

---

L'économie Circulaire des RCD pour l'adaptation au changement climatique  
EFA 336/19

# Stratégies de démolition et de déconstruction. Conception de bâtiments préventive des déchets

Version 1. 28 juin 2021





# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2. Stratégies de démolition ou de déconstruction pour les produits existants</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Critères d'évaluation pour le choix de démolition ou de déconstruction</b>	<b>5</b>
2.2.1. Critères d'évaluation .....	5
2.2.2. Evaluation générique.....	7
2.2.3. Constats .....	7
<b>3. Expérience des entreprises de démolition/déconstruction ; Sécurité</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Partage d'expérience d'entreprises de démolition/déconstruction</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Aspects à considérer en lien avec la sécurité lors des opérations de démolition / déconstruction</b>	<b>12</b>
<b>4. Conception de bâtiments préventive des déchets</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Introduction</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Bénéfices d'une conception préventive des déchets</b>	<b>14</b>
<b>4.3. Principes de conception préventive des déchets</b>	<b>18</b>
4.3.1. Chantier à faible production de déchets .....	18
4.3.2. Réutilisation de produits .....	22
4.3.3. Entretien Maintenance.....	28
4.3.4. Réversibilité et transformabilité.....	29
4.3.5. Démontabilité.....	41
<b>ANNEXE 1 : Produits et critères de choix associés</b>	<b>45</b>
<b>ANNEXE 2 : Témoignages d'une entreprise de démolition/déconstruction</b>	<b>46</b>



# 1. Introduction

Ce rapport a été rédigé dans le cadre de l'Action 4.3 *Stratégies de démolition et de déconstruction. Conception de bâtiments préventive des déchets* du projet RCDiGreen.

L'Action 4.3 avait pour objectifs d'une part de définir les critères de stratégie de déconstruction/démolition des produits du bâtiment, et d'autre part de proposer des principes de conception de bâtiment préventive des déchets.

Concernant la stratégie de déconstruction des produits, NOBATEK/INEF4 a tout d'abord défini un groupe de critères généraux à étudier et les liens entre eux. Un tableau d'évaluation générique des principaux produits du bâtiment a ensuite été réalisé afin de servir d'outil support aux maîtrises d'ouvrage et maîtrises d'œuvre préparant leurs projets. NOBATEK/INEF4 relate ensuite les témoignages « terrain » d'une entreprise de déconstruction/démolition. Ces témoignages permettent de mieux comprendre les enjeux premiers de ces entreprises (ex sécurité), les protocoles courants, les éventuelles difficultés à déconstruire et ainsi cibler les freins à lever.

Un focus sur le sujet de la sécurité lors des travaux de déconstruction sera ajouté dans la version 2 à venir du document. Ce travail de mise à plat des critères de sécurité, des solutions existantes, est mené par la Fundacion Laboral de Construcción en collaboration directe avec des entreprises de déconstruction/démolition.

Concernant la conception préventive des déchets, NOBATEK/INEF4 a établi une sélection et synthèse de guides de référence que le centre a rédigé sur le sujet (BAZED, AMI Economie Circulaire FBE). Sont ainsi rappelées les thématiques à considérer (démontabilité, réversibilité, conservation, réemploi, chantier, etc.) et pour certaines les grands principes de conception à respecter.



## 2. Stratégies de démolition ou de déconstruction pour les produits existants



## 2.1. Introduction

Le succès d'un projet de déconstruction commencera par un diagnostic pertinent des parties d'ouvrage à déconstruire soigneusement, à séparer grossièrement et enfin des parties devant être démolies. Cette stratégie de déconstruction sera établie collaborativement entre la Maîtrise d'Ouvrage exprimant ses objectifs et volontés générales, l'éventuel diagnostiqueur PMD (Produits Matériaux Déchets) et Réemploi, l'équipe de maîtrise d'œuvre du projet de déconstruction et enfin les entreprises de démolition/déconstruction. Dans la mesure du possible, ces dernières doivent être intégrées aux réflexions dès la phase de définition de la stratégie en raison de leur expérience terrain et de leur capacité à évaluer rapidement la faisabilité de certains choix.

L'évaluation de l'intérêt de déconstruire les différents éléments constitutifs d'un bâtiment se base sur un ensemble de critères techniques, économiques, environnementaux, d'état du contexte local, et enfin de sécurité des personnes. Ce chapitre détaille ces critères et propose une évaluation générique pour les produits communs du bâtiment.

## 2.2. Critères d'évaluation pour le choix de démolition ou de déconstruction

### 2.2.1. Critères d'évaluation

La stratégie de démolition/déconstruction des différents éléments doit être définie au cas par cas selon le contexte propre au projet. Le tableau suivant propose un ensemble de critères à analyser par l'équipe projet sur pour les produits à déconstruire. Une partie de ces critères sera analysée par le diagnostiqueur PMD (Produits Matériaux Déchets) ou réemploi.

Critère	Précision
<b>Réemployable / réutilisable</b>	<p>Ce critère croise des paramètres techniques et d'intérêt du marché.</p> <p>Le produit étudié est-il techniquement réemployable ou réutilisable (selon son état, les possibilités de reconditionnement, la possibilité d'assurabilité et d'acceptation par un bureau de contrôle) ?</p> <p>Le produit dispose t il d'un marché potentiel pour son réemploi ou réutilisation ? Certains produits sont en effet trop datés, pas assez performants.</p> <p>Existe-t-il des acteurs locaux en mesure de prendre en charge, stocker, vendre ou donner les produits déconstruits ?</p>
<b>Recyclable localement</b>	<p>Si la conservation in-situ, le réemploi ou la réutilisation ne sont pas possible, se pose alors la question du recyclage des matériaux. Le recyclage est généralement facilité lorsque les différents matériaux / fractions sont séparés.</p> <p>Le matériau séparé ou un ensemble de matériaux sont-ils recyclables localement ou à plus grandes distances dans des conditions environnementales acceptables (ex poids de l'impact transport) ?</p> <p>Si oui, le critère économique entre généralement en jeu avant de choisir la séparation ou non des fractions.</p> <p>Dans le cas contraire, il peut ne pas être pertinent de procéder à une séparation des différents produits.</p>
<b>Quantité critique</b>	<p>La pertinence économique et environnementale de la séparation de produits en vue de leur réemploi ou recyclage sera le plus souvent conditionné à une quantité critique qui permettra</p>



	un amortissement des coûts et des impacts (ex de transport). Mobiliser des efforts particuliers de déconstruction et une logistique spécifique pour des produits à faible valeur ajoutée et en faible quantité peut s'avérer contreproductif.
<b>Valeur intrinsèque du produit</b>	En lien avec la quantité critique, il peut y avoir un intérêt ou non de déconstruire des produits en vue de leur recyclage ou réemploi. L'évaluation est fonction de leur valeur économique par rapport aux produits neufs, leur valeur patrimoniale, et enfin valeur environnementale.
<b>Facilité de démontage</b>	Le choix de déconstruire des éléments d'un bâti est logiquement tributaire de la facilité de démontage des dits éléments. Sont-ils facilement accessibles ? sont-ils liés à d'autres matériaux ? sont-ils résistants aux opérations de démontage ? des outils et équipements de déconstruction existent t ils ?
<b>Etat de conservation du produit</b>	L'état du produit doit être compatible avec un réemploi / réutilisation potentiel, ou même recyclage (si pollution).
<b>Rentabilité</b>	Le critère économique est bien entendu essentiel. Il est sous-jacent aux autres critères proposés dans le tableau. La rentabilité de la déconstruction d'un élément prendra en compte les coûts de déconstruction même, de logistique, de remise en état ou de recyclage, de revente éventuelle, et des économies potentielles (sur les déchets, transport, etc.).
<b>Sécurité des personnes</b>	Ce critère est primordial. L'opération de dépose puis de gestion des éléments déposés ne doit pas faire encourir de risques pour la santé et l'intégrité des personnes.

Tableau 1: Critères d'évaluation en vue de la déconstruction des produits existants

De manière générale le choix stratégique de déconstruction/démolition des différents produits passe par un ensemble d'évaluations croisées. Le schéma ci-dessous présente les principales évaluations à mener ainsi que les données entrantes à considérer.

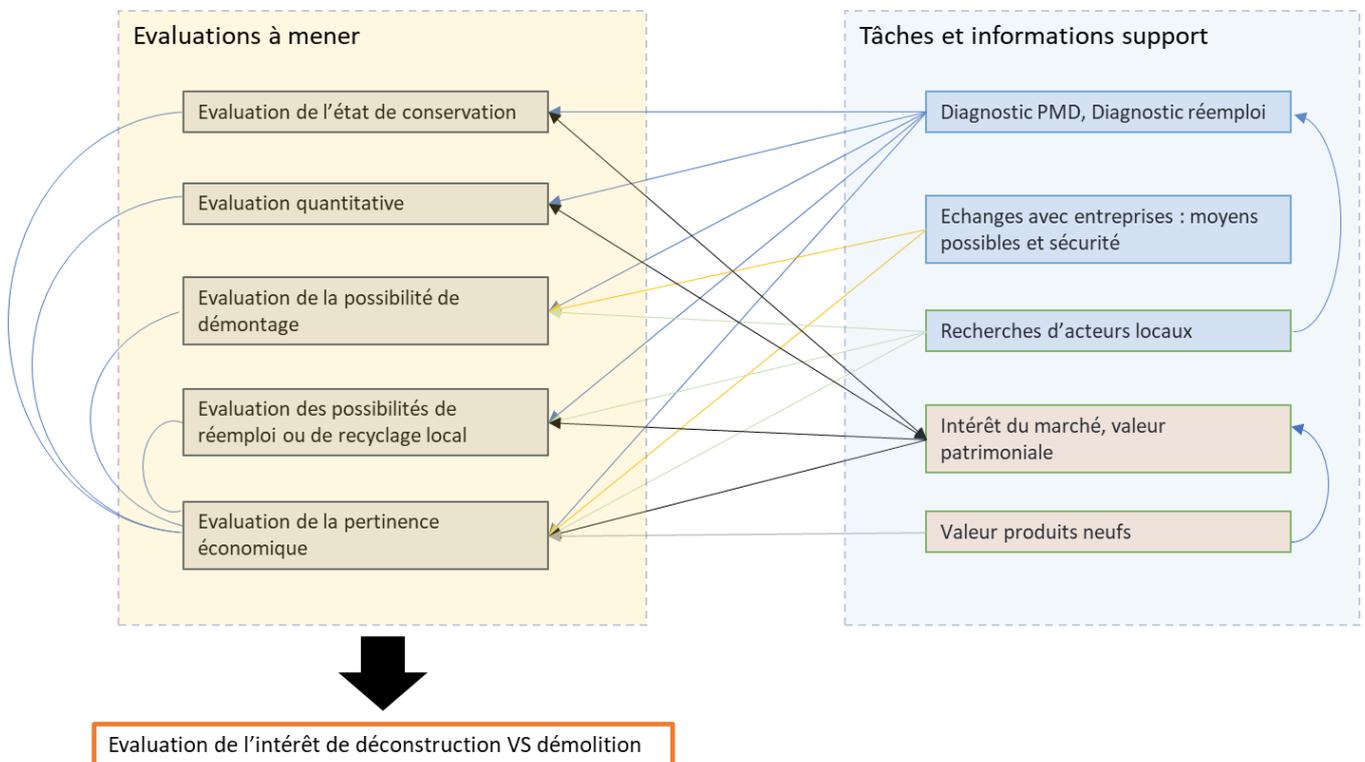


Figure 1 : Evaluations en vue de la stratégie Déconstruction/démolition des produits



### 2.2.2. Evaluation générique

Une évaluation générique a été établie sur un ensemble de produits du bâtiment et sur différents critères susmentionnés. La base de données d'informations, fournie en Annexe, sert d'outil de réflexion aux équipes projet abordant un projet de démolition/déconstruction.

Lot		Produit	Matériau	Typologie de déchet	Démolition / déconstruction habituelle	Valorisations possibles			Critères économiques			Critères techniques	
					Reecolégé	Réemployé	Commentaires	Quantité relative	Valeur intrinsèque du matériau	Facilité à démonter	Difficultés rencontrées	Sécurité	Nouvelles techniques de démolition
Revêtement de sol souple	Mobilier	Métal	Ferraille			Oui							
	Mobilier	Bois	Bois (si non traité)			Oui							
		Ciment (roséage)	Gravats / Inerte	Démoli ou marteau-piqueur	Oui	Non	Après un tri sélectif de gravats recyclés, pour caucous, remblai, etc.	+	+	Avec un marteau-piqueur assez simple mais fastidieux	Le roséage doit être détruit pour pouvoir être retiré. Risque d'endommagement du support	Vibrations et TMS, éclats de gravats	
		PVC	DIB	Arraché au retiré à la spatule, lame vibrante, en chauffant avec la colle pour le ramaler	Oui	Oui	Dans le cas d'une paroi adhésif double-face, le revêtement est facilement récupérable et potentiellement réemployable. S'il est collé d'un plus complexe pour le retirer. Le revêtement est recyclable en matière et est intégré en partie proportionnelle dans les produits de construction.	++	-	Dépend de la méthode de fixation	Si le revêtement est collé et si la colle contient de l'amiante (à déterminer au cas par cas)	Amiante potentiellement présente dans la colle	
		Salzepe	DIB	Arraché au retiré à la spatule, lame vibrante, en chauffant avec la colle pour le ramaler	Oui	Oui	Dans le cas d'une paroi adhésif double-face, le revêtement est facilement récupérable et potentiellement réemployable. S'il est collé d'un plus complexe pour le retirer. Le revêtement est recyclable en matière et est intégré en partie proportionnelle dans les produits de construction.	++	-	Dépend de la méthode de fixation	Si le revêtement est collé		
Revêtement de sol dur		Carrelage (céramique)	Inerte	Démanté ou marteau-piqueur ou à la pelle en mélange avec la structure après un curage	Oui	Non	Recyclé comme inerte (remblai, pour caucous, etc.) Réemploi possible en raison de la pose collée	+	+	Impossible dans le cas où il est collé au mur	Démolition avec lame ou marteau-piqueur. Plus rapide à la pelle	Vibrations et TMS, éclats de gravats	
		Chape / roséage	Gravats / Inerte	Démoli ou marteau-piqueur	Oui	Non	Après un tri sélectif de gravats recyclés, pour caucous, remblai, etc.	+	+	Avec un marteau-piqueur assez simple mais fastidieux	Le roséage doit être détruit pour pouvoir être retiré. Risque d'endommagement du support	Vibrations et TMS, éclats de gravats	
		Silicane	DIB / DD (si toxique,...)	Arraché à la main ou raclé à la spatule	Non	Non	Quantité trop faible pour envisager une récupération et un recyclage. Le joint partent au DIB en mélange	---	---	Très simple mais sans intérêt	Reçoit parfois de la colle sur le support et doit être nettoyé pour réemployer le déchet		
		Poluréthane (isolant au chape)	DIB	Arraché, retiré ou démol avec un marteau à l'échelle	Non	Non	Les panneaux de PUR sont potentiellement réemployables en leur démontant proprement. Dans les faits, c'est souvent fait (temps de démontage, mise au rebut, transport, état du PUR après démontage, etc.). Le PUR est potentiellement valorisé en UVE et le recyclage est possible.	++	-	Dépend du type de fixation. Si collage, facile à retirer et à récupérer. Sinon, il est souvent collé à l'étanchéité au support	Matière à faible valeur économique. Le temps passé à la retirer proprement n'est pas "rentable" pour un recyclage efficace		
	Stratifié	DIB	Démanté à la main	Non	Non	Le PUR est potentiellement valorisé en UVE et le recyclage est possible.	+	-	Simple à démonter en partant du centre	Recyclage compliqué à cause de la composition	RAS		

Figure 2 : Extrait de l'annexe "Critères de choix pour la stratégie de déconstruction des produits existantes"

### 2.2.3. Constats

Il n'y a pas de conclusions dans l'absolu et la pertinence de la déconstruction des différents éléments en vue de leur réemploi ou recyclage matière devra être évaluée au cas par cas avec les critères décrits précédents.

Quelques constats peuvent cependant être faits :

- La sécurité, le contexte local et la pertinence économique sont primordiaux.
- Le diagnostic PMD / Réemploi apporte une part importante des informations.
- Quasiment dans tous les cas, un des freins principaux à la déconstruction est le fait que le produit est indémontable, lié aux éléments adjacents, avec un système de liaison non accessible ou non courant. Cela met en avant l'importance de la conception pour la démontabilité.



- Béton : de manière générale, les éléments de de structure béton ne sont pas déconstruits car ne visent pas le réemploi. En revanche, le recyclage doit être visé. Le réseau et les techniques de recyclage existent en effet et sont bien distribuées sur le territoire.
- Eléments métalliques : le marché du recyclage des ferrailles est suffisamment développé pour viser quasi systématiquement le recyclage des éléments métalliques. Même si une dépose soignée est préférable, elle ne sera pas toujours nécessaire, les étapes du process de recyclage permettant ensuite de séparer les fractions.
- Menuiseries : De manière générale et hors construction métallique, les dormants de menuiseries n'ont pas été prévus pour être démontés et réutilisés. Le démontage soigné des ouvrants peut être prévu en vue du réemploi (marché à trouver localement) ou pour le recyclage. Dans ce cas, le verre peut être séparé in-situ.
- Maçonneries : les maçonneries de types blocs béton ou briques alvéolaires n'ont pas d'intérêt à être déconstruites. La séparation avec les autres éléments (isolants par ex) doit en revanche être prévue à la démolition en vue de leur recyclage en granulats inertes. Les briques et pierres de taille peuvent en revanche faire l'objet d'une démolition soignée afin de séparer les éléments des joints ciment ou chaux et les réemployer.
- Revêtements de sols : globalement, les revêtements de sols doivent être séparés des supports afin de permettre le recyclage / réemploi de ceux-ci. Les sols vinyle ou moquettes collés n'ont à ce jour pas d'intérêt à une dépose très soignée car ne sont pas réemployés. Les dalles de moquettes en pose gravitaire sont de fait déposés de manière propre et peuvent trouver des filières de recyclage selon le territoire. Les parquets bois, selon leur état et type peuvent en revanche trouver un intérêt au réemploi et donc à la déconstruction.
- Electricité : les fils électriques ne seront généralement pas réemployés. Ils doivent être déposés (sans soin particulier) en vue du recyclage. Même si c'est plutôt rare, certains produits de commande (prises, interrupteurs) peuvent avoir un intérêt à la dépose soignée en vue de réemploi. Ils seront généralement séparés des autres produits au curage en vue de ne pas polluer les produits adjacents.
- Equipements : les équipements sont généralement facilement démontables et les chantiers où ils sont encore performants sont de plus en plus nombreux. Une déconstruction soignée en vue du réemploi peut être pertinente.



### 3. Expérience des entreprises de démolition/déconstruction ; Sécurité



### 3.1. Partage d'expérience d'entreprises de démolition/déconstruction

L'expérience terrain des entreprises de démolition/déconstruction est essentielle dans l'analyse de pertinence de déconstruction des différents éléments. Ces entreprises maîtrisent en effet les outils et équipements de chantier, sont tenus à de hautes exigences de sécurité des personnes et enfin visent la rentabilité des travaux. Leur expérience permet également de relever les freins actuels à la démontabilité des éléments existants et ainsi établir des principes à respecter lors de la conception des systèmes et des bâtiments.

NOBATEK/INEF4 a organisé plusieurs rencontres avec une entreprise de démolition / déconstruction de nouvelle aquitaine afin de partager une vision métier directe sur les facilités et difficultés de la déconstruction, ce de manière générale, puis par type de produits. Les comptes-rendus des 3 rencontres sont retranscrits en brut en annexe 2.

Ci-dessous une synthèse des principaux enseignements :

- Mis à part pour des questions de sécurité, un curage du bâtiment est réalisé que ce soit en démolition ou en déconstruction. Le curage consiste à enlever (mécaniquement ou manuellement) tous les éléments autour de la structure afin de la laisser à nu.
- Le curage n'est pas réalisé pour des considérations environnementales mais pour des raisons économiques. Il est en effet intéressant pour l'entreprise de revendre les déchets de structure (bois, béton, métal) au lieu de payer leur traitement au prix des DIB mélangés.
- Le curage mécanique (pelles mécaniques) est privilégié pour des raisons de sécurité et de coût. Tous les éléments sont ainsi « arrachés », mis au sol puis triés mécaniquement ou manuellement.
- Les maîtrises d'ouvrage et maîtrises d'œuvre exigent encore rarement des niveaux de tri élevés et/ou spécifiques dans les pièces contractuelles. La tendance évolue toutefois depuis ces 5 dernières années avec le développement du réemploi et du recyclage du béton.
- Le concassage du béton pour une réutilisation sur site n'est pas encore développé. Cela s'explique par le manque de temps disponible sur le chantier, le surcoût pour la maîtrise d'ouvrage du bâtiment à démolir et les nuisances engendrées.
- La sécurité prime avant tout. Les choix des techniques de déconstruction seront toujours faits avec cette priorité. Par exemple, si un plancher n'est pas stable, la déconstruction manuelle des éléments au-dessus de ce plancher ne pourra être faite. L'ensemble sera démoli puis trié au sol.
- Sauf très rares exceptions, les éléments de structure déconstruits ne sont pas réutilisés (à l'heure actuelle). Il est en effet possible que les éléments puissent avoir subi des contraintes non connues pendant leur vie utile ou lors de la déconstruction. Les bureaux de contrôle appliquent donc un principe de précaution (parfois important) ne permettant pas le réemploi des éléments.
- Mis à part en Ile de France et dans certaines zones ponctuelles, il n'existe pas de réseau significatif de récupération, de reconditionnement et de revente des produits issus de la récupération. Ces structures sont pourtant indispensables pour que le processus de déconstruction réemploi puisse fonctionner.
- Une structure métallique est rarement démontée car les éléments de structures ne seront pas réemployés en structure. L'ensemble est mis au sol pour envoi vers les filières de valorisation matière du métal.
- La réutilisation se confronte à la problématique du coût. En effet le surcoût lié à la déconstruction (répertoriée pour l'instant dans le produit récupéré) ajouté au coût de reconditionnement et de gestion font que l'élément de seconde main a un coût proche ou supérieur à l'élément neuf. Les maîtrises d'ouvrages et entreprises préfèrent alors utiliser le neuf.



- Les équipements et les réseaux électriques ne sont jamais déposés pour être réutilisés. Ils ne sont en effet pas validés par les bureaux de contrôle et ne disposent généralement plus de leurs notices. Leurs performances ne sont de plus généralement plus en accord avec les exigences actuelles.
- La conservation des façades en pierre est généralement prévue lorsqu'elle a une valeur historique. Sa conservation sera préventive de déchets mais il sera cependant nécessaire de réaliser un second mur structurel côté intérieur.
- Les sols plastiques ne sont pas récupérés. Ils sont généralement collés et donc dégradés lors de l'arrachage. Des grandes entreprises de revêtement de sols (ex INTERFACE, TARKET) proposent cependant la récupération de dalles de moquettes afin de les recycler.
- Les plastiques sont mis dans les bennes DIB en mélange puis dirigés vers les prestataires de tri et d'enfouissement. Il n'y a pas encore de demande pour le tri en amont des déchets de plastique pour une valorisation matière directe.
- Pour favoriser la recyclabilité du bâti, il est indispensable de proscrire les produits hétérogènes mélangeant une partie inerte et une partie non inerte. Exemple : béton de bois, bloc de maçonnerie intégrant de l'isolant dans les alvéoles. Ces produits ne pourront pas être envoyés vers la filière des inertes (recyclage) et seront dirigés vers les filières d'enfouissement des DIB mélangés.
- Il faut privilégier la construction par « couches » démontables dans le sens du montage.
- A part dans certaines régions (ex Rhône Alpes, Aquitaine bientôt), les complexes de doublage isolant + plâtre ne sont actuellement pas recyclables. Ils sont envoyés en DIB mélangés. L'utilisation de complexes isolant + plaque de bois serait plus intéressante car il serait possible de prévoir du démontage réemploi.
- Le plâtre représente encore un problème pour les entreprises de démolitions/déconstruction. Cette problématique s'explique tout d'abord par le manque d'offre pour la récupération et le recyclage des plaques de doublage.
- Il sera souvent plus pertinent de concevoir pour la recyclabilité que pour la réutilisation. En effet, la réutilisation se heurte à un ensemble de freins techniques, économiques et esthétiques limitant ainsi les chances d'un réel emploi en fin de vie du bâtiment. Le recyclage matière peut en revanche être prévu systématiquement si la matière du produit et sa séparation des autres éléments du bâti le permettent.
- Les organes de sécurité (ex. rambardes, lames de planchers de passerelles, etc.) ne sont quasiment jamais démontés car leur démontage peut générer des risques trop importants pour la sécurité des personnes.
- Il n'est pas forcément pertinent de prévoir des fondations démontables. Celles-ci sont généralement arrachées du sol mécaniquement pour être dirigées en filière de recyclage. Pour la conservation des fondations, les bureaux de contrôle donnent rarement leur aval.
- Lors d'une déconstruction, même avec objectifs de récupération, prévoir entre 15 % et 20 % de pertes dues aux dégradations lors du démontage et du transport.
- Les postes de colisage et stockage deviennent essentiels dans une approche de déconstruction et emploi.
- Les isolants peuvent être récupérés. Les isolants les plus faciles à récupérer pour une réutilisation sont les isolants en plaques rigides. Ils résistent en effet mieux aux sollicitations de démontage, ont gardé leur épaisseur et sont plus facilement stockés. Pour les rouleaux de fibres, il faut prévoir qu'il y a un foisonnement et que le rouleau récupéré a un volume sensiblement supérieur au rouleau arrivé sur chantier. Pour les isolants en vrac, il faut prévoir un système d'aspiration. Là encore, tenir compte du foisonnement.
- Les scénarios de déconstruction choisis par l'entreprise sont également liés au contexte local. Ils sont en effet fonction de l'offre de filières de récupération, tri, recyclage, etc.



- Pour le calcul des déchets, il serait intéressant que les bâtiments disposent d'un listing précis des produits et quantitatifs de matériaux installés par typologie. Les DOE ne sont pas assez spécifiques. Les documents attendus seraient exclusivement prévus pour les quantitatifs de matériaux. Ceci peut être prévu avec les bons de livraison des matériaux sur chantier.
- La démontabilité et la recyclabilité est plus facile sur une toiture métallique à isolation extérieure que sur une toiture béton à isolation extérieure. Le béton est en effet généralement recouvert d'une couche d'étanchéité bitumineuse et d'accroche ne lui permettant pas de rejoindre la filière de valorisation habituelle.
- Les impacts sur le métier du démolisseur/déconstructeur d'une transformation du secteur vers des bâtiments démontables et avec obligation de démontage.
  - o Chantiers a priori plus coûteux car beaucoup plus de temps de dépose. C'est la main d'œuvre qui représente le principal poste de dépense d'un chantier de déconstruction.
  - o Nécessite une main d'œuvre plus qualifiée.
  - o L'apparition de nouveaux métiers tels que « coliseur » et « stockage revente ». Selon l'intérêt économique, les démolisseurs proposeront ou non l'ensemble de la chaîne.
  - o Nécessitera des bouleversements d'organisation sur le chantier avec notamment
    - Une logistique lourde de colisage, stockage, transport.
    - Plus de place sur le chantier pour le stockage.
    - Des évacuations plus fréquentes et des moyens de transport plus petits.
    - Un poste de colisage important et bien organisé.
    - Grand nombre de palettes et de différents modèles présents sur le chantier.
    - Plus de dispositions pour le maintien de la sécurité.

### **3.2. Aspects à considérer en lien avec la sécurité lors des opérations de démolition / déconstruction**

*Ce chapitre sera détaillé dans la version 2 à venir du document. Pour cette partie, la Fundación Laboral de Construcción travaille en collaboration directe avec des entreprises de déconstruction / démolition qui témoignent de leur expérience terrain, des solutions mises en place et des besoins d'évolutions.*



## 4. Conception de bâtiments préventive des déchets



## 4.1. Introduction

Un bâtiment produit des déchets tout au long de son cycle de vie. Il générera en effet des déchets : lors de sa mise en œuvre, lors des travaux d'entretien maintenance, lors de sa réhabilitation éventuelle et lors de sa démolition en fin de vie. La conception d'un bâtiment peut avantageusement prendre en compte toutes ces étapes du cycle de vie en vue d'y réduire les quantités de déchets générés.

La conception préventive des déchets se fait en considérant un ou plusieurs objectifs tels que la réversibilité/adaptabilité du bâti, la démontabilité des éléments, le réemploi, la prévention des déchets en phase chantier, l'entretien maintenance. Ces aspects sont détaillés aux chapitres 4.3. Même s'ils demandent des efforts de conception différents que pour les projets communs, ils ne font pour autant pas appel à des concepts futuristes. Un certain nombre de règles de bon sens sont à considérer et de nombreux produits/systèmes constructifs existent déjà.

## 4.2. Bénéfices d'une conception préventive des déchets

Une démarche de conception pour la prévention des déchets à travers une ou plusieurs thématiques d'actions (réversibilité, démontabilité, réemploi, conservation, etc.) peut par ailleurs apporter une série de bénéfices économiques, environnementaux et sociétaux, à court et à long termes. Certains bénéfices s'adressent directement à la Maîtrise d'Ouvrage ou la Maîtrise d'Œuvre, d'autres à l'environnement et la société de manière plus globale.

Les phases de conception optimisée et les principes constructifs particuliers peuvent parfois entraîner des surcoûts à court terme pour le projet. Ils sont cependant récupérés dans une démarche de coût global et les bénéfices économiques à terme peuvent parfois être très significatifs.

L'importance des bénéfices économiques dépend d'un ensemble de facteurs tels que : le type de bâtiment, le contexte législatif actuel et futur, le tissu industriel et les conditions d'accès aux ressources. Un bâtiment de bureaux ou un hôpital trouvera par exemple un bénéfice plus important à une conception de bâtiment flexible.

Les tableaux suivants présentent les bénéfices associés aux objectifs de conception préventive des déchets.

### Conservation de l'existant

Pour la Maîtrise d'Ouvrage	De manière plus globale
<ul style="list-style-type: none"><li>- Conservation de la valeur patrimoniale du bâtiment. Aspect pouvant également être économiquement valorisable.</li><li>- Economies financières sur les travaux par la conservation d'éléments construits (ex structure). Particulièrement intéressant pour les structures poteaux poutres.</li><li>- Réduction des quantités des déchets et des coûts associés.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Réduction de l'impact environnemental global du projet et du secteur de la construction.</li><li>- Préservation des ressources en matières premières non renouvelables.</li><li>- Réduction des émissions de GES et des pollutions diverses (particules, poussières) liées aux travaux de démolition, au transport et au traitement des déchets, à la fabrication et au transport des produits neufs.</li></ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention de crédits supplémentaires pour les certifications environnementales de bâtiments (HQE®, LEED, BREEAM®).</li> <li>- Réduction importante des impacts environnementaux du projet, préservation de l'énergie grise.</li> <li>- Réduction des nuisances liées au chantier.</li> <li>- Amélioration de la qualité de l'air intérieur (les produits ne sont plus émissifs).</li> <li>- Meilleure acceptation du chantier par les pouvoirs publics et le voisinage.</li> <li>- Valorisation de l'image du lieu et de la Maîtrise d'Ouvrage.</li> <li>- Dans certains cas, mise à profit de l'esthétique des matériaux anciens.</li> <li>- Réponse aux objectifs de politique environnementale publique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des quantités de déchets, des transports et des besoins en enfouissement.</li> <li>- Préservation de la mémoire patrimoniale collective.</li> <li>- Participation à la sensibilisation générale sur les aspects liés à la construction durable.</li> </ul>
---	---

## Réemploi

Pour la Maîtrise d'Ouvrage	De manière plus globale
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Economies financières sur la fourniture des matériaux, notamment si les éléments proviennent d'un bâtiment déconstruit appartenant à la même Maîtrise d'Ouvrage.</li> <li>- Obtention de crédits supplémentaires pour les certifications environnementales de bâtiments (HQE®, LEED, BREEAM®).</li> <li>- Valorisation de l'image de la Maîtrise d'Ouvrage démontrant une politique responsable et durable.</li> <li>- Pour une Maîtrise d'œuvre, différenciation des autres équipes de conception et atteinte des objectifs environnementaux de la Maîtrise d'Ouvrage.</li> <li>- Amélioration de la qualité de l'air intérieur (les produits ne sont plus émissifs).</li> <li>- Réduction des impacts environnementaux du projet.</li> <li>- Dans certains cas, mise à profit de l'esthétique des matériaux anciens.</li> <li>- Possibilité d'utiliser des matériaux qui ne sont plus sur le marché.</li> <li>- Facilités à intégrer des programmes d'aides.</li> <li>- Réponse aux objectifs de politique environnementale publique (réduction des GES, recyclage, réduction des déchets)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de l'impact environnemental global du projet et du secteur de la construction.</li> <li>- Préservation des ressources en matières premières non renouvelables.</li> <li>- Préservation de l'énergie grise des éléments réemployés.</li> <li>- Réduction des émissions de GES et des pollutions diverses, liées à la production des produits neufs, de leur transport et de celui des déchets évités.</li> <li>- Structuration de la filière du réemploi par la création du besoin et des exutoires, et réduction progressive du prix des produits de déconstruction.</li> <li>- Amélioration de la rentabilité de la déconstruction face à la démolition.</li> <li>- Réduction des quantités de déchets du secteur de la construction et des besoins en enfouissement.</li> <li>- Création d'emplois. La déconstruction et les filières de gestion (reconditionnement, stockage, vente) des éléments déconstruits génèrent significativement plus d'emplois que la démolition et l'élimination/recyclage des déchets.</li> <li>- Atteinte des objectifs des politiques publiques sur la réduction des déchets enfouis et sur le recyclage.</li> </ul>

### Données sur la réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> par l'usage de produits de réemploi plutôt que neufs :

(Source : WRAP Guide / Inventory of Carbon & Energy (ICE), G Hammond and Jones, Univ of Bath)



Élément	Réduction d'émissions de CO <sub>2</sub>
Bardage métallique	1.82 kgCO <sub>2</sub> /kg
Structure métallique porteuse du bardage	8.53 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ensemble du bardage métallique	100 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ardoises	0.9 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> 58 kgCO <sub>2</sub> pour 1000 tuiles
Tuiles en terre cuite	9 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> 1050 kgCO <sub>2</sub> pour 1000 tuiles
Panneaux en bois feuillus	7.2 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (ep 19 mm)
Panneaux en bois résineux	4.3 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (ep 19 mm)
Porte en bois	33 kgCO <sub>2</sub> /porte (hors fournitures)
Pavés en granit (au lieu d'un asphalt)	0.14 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 20 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Pavés en granit (au lieu d'un béton)	0.2 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 26 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Pavés en béton (au lieu d'un asphalt)	0.14 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 20 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Pierres de façade (à la place de nouvelles briques)	0.2 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 40 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Pierres de façade (à la place de nouvelles pierres importées)	0.7 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 488 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Moquette	4 kgCO <sub>2</sub> /kg ou 10 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>

Tableau 2 : Exemples de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> par l'usage de produits de réemploi plutôt que neufs

### Prévention en phase chantier

Pour la Maîtrise d'Ouvrage	De manière plus globale
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des quantités des déchets et des coûts associés.</li> <li>- Amélioration des conditions de travail sur chantier.</li> <li>- Amélioration de la qualité globale de la mise en œuvre.</li> <li>- Obtention de crédits supplémentaires pour les certifications environnementales de bâtiments (HQE®, LEED, BREEAM®).</li> <li>- Réduction des impacts environnementaux du projet.</li> <li>- Réduction des nuisances liées au chantier (poussières, envoles, image, transports, salissure de la voie publique, etc).</li> <li>- Meilleure acceptation du chantier par les pouvoirs publics et le voisinage.</li> <li>- Valorisation de l'image de la Maîtrise d'Ouvrage.</li> <li>- Facilités à intégrer des programmes d'aides (ADEME par ex).</li> <li>- Réponse aux objectifs de politique environnementale publique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de l'impact environnemental global du projet et du secteur de la construction.</li> <li>- Préservation des ressources en matières premières non renouvelables. La prévention des déchets sur chantier implique généralement moins de gaspillage des matériaux (par dégradation préalable, erreurs) et l'optimisation des fabrications</li> <li>- Réduction des émissions de GES et des pollutions diverses (particules, poussières) liées au transport et au traitement des déchets.</li> <li>- Réduction des quantités de déchets, des transports et des besoins en enfouissement.</li> <li>- Participation à la sensibilisation générale sur les aspects liés à la prévention des déchets et à la construction durable.</li> <li>- Atteinte des objectifs des politiques publiques sur la réduction des déchets enfouis et sur le recyclage.</li> </ul>

### Entretien maintenance

Pour la Maîtrise d'Ouvrage	De manière plus globale
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des coûts directs d'entretien maintenance à long terme :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse des besoins de remplacement des matériaux/systèmes,</li> <li>- Baisse des coûts de main d'œuvre.</li> <li>- Baisse des coûts de fourniture en produits/consommables d'entretien maintenance.</li> <li>- Baisse des coûts d'élimination des déchets.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de l'impact environnemental global du projet et du secteur de la construction.</li> <li>- Réduction des besoins en matières premières naturelles (par une meilleure durabilité des produits mis en œuvre).</li> <li>- Réduction des quantités de déchets, des transports et des besoins en enfouissement.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des quantités de déchets générés en phase d'usage.</li> <li>- Meilleure durabilité de la qualité des éléments du bâti.</li> <li>- Amélioration de la qualité de l'air intérieur et du confort.</li> <li>- Obtention de crédits supplémentaires pour les certifications environnementales de bâtiments.</li> <li>- Réduction des impacts environnementaux du projet.</li> <li>- Mise à profit de l'esthétique des matériaux bruts, de l'architecture minimaliste et des réseaux apparents.</li> </ul>	
---	--

### Adaptabilité

Pour la Maîtrise d'Ouvrage	De manière plus globale
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meilleure utilisation de l'espace durant toutes les phases de la vie utile du bâtiment.</li> <li>- Augmentation des possibilités d'adaptation aux évolutions d'usage et aux augmentations d'effectifs, de membres dans la famille, etc.</li> <li>- Réduction des coûts des travaux liés aux changements d'usages.</li> <li>- Réduction des coûts des travaux obligatoires liés aux changements de réglementation (ex. Amiante, mise en conformité aux normes handicapés et électriques, obligations de rénovation thermique, etc).</li> <li>- Réduction des coûts des travaux pour l'intégration de nouvelles technologies (ex. système de ventilation, fenêtres actives, dispositifs électriques, etc)</li> <li>- Augmentation de la vie utile du bâtiment.</li> <li>- Valeur du bâtiment plus importante à la revente, notamment par la réduction des travaux nécessaires aux changements d'activités.</li> <li>- Facilités de revente du bâtiment et réduction des risques de démolition.</li> <li>- Obtention de crédits supplémentaires pour les certifications environnementales de bâtiments (HQE®, LEED, BREEAM®).</li> <li>- Réduction des quantités de déchets générées et des coûts associés lors des phases d'évolutions.</li> <li>- Pour une Maîtrise d'œuvre, différenciation des autres équipes de conception et atteinte des objectifs environnementaux et techniques de la Maîtrise d'Ouvrage.</li> <li>- Réduction des impacts environnementaux globaux du projet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la durée de vie des bâtiments et préservation de l'énergie grise.</li> <li>- Adaptation à une plus grande densité de personnes pour la même empreinte environnementale.</li> <li>- Réduction de l'impact environnemental global du projet et du secteur de la construction.</li> <li>- Préservation des ressources en matières premières non renouvelables.</li> <li>- Réduction des émissions de GES et des pollutions diverses, liées à la production des produits neufs, de leur transport et de celui des déchets évités.</li> <li>- Réduction des quantités de déchets du secteur de la construction et des besoins en enfouissement.</li> <li>- Préservation de la mémoire patrimoniale collective.</li> <li>- Atteinte des objectifs des politiques publiques sur la réduction des déchets enfouis et sur le recyclage.</li> </ul>



### 4.3. Principes de conception préventive des déchets

La conception préventive des déchets doit considérer le cycle de vie du bâtiment, anticiper les travaux d'entretien maintenance, les évolutions possibles d'usage et de performances à apporter au bâti, et enfin la fin de vie. Plusieurs thématiques peuvent faire l'objet d'efforts de conception indépendamment ou de manière conjointe. Ces thématiques concernent un ou plusieurs étapes du cycle de vie d'un bâtiment et sont indiquées dans la figure suivante.

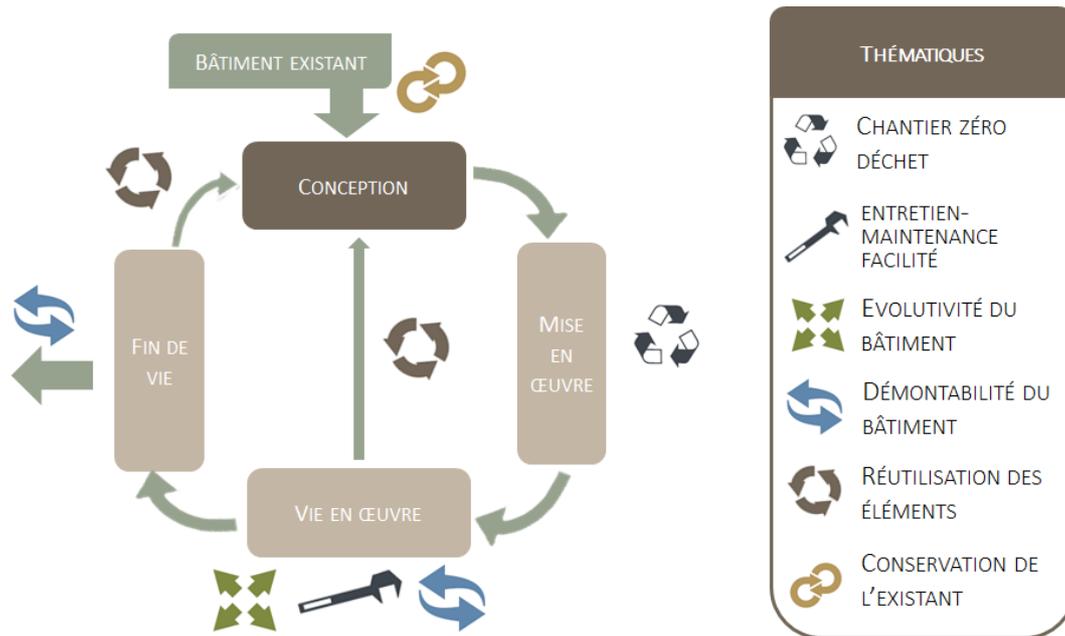


Figure 3 : Thématiques à traiter lors d'une conception préventive des déchets et phases du cycle de vie du bâtiment concernées

Parmi les différentes thématiques, la **Démontabilité** est particulièrement stratégique. Elle est souvent une condition sine qua non pour permettre un entretien maintenance aisé, conserver les éléments, rendre un bâtiment évolutif, pouvoir réutiliser des éléments à la déconstruction d'un bâtiment ou permettre la recyclabilité des déchets.

#### 4.3.1. Chantier à faible production de déchets

La réduction drastique des déchets de chantiers à éliminer durant la phase chantier passe par plusieurs niveaux d'actions portant sur :

- la conception préventive et les choix de modes de mise en œuvre,
- l'organisation en amont du chantier pour prévenir et mieux gérer les déchets,
- l'organisation et les actions pendant le chantier.



Nous renvoyons vers le guide **Prévenir et gérer les déchets de chantier** proposé par l'ADEME. Cet ouvrage de référence expose les grands principes organisationnels et techniques pour la prévention et la gestion des déchets sur les chantiers.

Le site internet BAZED recense les principaux guides et outils pour la prévention et la gestion des déchets de chantier. <http://www.bazed.fr/theme/chantier-zero-dechet>

Les tableaux suivants proposent des principes de prévention des déchets en phase chantier à appliquer lors de la conception et de la préparation du chantier, puis sur le chantier.

Domaine	Action	Acteurs	Avec
Organisation	Implication forte de la maîtrise d'ouvrage pour fixer les objectifs et moyens, et de la maîtrise d'œuvre pour fixer les « règles » et le suivi.	MOA, MOE	Sources d'informations (ex. BAZED), Retours d'expériences, Référentiels certifications, Programme de l'opération avec CC spécifique (objectif prioritaire élaboré par AMO spécialisée)
	Sensibiliser concrètement tous les acteurs aux objectifs et aux techniques (des équipes d'encadrement aux sous-traitants).	MOA, MOE, Entreprises	Réunions de sensibilisation, Documents de synthèse, Vidéos, Formations
	Intégrer la prévention et la gestion dans les pièces contractuelles (objectifs, moyens, responsabilités, etc).	MOA, MOE	Guide ADEME, DCE, SOGED Contrats et charte, Tableau de suivi
	Prévoir les moyens financiers et techniques pour la maîtrise d'œuvre et les entreprises (pour adapter la conception, et pour la gestion sur chantier).	MOA	Lot spécifique avec budget alloué
	Nommer un coordinateur « déchets ».	MOE Entreprises	DCE, Contrat spécifique
	Réaliser un SOGED.	MOE, BE environnement	SOGED
	Donner des consignes d'utilisation des équipements et matériaux pour éviter leurs endommagements.	MOE, Entreprises	Fiches techniques Formations par fournisseurs sur chantier (appui technique du fabricant)
	Négocier la reprise des matériaux non utilisés et la consigne sur les emballages.	Entreprises	Négociations au cas par cas
	Prévoir dans les pièces contractuelles la réutilisation in-situ de certains matériaux (ex terres d'excavation).	MOE, Entreprises	Description dans CCTP
	Figurer la conception le plus en amont possible et ne plus modifier le projet.	MOE, MOA, Entreprises	Détails d'EXE spécifiques dès l'APD
	Solliciter des matériaux non dangereux facilement recyclables (peintures, vernis sans solvants par ex).	MOA, MOE, Entreprises	DCE (descriptif CCTP) Fiches techniques
	Préconiser des matériaux recyclables.	MOE, Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)



	Préférer les échanges numériques et avoir une politique d'optimisation d'usage des imprimés.	MOA, MOE, Entreprises	BIM, Plateforme d'échanges de documents en ligne.
<b>Conception</b>	Prévoir une conception concertée de tous les corps d'état par exemple via la modélisation 3D et le BIM.	MOE, Entreprises	BIM,
	Privilégier la préfabrication.	MOE, Entreprises	DAO, Plans de calepinage
	Privilégier les filières sèches.	MOA, MOE, Entreprises	
	Concevoir des pièces pour éviter les réservations.	Entreprises	DAO, Détails d'EXE
	Prévoir un calepinage détaillé des éléments.	MOE, Entreprises	DAO, Plans de calepinage Fiches techniques des éléments
	Réaliser un plan de réservations. Prévoir des réservations de mêmes dimensions pour pouvoir réutiliser les mannequins.	Entreprises	DAO
	Concevoir pour limiter les excavations.	MOE, Entreprises	
	Concevoir pour respecter le maximum de standards (ouvertures, largeurs entre montants...) Concevoir en intégrant les pièces existantes sur le marché (dimensions de profilés, suspentes, largeurs de panneaux,...) pour éviter les coupes.	MOE, Entreprises	DAO, Fiches techniques
	Concevoir en tenant compte des capacités de production standard (ex banches).	MOE, Entreprises	
	Prévoir les joints et les longueurs des éléments afin de « tomber juste » (modulation, calepinage sur standard).	MOE, Entreprises	DAO, Plans de calepinage
	Minimiser les surhauteurs des pieux ou palplanches afin de limiter au minimum le recépage.	MOE, Entreprises	Plans et calculs BET structure Aide des Bureaux Contrôle
	Privilégier les techniques permettant l'emploi de matériaux ou d'un matériel réutilisable.	MOE Entreprises	
	Favoriser une architecture simple et régulière.	MOA, MOE	
	Concevoir en prévoyant la réutilisation d'éléments d'un chantier de démolition voisin ou d'une ressourcerie.	MOA, MOE, Entreprises	Annonces et bourses, Communication entre MOA et MOE, Ressourceries,
	Prévoir des éléments <i>de plancher à plancher</i> pour éviter les découpes.	MOE, Entreprises	DCE
	Favoriser les finitions brutes (ex béton apparent).	MOA, MOE, Entreprises	DCE
	Utiliser des éléments modulaires (ex salles de bain, toilettes).	MOE, Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
	Prévoir des dimensions de toiture (parfois à quelques centimètres) pour s'adapter aux dimensions d'éléments de toiture.	MOE, Entreprises	BIM VISA Communication entre MOA et MOE,
	Créer le moins d'angles possibles pour le doublage intérieur.	MOE	
	Eviter les côtes fermées pour les faux plafonds (faux plafond s'arrêtant avant les parois verticales)	MOE	
Optimiser la place du bâtiment sur la parcelle pour éviter le maximum d'excavation.	MOE	PLU Plan Masse	



**L'économie Circulaire des RCD pour l'adaptation au changement climatique**

	Optimiser les longueurs de réseaux en fonction des longueurs standards (pour éviter les chutes).	MOE, Entreprises	Métrés et DPGF BIM EXE VISA
	Utiliser des matériaux / composants recyclables.	MOE, Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
	Concevoir des bâtiments compacts.	MOE	
	Réduire le recours aux éléments de doublage (par exemple laisser les gaines de ventilation ou éléments de structure apparents).	MOA, MOE	
	Eviter l'emploi de matériaux composites	MOE, Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
<b>Sur chantier</b>	Livrer sans emballage superflu ou avec un emballage consigné Choisir des matériaux livrés en vrac si le risque de casse n'est pas à craindre. Préférer les produits conditionnés dans de grands volumes.	Entreprises	Contrats spécifiques
	Protéger les zones de stockage.	Entreprises MOE	Plan d'installation de chantier Appui du SPS
	Commander et livrer le juste nécessaire. Prévoir le <i>juste à temps</i> pour limiter les dégradations lors du stockage.	Entreprises Economiste	Métrés et cadres de bordereaux quantitatifs
	Réutiliser les coffrages et réservations.	Entreprises	DCE, généralités
	Utiliser des réservations « perdues » type Uniboîte® ou Toffobox®.	Entreprises	DCE, généralités
	Prévoir des mesures pour limiter la casse lors du transport.	Entreprises	Mémoire technique
	Pour stimuler la prévention, afficher les quantités de déchets produits par type par aux objectifs (mise en valeur des actions), les coûts associés.	MOE, Entreprises	Reporting mensuel, Affichage numérique
	Réutiliser le maximum de chutes (tous lots).	Entreprises	DCE, généralités
	Planification de la mise en œuvre des produits, de façon à limiter les chutes et la production de déchets.	Entreprises	Planning simplifié et mis à jour, Système de rappels aux entreprises concernées (prévisionnel), Système de prévision et mise à jour en ligne par les entreprises SOGED
	Réutiliser des bidons et fûts pour stocker les produits usagés.	Entreprises	DCE, généralités SOGED
	Utiliser des plaques de doublage en hauteur d'étage (entre planchers ou jusqu'au faux plafond).	Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
	Travailler avec des produits semi-finis (menuisiers).	Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
	Privilégier le bois massif par rapport aux panneaux de particules.	MOE, Entreprises	DCE, (descriptif CCTP)
	Utiliser des équipements entretenus. Une peinture appliquée avec un pistolet basse pression (pistolet HVLP) bien nettoyé et entretenu réduira les pertes dues au brouillard jusqu'à 40% par rapport à un pistolet classique.	Entreprises	Mémoire technique SOGED



	Utiliser une technique d'application adaptée au contexte et au type de peinture choisie.	Entreprises	Mémoire technique SOGED
	Prévoir des éléments de plancher à plancher pour éviter les découpes.	Entreprises	
	Utiliser des rubans adhésifs sans bande amovible.	Entreprises	Mémoire technique SOGED
	Utiliser des seaux de peintures hermétiques, facilement refermables.	Entreprises	Mémoire technique SOGED
	Nettoyer régulièrement le chantier. Un chantier propre est un chantier où l'on travaille plus proprement.	Entreprises	Mémoire technique SOGED Visites surprises
	Utiliser des équipements réutilisables pour l'infrastructure du chantier (ex barrières).	Entreprises	Mémoire technique SOGED

Tableau 3 : Actions de prévention des déchets pour la phase chantier

### 4.3.2. Réutilisation de produits

#### Introduction

La réutilisation se définit comme « toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau » (*ordonnance n°2010-1579 relative aux déchets*). A l'inverse du réemploi où les matériaux et produits sont utilisés sur le site même du chantier (conservation de l'existant), la réutilisation doit être comprise comme une nouvelle utilisation hors site, c'est-à-dire sur un chantier différent de celui dont ils sont issus, de matériaux et produits/éléments sortis du chantier et ayant acquis le statut de déchet.

La limite entre réutilisation et réemploi ne se situe alors au niveau du statut de l'élément (déchet ou non) et du fait qu'il soit sorti ou non du chantier. Dans la réalité, les deux termes sont souvent confondus. L'utilisation sur un chantier d'éléments provenant d'un autre chantier est aussi appelé « réemploi ».

#### Concepts généraux

Notons qu'il peut y avoir deux approches très différentes pour la conception intégrant des produits de récupération :

- **Conception définissant les besoins** : l'architecte conçoit son bâtiment puis recherche des éléments de récupération pouvant s'adapter (directement ou avec reconditionnement) à sa conception.
- **Conception adaptée à l'offre en produits de récupération** : dans ce cas, une recherche préliminaire des éléments sera réalisée et l'architecte adaptera sa conception aux éléments disponibles.

La décision du niveau d'utilisation de matériaux de récupération dépend de plusieurs critères :

- **La taille du projet** : Le taux de réutilisation peut être plus important pour des bâtiments de petite taille. En revanche, il peut être économiquement plus pertinent pour des projets importants en raison du grand volume de matériaux à employer.
- **La maîtrise d'œuvre et les constructeurs ont déjà une certaine expérience dans le domaine**. Savoir comment et où trouver les matériaux de récupération peut améliorer l'efficacité, la rentabilité du processus ainsi que la qualité de la mise en œuvre.



- **L'ouverture et l'expérience des acteurs impliqués.** La réutilisation nécessite l'acceptation des bureaux de contrôle, des bureaux d'étude, de l'assurance, de l'architecte, de la maîtrise d'ouvrage, des clients finaux.
- **Le temps disponible pendant la conception et/ou les phases de construction,** pour localiser et acquérir les matériaux à réutiliser. La conception doit en effet s'adapter à l'offre en matériaux de seconde main.
- **La disponibilité des matériaux de récupération et des matériaux neufs.** La non disponibilité des matériaux de récupération annihile les objectifs de départ pour la réutilisation. A l'inverse, la faible disponibilité à proximité de matériaux neufs peut favoriser la réutilisation.
- **Le type de bâtiment :** Les matériaux en bois ou métalliques représentent par exemple la plus grande catégorie de matériaux de récupération.
- **La complexité du bâtiment.** Un bâtiment très complexe dans son architecture aura plus de difficultés à employer des matériaux de récupération.

Les matériaux récupérés peuvent être obtenus à partir de différentes sources :

- **De la déconstruction d'un bâtiment existant sur le site ou sur un site voisin.** C'est sans doute la meilleure façon d'obtenir des produits de récupération, en particulier, si un inventaire des matériaux peut être fait avant la conception du nouveau bâtiment. De plus, obtenir des matériaux à partir d'une source unique à proximité du chantier permet d'avoir une certaine cohérence et une meilleure qualité des matériaux.
- **De la vente de produits directement par les entreprises de démolition / déconstruction** (peu répandu).
- **De la vente de fournisseurs de produits de récupération.** C'est a priori la pratique la plus logique et qui sera amenée à se développer.
- **De la vente en ligne sur internet ou par des petites annonces.**

Afin de mener à bien un projet utilisant des matériaux de récupération, plusieurs concepts généraux doivent être suivis :

- **Impliquer tous les acteurs du projet** (bureaux d'études, bureaux de contrôle, assureurs, constructeurs, utilisateurs...) dès la phase de conception et les tenir au courant des spécificités (caractéristiques et mise en œuvre) des matériaux de récupération envisagés.
- **Permettre une certaine flexibilité technique et économique** dans les pièces contractuelles du projet. En effet, la conception du bâti peut varier en fonction de la disponibilité finale des produits et leur validation ou non.
- **Prendre en compte le temps nécessaire pour localiser les matériaux, les récupérer et les reconditionner :** concevoir avec des matériaux de récupération demande plus de temps. Il est important de calculer si ce temps supplémentaire peut être compensé par le gain sur les prix des matériaux de récupération ou la mise en place d'autres principes (démontabilité, durabilité, évolutivité, facilité d'entretien) qui ont un impact sur la durée de vie totale du bâtiment.
- **Réaliser un comparatif entre matériaux neufs et réutilisés en phase conception,** sur le coût, la performance et les difficultés de mises en œuvre. Il est possible de réduire les coûts de construction par la réutilisation de matériaux. Sur certains projets exemplaires, près de 10% d'économies ont pu être réalisées grâce à l'utilisation de matériaux de récupération.



- **Vérifier que les éléments réutilisés répondent aux normes et réglementations actuelles.** On rencontre en France plusieurs freins à la réutilisation, notamment en raison du principe de précaution appliqué par les bureaux de contrôle et les assurances. Cette problématique est peu ou pas existante aux Etats-Unis ou au Canada. Des tests en laboratoires peuvent être envisagés afin d'obtenir les assurances nécessaires. Des actions nationales sont en cours pour définir des protocoles d'évaluation des performances des produits de réemploi en vue de leur assurabilité (Méthodologie CIRCOLAB, guides AMI Eco Circulaire de la Fondation Bâtiment Energie)

Les principaux points à prendre en compte dans la démarche suivant les étapes des phases de conception à la réalisation :

- **En phase préalable (ou de programme),** la maîtrise d'ouvrage doit être convaincue, se fixer des objectifs en termes de réutilisation et de démarche environnementale et réaliser une étude de coût préliminaire. Cette étape conditionnera directement les étapes suivantes et le travail de la maîtrise d'œuvre pour la recherche des produits et leur intégration en conception.
- **En phase esquisse – avant-projet,** les premières traductions contractuelles de la démarche apparaissent. La maîtrise d'ouvrage et l'architecte établissent des listings de produits de récupération envisagés et leurs usages puis procèdent aux recherches de disponibilités. Les acteurs tels que les bureaux d'étude et bureaux de contrôle sont impliqués dès cette phase afin de faciliter les étapes suivantes.
- **En phase étude de projet,** la liste des produits de récupération est détaillée. Ils sont validés par les bureaux de contrôle et font l'objet d'essais éventuels. L'architecte les intègre dans sa conception du bâti. Les documents du dossier de consultation des entreprises intègrent également l'usage de ces produits. Les entreprises répondent en connaissance de cause.
- **Durant le chantier,** les spécifications du projet doivent reconnaître la qualité des produits de récupération et indiquer le niveau de travail supplémentaire à réaliser avant de les mettre en place. Les entrepreneurs ont besoin de savoir si les produits devront être reconditionnés, ou s'ils peuvent être mis en œuvre en l'état
- **A la réception de chantier** les entreprises doivent communiquer leurs plans, les notices techniques, les notices d'entretien, les descriptifs des matériaux neufs et réutilisés mis en œuvre...

Le tableau suivant donne un ensemble d'idées de réutilisation / réemploi d'éléments issus du bâtiment. Il convient bien entendu que les réutilisations choisies soient en accord avec les spécifications réglementaires et techniques d'usage (au cas par cas).

Structure	
Poutre béton	Poutre / Mobilier urbain / Mobilier d'intérieur / Bordures / Séparateurs routiers / Mur de rétention de terre (empilement) / Structure de local technique (empilement) / Masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Eléments de chaussée / etc.
Poutre, poutrelle, profilés métallique	Poutre / Poteau / Poteaux clôture lourde / Pieux / Support réseaux (poutrelles aluminium ou Warren) / Eléments de protection aux chocs / Glissières / Echelle / Supports d'escaliers / Support végétaux (poutrelles Warren) / Eléments de brise soleil (profilés légers en aluminium) / Garde-corps / etc.



Poutre, poteau bois	Poutre / Poteau / Mobilier urbain / Mobilier d'intérieur / Bordures / Eléments de clôtures / Cloisons (éléments empilés) / Cloisons ajourées / Eléments de séparation des espaces / Eléments de protection aux chocs / Glissières / Garde-corps / etc.
Poteau béton	Poteau / Mobilier urbain / Bordures / Séparateurs routiers / Masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Eléments de chaussées / etc.
Poteau métallique	Poutre / Poteau / Poteaux clôture lourde / Pieux / Support réseaux (poutrelles aluminium ou Warren) / Eléments de protection aux chocs / Glissières / Echelle / Supports d'escaliers / Support végétaux (poutrelles Warren) / etc.
Fermes et fermettes métalliques ou bois anciennes	Fermes ou fermettes apparentes (esthétique) / etc.
Fermettes bois	Fermettes bois (combles) / etc.
Briques pleines	Tous usages des briques pleines / Mur masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Mobilier urbain / Parement extérieur / Clôtures / Dalle rustique avec briques apparentes / Murs anti bruits (dans grillage) / etc.
Pierres de maçonnerie	Tous usages des pierres de maçonnerie
Sabots métalliques	Même usage
Equerres et platines métalliques	Même usage / Eléments de mobilier urbain / Echelle / etc.
Panneaux préfabriqués béton	Même usage (pour maison individuelle ou faibles charges) / Chaussée (à plat) / Remplissage non structural / Eléments de plancher / Berlinoise / Murs acoustiques routiers / etc.
Panneaux bois à OB	Mur / Mur séparatif / Support de scène / Plancher à faibles sollicitations / etc.
Console métallique	Support de balcon / Support de passerelle / etc.
Boulonnerie	Boulonnerie
Câbles ou tiges métalliques de contreventement	Même usage / Supports de réseaux / Supports de toile légère / Garde-corps/ Décoration / Tirants pour balcon ou passerelle en porte à faux / Support de végétaux / Tirants / etc.
Briques alvéolaires, bloc creux béton	Pas de réutilisation en l'état. Remblai / Drainage / etc.
Escaliers préfabriqués	Escalier préfabriqué / etc.
<b>Isolation thermique et acoustique</b>	
Panneaux sandwichs	Panneaux sandwichs / Cloisonnement / Fond de coffrage isolé perdu / Eléments de clôture / Murs acoustiques routiers / Portes coulissantes / Confinements d'équipements industriels / Parois pour cabane de jardin / Complément d'isolation / Protection aux chocs / Berlinoise / Garde-corps/ etc.
Isolation thermique en vrac	Complément d'isolation thermique en vrac (sur combles, faux plafond, planchers) / Calfeutrement / Calorifugeage / Substrat de culture / etc.
Panneaux d'isolation thermique PSE, XPS, PU	Isolant thermique / Réservations / Couche d'amortissement des chocs (derrière revêtement dur) / Ame murs acoustiques routiers / etc.
Rouleaux laine minérale	Complément d'isolation thermique / Calfeutrement / Ame murs acoustiques routiers / Calorifugeage de tuyaux ou gaines / Substrat de culture / etc.



Sous couche acoustique mince	Sous couche acoustique mince / Couche de séparation d'appui entre éléments béton / Joints / Etanchéité à l'eau / Protection aux chocs / Protection de sol durant les travaux / etc.
Isolants minces	Complément d'isolation thermique / Sous couche acoustique mince / Revêtement intérieur réflecteur / Revêtement intérieur de puits de lumières / Calorifugeage / etc.
Couche fine de liège	Revêtement intérieur / Mobilier / Sous couche acoustique / Panneau acoustique absorbant / etc.
<b>Revêtements intérieurs et composants de parois</b>	
Volige bois	Voliges / Revêtement intérieur / Mobilier / Parois verticales (sois en doublage, soit empilées à plat) / Base de comptoir (empilées à plat) / Coffrage / Poutrelles pour faibles charges (voliges regroupées par serrage) / Faux plafond / Plancher pour combles non accessibles / Eléments de décoration / etc.
Pare-vapeur	Protection de chantier (sol, murs, etc)
Panneaux OSB	Tous usages panneaux OSB / Revêtement intérieur (patchwork) / etc.
Sols souples PVC	Sous couche résiliente / Etanchéité / Pare pluie / Protection aux chocs / etc.
Dalles de moquette non collées Moquette	(Attention aux aspects sanitaires) Bardeaux / Sous couche acoustique / Revêtement acoustique / Complément d'isolation thermique (plusieurs couches serrées) / Protection contre les chocs / Patins amortisseurs (empilement) / Murs ou cloisons non structurels (empilement) / Cloisons acoustiques (entre rail et BA13) / etc.
Panneaux de faux plafond (fin en laine minérale)	Faux plafond / Complément d'isolation thermique / Gaine technique / Remplissage cloison acoustique / Calfeutrement acoustique d'équipement industriel / etc.
Panneaux de faux plafond (plâtre, OSB)	Faux plafond / Parement de cloison / Mobilier (OSB) / etc.
Parquet	Revêtement intérieur / Mobilier / Bardage / Cloison ou comptoir (pièces empilées) / Garde-corps / etc.
Panneaux polycarbonate	Cloisons translucides / Puits de lumières / Ouvertures opaques / Garde-corps / Mobilier / etc.
Plaques de plâtre	Doublage intérieur / Cloisonnement / Faux plafond / etc.
Capots, parement métalliques	Même usage / Bardage / Brise soleil / Garde-corps/ etc.
<b>Parements extérieurs, étanchéité</b>	
Tôle nervurée	Tôle nervurée / Bac acier / Fond de coffrage / Bardage / Revêtement intérieur / Mobilier d'intérieur et urbain / Chemins de câbles / Berlinoise / Garde-corps/ Chemins d'eau / etc.
Tuiles	Tuiles / Mobilier d'intérieur et urbain / Mur masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Murets / Gouttières / Chemins d'eau (aménagement paysagé) / Bardage / Brise soleil / etc.
Membrane d'étanchéité (PVC, EPDM...)	Etanchéité / Pare pluie / Protection aux chocs / etc.
Fenêtres	Fenêtres / Eléments de façade / Cloisons / Planchers vitrés non accessibles / etc.
Portes	Portes / Bardage / Fond de coffrage / Plancher / Faux plafond/ Garde-corps / Parement de cloison / Mobilier / etc.
Bardage en caissettes métalliques	Bardage / Mobilier / Revêtement intérieur / Garde-corps/ Parement de cloisons / Faux plafond / etc.



Bardage ajouré en lames bois Bardage en clin bois	Bardage / Mobilier / Revêtement intérieur / Panneaux acoustiques suspendus / Tasseaux / Volige / Parement de cloison / Cloison ajourée / Eléments de coffrage / Garde-corps / Murs ou comptoirs (pièces empilées) / etc.
Bardage en panneaux bois (ex Trespa)	Bardage / Mobilier / Revêtement intérieur / Garde-corps / Revêtement de cloison / Faux plafond / Eléments de coffrage / Eléments de plancher / Poutrelles pour faibles charges et portées (découpes fixées sur leur plus grande face) / Volige / Murs ou comptoirs (pièces empilées) / etc.
Pare-pluie	Protection de chantier / Pare-pluie / Toile légère / etc.
Nappe à excroissances (ex. Delta MS)	Même usage / Fond de parterre de plantes / Protection / Revêtement intérieur ou extérieur / Pare pluie / etc.
Bardeaux	Bardeaux / Sous couche acoustique résiliente / Eléments amortissant pour cloisons (entre rail et plaque de parement ou entre plaques) / etc.
Parement pierre	Parement pierre / Mobilier / Dallage / Masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Parement de cloison / etc.
Skydômes, hublots	Même usage / Ouvertures translucides / Fonds de coffrage / Luminaires urbains (cf Bellastock) / Décoration / Mobilier urbain ou intérieur / Revêtement de cloison / Eléments acoustiques suspendus / Eléments de garde de corps / etc.
<b>Equipements</b>	
Canalisations PVC	Voutains / Gains de réseaux / Supports de réseaux / Canalisations PVC / Réservations pour dalles alvéolaires / Coffrages poteaux béton / Protection contre les chocs / Brise soleil / Poteaux et poutrelles pour très faibles charges / Profils pour cloisons / Mobilier / Drainage (tuyaux percés) / etc.
Canalisations cuivre, métal	Profils supports de réseaux / Mobilier / Structure secondaire / Suspentes / Garde-corps / Décoration / Canalisations / etc.
Chemins de câbles électriques	Chemins de câbles / Brise soleil / Mobilier / Rails / Bardage / Eléments de cloison ajourée / etc.
Radiateurs en fonte	Radiateur / Mobilier / Décoration / Comptoir (empilés) / Cloison ajourée / Garde-corps / Mur masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / etc.
Sanitaires	Sanitaires / Décoration / Mobilier / etc.
Baignoires	Baignoire / Mobilier / Fond de cuve de récupération d'eau / etc.
Stores	Stores / Toile d'intérieur / Décoration / Revêtement / Ecran de projection / Cloisonnement visuel / etc.
Luminaires	Luminaires
Prises électriques, interrupteurs	Même usage
<b>Aménagements extérieurs</b>	
Lames de terrasses en bois composite	Lames de terrasse / Platelage toit terrasse / Lames de plancher ou passerelle / Brise soleil / Parement intérieur / Bardage / Garde-corps / Cloison ou comptoir (pièces empilées) / Mobilier / Berlinoise / Plots pour toiture inversée / etc.
Pavés	Pavés / Mur masse pour stockage de la chaleur intérieure (derrière un poêle) / Eléments de maçonnerie / Mobilier / Dallage / etc.

Tableau 4 : Idées de réutilisation d'éléments du bâtiment



### 4.3.3. Entretien Maintenance

La réduction de déchets d'un bâtiment passe aussi par la prise en compte, dès sa conception et l'organisation de son exploitation, des futurs travaux d'entretien et de maintenance. Cette réduction des déchets sera directement liée à :

- la prévision des opérations adéquates d'entretien maintenance,
- leur bonne réalisation suivant les fréquences prévues pendant toute la durée de vie du bâtiment, permettant ainsi d'éviter les dégradations prématurées des matériaux/équipements et ainsi avoir recours à leur changement,
- la réduction des besoins de changement, et des déposes/démolitions nécessaires aux travaux d'entretien maintenance.

Lors de la conception du bâti et de l'organisation de l'exploitation, les points clés pour la réduction des déchets liés à l'entretien maintenance sont :

- **Bien choisir les matériaux et les équipements :**
  - Adapter la résistance des matériaux aux sollicitations d'usage (ex. passage, chocs, tâches, etc.) ou climatiques (ex. gel, UV, pluie, vent, sels, etc.).
  - Adapter les performances des équipements aux besoins (un équipement en sur ou sous régime s'abîmera prématurément)
  - Préférer les matériaux et équipements robustes ayant une bonne durée de vie. Le « moins cher » coûtera souvent plus sur le long terme (nécessité de remplacement) et générer aussi plus de déchets.
  - Préférer les matériaux bruts sur lesquels tâches, chocs et rayures ne sont pas gênantes et ne nécessitant pas d'entretien particulier (ex. peinture, vernis, etc.)
  - Préférer les matériaux et équipements nécessitant peu d'entretien maintenance.
  - Préférer les matériaux et équipements facilement réparables.
- **Prévoir des éléments facilement démontables :** lors d'opérations de maintenance ou des travaux de changement, une conception démontable permet de ne toucher qu'à l'élément voulu sans avoir à démolir/dégrader les éléments adjacents puis à les remplacer également (in fin moins de coûts et de déchets)
- **Partitionner les éléments :** la partition des éléments permettra de ne remplacer qu'un élément de dimensions réduites en cas de dégradation.
- **Respecter les prescriptions de mises en œuvre :** se référer aux normes et documents en vigueur pour éviter les désordres et une dégradation prématurée des éléments : DTU, Règles professionnelles, ATec, ETN, ATEEx....



- **Faciliter l'accès aux équipements et systèmes** : faciliter le contrôle, le dépannage, la réparation et le remplacement des éléments. Notamment en prévoyant :
  - des équipements visibles,
  - des éléments de protection et revêtements démontables,
  - en repérant les éléments (ex. flèches, pictogrammes),
  - en mettant en évidence les pièces d'assemblage.

La facilité d'accès permet le respect des opérations d'entretien maintenance et la réduction des dégradations connexes nécessaires à ces opérations.

- **Renseigner la composition du bâtiment (localisation et types de produits, connexions)** :
  - Créer une maquette BIM détaillée utilisable par la MOA et/ou le gestionnaire de l'entretien maintenance.
  - Faire un DIUO : Dossier d'Intervention Ulérieure de l'Ouvrage.

Ces éléments permettent de repérer directement la localisation des opérations d'entretien maintenance à mener, où sont les assemblages, les types de matériaux concernés et modes d'interventions.

- **Organiser l'entretien maintenance** :
  - Créer un Plan prévisionnel d'entretien et de maintenance ou carnet d'entretien.
  - Créer un Carnet de Vie numérique du bâtiment
  - Passer des contrats d'entretien et d'exploitation.

Le plan prévisionnel et le carnet de Vie numérique permettent de fixer clairement les règles de l'entretien maintenance et ainsi leur bonne réalisation. Ils sont réalisés sur la base du DIUO. La Maîtrise d'Ouvrage néglige souvent certaines opérations par méconnaissance, il est donc nécessaire de bien la documenter. La contractualisation pour les opérations d'entretien maintenance permet de s'assurer leur réalisation.

#### 4.3.4. Réversibilité et transformabilité

##### Introduction

La réversibilité concerne la capacité d'un bâtiment à changer d'usage, de destination au cours de son cycle de vie. La transformabilité concerne pour sa part la capacité du bâtiment à être modifié en tout ou partie. Les modifications peuvent porter sur de l'extension verticale ou horizontale, des modifications de façades ou de distribution intérieure.

Une conception réversible permet un changement de destination (bureaux, commerces, logements, etc.) à moindre coût en visant à minimiser la complexité des modifications et des transformations nécessaires. Ces projets seront ainsi rendus possibles par l'atteinte d'un optimum entre les contraintes réglementaires et techniques des différents usages.

Les exemples présentés ci-après illustrent respectivement la transformation d'un bâtiment par élévation, et le changement d'usage.



Figure 4 : Surélévation d'un immeuble de logements VILOGIA à Poissy. MOE : Virtuel Architecture

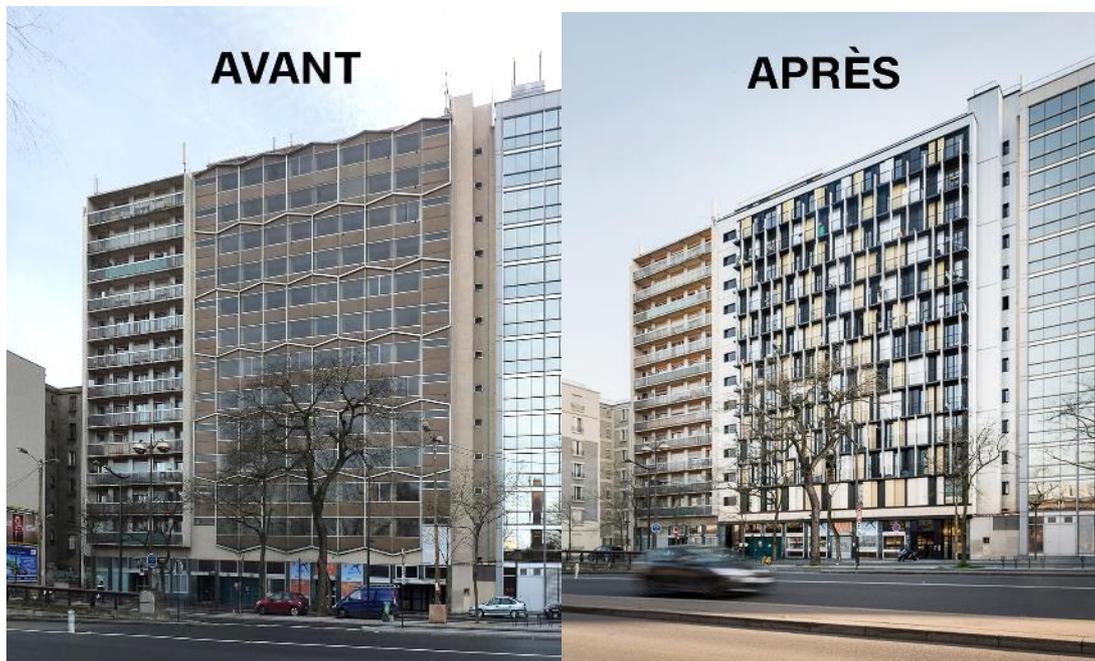


Figure 5 : Transformation d'un IGH de bureaux en 60 logements – Paris XIXème - Maître d'ouvrage : CDC HABITAT

Notons la parution récente du Guide d'aide à la conception pour des bâtiments transformables et réversibles, issu du projet de l'AMI Economie Circulaire de la Fondation Bâtiment Energie<sup>1</sup>. Cet ouvrage de référence fournit

<sup>1</sup> <http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enieu-C-V6.pdf>



un ensemble de concepts à respecter, des données d'argumentaire, des outils d'aide à la décision sur les solutions à choisir.

### Contraintes liées aux changements de destination des bâtiments

Les tableaux suivants présentent les principales contraintes réglementaires et architecturales de l'évolution d'un type de bâtiment à l'autre et peut ainsi constituer une aide préalable à la décision.

#### Du logement individuel au...

CONTRAINTES	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<b>Du logement individuel → au bâtiment industriel</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- Normes (sismique, RT 2012,... ) et labels</li> <li>- Sécurité</li> <li>- Droit du travail</li> <li>- Code de la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parking et stationnement</li> <li>- Echelle du bâtiment : vérifier l'adéquation des besoins en surfaces, hauteurs, aires de manœuvres,...</li> <li>- Surfaces</li> <li>- Structure</li> <li>- Installations techniques (puissance électrique,...)</li> </ul>	<p><b>Ces deux types sont très éloignés l'un de l'autre. L'évolution semble compliquée, cependant, il est toujours possible d'imaginer affecter une partie à un type de bâti. Ex : logements individuels → bureaux de l'administration du site + extension</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter :</b> foncier disponible, structure simple et légère, réseaux et puissances électriques (façades, création ou suppression d'ouvertures), gaines techniques, cloisonnement/décloisonnement et informatiques</p>		
<b>Du logement individuel → au bâtiment tertiaire</b>		
<b>Du logement individuel → à l'équipement public</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- Accessibilité PMR</li> <li>- Accessibilité PMA</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Code de la construction</li> <li>- Normes (sismique, RT 2012,...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation à l'environnement (mise en scène, image, apport de lumière naturelle)</li> <li>- Echelle du bâtiment</li> <li>- Distribution interne des réseaux</li> <li>- Eclairage</li> <li>- Réseaux</li> </ul>	<p><b>Get type d'évolution ne sera possible que dans certains cas (petits musées par exemple) et est fonction de l'activité tertiaire réalisée et de la taille de la maison d'origine.</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter :</b> mise en scène, traitement de l'entrée, des accès, niveaux d'éclairage en fonction de l'usage (ex. musée, lumière artificielle dans salles d'exposition), cloisonnement</p>		



**Du logement collectif au...**

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<b>Du logement collectif → au logement individuel</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, Hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- Code civil (vues, bruit,...)</li> <li>- Code de la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès</li> <li>- Echelle du bâtiment (pas trop grand !)</li> <li>- Suppression des parties communes</li> <li>- Simplification des accès des réseaux</li> </ul>	<p><b>Dans ce cas, l'évolution ne sera envisageable que si le bâtiment d'origine a une échelle pouvant correspondre à la destination souhaitée</b></p> <p><b>Petit collectif =&gt; grande maison</b></p> <p><b>Pour les grands collectifs, une évolution vers un habitat type logement intermédiaire peut être envisagée</b></p>
<b>Points particuliers à traiter : Cloisonnement, espaces paysagers extérieurs, optimisation des parties communes ou gaines techniques</b>		
<b>Du logement collectif → au bâtiment tertiaire</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, Hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- ERP</li> <li>- Accessibilité PMR</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Droit du travail</li> <li>- Code de la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure du bâtiment               <ul style="list-style-type: none"> <li>• éléments porteurs</li> <li>• circulations</li> <li>• gaines techniques</li> </ul> </li> <li>- Distribution intérieure, cloisonnement               <ul style="list-style-type: none"> <li>• niveaux d'éclairage</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Ce type d'évolution semble facile, tant en terme de structure que d'environnement extérieur. L'essentiel du travail portera sur la distribution intérieure des pièces. Les gaines techniques pourront être réutilisées pour passer les câbles électriques...</b></p>
<b>Points particuliers à traiter : Structure porteuse initiale, cloisonnement intérieur</b>		

<b>Du logement collectif → au bâtiment industriel</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, Hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- Normes et labels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès, zones de manœuvres</li> <li>- Echelle de la construction</li> <li>- Enveloppe extérieure</li> <li>- Structure du bâtiment</li> <li>- Distributions intérieures</li> </ul>	<p><b>Ce type d'évolution reste difficile. Toute la réussite réside dans la compatibilité entre les deux bâtiments (il paraît</b></p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Droit du travail</li> <li>- Code de la construction</li> </ul>		<p><b>plus simple d'adapter du logement collectif à un laboratoire plutôt qu'à une usine de voiture)</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter : Structure porteuse initiale, cloisonnement intérieur (dépendant du nouveau classement du bâtiment), espaces extérieurs et zones de manutention ou de manœuvre.</b></p>		
<p><b>Du logement collectif → à l'équipement public</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU (COS, stationnement, Hauteur des constructions, prospects,...)</li> <li>- ERP</li> <li>- Accessibilité PMR</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Droit du travail</li> <li>- Code de la construction</li> <li>- Normes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès, accessibilité</li> <li>- Relation bâtiment à son environnement immédiat : travail sur l'image</li> <li>- Structure porteuse (refends ou poteaux/poutres,...)</li> <li>- Distribution et cloisonnement intérieur (gainés techniques, circulations,...)</li> </ul>	<p><b>Comme dans chaque type d'évolution imaginée, il est essentiel que l'échelle entre le bâtiment de base et le projet soit cohérente.</b></p> <p><b>L'essentiel du travail sur cet exemple précis est sans doute la revalorisation extérieure et le travail sur l'image.</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter : Espaces extérieurs et accès, enveloppe du bâtiment, cloisonnement/décloisonnement</b></p>		

**Du bâtiment tertiaire au...**

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<p><b>Du bâtiment tertiaire → au logement individuel</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Code de la construction</li> <li>- Code civil</li> <li>- Normes (sismique, RT 2012,...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation à l'environnement (image, liaison ..)</li> <li>- Echelle du bâtiment</li> <li>- Enveloppe extérieure</li> <li>- Distribution intérieure, couloirs et parties communes</li> <li>- Isolation thermique et acoustique</li> </ul>	<p><b>Le rapport d'échelle est la condition essentielle pour envisager cette transformation.</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter : Echelle du bâtiment, espaces verts paysagers, cloisonnement, traitement des façades</b></p>		
<p><b>Du bâtiment tertiaire → au logement collectif</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Accessibilité handicapés</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Code civil</li> <li>- Code construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès, accessibilité</li> <li>- Relation à l'environnement</li> <li>- Stationnement</li> <li>- Distribution intérieure (circulations horizontales et verticales, parties privatives...)</li> </ul>	<p><b>Cette évolution est envisageable sous réserve d'adaptation, de redistribution des pièces et des accès.</b></p>



- Normes (sismique, RT 2012,...)	- Réseaux (GT, EU/EV..) - Structure : éléments porteurs compatibles avec les normes d'habitabilité Ex : ch : 2.70m minimum mais pour un séjour au moins 3.50m de large	
<b>Points particuliers à traiter : Cloisonnement (Coupe-feu en fonction du nouveau classement du bâtiment), parties communes, espaces habitables extérieurs (loggias, balcons, terrasses,...)</b>		

Du bâtiment tertiaire → au bâtiment industriel		
- Code de la construction - PLU - Normes (sismique, RT 2012,...) - Droit du travail - Classement du bâtiment	- Echelle de la construction - Accès, zones de manœuvre - Enveloppe extérieure - Structure du bâtiment - Distributions intérieures	<b>Ce type d'évolution reste difficile. Toute la réussite réside dans la compatibilité entre les deux bâtiments (il paraît plus simple d'adapter du logement collectif à un laboratoire plutôt qu'à une usine de voiture)</b>
<b>Points particuliers à traiter : Espaces verts et zones de manutentions ou manœuvres, structure porteuse initiale, cloisonnement.</b>		
Du bâtiment tertiaire → à l'équipement public		
- PLU - ERP <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accessibilité PMR</li> <li>• Sécurité incendie</li> </ul> - Code de la construction - Normes (sismique, RT 2012,...)	- Relation du bâtiment à son environnement immédiat : travail sur l'image - Distribution intérieure	<b>L'exemple peut tout à fait s'adapter à un bâtiment type mairie (usage assez semblable) voire à l'enseignement.</b>
<b>Points particuliers à traiter : Accès et mise en scène, cloisonnements.</b>		

Du bâtiment industriel au...

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<b>Du bâtiment industriel → au logement individuel</b>		



<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes (désamiantage, matériaux dangereux..)</li> <li>- Code civil</li> <li>- RT 2012</li> <li>- Code construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelle du bâtiment, volumes</li> <li>- Relation avec l'environnement et le paysage</li> <li>- Enveloppe extérieure</li> <li>- Isolation intérieure (thermique, acoustique,...)</li> <li>- Ouvertures (éclairage, vues,...)</li> </ul>	<p><b>L'enjeu réside dans le redimensionnement des espaces. Il faut avant tout que l'échelle de départ soit adaptée à celle d'arrivée. Le lieu d'implantation est également primordial.</b></p>
---	---	---

**Points particuliers à traiter : Proportions, cloisonnement, création d'ouvertures, isolation acoustique et thermique**

**Du bâtiment industriel → au logement collectif**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes</li> <li>- Accessibilité handicapés</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Code civil</li> <li>- Code construction</li> <li>- RT 2012</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relation à l'environnement</li> <li>- Stationnement</li> <li>- Echelle du bâtiment (hauteurs, surface..), circulations horizontales</li> <li>- Isolation intérieure</li> <li>- Enveloppe extérieure, amenées de lumière, ouvertures</li> <li>- Création de parties communes / parties privatives</li> <li>- Création de réseaux, GT</li> <li>- Distribution intérieure</li> </ul>	<p><b>Même si ce cas nécessite beaucoup de modifications, on constate une grande souplesse d'adaptation grâce aux structures des bâtiments industriels.</b></p> <p><b>Les transformations seront d'ordre fonctionnel essentiellement (confort visuel, habitabilité.</b></p> <p><b>Comme dans l'exemple précédent, l'implantation est un facteur important de décision (cadre de vie - zones artisanales et industrielles pour du logement ?)</b></p>
--	--	--

**Points particuliers à traiter : Enveloppe extérieure (thermique, ouvertures), distribution intérieure (parties communes/parties privatives, isolation acoustique, cloisonnement)**

**Du bâtiment industriel → au bâtiment tertiaire**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes</li> <li>- ERP             <ul style="list-style-type: none"> <li>• PMR</li> <li>• Incendie</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelle du bâtiment, volume</li> <li>- Enveloppe extérieure             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ouverture, apport de lumière naturelle</li> <li>• Isolation thermique</li> </ul> </li> <li>- Distribution intérieure</li> </ul>	<p><b>L'évolution paraît simple. La réussite d'un tel projet passe par l'amélioration du confort d'usage.</b></p>
---	---	---



<ul style="list-style-type: none"> <li>- RT2012</li> <li>- Code du travail</li> <li>- Code de la construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloisonnement</li> <li>• Isolation phonique</li> </ul>	
<p><b>Points particuliers à traiter : Structure porteuse, enveloppe extérieure (ouvertures, isolation thermique), cloisonnement (organisation spatiale, isolation phonique)</b></p>		
<p><b>Du bâtiment industriel → à l'équipement public</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- ERP               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accessibilité PMR</li> <li>• Sécurité incendie</li> </ul> </li> <li>- Code de la construction</li> <li>- Normes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accessibilité / entrée</li> <li>- Relation / environnement</li> <li>- Image extérieure</li> <li>- Distribution intérieure</li> </ul>	<p><b>La difficulté dépend vraiment du programme fixé, du type de bâtiment public projeté.</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter : Enveloppe extérieure, cloisonnement</b></p>		

**De l'équipement public au...**

CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	CONTRAINTES ARCHITECTURALES	REMARQUES
<p><b>De l'équipement public → au logement individuel</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Normes (sismique, RT 2012,...)</li> <li>- Code civil</li> <li>- Code construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelle du bâtiment (surfaces, hauteurs..), adéquation bâtiment existant/projet</li> <li>- Distribution intérieure : organisation des espaces, modification des fonctions, notion d'intimité</li> </ul>	<p><b>Ce type de transformation semble peu probable.</b></p>
<p><b>Points particuliers à traiter : Echelle, volume, enveloppe extérieure</b></p>		
<p><b>De l'équipement public → au logement collectif</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PLU</li> <li>- Accessibilité handicapés</li> <li>- Sécurité incendie</li> <li>- Code civil</li> <li>- Code construction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accès, accessibilité</li> <li>- Relation à l'environnement</li> <li>- Stationnement</li> <li>- Distribution intérieure (circulations horizontales et verticales, parties privatives...)</li> <li>- Réseaux (GT, EU/EV...)</li> </ul>	<p><b>La notion d'accueil du public est assez compatible avec l'idée de « regroupement » dans le logement collectif</b></p>



- Normes (sismique, RT 2012,...)	- Structure : éléments porteurs compatibles avec les normes d'habitabilité	
<b>Points particuliers à traiter : Cloisonnement (Coupe-feu en fonction du nouveau classement du bâtiment), parties communes, espaces habitables extérieurs (loggias, balcons, terrasses,...)</b>		
<b>De l'équipement public → au bâtiment tertiaire</b>		
- PLU - Code du travail - Code construction - Normes (sismique, RT 2012,...)	- Echelle du bâtiment - Distribution intérieure	<b>Cette adaptation paraît assez simple. Ceci est dû à la similitude possible des usages.</b>
<b>Points particuliers à traiter : Cloisonnement, distribution</b>		
<b>Du bâtiment public → au bâtiment industriel</b>		
- PLU - Normes - Droit du travail - Code de construction	- Accès, localisation - Echelle du bâtiment (surfaces, hauteurs..), adéquation bâtiment existant/projet - Cloisonnement, distribution intérieure - Pollution / dangerosité - Mise aux normes	<b>L'évolutivité vers un bâtiment industriel semble toujours compliquée même s'il ne faut rien exclure.</b>
<b>Points particuliers à traiter : Redimensionner les espaces, Adapter au calcul des charges, Traiter la dangerosité</b>		

Tableau 5 : Contraintes de changement de destination des ouvrages

## Principes de conception réversible et transformable

L'évolution en architecture ne peut pas revêtir une seule forme, plusieurs axes majeurs peuvent être différenciés : l'extension et la transformation (ou le changement d'affectation) ou les deux à la fois. Le choix du type d'évolution sur un bâtiment est très dépendant du contexte dans lequel il s'implante : implantation sur la parcelle, foncier disponible, forme, gestion des espaces, systèmes constructifs, conception de façade, cloisonnement, etc.



La diminution de la quantité de déchets passe par sa prise en compte le plus en amont possible du processus de conception. L'élaboration du programme est une étape essentielle de l'architecture évolutive. Elle s'accompagne d'une attitude d'anticipation quant au cycle de vie du bâtiment et aux évolutions techniques, sociales et économiques.

Aucune règle précise n'est applicable, cependant des principes majeurs peuvent être dégagés :

- **Positionner son bâtiment sur la parcelle en prévoyant ses éventuelles extensions.**

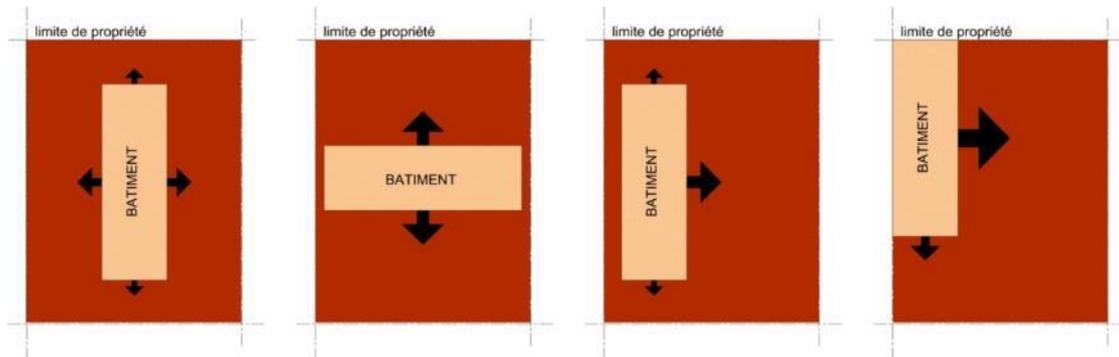


Figure 6 : évolutivité, positionnement sur la parcelle. Source BAZED. XB Architectes

- **Permettre une grande flexibilité à l'intérieur du bâtiment :**
  - Privilégier le plan libre est une solution pour composer des espaces indépendamment des contraintes structurelles en utilisant des poteaux plutôt que des murs de refend pour réaliser la structure du bâtiment.
  - Choisir des éléments adaptables, flexibles, démontables, mobiles, etc., permettant des recompositions multiples à moindre coût et en limitant les déchets.
  - Externaliser les blocs sanitaires de l'ensemble de la structure.
  - Externaliser les accès et circulations. Les rendre indépendants de la structure et démontables.
  - Favoriser les systèmes constructifs systématiques (trames). Le recours à une trame facilite la compréhension de l'espace et favorise le développement. Il est possible de reproduire une trame, la diviser, lui ajouter des ½ trames, etc.

Exemples de systèmes constructifs reproductibles en trames :

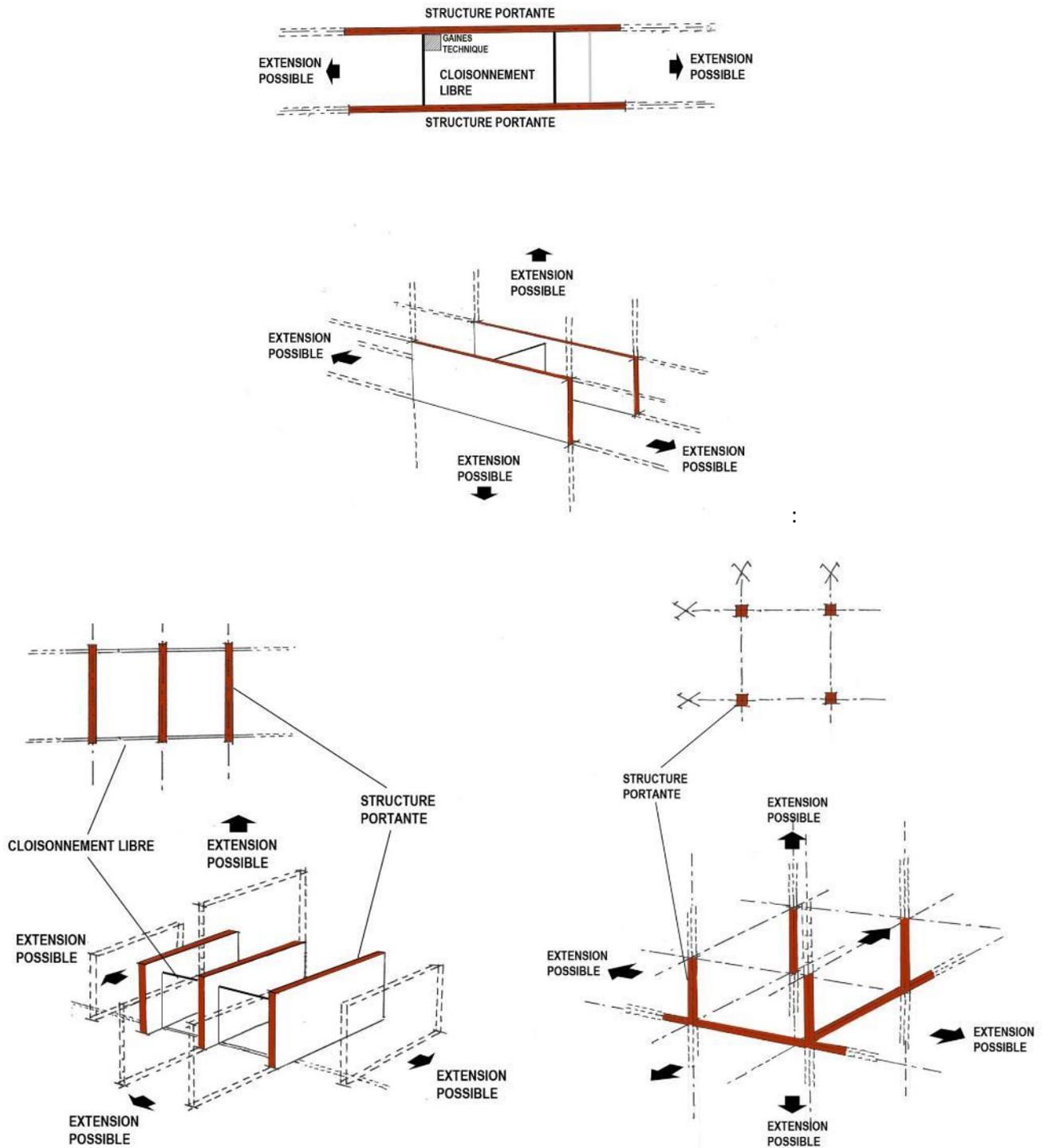


Figure 7 : exemples de trames systématiques reproductibles. Source BAZED. XB Architectes

- Dimensionner et positionner les éléments en prévision d'une future extension :



- Prévoir des fondations évolutives (surdimensionnement, doublage des fondations, réalisation des futures fondations, etc.).
- Prendre en compte dès la conception du projet les liaisons et articulations structurelles entre le « bâtiment de base » et son extension (ex ancrages ou platines en attente) en considérant les contraintes foncières et réglementaires.
- Prévoir en façade là où seront prévus les cheminements des planchers existants aux nouveaux planchers (par ex avec des ouvertures toute hauteur).



Ouvertures toute hauteur et démontable aux endroits des futurs cheminements entre le bâtiment existant et l'extension. (Bâtiment NOBATEK/Inef4)

Figure 8 : Ouvertures en façade en vue d'une extension du bâtiment. Source Nobatek/Inef4

- Prévoir le surdimensionnement des éléments structuraux et/ou des réseaux en vue de l'évolution prévue.
- **Prévoir des éléments démontables et/ou adaptables :**
  - Concevoir des éléments démontables, facilement interchangeables ou transformables en vue d'un futur agrandissement ou d'un changement d'affectation (par exemple en créant des ouvertures dans un mur porteur qui pourront être transformées en passage...).
  - Préférer l'utilisation de structures légères.
- **Considérer également les aménagements intérieurs :**
  - Favoriser le cloisonnement / décroisonnement par :
    - l'utilisation de cloisons démontables (bois, verre...),
    - la conception d'espaces ouverts : le mobilier peut créer le cloisonnement, les open space constituent des espaces modifiables, etc.,
    - l'intégration de parois mobiles, sur roulettes, suspendues, sur rails (grâce à une trame prédéfinie qui va structurer l'espace), comme les rideaux, ou les parois japonaises... Tous ces éléments devront être des éléments indépendants des planchers.
  - Traiter les éléments horizontaux de manière homogène et évolutive :



- En privilégiant l'uniformité de traitement des revêtements de sols ou plafonds par le biais de matériaux adaptés comme les résines (modifiables), sols collés, parquets (plus évolutifs que les carrelages).
- En imaginant des parties démontables, comme par exemple des lames de plancher en sol qui se démontent (plancher sur lambourde) pour intégrer le pied de cloison ou des systèmes de lattes en plafond afin de faciliter les cheminements de câble. Cela implique que les éléments modulables sont des systèmes encastrables.

Dans les deux cas, ces systèmes entraînent des dimensions standardisées en trame à prévoir dès la conception.

- Regrouper les fluides de manière stratégique
  - Gains techniques en position centrale pour pouvoir aménager autour ou alors en position totalement déportée, externe, indépendante (comme les goulottes de démolition) pour faciliter la maintenance et les interventions ultérieures à la fois sur ces éléments mais également sur les autres éléments intérieurs.
  - Passer en « apparent » .
  - Electricité : avoir des chemins de câbles, des équipements repositionnables
  - Chauffage : imaginer des appareils de chauffage modulable sur rails, intégrer les tuyaux en câbles comme éléments de décor et de conception architecturale

De manière générale et pour simplifier notre approche, à l'échelle du bâtiment, on observe deux ensembles distincts :

- La partie « gros-œuvre » (fondations, maçonnerie, réseaux enterrés, etc.) constitue les éléments immuables des édifices. L'essentiel du travail pour s'inscrire dans la durée se situe à ce niveau. A travers plusieurs solutions techniques, la notion d'évolutivité peut s'intégrer dès la phase de conception.
  - Alléger autant que faire se peut l'impact de la structure sur l'ensemble du bâtiment.
  - Dimensionner les éléments en vue de recevoir une surcharge éventuelle.
  - Externaliser les blocs sanitaires de l'ensemble de la structure.
  - Déposer les éléments et les transformer sur place en vue d'une nouvelle utilisation – Ex : maçonnerie broyée sur place et réutilisation des gravats pour constituer le hériçon d'une nouvelle construction (développé ci-après avec la recyclabilité).
- La partie « second-œuvre » (plâtrerie, menuiserie, etc.) est peut-être la plus génératrice de déchets. La problématique de diminution de déchets associée à ces ouvrages relève plus du thème suivant : la démontabilité, la recyclabilité.

#### **4.3.5. Démontabilité**



## Introduction

La démontabilité en architecture concerne la capacité d'un bâtiment, d'un système constructif, d'un assemblage à être démontable, adapté à la déconstruction.

Un bâtiment démontable dans l'idéal se caractérise par la possibilité d'être mis en pièces et réassemblé ou réutilisé à l'infini.

A l'instar de la conception réversible et transformable, le sujet de la conception démontable a fait l'objet d'une partie du projet de l'AMI EcoCirculaire de la FBE, coordonnée par NOBATEK/INEF4, aboutissant à un guide national sur les principes de conception pour la démontabilité. Ce guide est téléchargeable gratuitement sur le site de la Fondation Bâtiment Energie<sup>2</sup>. Il fournit de plus des bases de données de solutions démontables classées, des grilles de suivi des actions de conception pour la démontabilité.

## Concepts généraux

Les concepts de conception pour un bâtiment démontable touchent à la fois le choix des formes et structures, des assemblages et des matériaux.

### Formes et structure :

- Privilégier les structures poteaux-poutres, les travées ouvertes avec éléments porteurs extérieurs où la structure comprend en un nombre plus limité de connexions et de plans. Associer à la structure poteaux-poutres des connecteurs visibles et accessibles afin communique d'elle-même son potentiel de démontage.
- Prévoir une grille structurelle standard (en hauteur d'étage par exemple) permettant l'utilisation de composants rattachés, eux-mêmes standards et réutilisables.
- Maximiser les portées structurelles.
- Privilégier les formes simples et épurées.
- Appliquer le plus possible la théorie des couches, les groupes d'éléments, la décomposition fonctionnelle et un système en hiérarchie d'éléments ouverts. Les différentes couches fonctionnelles de l'enveloppe doivent être indépendantes et/ou liées mécaniquement (les blocs avec isolation dans les alvéoles ou coffrages bétons préfabriqués avec isolation au son sein sont par exemple des mauvais exemples).
- Penser au séquençage des opérations de déconstruction.
- Concevoir en intégrant la charge de travail pour les étapes de séparation : en privilégiant des composants « à taille humaine » ou manipulable avec des équipements mobiles standards.
- Penser les espaces de manière à faciliter la logistique de déconstruction, faciliter le démontage, le stockage et l'évacuation des flux.

### Assemblages :

<sup>2</sup> <http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enieu-D-V5.pdf>



- Les assemblages sont un des aspects majeurs de la démontabilité. Outre le fait qu'ils soient intrinsèquement démontables, ils requièrent accessibilité, simplicité et compréhensibilité des outils nécessaires et des étapes de démontage.
- Pour qu'ils soient démontables, utiliser des assemblages mécaniques et non collés. Ils seront principalement boulonnés ou vissés. Les liants, enduits et colles rendent les matériaux difficiles à séparer et à recycler. Ils impactent également la santé humaine et des écosystèmes
- Réduire le nombre d'assemblages et privilégier les plus grandes tailles. La taille et le nombre d'assemblages ont en effet une influence sur la charge de travail et donc le choix de la démontabilité.
- Aller vers une homogénéité des types et des tailles d'assemblages évitant d'avoir recours à de multiples outils et de générer des pertes de temps au démontage. Faire en sorte que les assemblages soient démontables avec des outils courants.
- Rendre les assemblages accessibles visuellement et ergonomiquement. Par exemple en les rendant directement visibles, en évitant les finitions qui les masquent, en les disposant à des niveaux directement accessibles sans moyens de grande ampleur.
- Choisir des assemblages robustes qui supportent plusieurs montages/démontages.
- Prévoir les tolérances nécessaires pour les opérations de démontage.

#### Matériaux :

- Privilégier les matériaux résistants afin d'éviter la casse au moment du démontage et faciliter la réutilisation.
- Sélectionner des matériaux qui conserveront leur valeur et/ou seront plus recyclables ou réutilisables. Des matériaux ayant une certaine valeur et non dégradés au moment de la déconstruction favoriseront le choix du démontage en vue de la réutilisation.
- Utiliser le plus possible des matériaux et éléments qui ne se déformeront pas pendant les phases de construction et vie de l'ouvrage.
- Privilégier les matériaux/systèmes ayant des qualités en termes de modularité, indépendance et standardisation afin faciliter leur réutilisation.
- Réduire au maximum l'utilisation de matériaux liquides (ex étanchéité, revêtements) qui contaminent le support et empêchent leur réutilisation.
- Utiliser des joints secs ou ajourés.
- Prévoir, sur les éléments, des éléments facilitant la manutention (ex poignées, têtes de levage).

#### Equipements

- Séparer les systèmes de ventilation, électrique et de plomberie afin de simplifier la séparation des composants lors des opérations de réparation, remplacement, réutilisation ou recyclage.
- Désolidariser les systèmes des éléments qui ne les portent en ne les englobant pas mais en prévoyant par exemple des chemins de câbles, des goulottes, des caissons ou plinthes.
- Consolider les réseaux pour réduire le nombre de connexions.
- Accepter les réseaux apparents. Cela permet une localisation et un démontage beaucoup plus simples sans impacter sur les éléments environnants. Les réseaux apparents peuvent de plus avoir un aspect esthétique.



- Privilégier le chauffage refroidissement passif.

**Documentation et repérage :**

- Etablir un plan de déconstruction détaillé et un plan de recollement. Le plan sera un guide pour les opérations de démontage. Il indiquera en détail les éléments présents, des schémas et coupes, le type et la localisation des assemblages, les outils nécessaires, les méthodes de déconstruction. Ce plan, relativement facile à établir au moment de la construction, doit être inclus dans le cahier des charges du bâtiment. Il permettra une meilleure préparation du chantier de déconstruction et un gain de temps et de coûts importants.
- Identifier les points clés de démontage. Les assemblages seront repérés de manière permanente.
- Idéalement, utiliser une maquette BIM.
- Mettre à jour la documentation tout au long du cycle de vie du bâtiment.



# ANNEXE 1 : Produits et critères de choix associés



# ANNEXE 2 : Témoignages d'une entreprise de démolition/déconstruction

## Rencontre n°1

*Deux cas de démolition : totale ou partielle.*

*Dans le cas de la démolition partielle, la très grande majorité des fois, la structure est mise à nue pour être conservée en tout ou partie.*

*Dans les deux cas de démolition, un **curage** est toujours réalisé avant la démolition de la structure et parties lourdes. Le curage consiste à enlever les DIB, les équipements, en gros tout ce qui recouvre la structure.*

*Le curage n'est pas réalisé dans les seuls cas où le bâtiment ne permet pas une mise en sécurité suffisante des employés (après un incendie par exemple). Dans ce cas, le bâtiment est écroulé puis un tri est réalisé au sol.*

*Ce curage est réalisé plus pour des **raisons économiques**. En effet, la prise en charge des DIB en mélanges par un prestataire coûte 90 €/t. Il n'est donc par exemple pas intéressant de mélanger la structure lourde béton (inerte) avec le reste des matériaux. De plus, certains matériaux tels que les métaux peuvent ne pas coûter mais être vendus, le bois être pris en charge à un prix < 40 €/t, l'inerte à 0€/t ou parfois racheté.*

*La méthode de curage, à la main ou mécaniquement (mini pelle) ou les deux, dépend de plusieurs facteurs et est vue au cas par cas.*

*Le **curage mécanique est privilégié** car offrant plus de sécurité et de rapidité. La pelle « arrache » le tout et le tri des matériaux est ensuite fait au sol soit à la pelle mécanique soit manuellement.*

*Le choix du curage mécanique ou manuellement dépend de la sécurité offerte par les locaux, les volontés des maîtrises d'ouvrages de garder tel ou tel produit (assez rare), la typologie du bâtiment, les accès, etc.*

*Les MOA et MOE demandent généralement une démolition + suivi des déchets. Il y a **encore peu d'exigences particulières sur le tri approfondi des déchets** ou la récupération d'éléments. L'entreprise fait ce qu'elle veut et les choix techniques sont plutôt liés à une rentabilité économique. Cet état de fait change progressivement avec le développement du Réemploi. Les projets avec diagnostic Réemploi et demande de déconstruction de certains éléments sont maintenant plus fréquents.*

*Exemples de prix de prise en charge des déchets chez un prestataire type Véolia :*

*DIB : 90 €/t*

*Bois : 45 €/t*

*Métal : - 70 €/t (achat)*

*Béton : - 2 €/t. Ce prix dépend de la région. En effet, dans les régions où le granulats est disponible, les prestataires font payer la prise en charge.*



Le concassage du béton sur site n'est pas rentré dans les mœurs. Dans certains cas, le concassage direct est prévu si la MOA en payant plus cher la démolition et traitement du béton, se retrouve sur les coûts de matériaux pour le VRD avec la réutilisation sur site.

On note des nuisances de bruits et de poussière rarement acceptées sur les chantiers urbains.

Dans le cas d'un concassage sur site, 1 à 2 semaines supplémentaires de machine sont nécessaires pour réduire les éléments en béton dans des fractions < 0/500 acceptées par le concasseur.

Dans un dossier de démolition, le coût des déchets (transport + prise en charge) est d'environ 20 % du totale du projet. La main d'œuvre et l'utilisation des machines sont donc majoritaires.

**Attention, ce qui prime avant tout est la sécurité.** Les choix techniques pour le démantèlement en sont directement tributaires.

Par exemple, les menuiseries sont très rarement démontées avec le verre. Celui-ci est cassé (à la pelle) préalablement. En effet, lors de la dépose manuelle d'une menuiserie, le verre peut se casser et blesser l'ouvrier. De plus, le risque de casse lors de la manutention est important et fait perdre l'investissement en temps pris pour une dépose soignée.

Pour les **fenêtres**, généralement le processus est le suivant : casse des verres, casse de la structure, puis séparation des cadres manuellement ou à la pelle. Les cadres métalliques, bois ou PVC ne sont plus réutilisables mais sont triés pour recyclage.

Le démontage manuel des menuiseries existe mais pour des marchés spécifiques (pas la majorité des fois). Par exemple le démontage manuel de 5 fenêtres peut prendre 1 journée alors qu'à la pelle cela prend 20 min. Sans compter la réduction des risques.

Si le bâtiment est composé de murs lourds ne permettant pas l'accès à des machines, soit le curage est fait à la main, soit des ouvertures sont faites dans les murs (avec calcul structure) pour passer les mini engins.

**Les éléments structurels déconstruits ne sont jamais réutilisés.** Il y a deux explications claires à ce constat :

- Le **bureau de contrôle ne donne pas son accord et donc l'assurance ne valide pas la partie réutilisée.** Ses raisons sont qu'il ne sait pas si les éléments ont subi des contraintes, s'ils n'ont pas de micro fissures, s'ils ne sont pas légèrement vrillés, s'ils sont correctement traités...  
La revalidation (par contrôle), de chaque élément coûte beaucoup trop cher par rapport à du neuf.
- Les éléments ont des **dimensions figées** qui ne conviennent pas forcément au chantier donné à l'instant t. Il est très rare qu'un architecte ne conçoive son bâtiment en fonction des éléments récupérés à intégrer.

Il est arrivé que certaines maîtrises d'ouvrage (très rare), désirant réutiliser des éléments s'auto assurent sur ces éléments.

On note également la problématique du stockage. En effet, sauf cas exceptionnel, il n'y a pas de chantier qui utilise directement (en l'espace de quelques jours) les éléments déconstruits d'un autre. Il est donc nécessaire de stocker les éléments en attente d'un éventuel chantier.

**A ce jour, hormis en région Parisienne et quelques sites isolés, il existe peu ou pas de structure qui stocke, vérifie, et propose des éléments récupérés.** Sans ces structures, la réutilisation d'éléments est compromise et donc l'intérêt d'une dépose soignée également.



*Le marché de l'autoconstruction, sans BC, est éventuellement plus ouvert à la réutilisation.*

*Démonter élément par élément une **structure métallique** n'est actuellement pas envisageable. En effet les éléments sont rarement réutilisés (voir raisons ci-dessus) et le démontage coûte beaucoup plus cher que la démolition mécanique, puis tri. Les éléments métalliques, tordus ou non sont envoyés vers les ferrailleurs pour recyclage.*

*A titre d'exemple, le démontage d'un hangar moyen peut prendre 4 semaines à la main contre 1 semaine max à la pelle mécanique (avec tri).*

*Certaines fois, les bardages métalliques sont récupérés pour en faire des clôtures de chantiers ou être utilisés chez des particuliers pour des garages ou abris.*

*Les **panneaux sandwichs** sont envoyés chez un ferrailleur qui les met dans une déchiqueteuse. S'il n'y a pas de ferrailleur équipé à proximité, le démolisseur applique la technique du dépelage des peaux, c'est-à-dire qu'il sépare mécaniquement les peaux métalliques de l'isolant intérieur. Les morceaux d'isolant partent en DIB.*

*Attention, l'entreprise a souvent cherché à démonter des éléments ou matériaux pour les revendre. Cependant, le prix de vente (surcoût lié à la dépose + stockage) de l'élément récupéré, est **inférieur mais parfois proche du prix du neuf**. Pour une légère différence, le client prend du neuf.*

*Pour les **équipements électriques** (ex : extracteurs d'air), de la même manière que pour les éléments structurels, le BC et l'assureur ne donnent généralement pas leur aval. La commission de sécurité apportera une réserve que la MOA ne veut pas. Il manque de plus le plus souvent les notices, les performances ne sont plus « certifiées », les caractéristiques des appareils ne sont pas toujours en accord avec les performances attendues pour le bâtiment.*

*La récupération des **escaliers** est impossible car ils sont trop spécifiques à un cas (hauteur, largeur, etc.). A moins que l'architecte d'un chantier de conçoive son bâtiment en prévoyant d'intégrer l'escalier.*

*Là-encore, une valorisation (catalogue) ou prévisionnel de disponibilité d'éléments serait intéressant.*

*Pour la **conservation des façades en pierre**, souvent dans le cas de maisons en villes avec une certaine valeur historique, il est indispensable de réaliser un nouveau mur béton derrière la façade. Aucun BE ne désire en effet s'engager sur la tenue mécanique de l'ancienne façade.*

*Le démontage des **faux plafonds** est la partie la plus facile dans les bâtiments. Si ce n'est pas démolé à la pelle mécanique, les ouvriers enlèvent les plaques, coupent les profilés, dévissent les suspentes.*

*Pour les cloisons, elles sont soit mises à terre par pelle mécanique, soit mises à terre manuellement par masses et meuleuses.*

*Si toutes les fixations et attaches deviennent apparentes, tout serait beaucoup plus facile.*

*Les **sols plastiques**, souvent collés, sont arrachés. Ils ne sont pas récupérables.*

*Il y a quelques années (ça se perd), les dalles de type HEUGA étaient intéressantes car démontables facilement. Elles sont faiblement collées, d'un certain poids pour leur stabilité au sol (env 15kg/m<sup>2</sup>). Cette solution est intéressante pour la démontabilité, mais il paraît peu envisageable de réutiliser les dalles après plusieurs années d'exposition. Éventuellement intéressant si une filière de recyclage spécifique se met en place si non, en DIB.*

*Le carrelage est généralement laissé avec la dalle béton. Il part en inerte. Ou il est arraché à la machine.*



*Pour les planchers, l'idéal serait d'avoir toujours des parquets car facilement déconstruits et recyclables.*

*L'entreprise s'inquiète de l'arrivée des solutions composites, ex briques avec isolant à l'intérieur. Les planchers chauffants vont également être problématiques.*

**En conception, séparer absolument les éléments ou travailler sur des mono matériaux.** Les complexes ou composites vont être problématiques.

Le **plâtre représente un problème** pour les démolisseurs. Pour les carreaux épais, l'entreprise a un accord avec Lafarge pour leur recyclage.

Lafarge demande à séparer les gaines électriques et autres « polluants ». Pour les carreaux épais, Lafarge accepte le papier de revêtement (pas la toile de verre). Le démolisseur envoie les carreaux chez Lafarge pour 25 €/t au lieu de 90 €/t en DIB.

Actuellement, il n'y a pas de prestataire recycleur qui acceptent les plaques de plâtre type BA13. (en Bretagne oui). Le plâtre part donc en mélange avec les DIB.

Dans le cas de plateaux tertiaires à rendre évolutifs, les **cloisons amovibles** sont une bonne solution. Attention tout de même aux trous laissés à l'emplacement des cloisons lorsqu'on les déplace.

Pour pouvoir être amovibles, les cloisons doivent être en dessous du faux plafond.

Un changement d'organisation sur un plateau, la modulation des cloisons est relativement simple mais : la climatisation/chauffage est à recalibrer, les prises électriques et interrupteurs à modifier, la trame de luminaire à modifier.

Lorsqu'il y a une démolition, le tri se fait généralement au sol. Les éléments se séparent lorsqu'ils sont démolis. Les bennes prévues sont généralement : bois, DIB en mélange, métal, carreaux de plâtre, inertes.

Les **plastiques sont mis dans les DIB**. Ils ne trouvent pas de recycleurs les acceptant directement et les fractions sont minoritaires.

Pour les plaques de type PlacoMur avec **plâtre + isolant PSE**, l'ensemble va au DIB. Très difficile de séparer le plâtre de l'isolant. Pour plus de recyclabilité, ces éléments à plusieurs matériaux sont à proscrire.

Ces complexes, sont faciles à enlever de la structure lorsqu'ils sont collés. On passe avec une pelle derrière l'isolant et le bras de levier décolle la plaque. En revanche, la plaque de plâtre se casse et il est donc impossible de réutiliser les plaques. Un **complexe Isolant + panneau bois serait plus facilement réutilisable**.

Les **bardages extérieurs** sont généralement déconstruits (ou démolis) à la pelle mécanique. Ils sont arrachés au support puis triés au sol. Dans le cas de déconstruction en façade, la sécurité prime et la déconstruction manuelle sur nacelle génère plus de risques qu'une déconstruction à la pelle.

Un démontage manuel de cassettes métallique ou grands panneaux de bois de bardage serait possible s'il y a réutilisation ensuite (avec amortissement du surcoût de main d'œuvre).

Pour ce qui est de la réutilisation des éléments extérieur, il ne faut pas oublier la notion de mode et de tenue dans le temps. En effet, un bardage actuel ne sera peut-être pas assez esthétique dans 40/50 ans et montrera des pathologies (rouille, fissures, décoloration).

**Dans ces cas, il faut mieux privilégier la recyclabilité plutôt que la réutilisation.**



*L'idéal serait d'avoir des pans entiers (panneaux avec isolation, structure bois ou métal, + bardage) qui pourraient être levés à la grue, déposés au sol pour être démontés manuellement au sol. Avec place devant le bâtiment.*

*En cas de démontage des tôles de bardage, attention à la pris au vent qui peut générer les risques importants pour les opérateurs.*

*L'étanchéité bitumineuse en toiture est enlevée manuellement.*

*Les câbles électriques sont au maximum tirés afin de récupérer le cuivre. Si le câble ne vient pas facilement, il est laissé dans la structure. Il se séparera au moment de la démolition de la structure ou lors du broyage. **L'idéal pour la déconstruction est le passage des réseaux électriques en faux plafond (sur passerelles) ou dans des goulottes plastiques.** Celles-ci sont facilement démontées et les fils électriques sont accessibles. Concernant la conservation du réseau électrique, c'est très rare car le réseau est généralement plus aux normes en vigueur.*

*Les canalisations de fluides (gaz ou eau) en cuivre sont coupées en tronçon puis envoyées au ferrailleur. Les fractions métalliques sont séparées car leur prix d'achat est différent.*

*Prix des métaux :*

*La vente du cuivre pur est à 4300 €/t, 1400 €/t avec revêtement plastique.*

*Zinc : 640 €/t*

*Platin (tôle de base) : 160 €/t*

*Ferraille 180 €/t*

*Poutrelles métalliques : 240 €/t*

*Aluminium : 640 €/t*

**Attention aux nouveaux bétons ou mortiers légers qui sont développés actuellement** (avec billes de PSE, bois, etc). Ils ne pourront pas être dirigés vers du recyclage inerte. Cela risque d'être très problématique car avec leur poids, leur redirection vers les DIB risque d'être très coûteuse. Ils ne seront de plus pas recyclés.

**Privilégier les techniques constructives par « couches » avec matériaux séparés.**

*Equipements habituels lors d'une déconstruction :*

*EPI*

*Outils portatifs : meuleuse, petits outils, meuleuse, clef à chocs, visseuse deviseuse, scies, tronçonneuse, marteaux*

*Mini engins : mini pelle, Bob cat, engin radio commandé*

*Nacelles*

*Munuscopiques et pelles mécaniques équipées.*

*Les organes de sécurité tels que les balcons, rambardes, sont laissés pour maintenir le niveau de sécurité lors de la déconstruction. Ils sont ensuite déconstruits mécaniquement avec tri au sol.*

*Sur des escaliers, passerelles ou autres avec profilés métalliques + éléments en bois, la démolition mécanique entraîne la séparation des éléments. Ils sont ensuite facilement triés pour être conduits au recyclage. Un travail spécifique en démontabilité n'est utile juste si on est sûr de vouloir réutiliser les éléments.*



Pour les **toitures végétalisées**, elles sont soit raclées mécaniquement soit viennent avec l'élément de toiture. La terre « glisse » sur l'élément de toiture. En revanche les **caissettes sont plus problématiques** car il y a mélange de terre et de plastique. Tri à la main nécessaire.

Pour les **fondations**, l'entreprise procède à de l'excavation puis arrache les massifs. Il serait souhaitable de toujours avoir les plans des fondations afin de prévoir au mieux les quantités de déchets. Il n'y pas un grand intérêt à travailler sur des systèmes de fondations démontables.

En ce qui concerne la **conservation des fondations**, attention elle demande des auscultations importantes (et coûteuses) et ont peu de chance d'être validées par le BC. Les travaux de démolition supérieurs ont pu avoir des conséquences sur les fondations. La conservation de la structure supérieure est à privilégier.

## **Rencontre n°2**

Lorsque l'on déconstruit une structure métallique ou en bois avec **tiges filetées et boulons**, il est peu pertinent (non validation du BC) de récupérer les éléments d'assemblage. En effet, ceux-ci ont pu s'altérer lors du montage et surtout lors du démontage. Le filetage a pu être abîmé, les pièces fissurées...

Les pièces sont ainsi idéalement envoyées au recyclage métal.

Même quand des éléments sont démontables, il faut **prévoir entre 15 et 20 % de pertes** en raison de la casse lors du démontage ou manutention, des salissures, etc.

Dans le cas de plaques de faux plafond, elles sont le souvent salies lors de leur démontage ce qui les rend impropre à la réutilisation.

**Le colisage et le stockage à sec des éléments déconstruits est essentiel.** Les aspects logistiques sont très importants.

Pour la récupération, un travail est à faire pour **changer l'approche de conception architecturale** des architectes. En général, ils dessinent puis les éléments s'adaptent. Ils apportent leur « griffe » et ne sont pas pour se laisser guider par des éléments existants à réutiliser. La MOA doit affirmer sa volonté de récupération, l'architecte doit avoir une information complète sur un grand choix d'éléments à réutiliser.

La dégradation des bâtiments, la nécessité de changer des éléments, l'impossibilité de récupérer des éléments provient en très grande partie du **manque d'entretien du bâtiment**. Il est indispensable de prévoir un entretien/maintenance à long terme et sans faille. Un **guide d'entretien clair et spécifique doit être proposé à la MOA et un outil de rappel devrait être établi**. En effet, le guide est souvent oublié et la MOA ne procède pas aux vérifications et entretiens nécessaires.

Plaques de doublage plâtre :

Les plaques de plâtre sont généralement vissées à des montants métalliques verticaux. Les vis s'enfoncent légèrement dans la plaque. Les vis sont ensuite recouvertes d'un enduit plâtre fin. Au niveau des joints verticaux entre plaques, il y a une bande + enduit.

Les plaques ainsi traditionnellement mises en œuvre ne sont pas démontables. Les vis ne sont pas repérables (sous la peinture et l'enduit).

Pour le démontage et la récupération des plaques :

- les vis devraient être apparentes (mais pb esthétique) ou
- prévoir des profilés pour cacher les éléments de fixation. Peu acceptable en habitation. Ou



- *loger des plaques entre deux profilés en U en partie basse et en partie haute. La plaque étant emboîtée entre les deux profilés. Ou*
- *prévoir des plaques clipsables. Elles seraient alors déclipées par le haut avec un outil spécifique ou par ventouse. Il y a cependant des risques importants de casse.*

*Un **doublage bois est largement préférable** car ne se cassant pas, peut être coupé tout en gardant la partie la plus grande. Dans un système de clips, le démontage serait plus facile car le bras de levier pourrait fonctionner.*

*Le démontage pour une réutilisation nécessite d'avoir l'acquéreur à l'instant T. Il n'existe en effet pas de stockage et de promotion des éléments déconstruits.*

*Il est possible de récupérer les **rouleaux d'isolant en laine** après avoir déconstruit le doublage. Cette pratique est rare et est faite que dans le cas de récupération par les propres ouvriers en vue de chantiers en autoconstruction. De manière générale, l'ensemble des démolis est le tout part en DIB.*

*S'il y a volonté de récupérer les isolants en laine, attention, il y a foisonnement de la laine et les rouleaux sont beaucoup plus gros qu'à l'origine.*

*Pour une réutilisation de l'isolant, s'il n'est pas utilisé en une seule épaisseur (il a perdu de ses performances), il sera nécessaire d'enlever le papier craft.*

*Il n'existe pas de filière de broyage et reconditionnement des laines minérales isolantes. Ce serait peut-être intéressant mais attention, les tonnages récupérés / chantier sont relativement faibles et une logistique de regroupement serait nécessaire.*

*Pour un recyclage ou une récupération, les **isolants en plaques sont plus intéressants** car elles gardent mieux leurs performances, sont plus facilement démontables et colisables.*

#### **Fenêtres :**

*Les menuiseries PVC et ALU sont généralement fixés aux tableaux par des équerres métalliques.*

*Si volonté de démonter les menuiseries, les équerres sont dévissées ou sciées à la meuleuse. Le démontage est relativement simple.*

*Lorsque les pates sont scellées, elles sont sciées à la meuleuse.*

*Il n'y a pas grand-chose à « inventer » sur ce point.*

#### **Fermettes industrielles :**

*Les fermettes industrielles sont récupérables (toujours sans approbation d'un BC).*

*Les liteaux sont décloués et les équerres métalliques d'ancrage au chainage dévissées.*

*Attention à la sécurité.*

*Il faut ensuite les lever avec un palonnier afin de ne pas vriller les fermettes et désolidariser les éléments de liaison. Il faut également les stocker et au sec debout afin d'éviter toute déformation.*

*Enfin, il faut qu'un projet soit conçu exactement avec les mêmes côtes entre murs porteurs.*

#### **Tuiles :**

*La dépose des tuiles est simple. Elle demande cependant beaucoup plus de temps qu'une démolition.*

*Attention également à la sécurité. OK si acquéreur qui compense le surcoût.*

*Une technique de dépose plus rapide serait peut-être à inventer.*

#### **Charpente traditionnelle :**



*Les charpentes traditionnelles sont rarement démontées entièrement. La charpente est soit démolie à la pelle mécanique puis mise au tri avec le bois, soit sciée en éléments.*

*Les assemblages bois / bois sont à proscrire car avec le temps le bois gonfle ou travaille et les assemblages sont indémontables.*

*Il est préférable d'avoir des liaisons boulonnées avec un côté libre.*

*Attention, une charpente traditionnelle est un tout. Enlever un élément peut mettre en branle le reste, et il se pose des questions de sécurité.*

*Il est aussi possible de scier les éléments au droit des assemblages pour récupérer les éléments (plus courts).*

*En prévision du recyclage bois, les assemblages collés ou bois/bois sont idéaux. En effet, les broyeurs à bois acceptent mal les pièces métalliques.*

### **Câbles électriques :**

*Récupérés pour revente du cuivre.*

*La récupération pour réutilisation n'est pas commune car le fait de tirer sur les câbles peut modifier leur section ou les abîmer. Il y a augmentation des risques d'incendie L'assurance de l'électricien ne veut pas assurer les éléments réutilisés.*

*Une réutilisation est possible seulement après test de chaque élément.*

*Pour une conservation en place, si le réseau est aux normes, le contrôle (en entrée et sortie) des est nécessaire et peut suffire.*

*Il est préférable **d'éviter de couler les gaines dans le béton**. Celles-ci sont séparées du béton lors du broyage mais polluent le matériau, et le plastique n'est ainsi pas recyclable.*

*Dans tous les cas, les gaines sont mises au DIB et non recyclées. Elles ne représentent pas assez de volume pour justifier un tri particulier et il n'y a pas de filière de recyclage démocratisée.*

*Le fait de ne pas couler les gaines dans le béton permet de ne pas « figer » le réseau et ainsi permettre une plus grande flexibilité au bâtiment et une plus grande démontabilité.*

*Les goulottes plastiques et passages en faux plafond sont idéaux.*

### **Plomberie :**

*Les tubes en cuivre sont coupés entre planchers ou entre murs, récupérés pour revente (recyclage matière).*

*Les tubes plastiques coulés dans la chape se désolidarisent généralement facilement de la chape. Il est alors aisé de faire le tri. Ils sont envoyés au DIB.*

*La dépose pour la réutilisation de tubes en cuivre n'est pas pertinente car les tubes sont brasés (soudures), la découpe déforme les tubes, les tronçons ne font pas les longueurs désirées... et enfin la valeur à la revente est importante.*

### **Bardage :**

*Bac acier. Attention il y a un problème de résistance, de rigidité et se déforme.*

*Pour un bac acier réellement démontable et réutilisable, il faudrait qu'il soit plus rigide et donc avec des nervures plus hautes.*

*Les tôles de bardage se dévissent facilement s'il y a besoin de les démonter. Attention tout de même à la rouille. Pour ce problème, des vis à tête plastique existent.*

**Proscrire les assemblages par rivets.**

### **Prises électriques :**

*Les caches sont enlevés facilement et mis en DIB.*



Les plots sont laissés car clipsés (dans le doublage plâtre ou bois) ou coulés et non démontables. Puis lorsque les plaques de doublages sont démolies, les plots et le plâtre se désolidarisent et il est possible de réaliser le tri. Plots vers DIB.

Des **idées sont à développer pour pouvoir démonter et récupérer l'ensemble** soit pour une réutilisation soit pour un recyclage plus facile. Technique de plot vissable dans le BA13, avec clips réversible depuis l'intérieur du plot.

Pour la **gestion des déchets**, les déconstructeurs travaillent localement car le prix du transport peut être prépondérant. Les **solutions de tri dépendent donc également du contexte local** de l'offre en recycleurs...

Un tri particulier sera fait sur un matériau s'il y a un recycleur à proximité et que la différence avec le prix du DIB couvre les surcoûts liés au tri spécifique.

Chez les recycleurs, le cahier des charges peut être élevé. Par exemple un recycleur de bois ne va pas accepter de ferraille (plaques, boulons, tiges) dans des éléments de charpente, des bois trop traités, etc.

Les **déchets de verre** sont envoyés avec les inertes. Il existe pourtant des filières de recyclage du verre en silice ou micronisation pour géopolymère (ex ESPORTEC).

Les **briques** partent en inertes mais avec un pris moins intéressant que pour le béton. Il y a actuellement rarement de dépose pour réutilisation.

Pour une réutilisation, possible d'écrouler le mur, puis une personne vient nettoyer les briques des restes de joints ciment.

Pour les revêtements de sols plastiques, leur récupération est quasi impossible. Leur recyclage pas encore démocratisé. Lors d'une rénovation, il est possible de refaire un nouveau sol plastique sur l'ancien. On génère ainsi moins de déchets à court terme. Il faut par contre que le revêtement supérieur soit de même nature que le premier pour ne pas empêcher le recyclage de l'ensemble en fin de vie.

En conception, il peut être intéressant de prévoir une marge au niveau des plaintes et dessous de porte pour permettre cette nouvelle hauteur.

#### **Calcul des déchets.**

Un audit déchet est obligatoire pour les bâtiments > 1000 m<sup>2</sup>. En revanche, les budgets tirés (env 200 €) pour les audits entraînent qu'ils sont très mal faits et quasiment inutilisables.

L'idéal pour l'entreprise est d'avoir les plans. Elle fait également des visites préalables pour se rendre compte elle-même des matériaux présents et quantités.

Attention, sur un bâtiment ancien, il y a le plus souvent un patchwork de solutions et matériaux qui correspondent aux différentes réhabilitations. Il y a donc souvent des surprises surtout lorsque ces éléments ne sont pas visibles.

Pour des bâtiments neufs, au-delà de l'intérêt pour les phases d'entretien maintenance, il serait très intéressant de disposer des plans (numériques de préférence) très détaillés d'exécution, avec notices de montage démontage, des quantitatifs de matériaux, un historique des mortifications (BIM idéal dans quelques temps car non maîtrisé actuellement), etc. Cela permettrait une meilleure prévision du démontage, un meilleur tri, un meilleur quantitatif des déchets.



Le calcul des déchets totaux d'un bâtiment pourrait se faire à partir d'un **outil qui regrouperait et classerait tous les matériaux et éléments mis en œuvre sur le bâtiment à partir des bons de commandes et de pesées** de toutes les entreprises du chantier. Il serait ainsi aisé de calculer les tonnages de déchets par matériaux, l'évaluation des scénarios de conservation, de démontabilité... Il faudrait intégrer toutes les modifications du bâtiment au cours de sa vie dans ce bilan des matériaux.

### **Rencontre n°3**

Les démolisseurs obtiennent de meilleurs prix de prise en charge des déchets s'ils se concentrent sur un seul prestataire (ex VEOLIA). Négociations par volumes...

Les démolisseurs préfèrent travailler avec des grosses entreprises (type VEOLIA ou SITA) car ils sont sûrs d'obtenir l'ensemble des BSD et que les sites ont bien toutes les autorisations préfectorales requises.

Les mini pelles mécaniques peuvent trier des objets < 30 cm.

Pour les **canalisations calorifugées** dans les gaines techniques, les risques de chutes sont souvent trop importants. Les gaines techniques sont donc démolies et le tri des canalisations et de leur isolant est fait au sol.

Les **toitures métalliques isolées** (par le dessus) et étanchées au bitume ne sont pas démontées manuellement. Il y a trop de risques de chutes. L'ensemble est démoli à la pelle mécanique puis le tri est fait au sol soit à la pelle soit manuellement. Les plaques d'isolant (souvent des plaques de laine minérale semi rigide) ne sont pas fixées à la tôle et se séparent ainsi toutes seules du support.

Une **récupération des plaques d'isolant serait tout à fait envisageable** après avoir arraché l'étanchéité supérieure.

Pour des **toitures en béton**, une couche d'étanchéité ou de collage est souvent mise en œuvre entre le béton et l'isolant extérieur. Cette couche colle l'isolant supérieur le rendant difficilement récupérable. De plus, le béton souillé par cette couche bitumineuse (trop difficile à enlever) n'est pas accepté en déchets inertes. Il part en DIB où il coûte cher en raison de son poids et n'est pas valorisé.

Une solution de toiture métallique + isolant supérieur est donc préférable.

Attention en revanche lors de la dépose des plaques d'isolant semi-rigides. La dégradation même faible d'un coin ou d'un bord peut la rendre impropre à une seconde mise en œuvre. Une grande précaution est donc nécessaire.

Une **étanchéité en EPDM** est intéressante car non collée et facilement déposée et roulée.

Pour l'isolation des combles en **laine minérale en vrac**, il est possible de réaspirer la laine. A l'heure actuelle, elle part en DIB (ou chez les employés de l'entreprise de démolition) mais pourrait être réutilisée en minorant sa performance. Attention, après réaspiration, la LM est foisonnée, c'est-à-dire qu'elle prend plus de place que lorsqu'elle est arrivée compactée sur le chantier.

Le même processus est possible avec la ouate de cellulose.

Pour les isolants en vrac dans les murs, l'entreprise ne l'a pas encore rencontré mais elle procéderait sûrement à des ouvertures en bas de murs (dans le doublage) puis à une aspiration de l'isolant en vrac.



Attention aux nouvelles **solutions de blocs** (parpaings ou briques) **qui intègrent de l'isolant dans les alvéoles**. Trop difficile à trier. Le tout partira en DIB mélangé sans valorisation.

La **pare-pluie extérieure** derrière un bardage est pelé à la pelle mécanique. Idem pour une ITE + enduit collée sur le support.

L'entreprise n'a pour l'instant pas rencontré de cas avec du **pare-vapeur**. Ces chantiers arriveront prochainement, notamment en raison des obligations liées à l'étanchéité à l'air des bâtiments. Dans ce cas, l'entreprise déposera le doublage puis arrachera le pare-vapeur.

Les **parois en briques** sont le plus souvent collées à un enduit extérieur ou à un plâtre intérieur. Elles ne peuvent donc pas être récupérées pour rebâtir.

Les briques relativement propres ne trouvent pas non plus acquéreur, par exemple en briqueteries, et sont envoyées en inertes.

Les bardages en terre cuite seront en revanche sans enduits ou joints et pourront peut-être (à voir selon intérêt) être redirigées vers du recyclage terre cuite.

La thématique des **plastiques** n'est à ce jour pas traitée. L'ensemble part en DIB en mélange pour un tri éventuel chez le prestataire.

#### **Impacts sur le métier du démolisseur/déconstructeur d'une transformation du secteur vers des bâtiments démontables et avec obligation de démontage.**

- Chantiers a priori plus coûteux car bcp plus de temps de dépose. C'est la main d'œuvre qui représente le principal poste de dépense d'un chantier de déconstruction
- Nécessite une main d'œuvre plus qualifiée.
- L'apparition de nouveaux métiers tels que « coliseur » et « stockage revente ». Selon l'intérêt économique, les démolisseurs proposeront ou non l'ensemble de la chaîne.
- Nécessitera des bouleversements d'organisation sur le chantier avec notamment
  - o Une logistique lourde de colisage, stockage, transport.
  - o Plus de place sur le chantier pour le stockage.
  - o Des évacuations plus fréquentes et des moyens de transport plus petits.
  - o Un poste de colisage important et bien organisé.
  - o Grand nombre de palettes et de différents modèles présents sur le chantier.
  - o Plus de dispositions pour le maintien de la sécurité.



Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)



RCdiGREEN Partners:



## L'économie Circulaire des RCD pour l'adaptation au changement climatique

El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Interreg V-A España, Francia, Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo de POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.