnemental des sites. Les informations contenues dans ces SIS seront, à partir de janvier 2019, portées à la connaissance du public par l'intermédiaire du plan local d'urbanisme (PLU) ou de tout

document en tenant lieu, et devront être retranscrites dans le certificat d'urbanisme d'information, dans les actes de vente et dans les baux de location des terrains et/ou bâtiments concernés (article L. 125-7 du Code de l'environnement).

Attestation lors de la demande du permis de construire

La fourniture d'une attestation sur la prise en compte de la pollution de sol est obligatoire lorsque le projet est situé dans un secteur d'information sur les sols (SIS) et dans le cas prévu par l'article L. 556-1 du Code de l'environnement. Elle est établie sur la base d'un modèle fixé par un arrêté ministériel (à paraître) et a pour objet de garantir la réalisation d'une étude de sols et sa prise en compte dans la conception du projet de construction par le maître d'ouvrage.

Code de la construction

L'acte de construire est particulièrement bien encadré, au travers de nombreuses normes et réglementations. Elles comprennent notamment des normes d'urbanisme (en lien avec le PLU), des normes de performances techniques associées au code de la construction et de l'habitation (EUROCODES et DTU) et des réglementations nombreuses dépendantes de la destination des bâtiments (performance thermique, ventilation, qualité de l'air intérieur, sécurité incendie, risques sismiques et technologiques, électricité et réseaux de communication, accessibilité, ascenseurs, lutte contre les nuisibles, …).

1.4 Mesures constructives

Les mesures constructives concernées sont celles portant sur la limitation des impacts des pollutions du sol ou des eaux souterraines sur la qualité de l'air intérieur.

Il est important de préciser que, tant pour les bâtiments neufs que les bâtiments existants, les mesures constructives ne se substituent pas à la dépollution, qui devra être mise en œuvre pour les sources de pollution et pollutions concentrées. En effet, elles ne sont déployées qu'en complémentarité afin de gérer la pollution résiduelle (MTES, 2017), c'est-à-dire après dépollution ou dans les situations d'une dégradation à plus grande échelle liée à la qualité de remblais ou de la nappe phréatique générant alors des pollutions dites « diffuses ».

De façon générique (CSTB, 2008), les techniques de réduction des impacts des pollutions volatiles provenant des sols font appel aux principes qui sont de limiter le transfert du polluant ou diluer la concentration dans le bâtiment. Elles sont ensuite regroupées en trois familles : *i)* assurer une étanchéité du bâtiment vis-à-vis de la pollution des sols, *ii)* traiter la partie habitée (pour réduire les concentrations ou minimiser la dépression afin de limiter les transferts depuis les sols) et *iii)* traiter le soubassement (sol, cave, vide sanitaire) par ventilation ou mise en dépression afin de limiter les transferts vers les pièces habitées.

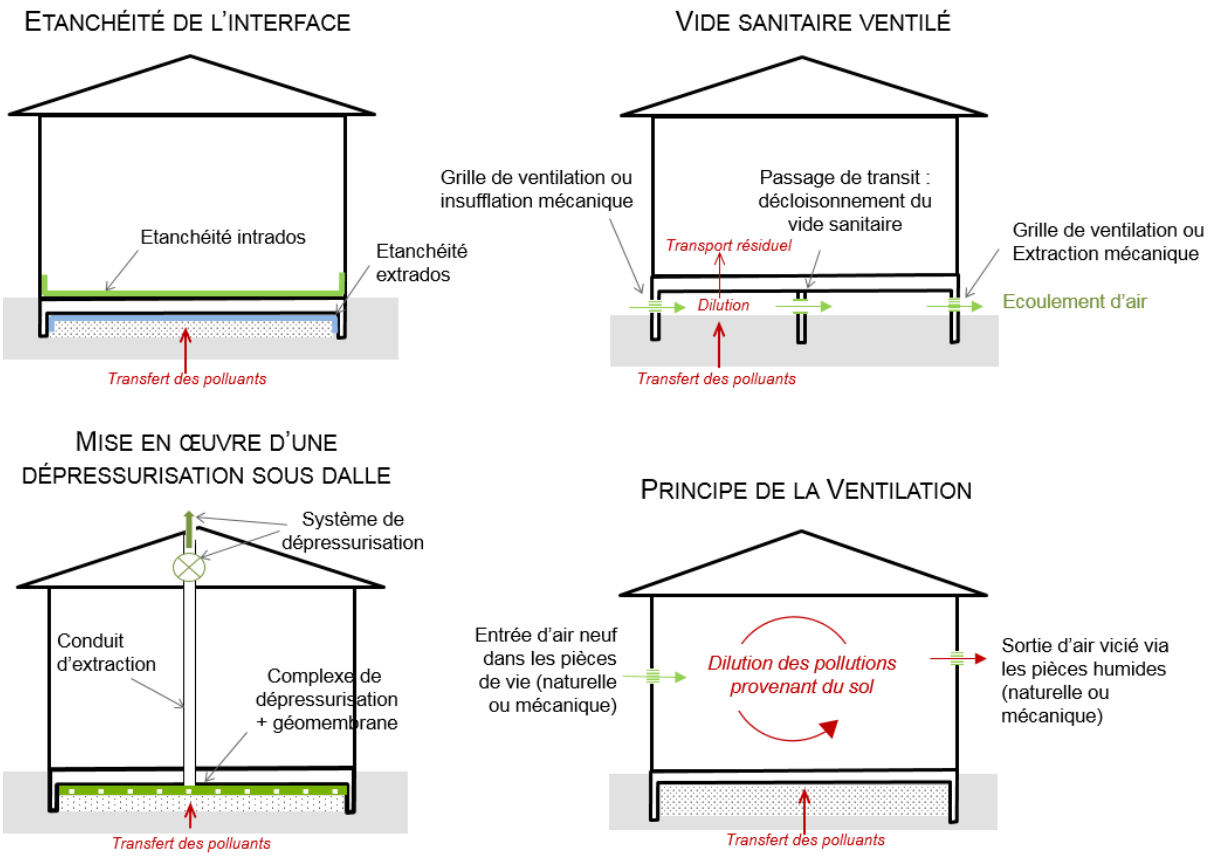


FIGURE 2 – LES DIFFERENTES MESURES CONSTRUCTIVES POUR LA LIMITATION DES IMPACTS DE POLLUTION DE SOL SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Les mesures constructives permettant de réduire les transferts de pollutions volatiles du sol vers l'air intérieur sont déployées depuis plusieurs années pour prévenir les transferts de radon (CSTB, 2008), et bénéficient de ce fait d'un retour d'expérience qui a été mis à profit. Par ailleurs, dans le domaine de la gestion des pollutions anthropiques, de multiples guides aux Etats-Unis présentent ces différentes techniques (US-EPA, 1993 ; ITRC, 2007 ; US-EPA, 2008 ; DTSC, 2011 ; OSWER, 2013 ; NJDEP, 2013), leurs avantages et inconvénients, ainsi que les coûts associés en termes de mises en œuvre (USEPA, 1993 ; ITRC, 2007 ; CSTB, 2008 ; DTSC, 2011). Enfin, un document du BRGM (2014) présente les différentes techniques et les avantages et inconvénients des dispositifs ainsi que des éléments de coût.

2. Efficacité de la protection des bâtiments aux pollutions volatiles résiduelles

2.1 Résultante multicritères

La notion d'efficacité des mesures constructives mises en œuvre dans les bâtiments se réfère à l'atteinte de l'objectif de réduction des concentrations dans l'air intérieur de telle manière qu'elles soient acceptables du point de vue de la santé des occupants. Cette efficacité doit tenir compte de la durée de vie des bâtiments. Pour la construction neuve, parmi les Eurocodes, l'EC0 encadre la classe structurale de l'ouvrage qui permet de caractériser les exigences de durabilité. Pour les bâtiments et les ouvrages de génie civil courants (classe de référence), la durée d'utilisation des ouvrages est de 50 ans avec une maintenance normale.

Il apparait ainsi que l'efficacité des mesures constructives nécessite d'interroger l'ensemble des phases de la construction et de l'exploitation afin de garantir, au-delà de la performance intrinsèque de la technique, que sa mise en œuvre et l'usage du bâtiment n'en altère pas l'efficacité.

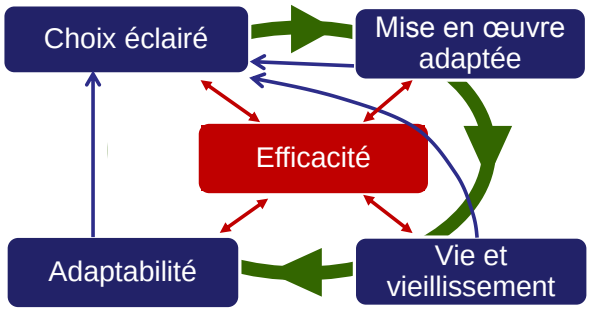


FIGURE 3 –EFFICACITE DES MESURES CONSTRUCTIVES – RESULTANTE MULTICRITERES

2.2 Freins et axes d'amélioration identifiés

Les freins et les axes d'amélioration pour une efficacité des mesures constructives sont présentés de manière détaillée dans le livrable d'Etat des Lieux (Traverse et al. 2017). Ils reposent sur des enquêtes, des interviews et la conduite d'ateliers réunissant les acteurs de la construction (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureaux d'études techniques, entreprises, collectivités et services de l'Etat) et, de manière prospective, sur l'analyse du contenu de certifications environnementales du bâtiment (NF HQE, WELL, BREEAM et LEED) vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur. Cet état des lieux porte essentiellement sur la construction de bâtiments neufs. Pour les bâtiments existants, l'analyse des mesures correctives mises en œuvre sur une vingtaine de bâtiments a été conduite.

Les difficultés rencontrées sont nombreuses, les principales ayant été identifiées sont :

- techniques et scientifiques (connaissance des mesures constructives, efficacité théorique, absence de document technique (DTU, ATec, ATex) pour certaines d'entre elles, limites des études de conception, absence de confiance dans les outils déployés dans les études de sol, éléments clés de mise en œuvre, besoin d'entretien et de maintenance…) ;
- organisationnelles (temporalité entre les études de sol et la conception du bâtiment, cloisonnement des métiers et attendus du code de l'environnement et du code de la construction, …),
- de communication (difficultés d'échanges techniques entre acteurs de profils et sensibilités très différents, acceptation par l'acquéreur du bâtiment et les usagers des mesures constructives et des incidences pour eux, transmission de l'information quant aux contraintes et besoins envers l'acquéreur du bâtiment et les usagers…),
- réglementaires et méthodologiques (absence d'obligations / de contraintes au-delà de l'attestation sur la prise en compte de la pollution des sols à fournir lors de la demande du permis de construire, des servitudes et des Secteurs d'Information sur les Sols (SIS), absence d'organisme de contrôle en construction et exploitation, absence d'identification d'une mission spécifique sol dans l'acte de construire…).

Les axes d'améliorations sont décrits dans le livrable d'Etat des Lieux. Ces grands axes peuvent être synthétisés comme suit.

AXE 1 Formation et accompagnement des acteurs de la construction

Les acteurs de la construction sont à l'heure actuelle peu ou pas sensibilisés à la problématique et aux conséquences de la présence de pollutions volatiles dans les sols. Si les outils proposés ici visent à favoriser leur appréhension du sujet et à améliorer les pratiques, il demeure nécessaire d'envisager la formation de ces acteurs. Ainsi, au sein des formations orientant vers les métiers de la construction, un volet portant sur les impacts des pollutions environnantes (sol, eau, air) et les actions à mener lorsque l'on est confronté à la présence de telles pollutions est nécessaire. En effet, au même titre que le risque géotechnique, inondation ou sismique, la question de la santé des occupants à travers la qualité de l'air qu'ils y respirent doit être un objectif majeur de l'acte de construire.

La sensibilisation de la maîtrise d'œuvre doit également être développée car c'est notamment à elle qu'incombera le dimensionnement, la direction des travaux et la réception du bâtiment. La présence d'un AMO SSP ou d'un bureau d'études SSP au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre paraît un axe d'amélioration. En effet, cela permet de favoriser les échanges techniques nécessaires au choix des dispositifs, à leur dimensionnement, aux vérifications nécessaires lors de leur mise en œuvre et à la communication avec les futurs acquéreurs quant aux éventuelles servitudes et actions d'entretien et de maintenance.

Pour être anticipés et effectivement traités, la clarification des rôles des acteurs et attendus sur les enjeux de pollutions volatiles résiduelles des sols est nécessaire. Le positionnement des missions associées à cet enjeu dans la loi précisant les étapes et les acteurs de la construction (loi MOP) est ainsi suggéré par la création d'une mission « pollution de sol » qui serait portée par la maîtrise d'ouvrage (et ses AMO si nécessaire), le maître d'œuvre et l'ensemble des autres acteurs potentiellement impliqués (entreprises de travaux, OPC, voire contrôleur technique).

Tant pour la maîtrise d'ouvrage privée que publique, sans attendre la force coercitive d'une disposition législative ou réglementaire, la sensibilisation des maîtres d'ouvrage sur la nécessité de prendre en compte cette mission est un premier levier. D'ores et déjà, la prise en compte des pollutions de sol et leur impact sur la qualité de l'air intérieur (et plus largement la construction) peut faire référence à une mission complémentaire dite optionnelle de la maîtrise d'œuvre de la loi MOP. Elle peut également être traitée comme une mission de performance environnementale du bâtiment et fait alors référence à une mission d'Assistance à Maîtrise d'ouvrage (AMO) par le bureau d'études spécialisé.

Enfin, l'éventualité de l'élargissement de la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011 actuellement en cours de révision pour intégrer les évolutions associées aux textes ministériels : MTES, 2017) au sujet des mesures constructives est suggérée et impliquerait l'association des acteurs du bâtiment à son développement.

AXES 2 Communication

Au stade de la programmation et de la conception, le choix et le dimensionnement des mesures constructives nécessitent une communication technique entre les acteurs, les incidences des différentes thématiques propres à la construction entre elles nécessitent de favoriser le dialogue, un management spécifique par le maître d'ouvrage est à promouvoir. En outre, en fonction de l'avancement du projet au moment de la réalisation du Plan de Gestion, il est important que le maître d'ouvrage et le bureau d'études SSP aient conscience des limites associées aux hypothèses prises et donc des limites des recommandations formulées. Il est fortement recommandé que le bureau d'étude SSP mette en exergue dans l'étude conduite *i)* les choix réalisés issus ou non d'informations de la maîtrise d'ouvrage et *ii)* les réserves sur ses conclusions si des modifications du projet interviennent, aussi mineures puissent elles être au yeux du maître d'ouvrage ou maître d'œuvre.

Afin d'assurer l'efficacité des mesures constructives au-delà de la réception des bâtiments, il est nécessaire d'identifier dans les documents de livraison les attentes et besoins spécifiques au stade de l'exploitation. Si ces éléments doivent se trouver dans les documents décrits par la loi MOP (DOE, manuel de maintenance, …), la lisibilité de ces éléments pour les acquéreurs, usagers et exploitants doit être considérée. En effet, il semblerait pertinent qu'un document pédagogique explique ce qui a été spécifiquement mis en œuvre pour palier la qualité du sol et les contraintes que cela engendre en termes de fonctionnement, d'entretien et d'exploitation et de maintenance.

Se rapprochant d'un document de type Carnet de vie du bâtiment (en référence à la démarche HQE), la communication avale est primordiale pour s'assurer de l'efficacité à long terme des dispositions prises en construction.

AXE 3 Evolutions de la réglementation

Les mesures constructives étant liées à l'acte de construire, les difficultés identifiées dans l'état des lieux qui ne sont pas propres à la gestion des pollutions de sols mais aux équipements et systèmes du bâtiment nécessitent d'évoluer pour davantage contraindre les vérifications d'efficacité à réception. C'est le cas notamment de la ventilation tant dans les lieux de vie que dans les espaces intermédiaires (sous-sol, vide sanitaire, …).

La demande du permis de construire est réalisée généralement au stade de l'APD. Ainsi, la conception est généralement bien avancée mais n'est pas totalement figée. Associée dorénavant à cette demande, devra être établie[2] une attestation permettant d'engager le maître d'ouvrage sur les mesures de gestion. A travers cette attestation, le maître d'ouvrage s'engage à mettre en place les recommandations du Plan de Gestion[3] vis-à-vis de la dépollution mais également les principes des éventuelles mesures constructives. Cependant, même s'il engage sa responsabilité, il n'a pas d'obligation de détailler les dispositions qu'il mettra en œuvre ni d'en contrôler leur efficacité.

Si l'avancement de la conception le permet, le bureau d'études SSP établissant cette attestation pour le compte du maître d'ouvrage pourrait vérifier cette conformité. Pour cela, l'attestation ne serait alors pas un simple engagement de la maîtrise d'ouvrage, mais une prestation nécessitant des échanges avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre afin de s'assurer que les préconisations tant au stade du chantier que lors de la réception sont bien appréhendées par le maître d'ouvrage. Dans tous les cas, il manque à l'heure actuelle le retour d'expérience sur l'application des attestations pour pouvoir apprécier son effet.

Enfin, la déclaration attestant l'achèvement et la conformité des travaux (DAACT) établie par le maître d'ouvrage est obligatoire et porte sur le respect des différentes règles (accessibilité, thermique, acoustique…). Dans la mesure où, à réception, l'efficacité des mesures constructives est dépendante non seulement des choix de conception mais également de la mise en œuvre, il paraîtrait pertinent par parallélisme qu'une attestation portant sur le respect des dispositions prises en lien avec l'état de pollution des terrains soit établie. Cette perspective permettrait de valider *in fine* la mise en œuvre et l'efficacité des mesures constructives et pourrait permettre de rendre obligatoires les mesures de vérifications nécessaires à réception (voire de contrôle à la réalisation), qui restent à définir.

2.3 Enjeux à considérer

Au-delà de la connaissance de l'efficacité théorique d'une technique pour réduire les impacts des pollutions résiduelles volatiles, de nombreux autres critères interviennent pour pouvoir appréhender son efficacité réelle et sa pérennité.

Il n'y a pas dans l'absolu une technique meilleure qu'une autre, c'est bien le poids donné aux différents enjeux ci-dessous dans un contexte spécifique (contexte constructif, d'exploitation, d'usage et d'état de pollution résiduelle du site) qui permet au maître d'ouvrage de les hiérarchiser. A partir de cette analyse, la complémentarité des trois principes d'action que sont la ventilation, l'étanchéification et le traitement du soubassement pourra être envisagée pour le projet donné.

Ces enjeux, établis en lien avec les retours d'expérience présentés dans l'Etat des Lieux, doivent non seulement être pris en compte au moment de la programmation et la conception mais également orienter la communication auprès du futur exploitant, des acquéreurs et usagers.

Le coût d'investissement est un critère parmi d'autres mais il ne doit pas être l'unique élément de choix. Il n'est pas structurant si les orientations et choix des dispositifs interviennent suffisamment tôt dans le processus d'aménagement mais peut devenir un critère déterminant si le sujet est traité quand l'économie de la construction est déjà établie. Ainsi, les études de pollutions adaptées doivent être envisagées avant la finalisation du programme. Les coûts de fonctionnement (entretien et maintenance) qu'il convient de considérer nécessitent d'interroger les futurs acquéreurs et exploitants pour s'assurer que cette charge est acceptable. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que la mise en place de mesures constructives de manière curative est sujette à des contraintes spécifiques qui justifient que la problématique soit considérée avec la plus grande attention et le plus en amont possible de tous projets.

---

[2] Sauf pour la réalisation d'aménagements de faible importance pour lesquels un permis de construire n'est pas nécessaire et remplacé par la déclaration préalable de travaux. Pour ces aménagements, l'attestation n'est pas demandée. Cette situation peut être problématique, car les nouveaux usages concernés peuvent être particulièrement sensibles (habitation, crèche) et les acteurs peu familiarisés avec le sujet. Les aménagements concernés sont, entre autres i) une nouvelle construction ou des travaux sur une construction existante de surface de plancher ou d'emprise au sol réduite ou ii) le changement de destination d'un local (par exemple transformation d'un local commercial en local d'habitation) sans modification des structures porteuses ou de la façade.

[3] Prestation encadrée par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017) et la norme de prestation de service NF X31-620, en cours de révision. Elle permet de définir les modes de gestion des pollutions présentes sur les sites dans le cadre de leur cessation d'activité, de leur cession ou de leur réaménagement.

	Ventilation des lieux de vie et sous-sols **	Etanchéité de l'interface sol/bâtiment	Vide sanitaire ventilé	Système de dépressurisation des sols (SDS)
Environnement, Santé et bien être				
• Efficacité théorique	Transferts : + ou – Concentration : oui	oui sur la convection , variable sur la diffusion		
• Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	oui	Non ***	Oui sur les équipements	Non ***
• Efficacité liée à des facteurs externes	Météo, entretien, usages	Intrados : Entretien, usages Extrados : non	Entretien & météo (Vent naturelle)	Entretien & météo (Vent naturelle)
• Robustesse (vieillissement)	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements
• Adaptabilité du dispositif	Double flux : partiel Autres : non	Non	oui	oui
• Servitudes sur les usages	importantes	Intrados : importantes Extrados : faibles	faibles	faibles
• Incidence sur le confort des usagers	A étudier	Non	Non	Non
• Contraintes d'entretien et maintenance	oui	Intrados : oui Extrados : non	oui	oui
• Consommations énergétiques	Oui à chiffrer	Non	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer
Economie				
• Besoin d'études de conception	oui			
• Besoin de contrôles en phase chantier	oui			
• Coût de mise en œuvre*	Variable (voir BRGM, 2014)			
• Coût de fonctionnement (entretien & maintenance)*	Charges usuelles	faible	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer
• Consommations énergétiques	Oui à chiffrer	Non	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer

* *Critères secondaires si la problématique est suffisamment anticipée*
** *Il ne s'agit pas d'une mesure constructive prise isolément. La ventilation est mentionnée car elle présente une incidence sur les transferts et les concentrations*
*** *Des DTU et/ou Avis techniques peuvent exister pour certains de ces systèmes pour la gestion des infiltrations d'eau (et non la gestion des remontées gazeuses)*

FIGURE 4 – ENJEUX A CONSIDERER LORS DE LA DEFINITION DE MESURES CONSTRUCTIVES

3. Outils de la programmation à l'exploitation

3.1 Fiches support

Permettant de se familiariser avec les mesures constructives, anticiper les enjeux associés et les points d'attention auxquels ils seront confrontés, des fiches ont été établies à destination des acteurs majeurs de la gestion du site, de la construction et de l'exploitation.

Ces fiches ont vocation à clarifier leurs rôles et responsabilités de la programmation à l'exploitation. Les éléments de compréhension et de communication apportés sont nécessaires compte tenu de la multidisciplinarité des acteurs intervenant sur le sujet des mesures constructives et ayant chacun un rôle majeur dans l'efficacité de la protection des usagers des bâtiments aux pollutions volatiles résiduelles dans les sols. En outre, ces fiches répondent au besoin de ne pas cloisonner les missions en identifiant les interactions nécessaires.

Par ailleurs, permettant de présenter les grands traits et enjeux associées aux mesures constructives, des fiches ont été établies pour chacune des familles de mesures constructives permettant d'en comprendre le principe, d'identifier les points clés intervenant dans l'efficacité de la technique et les recommandations qui peuvent être formulées.

Ont ainsi été établies des fiches *Acteurs* et des fiches *Enjeux techniques*. Les fiches *Acteurs* renvoient aux fiches *Enjeux techniques* et inversement, les fiches *Enjeux techniques* renvoient aux rôles des acteurs autant que nécessaire.

Leur contenu est décrit ci-après, les fiches sont accessibles soit directement pour les *fiches Acteurs* et les *fiches Enjeux techniques*, soit à travers le phasage des opérations de construction.

3.1.1 Fiches *Acteurs*

L'état des lieux a permis de préciser, de la programmation à l'exploitation, les acteurs concernés par l'enjeu de l'efficacité des mesures constructives. Il a été choisi de réaliser six fiches acteurs représentées en **FIGURE 5**. Leur structuration est présentée en **FIGURE 6**. Il est à mentionner que la formation de ces acteurs aux problématiques induites par la présence de sols pollués est vivement recommandée permettant pour eux de mieux appréhender les points d'attentions énoncés dans ces fiches.

FIGURE 5 – SIX FICHES *ACTEURS*

FIGURE 6 – STRUCTURATION DES FICHES ACTEURS

Certains acteurs de l'acte de construire n'ont pas fait l'objet de telles fiches, il demeure cependant important que ceux-ci soient associés autant que nécessaire. En particulier, sont à citer :

- **l'OPC** (Organisation et la Planification de Chantier). L'OPC est concerné vis-à-vis de la gestion des interventions des différents corps d'état sur le chantier. Vis-à-vis des mesures contructives, les points d'attention concernent les étapes et les interactions entre différents corps d'état pour que l'étanchéité soit assurée en tout point (en particulier au niveau des points singuliers liés aux passage de réseaux), la conduite des auto-contrôles et contrôles externes en cours de chantier (pour l'assurance de l'étanchéité ou le fonctionnement du Système de Dépressurisation des sols) et les vérifications à réception avant la livraison du bâtiment (période de temps à planifier sans intervention externe pour les vérifications de concentration et après réglages pour les vérifications de l'efficacité de la ventilation) ;
- **le contrôleur technique**. Les missions du contrôleur technique portent essentiellement sur l'application de la réglementation – faisant défaut pour la majorité des techniques déployées spécifiquement pour limiter l'intrusion de pollution volatiles depuis les sols -. Cependant, pour la ventilation et la mise en œuvre d'une étanchéité, le bureau de contrôle vérifie l'application des DTU et des prescriptions des ATEC et apporte ainsi une garantie de bonne mise en œuvre par les entreprises ;
- les **AMO pour l'application de démarches environnementales** (HQE, WELL, BREEAM, …). Ils sont pleinement concernés si l'enjeu de la qualité de l'air intérieur (QAI) ou plus largement de la santé des futurs occupants fait partie des cibles choisies. Il en est de même pour les certifications ou labels portant sur la phase d'exploitation des bâtiments. En l'absence d'AMO spécifique pour la gestion des pollutions volatiles provenant du sol, il pourra formuler des prescriptions et recommandations permettant d'en limiter les impacts. Enfin, il pourra intervenir dans l'adaptation des protocoles génériques de vérifications de la QAI et pourra préciser les éléments nécessitant la communication aux acteurs de l'exploitation (transmission des informations et des besoins) dans le carnet de vie du bâtiment et les manuels d'entretien et de maintenance ;
- les **notaires** qui ne sont pas concernés directement par l'acte de construire mais doivent s'assurer d'une part de la bonne transmission de l'information du vendeur à l'acquéreur et d'autre part de la bonne compréhension des conséquences pour le vendeur ;
- …

3.1.2 Fiches *Enjeux techniques*

Les 4 fiches *Enjeux techniques* établies pour chacune des familles de mesures constructives (**FIGURE 7**) permettent d'en comprendre le principe, d'identifier les points clés intervenant dans l'efficacité de la technique, leur complémentarité et les recommandations quant aux interactions entre les acteurs intervenant dans les choix, le dimensionnement, leur mise en œuvre, réception et exploitation.

La structuration des fiches *Enjeux techniques* est illustrée en **FIGURE 8**.

Les éléments présentés dans ces fiches n'ont pas vocation à traiter de l'ensemble des sujets inhérents à une technique mais plutôt de mettre en exergue ce qui a été identifié comme critique vis-à-vis de leur efficacité. Ainsi, après une courte description des techniques et de leurs variantes possibles, les points d'attentions majeurs sont formulés qu'ils soient techniques, qu'ils concernent la communication entre acteurs ou le besoin de missions spécifiques. Enfin, est présentée la chronologie de ce qu'il est nécessaire de mettre en oeuvre en programmation, en conception, lors des travaux, à réception et en exploitation.

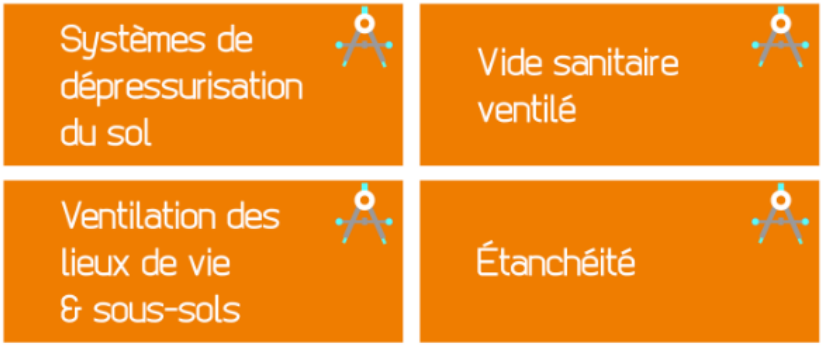


FIGURE 7 – QUATRE FICHES *ENJEUX TECHNIQUES*

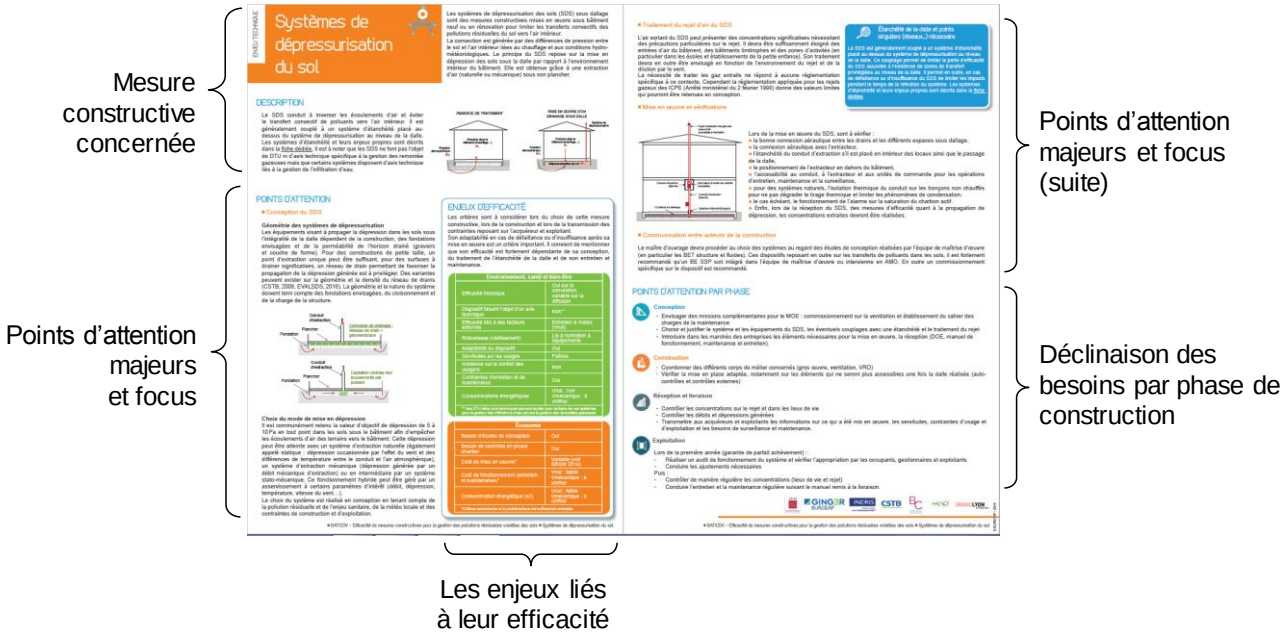


FIGURE 8 – STRUCTURATION DES FICHES *ENJEU TECHNIQUE*

Il est à mentionner que ces mesures constructives sont souvent complémentaires.

En particulier, le couplage d'un système d'étanchéité avec un vide sanitaire ventilé peut s'avérer nécessaire, et il est recommandé avec un système de dépressurisation des sols sous dalle (SDS). Concernant la ventilation des lieux de vie et des sous-sols, qui répond à des réglementations spécifiques, elle n'est généralement pas une mesure constructive prise sans autre type d'action. Cependant, dans les Plans de Gestion menés par le bureau d'études en sites et sols pollués, des hypothèses sont prises quant à cette ventilation pour apprécier l'acceptabilité ou non des risques sanitaires résiduels. Il apparait dès lors nécessaire d'en préciser les critères d'efficacité et les points d'attention dans l'acte de construire et l'exploitation. En outre, certains systèmes peuvent également permettre la réduction des transferts des pollutions du sol vers l'air intérieur par la surpression générée. Enfin, le retour d'expérience en France met en évidence des défaillances parfois majeures sur la ventilation déployée dans les bâtiments. Ainsi, il a paru pertinent de regrouper les points d'attention spécifiques à la ventilation des lieux de vie et sous-sol dans une fiche dédiée.

3.2 De la programmation à l'exploitation

3.2.1 Points d'attention par phase

De la programmation à l'exploitation, les points d'attention pour la gestion des impacts des pollutions volatiles du sol sont nécessairement distincts comme illustré en **FIGURE 9**.

Il a donc semblé important de ramener les enjeux, points d'attention et besoins d'interactions entre acteurs dans une frise temporelle intégrant la construction et non plus seulement la gestion des terrains. Ainsi, en lien avec les phases identifiées dans la loi MOP et les missions de la maîtrise d'œuvre, les schémas (**FIGURE 10** et **FIGURE 11** suivantes) permettent d'avoir une vision globale des enjeux et des points d'attention pour consolider le processus de construction et de livraison.

Sur ces schémas, le lecteur est renvoyé aux fiches *Acteurs* et *Enjeux techniques* qui sont directement accessibles en lien hypertexte.

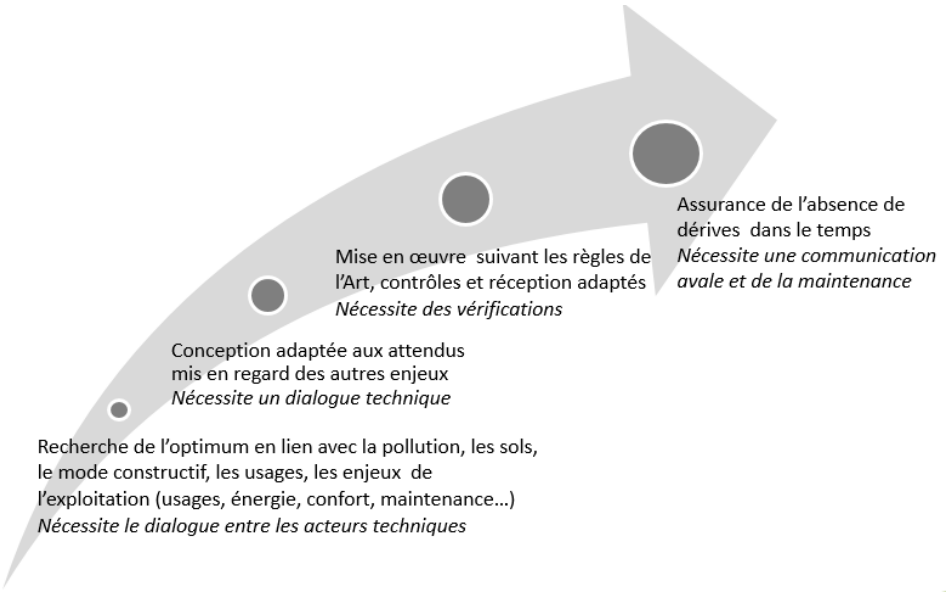


FIGURE 9 – EFFICACITE DES MESURES CONSTRUCTIVES – AXES D'AMELIORATION

Programmation

Gestion de la pollution

- Diagnostics de pollution**
- Plan de Gestion** portant sur la dépollution
  - Définition des travaux de dépollution et pollution résiduelle
  - Acceptabilité de la pollution résiduelle ou diffuse au regard des usages et identification du besoin de mesures constructives
  - Acceptabilité des usages : ambition du MOA et contraintes de programme et de conception
- Plan de Conception des Travaux (PCT)***
- Travaux de dépollution ***

Maître d'ouvrage de la construction | Collectivités & service de l'État | Bureaux d'études en SSP*

Etablissement du programme

- Intégration des contraintes identifiées à travers les diagnostics et le Plan de Gestion** et des éventuelles incertitudes à lever en conception
- Identification de l'ambition du MOA pour la gestion de cette problématique

Consultation ou concours de maîtrise d'œuvre

- Intégration du besoin de commissionnement sur la ventilation et plus spécifiquement sur les mesures constructives
- Intégration d'une compétence sites et sols pollués au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre ou dans le cas contraire contractualisation avec un AMO dédié

Maître d'ouvrage de la construction | Maître d'œuvre de la construction | Bureaux d'études en SSP*

** Bureau d'études SSP en tant que AMO ou au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre*
*** Connaissance de la pollution et de ses transferts (sol, eau, gaz du sol). Prestations de la norme NF X 31-620*
**** le PCT et les travaux de dépollution sont réalisés en programmation ou au stade de la conception en fonction de multiples contraintes (temporelles, foncières, économiques...)*

Conception

CONTENU DES PHASES	FICHES À CONSULTER
Esquisse — Première représentation du projet architectural et analyse de la faisabilité de l'opération. **Diagnostics complémentaires éventuels.**	Maître d'ouvrage de la construction; Maître d'œuvre de la construction; Bureaux d'études en SSP*; Acquéreurs, exploitants, usagers
APS — Avant projet sommaire. Phase d'ajustement du projet pour répondre aux attentes de la MOA et aux contraintes techniques et financières. **Plan de Gestion** SSP et présélection des mesures constructives.**	Systèmes de dépressurisation du sol; Vide sanitaire ventilé; Ventilation des lieux de vie & sous-sols; Étanchéité
APD — Avant projet définitif. Etude et finalisation des choix constructifs et techniques et de l'enveloppe financière. **Choix et études de conception des mesures constructives. Finalisation ou reprise Plan de Gestion SSP prenant en compte les éléments de conception détaillés.**	+ Collectivités & service de l'État; Ventilation des lieux de vie & sous-sols; Autres fiches enjeux techniques
PC — Rédaction de la Notice technique associée à la demande de PC en lien avec la gestion de la pollution résiduelle. Réalisation de l'attestation par un BE SSP (art. L556-1 et -2)	
PRO — Études de projet. Études précisant l'ensemble des éléments de la construction : structure, matériaux, équipements et réseaux et les conditions de mises en oeuvre. Elles établissent un coût prévisionnel des travaux et **estiment les coûts d'exploitation. Finalisation de la conception détaillée des mesures constructives et établissements des exigences à intégrer dans la consultation des entreprises.**	Maître d'ouvrage de la construction; Maître d'œuvre de la construction; Bureaux d'études en SSP*; Ventilation des lieux de vie & sous-sols; Autres fiches enjeux techniques
Passation des marchés de travaux	
DCE — Introduction des attendus (lots gros oeuvre, CVC, VRD…) dans la consultation des entreprises et la contractualisation. Sont concernés les attendus sur les produits et équipements, les études d'exécution, les contrôles en chantier et à réception.	+ Entreprises de la construction; Ventilation des lieux de vie & sous-sols; Autres fiches enjeux techniques

FIGURE 10 – PROGRAMMATION ET CONCEPTION : IDENTIFICATION DES ENJEUX

Construction

EXE Étude d'exécution

Établissement des plans d'exécution, spécifications à l'usage du chantier, et calendrier prévisionnel d'**exécution des travaux**.

VISA Lorsque les études d'exécution sont réalisées par les entreprises, le MOE s'assure de leur conformité et délivre son visa.

Mise en œuvre

Au-delà des **auto-contrôles** des entreprises, le MOE, le contrôleur technique ou un tiers procèdent aux **contrôles externes** nécessaires pour l'assurance de l'efficacité des éléments déployés.

- Maître d'œuvre de la construction
- Fiche technique
- Entreprises de la construction

Réception

Réalisation des mesures permettant de justifier l'efficacité des mesures constructives déployées : **réception des systèmes, équipements et des concentrations en polluants.**

AOR MOE : **assistance aux opérations de réception incluant le Procès-Verbal de réception** et constatation des éventuelles réserves dont celles nécessitant une réfection.

DOE Entreprises : réalisation du **dossier des ouvrages exécutés** qui rassemble tous les documents décrivant l'installation et permettant son fonctionnement (**manuel d'utilisation**) et sa maintenance (**manuel de maintenance**).

Livraison

Communication aux **acquéreurs et exploitant** des éléments de mémoire de la pollution résiduelle, des contraintes d'usage et des besoins d'entretien, maintenance et surveillance.
Communication (art. L. 556-1) **au préfet** de la pollution résiduelle (art. L.556-1) et finalisation du dossier de servitude éventuel.

- Maître d'ouvrage de la construction
- Acquéreurs, exploitants, usagers
- Collectivités & service de l'État
- Fiche technique

Exploitation

Première année d'exploitation

GPA **La garantie de parfait achèvement** (durée 1 an après réception) couvre tous les désordres (malfaçons et/ou défaut de conformité) qui ont donné lieu à des réserves à réception, ou révélés dans l'année avant la fin de la GPA.

Vérifications et ajustements

Avant la fin de la GPA, une campagne de vérification des concentrations et fonctionnement des systèmes et équipements est menée. Un échange est mené avec l'exploitant pour :

- vérifier leur bonne compréhension des attendus liés aux mesures constructives déployées,
- s'assurer qu'un marché d'entretien/ maintenance adapté est bien passé,
- procéder aux réglages éventuels.

- Maître d'œuvre de la construction
- Maître d'ouvrage de la construction
- Entreprises de la construction
- Acquéreurs, exploitants, usagers
- Fiche technique

Années suivantes

Garanties

Au-delà de la GPA, les garanties de bon fonctionnement et la garantie décennale peuvent intervenir.
Pour d'une part s'assurer de l'absence d'exposition des populations et d'autre part faire jouer les garanties, des vérifications périodiques de fonctionnement des systèmes, équipements et des concentrations en polluants dans l'air doivent être conduites.

- Maître d'ouvrage de la construction
- Acquéreurs, exploitants, usagers

Entretien maintenance et surveillance de la qualité de l'air intérieur

- Vérifications périodiques du bon fonctionnement des systèmes et équipements et nettoyage/ remplacement des composants (usagers, entreprises spécialisées)
- Vérifications périodiques des transferts et des concentrations dans les lieux de vie et rejets éventuels

- Acquéreurs, exploitants, usagers
- Fiche technique

FIGURE 11 – CONSTRUCTION ET EXPLOITATION : IDENTIFICATION DES ENJEUX

3.2.2 Recommandations générales pour toute construction

Sont présentées ci-dessous trois recommandations qui concernent l'ensemble des bâtiments construits sur des sites présentant des pollutions volatiles résiduelles ou diffuses. En effet, même lorsqu'une étude démontre la maîtrise, voire l'absence de risques théoriques, les incertitudes associées aux évaluations conduites et le vieillissement des structures, systèmes et équipements conduisent à recommander :

- Le traitement des singularités des dalles situées à l'interface entre le sol et l'air intérieur ou entre le vide sanitaire et l'air intérieur ;
- La conduite de vérifications à réception tant de la qualité de l'air intérieur (lieux de vie et zones de transfert) que du fonctionnement de la ventilation ;
- La conduite de la surveillance sur les concentrations et de la maintenance sur la ventilation afin de s'assurer de la pérennité des dispositifs mis en œuvre et de l'absence de dérive dans le temps.

3.2.2.1 Traitement des singularités

Quelles que soi(en)t la(es) mesure(s) constructive(s) retenue(s) par le maître d'ouvrage, la construction d'un bâtiment sur des terrains présentant des pollutions volatiles résiduelles dans le sol nécessite une attention spécifique sur le traitement du plancher bas. En effet, les singularités présentes sont des lieux de transfert des pollutions volatiles vers l'air intérieur. La difficulté réside dans le fait qu'il s'agit d'un point qui peut être perçu comme mineur par l'ensemble des acteurs tant dans la conception, la mise en œuvre que la réception. Pourtant, assurer l'étanchéité de ces singularités passe nécessairement par l'appréhension de l'enjeu par les acteurs de la construction et l'identification du besoin lors de la consultation des entreprises et lors des vérifications en cours de chantier.

Ainsi, pour toute construction sur des terrains présentant des pollutions volatiles résiduelles, dans la mesure du possible, il convient de limiter les singularités tels que les passages de réseaux, ou les vides créés par la rétractation des dalles. Dans les marchés et les vérifications en cours de chantier, il convient de mentionner :

- le traitement approprié avec des joints de dilatation adaptés au besoin d'étanchéité au niveau des jonctions entre dalles, entre dalle et mur ou fondation ;
- le traitement étanche de l'ensemble des passages de réseaux à travers la dalle (eau potable, électricité, gaz, eaux usées…), d'autant que ces réseaux créent également en amont dans le sol des voies de transfert privilégiés. Les réseaux d'évacuation d'eaux usées doivent également faire l'objet de traitement en cas de risque de détérioration de leur étanchéité dans le temps ;
- l'étanchéité des fourreaux de passage des réseaux.

En outre, sur ces sites, la mise en œuvre de systèmes de chauffage-climatisation spécifiques en connexion avec les sols (puits canadien, pompe à chaleur, géothermie) est à considérer avec précaution dans la mesure où, en cas de dégradation de leur étanchéité (fissuration ou zones de fragilité des bétons), ils pourraient constituer des vecteurs majeurs de transfert.

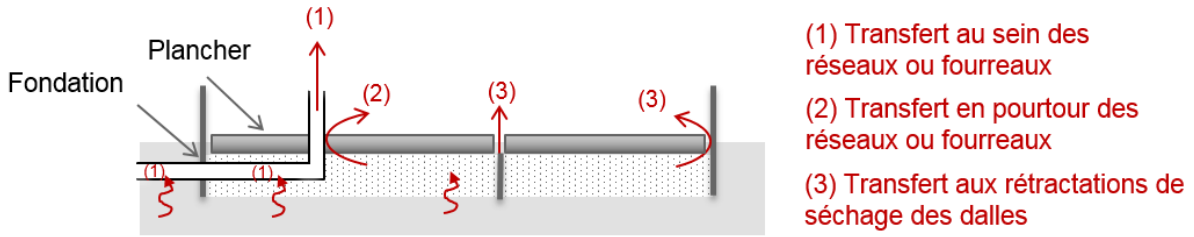


FIGURE 12 – SINGULARITES ET TRANSFERT DES POLLUANTS VOLATILS DEPUIS LES SOLS

3.2.2.2 Vérifications à réception (concentrations et ventilation)

Les bâtiments construits sur des terrains présentant des pollutions volatiles résiduelles ou diffuses devront faire l'objet de mesures de concentrations à réception. Ces mesures ne sont pas réglementées mais sont recommandées dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017) et répondent pour la réception et certains polluants à des avis du Haut Conseil de la Santé Publique [formaldéhyde (HCSP, 2009), benzène (HCSP, 2010), trichloroéthylène (HCSP, 2012)]. Elles sont en outre recommandées ou obligatoires dans les démarches environnementales comme LEED® et HQE® et peuvent être mises en œuvre pour les ERP ciblés par le décret n°2012-14 et ses arrêtés d'application (juin 2016) pour le formaldéhyde, le benzène et le tétrachloroéthylène en cas de proximité avec des pressings.

Il convient pour ces mesures de concentrations de privilégier les longues périodes de prélèvement[4] et de mesurer en parallèles les facteurs d'influence (hydrométéorologiques, chauffage et ventilation) pouvant modifier les transferts et les concentrations (Traverse et al. 2013, BRGM-INERIS, 2016, Traverse et al. 2017). Idéalement, si ces mesures sont réalisées en hiver, le chauffage devra avoir été mis en route, de même que la ventilation, quelle que soit la période de mesure. Si la réception est réalisée en dehors d'une période de chauffe, comme précisé au § 3.2.2.3, la conduite de mesure à cette saison durant la première année de vie sera requise pour la levée des réserves.

De plus, parce que l'interprétation des concentrations mesurées repose en partie sur l'efficacité de la ventilation installée, il est recommandé également de faire procéder aux vérifications de fonctionnement des systèmes de ventilation. La vérification des débits à réception n'est actuellement pas exigée par la réglementation mais fortement recommandée et imposée par certains labels ou certifications comme HQE et Effinergie. Des protocoles existent (Promovent, 2016 ; Diagvent, 2005) et sont à mettre en œuvre.

Enfin, lors de la réception du bâtiment, il est recommandé d'émettre des réserves sur les dispositifs installés pour protéger les futurs occupants dans la mesure où leur efficacité ne pourra être définitivement actée que durant des périodes de chauffage du bâtiment. En effet, en hiver les différences de température entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment conduisent à une augmentation des transferts de pollutions volatiles provenant du sol. Ce n'est que durant le premier hiver que la bonne mise en œuvre pourra être définitivement actée.

3.2.2.3 Surveillance, entretien et maintenance

Le bâtiment construit sur un terrain présentant des pollutions volatiles résiduelles sera utilisé pendant plusieurs décennies. Le vieillissement de la structure, des systèmes et équipements installés peut conduire à une dégradation de la qualité de l'air intérieur par l'augmentation des impacts de ces pollutions. Ainsi, pour les exploitants et propriétaires de ces bâtiments, il est recommandé de conduire les opérations permettant d'une part de faire perdurer l'efficacité des mesures constructives installées et d'autre part de vérifier régulièrement l'absence de dégradation de la qualité de l'air intérieur.

Les opérations d'entretien et maintenance dépendent des systèmes et équipements en présence, elles sont décrites dans les fiches *Enjeux Techniques*. Pour être conduites, il est important qu'elles soient mentionnées dans le cahier des charges et les marchés des entreprises de maintenance dès la première année de vie du bâtiment. A minima, la vérification de l'efficacité de la ventilation (lieu de vie, vide sanitaire, sous-sol) devra être conduite. Si cela est stipulé dans l'arrêté du 8 octobre 1987 portant sur les locaux de travail, et dans le décret n°2012-14 et ses arrêtés d'application (juin 2016) portant sur les Etablissements Recevant du Public, à l'heure actuelle, aucun texte réglementaire n'encadre ce besoin pour les logements.

Concernant la surveillance de la qualité de l'air intérieur, son dimensionnement est dépendant de la structure du bâtiment, des usages, du degré de pollution résiduelle dans les sols et du vieillissement possible des mesures constructives installées. La conduite de plusieurs campagnes de mesures en conditions contrastées (BRGM, INERIS, 2016) est nécessaire.

Tout comme les mesures de concentrations à réception, sont recommandées des mesures sur de longues périodes[4] et la mesure en parallèle des facteurs d'influence (hydrométéorologiques, chauffage et ventilation). Par ailleurs, durant la première année de vie du bâtiment, la conduite de mesures en période de chauffage (période où les transferts peuvent être plus importants) permettra de statuer sur

[4] Actuellement pour les composés organiques volatils, les dispositifs de prélèvement ne permettent pas d'intégrer au-delà de 1 à 2 semaines. Ainsi, ces durées sont celles à mettre en œuvre.

l'efficacité des dispositifs installés pour réduire les impacts des pollutions et de procéder à la levée des réserves formulées à la réception. Ce premier hiver devra se situer durant la période de Garantie de Parfait Achèvement (GPA) permettant au maître d'ouvrage de rechercher les reponsabilités des parties en cas de défaillance.

Enfin, pour les propriétaires du bien construit, il est recommandé durant la période de Garantie Décennale de faire conduire les vérifications sus-mentionnées sur les concentrations en polluants dans l'air intérieur, permettant d'une part de s'assurer de l'absence de dérives et d'autre part de rechercher les responsabilité du maître d'ouvrage de la construction en cas de défaillance.

4. Conclusion et perspectives

La qualité de l'air intérieur (QAI) est reconnue aujourd'hui comme un enjeu mondial de santé publique. Nous respirons en permanence et, pendant 90 % du temps, dans des espaces bâtis. Parmi les différentes sources de dégradation de la qualité de l'air intérieur, la pollution volatile présente dans les terrains du fait d'un passif environnemental peut être une des sources potentielles de dégradation à considérer. Sur de tels sites, après d'éventuelles opérations de dépollution, en présence de pollutions volatiles résiduelles, il est fortement recommandé que les bâtiments soient conçus et construits avec des mesures constructives permettant de limiter les impacts des pollutions sur la qualité de l'air intérieur.

Conformément à la démarche de gestion des sites et sols pollués mise en place par les pouvoirs publics (MTES, 2017), la priorité consiste d'abord à traiter les sources de pollution et les pollutions concentrées. Les mesures constructives ont vocation a être déployées lorsque les niveaux de pollution correspondent aux limites de faisabilité technico-économiques des solutions de traitement[5].

L'efficacité des mesures constructives mises en œuvre dans les bâtiments se réfère à l'atteinte de l'objectif de réduction des concentrations dans l'air intérieur de telle manière qu'elles soient acceptables du point de vue de la santé des occupants. Il apparait ainsi que cette efficacité nécessite d'interroger l'ensemble des phases de la construction et de l'exploitation afin de garantir, au-delà de la performance intrinsèque de la technique, que sa mise en œuvre et l'usage du bâtiment n'en altèrent pas l'efficacité. Cette efficacité, au-delà de la livraison du bâtiment constitue le fil conducteur des outils développés dans BATICOV. Le projet BATICOV avait deux objectifs : le premier a consisté à dresser un état des lieux des dispositifs déployés pour apporter un éclairage sur les freins et leviers associés à l'efficacité de ces mesures (Traverse et al. 2017). Sur cette base, le second objectif a consisté à développer des outils permettant d'améliorer les pratiques pour l'ensemble des acteurs intervenant de la programmation à l'exploitation d'un bâtiment.

Ces outils font l'objet du présent document. Les fiches *Acteurs*, les fiches *Enjeux techniques* et les schémas des *points d'attention par phase* visent à améliorer les pratiques. L'accent est mis dans ces outils sur l'anticipation des enjeux, des coûts, etc. car leur mise en place de manière curative pour bloquer un transfert a posteriori est nettement plus complexe.

Les perspectives majeures qui ressortent des difficultés identifiées dans l'état des lieux sont de plusieurs ordres.

D'une part, il ressort le besoin de décloisonnement entre les actions visant à gérer la pollution, les actions touchant la construction et celles touchant son exploitation. Dans ce cadre, le développement de la sensibilisation et de la formation de l'ensemble des acteurs demeure un champ d'action majeur. Il devrait intégrer la définition du besoin de mesures constructives, leur mise en œuvre adaptée et l'entretien et la maintenance du bâtiment.

D'autre part, il convient de faire évoluer la connaissance sur l'efficacité des techniques déployées au-delà de la réception. Si des travaux ont été conduits pour apprécier cette efficacité pour des opérations de réhabilitation, pour les nouvelles constructions, de tels retours d'expérience permettraient de faire évoluer les pratiques. Cette efficacité peut également être interrogée pour les matériaux déployés (par

[5] . à noter que dans le cadre de la réhabilitation des bâtiments, compte tenu des contraintes temporelles, elles peuvent aussi être mises en place en solution transitoire en amont d'une action sur les sources.

exemple les caractéristiques des matériaux dits étanches ne sont que peu connues vis-à-vis des gaz et des pollutions volatiles pouvant être rencontrées sur les friches).

Enfin, au-delà de la loi ALUR qui devrait permettre d'améliorer la responsabilisation de l'ensemble des acteurs et en particulier des maîtres d'ouvrage, des évolutions complémentaires en particulier en lien avec la réception des bâtiments pourraient être bénéfiques. Le développement de schémas assurantiels mettant en exergue les responsabilités des acteurs permettrait en outre une meilleure compréhension des implications des parties.

5. Les Fiches acteurs

FICHE ACTEUR

Maître d'ouvrage de la construction

Le maître d'ouvrage (MOA) de la construction est le garant de la qualité du bâtiment, il missionne l'ensemble des acteurs de la construction et procède à la gouvernance de leurs travaux. En présence de pollutions résiduelles, il intervient avec l'appui technique de la maîtrise d'œuvre (MOE) dans le choix des mesures constructives. Il demeure cependant le décisionnaire et le responsable du respect de la réglementation à l'égard des tiers. En outre, lors de la livraison du bâtiment, il procède à la communication du dossier contenant la mémoire de la pollution, des contraintes et attendus pour le futur acquéreur, l'exploitant et les futurs usagers.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur BET SSP Administrations	Aménageur ■ **MOA** ■ AMO (SSP - HQE - QAI) BET SSP Administrations Futurs exploitants & usagers	■ **MOA** ■ MOE BET & AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Futurs exploitants & usagers Entreprises	■ **MOA** ■ MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI)	■ **MOA** ■ MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Acquéreurs Futurs exploitants & usagers	Propriétaire Exploitants & usagers Entreprises d'entretien & maintenance Administrations BET & AMO (SSP - HQE - QAI) & garanties (■ **MOA** ■, MOE, entreprises)

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

■ Anticiper

L'anticipation de la problématique de la pollution est essentielle au bon déroulement d'un projet. En effet, en présence d'une pollution résiduelle, des mesures constructives pourront s'avérer nécessaires et leurs coûts doivent être intégrés suffisamment tôt dans l'économie du projet. En outre, l'acceptabilité des mesures de gestion de la pollution (et plus particulièrement des mesures constructives) par les futurs exploitants et acquéreurs et par l'administration pour les établissements recevant du public doit être interrogée suffisamment tôt afin de ne pas mettre en péril le projet.

■ Besoin d'une gouvernance accrue

Les mesures constructives tant sur leur pertinence que sur leur dimensionnement sont certes liées à la pollution du sol mais également aux spécificités de la construction, de la ventilation, des usages... Le choix, le déploiement et la vie des mesures constructives nécessitent donc une communication interdisciplinaire entre les différents acteurs, afin que l'évaluation des impacts des pollutions résiduelles prenne en compte les spécificités de la construction et que la construction intègre les mesures constructives de manière adaptée.

■ Préciser la mission des acteurs

Dans les situations nécessitant la mise en œuvre de mesures constructives, il est nécessaire de faire travailler de concert le BE SSP et l'équipe de maîtrise d'œuvre.
Lorsque la problématique de pollution de sol est anticipée avant consultation de la maîtrise d'œuvre, il est recommandé de prévoir une mission complémentaire au sens de la loi MOP avec intégration dans l'équipe de la MOE d'un BE SSP. En l'absence de telles compétences au sein de la MOE, une assistance à maîtrise d'ouvrage spécifique est recommandée. En outre dans le marché de maîtrise d'œuvre, il peut être intégré d'éventuelles études nécessaires pour garantir l'efficacité de la mesure constructive (ventilation, dépressurisation des sols…).

■ Garanties et communication aux exploitants

Dans le cadre de la demande du permis de construire le MOA s'engage à prendre les dispositions nécessaires à la gestion des impacts des pollutions résiduelles.
A la réception du bâtiment, afin de garantir que le bien livré est compatible avec les usages, il conviendra de procéder à des mesures de concentrations dans les lieux de vie (MTES, 2017) et dans les zones de transfert éventuelles. Cette prescription répond en outre à la réglementation pour les E.R.P. (benzène et formaldéhyde, voire tétrachloroéthylène) et à des avis du Haut Conseil de la Santé Publique pour certains polluants.
En outre, à réception, des mesures de concentration couplées aux vérifications du bon fonctionnement de la ventilation et des éventuels systèmes d'extraction sont recommandées.
Enfin, la communication aux acquéreurs, locataires à l'exploitant et aux entreprises de maintenance des spécificités sur les dispositifs déployés mis en place et les contraintes d'usage, d'entretien et de maintenance reposant sur chacun d'eux est nécessaire afin que l'efficacité perdure.

Communication entre acteurs

Il a pu être rencontré des Plans de Gestion où les recommandations sur la ventilation ou l'outil de modélisation des transferts étaient inadaptés à la construction. Ce retour d'expérience illustre le besoin d'échanges entre les équipes de conception et le BE SSP pour concevoir de concert les mesures constructives nécessaires.

Méconnaissance des impacts des pollutions

Sur une parcelle devant être construite avec un niveau de sous-sol partiel, le maître d'ouvrage a choisi pour économiser financièrement la gestion de la pollution de déplacer le sous-sol en dehors de l'emprise d'une pollution. Le bureau d'étude SSP n'a pas été sollicité et les impacts de la pollution sur la qualité de l'air intérieur de la zone construite sans sous-sol n'ont pas été anticipés conduisant à des difficultés financières et techniques aux stades avancés de la conception.

Notice technique lors du dépôt du PC

Sur un SIS* ou sur les terrains ayant accueilli une ancienne installation classée régulièrement réhabilitée, dans le cadre d'un changement d'usage, le maître d'ouvrage doit fournir une notice technique décrivant les dispositions prises pour la gestion des impacts des pollutions résiduelles. Celle-ci permettra l'obtention de l'attestation** qui sera jointe à la demande de permis de construire (loi ALUR). Le maître d'œuvre devra établir cette notice technique pour le MOA.

*Secteur d'Information sur les Sols
** Établie par un bureau d'études certifié en sites et sols pollués

■ Choisir la(les) mesure(s) constructive(s)

A travers les études menées par le BE SSP (MTES, 2017), les orientations vis-à-vis des mesures constructives sont données. En particulier, dans le BCA (Bilan Coût-Avantage, voir ADEME-UPDS, 2017), les grandes lignes des avantages, inconvénients et coûts des différentes techniques pouvant être déployées au regard de la pollution et du projet sont présentées. Cependant c'est le maître d'ouvrage qui définit le niveau d'exigence pour ces différents critères (figurant ci-dessous) et décidera sur la base des recommandations du MOE et BE SSP des mesures constructives à déployer.

Environnement

- Servitudes sur les usages
- Dispositif faisant l'objet d'un avis technique
- Consommations énergétiques

Économie

- Besoin de dimensionnement
- Besoin de contrôle en phase chantier
- Besoin d'ajustement à la mise en service
- Coût de mise en œuvre
- Coût de fonctionnement (maintenance)
- Consommation énergétique

Santé et bien-être

- Efficacité théorique
- Efficactité liée à des facteurs externes
- Robustesse (vieillissement)
- Adaptibilité du dispositif
- Confort pour les usagers
- Contraintes d'exploitation / d'usage
- Contraintes d'entretien et de maintenance

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Programmation

- Faire réaliser les diagnostics adaptés et le plan de gestion permettant de définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement et les grandes lignes techniques et financières des éventuelles dispositions constructives.
- Identifier les interactions entre les dispositions constructives et les enjeux et contraintes de la construction et de son exploitation.
- Envisager une mission d'accompagnement spécifique (AMO) ou une mission optionnelle de la maîtrise d'œuvre.

Conception

- Faire mettre à jour les diagnostics et le plan de gestion intégrant les éléments de conception.
- Faire dialoguer le MOE avec le BE SSP pour concevoir la(es) mesure(s) constructive(s).
- Échanger avec les futurs acquéreurs et usagers pour intégrer au choix des dispositions constructives leur acceptabilité et leurs attentes.
- Faire rédiger l'attestation ATTES lors du dépôt du PC et veiller à inscrire dans la notice technique la description des mesures constructives.
- Communiquer aux administrations concernées les informations pour la conservation de la mémoire sur la pollution résiduelle, les mesures constructives, les contraintes liées aux changements d'usage ou de destination (voir fiche enjeux techniques) et leur soumettre, le cas échéant, les éléments à intégrer au dossier de servitude.
- Veiller à ce que les éléments nécessaires à la garantie d'efficacité des dispositions constructives choisies soient bien présentes dans les consultations et marchés des entreprises et dans les différents supports contractuels du projet (actes de vente, baux, règlement intérieur, chartes etc.).

Construction

- S'assurer du bon déroulement des missions de chacun et de l'interaction entre les missions.
- Assurer les arbitrages éventuels en cas de découverte de pollution n'ayant pas fait l'objet d'une gestion spécifique aux stades antérieurs.

Réception, livraison, conformité et exploitation

- Encadrer la mise en service et les réglages via les entreprises de maintenance spécialisées.
- Faire vérifier les concentrations et le fonctionnement des systèmes (réception et durant la GPA).
- Transmettre les informations aux acquéreurs et occupants.

ENJEUX JURIDIQUES

■ Obligations d'action

En tant que donneur d'ordre dans le cadre d'un projet de construction, et en dehors d'une étude réalisée dans le cadre du droit des ICPE, le principe de la liberté contractuelle s'applique. Il est évident que dès lors qu'un projet sera situé dans un SIS ou plus généralement sur un site où la MOA a été informée d'une pollution ou d'une pollution résiduelle il a l'obligation i) de prendre toutes les mesures nécessaires pour s'assurer de sa prise en compte dans le dispositif constructif (permis de construire, maintenance exploitation etc.) et ii) d'en répercuter les informations aux différents locateurs d'ouvrage concernés par le projet.

■ Obligations d'information

Un des principaux enjeux juridiques qui concerne le propriétaire du terrain réside dans l'obligation d'information qui pèse sur lui en vertu de la théorie des vices cachés, mais également au titre de l'art. L. 125-7 c. env. En effet, selon ces dispositions, lorsqu'un terrain sera situé dans le périmètre d'un secteur d'information sur les sols (SIS), le vendeur ou le bailleur du terrain sera tenu d'en informer par écrit l'acquéreur ou le locataire. La loi précise qu'à défaut, et si une pollution constatée rend le terrain impropre à la destination précisée dans le contrat, dans un délai de deux ans à compter de la découverte de la pollution, l'acquéreur ou le locataire a le choix de demander la résolution du contrat ou, selon le cas, de se faire restituer une partie du prix de vente ou d'obtenir une réduction du loyer. L'acquéreur peut aussi demander la réhabilitation du terrain aux frais du vendeur lorsque le coût de cette réhabilitation ne paraît pas disproportionné par rapport au prix de vente. Une possibilité d'exonération de la responsabilité du maître d'ouvrage réside dans la défaillance du notaire. Il est en effet admis par la jurisprudence que la responsabilité du notaire pouvait être engagée dans les circonstances où ce dernier avait omis de conseiller à un client des recherches sur la pollution du sol, même si une telle recherche était non obligatoire (CA Douai 21 mars 2005 Jurisdata n°2005-275529). Cette situation a conduit la pratique à renforcer les clauses d'informations relatives à la pollution dans les actes d'acquisition.

© BURGEAP - 2017

FICHE ACTEUR

Maître d'œuvre de la construction

La maîtrise d'œuvre est composée d'une équipe regroupant l'ensemble des compétences nécessaires à la construction (architecte et bureaux d'études techniques). Elle est missionnée par le maître d'ouvrage et est pleinement impliquée dans la conception, la mise en œuvre et la réception des dispositifs permettant de limiter les impacts des pollutions résiduelles des sols sur la qualité de l'air intérieur. Ses missions sont encadrées pour les marchés publics par la loi MOP, les marchés privés suivant généralement ce cadre.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur BET SSP Administrations	Aménageur MOA AMO (SSP - HQE - QAI) BET SSP Administrations Futurs exploitants & usagers	MOA ▪ **MOE** ▪ BET & AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Futurs exploitants & usagers Entreprises	MOA ▪ **MOE** ▪ Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI)	MOA ▪ **MOE** ▪ Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Acquéreurs Futurs exploitants & usagers	Propriétaire Exploitants & usagers Entreprises d'entretien & maintenance Administrations BET & AMO (SSP - HQE - QAI) & garanties (MOA, ▪ **MOE** ▪, entreprises)

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

▪ Rôles clés des acteurs de la maîtrise d'œuvre

Les mesures constructives pour la protection du bâtiment vis-à-vis de la pollution volatile du sol peuvent toucher le traitement du soubassement (étanchéité, vide sanitaire ou vide technique ventilé, système de dépressurisation du sol) ou l'adaptation de la ventilation des sous-sols voire des lieux de vie. Ainsi, au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre, trois acteurs sont majeurs dans les études de conception : le coordinateur de la maîtrise d'œuvre et concepteur (architecte), le BET fluides (pour la ventilation), le BET structure (pour le choix des bétons, les étanchéités, le type de soubassement et les cloisonnements du vide sanitaire ou technique).

Ces acteurs contribueront au choix des mesures constructives (les critères de choix sont décrits dans la fiche MOA) et à sa conception. Ils concevront le bâtiment en limitant les singularités au niveau de l'interface avec le sol et pourront être amenés à conduire des études spécifiques comme par exemple les débits minimums de ventilation du vide sanitaire ou des parkings. En outre, lors de la direction de l'exécution des travaux (DET), de l'assistance aux opérations de réception (AOR) et de l'accompagnement pendant la période de garantie de parfait achèvement (GPA), la maîtrise d'œuvre devra s'assurer de la bonne installation des mesures constructives, de leur fonctionnement adapté et de la transmission des attendus aux futurs acquéreurs, exploitants et usagers.

Notice technique lors du dépôt du PC

Sur un SIS* ou sur les terrains ayant accueilli une ancienne installation classée régulièrement réhabilitée, dans le cadre d'un changement d'usage, le maître d'ouvrage doit fournir une notice technique décrivant les dispositions prises pour la gestion des impacts des pollutions résiduelles. Celle-ci permettra l'obtention de l'attestation** qui sera jointe à la demande de permis de construire (loi ALUR). Le maître d'œuvre devra établir cette notice technique pour le MOA.

*Secteur d'Information sur les Sols
** Établie par un bureau d'études certifié en sites et sols pollués

▪ Intégrer dans la conception le bureau d'études ou AMO sites et sols pollués

Dès le stade Esquisse de la conception, les optimisations permettant à la fois de maîtriser l'enjeu sanitaire lié à la pollution résiduelle des sols et les enjeux du programme doivent être envisagées de concert avec le bureau d'études en sites et sols pollués (voir fiche BE SSP) désigné par la maîtrise d'ouvrage. Lors des stades ultérieurs de la conception de l'ouvrage et de ses systèmes, il est nécessaire de dépasser les principes pour intégrer les éventuels besoins de conception spécifiques de ces mesures constructives (voir fiches enjeux techniques).

Parallèlement, afin de conduire le plan de gestion (mission spécifique encadrée par la norme NF X 31-620) le BE SSP doit disposer de certains éléments de conception (mode de construction, traitement éventuel des remontées de nappe, systèmes de ventilation et débits). Ces éléments sont également nécessaires à la réalisation de l'attestation à joindre à la demande de permis de construire. En présence de pollutions volatiles dans les sols, la maîtrise d'œuvre pourra pertinemment intégrer dans son équipe un BE SSP.

▪ Préciser les marchés des entreprises

Dans la réalisation des dossiers de consultation des entreprises (DCE), les demandes spécifiques concernant les matériaux, systèmes, vérifications en chantier et les mesures ou essais à réception doivent être mentionnés. Les fiches enjeux techniques encadrent ce besoin. Soit l'équipe de maîtrise d'œuvre dispose des compétences en propre, soit il sera nécessaire d'adjoindre des compétences spécifiques.
Cette phase de consultation et de contractualisation avec les entreprises est primordiale car elle permet de s'assurer (outre les éventuelles dérives en chantier et défauts d'exploitation) de l'efficacité de ce qui sera mis en œuvre.

Réception des équipements

Pour la ventilation, la vérification des débits à réception n'est actuellement pas exigée par la réglementation mais fortement recommandée et imposée par certains labels comme HQE et Effinergie, des protocoles existent (Promovent, Diagvent) et sont à mettre en œuvre.
S'assurer de l'efficacité des dispositifs d'étanchéité nécessite, en particulier pour les gaz, des tests spécifiques. Les défaillances peuvent en effet être induites par des défauts non visibles. Si ces tests sont à conduire par les entreprises (à intégrer dans les marchés), un contrôle externe est recommandé.

Anticiper l'exploitation

L'efficacité des mesures constructives est, pour certaines d'entre elles, liée en partie à l'usage et à l'entretien du bâtiment. Ainsi, le maître d'œuvre devra d'une part anticiper ces contraintes dans les critères de choix des mesures constructives (voir fiche MOA) et sa conception. Il devra d'autre part s'assurer que les éléments clés de l'entretien (pour les étanchéités et les dispositifs de ventilation ou dépressurisation) ainsi que les contraintes de modification des usages et des espaces soient bien inscrits dans les documents associés à la livraison du bâtiment (voir fiches enjeux techniques).
En outre, tant pour les dispositifs de ventilation que de dépressurisation des gaz sous bâtiment, il est nécessaire de prévoir sur la construction des points de contrôle qui seront utilisés d'une part pour les vérifications à réception et les éventuels réglages et d'autre part pour les vérifications périodiques dans le cadre de la surveillance. Ceux-ci devront être mis en œuvre de manière à être accessibles par les exploitants. Ce critère d'accessibilité est également à mentionner pour tout élément du dispositif qui nécessitera un entretien et une maintenance lors de l'exploitation du bâtiment.

Réception des bâtiments

Les bâtiments construits sur des sols présentant des pollutions résiduelles devront faire l'objet de mesures de concentrations à réception et d'une surveillance en exploitation de la qualité de l'air intérieur.
Ces spécificités ne sont pas codifiées mais sont spécifiés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (MTES, 2017) et répondent, pour la réception et certains polluants, à des avis du Haut Conseil de la Santé Publique (benzène, trichloroéthylène, naphtalène). Elles sont en outre recommandées ou obligatoires dans les démarches environnementales comme LEED® et HQE®.

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Programmation

Dans la réponse à la consultation ou concours de la maîtrise d'ouvrage, une mission complémentaire au sens de la loi MOP avec intégration dans l'équipe de la MOE d'un BE SSP est recommandée. En l'absence de telles compétences au sein de la MOE, une assistance à maîtrise d'ouvrage par BE SSP est recommandée.

Conception

- Faire dialoguer les membres de la MOE (Architecte, BET fluides, structure…) et le BE SSP.
- Identifier les incidences des mesures constructives envisagées sur le bâtiment, ses systèmes et son exploitation (voir fiches enjeux techniques).
- Inscrire les éléments décrivant les mesures constructives dans la notice technique de la demande de PC et dans l'attestation.
- Inscrire les éléments nécessaires à la garantie d'efficacité des mesures constructives choisies dans les consultations et marché des entreprises et identifier les interfaces entre les différents lots (lot ventilation, lot gros œuvre, lot VRD…).
- Prévoir si nécessaire une mission spécifique de contrôle externe.
- Anticiper la réception (intégrer dans le planning et les marchés les contrôles et les éventuels réglages nécessaires).

Construction

- S'assurer de la bonne mise en œuvre et de la conduite des vérifications (autocontrôles et contrôles externes).
- S'assurer de la rédaction des éléments spécifiques aux mesures constructives dans le DOE, dans le livret d'entretien-maintenance et dans le carnet de vie (à destination des usagers).

Réception, livraison, conformité et exploitation

- S'assurer de la conduite des vérifications des concentrations dans l'air et vérifier le fonctionnement des systèmes dont les réglages lors de la mise en service.
- S'assurer que les éléments nécessaires à la transmission des informations sont présents dans les pièces fournies au maître d'ouvrage (DOE, livret d'entretien - maintenance, carnet de vie).
- Accompagnement du MOA pendant la période de garantie de parfait achèvement.

ENJEUX JURIDIQUES

Le principal enjeu juridique pour le MOE dans ce contexte, réside dans la bonne définition du périmètre contractuel de la mission qui lui incombe. Les juridictions peuvent, en cas de différend avec le maître d'ouvrage ou avec tout autre intervenant, statuer sur les éventuels manquements d'un tel MOE en fonction des missions qui lui sont confiées, mais encore en tenant compte du contexte du projet et du niveau d'information mis à sa disposition.
Tel serait le cas en cas d'oubli ou d'erreur dans la prise en compte des conclusions et recommandations du bureau d'études en sites et sols pollués dans les pièces du marché et/ou des pièces d'exécution du marché (notamment en phase synthèse).
A titre d'illustration, la responsabilité d'un architecte ne doit pas pouvoir être engagée en cas de découverte d'une pollution du sol, dans la mesure où il ne lui appartient pas de réaliser des travaux de reconnaissance des sols pour effectuer un diagnostic de la pollution éventuelle ni d'attirer l'attention de l'acquéreur sur le risque d'acquérir le bien sans procéder à de telles investigations (C. Cass. 30 janvier 2013).
Il n'en demeure pas moins que le MOE est encore redevable d'une obligation générale de conseil en tant que sachant à l'égard de son client qui sera d'autant plus étendue qu'il pourrait être démontré que les informations portées à sa connaissance révèleraient qu'une problématique liée au sol était prévisible si ce n'est à tout le moins identifiable.

© BURGEAP - 2017

FICHE ACTEUR

Entreprises de la construction

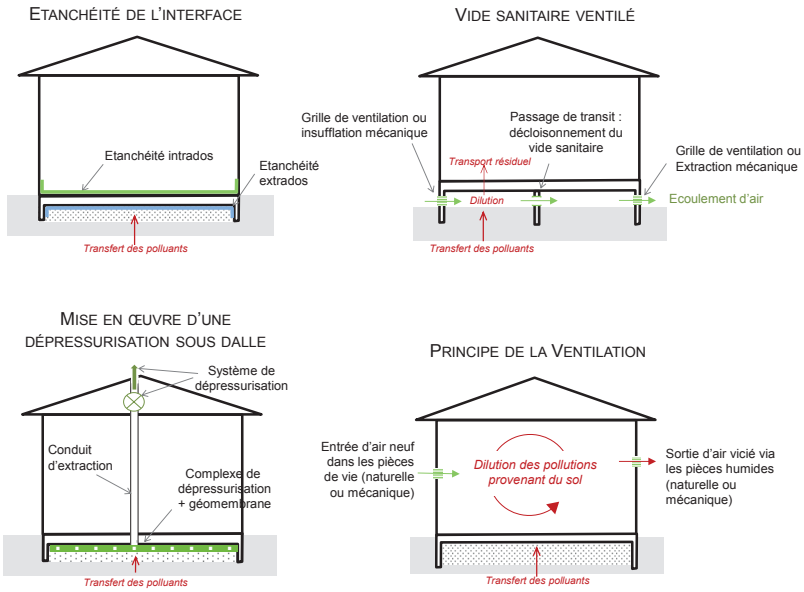
Les mesures constructives pour la protection du bâtiment vis-à-vis de la pollution volatile du sol sont multiples et comparables à celles déployées pour la gestion du risque radon.
Les entreprises de la construction concernées par les mesures constructives sont en général celles répondant aux lots ventilation et gros œuvre. Leurs missions peuvent concerner des études de dimensionnement spécifiques, la mise en œuvre incluant les auto-contrôles voire les calibrations et contrôles nécessaires. Durant la première année d'exploitation, elles sont concernées par les différentes garanties post livraison.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur BET SSP Administrations	Aménageur MOA AMO (SSP - HQE - QAI) BET SSP Administrations Futurs exploitants & usagers	MOA MOE BET & AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Futurs exploitants & usagers ▪ **Entreprises** ▪	MOA MOE ▪ **Entreprises** ▪ BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI)	MOA MOE ▪ **Entreprises** ▪ BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations Acquéreurs Futurs exploitants & usagers	Propriétaire Exploitants & usagers Entreprises d'entretien & maintenance Administrations BET & AMO (SSP - HQE - QAI) & garanties (MOA, MOE, ▪ entreprises ▪)

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

▪ Typologies de mesures constructives

Pour la protection des usagers du bâtiment aux pollutions volatiles provenant des sols, les mesures constructives pouvant être déployées sont illustrées ci-contre (ou ci-dessous). Elles reposent sur le traitement du soubassement (étanchéité, vide sanitaire / vide technique ventilé, la dépressurisation des sols sous plancher) ou l'adaptation de la ventilation des sous-sols voire des lieux de vie.
Les fiches enjeux techniques présentent les points d'attention pour ces dispositifs.



▪ Règles techniques

La construction d'un bâtiment se fonde sur le respect des règles de l'art précisées dans les normes que sont les Eurocodes ou les DTU (Document Technique Unifié). Un DTU est un document de référence sur lequel les professionnels du bâtiment s'appuient pour œuvrer en l'absence duquel les ATec (Avis Technique) et ATEx (Appréciation Technique Expérimental) sont généralement nécessaires.
Pour les systèmes et matériaux à déployer pour la gestion des transferts de polluants gazeux du sol vers l'air intérieur, ces documents de référence sont inexistants ou lacunaires. Pour les étanchéités, il est nécessaire d'avoir conscience des limites du DTU 14.1 (mai 2000) dont les éléments sont rédigés en lien avec la gestion des problématiques d'eau. En particulier, certains systèmes ne sont pas adaptés à la gestion des remontées de pollution gazeuse. Pour les vides sanitaires, le DTU 61.1 (juin 2010) ne fournit pas de prescription pour sa ventilation si ce n'est en présence de canalisations de gaz. Enfin, les systèmes de drainage ou dépressurisation des sols ne disposent pas de DTU, pour la gestion des pollutions gazeuses ou radiologiques (radon).
Ainsi, l'entrepreneur devra se référer aux bonnes pratiques et en cas de demande du contrôleur technique ou de l'assurance faire une demande d'ATec ou d'ATEx.

▪ Auto-contrôles de mise en œuvre et de réception

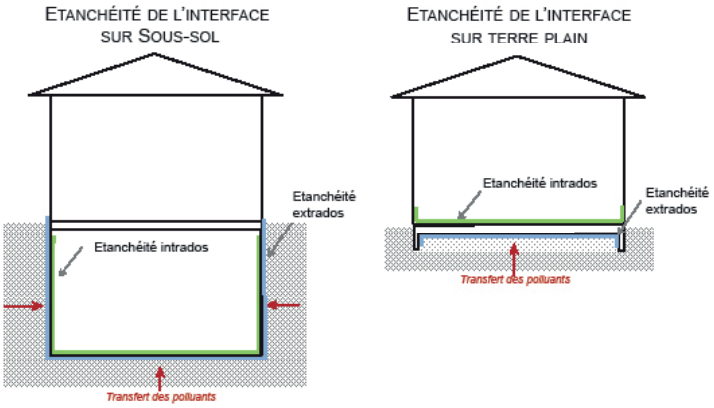
L'efficacité des mesures constructives dépend de leur bonne mise en œuvre, jusque dans le détail. Ainsi, au delà des qualifications et certifications des entreprises, des contrôles sur le chantier doivent permettre de s'en assurer. Pour s'assurer de leur déploiement, ces auto-contrôles doivent être prévus dans les marchés.
En sus des équipements de ventilations, les vérifications plus spécifiques liées à la mise en œuvre d'une étanchéité ou d'un système de drainage des gaz sous bâtiment doivent ainsi être réalisées. Les fiches enjeux techniques apportent des éléments non exhaustifs sur ces vérifications (voir fiches enjeux techniques).

•VRD

L'ensemble des traversées de dalle constituent des zones privilégiées de transferts des pollutions volatiles. Ainsi un traitement spécifique d'étanchéité autour et dans le fourreau doivent être envisagés sur les constructions. Leur efficacité devra être argumentée.

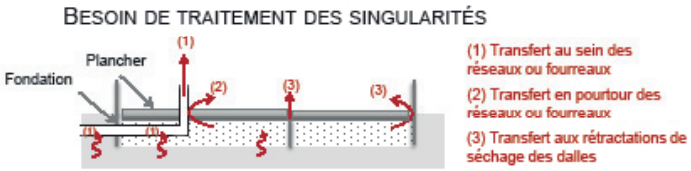
●Étanchéité
L'attention sera portée sur les points de faiblesses de l'étanchéité. En particulier, sont à mentionner le contrôle des traversées de dalle, des soudures (pour les géomembranes) et des raccords sur les fondations. Les méthodes non destructives de vérification de l'efficacité de l'étanchéité sont à mettre en œuvre (mise en pression, méthodes diélectriques, tests à la fumée…).

●Aéraulique
Si ces contrôles ne sont pas réglementaires, ils sont à prévoir dans le contexte de pollution des terrains. Les contrôles sont encadrés par plusieurs guides (PROMEVENT 2016, DIAGVENT 2005, etc.).
Concernant les systèmes de dépressurisation des sols et de ventilation des vides sanitaires/techniques, l'équipement mis en place devra faire l'objet également de vérification de débit, voire de dépression.



■ Mesures associées à l'efficacité à réception

À la réception, l'efficacité des mesures constructives sera jugée à partir des concentrations dans l'air. De telles mesures ne sont pas du ressort des entreprises qui conduiront néanmoins, à réception et pour les équipements qu'elles ont installés, les mesures de débits, pressions, etc. afin de vérifier leur bon fonctionnement.



■ Transmission des informations nécessaires à l'exploitation

Les entreprises se doivent de réaliser le dossier des ouvrages exécutés (DOE) ainsi que le manuel d'utilisation et de maintenance. Vis-à-vis des mesures constructives déployées, pour la conservation de la mémoire et pour favoriser l'efficacité sur le long terme de ce qui a été mis en œuvre, les entreprises devront veiller à transcrire de manière compréhensible et lisible les éléments nécessaires pour l'exploitant et l'usager.
Il s'agit de la description i) de ce qui a été déployé (produits, plans et coupes, méthodes de mise en œuvre) et des vérifications réalisées, ii) de la manière dont l'usager ou l'exploitant les fera fonctionner le cas échéant, pourra intervenir en cas de défaillance, et conduire son entretien et sa maintenance.

ENJEUX JURIDIQUES

L'ensemble des garanties dues par les locateurs d'ouvrage est codifié sous la garantie de parfait achèvement (art. 1792-6 du code civil) et sous la garantie de bon fonctionnement et la garantie décennale (art. 1792 et art. 2270 du code civil). La garantie de parfait achèvement impose au locateur d'ouvrage de réparer tous les désordres signalés au cours de l'année qui suit la réception des travaux, quelles que soient leur importance et leur nature. Elle couvre tous les désordres (malfaçons et/ou défaut de conformité) qui ont donné lieu à des réserves au procès-verbal de réception ou qui ont été révélés dans l'année qui suit la réception des travaux.

■ Garantie d'efficacité des géomembranes
Si les fournisseurs contactés peuvent garantir une efficacité sur la période décennale, ils ne s'engagent pas sur une garantie à l'échelle de la durée de vie du bâtiment. Différents travaux de R&D ont estimé la durée de vie fonctionnelle en lien avec des actions de vieillissement. Par analogie avec nos préoccupations, et même si le contexte d'usage est différent, plusieurs auteurs ont estimé que la durée de vie fonctionnelle des géomembranes PEHD et géosynthétiques bentonitiques mis en place dans des casiers de stockage de déchets ménagers était de plus d'une centaine d'années.

POUR ALLER PLUS LOIN

■ AQC (2016). Dispositif REX Bâtiments performants. Prévention et remédiation du risque radon : 12 enseignements à connaître. 26 pp.
■ BRGM (2014) Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP.
■ CSTB (2018). 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, réalisé en collaboration avec le LaSIE et le laboratoire CERIC du Groupe Poujoulat, dans le cadre du projet EVALSDS.
■ DIAGVENT (2005). Diagnostic des installations de ventilation dans les bâtiments résidentiels et tertiaires. Guide technique
■ DTU 14.1 (2000) - Travaux de bâtiment - Travaux de cuvelage - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales (référence commerciale des parties 1 et 2 de la norme NF P11-221) - Travaux de bâtiment. Indice de classement : P11-221
■ DTU 61.1 (2010) Travaux de bâtiment - Installations de gaz dans les locaux d'habitation - Parties 1 à 7 : terminologie - Dispositions générales - Dispositions particulières hors évacuation des produits de combustion - Dispositions particulières à l'évacuation des produits de combustion - Aménagements généraux - Règles de calcul. Indice de classement : P45-204
■ MTES (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html
■ PROMEVENT (2016). Protocole de Diagnostic des installations de ventilation mécanique résidentielles
■ Traverse et *al.* (2017). Mesures constructives vis-à-vis des pollutions volatiles du sol. Etat des lieux et axes d'amélioration de la programmation à l'exploitation des bâtiments. Projet BATICOV.

© BURGEAP - 2017

FICHE ACTEUR

Bureaux d'études en SSP

Les bureaux d'études sites et sols pollués (BE SSP) interviennent en fonction de leurs champs de compétences sur des missions généralement encadrées par la norme NF X 31-620. Ces missions diverses peuvent comporter la conduite des diagnostics sur l'état de pollution (DIAG), la réalisation du plan de gestion (PG), le plan de conception des travaux orienté sur la dépollution (PCT) et la vérification de l'efficacité des actions mises en œuvre (CONT). Vis-à-vis des mesures constructives, ils peuvent être amenés à assister le maître d'ouvrage (mission AMO) ou à intégrer une équipe de maîtrise d'œuvre pour y apporter ses compétences.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur ▪ **BET SSP** ▪ Administrations	Aménageur MOA AMO (SSP - HQE - QAI) ▪ **BET SSP** ▪ Administrations Futurs exploitants & usagers	MOA ▪ **MOE** ▪ ▪ **BET** & AMO ▪ (SSP - HQE - QAI) Administrations Futurs exploitants & usagers Entreprises	MOA ▪ **MOE** ▪ Entreprises BE CT, OPC, SPS ▪ **AMO** ▪ (SSP - HQE - QAI)	MOA ▪ **MOE** ▪ Entreprises BE CT, OPC, SPS ▪ **AMO** ▪ (SSP - HQE - QAI) Administrations Acquéreurs Futurs exploitants & usagers	Propriétaire Exploitants & usagers Entreprises d'entretien & maintenance Administrations ▪ **BET & AMO** ▪ (SSP - HQE - QAI) & garanties (MOA, MOE, entreprises)

* Le BE SSP peut être associé à l'équipe de maîtrise d'oeuvre.

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

▪ Communication avec le maître d'ouvrage, ses AMO et les équipes de maîtrise d'œuvre

Les mesures constructives tant sur leur pertinence que sur leur dimensionnement sont certes liées à la pollution du sol mais également aux spécificités de la construction, des usages, voire à l'engagement du maître d'ouvrage ou de l'exploitant dans une démarche de certification environnementale (type HQE, BREEAM, LEED, WELL, etc.), de maîtrise énergétique ou de maîtrise de la qualité de l'air intérieur.
Le choix, le déploiement et la vie des mesures constructives nécessitent donc une communication interdisciplinaire entre les différents acteurs. Pour cela, d'un côté, le BE SSP devra clairement identifier les incidences de la pollution résiduelle et, à travers le Bilan Coût-Avantage (ADEME-UPDS, 2016 ; MTES, 2017) les orientations de gestion (dont les mesures constructives). De l'autre, le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre devra transmettre les éléments nécessaires à la réalisation des études. Le dimensionnement ne peut être fait en l'absence de ces échanges entre acteurs (MOA – MOE – BET ou AMO SSP). Ainsi, en l'absence des compétences SSP au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre, l'accompagnement du MOA lors de la conception, de la mise en œuvre et de la réception nécessite une mission d'AMO spécifique.

▪ Identification du périmètre de la mission

Il n'existe pas de codification spécifique vis-à-vis des mesures constructives dans la norme NF 31-620. Les retours d'expériences montrent cependant qu'en présence de pollutions volatiles résiduelles, il est nécessaire que la compétence SSP soit associée à l'ensemble des phases de la construction. Une mission spécifique est dès lors nécessaire.

▪ Plan de Gestion dépendant de l'avancement du projet

Le Plan de Gestion réalisé lors de la cessation d'activité ou lors des premières réflexions sur l'aménagement d'un site ne peut conduire à des choix définitifs de mesures constructives, il s'agit à ce stade d'identifier les besoins éventuels qu'il conviendra d'étudier dans le cadre d'un Plan de Gestion réalisé pour un projet de construction donné. En effet, la pertinence et l'efficacité des mesures constructives sont liées aux caractéristiques techniques des futures constructions et aux contraintes d'exploitation.

Communication entre BE SSP et MOE

L'absence de travail de concertation entre le BE SSP et le MOE peut conduire à des recommandations non réalistes, le BE SSP n'étant pas nécessairement un spécialiste du bâtiment. Les recommandations techniques formulées dans le Plan de Gestion sur la base d'une étude de risque nécessite de vérifier sa faisabilité technique avec le MOE.
La collaboration de ces acteurs aux compétences complémentaires doit être recherchée dans l'objectif de définir les spécificités des mesures de gestion à envisager.

Outil de modélisation

La conduite du Plan de Gestion nécessite en présence de pollutions résiduelles volatiles la modélisation de ses impacts sur la qualité de l'air intérieur. Ces modélisations reposent sur le mode constructif qui au stade de la conception est connu par le MOE. Il a pu être rencontrés des Plans de Gestion où l'absence de communication conduit à des choix par défaut d'outils de modélisation inadaptés au projet.

Johnson & Ettinger, 1991
Dallage indépendant

Bakker, 2008
Dalle portée

Waitz et al. 1996
Dalle portée sur vide sanitaire

Plan de gestion stade amont

Axes du PG sur ce sujet

Bâtiments futurs non connus au-delà des usages prévus au PLU

Objectif du PG vis-à-vis de la QAI

Existence ou non d'un problème potentiel – grands axes de gestion

- **Evaluation des transferts basée sur des facteurs d'atténuation**
- **Recommandations sur la dépollution**
- **Recommandations en lien avec les futures constructions**
  Recommandations sur la mémoire, voire la surveillance

Plan de gestion projet connu

Axes du PG sur ce sujet

Bâtiments connus

Objectif du PG vis-à-vis de la QAI

Analyser les différentes solutions de gestion

- **Echange avec le MOA et MOE pour intégrer les caractéristiques du projet à l'étude**
- **Evaluation des transferts basée sur ces caractéristiques au moyen d'un modèle adapté**
- **Etude des solutions de gestion et BCA (dépollution & mesures constructives)**
- **Recommandations sur la dépollution et l'acte de construire**
- **Recommandations sur la mémoire et la surveillance**

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Programmation

- Réaliser les diagnostics adaptés au niveau de connaissance de la pollution et aux besoins liés au projet en fonction de son avancement. Pour les gaz du sol, plusieurs campagnes sont nécessaires (voir BRGM, 2016 et TEMPAIR, 2017).
- Préconiser dès ce stade le besoin, le cas échéant, d'une mission spécifique d'accompagnement de la construction.
- Préconiser au maître d'ouvrage les contraintes et les enjeux à introduire au programme (voir fiches enjeux techniques).

Conception

- Rédiger l'attestation ATTES lors du dépôt du PC et veiller à l'inscription des éléments dans le mémoire technique.
- En tant qu'AMO et/ou au sein de l'équipe de MOE (voir fiche enjeux techniques et fiche MOE) :
  - Contribuer à l'analyse des choix potentiels de mesures constructives.
  - Contribuer à la rédaction des cahiers des charges et au suivi des études et chantiers.
  - Identifier les besoins lors de la réception des dispositifs, du bâtiment et lors de la surveillance.

Construction

En tant qu'AMO et/ou au sein de l'équipe de MOE (voir fiche enjeux techniques et fiche MOE) :

- S'assurer que la mise en œuvre est adaptée et que les vérifications sont bien conduites.
- Préparer les phases de réception et de transmission des informations aux futurs acquéreurs, exploitants et usagers dans les pièces de la construction et dans les actes de vente et location.

Réception et exploitation

En tant qu'AMO et/ou au sein de l'équipe de MOE (voir fiche enjeux techniques et fiche MOE) :

- Vérifier les concentrations (période de garantie de parfait achèvement a minima) et le fonctionnement des systèmes.
- S'assurer que les éléments nécessaires à la transmission des informations à l'acquéreur/ exploitant sont rédigés lors de la réception.
- Accompagner le MOA lors de la garantie de parfait achèvement.

ENJEUX JURIDIQUES

Le principal enjeu juridique lié à l'engagement de la responsabilité des BE SSP réside dans la délimitation des missions qu'il accepte. Deux cas de figure sont susceptibles de se présenter :

- Soit la mission du BET SSP a été contractuellement conclue en visant la norme AFNOR n° NF X 31-620, dans ce cas, la responsabilité pourra être engagée dès lors que le BET SSP manquera à l'une ou l'autre des obligations découlant de la norme.
- Soit le BET SSP s'engage contractuellement sur la base de missions plus restrictives et dans ce cas, il ne pourra lui être reproché d'avoir failli à l'une des préconisations de la norme, cette norme n'a pas force de loi et tout comme les références aux « normes et DTU en vigueur » ou « aux règles de l'art », elles ne peuvent être opposables à l'une ou l'autre des parties que si elles ont été contractuellement stipulées.

Leur qualité de professionnel engage néanmoins le BE SSP à une obligation générale de conseil. La jurisprudence considère généralement que l'auteur d'une étude est tenu de conseiller une prestation au-delà de sa lettre de mission. Cette obligation est soumise à une appréciation au cas par cas en tenant compte notamment du contexte du projet et du niveau d'information portée à la connaissance du BE SSP.
Enfin, les réserves formulées lors des préconisations que peut faire un BE SSP sont de nature à limiter sa responsabilité (notamment en cas de non transmission d'information après réclamation ou demande expresse…). Notons toutefois que pour ce qui est des réserves strictement techniques, la jurisprudence a tendance à être assez stricte, ayant tendance à juger que ce n'est qu'en cas d'incertitude scientifique avérée que la responsabilité pourra être modérée.

© BURGEAP - 2017

FICHE ACTEUR

Collectivités & services de l'État

Cette fiche a pour objet d'exposer le rôle des collectivités territoriales, en particulier la commune, ainsi que celui des services de l'Etat, dans la conduite et le suivi des projets de remise en état des sites et sols pollués et des changements d'usage de parcelles. Elle met l'accent sur les enjeux de santé publique dont ils sont responsables (art. L. 101-2 c. urb.) et qui nécessitent que soit conservée la mémoire de la pollution du sol, en sus de la mise en œuvre de mesures constructives pour réduire ses impacts.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur BET SSP ▪ **Administrations** ▪	Aménageur MOA AMO (SSP - HQE - QAI) BET SSP ▪ **Administrations** ▪ Futurs exploitants & usagers	MOA MOE BET & AMO (SSP - HQE - QAI) ▪ **Administrations** ▪ Futurs exploitants & usagers Entreprises	MOA MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI)	MOA MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI) ▪ **Administrations** ▪ Acquéreurs Futurs exploitants & usagers	Propriétaire Exploitants & usagers Entreprises d'entretien & maintenance ▪ **Administrations** ▪ BET & AMO (SSP - HQE - QAI) & garanties (MOA, MOE, entreprises)

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

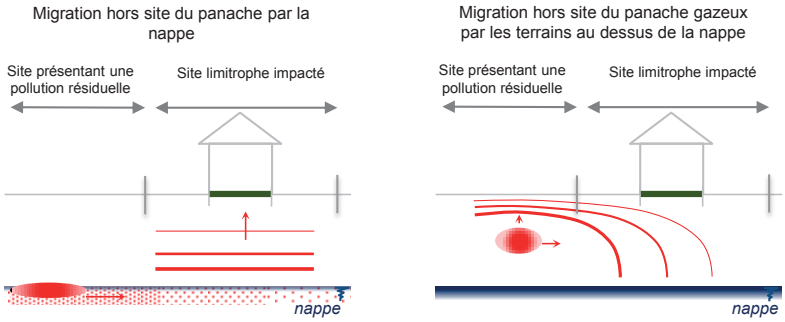
La présente fiche se concentre sur les missions de la collectivité en tant qu'autorité administrative, chargée notamment de délivrer les autorisations d'urbanisme et sur les missions des services de l'état en tant qu'autorité administrative en charge d'instruire les cessations d'activité des ICPE. Lorsque la collectivité est maître d'ouvrage ou gestionnaire d'établissements recevant du public, elle intervient sur l'ensemble des phases identifiées de la construction et de l'exploitation. Pour cela, on se référera aux fiches MOA et exploitant. Compte tenu de l'évolution de la réglementation, les points d'attention pourront évoluer.

▪ La cessation d'activité

L'exploitant d'une ICPE est responsable de la remise en état du site au moment de sa cessation d'activité, sous le contrôle de l'État. Cette remise en état doit être encadrée par un Plan de Gestion et vise l'objectif de compatibilité entre l'état du site et son usage futur. Une pollution résiduelle peut être présente si elle ne nuit pas à cet objectif. Dans la pratique, le futur aménagement du terrain peut ne pas être déterminé à ce stade, dans un grand nombre de cas, la remise en état est faite en référence à une activité similaire à la dernière période d'exploitation. C'est la raison pour laquelle il est important de veiller à bien conserver les informations sur la pollution résiduelle et circonscrire les contraintes futures qu'elle génère.
Les DREAL ont ici un rôle important afin de juger de l'acceptabilité de la remise en état et de disposer des informations qui pourraient être nécessaires ultérieurement pour le devenir du site. Elles devront s'assurer que les études transmises reposent sur des diagnostics suffisamment représentatifs (BRGM, 2016, TEMPAIR, 2017) et des outils pertinents (voir fiche BE SSP). En outre, c'est à ce stade que sera défini le cadre de la conservation de la mémoire (servitudes ou SIS), voir ci-après.

▪ Les impacts en dehors des sites pollués

La pollution d'un site peut s'étendre au-delà des limites parcellaires, elle peut alors impacter les parcelles voisines par migration via la nappe phréatique, par diffusion ou via les ouvrages enterrés (réseaux). Les diagnostics sur ces parcelles sont ainsi à faire réaliser par l'exploitant au moment de la cessation d'activité afin de mettre en place une gestion appropriée des usages existants (prestations de la norme NF X 31-620) qui pourra nécessiter la mise en œuvre de mesures constructives. Il est en outre nécessaire de s'assurer que la gestion des pollutions sur le site permettra également de garantir l'absence d'impact aujourd'hui et demain en dehors de son périmètre. Dans certains cas, il peut être nécessaire de formuler des contraintes sur l'urbanisation ou les évolutions d'usage des bâtiments de ces parcelles, le recours aux SIS ou aux servitudes doit alors être envisagé afin de conserver la mémoire des pollutions potentielles sur ces parcelles et dans le cas des servitudes, contraindre les projets futurs.



Deux situations distinctes en termes de conservation de la mémoire

▪ Portée et enjeux des Servitudes d'Utilité Publique (SUP) et des SIS

L'efficacité à long terme de certaines mesures constructives pour éviter le transfert de la pollution volatile du sol vers les lieux de vie peut nécessiter des contraintes d'usage du bâtiment ainsi que des besoins d'entretien et de maintenance. Pour que cette efficacité soit garantie, le principal enjeu réside dans la conservation de la mémoire de la pollution et des dispositions prises. A défaut, certaines dispositions risquent d'être détériorées (obturation des entrées d'air, percement des géomembranes, etc.), ou rendues inefficaces du fait de modifications d'usages ou d'organisation des espaces.

Cette inscription de la mémoire des pollutions des terrains est également nécessaire, au-delà de la durée de vie du bâtiment pour toute construction ultérieure.
L'instauration des SIS pose la question du mode de conservation de la mémoire qui peut porter uniquement sur la pollution et le besoin de réaliser des études pour les usages des parcelles (cas des SIS) ou qui peut également porter en sus sur des servitudes et restrictions d'usage liées en particulier aux mesures constructives mises en place (cas des servitudes d'utilité publique). Par ailleurs, si pour les SIS leur mise à jour annuelle est prévue, pour les servitudes, le processus plus complexe et plus long limite son évolution dans le temps.

■ Transmission des informations entre les DREAL ou DDPP et les communes

Sur les sites régulièrement remis en état, il s'avère que la transmission des informations entre les services de l'État et les communes ou entres services au sein des communes n'est pas systématique. La qualité de l'instruction des demandes d'autorisation d'urbanisme peut en être altérée. La réalisation des Secteurs d'Information sur les Sols répondra en partie à cette question. Dans la pratique, le besoin d'informations sur le passif environnemental des sites, se traduit pour certaines collectivités par la réalisation d'inventaires historiques urbain (IHU) à l'initiative des communes et/ou des EPCI.

■ Responsabilité et permis de construire

La loi ALUR a instauré la fourniture obligatoire avec la demande de permis de construire d'une attestation sur la prise en compte de la pollution du sol pour tout site compris dans un SIS ou faisant l'objet, pour les anciennes installations classées, d'un changement d'usage (art. L. 556-1 c. env., art. R. 431-16 c. urb), l'arrêté du modèle d'attestation reste à paraître. Le maire est responsable de la santé publique, ce qui soulève des interrogations quant à la description des mesures constructives éventuellement prévues par le maître d'ouvrage, dans la mesure où, au stade de la demande d'autorisation, les services instructeurs n'en ont pas nécessairement connaissance. En effet, l'attestation requise ne les décrit pas dans le détail, son objet étant essentiellement d'engager la responsabilité du maître d'ouvrage sur leur mise en œuvre.
Selon les dispositions de l'art. R. 111-2 du Code de l'urbanisme, un 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 ce cas, la demande de prescriptions spéciales par le service instructeur conduira à un transfert de responsabilité du maître d'ouvrage à la collectivité si celles-ci sont mises en œuvre et qu'une situation exposant les populations (concentrations en polluant dans l'air intérieur anormalement élevées) est ensuite identifiée. Par ailleurs, la formulation de ces prescriptions spéciales implique la responsabilité de la collectivité sur leur pertinence, utilité et contenu.
De nombreuses collectivités ne disposent pas des compétences techniques pour juger de la suffisance des mesures de gestion prises par le maître d'ouvrage de la construction. Il leur est possible de solliciter l'expertise des DREAL, mais les délais d'instruction ne le permettent généralement pas (demande de pièces complémentaires : 1 mois, retour de l'avis DREAL : 3 mois). Aussi, elle pourra se rapprocher d'un tiers expert pour conduire une expertise lui permettant de sécuriser ses avis.

Responsabilités sur la Conformité de la construction

Tous les travaux de construction doivent faire l'objet du dépôt par le bénéficiaire de l'autorisation d'une déclaration attestant l'achèvement et la conformité des travaux (DAACT). Dans cette déclaration, à l'heure actuelle, les éléments permettant de juger du respect des règles concernant la gestion des pollutions (et les mesures constructives) ne sont pas demandés.
Il pourrait être envisagé dans le futur une attestation portant sur le respect des dispositions prises en lien avec l'état de pollution des terrains réalisée à l'achèvement des travaux (à l'image de l'attestation déposée avec la demande du PC).
Cette perspective permettrait de valider l'efficacité des mesures constructives mises en œuvre et pourrait permettre de rendre obligatoire les mesures de vérifications nécessaires à réception.
À ce stade, le service instructeur de la ville peut procéder à toutes les vérifications jugées utiles et avoir accès à tous les documents techniques en rapport avec les bâtiments. Il peut procéder à un récolement des travaux, obligatoire lorsqu'entre autres, il s'agit d'un établissement recevant du public (art. L. 462-1 à -2 et R. 462-7 c. urb.). Lorsque le maire est l'autorité compétente pour délivrer les autorisations, la responsabilité de la commune peut être engagée si ce récolement obligatoire pour les cas précités n'a pas été réalisé et que les travaux ne sont pas conformes.

ENJEUX JURIDIQUES

La question de l'engagement de la responsabilité des communes en matière de sols pollués est amplement moins développée que celle liée aux risques naturels avec laquelle un parallèle de nature prospective est permis.
Ainsi, est constitutif d'une faute la délivrance d'un permis de construire non accompagnés de prescriptions spéciales, dans une zone inondable (CE, 2 oct. 2002, n° 232720, min. Équip., Transp. et Log). Cela étant dit, l'information du risque et le comportement de la victime sont susceptibles d'atténuer la responsabilité de la commune (CAA Nantes, 21 juillet 2014, n° 12NT02416).
En dernier lieu, l'Etat peut être tenu responsable en cas de défaillance dans son obligation de conseil. Il peut en découler une responsabilité partagée entre l'Etat, la commune et le lotisseur (CAA Paris, 27 avr. 1999, n° 96PA01320, Cne Saint-Chéron).
Dans cette perspective, et au regard du nombre croissant d'opération immobilières sur des sols pollués, des risques nouveaux pourraient survenir et le cadre juridique devrait alors être adapté, s'inspirant potentiellement de ces jurisprudences.

POUR ALLER PLUS LOIN

■ AFNOR : NF X 31-620 (2011). Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués. Parties 1, 2, 3 et 4. En cours de révision.
■ Billet Ph. et al., 2014, Traité de droit des risques naturels, Le Moniteur.
■ Loi n 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP.
■ Loi n°2014-336 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové, dite loi ALUR.
■ MTES (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html
■ Traverse et *al*. (2017). Mesures constructives vis-à-vis des pollutions volatiles du sol. Etat des lieux et axes d'amélioration de la programmation à l'exploitation des bâtiments. Projet BATICOV.

© BURGEAP - 2017

FICHE ACTEUR

Acquéreurs, exploitants, usagers

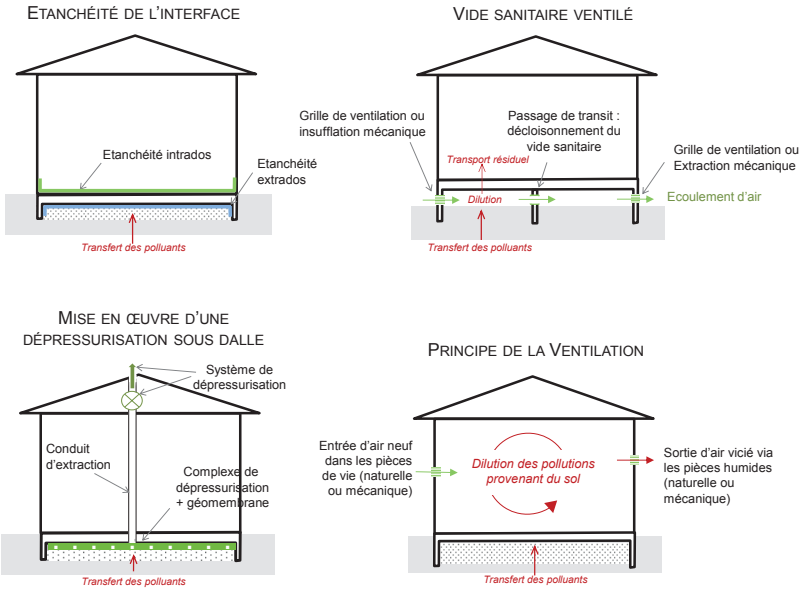
L'acquéreur d'un bien construit sur un terrain présentant une pollution résiduelle, doit en présence de dispositions particulières prises lors de la construction du bâtiment, s'assurer du maintien de leur efficacité. Il en est de même de l'usager pour les parties privatives où il est seul à pouvoir intervenir et de l'exploitant qui, à travers la gestion du patrimoine, doit appliquer les règles d'exploitation établies par le constructeur. Ces règles concernent l'entretien, la maintenance et la surveillance mais également les contraintes d'usages pouvant avoir été formulées.

Cessation d'activité	Programmation	Conception	Construction	Réception et livraison	Exploitation
Ancien exploitant Propriétaire Éventuel acquéreur BET SSP Administrations	Aménageur MOA AMO (SSP - HQE - QAI) BET SSP Administrations **▪ Futurs exploitants & usagers ▪**	MOA MOE BET & AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations **▪ Futurs exploitants & usagers ▪** Entreprises	MOA MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI)	MOA MOE Entreprises BE CT, OPC, SPS AMO (SSP - HQE - QAI) Administrations **▪ Acquéreurs, futurs exploitants & usagers ▪**	**▪ Propriétaire Exploitants & usagers ▪** Entreprises d'entretien & maintenance Administrations BET & AMO (SSP - HQE - QAI) & garanties (MOA, MOE, entreprises)

POINTS D'ATTENTION GÉNÉRIQUES

▪ Typologies de mesures constructives

Pour la protection des usagers du bâtiment aux pollutions volatiles provenant des sols, les mesures constructives pouvant être déployées sont illustrées ci-contre. Elles reposent sur le traitement du soubassement (étanchéité, vide sanitaire / vide technique ventilé, la dépressurisation des sols sous plancher) ou l'adaptation de la ventilation des sous-sols voire des lieux de vie.
Les fiches enjeux techniques présentent les points d'attention pour ces dispositifs.



▪ Concertation lors de la programmation et la conception

Quand ils sont connus à ce stade, les futurs acquéreurs et usagers ainsi que les futurs exploitants (dans le cadre d'un contrat de construction- exploitation ou d'une construction publique) peuvent intervenir lors de la programmation et de la conception auprès du maître d'ouvrage pour préciser l'acceptabilité des contraintes d'usage et d'exploitation associées à la gestion des impacts de la pollution résiduelle. Cet échange pourra orienter les choix des mesures constructives permettant de répondre aux attendus par exemple en termes d'usages des locaux (cloisonnement ultérieur de bureaux, installation de matériel nécessitant percement de la dalle…) ou en termes de charge d'exploitation (consommation électrique, entretien/maintenance de systèmes d'extraction d'air ou de traitement…).

▪ Transmission des éléments au moment de la livraison

Sur les Secteurs d'Information sur les Sols (SIS), à partir de janvier 2019, le vendeur ou propriétaire a l'obligation d'informer les acquéreurs et locataires dans les actes de ventes du bâtiment ou de locaux et dans les baux de location sur la pollution des terrains (article L. 125-7 du Code de l'environnement). Cependant, au-delà de cette information, il est nécessaire que l'information porte également sur les dispositions prises le cas échéant pour prévenir ou limiter l'impact de ces pollutions. En particulier, doivent être exigés, un document compréhensible reprenant les spécificités des mesures constructives établi à partir du Dossier des Ouvrages Exécutés, les besoins d'entretien et de maintenance (dans le manuel d'utilisation et de maintenance remis) et les contraintes d'usages et de surveillance. L'enjeu est ici que les acquéreurs et exploitants aient à leur disposition l'ensemble des informations sous une forme compréhensible afin d'établir le cahier des charges des entreprises de maintenance, de définir les contraintes pour les usagers dans leurs parties privatives (accès pour la surveillance à charge du propriétaire ou de la copropriété), et *in fine* d'apprécier les charges d'exploitation.
Pour les acquéreurs potentiels, il est recommandé de consulter au préalable le Plan Local d'Urbanisme qui devra reprendre à partir de janvier 2019 l'information quant à la pollution résiduelle des terrains lorsqu'elle est connue. Il est en outre recommandé de lire attentivement les actes de vente et les informations données par le vendeur, voire le règlement de copropriété.
Enfin, il conviendrait également de demander les rapports des vérifications du bon fonctionnement des installations (mesures de débits par exemple) et la vérification des concentrations en polluants volatils dans l'air à réception. Les mesures de concentration portent sur l'air des lieux de vie, les sous-sols, et en présence d'un vide sanitaire ventilé ou d'un système de dépressurisation du sol sur les concentrations extraites.

Les garanties légales

Il est recommandé au(x) propriétaire(s) du bâtiment de mettre en jeu, autant que nécessaire, les garanties données contractuellement si l'efficacité des mesures constructives n'est pas avérée ou si un dysfonctionnement était identifié pour un usage et un entretien conforme du bâtiment. Les vérifications nécessaires à une telle démarche (reposant essentiellement sur les mesures de concentrations) et les mesures de fonctionnement aéraulique peuvent être faites lors de la maintenance des équipements.

Garanties de parfait achèvement (art.1792-6 code civil)

Qui : l'entrepreneur
Quand : durée 1 an après réception
Quoi : couvre tous les désordres (malfaçons et/ou défauts de conformité) qui ont donné lieu à des réserves au procès-verbal de réception ou relevés dans l'année de la réception.

Garanties de bon fonctionnement (art.1792-3 code civil)

Qui : le locateur d'ouvrage
Quand : durée mini 2 ans après réception
Quoi : éléments dissociables (ventilation, étanchéité intrados, programmation). Portée limitée à des effets ne rendant pas l'ouvrage impropre à sa destination. Assurance non obligatoire.

Garanties décennale (art. 1792, -2 &-4 et 2270 code civil)

Qui : le locateur d'ouvrage
Quand : durée 10 ans après réception
Quoi : les désordres qui compromettent la solidité de l'ouvrage, affectent l'ouvrage dans un de ses éléments constitutifs ou d'équipement le rendant impropre à sa destination, affectent la solidité d'un élément indissociable de la construction. Assurance obligatoire

Les garanties du vendeur

Le vendeur d'un bâtiment est tenu de l'obligation d'information rappelée ci-dessus. A défaut, il s'expose à ce que sa responsabilité soit engagée sur le fondement des dispositions de l'article 1231 du C. civil (responsabilité de droit commun ancien art. 1147 du C. civil). Plus encore, et pour le cas où il s'abstiendrait de porter à la connaissance de son acquéreur toute information dont il aurait connaissance et rendant ce bâtiment impropre à l'usage auquel il est destiné, le vendeur s'expose à mettre en cause sa responsabilité, cette fois sur le fondement de la théorie des vices cachés (art. 1641 du C. civil) voire du dol (art. 1137 du C. civil). A ce titre, l'acquéreur qui constaterait que le bien est impropre à son usage est susceptible de se retourner contre le vendeur. Pour motiver ce recours, il est recommandé à l'acquéreur de faire procéder à des mesures de concentration et de fonctionnement des installations.

Contenu de l'entretien et maintenance

L'entretien et la maintenance sont dépendants des équipements installés.
Pour les étanchéités internes sur la dalle, sur les joints de dilatation, sur les passages de réseaux…, des vérifications visuelles doivent a minima être réalisées et la réfection conduite en cas de dégradation observée. Ces vérifications pourront également inclure d'autres types de mesures. Pour les systèmes reposant sur la ventilation du vide sanitaire ou l'extraction de gaz sous dalle (dépressurisation), les vérifications à entreprendre dépendront du type d'extraction mise en place : pour la ventilation naturelle, la vérification de l'absence de colmatage et le nettoyage des grilles et extracteurs est nécessaire, pour les extracteurs mécaniques, les vérifications portent a minima sur les débits.
Par ailleurs, vis-à-vis de la ventilation des lieux de vie, les vérifications périodiques de fonctionnement et la maintenance associée devront être conduits (débits, filtration, absence de sous-pression). Si le contrôle d'efficacité est une obligation pour les employeurs (code du travail, art. R4222-20), cela n'est actuellement pas obligatoire dans le résidentiel.

Qualité de l'air intérieur à réception

Il est à noter que le Haut Conseil de la Santé Publique spécifie pour les bâtiments neufs livrés à partir 2012 et les bâtiments faisant l'objet de rénovation de grande ampleur, des concentrations en formaldéhyde, benzène et trichloroéthylène à ne pas dépasser avant livraison aux occupants. Par ailleurs, le décret du 30 décembre 2015 stipule que les établissements recevant du public (ERP) doivent faire l'objet d'une étude spécifique vis à vis de la qualité de l'air intérieur en particulier pour le benzène, le formaldéhyde auxquels s'ajoute le tétrachloroéthylène dans les établissements proches de pressing. Ceci à compter du 1er janvier 2018 pour les crèches, écoles maternelles et élémentaires et du 1er janvier 2020 pour les collèges, lycées et centres de loisirs.

Surveillance – mesures de concentrations

Dans les bâtiments construits sur des terrains présentant une pollution résiduelle volatile, une surveillance des concentrations dans l'air, bien qu'elle ne soit pas réglementaire* est nécessaire à plusieurs titres. Avant tout pour s'assurer de l'absence d'exposition des usagers et d'autre part pour faire intervenir les garanties de la construction (voir ci-dessus). Ces mesures de concentration devront être réalisées par un professionnel à partir d'un cahier des charges établi au regard de la pollution résiduelle en présence dans les terrains, des aménagements existants, des usages et des zones de transfert des pollutions. Les transferts étant exacerbés par le chauffage du bâtiment, il conviendra de conduire a minima une campagne en hiver.

Contraintes d'usage possibles

Les contraintes d'usage pouvant être rencontrées sont dépendantes des dispositions prises pour gérer les impacts des pollutions. Peuvent être citées sans être exhaustives : la conservation de l'intégrité des conduits et extracteurs permettant la ventilation du vide sanitaire ou la mise en dépression des sols, la conservation de l'intégrité des revêtements d'étanchéité (absence de percement), l'absence de modification des aménagements internes (cloisonnements entre espaces pouvant conduire à rendre inefficace la ventilation installée) ou l'absence de modification d'usage des locaux, à moins de modifier également de manière appropriée la ventilation de ces nouveaux espaces.

POUR ALLER PLUS LOIN

- AQC (2016). Dispositif REX Bâtiments performants. Prévention et remédiation du risque radon : 12 enseignements à connaître. 26 pp.
- Loi n°2014-336 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové, dite loi ALUR.
- MTES (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html
- Traverse et *al.* (2017). Mesures constructives vis-à-vis des pollutions volatiles du sol. Etat des lieux et axes d'amélioration de la programmation à l'exploitation des bâtiments. Projet BATICOV.

© BURGEAP - 2017

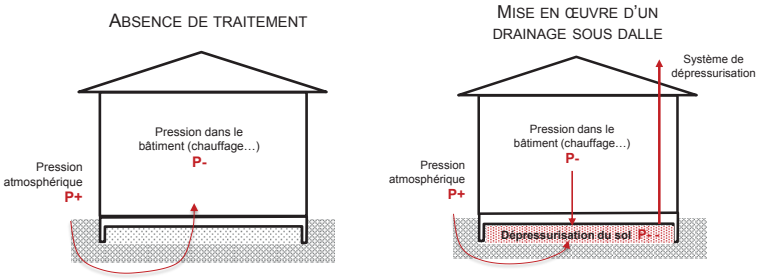
6. Les Fiches Enjeux techniques

Systèmes de dépressurisation du sol

Les systèmes de dépressurisation des sols (SDS) sous dallage sont des mesures constructives mises en œuvre sous bâtiment neuf ou en rénovation pour limiter les transferts convectifs des pollutions résiduelles du sol vers l'air intérieur.
La convection est générée par des différences de pression entre le sol et l'air intérieur liées au chauffage et aux conditions hydro-météorologiques. Le principe du SDS repose sur la mise en dépression des sols sous la dalle par rapport à l'environnement intérieur du bâtiment. Elle est obtenue grâce à une extraction d'air (naturelle ou mécanique) sous son plancher.

DESCRIPTION

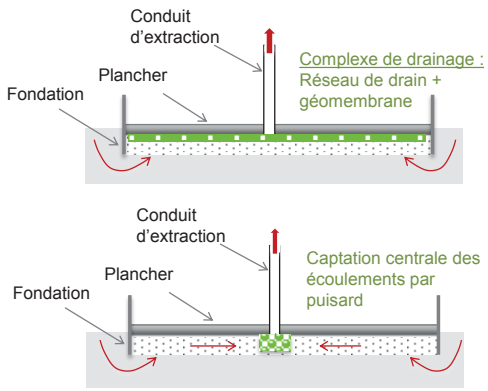
Le SDS conduit à inverser les écoulements d'air et éviter le transfert convectif de polluants vers l'air intérieur. Il est généralement couplé à un système d'étanchéité placé au-dessus du système de dépressurisation au niveau de la dalle. Les systèmes d'étanchéité et leurs enjeux propres sont décrits dans la fiche dédiée. Il est à noter que les SDS ne font pas l'objet de DTU ni d'avis technique spécifique à la gestion des remontées gazeuses mais que certains systèmes disposent d'avis techniques liés à la gestion de l'infiltration d'eau.



POINTS D'ATTENTION

■ Conception du SDS

Géométrie des systèmes de dépressurisation
Les équipements visant à propager la dépression dans les sols sous l'intégralité de la dalle dépendent de la construction, des fondations envisagées et de la perméabilité de l'horizon drainé (graviers et couche de forme). Pour des constructions de petite taille, un point d'extraction unique peut être suffisant. Pour des surfaces à drainer significatives, un réseau de drain permettant de favoriser la propagation de la dépression générée est à privilégier. Des variantes peuvent exister sur la géométrie et la densité du réseau de drains (CSTB, 2008 et 2018). La géométrie et la nature du système doivent tenir compte des fondations envisagées, du cloisonnement et de la charge de la structure.



Choix du mode de mise en dépression
Il est communément retenu la valeur d'objectif de dépression de 5 à 10 Pa en tout point dans les sols sous le bâtiment afin d'empêcher les écoulements d'air des terrains vers le bâtiment. Cette dépression peut être atteinte avec un système d'extraction naturelle (également appelé statique : dépression occasionnée par l'effet du vent et des différences de température entre le conduit et l'air atmosphérique), un système d'extraction mécanique (dépression générée par un débit mécanique d'extraction) ou en intermédiaire par un système stato-mécanique. Ce fonctionnement hybride peut être géré par un asservissement à certains paramètres d'intérêt (débit, dépression, température, vitesse du vent…).
Le choix du système est réalisé en conception en tenant compte de la pollution résiduelle et de l'enjeu sanitaire, de la météo locale et des contraintes de construction et d'exploitation.

ENJEUX D'EFFICACITÉ

Les critères sont à considérer lors du choix de cette mesure constructive, lors de la construction et lors de la transmission des contraintes reposant sur l'acquéreur et exploitant.
Son adaptabilité en cas de défaillance ou d'insuffisance après sa mise en œuvre est un critère important. Il convient de mentionner que son efficacité est fortement dépendante de sa conception, du traitement de l'étanchéité de la dalle et de son entretien et maintenance.

Environnement, santé et bien-être	
Efficacité théorique	Oui sur la convection, variable sur la diffusion
Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	Non**
Efficacité liée à des facteurs externes	Entretien & météo (Vnat)
Robustesse (vieillissement)	Lié à l'entretien & équipements
Adaptibilité du dispositif	Oui
Servitudes sur les usages	Faibles
Incidence sur le confort des usagers	Non
Contraintes d'entretien et de maintenance	Oui
Consommations énergétiques	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer

** des DTU et/ou avis techniques peuvent exister pour certains de ces systèmes pour la gestion des infiltrations d'eau (et non la gestion des remontées gazeuses)

Économie	
Besoin d'études de conception	Oui
Besoin de contrôles en phase chantier	Oui
Coût de mise en oeuvre*	Variable (voir BRGM 2014)
Coût de fonctionnement (entretien et maintenance)*	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer
Consommations énergétiques	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer

*Critères secondaires si la problématique est suffisament anticipée

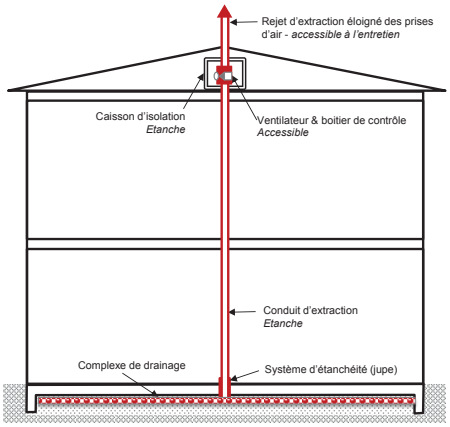
■ Traitement du rejet d'air du SDS

L'air sortant du SDS peut présenter des concentrations significatives nécessitant des précautions particulières sur le rejet. Il devra être suffisamment éloigné des entrées d'air du bâtiment, des bâtiments limitrophes et des zones d'activités (en particulier dans les écoles et établissements de la petite enfance). Son traitement devra en outre être envisagé en fonction de l'environnement du rejet et de la dilution par le vent.
La nécessité de traiter les gaz extraits ne répond à aucune réglementation spécifique à ce contexte. Cependant la réglementation appliquée pour les rejets gazeux des ICPE (Arrêté ministériel du 2 février 1998) donne des valeurs limites qui pourront être retenues en conception.

Étanchéité de la dalle et points singuliers (réseaux…) nécessaire

Le SDS est généralement couplé à un système d'étanchéité placé au-dessus du système de dépressurisation au niveau de la dalle. Ce couplage permet de limiter la perte d'efficacité du SDS associée à l'existence de zones de transfert privilégiées au niveau de la dalle. Il permet en outre, en cas de défaillance ou d'insuffisance du SDS de limiter les impacts pendant le temps de la réfection du système. Les systèmes d'étanchéité et leurs enjeux propres sont décrits dans la fiche dédiée.

■ Mise en œuvre et vérifications



Lors de la mise en œuvre du SDS, sont à vérifier :
- la bonne connexion aéraulique entre les drains et les différents espaces sous dallage,
- la connexion aéraulique avec l'extracteur,
- l'étanchéité du conduit d'extraction s'il est placé en intérieur des locaux ainsi que le passage de la dalle,
- le positionnement de l'extracteur en dehors du bâtiment,
- l'accessibilité au conduit, à l'extracteur et aux unités de commande pour les opérations d'entretien, maintenance et la surveillance,
- pour des systèmes naturels, l'isolation thermique du conduit sur les tronçons non chauffés pour ne pas dégrader le tirage thermique et limiter les phénomènes de condensation.
- le cas échéant, le fonctionnement de l'alarme sur la saturation du charbon actif.
- Enfin, lors de la réception du SDS, des mesures d'efficacité quant à la propagation de dépression, les concentrations extraites devront être réalisées.

■ Communication entre acteurs de la construction

Le maître d'ouvrage devra procéder au choix des systèmes au regard des études de conception réalisées par l'équipe de maîtrise d'œuvre (en particulier les BET structure et fluides). Ces dispositifs reposant en outre sur les transferts de polluants dans les sols, il est fortement recommandé qu'un BE SSP soit intégré dans l'équipe de maîtrise d'œuvre ou intervienne en AMO. En outre un commissionnement spécifique sur le dispositif est recommandé.

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Conception

- Envisager des missions complémentaires pour le MOE : commissionnement sur la ventilation et établissement du cahier des charges de la maintenance.
- Choisir et justifier le système et les équipements du SDS, les éventuels couplages avec une étanchéité et le traitement du rejet.
- Introduire dans les marchés des entreprises les éléments nécessaires pour la mise en œuvre, la réception (DOE, manuel de fonctionnement, maintenance et entretien).

Construction

- Coordonner des différents corps de métier concernés (gros œuvre, ventilation, VRD).
- Vérifier la mise en place adaptée, notamment sur les éléments qui ne seront plus accessibles une fois la dalle réalisée (auto-contrôles et contrôles externes).

Réception et livraison

- Contrôler les concentrations sur le rejet et dans les lieux de vie.
- Contrôler les débits et dépressions générées.
- Transmettre aux acquéreurs et exploitants les informations sur ce qui a été mis en œuvre, les servitudes, contraintes d'usage et d'exploitation et les besoins de surveillance et maintenance.

Exploitation

Lors de la première année (garantie de parfait achèvement) :
- Réaliser un audit de fonctionnement du système et vérifier l'appropriation par les occupants, gestionnaires et exploitants.
- Conduire les ajustements nécessaires.

Puis :
- Contrôler de manière régulière les concentrations (lieux de vie et rejet).
- Conduire l'entretien et la maintenance régulière suivant le manuel remis à la livraison.

© BURGEAP - 2017

ENJEU TECHNIQUE

Ventilation des lieux de vie & sous-sols

L'ensemble des constructions neuves se doit de respecter les réglementations d'hygiène relatives à l'aération des locaux, selon leurs usages. La ventilation permet la dilution des pollutions présentes dans l'air intérieur et son évacuation. Différents systèmes existent (ventilation naturelle, mécanique contrôlée simple flux par insufflation ou extraction, ou double flux).

DESCRIPTION

La ventilation des lieux de vie ou sous-sol n'est généralement pas une mesure constructive prise sans autre type d'action. Cependant, dans les Plans de Gestion menés par le bureau d'études en sites et sols pollués (BE SSP), des hypothèses sont prises quant à cette ventilation pour apprécier l'acceptabilité ou non des expositions résiduelles. Il apparait dès lors nécessaire d'en préciser les critères d'efficacité et les points d'attention lors de la construction et l'exploitation (pour la ventilation du vide sanitaire, se référer à la fiche spécifique).

PRINCIPE DE LA VENTILATION

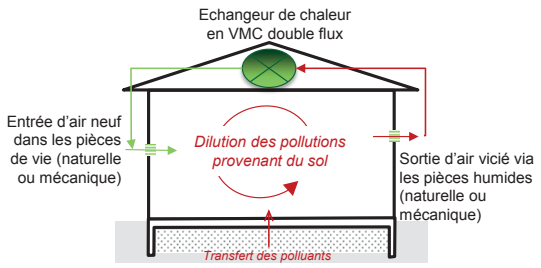


Schéma de ventilation

POINTS D'ATTENTION

■ La ventilation des lieux de vie

Pour les constructions sur des sites présentant des pollutions résiduelles, la ventilation naturelle des lieux de vie n'est pas recommandée dans la mesure où les débits sont dépendants de facteurs météorologiques non maîtrisables. Il convient de privilégier une ventilation mécanique contrôlée. Il est à mentionner en particulier que le système choisi ne doit pas exacerber la dépression du bâtiment, laquelle tendant à favoriser les transferts de pollution depuis les sols vers l'air intérieur.
Ainsi, sont à privilégier les systèmes qui permettent de minimiser la dépression du bâtiment : ventilation mécanique double flux déséquilibrée (Q insufflé > Q extrait) ou ventilation mécanique par insufflation. Cette recommandation nécessite cependant d'anticiper les difficultés inhérentes au dimensionnement, mise en oeuvre et à la maintenance, l'efficacité étant liée à ces étapes sensibles.
À mentionner enfin que l'intégration de systèmes associant la modulation des débits (présence, horaire, CO2...) doit être au préalable étudiée au regard des pollutions résiduelles du sol.

■ Cas des parkings en sous-sols

Pour des constructions présentant des parkings en sous-sol, la ventilation devra être conçue tenant compte non seulement des règles de l'art mais également du besoin d'une ventilation permanente afin de ne pas accumuler les pollutions résiduelles.
Ces débits devront être transmis au BE SSP pour la conduite du Plan de Gestion permettant d'évaluer l'acceptabilité de la conception envisagée.

Débits de ventilation des parkings

La ventilation de parking peut être naturelle ou mécanique. Elle est encadrée par la réglementation (arr. du 31 janv. 1986, du 18 août 1986 et 19 déc. 1988 et RSDT, 1978) et des règles de bonnes pratiques. Pour les parcs ne dépassant pas 100 m² (5 à 8 véhicules) pour du stationnement d'habitation, aucune exigence n'est retenue autre que le maintien d'une ventilation assurant l'hygiène et la salubrité des locaux. Pour les parkings comportant plusieurs niveaux de sous-sols, la ventilation est mécanique.

■ La conduite du Plan de Gestion et le besoin de mesures constructives

La réalisation du Plan de Gestion par le BE SSP ne peut être pertinemment réalisée sans disposer des taux de renouvellement d'air de la future construction. Ainsi, des échanges sont nécessaires entre ce dernier et le BET fluides (voir fiches acteurs).
Dans les pratiques actuelles ce sont souvent des valeurs par défaut qui sont retenues par BE SSP. Or de telles valeurs peuvent être significativement inadaptées au regard de la conception prévue. Dans tous les cas, le BE fluides devra préciser au BE SSP, les débits de

ENJEUX D'EFFICACITÉ

Critères intervenant sur l'efficacité de la ventilation pour la gestion de l'impact des pollutions gazeuses provenant du sol.

Environnement, santé et bien-être	
Efficacité théorique	Transferts : + ou - Concentration : oui
Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	Oui (hors problématique sol pollué)
Efficacité liée à des facteurs externes	Météo,entretien, usages
Robustesse (vieillissement)	Lié à l'entretien & équipements
Adaptibilité du dispositif	Double flux : partiel Autres : non
Servitudes sur les usages	Importantes
Incidence sur le confort des usagers	À étudier
Contraintes d'entretien et de maintenance	Oui
Consommations énergétiques	Oui à chiffrer

Économie	
Besoin d'études de conception	Oui
Besoin de contrôles en phase chantier	Oui
Coût de mise en oeuvre	Variable
Coût de fonctionnement (entretien et maintenance)	Charges usuelles
Consommations énergétiques	Oui à chiffrer

ventilation des différents espaces et les taux de renouvellement d'air induits. Il n'est pas du ressort du BE SSP de formuler des prescriptions sur les débits des lieux de vie qui répondent aux contraintes réglementaires. Cependant, ils pourront formuler des recommandations en lien avec les systèmes de ventilation prévus par la maîtrise d'œuvre et les points d'attentions afin d'en assurer l'efficacité durant l'exploitation.

Commissionnement sur la ventilation

Même s'il ne s'agit pas d'une contrainte réglementaire pour les bâtiments de logements, la conformité de la ventilation doit être vérifiée sur les bâtiments construits au droit des terrains présentant des pollutions résiduelles. Ainsi, le maître d'ouvrage devra mettre en place un commissionnement permettant de vérifier lors des travaux et à réception : la conformité du système de ventilation vis-à-vis des exigences réglementaires (amené d'air, passage de transit, extraction d'air, débits, …) et l'accessibilité des différents équipements pour l'entretien futur. De telles demandes sont déjà formulées dans les référentiels de construction HQE, BREEAM, WELL, LEED…et des protocoles existent pour cela (Diagvent 2005, Promevent 2016).

Contraintes d'exploitation

Compte tenu de son importance pour limiter les transferts et les expositions des populations, une communication spécifique doit être réalisée aux acquéreurs et exploitants (voir fiches acteurs).
Tous les équipements doivent faire l'objet d'un entretien et d'une maintenance régulières pour s'assurer de leur fonctionnement. Cela est encore plus nécessaire en présence de pollution résiduelle dans les sols. Sont en particulier à mentionner : le changement régulier des filtres au niveau d'une insufflation mécanique, le nettoyage et les vérifications des débits et pressions différentielles au niveau du caisson et dans les lieux de vie. les vérifications de débits, pressions, le nettoyage des grilles et bouches de ventilation.
Par ailleurs, l'acquéreur et plus largement les futurs occupants et gestionnaires doivent être informés des contraintes liées à l'utilisation et l'aménagement des espaces. D'une part les débits de ventilation installés sont liés à des usages des espaces, leur modification doit être spécifiquement étudiée (exemples : transformation d'un sous-sol en lieu de vie (chambre ou appartement), transformation d'un local à usage de stockage en bureau ou encore de bureaux en une crèche d'entreprise. D'autre part, les bouches de ventilation sont dimensionnées pour des plans d'aménagement spécifiques, le cloisonnement des espaces peut également conduire à des défauts de ventilation des nouveaux volumes (exemples récurrents : le cloisonnement de bureaux, d'open-space ou le cloisonnement d'espaces dans les crèches pour la création d'une couchette).

Débits minimums de ventilation en habitat

Pour la construction neuve, la ventilation des logements est encadrée par les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1982.
Il est à noter que les débits minimums réglementaires sont nettement plus faibles pour les VMC simple flux hygroréglables que pour les VMC simple flux autoréglable ou les VMC double flux. Par exemple, pour un logement T3 (3 pièces), le débit minimum total est de 75 m³/h mais peut être abaissé à 15 m³/h si la ventilation est hygroréglable.

Débits minimums de ventilation en tertiaire

C'est le code du travail et le règlement sanitaire départemental qui fixent des débits minimums de ventilation pour les bâtiments tertiaires. Il est important de noter que les certifications environnementales (HQE, LEED, WELL) poussent à une augmentation de ces débits, jugés insuffisants pour obtenir une qualité d'air intérieur suffisante au sens de la norme NF EN 15251.

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Conception

- Envisager des missions complémentaires pour le MOE : commissionnement sur la ventilation et établissement du cahier des charges de la maintenance.
- Choisir et justifier le système, les équipements de ventilation ainsi que les débits en prévoyant son adaptabilité aux éventuelles évolutions d'aménagement intérieur.
- Communiquer au BE SSP les systèmes, débits et taux de renouvellement d'air. Celui-ci évaluera en fonction de la pollution en présence le besoin de mise en œuvre de systèmes spécifiques et de mesures constructives (voir autres fiches enjeux techniques).
- Introduire dans les marchés des entreprises les éléments nécessaires pour la mise en œuvre, la réception (DOE, manuel de fonctionnement, maintenance et entretien).

Construction

- Vérifier la mise en œuvre adaptée du ou des systèmes et de ses équipements (auto-contrôle des entreprises et contrôle externe).

Réception et livraison

- Vérifier la conformité de la ventilation vis-à-vis des exigences réglementaires et celles plus contraignantes fixées par la maîtrise d'ouvrage.
- Contrôler les concentrations dans les lieux de vie et dans les sous-sols selon les règles de l'art.
- Transmettre aux acquéreurs et exploitants les informations sur ce qui a été mis en œuvre, les contraintes d'usage et d'exploitation et les besoins de surveillance et maintenance. Ces éléments sont présentés dans un manuel d'entretien-maintenance et idéalement dans un carnet de vie.

Exploitation

Lors de la première année (garantie de parfait achèvement) :
- Réaliser un audit de fonctionnement et d'efficacité et vérifier l'appropriation par les occupants, gestionnaires et exploitants.
- Conduire les ajustements nécessaires.

Puis :
- Contrôler de manière régulière les concentrations dans les lieux de vie.
- Conduire l'entretien et la maintenance régulière suivant le manuel remis à livraison.

© BURGEAP - 2017

Vide sanitaire ventilé

Le vide sanitaire est un espace vide entre le plancher bas d'un bâtiment et le sol, essentiellement réalisé dans l'objectif de limiter les remontées d'humidité. En présence de pollutions dans les sols, le rôle du vide sanitaire ou vide technique est, par sa ventilation naturelle ou mécanique, de réduire les transferts vers les lieux de vie. A contrario, en l'absence de ventilation ou en cas de ventilation insuffisante, la pollution peut s'accumuler dans cet espace et si l'étanchéité n'est pas assurée entre cet espace tampon et le volume habité, impacter la qualité de l'air de ce dernier.

DESCRIPTION

Le vide sanitaire ou vide technique est un élément structurel décrit dans le DTU 65.10. Il peut être envisagé pour d'autres contraintes que celle associée à la pollution volatile des sols. Il peut être imposé par le maître d'ouvrage pour la construction d'écoles ou crèches en application de la circulaire de 2007 sur les établissements sensibles construits sur des sites pollués. Son intérêt par rapport aux autres mesures constructives décrites par ailleurs est de disposer après construction d'un espace tampon entre les sols et les lieux de vie permettant un suivi des impacts et surtout d'intervenir par sa ventilation forcée en cas de dégradation de la qualité de l'air intérieur.

VIDE SANITAIRE VENTILÉ

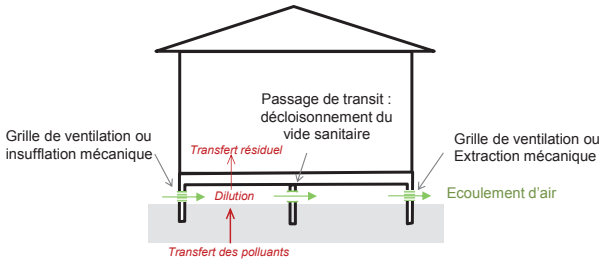


Schéma de vide sanitaire ventilé

POINTS D'ATTENTION

■ Ventilation du vide sanitaire

En cas d'insuffisance de ventilation du vide sanitaire vis-à-vis de la dilution de la pollution volatile provenant du sol, une accumulation se produit. En conséquence cet espace tampon ne permet plus de protéger les lieux de vie du bâtiment de la dégradation de la qualité de l'air. Cette insuffisance peut également être rencontrée pour des sous-sols ou caves. Il est donc primordial que cette ventilation soit étudiée en conception de manière à présenter des débits suffisants et réalistes (vis-à-vis des coûts énergétiques, des contraintes de mises en œuvre et de maintenance) et que la communication aux acquéreurs et exploitants leur permette de conserver son efficacité.

Le cloisonnement du vide sanitaire est également à prendre en compte. S'il est rendu nécessaire pour des contraintes géotechniques, des dispositions devront être prises pour qu'aucun espace ne soit isolé et qu'il n'existe pas de zones non ventilées (exemples : Copulex©, Easysump©, percement des longrines…).

Débits ou ventilation

Il n'existe pas de réglementation sur la ventilation du vide sanitaire ou technique, seules des recommandations sont formulées dans différents documents :

- Le NF DTU 61.1 (2010) précise que « le vide sanitaire est considéré comme ventilé si la section totale libre des ouvertures en cm² est au moins égale à 5 fois la surface au sol du vide sanitaire en m² ».
- Vis-à-vis du radon : le CSTB (2008) propose une ventilation à un débit compris entre 1,5 et 5 m³/h par m² de surface au sol.
- Thermique : un document « les produits en béton » précise que le vide sanitaire sera considéré :
  - ♦ fortement ventilé si la surface de ventilation est supérieure à 15 cm²/m²
  - ♦ faiblement ventilé si la surface de ventilation est comprise entre 5 et 15 cm²/m².

■ Système de ventilation naturel ou mécanique

Si la ventilation naturelle présente l'avantage de limiter les contraintes d'entretien et d'exploitation, son aptitude à réduire suffisamment les niveaux de pollution doit être étudiée en conception, il convient en particulier de s'assurer que la surface et le positionnement des grilles permettent d'atteindre un renouvellement d'air suffisant associé à un bon balayage des espaces considérés, pour toutes les conditions météorologiques. Dans le cas contraire, le besoin d'une ventilation mécanique devra être envisagée.

En ventilation naturelle, le positionnement des grilles au sein de cours anglaises n'est pas recommandé si une étude spécifique ne permet pas d'assurer la suffisance de la ventilation induite.

ENJEUX D'EFFICACITÉ

Critères devant intervenir dans le choix de cette mesure constructive pour s'assurer de son efficacité en exploitation.

Environnement, santé et bien-être	
Efficacité théorique	Oui sur la convection Variable sur la diffusion
Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	Oui sur les équipements
Efficacité liée à des facteurs externes	Entretien & météo (vent naturel)
Robustesse (vieillissement)	Lié à l'entretien & équipements
Adaptibilité du dispositif	Oui
Servitudes sur les usages	Faibles
Incidence sur le confort des usagers	Non
Contraintes d'entretien et de maintenance	Oui
Consommations énergétiques	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer

Économie	
Besoin d'études de conception	Oui
Besoin de contrôles en phase chantier	Oui
Coût de mise en oeuvre	Variable
Coût de fonctionnement (entretien et maintenance)	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer
Consommations énergétiques	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer

La ventilation mécanique peut être envisagée dès la conception ou après mise en service en cas de dégradation de la qualité de l'air intérieur. Pour envisager cette solution, des réservations devront être prises en phase de conception permettant d'installer, si nécessaire, les extracteurs.

Traitement du rejet d'air du vide sanitaire

L'air sortant du vide sanitaire peut présenter des concentrations significatives nécessitant alors des précautions particulières sur le rejet (ou les grilles). Il devra être suffisamment éloigné des entrées d'air du bâtiment, des bâtiments limitrophes et des zones d'activités (en particulier dans les écoles et établissements de la petite enfance). Selon le niveau de pollution de l'air extrait, en fonction de l'environnement de ce rejet et de la dilution par le vent son traitement pourra être nécessaire.
La nécessité de traiter les gaz rejetés ne répond à aucune réglementation spécifique. Cependant la réglementation appliquée pour les rejets gazeux des ICPE (Arrêté ministériel du 2 février 1998) donne des valeurs limites de rejet gazeux qui pourront être retenues en conception.

Mise en œuvre et vérifications

Sur des terrains présentant des pollutions résiduelles, le maître d'ouvrage pourra mettre en place un commissionnement / un suivi de chantier plus spécifique permettant de vérifier la bonne réalisation des travaux et la réception : l'accessibilité des différents équipements pour l'entretien futur, la présence des réservations le cas échéant, l'atteinte des débits...
En outre, dans cet espace tampon où les concentrations seront potentiellement importantes, il est recommandé de traiter l'étanchéité de son interface avec les lieux de vie (joints de dilatation, passages de réseaux, trappes). Se référer à la fiche dédiée.

Contraintes d'exploitation

Les contraintes d'exploitation associées à la présence d'un vide sanitaire ventilé font essentiellement référence à l'entretien de la ventilation du vide sanitaire (le cas échéant du dispositif de traitement des gaz extraits), à la vérification de l'absence de détérioration de l'intégrité de la dalle et de l'étanchéité de l'ensemble des passage de réseaux. Par ailleurs, une surveillance de la qualité de l'air devra être engagée.

Calcul des débits en ventilation naturelle

La transcription des surfaces d'ouverture des grilles en débit d'air est estimée en lien avec le module de la grille et la pression au niveau de la bouche. La connaissance du débit effectif dépendra de cette pression dépendant elle-même de son altimétrie et de son environnement. Lors de la phase de conception, le BET fluides de l'équipe de maîtrise d'œuvre devra étudier au-delà du débit conventionnel sous 10 Pascals, le débit d'air effectif compte tenu du nombre, de la taille, de la localisation des grilles (à positionner de préférence dans l'axe des vents dominants et en évitant les zones mortes), de la géométrie du vide sanitaire ou technique et de l'effet du vent au niveau des grilles (environnement du site). Il sera alors important que le BE SSP soumette le débit minimum et vérifie que cela est bien pris en compte par les équipes de conception.

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Conception

- Envisager des missions complémentaires pour le MOE : commissionnement sur la ventilation et établissement du cahier des charges de la maintenance.
- Concevoir la structure du vide sanitaire permettant de limiter les cloisonnements et assurer une connexion aéraulique suffisante
- Choisir et justifier le système et les équipements de la ventilation et la localisation, voire le traitement des rejets.
- Communiquer au BE SSP les systèmes, débits et taux de renouvellement d'air. Celui-ci évaluera en fonction de la pollution en présence la suffisance des dispositions prises (Plan de gestion).
- Introduire dans les marchés des entreprises les éléments nécessaires pour la mise en œuvre, la réception (DOE, manuel de fonctionnement, maintenance et entretien).

Construction

- Vérifier l'absence de cloisonnement, la mise en place des connexions aérauliques le cas échéant, le positionnement des grilles ou du rejet, ainsi que la mise en place adaptée des équipements de ventilation ou les réservations.
- Vérifier le cas échéant l'étanchéité mise en place et le traitement des points singuliers (voir fiche dédiée).

Réception et livraison

- Contrôler les concentrations dans le vide sanitaire, sur le rejet et dans les lieux de vie.
- Contrôler les débits, voire les dépressions dans le vide sanitaire.
- Transmettre les informations sur ce qui a été mis en œuvre, les contraintes d'usage et d'exploitation ainsi que les besoins de surveillance et maintenance.

Exploitation

Lors de la première année (garantie de parfait achèvement) :
- Réaliser un audit de fonctionnement et d'efficacité et vérifier l'appropriation par les occupants, gestionnaires et exploitants.
- Conduire les ajustements nécessaires.

Puis :
- Mesurer de manière régulière les concentrations dans le vide sanitaire, les lieux de vie et au niveau du rejet.
- Conduire l'entretien et la maintenance régulière des équipements suivant le manuel émis à livraison.

© BURGEAP - 2017

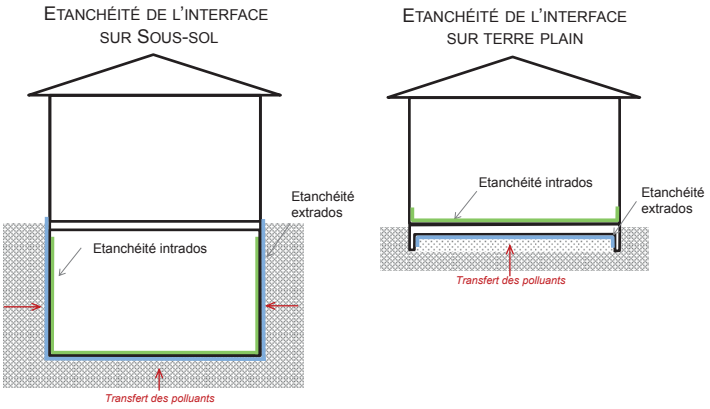
Étanchéité

Les systèmes d'étanchéité ou de cuvelage concernent un ensemble de matériaux et d'opérations visant à protéger les bâtiments, généralement contre les infiltrations. En présence de pollution volatile dans les sols, ces mesures constructives par étanchéité soit en externe soit en interne de l'interface entre le sol et le bâtiment permettent de bloquer les transferts des gaz pollués vers l'air intérieur. Dans le cas de constructions neuves, l'étanchéification est plus particulièrement mise en œuvre en application du principe de précaution, ou en complément d'autres mesures constructives. En réhabilitation, l'étanchéification est toujours à envisager en compléments à d'autres actions.

DESCRIPTION

A ce jour, pour la protection des bâtiments des pollutions gazeuses venant du sol, il n'existe pas de norme spécifique. Cependant, la norme DTU 14.1 (NF P 11-221-1, mai 2000) qui encadre la conception et la mise en œuvre de cuvelage, apporte certains éléments, dont les bonnes pratiques de mise en œuvre, les points de contrôle. Elle décrit trois grands types de structures. Celles dites relativement étanches, admettant un léger passage d'eau ne sont pas recommandées. Les suivantes peuvent être envisagées :

- Les **revêtements d'imperméabilisation** (généralement mis en œuvre en cas de réhabilitation de bâtiment ou lors de l'intégration tardive de la problématique de pollution dans l'acte de construire) :
  - le revêtement enduit à base de mortier : technique ancienne, moins utilisée compte tenu de son coût ;
  - le revêtement par cristallisation ou minéralisation : technique courante, peu onéreuse est généralement utilisée sur béton neuf ;
  - le revêtement résine Epoxy armé ou non : technique courante mais plus onéreuse. Ce revêtement est généralement utilisé en réhabilitation ou pour des bâtiments à usage sensible.
- Les **revêtements d'étanchéité** appliqués à l'extérieur de la structure :
  - les revêtements d'étanchéité traditionnels par exemple bicouche en feuille de bitume modifié, monocouche ou bicouche en asphalte ;
  - les revêtements monocouches par géomembranes (GMB) de différentes compositions (PVC, PEHD, etc.) ;
  - les revêtements polyoléfines.



POINTS D'ATTENTION

Choix des matériaux

L'étanchéification à l'aide de géomembranes (GMB) ou de revêtement d'imperméabilisation (résines) permet de limiter les transferts convectifs. Lors du choix des matériaux, les points suivants sont à considérer vis à vis de ses propriétés convectives et diffusives.

Le choix d'une GMB doit être adaptée à la problématique de pollution et aux spécificités du site. La nature et les concentrations des gaz dans les sols pollués et leur compatibilité avec la GMB, doivent être prises en compte, certaines GMB ayant été caractérisées par rapport à des gaz spécifiques (radon, composés organiques, CH_4, CO_2…). En termes d'efficacité et de durabilité, il est nécessaire d'anticiper les phénomènes de dégradation physique, biologique et chimique. Plus les GMB présentent des propriétés mécaniques résistantes et un temps d'induction à l'oxydation long, plus elles semblent pouvoir être résistantes face à la dégradation physique et chimique.

Les revêtements internes à base de polymère (résines époxy et résines polyuréthanes) sont intéressants de par leur très bonne adhérence avec le béton et l'acier et leur bonne résistance aux contraintes mécaniques, parmi les deux classes de résines principalement reconnues. Il convient cependant d'anticiper les émissions de composés organiques volatils de ces revêtements par une aération suffisante des espaces avant livraison.

ENJEUX D'EFFICACITÉ

Ces critères sont à considérer lors du choix de cette mesure constructive et lors de la construction. Il convient de mentionner que son efficacité est fortement dépendante de sa conception et de sa mise en œuvre incluant le traitement spécifique de l'ensemble des points singuliers.

Environnement, santé et bien-être	
Efficacité théorique	Convection : oui Diffusion : variable
Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	Non**
Efficacité liée à des facteurs externes	Intrados : entretien, usages Extrados : non
Robustesse (vieillissement)	Lié à l'entretien & équipements
Adaptibilité du dispositif	Non
Servitudes sur les usages	Intrados : importantes Extrados : faibles
Incidence sur le confort des usagers	Non
Contraintes d'entretien et de maintenance	Intrados : oui Extrados : non
Consommations énergétiques	Non

Économie	
Besoin d'études de conception	Oui
Besoin de contrôles en phase chantier	Oui
Coût de mise en oeuvre*	Variable (voir BRGM, 2014)
Coût de fonctionnement (entretien et maintenance)	Faible
Consommations énergétiques	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer

*Critères secondaires si la problématique est suffisament anticipée
** Des DTU et/ou avis techniques peuvent exister pour certains de ces systèmes pour la gestion des infiltrations d'eau (et non la gestion des remontées gazeuses).

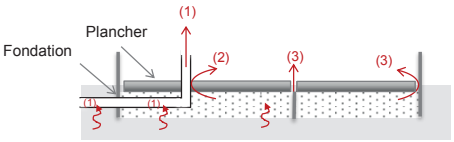
Mise en œuvre et vérifications

Lors de la construction, une inspection minutieuse de la mise en œuvre de la GMB doit être menée en chaque point critique que sont : les soudures au niveau des lés, des scellements bétons (fondations, murs, poteaux, longrines), des voiles de béton, des poteaux, des longrines, des passages de réseau... Le recours à des entreprises certifiées ASQUAL est préconisé.
Sur la GMB, un géotextile anti-poinçonnant jouant un rôle de protection mécanique, est obligatoire afin de pouvoir poser le ferraillage sans risque d'endommagement. En outre, compte tenu des risques de défauts d'étanchéité, il sera souvent recommandé de combiner la pose de géomembrane avec l'installation de systèmes de drainage passifs ou actifs (voir fiche dépressurisation des sols).

Intégrité de l'étanchéité

Quel que soit le matériau choisi, le point d'attention majeur concerne l'intégrité de l'étanchéité.
De manière à assurer cette étanchéité à l'échelle de l'ensemble de l'interface, il est nécessaire de diminuer le nombre de points singuliers que sont les passages de réseaux (eaux, électricité, gaz...) et de traiter spécifiquement la continuité de l'étanchéité. Des contrôles devront être conduits sur le chantier afin de s'en assurer, ils doivent être réalisés à la fin de sa pose ainsi qu'après la pose de la dalle de béton (test de pression, test de fumée).

BESOIN DE TRAITEMENT DES SINGULARITÉS



(1) Transfert au sein des réseaux ou fourreaux
(2) Transfert en pourtour des réseaux ou fourreaux
(3) Transfert aux rétractations de séchage des dalles

Contraintes d'exploitation

Les contraintes d'usage se limitent à l'absence de détérioration de l'étanchéité mise en place. Ainsi, pour les revêtements internes, en complément des contraintes d'usage pour les occupants (absence de percement), une surveillance de l'état du revêtement sera nécessaire. Enfin, qu'ils soient internes ou externes, la conservation de la mémoire de ces dispositifs et de la raison pour laquelle ils ont été déployés est nécessaire afin d'en éviter le percement par des travaux.

GMB : limitation de la détérioration

Lorsqu'elles sont placées sous une dalle de béton, l'utilisation de membranes plus épaisses semblent pouvoir réduire l'apparition de poinçonnements. Dans tous les cas, la GMB doit être couplée à un matériau amortissant les contraintes structurelles (de type géotextile). Plusieurs GMB sont proposées par des fournisseurs, avec différentes associations envisageables : des géocomposites, des associations de géofilms et géomembranes, des géocomposites étanches/ semi perméables (association de géomembranes, association de géofilms semi-perméables).

Recommandations du CFG

L'efficacité de ces revêtements est fortement liée au respect des règles de l'art lors de leur mise en œuvre. En l'absence d'intégrité de l'étanchéité, la qualité de l'air peut être dégradée. Des recommandations portant sur les éléments d'aide à la conception, à la réalisation, au contrôle, à la réception, ainsi qu'au suivi des ouvrages sont disponibles sur le site du comité français des géosynthétiques (http://www.cfg.asso.fr/publications), sont à consulter, en particulier CFG (2017) et CFG (2003).

POINTS D'ATTENTION PAR PHASE

Conception

- Choisir et justifier le type d'étanchéification au regard des spécificités du site et du bâtiment.
- Analyser la pertinence du couplage avec autres mesures constructives, l'étanchéification n'est souvent qu'une première mesure pour réduire les transferts. (voir fiches enjeux techniques).
- Dimensionner en fonction de la géométrie des fondations et des contraintes auxquelles devra répondre le produit.
- Introduire dans la consultation des entreprises et leurs marchés les éléments nécessaires à la garantie d'efficacité du dispositif d'étanchéité (études de détail de jonction avec les bétons et les réseaux, certifications des entreprises, avis techniques, …). Nécessité d'échanger avec les entreprises pour s'assurer de l'adéquation du produit avec la problématique.

Construction

- Coordonner les différents corps de métier concernés.
- Veiller à la mise en œuvre conformément aux marchés établis et dans les règles de l'art : continuité et étanchéité des soudures éventuelles, étanchéité de points singuliers que sont des passages de réseaux, scellement au béton, etc.).
- Réaliser les contrôles d'étanchéité (par les entreprises et par un contrôleur externe) à réception.

Réception et livraison

- Mesurer des concentrations dans les zones de transfert et les lieux de vie.
- Transmettre les informations sur ce qui a été mis en œuvre, les servitudes, contraintes d'usage, les besoins de surveillance et de maintenance (pour l'étanchéité intrados). Les éléments nécessaires à la transmission des informations sont présents dans les pièces fournies par les entreprises, la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage.

Exploitation

- Mesurer de manière régulière les concentrations dans les sous-sols et les lieux de vie.
- Conduire la surveillance de l'intégrité de l'étanchéité et l'entretien régulier des revêtements internes accessibles suivant le manuel remis à livraison.
- Lors de la première année (dans le délai de la garantie de parfait achèvement) : conduire les ajustements nécessaires en cas de défaillance de l'étanchéité.
- S'assurer de l'absence de travaux conduisant à la détérioration de l'étanchéité de la dalle et autres structures concernées par les dispositions constructives de types revêtements d'imperméabilisation et d'étanchéité.

© BURGEAP - 2017

Références bibliographiques

Références générales

ADEME (2014). Etat des lieux et perspectives concernant les travaux menés en France dans le domaine de la pollution de l'air intérieur liée aux sites et sols pollués. Rapport final. CSTB, BURGEAP

ADEME (2016). Guide méthodologique sur le management de la qualité de l'air intérieur. Version expérimentale du guide. Rapport d'étude. BURGEAP, MEDIECO, ULR VALOR & AER Architectes

ADEME, UPDS (2016) – Elaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués –Guide méthodologique. 251 pages.

ADEME -Baecher C., Pianu B., Ungerer A., Brenguier A., Allard F., Blondeau P., Séraphin G. (2017). Benchmark international des politiques publiques de la qualité de l'air. 243 pages.

DGPR (2011). Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués. 40 pp.

DGPR (2017). Guide méthodologique relatif aux secteurs d'information sur les sols (SIS) et à la carte des anciens sites industriels et activités de service (CASIAS) - Juin 2017

DGS et MEEM (2007) Circulaire du 08/02/07 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles. (BO min. Ecologie et dév. durable no 2007/13, 15 juill. 2007).

DREAL Auvergne Rhône Alpes. (2017) Les secteurs d'information sur les sols (SIS) - Juin 2017

MEDD (2007) Note ministérielle « Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » et ses 3 annexes.

MEDDE - METL (2013) Construire Sain. Guide à l'usage des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour la construction et la rénovation. Mise à jour d'avril 2013. 64 pp.

MTES (2017a). Note du ministère en charge de l'environnement du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués – Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html

MTES (2017b). Introduction à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html

MTES (2017c). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html

Traverse S., Alem C., Casal A., Cessac C., Collignan B., Côme J.M., Dabonneville M., Desrousseaux M., Grasset M., Hulot C., Paccoud C., Powaga E., Raoust M.. 2017. Mesures constructives vis-à-vis des transferts des pollutions volatiles du sol vers les bâtiments. Etat des lieux et axes d'amélioration de la programmation à l'exploitation des bâtiments. Projet BATICOV Collection expertise ADEME. Novembre 2017

Réglementation et normes

AFNOR : www.boutique.afnor.org/norme/nf-x31-620-2/qualite-du-sol-prestations-de-services-relatives-aux-sites-et-sols-pollues-partie-2-exigences-dans-le-domaine-des-prestati/article/868212/fa186598

- NF X31-620-1, Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués — Partie 1 : Exigences générales.
- NF X31-620-2, Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués — Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- NF X31-620-4, Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués — Partie 4 : Exigences dans le domaine des prestations d'exécution des travaux de réhabilitation.

AFNOR NF DTU 61.1 P1 Compil Août 2006. (2006). Norme française, Indice de classement : P 45-204-1 Compil.

AFNOR NF EN 14150 Octobre 2006 Géomembranes - Détermination de la perméabilité aux liquides.

NF EN 15251 (2007) Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique

DTU 14.1 (NF P 11-221-1, mai 2000). Travaux de bâtiment - Travaux de cuvelage - Partie 1 : cahier des clauses techniques - Partie 2 : cahier des clauses spéciales - Travaux de bâtiment

DTU 65.10 (1993) Canalisation d'eau chaude ou froide sous pression et canalisation d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieur des bâtiments – règles générales de mise en œuvre. (NF P 52-305-1).

Arrêté du 8 octobre 1987 relatif au contrôle périodique des installation d'aération et d'assainissement des locaux de travail. Version consolidée au 19 juillet 2015

Arrêté du 8 septembre 2009 portant approbation du cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux NOR: ECEM0916617A appelé CCAG travaux

Arrêté du 1er juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. JORF n°0130 du 5 juin 2016

Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

Décret n°2015-1000 du 17 aout 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'iar intérieur dans certains établissements recevant du public.

Décret n°2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectué au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.

LOI n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, dite loi MOP

RSDT (1978). Circulaire du 9 août 1978 relative à la révision du règlement sanitaire départemental type. JO 13-09-1978 p. NC 7188-7222

Références techniques

AQC (2016). Dispositif REX Bâtiments performants. Prévention et remédiation du risque radon : 12 enseignements à connaître. 26 pp.

AVEMS (2010). Guide de la ventilation naturelle et hybride « VNHY »®. Conception, dimensionnement, mise en œuvre, maintenance. Edition de septembre 2010.

BRGM. (Août 2014). Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP. Rapport BRGM/RP-63675-FR d'août 2014. www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#constructives

BRGM-INERIS (2016). Gestion des sites et sols pollués. Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines. RP-65870-FR - DRC-16-156183-01401A - version 3.0- 25/11/2016.

CFG (2003). Présentation de méthodes de détection et de localisation de défauts dans les dispositifs d'étanchéité par géomembranes. Comité français des Géosynthétiques Juin 2003 (version 6). 45 pp.

CFG (2017). Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes. Comité français des Géosynthétiques Octobre 2017. 80 pp.

CSTB (2008). Le radon dans les bâtiments : Guide pour la remédiation des constructions existantes et la prévention des constructions neuves. Guide technique CSTB, Collignan B., Sullerot B. juillet 2008.

CSTB (2018). 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, réalisé par le CSTB, en collaboration avec le LaSIE et le laboratoire CERIC du Groupe Poujoulat, dans le cadre du projet EVALSDS

DTSC (2011). Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapor intrusion to indoor Air (vapor intrusion guidance). Department of Toxic Substances Control. California Environmental Protection Agency. Final VIG, October 2011ANSES, 2015 Expertise en appui à l'étiquetage des produits d'ameublement Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Juin 2015

DIAGVENT (2005). Diagnostic des installations de ventilation dans les bâtiments résidentiels et tertiaires – Guide pratique Diagvent.

Guide de l'entreprise générale de France – BTP (Point de vigilance pour l'exécution des supports de cuvelage par revêtement d'imperméabilisation 2014)

HCSP (2009). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le formaldéhyde. Rapport du groupe de travail. Commission spécialisée risques liés à l'environnement. Octobre 2009.

HCSP (2010). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le benzène. Rapport du groupe de travail. Commission spécialisée risques liés à l'environnement. Juin 2010.

HCSP (2012). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos. Le trichloroéthylène. Rapport du groupe de travail. Commission spécialisée risques liés à l'environnement. Juillet 2012

ITRC (2007). Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline. Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC). January, 2007

Necess'Air® (2014). Guide pratique – ventilation en habitat individuel et collectif. ADEME, UNICLIMA DGPR, 2011. Guide de Mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués

NJDEP (2013) Vapor Intrusion Technical Guidance. (New Jersey Department of Environmental Protection), Site Remediation Program, March 2013,

OSWER (2013 draft) Final Guidance for assessing and mitigating the vapor intrusion pathway from subsurface sources to indoor air (external review draft, avril 2013)

PONS C. (2012). Durabilité des géomembranes en polyéthylène haute densité utilisées dans les installations de stockage de déchets non dangereux. Thèse. Université Paris Est.

PROMEVENT (2016) - Protocole de Diagnostic des installations de ventilation mécanique résidentielles.

RADPAR (2013). RADon Prevention and Remediation. European Program. DG SANCO. Ensemble des livrables du programme européen Radpar accessibles : http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/

RFVS-OMS (2017). Accompagnement à l'entrée en vigueur de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP revevant des enfants. Retours d'expérience de Villes-Santé. Juin 2017. 49 pp

Traverse S., Schäfer G., Chastanet J., Hulot C., Perronnet K., Collignan B., Cotel S., Marcoux M., Côme J.M., Correa J., Quintard M., Pepin L. (2013). Projet FLUXOBAT, Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur. Guide méthodologique. Novembre 2013. 257 pp. Accessible sur www.fluxobat.fr

Traverse S., Chastanet J., Hulot H., Gleize T., Richez F, Dorffer L.(2017). Projet TEMPAIR – partie 1. Variabilité temporelle des concentrations en PCE dans les gaz du sol et l'air intérieur. Mars 2017

US-EPA (1993). Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses, Technical Guidance for Active Soil Depressurization Systems. EPA/625/R-93/011

US-EPA (2008). Engineering Issue. Indoor Air Vapor Intrusion Mitigation Approaches. EPA/600/R-08-115

WHO (2009) Handbook on indoor radon : a public health perspective. ISBN 978 92 4 154767 3. 110 pp

Index des figures

Figures

FIGURE 1 –ORIGINES DES TRANSFERTS DE POLLUTIONS VOLATILES DU SOL VERS L'AIR INTERIEUR 8
FIGURE 2 – LES DIFFERENTES MESURES CONSTRUCTIVES POUR LA LIMITATION DES IMPACTS DE POLLUTION DE SOL SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR 10
FIGURE 3 –EFFICACITE DES MESURES CONSTRUCTIVES – RESULTANTE MULTICRITERES 11
FIGURE 4 – ENJEUX A CONSIDERER LORS DE LA DEFINITION DE MESURES CONSTRUCTIVES..... 14
FIGURE 5 – SIX FICHES *ACTEURS* 15
FIGURE 6 – STRUCTURATION DES FICHES ACTEURS 16
FIGURE 7 – QUATRE FICHES *ENJEUX TECHNIQUES* 17
FIGURE 8 – STRUCTURATION DES FICHES *ENJEU TECHNIQUE* 17
FIGURE 9 – EFFICACITE DES MESURES CONSTRUCTIVES – AXES D'AMELIORATION 18
FIGURE 10 – PROGRAMMATION ET CONCEPTION : IDENTIFICATION DES ENJEUX..... 19
FIGURE 11 – CONSTRUCTION ET EXPLOITATION : IDENTIFICATION DES ENJEUX..... 20
FIGURE 12 – SINGULARITES ET TRANSFERT DES POLLUANTS VOLATILS DEPUIS LES SOLS..... 21

Sigles et acronymes

ACT	Assistance pour la passation des contrats de travaux **(loi MOP)**
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
ALUR	Loi ALUR : Loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové
AMO	Assistant à Maîtrise d'Ouvrage
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOR	Assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de **réception (loi MOP)**
APD	Avant-Projet Définitif (loi MOP)
APS	Avant-Projet Sommaire (loi MOP)
AQC	Agence Qualité Construction
ASQUAL	Association qualité sans but lucratif, a pour mission de participer à la promotion de la qualité et de la certification des produits ou services (dont géotextile, géomembranes, soudage & responsabilité de chantier). www.Asqual.com
ATec	L'Avis Technique ou ATec désigne l'avis formulé par un groupe d'experts représentatifs des professions sur l'aptitude à l'emploi des procédés innovants de construction. Voir http://www.ccfat.fr/
ATEx	Appréciation Technique d'expérimentation. l'ATEx est une procédure rapide d'évaluation technique formulée par un groupe d'experts du CSTB sur tout produit, procédé ou équipement innovant. Cette évaluation est souvent utilisée soit en préalable à un Avis Technique. voir http://evaluation.cstb.fr/fr/appreciation-technique-expertise-atex/
ATTES	ATTES est une prestation décrite dans le projet de modification de la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011). La prestation ATTES vise à établir une attestation garantissant la prise en compte des mesures de gestion de la pollution dans la conception des projets affectant un site.
AVP	Avant Projet (loi MOP)
BASIAS	Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (http://basias.brgm.fr/)
BASOL	Base des sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif (http://basol.developpement-durable.gouv.fr/)
BCA	Le Bilan Coût-Avantages (BCA) est une prestation décrite dans le guide méthodologique national (MTES, 2017) dans la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011). Le BCA fait partie d'une prestation élémentaire « Identification des options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages ».
BE / BET	Bureau d'Études et Bureau d'Études Techniques
BREEAM	BRE Environmental Assessment Method Démarche de certification environnementale anglaise de la construction et de l'exploitation
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CFG	Comité Français des Géosynthétiques
CONT	Le Contrôle (CONT) est une prestation décrite dans le projet de modification de la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011). La prestation « Contrôles » concerne les contrôles de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance et de la mise en œuvre des mesures de gestion.
COV	Composé Organique Volatil
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CVC	Chauffage – Ventilation - Climatisation
DAACT	Déclaration attestant l'achèvement et la conformité des travaux
DCE	Dossier de Consultation des Entreprises (loi MOP)
DET	Direction d'exécution des contrats de travaux (loi MOP)
DIAG	Le Diagnostic (DIAG) est une prestation décrite dans le projet de modification de la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011). Elle comprend plusieurs prestations élémentaires concernent le diagnostic de l'état des milieux (sols, eaux, gaz du sol, air, etc.).
DGPR	Direction générale de la prévention des risques

DGS	Direction générale de la Santé
DOE	Dossier d'Ouvrage Exécuté (loi MOP)
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DTU	Document technique unifié
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
ERP	Établissements recevant du public
ESQ	Phase esquisse (loi MOP)
EXE	Phase d'exécution (loi MOP)
GMB	Géomembrane
GPA	Garantie de Parfait Achèvement
HCSP	Haut Conseil de Santé Publique
HQE	Haute Qualité environnementale. Démarche de certification environnementale française de la construction et de l'exploitation
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IEM	Interprétation de l'Etat du Milieu (dans le cadre de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués). Prestation décrite dans le guide méthodologique national (MTES, 2017) et la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011).
INERIS	Institut National de l'EnviRonnement industriel et des riSques
IHU	Inventaire Historique Urbain
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MEDD	Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
MOA	Maître d'Ouvrage / Maîtrise d'Ouvrage
MOE	Maître d'œuvre / Maîtrise d'Œuvre
MOP	Maîtrise d'Ouvrage Publique (loi MOP)
MTES	Ministère de la Transition Écologique et Solidaire
OPC	Organisation, planification de chantier
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PC	Permis de Construire
PCT	Plan de Conception des Travaux : Prestation décrite dans le guide méthodologique national (MTES, 2017) dans le projet de modification de la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011).
PG	Plan de Gestion : une offre globale de prestation décrite dans le guide méthodologique national (MTES, 2017) et dans la norme NF X31-620 (AFNOR, 2011).
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PRO	Études de Projet (loi MOP)
PVC	Polychlorovinyle
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
RSDT	Règlement sanitaire départemental type
SDS	Système de dépressurisation des sols
SIS	Secteurs d'Information sur les Sols (http://www.georisques.gouv.fr/)
SPS	Sécurité et Protection de la Santé
SSP	Sites et sols pollués
SUP	Servitudes d'Utilité Publique
UPDS	Union des professionnels de la dépollution des sites
US-EPA	United States Environmental Protection Agency
Vnat	Ventilation naturelle
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
VRD	Voirie et Réseaux Divers
VS	Vide sanitaire

WELL	Démarche de certification environnementale américaine portant sur la construction

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer et du ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS
DE L'ADEME

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

EXPERTISES

PROJET BATICOV

Mesures constructives vis-à-vis des transferts de pollutions volatiles du sol vers les bâtiments

Outils de la programmation à l'exploitation

Résumé La qualité de l'air intérieur (QAI) est reconnue aujourd'hui comme un enjeu mondial de santé publique. La pollution volatile présente dans les terrains du fait d'un passif environnemental peut être une des sources potentielles de dégradation à considérer. Sur de tels sites, en présence de pollutions volatiles résiduelles, il est prudent et donc fortement recommandé d'intégrer aux bâtiments des mesures constructives permettant de limiter les impacts de ces pollutions sur la qualité de l'air intérieur.

Leur efficacité se réfère à l'atteinte de l'objectif de réduction des concentrations dans l'air intérieur afin qu'elles soient acceptables du point de vue de la santé des occupants. Cette efficacité, au-delà de la livraison du bâtiment constitue le fil conducteur des outils développés dans le projet BATICOV.

Complémentaire à un premier document portant sur l'identification des freins et axes d'amélioration, le présent document propose des outils permettant de mieux connaître les enjeux techniques et le rôle des acteurs et *in fine* d'améliorer les pratiques pour l'ensemble des acteurs intervenant de la programmation à l'exploitation d'un bâtiment.

Sont proposés des fiches *Acteur*, les fiches *Enjeux techniques* et des shémas de points d'attention par phase.

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

www.ademe.fr