

Six critères ont été énoncés en 2007 par Rudolf Giffinger de l'université technologique de Vienne pour définir ce qu'est la **Smart City** :

- économie intelligente (**Smart Economy**),
- gouvernance intelligente (**Smart Governance**),
- mobilité intelligente (**Smart Mobility**),
- environnement et énergie durable (**Smart Environment**),
- habitat intelligent (**Smart Living**),
- écocitoyenneté (**Smart People**).

A ces six critères, peut-on ajouter celui d'assainissement intelligent et durable (**Smart assainissement**), néologisme portant sur la reconversion d'anciens sites industriels reçus en héritage vers d'autres usages ?

Les zones urbaines représentent 10 % de la surface terrestre, une proportion qui ne cesse de croître. Fort de ce constat et en gardant à l'esprit le nécessaire concept d'économie circulaire, il est indispensable de favoriser la reconversion des friches industrielles. Ces friches sont souvent géographiquement bien situées car à proximité du cœur des villes puisque rejointes par l'urbanisation au fil des ans et situées parfois près de cours d'eau. Les réaffecter à un nouvel usage, quitte à ce que ce dernier soit un usage plus sensible qu'industriel (habitats, écoles, zones récréatives,...) est plus judicieux que d'urbaniser et donc d'imperméabiliser des zones à vocation agricole voire, pire, détruire des zones naturelles.

Deux grands thèmes doivent être pris en compte lors de la reconversion des friches industrielles :

- la gestion des pollutions potentielles détectées dans les sols, sous-sols et les eaux souterraines et de surface,
- la gestion des matériaux pollués dans les anciens bâtiments que ces derniers soient démolis ou conservés.

1. Concernant la gestion des pollutions potentielles détectées dans les sols, beaucoup de pays membres de l'Union européenne, dont le Luxembourg, ont adopté des approches nationales pour définir un cadre de gestion des sites pollués. Le gouvernement luxembourgeois a adopté un avant-projet de loi au Conseil du Gouvernement du 13 décembre 2017.

Cet avant-projet prône la mise en place d'un registre d'informations sur les terrains avec obligation d'information au moment du transfert de propriété et définit la façon de gérer les quelques 12.000 sites actuellement repris dans le cadastre des sites potentiellement pollués (CASIPO). Il introduit également la procédure de vérification de la pertinence des enregistrements par rapport à la liste des établissements susceptibles de polluer le sol, le sous-sol ainsi que les eaux souterraines ou de surface.

Plus qu'un cadre pour stimuler le recyclage de terrains (potentiellement) pollués, ce projet de texte clarifie les responsabilités des différents acteurs et constitue une base légale relative au transfert des responsabilités en matière de gestion de sites pollués.

Le certificat de contrôle du sol, introduit par ce projet de loi est un document ministériel à double fonctionnalité délivré en cas d'absence de risque lié à l'usage destiné du site :

- Application d'une approche basée sur les risques pour les pollutions historiques,
- Documentation relative la fin des obligations du titulaire d'obligations.

Il permet la gestion des pollutions existantes de façon flexible, basée sur une approche scientifique :

- Possibilité d'adapter le projet (de construction) selon la situation de pollution du sol du site,
- Possibilité d'adapter l'assainissement au futur projet.

Les nombreuses implications de Luxcontrol dans ce domaine depuis de nombreuses années ont incité l'Administration de l'environnement à l'associer à un groupe de travail spécifique permettant d'affiner les outils méthodologiques envisagés sur un site pilote.

En effet, l'équipe dédiée à ce thème au sein de Luxcontrol est constituée de chefs de projets possédant entre trois et vingt-sept ans d'expériences dans différents pays, dont notamment le Benelux, l'Union Européenne voire d'autres pays. Les compétences de cette équipe concernent aussi bien la géologie, l'hydrogéologie, la chimie, l'écotoxicologie, la biologie que les études d'impact, l'urbanisme ou les techniques de traitement de sols ou d'eaux polluées.

Grâce à cette évolution réglementaire, il est possible d'envisager au Luxembourg des techniques alternatives à l'excavation et l'envoi de terres en décharge, tel que le traitement des sols in situ (dépollution sans excavation qui regroupe des techniques comme le venting, le stripping ou le lessivage) car il s'agit d'un marché croissant depuis le milieu des années 2000. Il en est de même pour les marchés prometteurs de la gestion des boues de curage et de dragage.

Des défis technologiques restent toutefois à relever comme la diminution de l'impact environnemental des traitements (maîtrise des consommations d'énergie, réutilisation des terres traitées, choix d'agents chimiques respectueux de la biodiversité,...).

Le site pilote faisant l'objet du groupe de travail mis en place par l'Administration de l'Environnement et auquel est associé le service Environnement & Laboratoire de Luxcontrol constitue un projet démonstrateur de la ville durable. Géré par AGORA, ce projet immobilier prévoit la construction d'immeubles à usages mixtes (habitations, bureaux, commerces) dont l'ambition vise l'exemplarité en terme de développement durable. Il s'agit d'un pilote d'innovations urbaines et environnementales traitant de toutes les composantes de

l'écosystème urbain, en tenant compte du principe d'économie circulaire et des mutations sociales, suscités par le réchauffement climatique.

Compte tenu de son implantation sur les terrains d'un ancien site sidérurgique (56 ha), le sujet de la dépollution dans ce contexte de reconversion immobilière constitue un enjeu de taille qu'il convient ainsi d'appréhender par une approche et des mesures de gestion environnementale innovantes et exemplaires.

Une démarche de conception initiée très en amont

Dans ce contexte, les principaux acteurs (AGORA et ArcelorMittal) ont partagé très en amont le travail de conception préfigurant la faisabilité technique et financière du projet en mettant en place différents groupes de réflexion : un comité de stratégie politique, un comité de suivi global et un comité de suivi technique. Les problématiques environnementales ont été intégrées dès les phases amont. Luxcontrol, fort de son expérience dans la gestion intégrée d'importantes opérations de dépollution en milieu urbain, est impliqué dans ce projet pour bâtir une stratégie de réhabilitation. Luxcontrol souhaite faire une proposition de gestion originale, basée sur la gestion globale et optimisée des mouvements de terres.

Raisonnement à l'échelle du projet permet d'évaluer les contraintes liées à la gestion des pollutions dans un contexte de construction opérée sur plusieurs années, d'identifier les potentialités afin d'améliorer la mise en relation dans le temps de l'offre et de la demande dans une logique d'économie des ressources.

Des problématiques de pollution & des contraintes opérationnelles à intégrer

La stratégie de gestion environnementale du site, conforme à la future approche réglementaire luxembourgeoise est en cours d'élaboration. Elle comportera deux volets.

- La partie sanitaire, appréhendée par le biais d'un plan d'assainissement qui conduira à la définition de seuils de réhabilitation spécifiques permettant de garantir l'absence de risques sanitaires pour les futurs usagers du site, selon les différents types d'aménagements prévus (logements, bureaux, commerces, crèche, école, hôtel...);
- La partie gestion de déblais impactés générés dans le cadre des opérations de terrassement.

Le projet de construction, articulé autour de différents lots, nécessitera la gestion d'un volume de déblais qu'il conviendra de (re)caractériser, trier et orienter.

Si le volume de déblais impactés par des polluants (par exemple Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - HAP), dépasse les seuils de réemploi sur site proposés dans le plan d'assainissement et validés par l'Administration de l'Environnement, alors ce volume de déblais devra faire l'objet d'une gestion spécifique, par le biais d'un traitement ou d'une évacuation en filière.

Compte-tenu des impératifs de phasage et de l'espace de stockage disponible, diminuant au fur et à mesure de l'avancement de l'aménagement du site, d'autres déblais pourtant conformes aux seuils de réemploi ne pourront pas tous être valorisés sur site.

De notre expérience acquise sur le site reconverti de Belval, le phasage du chantier et l'enchaînement des lots feront que les besoins les plus importants en remblais apparaîtront à la fin du réaménagement, lors de la phase finale du site, alors même que les déblais gérés dans le cadre du dernier lot terrassé ne pourront pas être valorisés sans traitement préalable.

L'approche classique mise en œuvre dans le cadre de chantiers de gestion de terres polluées consiste en l'élaboration d'un plan de terrassement avec orientation et évacuation en filières nécessitant souvent l'« entrestockage » d'une partie des déblais pour remblaiement. Néanmoins, cette approche ne permet pas de gérer les phasages de déblais/remblais de façon optimisée économiquement et durablement écologiquement tout du long du projet immobilier.

Ainsi, la particularité de l'approche proposée par Luxcontrol pour la gestion des déblais impactés serait de proposer un programme de mouvements de déblais / remblais sur la période globale du chantier, tout en y intégrant des phases de prétraitement - traitement sur site / hors site et de réemploi, permettant ainsi de limiter l'apport de matériaux extérieurs. L'approche serait basée sur la gestion de mouvements de matériaux et non sur une gestion de déblais vers des filières de traitement.

Il s'agit d'une approche-travaux au service de l'économie circulaire.

Les travaux préparatoires déjà réalisés ou en cours permettront d'affiner dès lors le programme de réhabilitation.

Les opérations à envisager pour la gestion des mouvements de matériaux consistent à :

- L'élaboration d'une base de données intégrant l'ensemble des informations relatives à la nature des sols en place (nature & degré de contamination, présence de réseaux enterrés, granulométrie, ...) à partir notamment :
 - De l'historique du site (localisation des anciennes canalisations, des anciennes caves et réservoirs et des sources de pollution),
 - Des études de caractérisation environnementales du site et des études disponibles,
 - Des résultats d'investigations complémentaires menées par Luxcontrol en amont des chantiers (observations terrain, analyses, géo référencement des points de sondages...),
 - De l'analyse géostatistique de l'ensemble des données (corrélations / extrapolations).
- La définition d'une nomenclature dédiée aux différents types de mouvements possibles (par exemple une dizaine) ;
- La création des plans de terrassement associés aux mouvements prédéfinis.

Le but serait de pouvoir tracer de façon détaillée et quotidienne tout mouvement de terres effectué sur le site depuis sa maille d'origine jusqu'à sa localisation finale. En parallèle pourrait être conçue une application mobile intégrant la base de données, les plans de terrassement projet, les maillages précis de pollution et les différentes catégories de mouvements. Disponible directement sur tablette, le suivi du chantier pourrait alors se faire aussi bien sur terrain qu'en bureau. Elle permettrait de suivre et de s'adapter en temps réel aux changements de phasage des travaux (modifications de l'ordre des lots, du planning, etc...) ainsi qu'aux évolutions permanentes du projet (modifications des cotes des terrassements, des besoins en remblais, tracé des voiries, etc...) tout en garantissant la traçabilité des mouvements de terres et leur gestion optimisée.

Différentes mesures de gestion pourraient être mises en œuvre afin de minimiser les flux sortant de terres polluées à traiter et de maximiser ainsi une économie de la ressource tout en s'adaptant en permanence aux évolutions du chantier :

- Tri granulométrique et analytique des matériaux sur site – constitution de lots de déblais homogènes et compatibles d'un point de vue sanitaire pour une réutilisation sur site et évacuation en filières hors site des matériaux considérés pollués;
- Traitement biologique sur site de terres polluées ou de sédiments de bassins sous forme de biotierre ou déshytubes sur une durée limitée, avec réutilisation sur site des terres après traitement ou évacuation de la partie résiduelle polluée concentrée ;
- Entrestockage temporaire des matériaux compatibles d'un point de vue sanitaire sur une plateforme au sein du périmètre du site, avant réutilisation en remblais sur site, limitant ainsi le recours à l'élimination en filières et l'apport de matériaux de remblais naturels; Ces dispositions devront être encadrées par l'Administration de l'Environnement.
- Evacuation des terres avec pollutions modérées sur une plateforme pour un traitement par voie biologique et réutilisation sur site en remblais. Ces dispositions devront être aussi encadrées par l'Administration de l'Environnement.

Ce programme permettrait la mise en œuvre d'une véritable opération d'économie circulaire, en visant 100 % des besoins en remblais couverts par les matériaux réutilisés et ce dans le respect des contraintes réglementaires et sanitaires.

En parallèle, des solutions d'optimisation logistique (éviter la circulation à vides des camions) et l'utilisation de filières peu éloignées et locales pour le traitement des déblais pollués et la fourniture de matériaux de remblaiement devraient être étudiées.

Ce mode de gestion permettrait de réduire les impacts liés à la gestion de la pollution des sols :

- D'un point de vue environnemental :
 - Economie des ressources (matériaux et énergies fossiles) en favorisant notamment les techniques de tri et traitement sur site, et le cas échéant les technologies de valorisation hors site.
 - Diminution du bilan carbone du chantier en limitant le nombre de camions évacués tout en minimisant les besoins en matériaux d'apport extérieur. Cette gestion optimisée des matériaux s'inscrirait parfaitement dans la démarche de développement durable et de l'économie circulaire
- D'un point de vue opérationnel :
 - Mise en œuvre de mesures de gestion optimisées à l'échelle globale du projet, la maîtrise de la traçabilité, la limitation des flux sortant ;
 - Adaptation en permanence et en temps réel aux contraintes opérationnelles et évolutions du projet ;
- D'un point de vue économique :
 - Sécurisation financière par des démarches d'anticipation permettant d'élaborer une stratégie de réhabilitation optimisée et adaptée au contexte du projet ;
 - Meilleure maîtrise des aléas en amont (orientations filières) et pendant le chantier (évolution de planning et phasage).

A l'échelle d'une ville ou d'un territoire, la géologie urbaine pourrait regrouper un certain nombre d'actions autour de la gestion des sols et sous-sols urbains : modélisation géologique du sol et du sous-sol, caractérisation des ressources en eau et des ressources géothermiques (chaleur, parfois électricité), gestion des risques géotechniques (cavités, fractures, etc.), et caractérisation géochimique des sols.

2. Concernant la gestion des matériaux pollués dans les anciens bâtiments en cas de travaux importants liés à leur réhabilitation ou leur déconstruction, certains diagnostics s'avèrent indispensables. Ils ont pour objectif de protéger les employés travaillant sur place ainsi que les salariés des entreprises qui auront à opérer sur le chantier. Il s'agit aussi de s'assurer du bon traitement des déchets de chantier. Avant de démarrer des travaux de réhabilitation, rénovation, découpage, percement, démolition ou dépose au sein d'un bâtiment, plusieurs «polluants» principaux sont à repérer.

Quels sont les polluants du bâtiment à analyser ?

- L'amiante,
- Les métaux lourds,
- Les PCB,
- Les hydrocarbures et goudrons
- Les éléments potentiellement radioactifs,

- Les produits de préservation du bois, PCP et COSV,
- Les composés organiques volatiles,
- Les fibres minérales artificielles (FMA),
- L'humidité et les moisissures,
- Les maladies du béton,
- ...

Le repérage amiante porte sur l'intégralité des matériaux et produits susceptibles de contenir de l'amiante présents dans les bâtiments. Le repérage est réalisé après évacuation définitive de l'immeuble bâti et enlèvement des mobiliers afin que tous les composants soient accessibles. Toutefois, les recherches qui ne génèrent pas d'émission de fibres peuvent être engagées avant l'évacuation.

En cas de présence de matériaux contenant de l'amiante, un plan de retrait doit être transmis à l'inspection du travail et des mines au *minimum* un mois avant le démarrage des travaux. Sauf impossibilité technique, le retrait des matériaux contenant de l'amiante est effectué avant la démolition.

Avant la réalisation de travaux, le donneur d'ordre est tenu d'informer les entreprises intervenantes de la présence d'amiante sur le chantier. Il leur fournit un descriptif des travaux afin qu'il sonde les éléments de la construction concernés par l'opération.

Le rapport de repérage permet aux entreprises d'évaluer les risques et de mettre en œuvre les mesures de protection adaptées.

La recherche de plomb dans les peintures anciennes est essentielle avant tous travaux susceptibles de produire des poussières ou des écailles de peinture ou avant d'engager un chantier de démolition.

Les résultats doivent être transmis à toute personne physique ou morale appelée à concevoir ou réaliser les travaux. Le rapport a pour but d'informer les entreprises amenées à effectuer les travaux de la présence ou l'absence de plomb dans les peintures, sur leur état de conservation, sur les risques d'intoxication encourus et les précautions à prendre. La personne chargée de la préparation et de la mise en œuvre des travaux ou de la démolition pourra ainsi mettre en place les mesures de précautions et de prévention adaptées pour préserver la sécurité sanitaire des travailleurs.

La réalisation de mesures de concentration de plomb dans les poussières, avant et après les travaux, permet de vérifier si la concentration en plomb ne présente pas de risques sanitaires.

Les déchets contenant du plomb, selon leur nature et leur teneur en plomb, devront être stockés, recyclés, incinérés ou traités (résidus de décapage de peinture au plomb, revêtements utilisés pour la protection du sol durant les travaux, écailles de peintures dues

au grattage, chiffons ou essuie-tout utilisés pour le lavage des sols, etc.) doivent être éliminés comme des déchets industriels spéciaux.

Les prestations de Luxcontrol pour ces diagnostics peuvent être résumées ainsi dans le cadre d'une assistance à maîtrise d'ouvrage :

- Recueil des informations sur le bâtiment concerné (plans, données de construction ou de reconversion),
- Identification des matériaux tels que des polluants du bâtiment,
- Echantillonnage et analyses (par exemple mesure de métaux lourds dans la peinture à l'aide de notre laboratoire interne ou d'un instrument XRF portable),
- Désignation des matériaux à assainir,
- Définition des étapes dans le traitement sur site des matériaux pollués en concertation avec l'inspection du travail et des mines,
- Définition des filières d'élimination des matériaux contaminés,
- Estimations des coûts pour les travaux de rénovation,
- Elaboration des appels d'offres, supervision des travaux,
- Contrôle de l'air après la rénovation.

Le diagnostic de gestion des déchets est nécessaire lors de la déconstruction de bâtiments.

Lors d'une déconstruction, il convient d'identifier et de quantifier les déchets qui peuvent faire l'objet d'un réemploi sur le site ou, à défaut, d'identifier les filières de gestion des déchets. En particulier pour les anciennes activités industrielle ou commerciale et ayant été le siège d'une utilisation, d'un stockage, d'une fabrication ou d'une distribution d'une ou plusieurs substances dangereuses.

La découverte de ces polluants après le démarrage du chantier peut entraîner des arrêts ou des retards dans les travaux. C'est pourquoi il est important de faire effectuer les repérages par des organismes agréés.

En revanche, s'il est prévu de conserver les bâtiments, une attention croissante devrait être portée sur les principaux polluants de l'air intérieur des bâtiments.

Les principaux polluants dans l'air ambiant sont :

- Des polluants chimiques tels que le monoxyde de carbone ou les composés organiques volatils (COV) qui sont principalement émis par les matériaux de gros et de second œuvre comme le bois traité, les panneaux de particules ou agglomérés, ou les contreplaqués dont les résines et les colles contiennent du formaldéhyde, les moquettes, les peintures, les isolants, les solvants et les colles...
- Des bio contaminants comme les moisissures,

- Des particules et fibres : l'amiante, les fibres minérales artificielles, les particules, etc.

La présence de ces polluants est issue de différentes sources d'émission : constituants du bâtiment, du mobilier, appareils de combustion (chaudières, poêles, chauffe-eau, etc.), transfert de la pollution extérieure...

Plusieurs polluants font l'objet d'une attention particulière actuelle par l'Administration des Bâtiments Publics.

Cette attention croissante de l'Administration des Bâtiments Publics s'est d'ailleurs traduite par la création et la gestion par Luxcontrol d'une base de données permettant de fournir aux architectes en charge de la conception des futurs bâtiments destinés à recevoir du public, les fiches d'appréciation des matériaux (FAM) qu'ils souhaitent utiliser. Les matériaux sont ainsi utilisables soit sans aucune restriction ou soit après une évaluation diligentée par Luxcontrol qui tient compte des surfaces ou volumes envisagés suivie de mesures dans une pièce-test permettant de vérifier l'innocuité des matériaux.

Au-delà du développement des briques technologiques nécessaires présentées ci-avant et de leur intégration à l'échelle du bâtiment, du quartier, de la zone urbaine en général, se pose la question des nouveaux services à proposer, notamment dans l'optique de concevoir, de planifier puis de gérer la *Smart City*.

Dans un contexte où chaque décision d'aménagement urbain, chaque politique mise en place aura un impact majeur sur le devenir des quartiers et des villes, les décideurs et aménageurs urbains doivent anticiper ces impacts, tout en prenant en compte les incertitudes et les interactions complexes entre les domaines déjà évoqués parmi lesquelles la qualité de l'air et des sols.